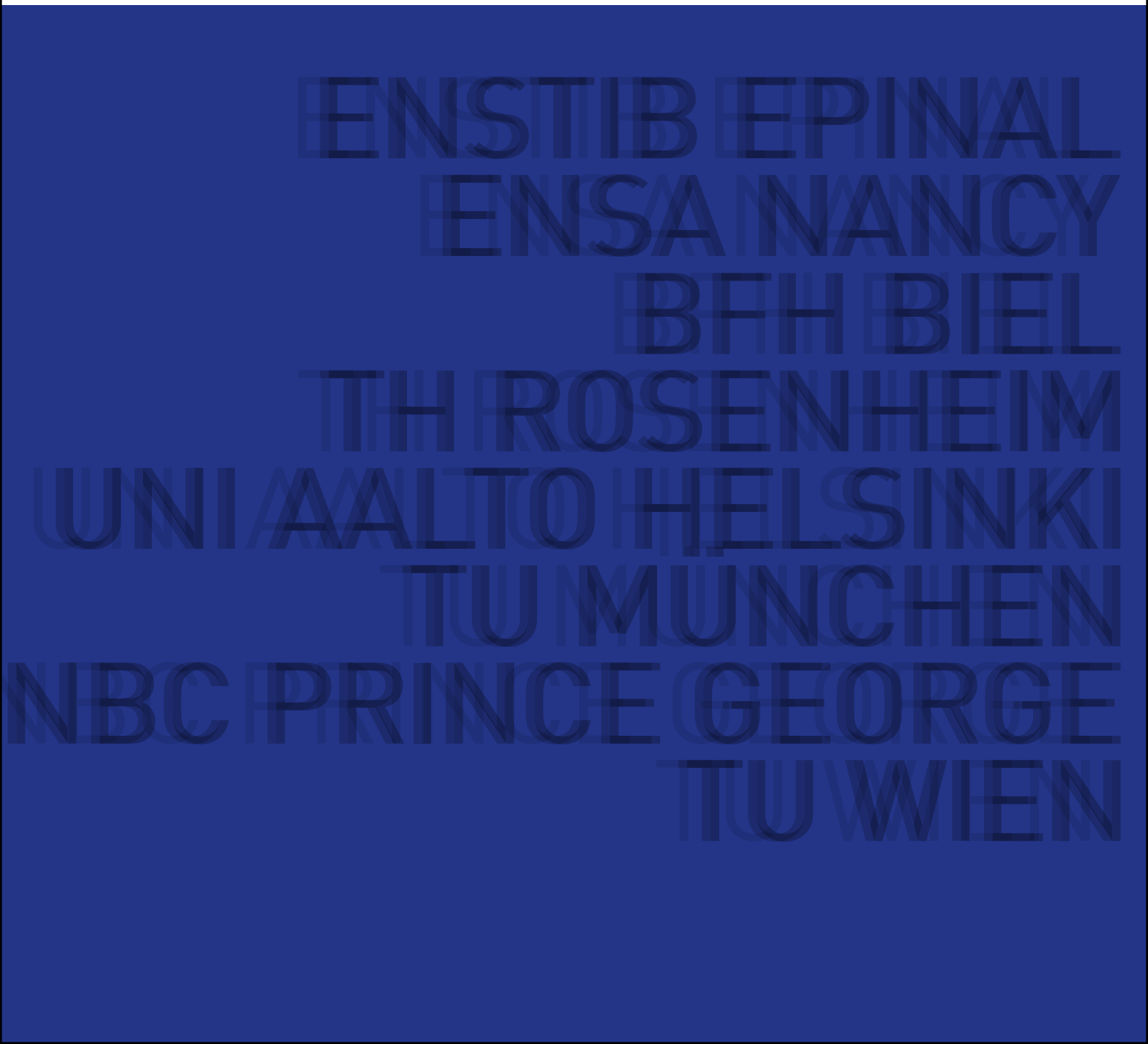
FORUM BOIS CONSTRUCTION FRANCE

13e Forum International Bois Construction (FBC)
3 avril 2024
Campus Bois ENSTIB à Épinal
4 et 5 avril 2024
Palais des Congrès Centre Prouvé à Nancy



Rédaction : nvbcom | Aliénor Chabanne / Amandine Clément / Eva Loustaunau / Jonas Tophoven / Nicole Valkyser Bergmann

Editeur : FORUM HOLZBAU, Bahnhofplatz 1, 2502 Biel/Bienne, Suisse
forum bois construction / nvbcom, 55, boulevard de la Villette, 75010 Paris, France

Maquette et photogravure : FORUM HOLZBAU

Impression : Imprimerie du Canal, 12 Rue des immeubles Industriels, 75011 Paris, France

Tirage : 200 Ex.

© 2024 by forum bois construction, FR-Paris
ISBN 978-3-906226-61-3

www.forum-boisconstruction.com

Sommaire

Mercredi 3 avril 2024

Session inaugurale 1

1.1 : La ressource forestière face au changement climatique

État sanitaire des forêts françaises, focus sur le Grand Est 29
Romaric Pierrel, Département de la Santé des forêts,
DRAAF Grand Est – Pôle de la Santé des forêts, Metz Cedex01, France

Les deuxièmes Assises des forêts et du bois du Grand Est 33
Jean-Pierre Renaud, FIBOIS Grand Est, Heillecourt, France

Afterres 2050 – volet Forêt et filière bois 39
Christian Couturier, SOLAGRO, Toulouse, France

1.2 : Construire au plus près de la ressource (Feuillus et essences secondaires)

Un Espace pédagogique Forestier (EPF) Sylvatum à Monthureux-sur-Saône 47
Jean-Luc Gérard, JLG Architecte, Épinal, France
Pierre Sylvestre, Maire de Monthureux-sur-Saône, Monthureux-sur-Saône, France

Session inaugurale 2

2.1 : La recherche dans l'architecture et la construction bois en France

Les bois de déconstruction : problématique et enjeux 55
Odran Lemaitre, LERMAB, École Nationale Supérieure des Technologies et Industries du Bois, VOSGELIS, Épinal, France

Concevoir pour le « réusage » de bois d'œuvre 63
Paul-Martin Barbet, AB.Lab d'ArtBuild Architectes, GSA de l'ENSAPM PSL les Mine Paris, Paris, France

Bois, Architecture Paramétrique & Fabrication Additive par Stratoconception® 69
Anwar Nehlawi, LERMAB et MAP-CRAI, Épinal et Nancy, France

La réalité augmentée au service de la fabrication de pièces de charpente 75
Andrea Settimi, IBOIS EPFL, Lausanne, Suisse
Dr. Julien Gamerro, CBS-Lifteam, Lausanne, Suisse
Prof. Dr. Yves Weinand, IBOIS EPFL, Lausanne, Suisse

Archifolies 2024 : Pavillon de la Boxe 79
Nour Abdelmoumen, ENSAPVS, Paris, France
Mia Abi Ezz, ENSAPVS, Paris, France
Tomas Guerreiro, ENSAPVS, Paris, France
Judith Nouis, ENSAPVS, Paris, France

2.2 : La recherche dans l'architecture et la construction bois en Europe

Investigations of small diameter Greenoak-logs for application in load baring structures 83
Prof. Dr. Wieland Becker, Ecole Supérieure Bois de Trèves, Trèves, Allemagne

District administration Mainz-Bingen Wood-Hybrid-Construction 91
Michael Sommer, Canzler, Socotec, Mainz, Germany
Aleksandra Senger, Canzler, Socotec, Mainz, Germany

Session inaugurale 3

3.1 : Transformer le bois français

CLT chevillé – Murs en bois massif chevillés appelés « kaïdobôh® » et planchers en bois massif chevillés 101
Guillaume Sertelet, Sertelet Yves SAS, Provenchères et Colroy, France

Présentation de la plateforme RESOBOIS 109
Lucie Haziza, Bois de France, Lyon, France

3.2 : Construire en bois français

Le bois au cœur du bâtiment Direction et Pôle Santé Publique du Nouveau CHU de Rennes 113
Florent Hervieu, Eiffage Construction Hors site, Paris
Jean-Pierre Rambourdin, CRR Écritures Architecturales, Paris

Extension du restaurant scolaire de Saint-Martin-en-Haut 121
Jean-Paul Roda, Roda Architectes, Lyon, France
Noëlie Clapasson, Roda Architectes, Lyon, France

Collège Mathurin Méheut à Melesse 129
Jean-Christophe Blaret, Architecture Plurielle, Rennes, France
Thierry Soquet, Architecture Plurielle, Rennes, France

Jeudi 4 avril 2024

Atelier A1

L'Europe et la construction biosourcée 6 ans avant 2030

Le défi de la construction biosourcée en France et en Allemagne 137
Helena Schulte, schultearchitekten gmbh, Cologne | Paris, Allemagne
Marie-Sophie Schulte, schultearchitekten gmbh, Cologne | Paris, Allemagne

Campus Scolaire Wobrécken à Esch-Sur-Alzette, Luxembourg : Bilan Carbone, Une Vision Holistique 145
Pit Kuffer, witry & witry architecture urbanisme, Echternach, Luxembourg

Développer les usages du bois à longue durée de vie : regard sur les filières allemande, roumaine et suédoise 151
Océane Le Pierrès, I4CE – Institut de l'économie pour le climat, Paris, France

Upscaling wood policy cooperation in Europe 161
Veronika Juch, European Wood Policy Platform (woodPoP), Coordinator of the Secretariat International Union of Forest Research Organizations, Vienna, Austria

Atelier C1
Acoustique biosourcée

REX Bâtiment Terre Crue – Carré Flore à Cornebarrieu 169
Louison MEHU, Ekkoïa, Toulouse, France
Karin LE TYRANT, Aïda, Paris, France

Terre crue et systemes constructifs associés, l'acoustique du matériau au batiment : lancement du projet ADEME CarAc'Terre 177
Marc Romagné, ASA, Lyon, France

Atelier A2
Vers la réhabilitation frugale

Extension Réhabilitation de l'école Cote Quart à Unieux – La participatif au cœur du projet (42, France) 181
Vincent Danière, Atelier des Vergers Architectes, Saint-Etienne, France
Julien De Sousa, Julien De Sousa Design, Saint-Etienne, France

INSA Strasbourg : réhabilitation et extension 187
Benjamin Colboc, COSA, Colboc Sachet architectures, Paris, France
Julien Rouby, RHB, Rouby Hemmerlé Brigand Architectes, Strasbourg, France

Transformation d'un parking en logements avec surélévation rue Parmentier à Paris 195
Louis Tequi, Atelier Téqui Architectes, Paris, France
Guillaume Desmarest, WeWood (Bouygues Bâtiment France), Paris, France

Atelier B2
Le bois biosourcé hors-site

Le chemin le plus court fait parfois des détours : caissons paille et bois local pour la salle multi-activités à Mandres-sur-Vair (88) 205
Marc-Olivier Luron, BAGARD & LURON architectes, Nancy, France

La maison de la nature d'Hettange-Grande 313
Pierre-Etienne Robinet, Atelier A4, Metz, France

Restaurant Universitaire le Champlain rénovation thermique et restructuration partielle 219
Nicolas Rabuel, Scic ielo Bonneuil-Matours, Limoges, France

La construction hors-site au service de la Permarchitecture exemple d'un bâtiment E3C2, à usage de bureaux, à Paray-le Monial (71) 225
Julie Herrgott, Atelier Herrgott & Farabosc, St-Didier-sur-Chalaronne, France
Vincent Pierré, Terranergie, Saulcy-sur-Meurthe, France
Antoine Effendiantz, Charpentiers du Haut-Beaujolais, Belmont-de-la-Loire, France
Arthur Cordelier, Wall'Up Préfa, Aulnoy, France
Florian Pomarède, Boissif Neopolybois, Thizy-les-Bourgs, France

Atelier C2
Atelier IBC : Conception, optimisation et agilité

Résistance et optimisation des planchers bois : innovation, analyse comparative de solutions 235
Pierre Brégeon, Arborescence, IBC, Lyon, FR

ATOM WOOD, Plancher bois-béton hors site 239
Valery Calvi, CALVI ETUDES STRUCTURES, Avignon, France
Caroline Morin, GA Smart building, Toulouse, France

Woodhub 247
Immeuble de bureaux durables
Sacha Berg, Cambium - bureau d'études, Lille, France
Philippe Courtoy, Wood Shapers, Bruxelles, Belgique

Atelier B3
Le logement social, acteur de la décarbonation

32 logements individuels sur le Plateau de Haye à Maxéville, 54, France 253
Claude Valentin, HAHA Architectures, Saint Nabord, France
Jimmy Deschaseaux, HAHA Architectures, Saint Nabord, France
Maxence Broquerie, OMh Nancy, Nancy, Franc

Ravaudage urbain et architectural : réhabiliter, requalifier, améliorer 261
Stéphane Cochet, A003architectes, Paris, France

MASH05, Site Place Georges Gauthier, 72000, Le Mans 271
Renée Floret-Scheide, Floret-Scheide Architecture, Paris, France

Moulin du Bois, MASH4, Site Saint Herblain, Nantes 279
Renée Floret-Scheide, Floret-Scheide Architecture, Paris, France

Les Biscottes, 160 logements collectifs à Sarcelles 289
Marc Benard, EQUATEUR SAS d'architecture, Paris, France

Atelier C3
Stratégie très bas carbone contre l'inconfort estival

Aéroport bioclimatique de La Réunion 295
Alexis Autret, AIA Ingénierie, Nantes, France

Vendredi 5 avril 2024

Atelier A4
Les tours en bois

Tours en bois : Les perspectives suisses 305
Lucie Mérigeaux, Cedotec office romande de Lignum, Lausanne, Suisse

Carmelha, retour d'expérience d'une tour à Monaco 313
Wilfrid Bellecour, Bellecour architectes, Paris, France
Vincent Ballion, Bellecour architectes, Bordeaux, France
Sébastien Roux, Simonin, Montlebon, France

Tour SILVA, Bordeaux 321
Lynda Benkaci, ArtBuild Architectes, Paris, France

Atelier B4
3D, préfabrication ou industrialisation ?

Modulaire 3D, préfabrication ou industrialisation ? 329
Pascal Chazal, Président Groupe Hors-site, Thiers, France

Réhabilitation de l'internat du Lycée La Prat's à Cluny (71)
« la boîte dans la boîte » 337
Geoffrey Setan, bÖ Architectes Associés, LE CREUSOT 71, France
Olivier Le Gallée, bÖ Architectes Associés, LE CREUSOT 71, France

BATIMENTS MOBILES ET MODULABLES 343
Laurent Pillaud, Virtuel Architecture, Paris France

Atelier C4
Réemploi du bois structurel dans la perspective de l'économie circulaire et de la REP

Sylvatest 4 349
Quatre générations de développement et d'expertises au service du bois
Jean-Luc Sandoz, CBT – Concept Bois Technologie SA, Lausanne, Suisse

LA BRICOLE – Construire une charpente en bois de réemploi 357
La démonter, puis la remonter
Octave Giaume, Atelier +1, Paris, France

Quelle seconde vie pour le bois structurel ? 363
Morgane Croquelois, Rewood, Lille, France

Ecomaison, l'éco-organisme engagé dans la gestion de la fin de vie 369
des produits bois : réemploi, recyclage, valorisation
Ambre Le Ferrec, Ecomaison, Paris, France

Atelier A5
Le bois dans les Jeux de Paris, bilan et perspectives

Village des Athlètes – Ecoquartier de L'Île-Saint-Denis 373
Erik Giudice, EGA Erik Giudice architecture, Paris, France

Atelier B5
Nouvelles mixités

ATOM WOOD – Focus feu 381
Caroline Morin, GA Smart building, Toulouse, France
Valéry Calvi, CALVI ETUDES STRUCTURES, Avignon, France
Fabienne Robert, Centre d'Essais au Feu du CERIB, Epernon, France

Deux opérations démonstratrices pour le plancher mixte CLT-béton HOBOA
Canopia Santé : 3 niveaux de surélévation pour un hôpital de jour
Canopia Business : immeuble tertiaire réversible ERP en R+05 389
Thierry Soquet, Horizons Bois, Rennes, France

Le plancher Mixte bois/béton selon APB² 397
Quentin Kleindienst, APB², Étival-Clairefontaine, France

Hybridal® – Une innovation pour les planchers mixtes bois béton collé 403
Thomas Brébion, Hybridal, Simplé, France

Atelier C5
Plateforme Eurocode 5

Plateforme Eurocode 5 411
Maxime Fiabane, FCBA, Bordeaux, FRANCE

Atelier A6
Architectures bois/biosourcés marquantes

Trois références exemplaires en ossature bois et isolation paille 413
Jean-Pierre Rambourdin, CRR Écritures Architecturales, Paris

Une maison commune 419
Jean-Marie Duthilleul, Agence Dutilleul, Paris

La Caserne de la Brigade des Sapeurs-Pompiers de la Préfecture de Paris Bourg-la-Reine (92) 425
Fabienne Bulle, Fabienne Bulle architecte & associés, Montrouge, France

Atelier B6
Les écoquartiers en biosourcé

4 logements dans l'écoquartier des Orfèvres à Trévoux, 01, France 433
Robert Weitz, Tectoniques Architectes, Lyon, France
Charley Damont, Tectoniques Ingénieurs, Lyon, France
Jean-Luc Sandoz, CBS-Lifteam, Choisy-le-Roi, France

Construction du groupe scolaire Anne Sylvestre de la ZAC Flaubert à Grenoble 439
Jean-Paul Roda, Roda Architectes, Lyon, France
Chloé Commeignes, Roda Architectes, Lyon, France
Jean-Luc Sandoz, CBS-Lifteam, Choisy-le-Roi, France

La faute à Rousseau ? L'écoquartier de Ferney-Voltaire 447
Arnaud Tournadre, SPL Territoire d'innovation (Terrinnov), Ferney-Voltaire, France

Atelier C6
Construire avec le bois et la terre crue

La Recyclerie de la Dombes Bois local et terre de site 455
Sarah Viricel, Lieux FAUVES, Lyon, France
Sandra Rüdiger, Lieux FAUVES, Lyon, France

Plateforme de stockage bois à Quéven 463
Aurélien Lepoutre, DLW architectes, Nantes, France
Xavier Davy, EGIS, Rennes, France

Une école en Bois-Paille-Terre – à La Talaudière (42, France) 471
Damien Gallet, Gallet Architectes, Echalas, France
Vincent Danière, Atelier des Vergers Architectes, Saint-Etienne, France

Groupe scolaire terre, bois & béton damé recyclé à Châtenay-Malabry | 92 479
Samuel Delmas, a+ samueldelmas architectes, Paris et Lyon, France

Présidente de séance

Cosse Emmanuelle
Union Sociale Pour l'Habitat
1 Rue de Maubeuge
75009 Paris, France

+33 (0)1 40 75 78 00
emmanuelle.cosse@union-habitat.org

Modérateurs et Modératrices

Annic David
Xylofutur
1 cr du Général de Gaulle
33170 Gradignan, France

+33 (0)5 56 81 54 87
david.annic@xylofutur.fr

Baudot Thomas
Fibois Hauts de France
34 Bis Rue Emile Zola
59650 Villeneuve d'Ascq, France

+33 (0)3 20 91 32 49
thomas.baudot@fibois-hdf.fr

Bignon Jean-Claude
ENSA Nancy
2 rue Bastien Lepage
54001 Nancy, France

+33 (0)3 83 30 81 34
jcbignon@gmail.com

Brockstedt Katharina
Envirobat
24 Boulevard de la Victoire
67000 Strasbourg, France

+33 (0)3 88 14 49 86
katharina.brockstedt@insa-strasbourg.fr

Chazal Pascal
Hors-Site
Chochat
63000 Thiers, France

+33 (0)4 73 51 45 56
pascal@hors-site.com

Cottineau Dominique
UICB
120 avenue Ledru-Rollin
75011 Paris, France

+33 (0)1 43 45 53 43
dominique.cottineau@uicb.pro

Crancée Olivier
Groupement des Monuments Historiques
2 bis Cité Martignac
75007 Paris, France

ocrancee@flb.fr

De Bastiani Bertrand
ACOUSTB
24 Rue Joseph Fourier
38400 Saint Martin d'Hères, France

+33 (0)1 49 20 13 55
bertrand.debastiani@egis-group.com

Dibling Eric
Ingeneco
20 Rue d'Agen
68000 Colmar, France

+33 (0) 3 89 41 12 53
ed@ingeneco.eu

Feuga Sylvie
Envirobat Grand Est
62 rue de Metz
54014 Nancy Cedex, France

+33 (0)3 83 31 09 88
sylvie.feuga@envirobatgrandest.fr

Fiabane Maxime
FCBA
Allée de Boutaut
33000 Bordeaux, France

Maxime.FIABANE@fcba.fr

Fournier Meriem
INRAE
2163 avenue de la Pomme de Pin
45075 Orléans, France

+33 (0)3 83 30 22 54
meriem.fournier@inrae.fr

Gauthier Bertrand
UICB
120 Avenue Ledru Rollin
75011 Paris, France

+33 (0)1 43 45 53 43
bertrand.gauthier@uicb.pro

Gauzin-Muller Dominique
Association Frugalité Heureuse et créative
Brunnenwiesen 55
70619 Stuttgart, Allemagne

+49 711 4760555
gauzinmueller@me.com

Grandchamp Florence
IBC
4 place Louis Armand
75012 Paris, France

+33 (0)3 81 46 48 53
Florence@i-b-c.fr

Jorio Marie
France Bois 2024
120 Avenue Ledru Rollin
75011 Paris, France

+33 (0)1 44 68 18 53
jorio.marie@gmail.com

Kleinschmit von Lengefeld Andreas
Homo Silvestris Europae
8 Passage Turquetil
75011 Paris, France

+33 (0)9 79 54 11 51
kvl@homo-silvestris-europae.com

Lahbil Houria
CAPEB
2 Rue Béranger
75140 Paris, France

+33 (0)1 53 60 50 10
h.lahbil@capeb.fr

Laroussi Sarah
CNDB
12 avenue Ledru Rollin
75011 Paris, France

sarah.laroussi@cndb.org

Martinez Jérôme
Bois de France
6 rue François 1er
75008 Paris, France

jerome.martinez@bois-de-france.org

Mathis Charles-Henri
Lavibois
17 Rue Littré
75006 Paris, France

charles.henri.mathis@gmail.com

Oswald Apolline
Xylofutur
1 cr du Général de Gaulle
33170 Gradignan, France

+33 (0)5 56 81 54 87
apolline.oswald@xylofutur.fr

Perraudin Raphaëlle-Laure
LIEUX F.AU.VES
43 rue des Herideaux
69008 Lyon, France

+33 (0)4 72 78 80 80
rl.perraudin@lieuxfauves.com

Pinson Marie-Cécile
Mywoodenlife
8 cite Dupetit Thouars
75003 Paris, France

+33 (0)6 83 03 01 92
mariececile.pinson@wanadoo.fr

Quineau Clément
UICB
120 avenue Ledru Rollin
75011 Paris, France

clement.quineau@uicb.pro

Serieis Marc
Albert&co
21 Rue des Hayeps
93100 Montreuil, France

m.serieis@albert-and-co.fr

Surini Thibaud
Fibois Grand-Est
2 Rue de Rome
67300 Schiltigheim, France

+33 (0)3 88 19 55 21
thibaud.surini@fibois-grandest.com

Tophoven Jonas
Nvbcom
53 Boulevard de la Villette
75010 Paris, France

+33 (0)1 42 00 17 80
jonas@nvbcom.fr

Triboulot Pascal
ENSTIB
27 Rue Phillipe Séguin
88051 Epinal, France

+33 (0)3 72 74 96 00
pascal.triboulot@univ-lorraine.fr

Winter Wolfgang
Université technique de Vienne
Karlsplatz 13/259.2
1040 Autriche, Autriche

+43 1 588 01 25 410
winter@iti.tuwien.ac.at

Conférenciers et Co-conférenciers

Abdelmoumen Nour
ENSA Paris Val de Seine
3 Quai Panhard et Levassor
75013 Paris, France

nour.abdelmoumen@paris-valdeseine.archi.fr

Abi Ezz Mia
ENSA Paris Val de Seine
3 Quai Panhard et Levassor
75013 Paris, France

miamaria.abiezz@paris-valdeseine.archi.fr

Aime Thomas
SCM Group
2 chemin des Plattes
69390 Vourles, France

taime@scmgroup.com

Albert Aymeric
Office National des Forêts
2 bis avenue du Général Leclerc
94704 Maisons-Alfort, France

+33 (0)1 40 19 59 72
aymeric.albert@onf.fr

Asselin François
Asselin
10 boulevard Auguste Rodin
79102 Thouars, France

+33 (0)5 49 68 49 91
fasselin@asselin.fr

Aulanier Hughes-Marie
Carbone 4
54 rue de Clichy
75009 Paris, France

+33 (0)1 76 21 10 00
hughes-marie.aulanier@carbone4.com

Aurel Jean-Baptiste
Woodenha - Protecflam
300 Rue de l'Île aux Moutons
44340 Bouguenais, France

jb.aurel@woodenha.com

Autret Olivier
Nexity
Sainte Florence
85500 Les Essarts, France

oautret@nexity.fr

Autret Alexis
AIA Life Designers
7 Boulevard de Chatenay
44000 Nantes, France

+33 (0)2 40 38 13 08
a.autret@a-i-a.fr

Bagard Nadège
Bagard&Luron architectes
1 rue Saint Fiacre
54000 Nancy, France

+33 (0)3 83 39 07 55
n.bagard@bagard-luron.com

Ballion Vincent
Bellecour architectes
72 quai des Chartrons
33300 Bordeaux, France

+33 (0)5 47 74 90 50
vincent@bellecour.archi

Barbet Paul-Martin
Art Build, GSA, ISMME
58 rue du Faubourg Poissonnière
75010 Paris, France

+33 (0)1 87 21 05 86
pmb@artbuild.com

Baudin Jean-Claude
Charpente Cénomane
Z.A. Belle Croix
72510 Requeil, France

+33 (0)2 43 46 45 99
info@charpente-cenomane.com

Baugé Antoine
Sylva Conseil
66 rue des Courtiaux
63000 Clermont-Ferrand, France

+33 (0)1 43 73 56 45
agence75@sylva-conseil.com

Bazot Jean-Philippe
Fibois Bourgogne Franche-Comté
64A rue Sully
21041 Dijon, France

+33 (0)6 80 58 80 70
jp.bazot@bongard-bazot.fr

Béal Antoine
Béal & Blanckaert
10 rue Nicolas Leblanc
59000 Lille, France

+33 (0)3 20 30 32 90
beal@beal-blanckaert.com

Becker Wieland
Université de Trèves
Schneidershof D 104/105/106
54293 Trier, Allemagne

w.becker@ar.hochschule-trier.de

Bénard Marc
Equateur Architecture
68 Boulevard de Sébastopol
75003 Paris, France

+33 (0)1 43 57 28 91
mb@equateur-architecture.fr

Benkaci Lynda
ArtBuild
58 rue du Faubourg Poissonnière
75010 Paris, France

+33 (0)1 87 21 05 67
lbe@artbuild.com

Benoît Élodie
Nexity
19 Rue de Vienne
75801 Paris cedex 08, France

+33 (0)1 85 55 12 39
ebenoit@nexity.fr

Berg Sacha
Bureau d'étude Cambium
10 avenue de la Créativité
59650 Lille, France

+33 (0)3 74 09 87 52
sbe@be-cambium.com

Berthet Pierre
Lamécol
ZA du Courneau, 17 Rue du Pré Meunier
33610 Canéjan, France

p.berthet@lamecol-dl.fr

Bezault Antoine
Office National des Forêts
2 bis avenue du Général Leclerc
94704 Maisons-Alfort, France

+33 (0)1 40 19 79 64
antoine.bezault@onf.fr

Béziers la Fosse Ronan
BTP Consultants
1 place Charles de Gaulle
78180 Saint Quentin en Yvelines, France

ronan.bezierslafosse@btp-consultants.fr

Bidet Jean-Louis
Atelier Perrault
30 rue Sébastien Cady
49290 Saint Laurent de La Plaine, France

+33 (0)2 41 22 37 22
jlbidet@ateliersperrault.com

Birarda Vincent
ArcelorMittal
16 route de la Forge
55000 Haironville, France

vincent.birarda@arcelormittal.com

Blanckaert Marie
Agence Blau
2/1 Rue Franklin
59370 Mons-en-Baroeul, France

contact@bl-au.com

Blaret Jean-Christophe
Architecture plurielle
65 avenue Aristide Briand
35000 Rennes, France

+33 (0)2 99 21 49 03
jc.blaret@archi-plurielle.com

Blasco Sandrine
CDC Habitat
33 avenue Pierre Mendès
75013 Paris, France

+33 (0)1 55 03 30 00
sandrine.blasco@cdc-habitat.fr

Blondeau-Patissier Renaud
Stora Enso
83 avenue du Général de Gaulle
92200 Neuilly-sur-Seine, France

renaud.blondeau@storaenso.com

Bouteloup Bastien
Woodeum
87 rue Richelieu
75002 Paris, France

+33 (0)1 41 22 46 46
b.bouteloup@woodeum.com

Bouvard Andréa
Bouygues Bâtiment
1 rue Romain Rolland
33305 Lormont, France

+33 (0)2 78 62 88 88
an.bouvard@bouygues-construction.com

Brébion Thomas
Hybridal
5 rue des Sports
53360 Simplé, France

+33 (0)2 43 98 10 10
tbrebion@cruard-charpente.com

Brégeon Pierre
Arborescence
23 Rue Notre Dame
69006 Lyon, France

+33 (0)4 79 07 96 54
bet.arborescence@orange.fr

Briand Mickael
Quarco
4 impasse Claude Nougaro
44800 Saint-Herblain, France

m.briand@quarco.fr

Brisson Damien
Le Bras frères
69 rue Victor Hugo
54800 Jarny, France

+33 (0)3 82 33 20 96
damien-brisson@lebrasfreres.fr

Broms Wessel Ola
Spridd
Asögatan
116 32 Stockholm, Suède

+46 (0)8 673 03 80
ola@spridd.se

Broquerie Maxence
OMh Nancy
32 rue Saint-Léon
54000 Nancy, France

+33 (0)3 83 85 70 80
mbroquerie@omhgrandnancy.fr

Bruchon David
Icade Promotion
27 rue Camille Desmoulins
92130 Issy-les-Moulineaux, France

+33 (0)1 41 57 71 09
david.bruchon@icade.fr

Bulle Fabienne
Fabienne Bulle Architecte & Associés
113 avenue de la République
92120 Montrouge, France

+33 (0)1 46 12 02 95
fabulle@fabiennebulle.com

Cabocel Tristan
Bouygues Construction
1 avenue Eugène Freyssinet
78280 Guyancourt, France

t.cabocel@bouygues-construction.com

Cadoret Fanny
Fibois Hauts de France
56 rue du vivier
80000 Amiens, France

+33 (0)3 75 14 01 70
fanny.cadoret@fibois-hdf.fr

Calvi Valéry
Calvi Études Structures
40 Boulevard Limbert
84000 Avignon, France

+33 (0)4 90 82 21 69
v.calvi@becalvi.fr

Calvi Dominique
Bureau d'étude Calvi
37 avenue Pierre Semard
84000 Avignon, France

+33 (0)4 90 82 21 69
d.calvi@aol.fr

Canoine Benoit
Henkel
Henkelstraße 67
40589 Düsseldorf, Allemagne

benoit.canoine@henkel.com

Carbonell Maria
Arcora
18 rue des 2 Gares
92500 Rueil Malmaison (FR), France

+33 (0)1 49 04 67 38
ma.carbonell@arcora.com

Carcelen Anne
Anne Carcelen Architecte Urbaniste
242 rue de Charenton
75012 Paris, France

+33 (0)1 44 75 51 01
contact@annecarcelen.com

Casas Florence
Marioff
165 boulevard de Valmy
92700 Colombes, France

florence.casas@carrier.com

Castel Maxime
Manubois
481 route d'Auffay
76950 Les Grandes Ventes, France

maxime.castel@groupe-lefebvre.fr

Catterou Thomas
FCBA
Allée de Boutaut
33000 Bordeaux, France

+33 (0)5 56 43 63 16
Thomas.CATTEROU@fcba.fr

Ceia Marc
CRR Architecture
7 rue René Goscinny
75013 Paris, France

marc.ceia@crr-architecture.com

Chamfroy Guillaume
Minco
4 rue Lavoisier, Rue Marie-Curie
44140 Aigrefeuille sur Maine, France

guillaume.chamfroy@minco.fr

Champain Yannick
Vivarchi
1 rue Pomparde
02460 La Ferté-Milon, France

+33 (0)3 23 72 37 31
contact@vivarchi.fr

Charlier Thomas
Gaujard Technologies
Le Sirius 355 rue Pierre Seghers
84000 Avignon, France

+33 (0)4 90 86 16 96
thomas.charlier@bet-gaujard.com

Clapasson Noëlie
Roda Architectes
43 rue de la République
69002 Lyon, France

+33 (0)4 78 62 12 53
noelie.clapasson@roda-architectes.fr

Clavreul Arnaud
Arcora
18 rue des 2 Gares
92500 Rueil Malmaison (FR), France

+33 (0)1 49 04 67 08
ar.clavreul@arcora.com

Clément Fabien
ESB NANTES
7 Rue Christian Pauc
44300 Nantes, France

fabien.clement@esb-campus.fr

Cochet Stéphane
A003 Architectes
5 passage Piver
75011 Paris, France

+33 (0)9 54 18 23 57
s.cochet@a003architectes.com

Colboc Benjamin
COSA
10 Rue Bisson
75020 Paris, France

+33 (0)1 42 49 80 24
b.colboc@cosa-paris.com

Commeignes Chloé
Roda Architectes
49 rue de la République
69002 Lyon, France

+33 (0)4 76 62 88 95
chloe.commeignes@roda-architectes.fr

Cordelier Arthur
Wall'Up préfa
R402 BELLEVUE
77120 Aulnoy, France

a.cordelier@wallup.fr

Cossenet Fabien
Woodeum
87 rue de Richelieu
75002 Paris, France

+33 (0)1 41 22 46 46
f.cossenet@woodeum.com

Courtoy Philippe
Wood Shapers
Av. Edmond Van Nieuwenhuyse 30
1160 Auderghem, Belgique

pcourtoy@woodshapers.com

Couturier Christian
Solagro
75 voie du TOEC
31076 Toulouse, France

+33 (0)5 67 69 69 69
christian.couturier@solagro.asso.fr

Croquelois Morgane
Rewood
41 rue des métissages
59200 Tourcoing, France

morgane@rewood.green

Damont Charley
Tectoniques Architectes
130 B rue Baraban
69003 Lyon, France

+33 (0)4 78 30 06 56
c.damont@tectoniques.com

Danière Vincent
Atelier des Vergers
12 boulevard de l'Etivallière
42000 Saint-Étienne, France

+33 (0)4 77 21 31 57
v.daniere@atelierdesvergers.fr

David Éric
ENSA Clermont-Ferrand
85 Rue du Dr Bousquet
63100 Clermont-Ferrand, France

Eric.David@clermont-fd.archi.fr

Davy Xavier
Egis
4 rue Dolores Ibarruri
93188 Montreuil, France

xavier.davy@egis-group.com

Decherf David
Menuiserie Michel Dupont
21 Carrière Dorée Entrée ouest
59310 Orchies, France

+33 (0)3 20 84 78 59
decherfdavid@gmail.com

Deleuze Christine
ONF
88 rue des Abbés Mathis et Marion
88260 Hennezel, France

christine.deleuze@onf.fr

Delmas Samuel
A+ Architectes Urbanistes
37 rue du Retrait
75020 Paris, France

+33 (0)1 43 41 85 47
aplus.contact@samueldelmas.fr

Denavit Philippe
Groupe Malvaux
21 rue de la Gare
17330 Loulay, France

philippe@denavit.com

Deschaseaux Jimmy
HAHA Architectures
43 rue du centre
88200 Saint-Nabord, France

+33 (0)3 39 62 51 88
jimmy.deschaseaux@haha.fr

Desmarest Guillaume
Wewood (Bouygues construction)
1 avenue Eugène Freyssinet
78280 Guyancourt, France

+33 (0)1 80 61 47 14
g.desmarest@bouygues-construction.com

Desmonts Rémy
Ateliers Desmonts
1 rue des artisans
27170 Perriers-la-Campagne, France

+33 (0)2 32 35 30 92
remy.desmonts@orange.fr

Dessers Alex
Anne Carcelen Architecte Urbaniste
242 rue de Charenton
75012 Paris, France

+33 (0)1 44 75 51 02
agence@annecarcelen.com

Dhôte Jean-François
INRAE
2163 avenue de la Pomme de Pin
45075 Orléans, France

+33 (0)1 42 75 90 00
jean-francois.dhote@inrae.fr

Diaco Leonardo
Rothoblaas
50 Avenue d'Alsace
68000 Colmar, France

+39 0471 0867 61
Leonardo.Diaco@rothoblaas.com

Dibling Eric
Ingeneco
20 Rue d'Agen
68000 Colmar, France

+33 (0) 3 89 41 12 53
ed@ingeneco.eu

Donzé Jean-Philippe
MIL-LIEUX Architecture
2 rue Erckmann Chatrian
54000 Nancy, France

+33 (0)3 83 28 86 03
jp.donze@mil-lieux.fr

Douzain-Didier Nicolas
FNB
6 rue François 1er
75008 Paris, France

+33 (0)1 56 69 52 00
nicolas.douzain@fnbois.com

Drouin Benoît
Asselin
10 boulevard Auguste Rodin
79102 Thouars, France

+33 (0)5 49 68 08 66
bdrouin@asselin.fr

Dryjski Thomas
DVVD Ingénieurs
15 rue Léon Frot
75011 Paris, France

+33 (0)1 40 40 96 10
communication@dvvd.fr

Duceau Maggy
Duceau Maggy EI et consultante ITG
4 bis impasse des Narcisses
30133 Les Angles, France

mduceau@yahoo.fr

Ducerf Jacques
Groupe Ducerf
19 Avenue Joanny Furtin
71120 Vendenesse-lès-Charolles, France

+33 (0)3 85 88 28 00
jacques.ducerf@ducerf.com

Duchaine Lucas
Les Constructeurs du Bois
9 alllée des Chènes
88000 Epinal, France

+33 (0)3 29 68 52 12
l.duchaine@lesconstructeursdubois.fr

Dufour Pierre
ENSA Clermont-Ferrand
85 Rue du Dr Bousquet
63100 Clermont-Ferrand, France

Pierre.DUFOUR@clermont-fd.archi.fr

Duquesne Martin
Technologies + Habitat
276 rue du Mont Blanc
74540 Saint-Félix, France

+33 (0)4 50 51 09 66
m.duquesne@tech-hab.com

Duru Jérôme
Icade
27 rue Camille Desmoulins
92130 Issy les Moulineaux, France

+33 (0)1 41 57 70 00
jerome.duru@icade.fr

Duthilleul Jean-Marie
Agence Duthilleul
22 rue Delambre
75014 Paris, France

+33 (0)1 44 24 34 84
jmd@agenceduthilleul.fr

El Abassi Yousra
Arcora
18 rue des 2 Gares
92500 Rueil Malmaison (FR), France

+33 (0)1 49 04 67 36
yo.el-abassi@arcora.com

Estingoy Philippe
Agence Qualité Construction
11 bis avenue Victor Hugo
75116 Paris, France

+33 (0)9 84 07 18 64
p.estingoy@qualiteconstruction.com

Faure Sébastien
Établissement Public Rebâtir
Notre-Dame de Paris
2 bis Cité Martignac
75007 Paris, France

sebastien.faure@rndp.fr

Floret-Scheide Renée
Floret-Scheide Architectes
20 passage Saint-Sébastien
75011 Paris, France

+33 (0)1 48 05 59 30
floret-scheide@wanadoo.fr

Forest Gilles
Arbonis
55 avenue Paul Kruger
69100 Villeurbanne, France

gforest@arbonis.com

France-Lanord Thierry
Fibois Grand Est
3 allée des Tilleuls
54180 Heillecourt, France

+33 (0)3 83 37 54 64
president@fibois-grandest.com

Frechard Laura
Fibois IDF
24 Rue du Champ de l'Alouette
75013 Paris, France

laura.frechard@rubner.com

Fruhauff Joel
Knapp
23 Rue de la Maison Rouge
77185 Lognes, France

jfruhauff@knapp-connectors.com

Effendiantz Antoine
Charpentiers des Haut-Beaujolais
Z.A. Le Pont
42670 Belmont de la Loire, France

antoine@charpentiers-hautbeaujolais.fr

Eon Manel
Groupe ISB
1 Rue Denis Papin
35170 Bruz, France

manel.eon@groupe-isb.fr

Estner Jean-Philippe
Knauf
ZA rue Principale
68600 Wolfgantzen, France

jeanphilippe.estner@knauf.com

Florentin Georges-Henri
France Bois 2024
120 avenue Ledru Rollin
75011 Paris, France

+33 (0)1 44 68 18 53
georges-henri.florentin@outlook.fr

Foreau Jerôme
Placo-Isover
12 place de l'Iris
92400 Courbevoie, France

jerome.foreau@saint-gobain.com

Fourel Sylvain
Selvea
745 rue de la Marbrerie
34740 Vendargues, France

+33 (0)4 67 58 22 54
sfourel@selvea.com

Frangi Andrea
ETH Zurich
Stefano-Franscini-Platz 5
8093 Zurich, Suisse

+41 44 633 23 64
frangi@ibk.baug.ethz.ch

Fromont Rémy
Covalence
108 ter rue Championnet
75018 Paris, France

+33 (0)1 42 74 06 59
r.fromont@covalence-architectes.fr

Fucks Matthieu
MIL-LIEUX Architecture
2 rue Erckmann Chatrian
54000 Nancy, France

+33 (0)3 83 28 86 03
m.fucks@mil-lieux.fr

Gaiffe Jérôme
Scierie Gaiffe
Z.A. de Borémont
88600 Champ de Luc, France

+33 (0)3 29 52 69 69
jerome.gaiffe@gaiffe.com

Gallet Damien
Gallet Architectes
30 chemin des Cumines
69700 Echalas, France

+33 (0)4 26 65 32 40
contact@gallet-architectes.com

Garcia Christian
GIE Socabat
8 rue Louis Armand
75015 Paris, France

+33 (0)1 43 60 88 88
christian_garcia@socabat.fr

Gauzin-Muller Dominique
Association Frugalité Heureuse et créative
Brunnenwiesen 55
70619 Stuttgart, Allemagne

+49 711 4760555
gauzinmueller@me.com

Géant Aude
Furgalité Heureuse
105 rue de la Dhuys
93130 Noisy-le-Sec, France

aude.geant@frugalite.org

Gentner Nicolas
Schilliger Bois
Haltikon 33
6403 Küssnacht am Rigi, Suisse

+41 41 854 08 87
nicolas.gentner@schilliger.ch

Giaume Octave
Atelier + 1
77 rue des Cités
93300 Aubervilliers, France

atelierplusun@gmail.com

Giudice Erik
EGA
5 rue de Charonne
75011 Paris, France

+33 (0)1 43 38 37 08
eg@erikgiudice.com

Gontier Pascal
Atelier Pascal Gontier
8 rue de Valois
75001 Paris, France

+33 (0)1 49 23 15 41
pascalgontier@pascalgontier.com

Gallet Charles
Leclercq Associés
39 rue du Repos
75020 Paris, France

+33 (0)1 44 61 82 82
c.gallet@leclercqassocies.fr

Gamerro Julien
CBT - Concept Bois Technologie SA
40 rue des Jordils
1025 Saint-Sulpice, Suisse

+41 21 694 04 04
gamerro@cbs-cbt.com

Gaudenzi Gianluca
NZI Architectes
26 rue Miguel Hidalgo
75019 Paris, France

+33 (0)9 50 15 64 30
nzi@nzi.fr

Géant Xavier
Studiolada
2 rue La Fayette
54000 Nancy, France

+33 (0)3 83 33 92 13
xavier.geant@studiolada.fr

Genès Gaëtan
ECSB
5 rue de l'Eperonnerie
49290 Chalonnes sur Loire, France

+ 33 (0)2 41 74 10 15
ecsb.gg@gmail.com

Gérard Jean-Luc
Jean-Luc Gérard Architecte
17 place des Vosges
88000 Épinal, France

+33 (0)3 29 29 08 88
contact@jlgerard-architecte.fr

Gilliland Nicholas
Tolila + Gilliland Atelier d'Architecture
35 rue Vergniaud
75013 Paris, France

+33 (0)1 53 80 38 70
ng@tolilagilliland.com

Goetschy Bruno
Goetschy-Caballo
9 rue des Fabriques
68470 Fellering, France

goetschycabello@gmail.com

Goudart Jérôme
Placo-Isover
12 place de l'Iris
92400 Courbevoie, France

jerome.goudart@saint-gobain.com

Gouyen Anne-Sophie
Séquence Bois
15 avenue de la Grande Armée
75116 Paris, France

+33 (0)1 48 24 81 29
redaction@sequencesbois.fr

Gueguen Yann
51N4E
76 Rue du progrès
1030 Bruxelles, Belgique

+32 (0)2 503 50 89
yannggueguen@51n4e.com

Guerreiro Tomas
ENSA Paris Val de Seine
3 Quai Panhard et Levassor
75013 Paris, France

+33 (0)7 83 48 80 41
tomas.guerreiro@paris-valdeseine.archi.fr

Guidoux Kevin
AB.Lab et ArtBuild
58 rue du Faubourg Poissonnière
75010 Paris, France

+33 (0)1 87 21 05 69
kgu@artbuild.com

Hamburger Léonard
AREP
16 avenue d'Ivry
75647 Paris, France

+33 (0)1 57 27 15 01
Leonard.HAMBURGER@arep.fr

Hameury Stéphane
CSTB
84 rue Jean Jaurès
77083 Champs-sur-Marne, France

+33 (0)1 61 44 80 52
Stephane.HAMEURY@cstb.fr

Hannoun Guillaume
Moon Architectures
20 rue Rochechouart
75009 Paris, France

+33 (0)1 43 15 96 71
gh@moonarchitectures.fr

Haziza Lucie
Bois de France
6 rue François 1er
75008 Paris, France

lucie.haziza@bois-de-france.org

Herrgott Julie
Atelier d'architecture Herrgott & Farabosc
61 Place Georges Agniel
01140 St Didier sur Chalaronne, France

+33 (0)4 74 60 61 57
julie.herrgott@herrgottfarabosc.fr

Hervieu Florent
Eiffage Savare
ZI route de Saint Pierre sur Dives
01140 Moult, France

+33 (0)2 31 39 80 30
florent.hervieu@eiffage.com

Hilden-Kuntz Dagmar E.
Elka
Hochwaldstraße 44
54497 Morbach, France

d.hilden-kuntz@elka-holzwerke.de

Hoda Matamet
Hilti
126 Rue Gallieni
92100 Boulogne-Billancourt, France

hoda.matamet@hilti.com

Horlaville Carole
ACOUSTB
24 Rue Joseph Fourier
38400 Saint Martin d'Hères, France

+33 (0)4 76 03 72 20
Carole.horlaville@egis-group.com

Hustache Yves
Karibati
10-12 Rue de Fécamp
75012 Paris, France

y.hustache@karibati.com

Imbert Olivier
Elogie Siemp
8 boulevard d'Indochine
75019 Paris, France

+33 (0)1 40 47 55 55
o.imbert@elogie-siemp.paris

Jacquet Alain
Forêt d'ici
17 rue André Vitu
88000 Épinal, France

alain.jacquet@foretsetboisdelest.com

Janin Franck
Heliosol
65 route de Florentia
39160 Val d'Epy, France

+33 (0)4 86 68 95 63
franck.janin@heliasol.fr

Joly Alexis
SNERCT
86 avenue Georges Clémenceau
94360 Bry-sur-Marne, France

+33 (0)1 48 82 00 31
ajoly@snerct.com

Juch Veronika
IUFRO
Marxergasse 2
1030 Vienne, Autriche

+43 1 877 0151 18
juch@iufro.org

Kalt Jean
Philippon Kalt Architectes Urbanistes
8 rue Bourgon
1030 Paris, France

+33 (0)1 47 07 32 97
kalt@ponka.fr

Karsh Éric
Equilibrium Consulting Inc
1535 W 3rd Avenue
BC V6J 1J8 Vancouver, Canada

+1 778 233 2048
EKarsh@eqcanada.com

Karvala Kaisu
FFIF
Rue Montoyer 40
1000 Bruxelles, Belgique

kaisu.karvala@forestindustries.fi

Kerboua Marine
Grand Huit Scop d'architecture
151 avenue Jean Jaurès
75019 Paris, France

+33 (0)1 40 36 92 12
m.kerboua@grandhuit.eu

Khirouni Chaynesse
Conseil Départemental de Meurthe-et-Moselle
48 esplanade Jacques-Baudot
54035 Nancy Cedex, France

+33 (0)3 83 94 51 93
abussutil@departement54.fr

Kibamba Christian
Fibois Grand Est
3 allée des Tilleuls
54180 Heillecourt, France

+33 (0)3 83 37 78 53
christian.kibamba@fibois-grandest.com

Kleindienst Quentin
APB2
100 chemin des Grandes Hyères
88100 Sainte Marguerite, France

+33 (0)3 29 60 05 00
q.kleindienst@apb2.fr

Kouyoumji Jean-Luc
FCBA
3 allée de Boutant
33000 Bordeaux, France

+33 (0)5 56 43 63 74
jean-luc.kouyoumji@fcba.fr

Kuffer Pit
Witry & Witry architecte
32 rue du Pont
6471 Luxembourg, Luxembourg

+352 72 88 57 1
kuffer@witry-witry.lu

Lafarge Benjamin
CBS - Concept Bois Structure
118 avenue d'Alfortville
94600 Choisi le Roi, France

+33 (0)1 56 70 43 83
lafarge@cbs-cbt.com

Lagerström Lina
Septembre architecture
29 rue des Trois Bornes
75011 Paris, France

+33 (0)1 55 28 00 99
ll@septembrearchitecture.com

Laisney Jean-Baptiste
GA Smart Building
69 Boulevard Malesherbes
75008 Paris, France

+33 (0)7 62 73 20 96
jb.laisney@ga.fr

Landais Florian
Construction Bois EMG
Z.A. de Fournello
22170 Châtelaudren-Plouagat, France

+33 (0)2 96 79 54 54
florian.landais@charpentes-emg.com

Lanly Jean-Paul
Académie d'agriculture de France
18 rue de Bellechasse
75007 Paris, France

+33 (0)1 42 02 99 83
jean-paul.lanly@orange.fr

Le Bihan Cyrille
Hardel Le Bihan Architectes
40 rue du Paradis
75010 Paris, France

+33 (0)1 85 73 50 22
cyrille@hardel-lebihan.com

Le Ferrec Ambre
Ecomaison
50 avenue Daumesnil
75012 Paris, France

+33 (0)8 11 69 68 70
Aleferrec@ecomaison.com

Le Gallée Olivier
Bö Architectes
bateau bÖ, Capitainerie du Port
71300 Montceau les Mines, France

+33 (0)3 85 93 54 46
olivier@le-gallee.fr

Le Nevé Serge
FCBA
Allée de Boutaut
33000 Bordeaux, France

+33 (0)5 56 43 63 05
Serge.LENEVE@fcba.fr

Le Pierrès Océane
Institut de l'économie pour le climat (I4CE)
30 rue de Fleurus
75006 Paris, France

oceane.lepierres@i4ce.org

Le Penhuel Gaëtan
Gaëtan Le Penhuel Architectes
23 rue de Cléry
75002 Paris, France

+33 (0)1 43 57 22 77
g.lepenhuel@lepenhuel.net

Le Tyrant Karin
AIDA
12 rue Saint-Bernard
75011 Paris, France

+33 (0)1 44 93 72 04
karin.letyrant@aida-acoustique.com

Leblanc Thomas
Atelier husta
196 Cap de Germs Nord
65200 Germs sur l'Oussouet, France

atelier@husta.fr

Lees Gwénolé
PiveteauBois
La Vallée-Sainte Florence
85140 Essarts-en-Bocage, France

gwenole.lees@piveteau.com

Lefèvre Florian
Cruard Charpente & Construction Bois
5 rue des Sports
53360 Simplé, France

flefevre@cruard-charpente.com

Legouge Benoit
Étude Bois du Barrois
BP 50 083
55002 Bar-le-Duc, France

contact@bet-ebb.fr

Lemaire Maxence
Scierie Lemaire
10 rue de la Haie l'Abbé
88210 Moussey, France

+33 (0)8 10 10 88 90
Maxence.Lemaire@scierie-lemaire.fr

Lemaître Odran
LERMAB
27 Rue Philippe Séguin
88000 Epinal, France

+33 (0)3 29 82 69 47
olemaitre@vosgelis.fr

Lenoble Clélia
Fibois IDF
24 Rue du Champ de l'Alouette
75013 Paris, France

clelia.lenoble@fibois-idf.fr

Lepoutre Aurélien
DLW Architectes
10 rue Marmontel
44000 Nantes, France

+33 (0)2 40 69 00 65
contact@dlw-architectes.fr

Leroy Franck
Conseil Régional du Grand Est
1 place Adrien Zeller
67070 Strasbourg, France

Lethuillier Tony
GAMBA
8-10 rue de Bles
93210 Saint-Denis, France

+33 (0)1 49 21 01 44
tony.lethuillier@gamba.fr

Ligot Yves-Marie
BET Ligot
2-B rue Marceau
78800 Houilles, France

+33 (0)1 30 86 96 82
yvesmarie.ligot@free.fr

Liogier Nathan
Sybois
La Faye
79140 Bretignolles, France

+33 (0)5 49 74 54 30
nliogier@sybois.com

Lippe Heiner
TH Lübeck
Mönkhofer Weg 29
23562 Lübeck, Allemagne

+49 (0) 451-300 5 123
heiner.lippe@th-luebeck.de

Locatelli Pierre
Terlian-DB - Point.P
Z.I Chartreuse Guiers, Les Bauches
38380 Entre-Deux-Guiers, France

ic.bois@hotmail.com

Lunard Alexandre
Ki Wood
93 rue du Dr Roux
94100 Saint-Maur-des-Fossés, France

alunard@kiwood.eu

Luron Marc-Olivier
Bagard&Luron architectes
1 rue Saint Fiacre
54000 Nancy, France

+33 (0)3 83 39 07 55
mo.luron@bagard-luron.com

Madec Philippe
Association Frugalité Heureuse et créative
9 Rue Barbès
93100 Montreuil, France

+33 (0)1 48 04 95 03
philippe_madec@me.com

Manthorpe Martin
NCC
Danemark

LNG@ncc.dk

Martin Cabello Inmaculada
Goetschy-Caballo
9 rue des Fabriques
68470 Fellering, France

goetschycabello@gmail.com

Marx Thalie
Ville et Eurométropole de Strasbourg
1 Parc de l'Étoile
67076 Strasbourg, France

+33 (0)3 68 98 72 70
Thalie.MARX@strasbourg.eu

Mathis Frank
Mathis Construction Bois
3 rue des Vétérans
67600 Muttersholtz, France

+33 (0)3 27 60 72 97
f.mathis@mathis.eu

Maufront Rodolphe
UMB
7-9 Rue La Pérouse
75784 Paris Cedex 16, France

+33 (0)1 40 69 57 00
maufrontr@umb.ffbatiment.fr

Maxit Marc-Henri
Atelier WOA
11 rue Carducci
75019 Paris, France

+33 (0)1 42 06 15 60
contact@atelier-woa.fr

Mégard Étienne
Mégard Architectes
44 Place Saint-Vincent de Paul
01400 Châtillon-sur-Chalaronne, France

+33 (0)4 74 55 10 23
etienne.megard@megardarchitectes.fr

Mehu Louison
EKKOIA
2 impasse Henri Pitot
31500 Toulouse, France

+33 (0)5 61 80 16 78
l.mehu@ekkoia.fr

Mercier Vincent
Product DNA
10 avenue du Léman
1005 Lausanne, Suisse

+41 (0)79 651 87 91
vincent.mercier@productdna.com

Merigeaux Lucie
Lignum
Mühlebachstresse 8
8008 Zürich, Suisse

lucie.merigeaux@lignum.ch

Moalic Anne-Sarah
Fibois Normandie
2 bis Longue vue des astronomes
14111 Louvigny, France

anne-sarah.moalic@fibois-normandie.fr

Monnet François
Wigwam
9 Rue Ecorchard
44000 Nantes, France

francois@wigwam-conseil.com

Morin Caroline
GA Smart Building
69 boulevard Malesherbes
75008 Paris, France

+33 (0)1 53 93 96 96
c.morin@ga.fr

Nehlawi Anwar
CRAI
8 Promenade Millie
54000 Nancy, France

+33 (0)3 83 30 81 00
anwar.nehlawi@nancy.archi.fr

Neil Edouard
MDB Les métiers du bois
1 Rue Jean Jaurès
94800 Villejuif, France

+33 (0)1 46 86 18 60
edouard.neil@mdbois.fr

Nouis Judith
ENSA Paris Val de Seine
3 Quai Panhard et Levassor
75013 Paris, France

judith.nouis@paris-valdeseine.archi.fr

Oizel Grégoire
Arborescence
23 Rue Notre Dame
69006 Lyon, France

+33 (0)4 79 07 96 54
bet.arborescence@orange.fr

Patrix Stéphane
Terlian-DB - Point.P
Z.I Chartreuse Guiers, Les Bauches
38380 Entre-Deux-Guiers, France

stephane.patrix@saint-gobain.com

Pechenart Élodie
FCBA
10 rue Galilée
77420 Champs-sur-Marne, France

+33 (0)1 72 84 97 74
elodie.pechenart@fcba.fr

Pellion Antoine
SGPE
19 rue de Constantine
75007 Paris, France

+33 (0)1 42 75 80 00
antoine.pellion@pm.gouv.fr

Petit Laurent
WO2
23 avenue Foch
75116 Paris, France

l.petit@wo2.com

Philippon Brigitte
Philippon Kalt Architectes Urbanistes
8 rue Bourgon
75013 Paris, France

brigitte.philippon@ponka.fr

Pianet Grégoire
FCBA
Allée de Boutaut
33000 Bordeaux, France

+33 (0)1 72 84 97 84
Gregoire.PIANET@fcba.fr

Pierré Vincent
Terranergie
1 rue du Kemberg
88580 Saulcy-sur-Meurthe, France

+33 (0)3 29 57 98 34
terranergie@gmail.com

Pierrel Romaric
SRAL/DRAAF Grand Est
5 rue Hinzelin
57045 Metz, France

+33 (0)3 55 74 11 35
romaric.pierrel@agriculture.gouv.fr

Pillaud Laurent
Virtuel Architecture
19 rue Emile Durkheim
75013 Paris, France

+33 (0)1 45 83 55 87
virtuel@virtuel.fr

Pineur Arnaud
Greisch
25 Allée des Noisetiers
4031 Liège, Belgique

+32 43 64 11 37
apineur@greisch.com

Piriou Hubert
Woodenha - Protecflam
300 Rue de l'Île aux Moutons
44340 Bouguenais, France

Piton Benjamin
IGN
1 rue des Blanches terres
54250 Champigneulles, France

+33 (0)3 57 29 15 09
benjamin.piton@ign.fr

Pomarède Florian
Boissif Neopolybois
1353 route de Mardore
69240 Thizy les Bourgs, France

direction@boissif.fr

Ponsonnet Didier
Finsa France
Paris, France

d.ponsonnet@finsa.com

Prevost Kelly
Solideo
18 rue de Londres
75009 Paris, France

+33 (0)1 40 06 27 00
K.Prevost@ouvrages-olympiques.fr

Probst Hervé
Barthes BE Bois
ESPACE MADERA Rue de Blénod
54700 Maidières, France

+33 (0)3 83 87 88 87
herve@barthesbois.fr

Quinonero Christelle
Gaujard Technologie Scop
355 rue Pierre Seghers
84000 Avignon, France

+33 (0)4 90 86 16 96
Christelle.quinonero@bet-gaujard.com

Rabuel Nicolas
SCIC Ielo
50 Ter rue de Malte
75011 Paris, France

nicolas.rabuel@ielo.coop

Rambourdin Jean-Pierre
CRR Architecture
7 rue René Goscinny
75013 Paris, France

+33 (0)4 73 37 55 09
jp.rambourdin@crr-architecture.com

Renaud Jean-Pierre
Fibois-Grand Est
3 allée des Tilleuls
54180 Heillecourt, France

+33 (0)3 83 37 54 64
jprenaud68@gmail.com

Rey Jean-Baptiste
EpaMarne
8 avenue André Marie Ampère
77447 Marne-la-Vallée CEDEX, France

J.REY@epa-marnelavallee.fr

Rivat Julien
Rivat Architecte
7 Rue de Marseille
75010 Paris, France

+33 (0)1 42 49 08 39
jrivat@rivat-architecte.fr

Robert Mathieu
Groupe Thébault
47 rue des Fontenelles
79460 Magné, France

+33 (0)5 49 35 70 20
m.robert@groupe-thebault.com

Robinet Pierre-Étienne
Atelier Archi 4
2 bis rue Lafayette
57000 Metz, France

+33 (0)2 40 47 68 73
lk@atelier-a4.archi

Rochet Sylvain
Teckicea
18 rue Denis Papin
25300 Pontarlier, France

+33 (0)3 81 46 48 53
s.rochet@teckicea.fr

Roda Jean-Paul
Roda Architectes
43 rue de la République
69002 Lyon, France

+33 (0)4 78 62 12 50
jean-paul.roda@roda-architectes.fr

Roethinger Maxime
Atelier WOA
11 rue Carducci
75019 Paris, France

+33 (0)1 42 06 15 60
maximeroethinger@atelier-woa.fr

Romagné Marc
LASA
20 Boulevard Eugène Deruelle
69003 Lyon, France

+33 (0)1 43 13 34 00
romagne@lasa.fr

Rouby Julien
RHB Architectes
13 rue du Général de Castelnau
67000 Strasbourg, France

+33 (0)9 81 43 57 36
agence@rhb-architectes.com

Roussel Dimitri
Dream Architectes
36 boulevard de la Bastille
75012 Paris, France

+33 (0)1 43 43 10 09
dr@dream.archi

Roux Sébastien
Simonin
22 ZA des Épinottes
25500 Montlebon, France

+33 (0)3 81 67 01 26
sroux@simonin.com

Roux Phillipe
Charpente Houot
100 chemin des Grandes Hyères
88100 Sainte- Marguerite, France

charpente.houot.pr@orange.fr

Rudiger Sandra
LIEUX F.AU.VES
43 rue des Herideaux
69008 Lyon, France

+33 (0)4 72 78 80 80
s.rudiger@lieuxfauves.com

Ruoff Joachim
Fachhochschule Coblence
Konrad-Zuse-Straße 1
56075 Koblenz, Allemagne

+49 176 200 15 211
ruoff@hs-koblenz.de

Sandoz Jean-Luc
CBS-Lifteam
118 avenue d'Alfortville
94600 Choisi le Roi, France

+41 21 694 04 04
sandoz@cbs-cbt.com

Schulte Marie-Sophie
Schultearchitekten
24 rue Jules Vallès
75011 Paris, France

+49 221 94994325
m.schulte@schultearchitekten.de

Sertelet Guillaume
Sertelet Yves SAS
1 route de Saales
88490 Provenchères-sur-Fave, France

+33 (0)3 29 57 70 32
guillaume.sertelet@sertelet.com

Setan Geoffrey
Bö Architectes
bateau bÖ, Capitainerie du Port
71300 Montceau les Mines, France

+33 (0)3 85 81 13 68
boarchitectes@icloud.com

Sommer Michael
Canzler - Socotec
Mombacher Str. 52
55122 Mainz, Allemagne

+49 6131 488 78-32
micheal.sommer@canzler.de

Sorin Edouard
CSTB
84 avenue Jean Jaurès
77447 Champs-sur-Marne, France

Edouard.SORIN@cstb.fr

Tarteret Louis
Obobois
ZI La vove
10160 Aix-Villemaur-Palis, France

l.tarteret@obobois.fr

Thomas Jérôme
Président régional des communes forestières
80 boulevard du Maréchal Foch
54522 Laxou Cedex, France

jerometh88@hotmail.fr

Tournadre Arnaud
SPL Territoire d'innovation
13C Chemin du Levant
01210 Ferney Voltaire, France

+33 (0)4 50 56 81 81
arnaud.tournadre@terrinnov-spl.fr

Schulte Helena
Schultearchitekten
24 rue Jules Vallès
75011 Paris, France

h.schulte@schultearchitekten.de

Senger Aleksandra
Canzler - Socotec
Mombacher Str. 52
55122 Mainz, Allemagne

+49 6131 488 78-47
aleksandra.senger@canzler.de

Servant Jean-Michel
France Bois Forêt
120 Avenue Ledru-Rollin
75011 Paris, France

+33 (0)1 44 68 18 53
jm.servant@franceboisforet.fr

Settimi Andrea
IBOIS/EPFL
PPFL ENAC ICC IBOIS Bâtiment CG Station 18
1015 Lausanne, Suisse

+41 21 693 59 54
andrea.settimi@epfl.ch

Soquet Thierry
Architecture plurielle
65 avenue Aristide Briand
35000 Rennes, France

+33 (0)2 99 21 49 03
t.soquet@horizons-bois.com

Sylvestre Pierre
Maire de Monthureux sur Saône
10 rue de l'Hôtel de Ville
88410 Monthureux-sur-Saône, France

+33 (0)3 29 09 00 26
mairie.monthureuxsursaone@orange.fr

Téqui Louis
Atelier Téqui Architectes
10 Rue du Paradis
75010 Paris, France

+33 (0)1 48 01 03 08
l.tequi@ateliertequi.fr

Toubanos Dimitri
ENSA Paris Val de Seine
3 Quai Panhard et Levassor
75013 Paris, France

dimitri.toubanos@paris-valdeseine.archi.fr

Trouillaud Matthias
Nantes Métropole aménagement
2 Avenue Carnot
44000 Nantes, France

+33 (0)2 40 41 01 30
matthias.trouillaud@nantes-am.com

Valentin Claude
HAHA Architectures
43 rue du centre
88200 Saint-Nabord, France

+33 (0)3 29 62 51 88
claude.valentin@haha.fr

Valkyser Bergmann Nicole
NVBcom
53 boulevard de la Villette
75010 Paris, France

+33 (0)1 42 00 17 80
nicole@nvbcom.fr

Veillon Michel
Ossabois
8 rue de l'Industrie
42510 Balbigny, France

+33 (0)4 77 97 83 33
michel.veillon@ossabois.fr

Vergély Clément
Clément Vergély Architectes
12 rue de la Charité
69002 Lyon, France

+33 (0)4 72 65 91 44
atelier@vergelyarchitectes.com

Viglino Emmanuel
ARCORA
18 rue des deux gares
92500 Rueil Malmaison, France

em.viglino@arcora.com

Vignon Jacques-Alexandre
Les Constructeurs du Bois
9 alllée des Chènes
88000 Epinal, France

+33 (0)3 29 68 52 12
ja.vignon@lesconstructeursdubois.fr

Viricel Sarah
LIEUX F.AU.VES
43 rue des Herideaux
69008 Lyon, France

+33 (0)4 72 78 80 80
s.viricel@lieuxfauves.com

Voranger Sandrine
ICS Bois
12 Ruelle de Laufromont
88000 Epinal, France

svoranger@icsbois.fr

Weitz Robert
Tectoniques Architectes
130 B rue Baraban
69003 Lyon, France

r.weitz@tectoniques.com

Wiggers Lone
CF Moller
Hillerodgade 30B
2200 Copenhague, Danemark

LW@cfmoller.com

Wu Sophie
Equilibrium Consulting Inc
9 passage du cheval blanc
75011 Paris, France

SWu@eqcanada.com

Mercredi 3 avril 2024

1er jour du Forum

État sanitaire des forêts françaises, focus sur le Grand Est

Romaric PIERREL
Département de la Santé des forêts
DRAAF Grand Est – Pôle de la Santé des forêts
Metz Cedex01, France



État sanitaire des forêts françaises, focus sur le Grand Est

Déjà exposés depuis 2018 à **divers aléas** (stress hydriques, températures estivales caniculaires, sécheresse profonde des sols, bio-agresseurs et autres phénomènes), les peuplements forestiers ont dû affronter une année 2023 compliquée ; une nouvelle fois anormale, contrastée et très instable en matière de conditions climatiques.

L'année 2023 s'ajoute donc à une série temporelle de records climatiques (les trois années les plus chaudes depuis le début du XXe siècle sont postérieures à 2020 – Sources Météo France) qui laisse peu de répit aux arbres pour se remettre des précédents stress subis, surtout hydriques.

Les **sécheresses répétées** sont en effet les principales causes d'un affaiblissement régulier et d'une dégradation progressive des forêts. S'ajoutent à cela des périodes caniculaires assez régulières et parfois très précoces, qui impactent les feuillages des arbres (brûlures, flétrissements…) ; réduisant encore un peu plus leurs capacités photosynthétiques (donc leur croissance).

Toutes les conditions sont alors réunies pour favoriser le **développement des bio-agresseurs** qui, dans les situations les plus vulnérables, peuvent être responsables de phénomènes épidémiques majeurs (insectes xylophages, maladies fongiques…), traumatisant pour les arbres et responsables de leur mortalité.

Les observations sylvo-sanitaires réalisées en 2023, dans un contexte climatique loin d'être favorable aux forêts et jugé parmi les plus stressants depuis 70 ans. Elles confirment une situation dégradée qui peut se résumer ainsi : **aucune essence n'a vu son état s'améliorer en 2023, et les dépérissements se sont installés durablement**.

Aussi, aucune essence n'a vu son statut sanitaire s'améliorer et les phénomènes qui se sont révélés depuis le début de la crise sanitaire qui sévit maintenant depuis 2018 se sont confirmés ; à savoir :

- les **processus de dépérissement** (dont la symptomatologie est rappelée dans l'encadré ci-dessous) sont durablement installés dans les peuplements forestiers et se manifestent chez la quasi-totalité des essences (hêtres et chênes essentiellement, charmes...) ;
- les nouveaux **stress hydriques** subis en 2023 par les peuplements ne peuvent que les fragiliser davantage et les rendre encore plus sensibles aux **parasites de faiblesses** (insectes et champignons). Ceux-ci sont nombreux à sévir en 2023, n'épargnent aucune essence et impactent lourdement l'ambiance forestière, y compris les essences d'accompagnements (bouleau, charme…) ;
- les fonctions biologiques des arbres (photosynthèse, croissance, stockage du carbone…) ont été une nouvelle fois mises à mal par les extrêmes climatiques enregistrés ;
- les **peuplements** restent donc très **affaiblis, sensibles**, victimes d'attaques parasitaires et leur physionomie (houppiers dégradés, déficits foliaires, mortalités de branches, rougissements d'aiguilles, décollement d'écorces, symptômes traduisant la présence de bio-agresseurs…) nous alertent sur leur vulnérabilité face au dérèglement climatique en cours.

Notons aussi que les essences ne réagissent pas toutes de la même manière aux conditions stressantes, ce qui illustre aussi la très grande diversité des stations forestières au sein des peuplements de plaine comme de montagne. Par ailleurs, au sein d'un même peuplement, tous les arbres ne se comportent pas de la même manière et certaines observations restent partiellement inexpliquées à ce jour.

La courte présentation, proposée au cours de la session inaugurale du *Forum International Bois Construction*, se limitera à de grandes généralités sur la situation sylvo-sanitaire des forêts métropolitaines en 2023, avec un focus sur les peuplements forestiers du Grand Est et l'organisation du dispositif en charge de la veille et de la surveillance de la santé des forêts en France.

Le terme « DÉPÉRISSEMENT » est avant tout un terme de symptomatologie (symptômes non spécifiques) qui traduit :
- une altération durable de l'aspect extérieur des arbres (mortalité d'organes pérennes, réduction de la qualité du feuillage...) ;
- la mort d'un certain nombre de sujets, sachant que l'issue d'un arbre jugé « dépérissant » n'est pas obligatoirement fatale, même si la situation reste préoccupante pour le propriétaire-gestionnaire forestier ;
- un phénomène complexe et évolutif, dans lequel interviennent des facteurs de plusieurs types : prédisposants, déclenchants, aggravants ; en partie interchangeables.





Photo 1 et 2 : Chênaie dépérissante dans le département des Vosges (© Romaric PIERREL)

Les deuxièmes Assises des forêts et du bois du Grand Est

Jean-Pierre RENAUD
FIBOIS Grand Est
Heillecourt, France



Les deuxièmes Assises des forêts et du bois du Grand Est

1. Introduction

En 2021 se sont tenues, à l'initiative de l'interprofession de la forêt et du bois FIBOIS Grand Est et en partenariat avec l'Association des Hommes et Des Arbres, les Assises des forêts et du bois du Grand Est, premières du nom. Cette première édition a permis de faire le constat que les personnes présentes partageaient des aspirations communes pour la forêt et la filière bois de demain.
En s'appuyant sur la dynamique de ces premières Assises, FIBOIS Grand Est et Des Hommes et Des Arbres ont décidé de poursuivre les travaux en 2023, dans le but de faire ressortir des propositions et de mobiliser les acteurs qui se sentent concernés autour de la thématique : « Face au changement climatique, mobilisons-nous ».

2. Les premières Assises : « vers une vision partagée »

L'objectif des premières Assises était de rassembler l'ensemble des parties prenantes des forêts et du bois, sous un format inédit, afin d'envisager, grâce à la diversité des sensibilités, une vision partagée de la forêt de demain. Elles se sont déroulées en deux temps, avec tout d'abord la réalisation d'ateliers, de juin à novembre 2021, puis l'organisation de deux jours en plénière, les 26 et 27 novembre 2021.
Ces travaux ont permis de faire ressortir 5 grandes aspirations partagées par les participants, pour les forêts et la filière bois de 2100 :

- **ASPIRATION 1 :** Une culture commune aux habitants, élus, acteurs économiques et autres parties prenantes
- **ASPIRATION 2 :** Une valorisation économique des forêts diversifiée et portée à sa quintessence en région
- **ASPIRATION 3 :** Une biodiversité florissante
- **ASPIRATION 4 :** Face au changement climatique, des forêts en forte évolution mais toujours présentes, avec une sylviculture au service de leur bonne santé
- **ASPIRATION 5 :** La forêt, un espace d'attachement



Exemple d'illustration des aspirations formulées lors des premières Assises (aspiration 5)

Ces grandes aspirations ont été illustrées par l'artiste MYKAÏA. Elles sont toutes disponibles, avec le bilan global de ces Assises dans le document de restitution disponible sur le site www.fibois-grandest.com : « Actes des Assises 2021 ».

3. Les deuxièmes Assises : « des propositions concrètes pour demain »

En s'appuyant sur la dynamique des premières Assises, les deuxièmes ont été organisées afin de faire émerger des propositions partagées par le plus grand nombre.

Plus précisément, l'ambition des deuxièmes Assises était de réunir l'ensemble des acteurs concernés par les forêts et le bois, qu'ils soient professionnels, institutionnels, associatifs, étudiants ou citoyens, afin de favoriser les échanges et les débats sur l'avenir des forêts et de la filière bois. De ces échanges ont été tirées des propositions, adressées à ceux qui sont en mesure de les mettre en œuvre, en premier lieu le Conseil Régional et la Préfecture de région.

Dans un premier temps, pour que tous les acteurs du territoire puissent partager leurs points de vue, Des Hommes et Des Arbres et FIBOIS Grand Est ont choisi de mettre en place une démarche participative, qui s'est tenue de mai à octobre 2023.

Ensuite, les organisateurs ont convié tous ceux qui se sentent concernés par l'avenir des forêts et de la filière bois les 13 et 14 décembre 2023, pour échanger autour des questions suivantes :

« Produire, préserver, accueillir qu'attendons-nous des forêts ? Sont-elles toujours en capacité d'y répondre ? Comment pouvons-nous agir collectivement pour les y aider ? ».

3.1. La démarche participative, de mai à octobre 2023

En charge de la construction et de la mise en œuvre de la démarche participative, Des Hommes et Des Arbres a lancé en mai 2023 les rencontres « Forêts Liées ». Une animation de deux heures laissant place aux expressions et aux questionnements, ouverte à tous les niveaux de connaissances, qui avait pour but d'amener les participants à se questionner sur l'avenir des forêts et de leurs usages dans un contexte de changements climatiques.



Un recueil centralise l'ensemble des questions et propositions formulées

Ces rencontres ont été organisées dans tout le Grand Est jusqu'en octobre 2023. Elles ont permis de collecter 420 questions et 419 propositions auprès de 572 personnes.

3.2. Un temps d'échange pour construire ensemble des propositions

Deux jours en plénière ont été organisés les 13 et 14 décembre 2023, au Centre Prouvé à Nancy.

La première journée a permis d'apporter des témoignages visant à resituer les enjeux liés à l'adaptation des forêts et de la filière au changement climatique dans le contexte environnemental, économique et sociétal actuel. Ce fut aussi l'occasion de créer des temps d'échanges entre les participants dans le cadre de tables-rondes autour des 3 grandes thématiques traduisant une approche multifonctionnelle :

- Produire et utiliser le bois ;
- Protéger les forêts ;
- Le lien sociétal avec les forêts.



En tout 421 personnes étaient présentes lors de la première journée

Cette première journée a permis des échanges nourris entre les personnes en tribune et les participants en salle.

Lors de la deuxième journée de plénière, les 291 participants ont travaillé par groupes mixtes à la rédaction de propositions concrètes, en réfléchissant à leurs conséquences éventuelles, à leurs atouts ou encore leurs freins.

Pour cela, les 419 propositions issues des ateliers « Forêts liées » ont été qualifiées par un groupe multi-acteurs selon les critères suivants :

- La proposition permet la discussion, ce n'est pas une injonction ;
- Elle est plus ou moins applicable à tout le Grand Est ;
- Elle répond ou non aux enjeux du changement climatique ;
- Son application maintiendrait ou non un équilibre entre les 3 piliers « produire, préserver, accueillir ».

Ces travaux ont permis de faire émerger 16 thèmes, regroupés par piliers « accueillir, préserver, produire » ou dans un thème transversal. Ce sont ces 16 thèmes qui ont été travaillés le 14 décembre, et qui ont permis la formulation de 73 propositions concrètes, adressées aux décideurs.



Des tables multi-acteurs, afin d'enrichir les débats

Quelques exemples de propositions formulées dans le cadre du pilier « Produire » :

Question posée aux participants : Comment développer le bois local dans ses différents usages ?

Exemples de propositions formulées :

- Faciliter la commande publique en travaillant sur les possibilités de prescription de matériaux locaux ;
- Investir très fortement sur la recherche-développement pour la valorisation des
- feuillus et son implémentation dans l'industrie ;
- Favoriser l'investissement de la première transformation pour s'adapter aux essences locales et apporter des produits techniques pour la seconde transformation.

Question posée aux participants : Dans le contexte climatique actuel et futur, qui questionne le maintien de la capacité de production des forêts, comment adapter la chaîne de transformation et d'usages du bois ?

Exemples de propositions formulées :

- Soutenir les petits acteurs de la transformation bois en développant l'innovation technologique à l'échelle locale en s'inspirant des productions transfrontalières et en tenant compte de la proximité des ressources ;
- Créer un catalogue de produits prenant en compte : les essences et les diamètres (caractéristiques techniques), les produits (ce que l'on peut faire avec), les entreprises (qui produit et où) ;
- Redévelopper une filière locale collectivement pour alimenter les bons marchés et capables de valoriser en matériaux la diversité des essences et qualités (bois dépérissants, feuillus, très gros bois).

4. Conclusion

La mobilisation de nombreux acteurs, une nouvelle fois, en 2023 confirme l'intérêt important qui est porté à la forêt et à la filière bois. C'est collectivement que des propositions ont ainsi été formulées, puis adressées à ceux qui sont en mesure de les mettre en œuvre, en premier lieu l'Etat en région et le Conseil Régional. Ces propositions pourront être en partie reprise dans des programmes d'action ou encore des documents cadres comme le Plan Régional de la Forêt et du Bois par exemple.

Afterres 2050 – volet Forêt et filière bois

Christian COUTURIER
SOLAGRO
Toulouse, France



Afterres 2050 – volet Forêt et filière bois

1. Introduction

La forêt et la filière bois font l'objet d'attentes fortes et contradictoires. La chute du puits de carbone forestier et la forte augmentation de la mortalité, paraissent entrer en contradiction avec les objectifs de hausse de prélèvement prévus dans les différents programmes, qu'il s'agisse du Plan National Forêt Bois ou de la Stratégie Nationale Bas Carbone, aussi bien en bois matériau qu'en bois énergie.

La prospective quantitative apporte des éléments d'aide à la décision. Les exercices dont on dispose sont récents, incertains, partiels, mais néanmoins indispensables.

Le scénario Afterres2050[1] est l'un des premiers scénarios qui a cherché à articuler la question de la forêt et du bois[2] avec d'autres scénarios, réalisés par l'association négaWatt, intégrer les questions relatives à l'énergie (scénario négaWatt[3]) et aux matériaux (scénario négaMAT[4]). Dès 2011, il proposait une trajectoire visant la « neutralité climatique » pour la France hexagonale,

2. La prospective quantitative pour la forêt et la filière bois

2.1. Premiers exercices dans les années 2000

Les exercices de prospective quantitative pour la forêt française sont peu nombreux, et récents, et cette absence de projection d'un sujet où le temps long est cardinal ne laisse pas d'étonner.

Les tentatives d'estimation du potentiel de récolte supplémentaire menées par l'IGN[5] et le CEMAGREF[6] entre 2003 et 2010 visaient des horizons proches, de 20-25 ans. Le premier exercice de long terme est probablement celui mené par le CGAAER[7] en 2008 et qui explorait des scénarios extrêmement contrastés à 2050 voire 2100. Le scénario « développement durable » tablait sur un volume prélevé de 129 Mm^3 pour une forêt de 17 millions d'hectares, dont 40 Mm^3 issus de 2 Mha de TCR. Un scénario médian entre le scénario « tout pour l'alimentation » avec une forêt de 10 Mha et 36 Mm^3 prélevés, et un scénario « tout pour l'énergie » où la forêt monte à 20 Mha (dont 5 Mha de TCR) et 178 Mm^3 prélevés.

La première version du scénario Afterres2050 misait sur une perspective de prélèvements de l'ordre de 100 millions de m^3 (pertes comprises). Un chiffre basé sur une prolongation de la hausse tendancielle de la production biologique, mais plafonnant pour des raisons climatiques à 160 Mm^3 (en volume aérien total), puis s'infléchissant ensuite. Notre actualisation de 2016 restait en ligne avec cette première estimation, avec une inflexion un peu plus précoce et des prélèvements revus à 90 Mm^3.

[1] Couturier C., Doublet S., Pointereau P., Charru M., 2016. Scénario Afterres2050 – version 2016.
[2] Malafosse F. et al., 2023. Afterres2050 – Forêt et bois, un rôle déterminant dans la transition écologique.
[3] Association négaWatt, 2022. Scénario négaWatt 2022, la transition énergétique au cœur de la transition sociétale.
[4] Idem ; partie 4 du scénario négaWatt. https://www.negawatt.org/IMG/pdf/scenario-negawatt-2022-rapport-complet-partie4.pdf
[5] SOLAGRO, IFN, La Rochette – RBM, 2003. Méthode d'évaluation du potentiel forestier bois-énergie ; IFN, FCBA, Solagro, 2010. Biomasse forestière, populicole et bocagère disponible pour l'énergie à l'horizon 2020 (Contrat ADEME / IFN).
[6] CEMAGREF, 2007. Biomasse forestière disponible pour de nouveaux débouchés énergétiques et industriels.
[7] Bourgau J.-M., Bertin M., Lerat J.-F., 2008. La forêt française en 2050 – 2100 : essai de prospective.

2.2. Des visions mieux articulées avec les autres enjeux

Depuis, plusieurs travaux ont contribué à alimenter le débat. Le projet BICAFF mené par l'ADEME tente d'évaluer le « bilan carbone » de la forêt[8]. L'étude INRAE – IGN de 2017[9], compare plusieurs scénarios contrastés en bilan gaz à effet de serre, incluant les effets de variation de stock dans les écosystèmes vivants, dans les produits bois et par effet de substitution matière et énergie. L'étude FERN-CANOPEE de 2020[10] compare également différents scénarios avec ces objectifs proches – évaluer le bilan carbone global incluant tous les compartiments et les effets de substitution, selon différents scénarios.
Le scénario Afterres révisé en 2023 est aligné sur le scénario médian « dynamiques territoriales », avec une récolte de 62 Mm^3 en 2050 (hors pertes d'exploitation), à comparer aux 48 Mm^3 récoltés aujourd'hui.

On rencontre plusieurs difficultés récurrentes dans ce type d'exercice, à commencer par une connaissance précise des flux actuels. L'appareil statistique a significativement évolué avec les améliorations apportées au fil du temps par l'IGN, mais des incohérences subsistent entre le calcul des volumes prélevés et les récoltes estimées. L'utilisation d'une unité de compte unique (le bois fort-tige) rend mal compte les récoltes opérées dans les autres compartiments, notamment le bois énergie, qui par ailleurs est mal appréhendé par les déclarations au titre des enquêtes annuelles de production, et reste de source de confusion.

Cet appareil a été historiquement construit pour le bois d'œuvre et le bois d'industrie, il a du mal à représenter l'ensemble de la biomasse forestière, même en utilisant les données issues des indicateurs de gestion durable de la forêt ou en croisant avec d'autres sources statistiques, notamment celles de l'énergie. Les acteurs de la forêt et du bois ont souvent du mal à se représenter la place du bois énergie, parfois qualifié « d'épluchure de la patate », bien qu'in fine l'essentiel de la récolte forestière finit à terme en bois énergie.

Une seconde difficulté réside dans les capacités de projection des différents outils existants. Aucun outil de modélisation n'avait anticipé la chute récente du puits forestiers, ce qui laisse la porte ouverte à de nombreuses explications pour le moins contrastées. Le programme CLIMATOR (2010) prévoyait une diminution jugée faible (-4,6 %) du rendement en pin maritime pour le futur proche (2020-2050), mais la forte hausse de la mortalité et la diminution du puits de carbone n'avait pas été annoncée.

La prospective quantifiée, malgré les incertitudes, reste plus que jamais nécessaire car de nombreux acteurs ont besoin de savoir sur quoi ils peuvent compter ou non de la part de la forêt et de la filière bois. Car d'autres secteurs économiques devront fournir ce que la forêt ne pourra pas offrir.

L'atteinte de la neutralité climatique semble se heurter pour le moment à un véritable mur : car les écosystèmes agricoles seront eux aussi soumis à de fortes contraintes, ce qui compromet les attentes en termes de puits de carbone. Le puits de carbone des « produits bois » est lui aussi compromis avec la crise de la construction. La prospective sur la forêt et la filière bois doit s'inscrire dans une perspective d'ensemble.

3. Les usages du bois à l'horizon 2050

3.1. Légère baisse du bois matériau

La filière bois compte beaucoup sur un développement de l'usage du bois dans la construction comme dans la rénovation. Selon l'INSEE, la population française pourrait plafonner en 2040, mais cela peut se produire plus tôt. Le « zéro artificialisation nette » va inciter à la sobriété dans la construction, qui est par ailleurs à encourager pour réduire l'utilisation de ressources limitées comme le sable, ou impactantes pour le climat comme

[8] Valade A., Luyssaert S., Bellassen V. et al., 2017. Bilan carbone de la ressource forestière française. ADEME/1260C0056
[9] Roux A., Colin A., Dhôte J-F., Schmidt B. coord., 2017. Quel rôle pour les forêts et la filière forêt-bois françaises dans l'atténuation du changement climatique ?
[10] Du Bus G., Angerand S., 2020. Gestion Forestière et Changement Climatique – une nouvelle approche de la stratégie nationale d'adaptation.

le béton et d'autres matériaux de construction. L'isolement des personnes, avec une croissance du nombre de personnes vivant seules, est également un enjeu social et de santé publique. Des solutions comme la colocation, la cohabitation intergénérationnelle, l'habitat partagé, permettent de lutter à la fois contre l'étalement urbain et l'isolement social.

Dans le scénario négaWatt, la taille des logements neufs se stabilise aux niveaux actuels de 138 m^2 dans l'individuel et 49 m^2 dans le collectif, en diminution par rapport aux maximums respectifs de 165 et 57 m^2. Le taux d'occupation se stabilise à 2,2 personnes par logement, alors que la poursuite des tendances actuelles conduirait à un taux d'occupation de 2 personnes par logement en 2050. Ce seul facteur permet d'économiser 3 millions de logements d'ici 2050.

Dans le scénario négaWatt, le nombre de constructions neuves descend à moins de 50 000 par an en 2040, dont la grande majorité en habitat collectif. Inversement, le nombre de rénovations complètes dépasse les 600 000 opérations par an.

En construction neuve, la proportion de maisons individuelles en structure bois passerait de 15 % aujourd'hui à 95 % en 2050, mais leur nombre diminuerait en valeur absolue. En rénovation, la part des matériaux biosourcés atteindrait 70 %. Mais il s'agit pour une grande part de matériaux isolants, avec beaucoup de volume et peu de masse : 1 million de tonnes globalement, réparties entre matériaux issus de l'économie circulaire (ouate de cellulose), fibres de bois, ou de produits agricoles. Ces estimations ont été modélisées à l'aide de l'outil MODEIRE / négaMAT, réalisé par l'Institut négaWatt, Solagro et la SCOP Enertech, pour le compte de l'ADEME.

Au total, la demande intérieure en bois matériau pour la construction passerait de 11 Mm^3 aujourd'hui à 9,5 Mm^3 en 2050.

Le même raisonnement s'applique au papier, avec des facteurs de baisse et des facteurs de hausse de la demande. A la baisse : la « dématérialisation », la réduction du gaspillage. A la hausse : la substitution des emballages plastiques par des biosourcés, le développement du e-commerce. La demande intérieure de papier-carton passerait de 9 millions de tonnes aujourd'hui à 8 millions de tonnes en 2050. De nouveaux usages du bois d'industrie apparaissent, avec les besoins en produits biosourcés de l'industrie chimique. Ces volumes restent toutefois faibles dans le scénario négaMAT.

La consommation intérieure en BOBI serait donc plutôt en diminution qu'en croissance. Pour autant la demande adressée aux industries françaises peut augmenter, en jouant sur la substitution des importations. Dans le scénario négaMAT, les importations de sciages, de panneaux, de pâte à papier, de connexes, diminuent nettement plus que les exportations. Ces hypothèses reposent sur la vision d'une économie globalement moins extravertie, moins mondialisée, où les flux de transport de matières sont significativement réduits, grâce aux actions en faveur de la sobriété, et de la relocalisation. Ce qui compensent la diminution de la consommation intérieure : la récolte en BO augmente légèrement, de 19,7 à 22,2 Mm^3, celle de BI augmente, de 10,3 à 13,0 Mm^3, celle de BI augmente, de 10,3 à 13,0 Mm^3.

3.2. Hausse significative de la production de bois énergie

Contrairement aux hypothèses adoptées dans d'autres exercices prospectifs, c'est la demande en bois énergie qui porterait l'essentiel de la croissance de la récolte forestière, passant de 18 Mm^3 actuellement à 27 Mm^3 en 2050. La demande en énergie est globalement bien supérieure à la demande en matériau. La consommation de bois énergie, toutes origines comprises (y compris le bois hors forêt et le bois en fin de vie) augmenterait de 60 %, et représenterait 20 % de l'approvisionnement national en énergie. Il existe potentiellement un besoin de substitution d'énergie fossile par de la biomasse.

Mais en réalité c'est moins cette demande potentielle qui guide cette augmentation de la production de BE en forêt, que l'intérêt du BE comme d'un outil pour assister la sylviculture de demain. La filière BE semble en effet à ce jour la seule filière qui permette d'utiliser rapidement des quantités massives de bois de mauvaise qualité commerciale du point de vue du BOBI.

Le volume annuel à l'hectare de nouveaux arbres morts est passé de 0,47 m^3 en moyenne 2008-2013 à 0,75 m^3 sur 2012-2020, la hausse se poursuit et ce volume a atteint 1 m^3 en 2021. Une valeur sous-estimée selon l'IGN car les coupes sanitaires sont comptées dans les volumes prélevés. Il y aurait donc d'ores et déjà 9 Mm^3 supplémentaire de nouveaux arbres morts par an. Techniquement, il est possible d'exploiter ces bois morts en bois d'industrie ou en bois d'œuvre, au moins en partie. Commercialement, les débouchés sont cependant limités.

La question se pose donc de la meilleure manière d'utiliser ce bois mort. Il ne parait pas raisonnable d'en laisser la totalité en forêt, d'autant que nous serons probablement confrontés à des évènements majeurs capable d'abattre des volumes très importants en peu de temps. L'étude INRAE-IGN faisait par exemple l'hypothèse d'une tempête entrainant la chute de 300 Mm^3 de bois en quelques jours. Pour en extraire ne serait-ce qu'une partie de la forêt et réduire le risque de suraccident (incendie, maladie), il faudra disposer d'une industrie forestière en capacité de faire face à la situation.

3.3. Nouvelles ressources, nouveaux usages

Dans le scénario Afterres2050, la surface de la forêt poursuit sa croissance en surface, avec 2 millions d'hectares supplémentaires d'ici 2050. Il ne s'agit pas de simples projections tendancielles. Un million d'hectares de prairies sont progressivement converties en forêt, mais également un million d'hectares de terres arables y compris en régions de grandes cultures, en visant les régions où le couvert arboré est le plus faible.

Ces surfaces s'ajoutent à un fort développement des infrastructures agroécologiques, dont beaucoup sont arborées[11]. Le linéaire de haies augmente de 300 000 km, 2,4 millions d'hectares de terres arables sont exploitées en agroforesterie, de même que 300 000 hectares de prairies permanentes. On peut ajouter 400 000 ha de surfaces de cultures pérennes à très bas niveau d'intrant, destinées à protéger les périmètres de captage d'eau potable. Enfin l'arbre urbain n'est pas oublié avec la végétalisation des villes.

Ces nouvelles formations arborées peuvent prendre des formes hybrides et articuler différents enjeux selon les contextes : élargissement et consolidation des forêts alluviales, dont des ripisylves, restauration des corridors écologiques en articulation avec les politiques de trame verte et bleue, création de forêts péri-urbaines centrées sur la biodiversité et à usage récréatif, formes de haies adaptées aux régions de grande culture, par exemple des taillis en courte rotation en formations linéaires.

Côté usage, la forte diminution des consommations d'énergie pour le chauffage, grâce à la massification de la rénovation énergétique complète et performante, conduit à une forte chute de la consommation de bois-bûche dans l'habitat. Les granulés, plus adaptés aux bâtiments basse consommation, ne prennent le relais que très partiellement, et globalement la consommation de bois énergie dans le bâtiment diminue significativement.

La consommation de bois énergie dans l'industrie augmente légèrement, l'augmentation du taux de couverture des besoins énergétique dans l'industrie, ainsi qu'une relocalisation partielle de certaines industries, étant compensées par l'augmentation de l'efficacité énergétique et par les actions de sobriété.

De nouveaux usages du bois énergie se développent avec la pyrogazéification, permettant de produire du biométhane, utilisable dans différents secteurs, et notamment les transports des poids lourds. Si l'électrification totale du parc de véhicules individuels semble désormais inéluctable, il n'en va pas de même pour les véhicules lourds. Dans le scénario négaWatt, on a considéré que la France ne pouvait consommer que 1 % – sa part dans la population mondiale – des ressources mondiales en lithium. Le taux d'électrification dans les transports a été fixé sur cette base. Le gaz renouvelable est par ailleurs la technologie la plus mature pour les transports routiers. La pyrogazéification ne devrait toutefois pas se développer avant 2030.

[11] Voir Pointereau P., Couturier C. Gibert C. et al, 2022. Afterres2050 – Biodiversité.

4. La hiérarchie des usages ne doit pas être la seule boussole

4.1. Les « premières priorités » n'effacent pas les « seconde priorités »

Plus de BE, moins de BOBI : c'est une orientation contraire à de nombreuses recommandations, qui s'appuient sur la notion de hiérarchie des usages et préconisent les usages matériaux à longue durée de vie, qui présentent un meilleur bilan à la fois économique et climatique que les usages à courte durée de vie, comme l'énergie.

Cependant ce principe de hiérarchie des usages n'est pas suffisant : il ne pose pas un principe d'interdiction des usages non prioritaires, simplement il exprime que ceux-ci ne doivent être satisfaits qu'après que les usages prioritaires le soient. C'est bien le principe qui est appliqué ici : une fois couvertes les demandes en bois d'œuvre et en bois d'industrie, reste à assurer la demande en bois énergie.

4.2. Le « bilan carbone » du bois énergie

Mais le bois énergie présente-t-il un « bilan carbone » suffisamment intéressant pour en légitimer l'usage ?

Le facteur d'émission gaz à effet de serre du bois énergie dépend de nombreux paramètres. Le débat actuel se polarise entre les deux postures extrêmes, celle de la neutralité carbone intrinsèque des bioénergies, et celle qui ne compte que les émissions de CO_2 à la combustion. Ces deux postures omettent les dynamiques temporelles. Le premier est valable en situation d'équilibre sur le long terme. Le second ne tient pas compte du renouvellement de la forêt.

L'ADEME a cherché à estimer le facteur d'émission du bois énergie, en utilisant la méthode ACV[12]. On calcule les émissions nettes de CO_2 imputables à la production de 1 MWh de bioénergies, comparé à une alternative de non-prélèvement. Ces émissions nettes à 30 ou 100 ans tiennent compte de la vitesse de croissance des différentes formes boisées (futaie, taillis). On obtient un facteur d'émission en kgCO2/MWh : le bilan est favorable s'il est inférieur à celui du gaz fossile.

Le facteur d'émission dépend de l'horizon temporel, il est plus élevé à 30 ans qu'à 100 ans. On l'avait déjà observé dans l'étude de IGN-INRAE de 2017 : l'écart entre les différentes stratégies (prélever moins de bois pour stocker plus versus l'inverse) s'atténue avec le temps (et avec le changement climatique).

La plupart des pratiques analysées présentent des facteurs d'émission inférieurs aux émissions du gaz naturel, qui sont de 300-400 g CO_2/kWh de chaleur. Par exemple dans le scénario « récolte accrue de houppier », les émissions sont de 96 kg/MWh de chaleur sur un horizon de 30 ans et 42 kg sur un horizon de 100 ans. En cas de mise en exploitation d'un taillis non exploité, ces facteurs sont de respectivement 139 à 317 kg/MWh à 30 ans, et 52 à 138 kg/MWh à 100 ans.

Le bois énergie permet donc bien un gain net de GES par rapport aux énergies fossiles. Ce gain peut être faible, voire nul sur l'horizon 30 ans, par exemple si on exploite des taillis jeunes qui ont une forte capacité de stockage. Inversement le bilan carbone de l'afforestation de terres arables est très positif.

Le bilan carbone du bois énergie est moins favorable que celui des autres formes d'énergie qui sont appelées à un fort développement dans les prochaines décennies, comme le solaire (de l'ordre de 40 kg/MWhe) et l'éolien (de l'ordre de 14 kg/MWhe). Cependant le bois énergie n'a pas vocation à remplacer d'autres énergies renouvelables, mais à se substituer à des énergies fossiles. Dans les 30 années qui viennent, la priorité doit être donnée à la

[12] Logel X., Lhotellier J., De Caevel B. et al. 2022. Analyse du Cycle de Vie du bois énergie collectif et industriel – ADEME.

sortie des énergies fossiles. Brûler des fossiles, c'est la certitude de déstocker du carbone et de générer du CO_2. Les puits biologiques sont incertains, aucune alternative aux fossiles ne présente un facteur d'émission égal à zéro. Le bois ne présente pas le facteur d'émission le plus faible, mais on ne boucle pas l'équation énergétique et climatique sans lui.

5. Conclusion

La mise en relation des enjeux et objectifs propres à chaque secteur – la forêt et la filière bois, l'énergie et le climat, les matériaux et la tension sur les ressources minières et minérale, les enjeux sociaux et sanitaires, la biodiversité, pour n'en citer que quelques-uns – conduit à des conclusions différentes de celles que l'on pourrait tirer d'une approche plus partielle.

Bien que le principe de la hiérarchie des usages plaide pour donner la priorité au bois matériau, il apparait nécessaire de donner avant tout la priorité à la maîtrise de la demande dans le secteur de la construction, ce qui conduit à une stabilisation des volumes de BO. A contrario, même si le bois énergie présente des bilans carbone moins intéressants que d'autres alternatives, il reste nécessaire pour boucler l'équation énergie et climat.

Un Espace pédagogique Forestier (EPF) Sylvatum à Monthureux-sur-Saône

Maire de Monthureux-sur-Saône
Président Darney-La Vôge, Forêt d'Exception®
MONTHUREUX-SUR-SAÔNE, France



Jean-Luc GÉRARD
JLG Architecte
Épinal, France



Un projet ambitieux, responsable et éducatif

La Commune de Monthureux-sur-Saône est située au cœur du territoire Darney-la-Vôge, Forêt d'Exception®. La Municipalité travaille à la redynamisation de la Commune en s'appuyant sur l'existant, mais également en imaginant de nouveaux projets en vue de valo- riser les atouts de Monthureux-sur-Saône.

L'Espace Pédagogique Forestier découle de l'axe « éducation formation » de Darney-la- Vôge, Forêt d'Exception®. Il permettra de faire découvrir à tous les publics, et particulière- ment aux scolaires, les métiers du bois et de la forêt à travers des projets pédagogiques concertés avec l'Education Nationale.

Il s'agit de sensibiliser aux enjeux et à l'importance du rôle des forêts et de l'eau dans l'écosystème terre.

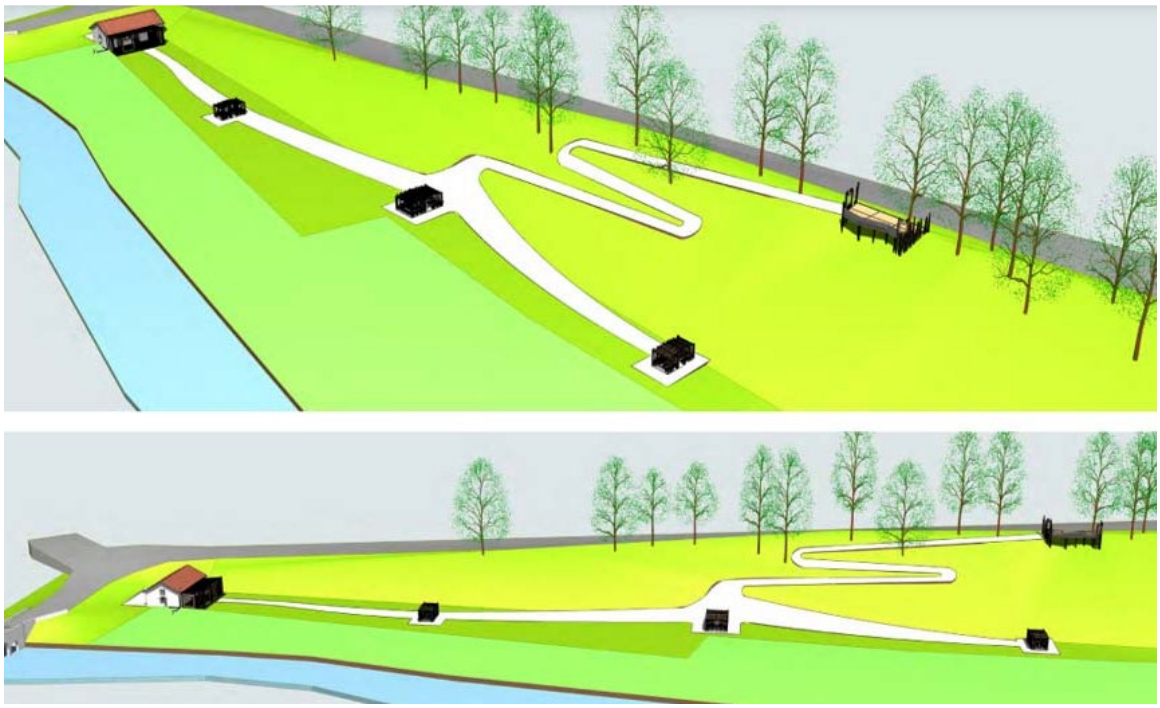


Image 1 : vues d'ensemble de l'Espace Pédagogique Forestier – ©Architecte DPLG

1. Darney-La Vôge, Forêt d'Exception

1.1. Action 11 : mettre l'éducation au cœur de la forêt

L'une des ambitions de Darney-La Vôge, Forêt d'Exception® est de retisser le lien entre la société et la forêt afin de sensibiliser le grand public aux enjeux environnementaux forestiers, mais aussi de répondre à ses questionnements et inquiétudes. Dans ce contexte, l'angle de l'éducation est essentiel. Ainsi, Darney-La Vôge, Forêt d'Exception® prévoit la création d'un réseau de trois Espaces Pédagogiques Forestiers (EPF) sur son territoire : à Xertigny, à La Vôge-les-Bains et à Monthureux-sur-Saône. Ces structures en bois local se veulent des espaces d'accueil, acces- sibles à tous, ouverts sur la nature et dédiés à lapéda- gogie. Ils permettront aux enseignants de sensibiliser, en toute autonomie, leurs élèves aux questions forestières mais aussi de faire classe dehors.

1.2. Pourquoi à Monthureux-sur-Saône ?

Monthureux-sur-Saône se trouve au cœur du territoire Darney-La Vôge, Forêt d'Exception®. En 2020, une parcelle d'épicéas, touchée par les scolytes, a dû être exploitée. La commune a donc saisi l'opportunité de la démarche de labélisation naissante, elle a proposé la parcelle comme lieu d'installation de l'un des Espaces Pédagogiques Forestiers. En effet, elle présente de nombreux avantages : une proximité immédiate avec la forêt et l'Espace Naturel Sensible du Vallon du Préfonrupt, une bonne accessibilité depuis la route, une vue surplombante sur le paysage monthurolais, la présence d'un ancien lavoir et la proximité avec le centre bourg.



Image 2 : Vue sur le paysage monthurolais depuis la plateforme d'observation de l'EPF – ©ONF

1.3. De la graine à l'arbre, un lieu expérimental

Après l'exploitation des épicéas dépérissant, un parcours est mis en place. À terme il reliera le lavoir réhabilité, deux salles de classe, une serre pédagogique et la plateforme d'observation. Les sentiers traverseront cette parcelle reboisée avec de nombreuses essences : le Sylvatum. La volonté de faire de ce lieu à la fois un espace d'apprentissage et un terrain d'expérimentation, a conduit au choix d'enrichir la régénération naturelle avec une diversité d'essences, parfois nouvelles pour la région. L'objectif est double : permettre aux visiteurs de découvrir des essences sélectionnées pour leurs capacités à s'adapter aux conditions climatiques futures et d'observer leurs comportements dans une dynamique forestière. La serre pédagogique viendra compléter ce dispositif en offrant aux scolaires la possibilité de suivre l'évolution d'un arbre de la graine jusqu'à son stade adulte et de s'essayer à la préparation de plants et la plantation.



Image 3 : plantation par placeau à Bruyère (88) – ©Timothée Daguinot

1.4. Au service des écoles et de la pédagogie

À Monthureux-sur-Saône, comme dans les deux autres Espaces Pédagogiques Forestiers, le programme homonyme de l'Office National des Forêts (ONF) sera déployé. Il consiste à baliser le parcours et concevoir, pour chaque arrêt, une activité pédagogique, aux enseignements transversaux, adaptée selon l'âge des élèves. Construites avec les enseignants des établissements locaux et les référents de l'Education nationale du département, ces activités seront disponibles gratuitement sur le site onf.fr. L'objectif est de permettre à toutes les écoles et tous les collèges de Darney-La Vôge Forêt d'Exception® d'utiliser les Espaces Pédagogiques Forestiers en toute autonomie, sans avoir à rechercher et financer une animation extérieure.

2. Une démarche Constructive

2.1. Construire avec les ressources du site

Internationalement reconnus, les chênes de Monthureux-sur-Saône possèdent une qualité exceptionnelle, permettant la fabrication de tonneaux destinés aux vins les plus prestigieux.
Dès l'élaboration de ce projet, il est apparu évident que la construction devait s'appuyer sur les ressources environnantes.



Image 4 : sciage par BM Parquets (Fouchécourt) – ©Pierre Sylvestre



Image 5 : Pieux de sotènement en acacias – ©Pierre Sylvestre

2.2. La transmission dès l'esquisse des débits de bois

Le point de départ de notre projet a été la coupe de chênes à proximité du site. Le Maire a rapidement sollicité une esquisse pour déterminer les débits de bois, nécessitant la découpe immédiate des grumes afin de prévenir tout risque de fendillement. Plusieurs réunions ont été organisées rapidement entre les parties prenantes, comprenant FODEX, l'ONF, les écoles et les élus. Après la présentation et la validation de l'esquisse, j'ai transmis les débits de bois au scieur de Fouchécourt, le village voisin, pour lancer les travaux.

2.3. Le bois sèche le temps des démarches administratives

Le chêne nécessite un processus de séchage long. L'élaboration d'un dossier, incluant les demandes de subventions, le dépôt d'un permis de construire, et la consultation d'entreprises, s'est également étalée sur une période considérable. La synchronisation de ces deux chronologies permet d'éviter le recours à des séchoirs, représentant un bénéfice tant pour la qualité des bois que pour l'environnement.

2.4. Lancer un appel d'offre avec mise à disposition des bois

Le dossier de consultation des entreprises spécifie un stock de bois avec des sections définies, fourni par le Maître d'Ouvrage. Le charpentier doit inclure dans sa prestation le tri des bois, réalisé à moins de 1 km du projet, par la commune. Les compétences centrales du professionnel résident dans les opérations de découpe, d'entaillage et d'assemblage, mettant en valeur son savoir-faire.



Image 6 : séchage naturel des débits de chêne – ©Pierre Sylvestre

3. L'équilibre carbone

3.1. La non imperméabilitétion des sols

Les passages sont étroits, en tout-venant et non imperméables. Des dispositifs sont mis en place pour ralentir les flux d'eau. Les petites toitures ne possèdent pas de chéneaux, distribuant plutôt l'écoulement de l'eau de pluie de manière diffuse. Une partie du projet se trouve dans la zone rouge du PPRI, mais a été acceptée par les autorités car il est considéré comme non impactant.
Dans le même esprit, le sol de chaque structure se présente sous forme d'un platelage en bois, déconnecté du sol et soutenu par des pieux en acacia. L'ensemble est aéré et non étanche, évitant ainsi l'imperméabilisation du sol.

3.2. Le refus du béton : Des fondations en bois

De l'esquisse jusqu'au jour de la réalisation, il a été ardu de convaincre que la parcelle de notre projet resterait dépourvue de béton. L'ONF nous a fourni des acacias locaux pour servir de pieux dans ce sol particulièrement meuble. Notre approche fondamentale de la fondation s'apparente à la clôture en pieux d'acacia que l'on trouve fréquemment dans les prairies du territoire.
Une fois les pieux enfoncés à une profondeur de 1 à 2 mètres, l'unanimité s'est formée autour de la reconnaissance que c'était la solution appropriée. J'avoue avoir ressenti un soulagement à ce consensus.



Image 7 : les pieux d'acacias plantés dans le sol servent de fondation – ©ONF

3.3. Le bois comme unique matériaux

Contrairement à l'utilisation de produits manufacturés sophistiqués, le projet privilégie la simplicité en se limitant exclusivement au bois. Aucune quête d'optimisation n'est entreprise. Le choix d'une seule essence de bois, à l'exception des fondations, permet une utilisation optimale de la ressource, ce qui autorise son utilisation avec une certaine générosité.

3.4. Créer un ensemble démontable et réutilisable

Construit avec des pieux d'acacia, l'ensemble de poteaux et de poutres forme une structure facilement démontable, envisageable si le projet venait à être retiré du site.

4. L'architecture

4.1. Jouer avec l'abondance du bois

Le matériau chêne, massif et peu transformé, non raboté, affiche une esthétique particulièrement séduisante. C'est cette minimale transformation qui confère au matériau sa durabilité apparente et son aspect robuste.

L'acceptation du produit dans son état quasi brut simplifie le processus de travail, réduit les pertes de matière et permet la réalisation d'ouvrages avec une quantité importante de matière pour un coût raisonnable. À titre d'exemple, les cadres de fenêtre présentent une section de 24 x 24 cm.



Image 8 : le belvédère du Sylvatum côté Est – ©Pierre Sylvestre

4.2. Créer un thème, jouer avec le site

Le versant mis à disposition pour cette opération rassemble de nombreux atouts :

- Proximité de vastes forêts de qualité
- Vue directe sur la Saône
- Vue sur le village et son environnement
- Proximité des jeux et lieu de détente
- Au départ de chemins de promenade à pied ou en VTT

4.3. Créer des tableaux avec des fenêtres sur le paysage

Le vieux pont, l'église, les monts faucille sont perçus comme des tableaux depuis le belvédère réalisé en partie supérieure du site.



Image 9 : vue depuis la fenêtre ouest du belvédère – ©Pierre Sylvestre

Les bois de déconstruction : problématique et enjeux

Odran LEMAITRE
Laboratoire d'Étude et de Recherche sur le Matériau Bois
École Nationale Supérieure des Technologies et Industries du Bois
VOSGELIS
Épinal, France



Caroline SIMON
Laboratoire d'Étude et de Recherche sur le Matériau Bois
École Nationale Supérieure des Technologies et Industries du Bois
Épinal, France



Pierre-Jean MEAUSOONE
Laboratoire d'Étude et de Recherche sur le Matériau Bois
École Nationale Supérieure des Technologies et Industries du Bois
Épinal, France



Véronique THIERY
VOSGELIS
Épinal, France



Les bois de déconstruction : problématique et enjeux

1. La filière Bâtiment en pleine mutation ?

1.1. Contexte de la filière

La filière bâtiment malgré une légère diminution de l'activité en 2023 en terme de volume reste un secteur en plein essor avec un chiffre d'affaires en 2022 de l'ordre de 160 milliards d'euros [1]. Ce secteur continue néanmoins d'être ancré dans un modèle d'économie linéaire qui a prouvé ses limites et qui a mis en évidence les impacts qu'il pouvait avoir notamment sur l'environnement. La filière Bâtiment et Travaux Publics (BTP) représente ainsi à elle seule près de 20% des émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) en 2022 en France [2]. Elle émet également 42 millions de tonnes de déchets chaque année, où seuls 48 à 64% de ces déchets sont valorisés [3], essentiellement par les filières de recyclage et de valorisation énergétique. Le réemploi et la réutilisation ne représentent que 1% des orientations des éléments de construction [4]. Au-delà de la production de nombreux déchets, la filière demande une exploitation toujours plus croissante des ressources naturelles pour subvenir à ses besoins ce qui a pour conséquence de créer l'épuisement voire la raréfaction de certaines de ces ressources. Le sable, deuxième ressource la plus consommée dans le monde après l'eau et l'un des principaux composants du béton, commence à devenir une ressource naturelle sur laquelle émerge des tensions majeures comme l'apparition de « mafia » du sable dans de nombreux pays tel qu'en Inde [5].

Le contexte de dérèglement climatique actuel mis en évidence par le dernier rapport du Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) [6] impacte fortement la filière. Le bois, en tant que ressource naturelle mais avant tout organisme vivant, est directement touché. Le nombre d'arbres en état de stress hydrique est en augmentation ces dernières années et ce même sur des secteurs qui n'avaient pas été touchés jusqu'alors [7]. On peut également citer l'accroissement du nombre de parcelles touchées par le scolyte, un insecte qui pond ses larves sous l'écorce des résineux où celles-ci se développent en dévorant le bois.

La crise sanitaire récente a également permis de mettre en évidence la fragilité du système actuel. Lors de cette période, on a pu constater une envolée des prix des matériaux de construction dans un contexte où la demande ne faiblissait pas malgré la baisse de production des matières premières. Au-delà de cet essor, il y a eu en parallèle un allongement des délais de livraison.

1.2. L'Etat moteur du changement

L'Etat français par les objectifs avancés, à savoir la neutralité climatique d'ici 2050 et une croissance économique dissociée de l'utilisation de ressources, par la signature du Pacte Vert au niveau de l'Union Européenne doit donc agir au niveau du secteur du Bâtiment. Pour ce faire, un certain nombre de mesures et d'actions a été engagé pour réduire l'impact de ce secteur sur l'environnement.

La nouvelle Réglementation Environnementale (RE2020) est l'une des actions mise en place par l'Etat pour la décarbonation du secteur du Bâtiment. Cette réglementation a permis de développer un nouvel indicateur I_c qui est relatif aux émissions de CO_2 dans le bâtiment. Il se calcule selon une Analyse de Cycle de Vie (ACV) dynamique qui dans le calcul favorise les matériaux biosourcés et géosourcés ayant un faible impact carbone sur l'environnement. L'ACV du bâtiment est réalisée à partir de Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES) des matériaux de construction et produits le constituant. Ces fiches peuvent être soit individuelle ou collective. On peut aussi avoir recours à des données environnementales par défaut en cas d'absence de FDES. Le réemploi, quant à lui, a un vrai rôle à jouer dans cette RE2020 puisque l'on considère que les matériaux de réemploi ont un impact carbone nul.

On peut tout même remettre en considération cette allégation étant donné les coûts carbone des transports potentiels qui feraient repasser le coût carbone de l'élément de réemploi dans le positif. Cette allégation conforterait alors l'idée selon laquelle la démarche de réemploi doit prendre place à une échelle locale ou a minima une échelle régionale. L'Etat encourage donc l'utilisation de matériaux de réemploi à travers cette nouvelle réglementation qui touche le secteur du BTP.

La loi Anti-Gaspillage et Économie Circulaire (AGEC), qui date du 10 février 2020, a entrainé la mise en place de la Responsabilité Élargie du Producteur des Produits et Matériaux de Construction (REP PMCB) qui elle-même est entrée en vigueur le 1er janvier 2023. La REP PMCB vise à responsabiliser tous les metteurs sur le marché français de produits et matériaux de construction du BTP, concernant la fin de vie de ces produits. Ces acteurs participent donc à la gestion de la fin de vie de ces éléments sous forme d'éco-participation qui permet le financement d'éco-organismes qui s'occupent concrètement du traitement des produits. On distingue deux catégories d'éléments de construction, une première qui traite des matériaux constitués majoritairement en masse de minéraux et une seconde qui regroupe les autres produits et matériaux de construction. Actuellement, il y a 4 éco-organismes habilités par l'Etat : Ecominero, Eco-Maison, Valdelia et Valobat. Chaque éco-organisme répond à l'une des deux catégories à l'exception de Valobat qui répond aux deux. Ces éco-organismes ont des objectifs chiffrés, définis en amont, à atteindre en matière de réemploi, de réparation, de réutilisation et d'écoconception. Ils doivent également assurer la traçabilité, de la collecte jusqu'au traitement final des éléments. Dans le même temps, de nouvelles zones d'apports telles que des déchèteries professionnelles ou bien des matériauthèques, vont voir le jour pour faciliter cette gestion. A travers cette démarche, l'Etat souhaite donc développer son maillage territorial de points de collecte d'éléments de construction mais également favoriser l'émergence de structures œuvrant pour le réemploi.
L'année 2023 a également vu l'apparition d'un nouveau diagnostic réglementaire, le diagnostic Produits, Équipements, Matériaux et Déchets (PEMD), qui est entré en vigueur le 1er juillet 2023. Ce diagnostic PEMD concerne toutes les opérations de démolition ou de rénovation significatives, c'est-à-dire dont la surface cumulée de plancher est supérieure à 1000 m² ou bien lorsqu'un des bâtiments concernés par l'opération a accueilli une activité agricole, industrielle ou commerciale et a été le siège d'une utilisation, d'un stockage, d'une fabrication ou d'une distribution d'une ou plusieurs substances classées comme dangereuses. Les personnes pouvant réaliser un diagnostic PEMD sont toutes les personnes pouvant prouver leurs compétences « en matière de prévention et de gestion des déchets ainsi qu'en matière de techniques du bâtiment ou d'économie de la construction ». Ce diagnostic qui remplace l'ancien diagnostic réglementaire, le diagnostic déchets, vise à mieux orienter les matériaux de construction lors de leur fin de vie et par la même occasion à augmenter les pratiques de réemploi et de réutilisation.
Il demande cependant une montée en compétences et une meilleure implication des acteurs déjà présents sur ce secteur car pour certains matériaux, notamment le bois, très peu de valorisations en dehors du recyclage et de la valorisation énergétique ne sont connues.

1.3. Les bailleurs sociaux instigateurs du changement

Dans le cadre de ma convention industrielle de formation par la recherche (CIFRE), j'ai la chance de réaliser mon doctorat au sein de Vosgelis. Créé en 1919, Vosgelis est aujourd'hui le premier Office Public de l'Habitat (OPH) de Lorraine avec un parc de 16500 logements répartis dans 112 communes. L'OPH loge près de 28000 personnes, soit 8% de la population du département des Vosges. Acteur économique incontournable, Vosgelis emploie 220 salariés et mobilise plus de 800 fournisseurs avec 500 marchés par an. L'entreprise construit en moyenne 50 nouveaux logements par an, en réhabilite 500 et en déconstruit 50. Le projet d'entreprise du bailleur social repose sur 3 priorités fondamentales : la satisfaction client, le bien-être des collaborateurs et l'engagement environnemental. L'OPH est ainsi engagé dans une démarche de responsabilité sociétale et environnementale validée par le label ISO 26000 niveau Exemplaire.
L'entreprise dans ce contexte souhaite développer le réemploi au cœur de sa pratique d'entreprise, c'est dans cet objectif que j'ai intégré l'entreprise comme doctorant. Vosgelis, en tant que Maitre d'Ouvrage (MOA), veut être instigateur du changement en s'intéressant

spécifiquement au réemploi sur certaines de ses opérations. C'est notamment le cas sur un chantier de déconstruction/reconstruction prenant place à Remiremont, une ville des Vosges, où le réemploi est l'esprit même de ce projet. En effet, sur cette opération, un diagnostic ressources a été réalisé sur l'ensemble des quatre bâtiments voués à être déconstruits afin d'identifier l'ensemble des matériaux pouvant faire l'objet d'un réemploi ou d'une réutilisation. Cette démarche a notamment permis d'identifier des solives en sapin qui vont donner lieu à un réemploi structurel dans l'un des futurs complexes de plancher d'un des nouveaux bâtiments devant prendre place sur le même site. Cette action permet également de venir consolider le récent partenariat de l'OPC avec la filière forêt-bois en région Grand-Est qui engage Vosgelis à l'incorporation d'une certaine quantité de matériaux biosourcés dans ses marchés de travaux. Il est également à noter que de nombreux équipements et matériaux, ne pouvant être réemployés sur site, ont été orientés vers différentes associations œuvrant pour le réemploi au niveau local comme l'association Activités Multiples d'Insertion (AMI) qui développe et gère une matériauthèque d'éléments de construction sur la ville d'Épinal. Cette démarche va d'ailleurs être reproduite sur les opérations de déconstruction du bailleur social.
Vosgelis a tout intérêt à développer le réemploi dans sa politique d'entreprise car la certaine standardisation des éléments de construction qui est utilisée lui permettrait un réemploi des éléments issus de ses déconstructions dans ses nouvelles constructions. On pourrait ainsi, à l'image d'autres bailleurs sociaux, envisager le développement d'une matériauthèque interne à l'entreprise pour le réemploi et la réutilisation d'éléments pour son propre compte.

Les bailleurs sociaux, à l'image de Vosgelis, sont des instigateurs du changement de pratique et notamment du développement du réemploi et de la réutilisation. L'Union Social pour l'Habitat (USH), organisme représentant les bailleurs sociaux, a donc voulu en partenariat avec l'entreprise Upcyclea, œuvrant dans le secteur du réemploi, créer une plateforme de réemploi dédiée spécifiquement aux bailleurs sociaux. C'est ainsi qu'a vu le jour la plateforme inter-acteurs du réemploi (PIRÉE), qui compte à ce jour plus de 40 bailleurs utilisant cette plateforme. PIRÉE offre deux actions principales, elle permet le partage de gisements réemployables issus de diagnostics ressources ou de diagnostics PEMD entre les différents partenaires de la plateforme mais également, à l'inverse, d'émettre des besoins en éléments de réemploi sur les gisements des autres partenaires. La plateforme permet donc de favoriser le développement du réemploi au sein des bailleurs sociaux qui rencontre les mêmes problématiques et contraintes dans leurs marchés de travaux. Cette solution est également intéressante car elle favorise la filière réemploi à l'échelle local ou a minima à l'échelle régionale.
Cependant, cette plateforme s'inspire de ce qui se fait déjà au niveau du réemploi à l'image des différents magasins de réemploi en ligne ou marketplaces, tels que Cycle-Up et Backacia, qui ont pour principal défaut de proposer le réemploi d'un élément dans une zone géographique non restreinte, ce qui favorise l'émission de GES. De plus, le passage par cette plateforme ne permet pas nécessairement une coïncidence entre les chantiers de dépose et les chantiers de construction ce qui peut bloquer la démarche de réemploi car tous les acteurs ne peuvent pas se permettre un coût de stockage du gisement à visée en réemploi.

2. Les bois de déconstruction, une ressource d'avenir ?

2.1. Contexte de la ressource

Les bois de déconstruction et de manière générale de réemploi représentent une ressource importante. Une enquête de 2019 menée par l'institut technologique en charge des secteurs de la forêt, de la cellulose, du bois-construction et de l'ameublement (FCBA) a permis de montrer qu'il y a au total 2,3 millions de tonnes brutes de « déchets » bois, provenant à la fois des chantiers de construction neuve, de rénovation, et de la démolition. Pourtant, le taux de valorisation matière de ces bois n'est que de 44,5%, où seul 2,5% correspond à de la réutilisation et du réemploi. En s'intéressant plus particulièrement à cette étude, la quantité concernant les bois issus spécifiquement des déconstructions est d'environ 400000 tonnes. Les types de bois essentiellement retrouvés sont les bois de structure et poutres de section importante – supérieure à 70x150 mm² – à hauteur de

46%, les bois de structure de section peu importante – inférieure à 70x150 mm² – à hauteur de 14%, et les planchers à hauteur de 10% [8].
On prend alors pleinement conscience du potentiel que cette ressource peut représenter dans le contexte actuel, d'autant plus que ces éléments sont en grande partie déjà manufacturés ce qui peut faciliter leur réemploi et leur réutilisation, et peut permettre ainsi un gain économique non négligeable par rapport à un produit neuf manufacturé.

2.2. Les problématiques liées à cette ressource

L'un des premiers a priori que l'on rencontre lorsqu'on parle de réemploi avec des acteurs externes à cette pratique est le coût lié à la dépose sélective, ou dépose spécifique, de l'élément qui est présumé être trop important pour une rentabilité économique du réemploi par rapport à l'équivalent neuf existant sur le marché. Toutefois, une étude sortie récemment en ce début d'année 2024 et menée entre autres par l'institut français pour la performance du bâtiment (IFPEB) montre qu'en moyenne 40% du coût du réemploi est lié au reconditionnement et que le coût de dépose sélective ne représente que seulement 14%. Il est tout de même à préciser que selon la catégorie de produit dont on parle, ces chiffres peuvent grandement varier. Cette même étude donne également des recommandations à suivre pour diminuer ce coût de reconditionnement comme bien assurer la traçabilité du produit tout au long du processus ou bien encore d'anticiper le plus en amont possible le réemploi dans l'opération [9]. Il est à noter que les entreprises d'insertion ont un réel rôle à jouer dans cette pratique puisqu'elles peuvent répondre à ces marchés tout en restant concurrentielles vis-à-vis d'entreprises plus classiques.

Concernant les bois de déconstruction, on peut entrevoir trois problématiques majeures sortantes propres à cette typologie d'élément :

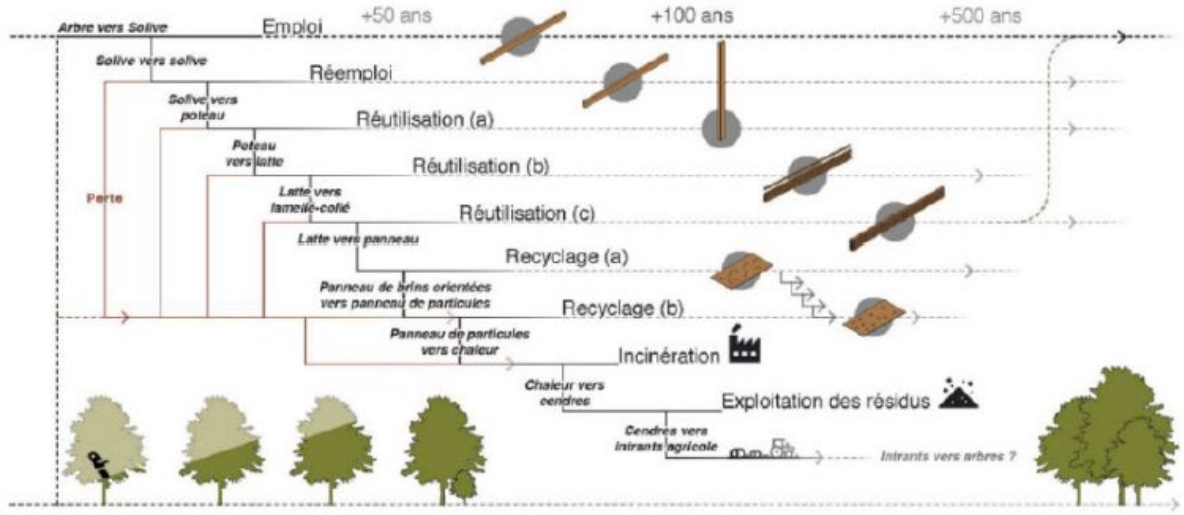
- La première problématique concerne les possibles traitements des bois qu'ils ont subis pour leur durée dans le temps. Il existe un certain nombre de traitements propres aux bois qui ont été interdits au cours des années mais que l'on peut retrouver sur des bois issus de déconstruction. Le traitement au pentachlorophénol (PCP) est un exemple de ces traitements qui fait l'objet de restriction et dont il est nécessaire de rechercher des traces dans l'élément bois. Cependant, le coût des tests de détection pour ce type de traitement est très onéreux et chaque entreprise travaillant autour du réemploi ne peut pas forcément se le permettre. A titre d'exemple, pour le PCP deux méthodes existent pour sa détection, la chromatographie en phase gazeuse et la spectroscopie de fluorescence, les deux méthodes demandant du matériel de laboratoire inabordable pour bon nombre d'entreprises œuvrant dans le réemploi.
- Le second problème majeur concerne la démarche de caractérisation mécanique de l'élément bois. Pour introduire un élément bois dans un système constructif structurel, il est nécessaire et obligatoire que cet élément soit caractérisé mécaniquement. C'est-à-dire qu'une classe mécanique doit être attribuée à chaque élément bois ayant un usage structurel. Or, lorsque l'on traite des bois issus de déconstruction, rien ne permet de présager que la classe mécanique, relative à l'élément au moment de sa pose, est identique une fois l'élément déposé. D'autant plus que les bois datant des premières réglementations structurelles n'avaient pas de classe mécanique. Pour caractériser ces bois, il faut privilégier une méthode non destructive, à l'image du Sylvatest qui utilise les ondes sonores, afin de conserver l'intégrité de l'élément et obtenir la classe mécanique tant souhaitée. Cependant, il n'existe aucune réglementation, ni aucun consensus sur la caractérisation non destructive et encore moins pour des bois de réemploi. Le coût engendré par la caractérisation est également une contrainte à prendre en compte pour des entreprises œuvrant dans le secteur du réemploi et qui n'ont pas forcément vocation à se spécialiser dans le matériau bois en particulier.
- Le ré-usinage est également un point problématique sur lequel de nombreuses interrogations restent encore en suspens. Il faut d'abord identifier les usinages que subiront l'élément de réemploi, ces usinages relevant de l'utilisation future de l'élément. Cependant, l'entièreté des usinages n'est pas forcément réalisable en fonction des différentes contraintes liées à l'élément. Les contaminants de surfaces, par exemple le béton ou le plâtre, vont demander un traitement supplémentaire pour permettre le traitement de l'élément bois mais il faut également identifier simplement ces éléments pour orienter de la meilleure des façons l'élément bois vers le bon process

d'usinage. La problématique liée aux éléments métalliques n'est pas en reste puisqu'elle oblige la détection et le retrait de tout élément de nature métallique avant l'usinage. Or, le retrait de ces éléments est parfois complexe et demande un temps accru à consacrer à chaque élément ce qui induit une contrainte économique importante rendant l'élément bois de réemploi moins concurrentiel vis-à-vis de son équivalent neuf manufacturé.

2.3. Une ressource avantageuse

Le réemploi d'élément structurel en bois est donc soumis à un certain nombre de contraintes pourtant son intérêt reste immense.
Le bois par sa définition est un matériau qui permet le stockage de carbone, c'est ce que l'on nomme couramment le carbone biogénique, tout au long de son cycle de vie. Ainsi, si l'on réussi à préserver l'intégrité de l'élément le plus longtemps possible, alors le stockage de carbone induit pourra perdurer lui aussi ce qui constitue un avantage non négligeable au vu du contexte climatique actuel. Le principe de « cascading wood » développé dans la thèse de master de Daishi Sakaguchi reprend cette idée, il faut comme l'indique la figure (1) passer par des valorisations du type réemploi et réutilisation avant des valorisations classiques telles que le recyclage et la valorisation énergétique pour que le stockage du carbone perdure dans le temps. Cette démarche permettrait également de préserver un certain nombre d'arbres sur pied en augmentant le nombre de cycles de vie d'un élément bois, ce qui serait là encore bénéfique pour l'environnement.

Un autre aspect à prendre en compte concerne l'abondance de cette ressource qui se retrouve en quantité importante sur l'ensemble du territoire. Ainsi, l'économie locale ne pourrait être que dynamisée par la valorisation de cette ressource. D'autant plus que pour la valorisation de cette ressource, les moyens humains engagés doivent être importants ce qui nous laisse à penser que les entreprises œuvrant dans l'emploi social ont un vrai rôle à jouer dans cette boucle vertueuse. Cette affirmation est d'ailleurs confirmée par l'étude menée par le réseau francilien des acteurs du réemploi (REFER) qui démontre que pour 10000 tonnes de « déchets » traités, les filières locales du réemploi emploient environ 850 personnes tandis que les filières de gestion classique de ces « déchets » n'emploient qu'une à trois personnes [11]. Ce travail local induirait également une limitation des transports de matières premières ce qui encore une fois viendrait accentuer



les effets bénéfiques sur l'environnement.

Figure 1 : Schéma d'après la thèse de master de D. Sakaguchi, Potential for cascading wood from building, Université Aalto, 2014

3. Perspectives

Pour ce secteur, plusieurs perspectives concernant différentes thématiques peuvent s'offrir. La dépose sélective va devoir demander une montée en compétence des acteurs, allant des MOA jusqu'aux entreprises de déconstruction, afin que la dépose sélective et de

manière générale la déconstruction puisse être concurrentielle vis-à-vis de la démolition « classique » des bâtiments. Cette montée en compétence ne peut être obtenue que par une intégration de la démarche de réemploi dans les marchés de travaux des MOA même si les maîtrises d'œuvre restent une force de proposition pour ce type de démarche. Il est également à noter qu'à l'heure actuelle cette démarche est un manque à gagner pour les MOA qui ne la pratique pas.
Le processus de caractérisation liée à ce type d'éléments doit également être renforcé par le passage à une normalisation ou à défaut une formalisation des études à mener pour de tels éléments. La caractérisation mécanique est essentielle et nécessaire pour l'intégration de tels éléments dans les bâtiments mais il faut absolument que celle-ci passe par des moyens simples et peu coûteux pour les acteurs œuvrant autour du réemploi. On pourrait, à l'image de ce qui existe déjà pour les « déchets » d'équipements électriques et électroniques (D3E), voir l'émergence d'un nouveau métier qui serait celui de caractérisateur de bois de réemploi et qui prendrait donc en charge tout le processus de caractérisation de ce type d'élément mais également des responsabilités assurantielles liées à ceux-ci.
Le ré-usinage est lui aussi un enjeu majeur puisqu'il permettrait de faire passer le réemploi de bois d'une dimension artisanale à une dimension industrielle comme c'est déjà le cas sur certaines typologies d'éléments comme la moquette ou les dalles de faux plafond. Cependant, il faut bien garder en tête que cette démarche de réemploi de bois doit rester ancrée à une échelle locale ou maxima à une échelle régionale si l'on veut conserver les bienfaits sur l'environnement d'un tel processus.

Bibliographie

[1] Observatoire des métiers du BTP. Métiers-BTP. 2023.
BTP Notes de conjoncture (metiers-btp.fr)

[2] Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires. Ecologie.gouv. 2022.
Construction et performance environnementale du bâtiment | Ministère de la Transition Écologique et de la Cohésion des Territoires (ecologie.gouv.fr)

[3] ADEME. Optigede.ademe. 2023.
Cadre réglementaire | Optigede – Ademe

[4] FCRBE. *Faciliter la circulation des matériaux de réemploi : retour sur 5 années de méthodes et d'expérimentations en Europe du Nord-Ouest*. Bruxelles : FCRBE, 2023.
fcrbe_final-report_vf.pdf (nweurope.eu)

[5] Mouterde Perrine et Depardon Mathias. « En Inde, « les mafias du sable ont le pouvoir, l'argent, les armes » ». *Le Monde*, 04 septembre 2022.
En Inde, « les mafias du sable ont le pouvoir, l'argent, les armes » (lemonde.fr)

[6] IPCC, 2022: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability.* Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp., doi:10.1017/9781009325844.

[7] AFP. « Dans les Vosges, sécheresses et autres calamités successives menacent la forêt ». *GEO*, 20 août 2020.
Dans les Vosges, sécheresses et autres calamités successives menacent la forêt - Geo.fr

[8] FCBA. *Gestion des Déchets Bois du Bâtiment – GDBAT.* Paris : FCBA, 2022.
rapport-gdbat-phase1-v20230419-v1.pdf (codifab.fr)

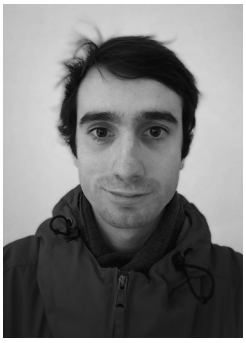
[9] IFPEB. *Equation économique du réemploi dans le bâtiment – Synthèse des enseignements de l'étude*. Paris : IFPEB, 2023.
1-Etude-IFPEB-cout-du-reemploi_Enseignements-cles-de-letude.pdf

[10] Sakaguchi, Daishi. « Potential for cascading wood from building »
Thèse de doctorat, Aalto Université, 2014.

[11] REFER. *Observatoire du réemploi solidaire en Ile-de-France*. Paris : REFER, 2022.
Observatoire2021.pdf (reemploi-idf.org)

Concevoir pour le « réusage » de bois d'œuvre

Paul-Martin BARBET
AB.Lab d'ArtBuild Architectes
GSA de l'ENSAPM
PSL les Mine Paris
Paris, France



Concevoir pour le « réusage » de bois d'œuvre

1. Produits bois ou écosystèmes forestiers, faut-il choisir ?

L'essor de la construction bois pourrait contribuer à l'atténuation du changement climatique (Arehart et al 2021) en stockant durablement le carbone biogénique contenu dans les produits bois (Skullestad et al. 2016) sous condition d'une gestion « orchestrée » des écosystèmes forestiers. Le bois est, en effet, une ressource abondante (Dodoo et al. 2014) issu des forêts, cruciales dans les cycles de formation de stock de carbone terrestre. De plus, il est l'un des seuls matériaux à faible énergie grise (Börjesson et Gustavsson 2000), qui plus est biosourcé, susceptible de se substituer à d'autres matériaux fabriqués à partir de ressources fossiles à forte intensité carbone, comme le béton ou l'acier, en emploi structurel. Subséquemment, l'emploi de bois pourrait réduire l'extraction de ressources non-renouvelables et de fait une partie de la déforestation associée à l'exploitation de mines (Hosonuma et al. 2012)(Kissinger et al. 2012).

Mais les scénarios d'atténuation du changement climatique introduisent un nouveau dilemme en présentant la réalisation des objectifs de neutralité carbone à l'horizon 2050 basé à la fois sur des systèmes d'extractions à grande échelle de ressources naturelles pour se substituer aux ressources fossiles et à la fois sur la préservation et le renforcement des puits carbone (Churkina et al. 2020)(Accords de Paris 2015).

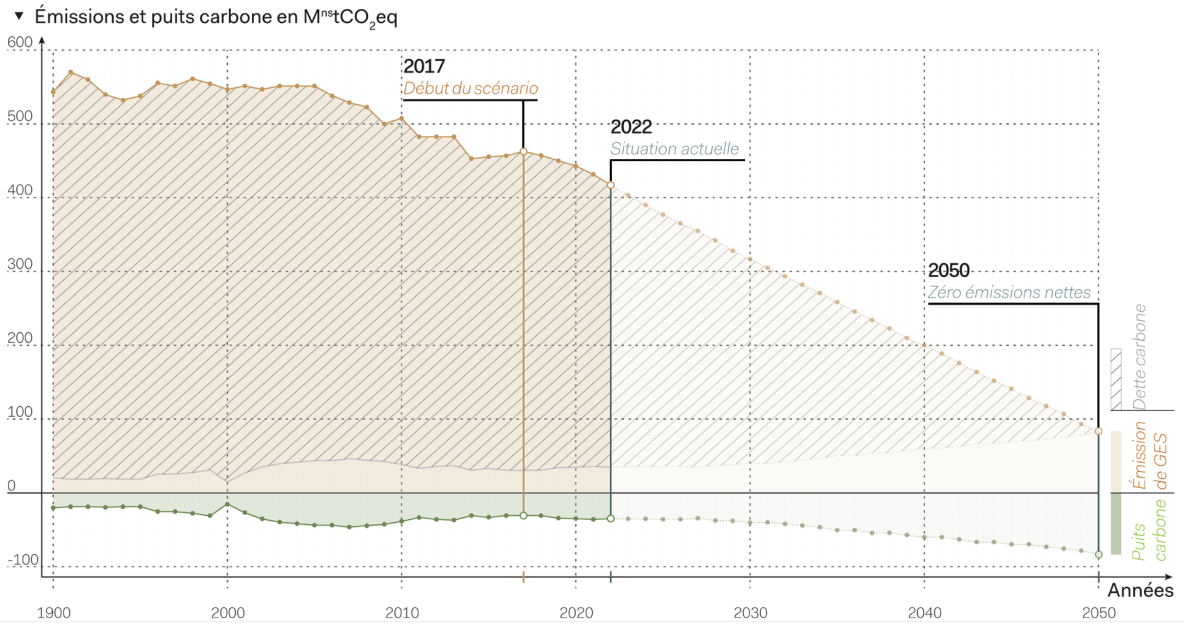


Figure 1 : Évolution des émissions de gaz à effets de serre en France et Stratégie Nationale Bas Carbone à l'horizon 2050. *Données issues de l'ADEME. 2020.*

Or les forêts se dégradent, se fragmentent et disparaissent à un rythme dévastateur (Beck-O'Brien et al. 2022) faisant face à des perturbations plus intenses, récurrentes, longues autant climatiques, chimiques qu'anthropiques (FAO 2020). Dans ce contexte, le maintien de l'intégrité des aires forestières et des stocks sur pieds actuels de bois est essentiel et plus spécifiquement des écosystèmes primaires et semi-naturels représentant le potentiel de captation de carbone le plus important (Ramage et al. 2017).

Cependant, nous avons besoin de bois pour décarboner nos sociétés et les niveaux de consommations actuels et de récoltes sont bien trop élevés pour être soutenables. Cette demande croissante de bois – plus de 60% entre 1960-2020 soit 5 milliards de m^3 avec écorce en 2020 (Beck-O'Brien et al. 2022) – affecte en effet la disponibilité des ressources forestières – perte de 178 millions d'hectare en superficie nette de 1990 à 2020 –. Les

services écosystémiques et le potentiel d'atténuation du changement climatique des forêts sont également impactés (Jonsson et al. 2021)(Abhijeet et al. 2022)(Haut conseil pour le climat 2022).

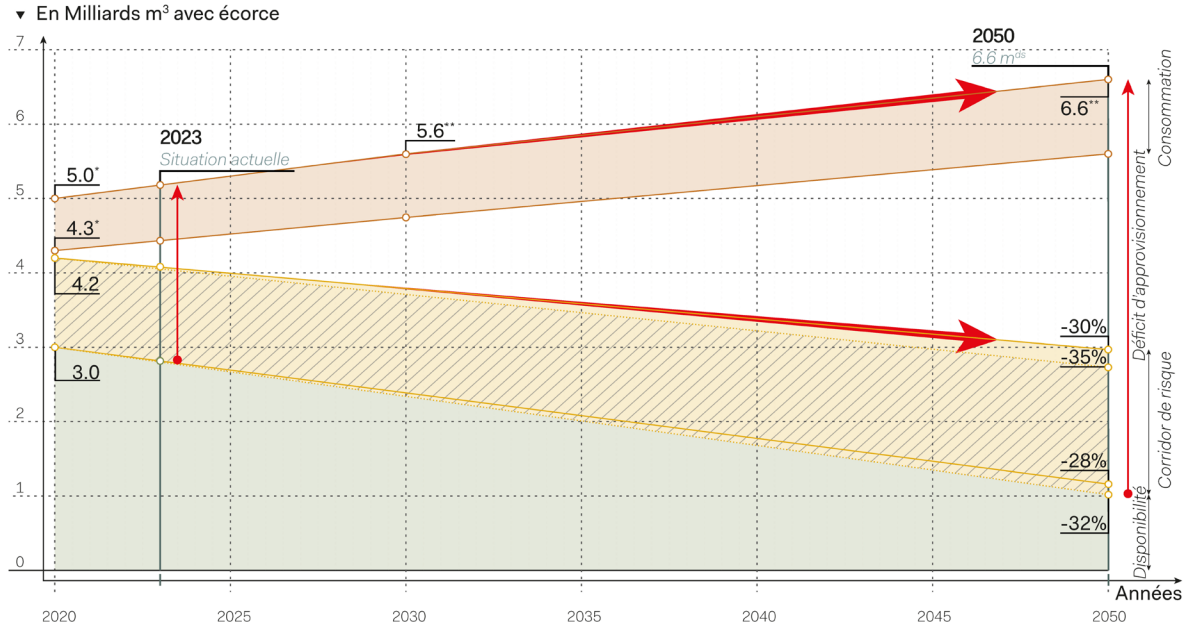


Figure 2 : Limite planétaire de consommation de bois mondiale avec une augmentation de la mortalité résultant du changement climatique. *Données issues de Beck-O'Brien et al. 2022.*

Si limiter notre consommation permettrait de minimiser les pressions anthropiques pesant sur les écosystèmes, il semble davantage judicieux dans une stratégie globale de décarbonation de nos sociétés de mieux prioriser l'utilisation des ressources, et notamment de repousser le plus longtemps possible l'utilisation des produits bois en bioénergie (libération immédiate du carbone biogénique) qui aujourd'hui représente plus de 51.6% des 3 591Mm3 de bois récoltés (Ramage et al. 2017).

Par conséquent, la nécessité de diminuer les tensions pesant sur les écosystèmes et faire face à la demande croissante de bois encourage à la mise en place de stratégies de hiérarchisation des usages et de maintien en circularité des produits issus de la biomasse (Abhijeet et al. 2022). Le « réusage » du bois (Ben Khedher 2021) dans un principe d'utilisation en cascade le plus pertinent, celui qui permet de trouver le meilleur équilibre entre énergie pour le maintenir en circularité et utilisation sur le long terme, apparaît comme le meilleur moyen de limiter les tensions sur les écosystèmes tout en bénéficiant des vertus (stockage carbone, biophilie…) inhérentes à l'intégration de celui-ci dans nos édifices (Skullestad et al. 2022). Cela garantirait également de maintenir une mème valeur d'usage du bois sur une période plus longue qu'un cycle de séquestration de carbone biogénique par les arbres (Kuittinen et al. 2022) (Mam 2021).

2. De la réaction à l'anticipation de la fin de vie des bâtiments

Le focus de notre recherche porte sur le « réusage » du bois d'œuvre (produit à plus haute intégrité par rapport à la grume) car il détient le potentiel d'utilisation (multiplicité des utilisations encore possibles) en cascade le plus important des produits bois (Privat 2021). En outre, dans le contexte de la France, territoire autour duquel nous circonscrivons notre travail, ceux-ci représentent déjà plus de 32% des 2 304 003 Mt des déchets bois (GDBAT 2022). De plus, l'accroissement des constructions avec des composants structurels bois porte à croire qu'à l'avenir ce quota de bois structurels en fin de vie augmentera considérablement (Zabala Mejia 2021).

Si la part des déchets bois est conséquente, il y a toutefois peu d'éléments réemployés ou détournés de leur usage premier selon un principe de sauvegarde maximale de l'intégrité des produits. Seulement 2.5% des déchets bois sont aujourd'hui réemployés en France (GDBAT 2022). Une analyse rétrospective des pratiques de « réusage » auprès de différents professionnels du secteur, aura permis de souligner les difficultés rencontrées au moment de la fin de vie des bâtiments pour élémentariser et caractériser le bois d'œuvre (Barbet 2022). La défaillance de la filière réemploi à mettre en place les principes d'économie circulaire (ADEME 2015) se manifeste dans l'instauration de procédures singulières, couteuses, longues, non-coordonnées aboutissant au mieux à une dévalorisation des produits, voire à l'abandon des procédures de « réusage » (Barbet 2022).

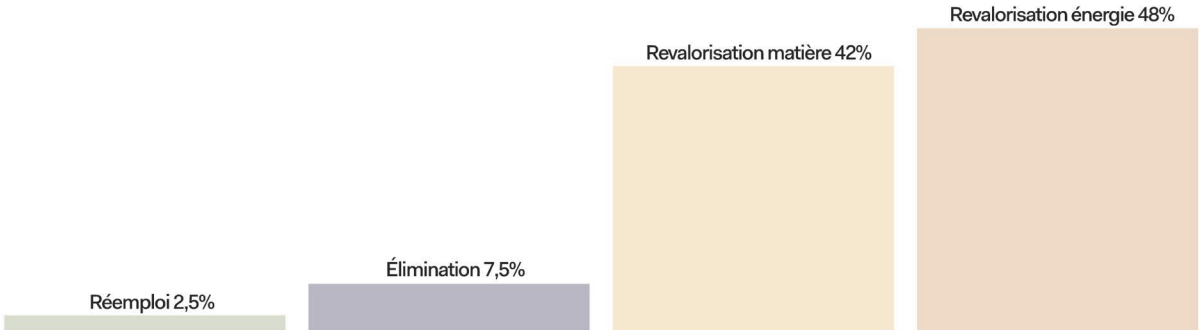


Figure 3 : Revalorisation des produits bois de construction en fin de vie en France.
Données issues du FCBA et CODIFAB, 2022.

L'histoire contemporaine des interventions et des politiques liées à l'impact des fins de vie de l'environnement construit a été marquée par d'innombrables tentatives d'opérer, gérer et planifier de façon pragmatique l'urgence des situations de déconstructions et la gestion des déchets (Responsabilité Elargie des Producteurs, Diagnostic Produits Equipements Matériaux Déchets).

Toutefois, ce n'est qu'en élargissant le champ d'action à des approches d'anticipation de la fin de vie dès la conception que la mise en circularité des composants de l'environnement construit deviendra opérante (Olanrewaju et Ogunmakinde 2020) (Osmani et al. 2008). Ce changement de perspective détermine l'émergence du concept de « réusage prospectif » et la mise en évidence de l'importance, voire de l'impératif, d'intégrer des principes d'atténuation, préparation et réduction des risques de dévalorisation des composants du bâti dans les interventions à court (Conception-Chantier), moyen (Maintenance) et long terme (Déconstruction-Reconstruction).

Les constats de nos premières explorations désignent le manque d'information, la non-élémentarisation possible des éléments, et l'altération des produits bois comme les freins majeurs à toute pratique de « réusage ». Nous formulons l'hypothèse que la conception est cruciale pour anticiper le maintien de l'intégrité, la démontabilité, et assurer le continuum informationnel sur les éléments et bâtiments en structure bois en vue de leur « réusage ».

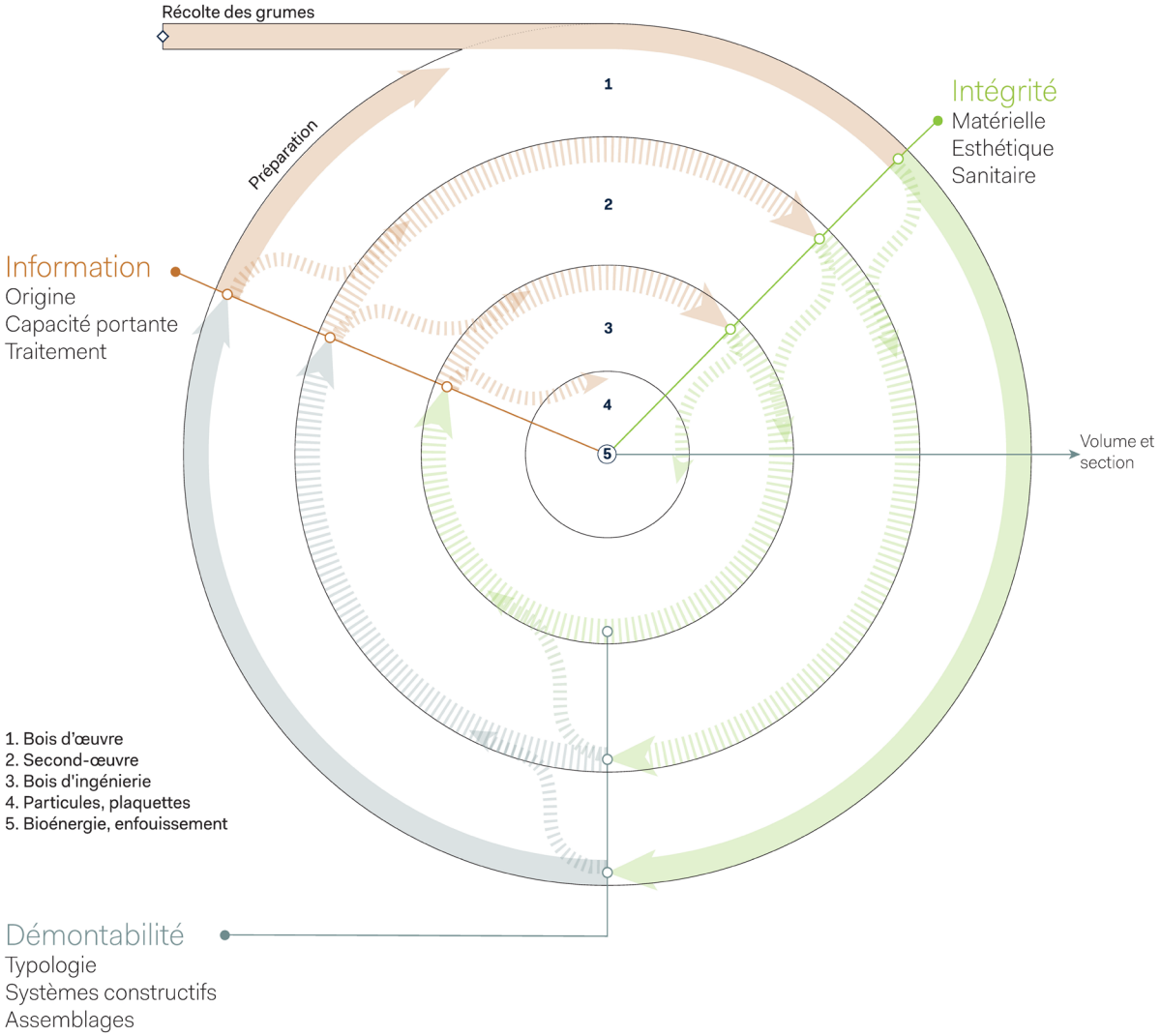


Figure 4 : Arbre de décision pour amorcer une démarche de « réusage » du bois.
Diagramme personnel Barbet, 2023.

Abhijeet Mishra et al., « *Land use change and carbon emissions of a transformation to timber cities* », Nature communication, 2022. DOI: 10.1038/s41467-022-32244-w

ADEME, « *Les actions de l'ADEME pour soutenir la transition vers l'économie circulaire – Illustration 2015* », 2015.

Arehart, Jay H., Jim Hart, Francesco Pomponi, et Bernardino D'Amico. « *Carbon sequestration and storage in the built environment* ». Sustainable Production and Consumption 27 (2021): 1047-63. https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.02.028.

Beck-O Brien et al., « *Everything from wood: The ressource of the future or the next crisis* », 2022.

Ben Kheder Safa, « *Les déchets du BTP comme ressource vers une nouvelle pratique. Du réemploi au réusage »,* publié dans le cadre des 6èmes rencontres doctorales nationales en architecture et paysage, 2021.

Börjesson P. et Gustavsson L., « *Greenhouse gas balances in buildings construction: Wood versus concrete from life cycle and forest land use perspectives* », 2000.

BARBET Paul-Martin, « *Entretiens sur le réemploi – Cycle-Up, Re-Mise, Bouygues Construction, ESB, CNRS, Qualiconsult et al. »,* 2022.

Churkina Galina et al., « *Building as a global carbon sink* », 2020.

Dodoo et al., « *Lifecycle primary energy analysis of low-energy timber building systems for multi-storey residential buildings*», 2014. 10.1016/j.enbuild.2014.06.003

FAO, « *Global Forest Assesment 2020* », 2020.

Gestion des déchets bois du bâtiment – GDBAT, « *Phase 1 : Gisement et devenir des déchets bois issus de la construction neuve, de la démolition et de la rénovation du bâtiment* », 04.2022, financé par Codifab.

Haut conseil pour le climat, « *Dépasser les constats, mettre en œuvre les solutions* », 2022.

Hosonuma N. et al., « *An assesment of deforestation and forest degradation drivers in developing countries* », 2012.

Jonsson, Ragnar et al., « *Boosting the EU forest-based bioeconomy: Market, climate, and employment impacts* ». Technological Forecasting and Social Change 163, 2021. 120478. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120478.

Kissinger G. et al., « *Drivers of deforestation and forest degradation: a synthesis report for REDD+ policymakers* », 2012.

Kuittinen Matti, Alan Organshi, et Andrew Ruff, « *Carbon: A Field for Buildings Designers* », 2022.

Mam Koliann, « *Exploration structurelle et environnementale des ouvrages bois de grande portée* », 2021.

Olanrewaju Saidat Damola, et Olabode Emmanuel Ogunmakinde. « *Waste minimisation strategies at the design phase: Architects' response* ». *Waste Management* 118 (2020): 323-30. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.08.045.

Osmani, M., J. Glass, et A. D. F. Price. « *Architects' perspectives on construction waste reduction by design* ». *Waste Management* 28, no 7 (2008): 1147-58. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.05.011.

Privat François, « *Recyclage du bois et utilisation en cascade de la ressource* », Actes de la 10ème édition du Forum Bois Construction, 2021.

Ramage Michael H. et al. « *The wood from the trees: The use of timber in construction* ». Renewable and Sustainable Energy Reviews 68, 2017. https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.107.

Skullestad, Julie Lyslo, Rolf André Bohne, et Jardar Lohne. « *High-rise Timber Buildings as a Climate Change Mitigation Measure – A Comparative LCA of Structural System Alternatives* ». Energy Procedia 96, 2016. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.09.112.

Zabala Mejia Andres Oswaldo, « *Developing a grading tool for sustainable design of structural systems in buildings* », 2021.

Bois, Architecture Paramétrique & Fabrication Additive par Stratoconception®

Anwar NEHLAWI
Laboratoires LERMAB et MAP-CRAI
Épinal et Nancy, France



Bois, Architecture Paramétrique & Fabrication Additive par Stratoconception®

1. La Fabrictation Additive par Stratoconception®

Le procédé de Stratoconception®, appartenant à la famille des procédés de fabrication additive par stratification de couches solides permet la réalisation de pièces de forme complexe, évidées et fonctionnalisées (Barlier 1991; ISO/ASTM 2021). Ce procédé repose sur l'usinage de matériaux sous la forme de panneaux en recto/verso par des machines à commande numérique triaxiales. Ainsi, les panneaux en bois dont l'utilisation est courante dans les pratiques des entreprises de la construction se prêtent bien à l'exercice. Ce partage de moyens techniques et matériels favorise l'implémentation du procédé de Stratoconception® dans les pratiques de l'architecture et de la construction en bois (Fréchard, Bléron, Meyer 2022). Ainsi, Fréchard et al. (2023) identifient le procédé de Stratoconception® comme « une technologie prometteuse qui permet de dépasser les limites actuelles de l'architecture en bois ».

Le procédé de Stratoconception® s'intègre dans la phase de fabrication (Wiberg, Persson, Ölvander 2019), et est traité après la phase de conception de la pièce. Fréchard et al. (2023) observent cependant une interdépendance entre la conception et la fabrication de composants architecturaux par Stratoconception®, appelant à l'intégration des contraintes de fabrication dans le processus de conception. Il est également pointé un manque d'interopérabilité entre les logiciels utilisés pour la conception des composants et ceux concernant le processus de fabrication par Stratoconception®. L'architecte et/ou le concepteur doivent intégrer les contraintes et les avantages de ce procédé dès la phase esquisse afin d'éviter des zones inaccessibles par usinage triaxiales, minimiser la consommation de la matière et optimiser les durées d'usinage.

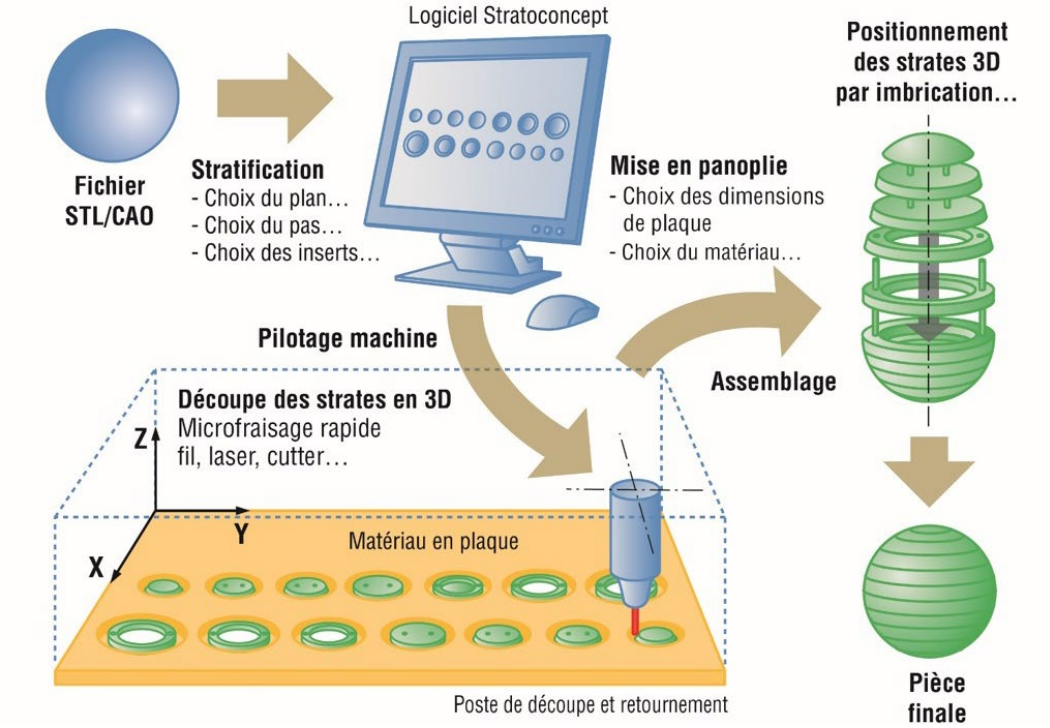


Figure 1 : Schéma explicatif de la Stratoconception® / ©CIRTES

2. Treillis 3D et nœuds générés paramétriquement

2.1. Opportunité architecturales

Le développement des Gridshells, notamment entre 1960 et 1995, a été marqué par un nombre limité de réalisations avant une progression significative. Cette transition est associée à l'utilisation des ordinateurs comme générateurs de formes, suggérant ainsi que les grilles en bois pourraient offrir une solution pertinente pour matérialiser des géométries complexes (Herzog et al., 2005). Le procédé Stratoconception, associé à la génération paramétrique des formes, a permis de créer des treillis 3D complexes en bois, comme le prototype TADAM. Des algorithmes utilisés sur des logiciels tels que Grasshopper/Rhino ont facilité la traduction des croquis d'intentions des architectes en géométries 3D. Ces modèles sont facilement manipulables et peuvent prendre en compte diverses contraintes liées au domaine de la construction.

2.2. Les nœuds

Les nœuds sont les connecteurs structurels des Gridshells, assurant la stabilité entre les différentes barres et garantissant la précision géométrique de la forme recherchée. D'après nos recherches, il existe plus de 50 types de nœuds structurels à partir desquels nous pouvons dériver plusieurs formes et tailles. Cependant, la majorité, voire la totalité, des nœuds sur le marché de la construction sont métalliques. Suite à ces résultats, nous avons décidé de prototyper des nœuds structurels en bois par Stratoconception®. Ainsi, nous avons développé des générateurs de nœuds paramétriques prenant en compte les caractéristiques du matériau bois et le procédé de fabrication pour garantir un workflow fluide de la conception à la fabrication. Une des difficultés rencontrées pendant le développement de ces outils paramétriques était l'optimisation du volume du nœud. Le bois étant un matériau anisotrope et en raison du manque de critères de validité pour le bois, l'optimisation topologique n'est pas actuellement réalisable. L'anisotropie de ce matériau nécessite des données supplémentaires à prendre en compte dans le calcul du modèle en éléments finis (telles que le sens des fibres, les nœuds, l'hygrométrie...). Par conséquent, nous avons décidé de traiter les géométries avec une approche par tangence entre toutes les surfaces. Les formes complexes 3D résultantes ont été fabriquées à l'aide du procédé Stratoconception® qui nous a également permis, grâce l'évidement, d'intégrer des fonctions supplémentaires au sein du nœud, telles que le passage des réseaux, l'éclairag, etc

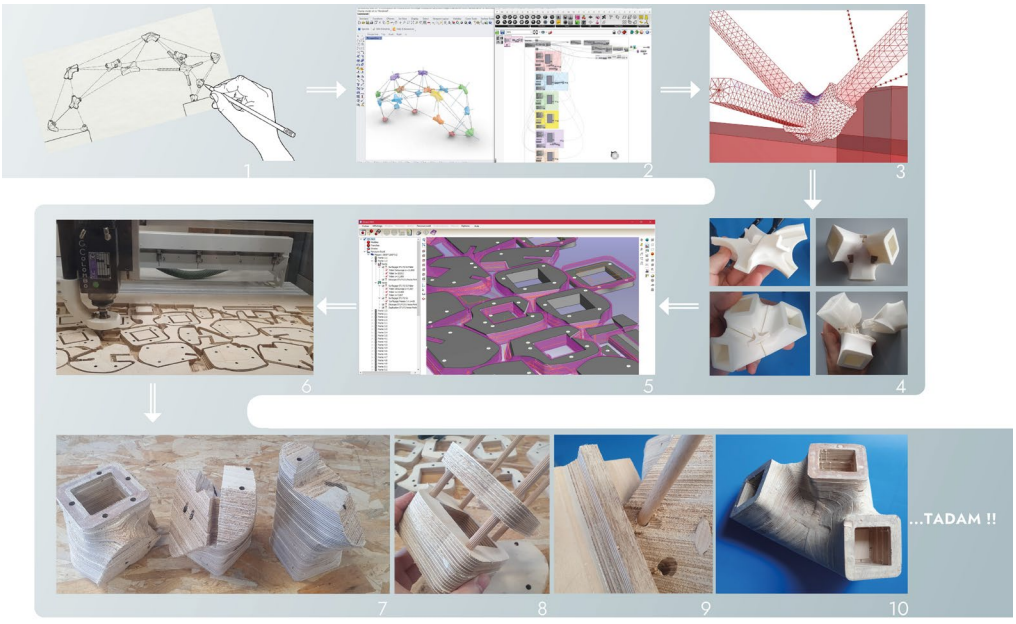


Figure 2 : 1. Croquis / 2. Conception paramétrique du concept / 3. Simulation mécanique en modèle d'élément fini / 4. prototypage en impression par dépôt de fil chaud / 5. FAO / 6. Usinage 3 axes / 7. Les strates / 8. Collage et assemblage / 9. Clé de fixation / 10. Nœud N03 de TADAM

3. Archi-Folies … le pavillon Les RAM'EAUX

Afin de rendre la Stratoconception® plus efficace et fructueuse dans le domaine d'architecture, un prototype à l'échelle 1 : 1, appelé TADAM, intégrant une réflexion architecturale est en cours de finalisation à l'ENSA Nancy. Les points relevés dans ce premier prototype feront support pour le pavillon à réaliser par les étudiants de l'ENSA Nancy dans le cadre du projet Archi-Folies porté par le ministère de la Culture à l'occasion de l'Olympiade Culturelle 2024.

Dans le cadre de l'enseignement de projet à l'ENSA Nancy, Croquis, plans, maquettes physiques et numériques participent à la matérialisation du concept d'une charpente en bois exprimant le séquencement du mouvement des rames de l'aviron. Ce mouvement se lit dans le positionnement et l'orientation des poteaux de la structure qui supportent une toiture composée d'un treillis tridimensionnel accueillant une couverture. La liaison entre ces différents éléments structurels est traitée par la mise en œuvre de nœuds d'assemblage en bois, réalisés par Stratoconception et fruits des travaux de recherche menés par Victor Fréchard et développés par Anwar Nehawi dans le cadre d'une thèse et du projet Stratobois. Nous retrouverons l'utilisation de ce nouveau procédé de fabrication de la construction en bois dans la conception des poutres liant charpente, plancher et sol.

Le pavillon et ses éléments structurels seront prochainement expérimentés à l'échelle 1 puis préfabriqués chez les partenaires qui se situent à Saint-Dié-des-Vosges et à la cité du Faire de Jarville. La microarchitecture sera ensuite démontée pour rejoindre le parc de Villette pour les JO et JOP, à partir de mai 2024.

Le travail est mené dans le cadre des enseignements de :

- [Master 1] Structures innovantes
- [Master 1 AIE] Construction bois : de la commande à la réalisation
- [Master 2 AIE] Architecture en bois : numérique et robotique
- [Master 1] Atelier Scénographie

Enseignants : Franck Besançon, Victor Fréchard, Maxence Lebossé, Julien Meyer, Gilles Duchanois, Béatrice Laville, Christophe Aubertin, Anwar Nehlawi

Partenaires industriels : CIRTES, Charpente Houot, Weisrock, Corplex, HVR

Laboratoires : MAP-CRAI, LERMAB



Figure 3 : Finalisation de la maquette Les RAM'EAUX, échelle 1/20°, par les étudiants Master 1&2 ENSA Nancy, 2023/24

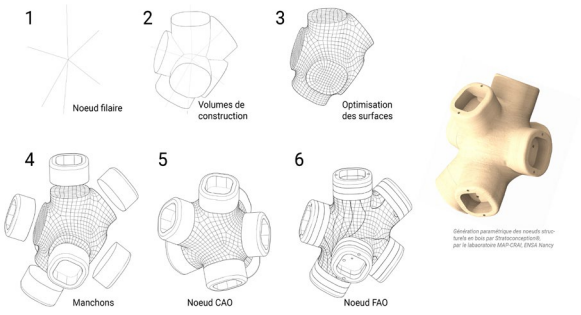


Figure 4 : génération de noeuds structurels 3d et fabrication par Stratonception®
par le laboratoire MAP-CRAI_ENSA Nancy

4. Défis techniques et industriels

4.1. Les tolérances géométriques

Les nœuds réalisés en Stratoconception® sont fabriqués à partir de panneaux en contreplaqué ou des panneaux LVL. Les barres du treillis 3D sont en bois massif, taillées et délignées avec des machines 5 axes adaptées pour la fabrication en masse de poutres de grandes longueurs. Un manque de précision de 1 à 2 mm a été observé entre les pièces réalisées en Stratoconception et les barres en bois massif. En plus du fait que le bois massif réagit davantage aux changements hydriques et thermiques, les barres peuvent vibrer pendant l'usinage. Par conséquent, il est nécessaire de tolérer environ 1 à 2 mm dans la CAO du treillis. Le choix d'encastrer les barres dans les nœuds, a fait que la moindre rotation angulaire à l'extrémité d'une barre peut entraîner un décalage de quelques centimètres à l'autre extrémité, ce qui affecte le montage entier du treillis et sa stabilité.

4.2. L'usinage en recto/verso

La Stratoconception® permet l'usinage recto verso d'un panneau afin d'accéder à toutes les zones des strates qui composent la pièce finale. Cependant, lors de l'usinage des nœuds du prototype TADAM, nous avons rencontré d'importantes difficultés lors de la phase d'usinage en verso, notamment au niveau des strates de petites dimensions. Le maintien de ces strates sur le plateau d'usinage s'est avéré problématique, en particulier après l'usinage de la face recto. Pour le pavillon Archi-Folies, nous avons adapté la forme des nœuds pour les usiner en recto uniquement. Cela a considérablement réduit la durée de fabrication. Cependant, certaines strates présentaient de nombreuses zones inaccessibles en recto, et quelques nœuds ont dû être retouchés à la main.

4.3. La fabrication additive et l'échelle architecturale

Un des critères les plus impactant dans la durée d'un usinage 3 axes est la hauteur des passes de finition. Pour des pièces d'art et des prototypes uniques, il est possible de se permettre une finition très fine avec un nombre de passes conséquentes qui vont se rapprocher le plus possible de la géométrie numérique. Dans le monde de la construction, ces passes de finition vont augmenter considérablement le temps d'usinage. Ce critère soulève un débat entre différentes disciplines concernant l'esthétique finale, le temps de fabrication, l'énergie consommée et la précision exigée au moment du chantier.
Dans le pavillon Les RAM'EAUX, les nœuds ont été fabriqués avec une hauteur de finition de 2mm pour accélérer l'usinage, mais ce choix entraînait des conséquences sur l'architecture finale et la reprise des certaines faces qui doivent être parfaitement planes et bien orientées pour les des barres qui s'extrudent dans toutes les directions.

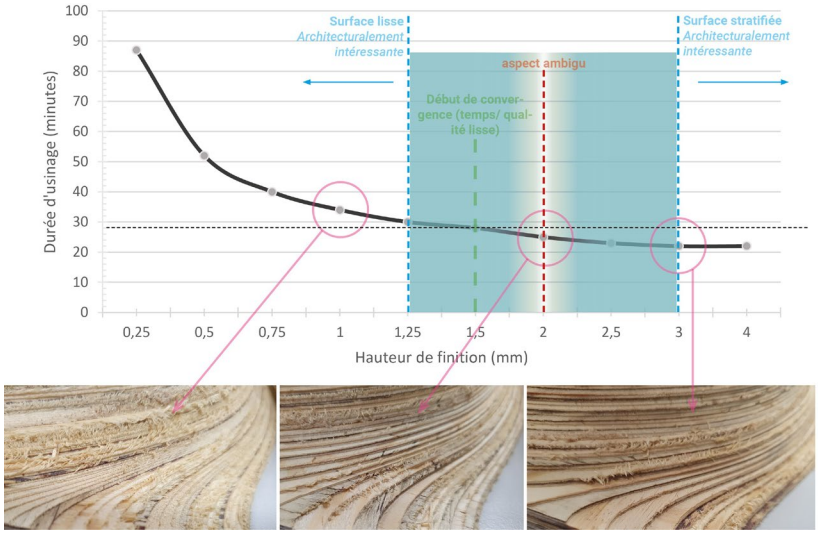


Figure 5 : étude sur l'effet de la hauteur de finition sur la durée d'usinage

Bibliographie

[1] BARLIER C.: Brevet original Stratoconception®: Procédé pour la création et la réalisation de pièces par C.A.O et pièces ainsi obtenues, 26.02.91 France FR 2.673.302 B1 et Europe EP 0585502B

[2] Fréchard V., Bléron L., Meyer J., Duchanois G., Besançon F. (2023) Stratoconception, an additive manufacturing process for timber architecture : challenges and opportunities. Proceedings of the World Conference of Timber Engineering 2023, Oslö, Norvège, https://doi. org/10.52202/069179-0482

[3] Wiberg, Anton & Persson, Johan & Ölvander, Johan. (2019). Design for additive manufacturing – a review of available design methods and software. Rapid Prototyping Journal. ahead-of-print. 10.1108/RPJ-10-2018-0262.

[4] THOMAS HERZOG, *Construire en bois*, Lausanne (Suisse), Presses polytechniques et universitaires romandes, 3e éd, 2012.

La réalité augmentée au service de la fabrication de pièces de charpente

Andrea SETTIMI
IBOIS EPFL
Lausanne, Suisse



Dr. Julien GAMERRO
CBS-Lifteam
Lausanne, Suisse

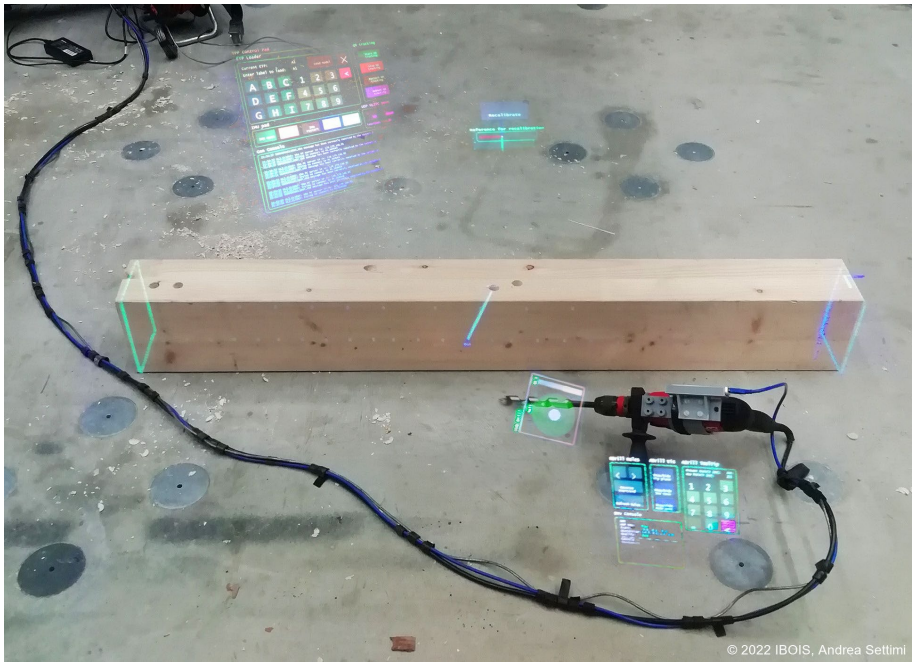


Prof. Dr. Yves WEINAND
IBOIS EPFL
Lausanne, Suisse

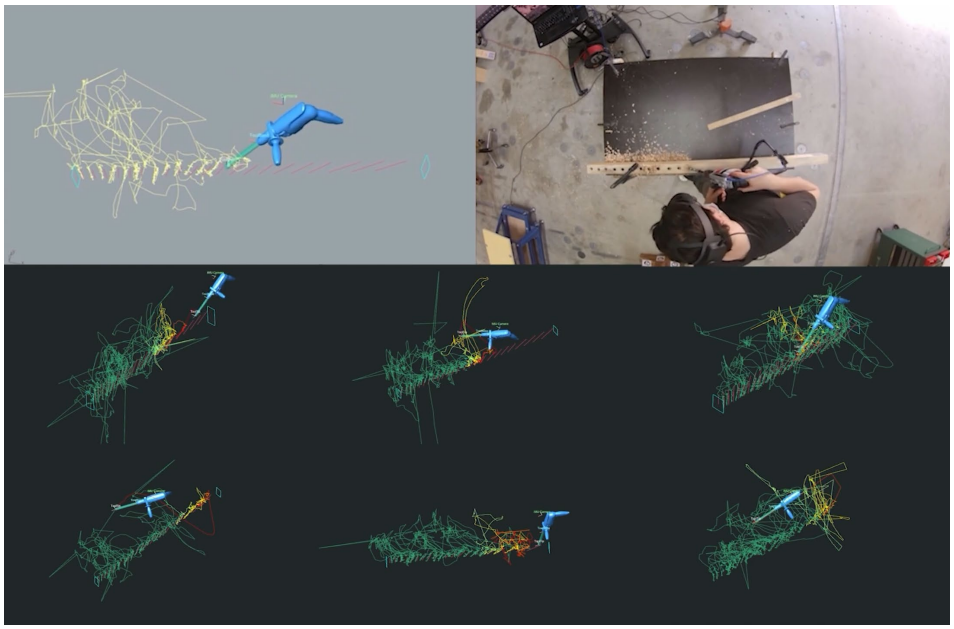


La réalité augmentée au service de la fabrication de pièces de charpente

Récemment, les chercheurs ont montré un intérêt exponentiel pour une branche particulière de la famille technologique de la réalité étendue (XR) appliquée à la fabrication et à la construction : la Réalité Augmentée (AR). L'AR a récemment ouvert la voie à des formats technologiques plus hybrides pour tirer parti de la dextérité humaine et du calcul numérique dans les processus manuels. Ces méthodes de fabrication numérique valorisent la main d'œuvre existante pour numériser la construction avec un faible investissement budgétaire en échange d'un rendement élevé en efficacité et d'une mise en œuvre plus rapide. La dextérité humaine et la cognition sont associées à des analyses semblables à celles des machines pour obtenir des méthodes hybrides où les opérateurs humains restent dans la boucle numérique, non par contingence mais par nécessité. Le but n'est donc pas d'automatiser la construction uniquement par les machines mais d'inclure l'humain au centre du shift digital qui s'opère dans la construction. Cette technologie n'est pas à mettre non plus en opposition aux machines numériques de taille actuelles (CNC et autres) qui apportent un rendement et une précision hors pair mais bien d'amener un complément à ces technologies pour inclure les opérations humaines réalisées dans la boucle digitale. Une aide à la formation du travail du bois pourra également être développé via ces technologies et l'on sait les besoins majeurs du secteur à court, moyen et long terme.

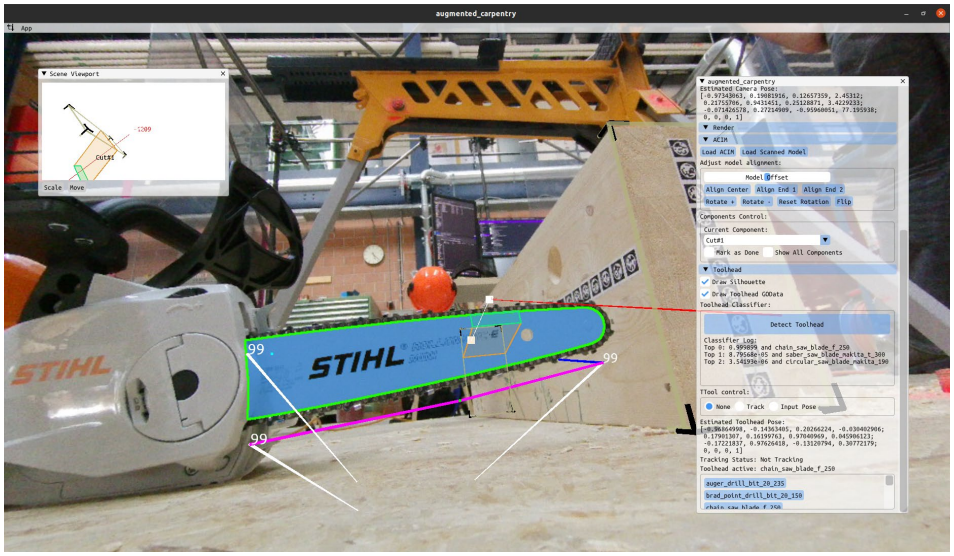


Capture d'un espace de travail augmenté par des holograms.



Enregistrement de la sequence d’usinage manuelle.

Contrairement aux développements précédents axés principalement sur des tâches augmentées additives (assemblage de pièces, positionnement, etc.), la recherche se concentre sur les opérations contemporaines de travail du bois soustractives (usinage du bois, tâche où l’on enlève de la matière). L'intégration d'outils manuels ordinaires existants que l’on rend intelligents via la technologie AR amène aussi un volet durable et de réemploi important. L'objectif de la recherche est de montrer comment les dessins d'atelier d'exécution et les gabarits physiques en menuiserie peuvent être remplacés par un cadre de travail du bois augmenté capable de guider les travailleurs à travers une fabrication soustractive complexe avec des systèmes de détection intégrés et des retours d'information traités par ordinateur.



Détection aidée par l’IA de l’outil, sa géométrie et position dans l’espace.

La Charpenterie Augmentée vise à structurer le développement de processus de construction largement accessibles pour les matériaux en bois. Les opérateurs humains, indépendamment de leurs connaissances en charpenterie, occupent le nouveau virage de la fabrication numérique. Avant, uniquement possible avec des robots, la fabrication de géométries et de designs complexes sera également accessible à un public plus large sans nécessiter d'équipement industriel coûteux. En explorant la collaboration homme-machine dans la charpenterie moderne et la conception de constructions en bois, la Charpenterie Augmentée peut contribuer à maintenir l'élément humain dans la boucle, permettant une fabrication plus socialement durable, régionale et numérique dans la construction en bois.

Références académique de ce travail :

– Settimi, A., Gamerro, J., & Weinand, Y. (2022). Augmented-reality-assisted timber drilling with smart retrofitted tools. In Automation in Construction (Vol. 139, p. 104272). Elsevier BV. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104272
– Settimi, A., Hong-Bin, Y., J., Gamerro. & Weinand, Y. (2023). ibois-epfl/TSlam: v1.0.1: Zenodo Release (v1.0.1). Zenodo. https://doi.org/10.5281/ZENODO.10093229
– Settimi, A., Naravich, C., Nazgul, Z., Gamerro, J., & Weinand, Y. (2024). Software of TTool: a supervised AI-assisted Visual Pose Detector for AR Wood-working (v2.1.1). Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.10480155

Archifolies 2024 : Pavillon de la Boxe

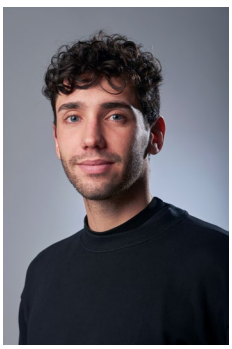
Nour ABDELMOUMEN
ENSAPVS
Paris, France



Mia ABI EZZ
ENSAPVS
Paris, France



Tomas GUERREIRO
ENSAPVS
Paris, France



Judith NOUIS
ENSAPVS
Paris, France



Archifolies 2024 : Pavillon de la Boxe

1. Description du projet architectural

1.1. Contexte

Ce pavillon est en cours de réalisation dans le cadre de l'enseignement de projet architectural Cycle de la Matière de L'Ecole Nationale Supérieure d'Architecture Paris Val-de-Seine, encadré par les enseignants Dimitri Toubanos et David Serrero. Celui-ci vise à expérimenter le projet d'architecture par la construction à l'échelle 1, en abordant les thématiques du réemploi, de la valorisation ou du recyclage de la matière.
Cette année, le projet s'inscrit à l'évènement ArchiFolies organisé par le Ministère de la Culture dans le cadre des JO 2024, qui a pour but de construire vingt pavillons pour vingt fédérations sportives françaises.
Il sera construit pour la Fédération Française de la Boxe par une équipe de 20 étudiants et rendu accessible au public de juin à aout au Parc de la Villette, à Paris.

1.2. Concept

Le pavillon prend la forme d'une géométrie pure : un cube, traduit par un carré en plan. Un cinquième élément de mur d'aspect massif traverse cette géométrie de l'extérieur vers l'intérieur, symbolisant ainsi un de coup de poing dans la masse.
L'intérieur du pavillon se matérialise par l'évidement de ce cube, créant un parcours et une succession d'espaces.

2. Origine des matériaux

La grande majorité des matériaux de construction de ce projet sont issus du réemploi. La première étape de conception du pavillon a été dédiée à la recherche de gisements de matériaux de réemploi, à proximité de l'ENSAPVS : lieu de conception et de prototypage du pavillon. L'allure finale du projet est donc intimement liée aux matériaux trouvés lors de cette étape.
Notre principale source de matière première est alors la valorisation des déchets issus de chantiers voisinant notre école. Ces derniers nous ont fourni, entre autres, une centaine de plateaux en bois servant de fonds de coffrages pour la réalisation de poutres en béton, des anciennes lattes de bois, ainsi qu'une cinquantaine de tôles métalliques.

Nous avons gardé une partie des plateaux bois tels quels pour la réalisation do sol, et transformé une autre partie en délignant les madriers qui les constituaient en sections de 7x7cm.

Le reste des matériaux a été acheté : panneaux OSB et contreplaqué, quincaillerie, plaques de répartition, outillages.

3. Principe constructif

Le principe constructif consiste en un assemblable tridimensionnel de chevrons de bois de section environnant 7x7cm et de longueur variable et espacés de 50cm d'entraxe. La continuité en longueur des chevrons sera assurée par des aboutages en enture de mi-bois vissés. Chaque nœud regroupe 3 chevrons à l'aide de 3 vis. Un assemblage de 4 nœuds forme ainsi une structure en casier et définit la largeur minimale d'un mur. Ce même principe constructif sera démultiplié pour l'ensemble du pavillon : murs, toiture, acrotères.

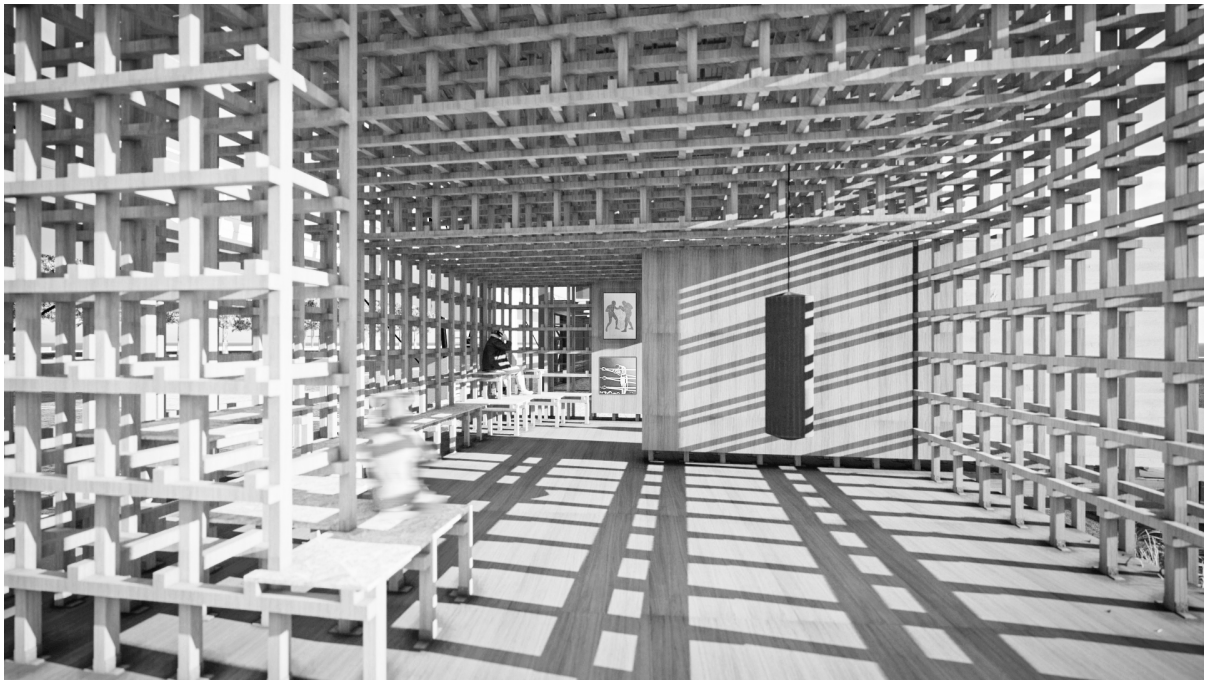
Le pavillon reposera sur un sol composé d'une trentaine de plateaux de bois de dimensions 120x238x22cm, 2 plateaux bois de dimensions 150x238x22cm. Les plateaux seront assemblés entre eux par des tiges filetées et des boulons.
L'ensemble des plateaux sera pris en sandwich entre deux couches de panneaux, formant des caissons contenant des lests de béton à certains endroits.

La jonction entre la structure tridimensionnelle et le sol se fait en vissant les tasseaux de la structure aux madriers des caissons.

Au niveau de la toiture, une pente est assurée par la structure tridimensionnelle suivie de chevrons, puis par de la tôle métallique. En bas de la pente, une gouttière sera mise en place pour la récupération des eaux pluviales.

3.1. Composition et parcours intérieure

L'entrée se fait par le sud-est de la parcelle, le visiteur longe un mur opaque et entre dans le pavillon, la première séquence est un espace d'exposition où des affiches présentant l'histoire de la boxe et de la FFB seront affichées aux murs. Au fond de cette séquence se trouvera un espace « vestiaire » avec des assises et des casiers en bois. Enfin, la troisième et dernière séquence sera l'espace central d'expérimentation, avec en son centre un sac de frappe accroché à la structure du toit. Au niveau de la façade nord, des parties de la structure tridimensionnelle seront extrudées, faisant office de gradins pour les visiteurs et figurant ainsi la déformation induite par le coup de poing.
La sortie peut s'effectuer vers le deck ou vers le pwavillon de l'Escrime de l'ENSA Paris Malaquais.



Vue vers la zone d'expérimentation

CLT chevillé
Murs en bois massif chevillés appelés « kaïdobôh® » et planchers en bois massif chevillés

Guillaume SERTELET
Sertelet Yves SAS
Provenchères et Colroy, France



CLT chevillé

1. Murs en bois massif chevillés appelés « kaïdobôh® »

1.1. Le système



Kaïdobôh® signifie « morceau de bois » en patois vosgien.
Les murs Kaïdobôh® se composent de planches d'épicéa provenant de forêts locales, des Vosges et d'Alsace. Elles sont disposées à plat, empilées selon des orientations différentes et assemblées entre elles à l'aide de chevilles en bois de hêtre. Ce processus technique permet de réaliser des murs sans colle, ni produits chimiques, et qui plus est, voués à rester apparents pour un intérieur en bois sain.

L'entreprise Sertelet Yves est la première entreprise française à investir dans cette ligne de fabrication de 60m de long, dédiée au montage des éléments en bois massif chevillé que nous avons nommé Kaïdobôh®.

Cette technologie unique est reconnue et expertisée à l'échelle européenne, elle a été conçue, développée et fabriquée en Suisse depuis 2005 et arrive pour la première fois en France, dans les Vosges en exclusivité au sein de nos ateliers.

1.2. Différents états de surface

La couche apparente est fraisée pour obtenir une bonne planéité et peut être directement soumise à un brossage mécanique au moyen d'une brosse en fibres de verre.



Non apparent
Surface fraisée lisse

Les surfaces non visibles peuvent être recouvertes côté intérieur de matériaux ouverts à la diffusion comme des plaques fibres-gypse ou un enduit minéral



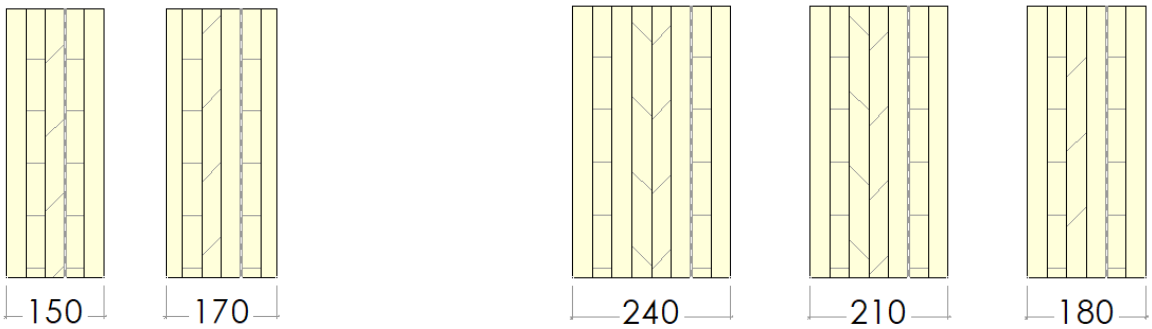
Apparent chevilles visibles
Surface fraisée lisse et brossée

La surface apparente est brossée mécaniquement sur le portique de fabrication

Le bois étant un produit naturel, sa couleur et sa structure peuvent varier car la structure de chaque planche est unique.

1.3. Les types de parois bois massif kaïdobôh®

Il existe cinq épaisseurs de paroi (150, 170, 180, 210, 240, 270mm)
Les parois peuvent être combinées au choix, mais aussi montées sous forme de panneaux muraux doubles



Paroi intérieure kaïdobôh®
Épaisseur 150 mm non porteuse
Épaisseur 170mm
Apparente une face ou deux faces

Parois porteuses kaïdobôh®
Épaisseur 180 mm
Épaisseur 210 mm
Épaisseur 240 mm

1.4. Les matériaux

Du bois :
Planches brutes d'épicéa et de sapin de forêts locales
Humidité du bois 6-12%, séchage mécanique



Planches brutes de sciage



Planches qualité apparente

Des chevilles et un frein vapeur :



Chevilles en hêtre des forêts des Vosges



Papier frein vapeur pour l'étanchéité à l'air

Le système de bois massif est associé à des matériaux de construction ouverts à la diffusion et possédant des propriétés naturelles conformes à la philosophie du mode constructif.

1.5. Les ouvertures

Des ouvertures de fenêtres et de portes sont découpées aux dimensions souhaitées dans les éléments de panneaux. Des découpes peuvent être réalisées dans les parois intérieures.





1.6. Le second œuvre

Photo de gauche : Surface murale visible
Photo de droite : Surface murale non visible avec découpe de saignées pour les installations électriques et d'alimentation en eau.





1.7. Les propriétés

Une performance thermique supérieure au bois massif
L'assemblage des planches de bois brutes de sciage et les fines inclusions d'air entre elles permettent d'atteindre des performances thermiques supérieures de 35% au bois massif.

$$\lambda_{statique} = 0{,}084\ W/mK$$
$$\lambda_{dynamique} = 0{,}061\ W/mK$$

Propriétés statiques

Agrément Technique Européen ETE 09/0244

Sismique : Une capacité élevée à dissiper l'énergie DCH avec un coefficient de comportement q de 3,0

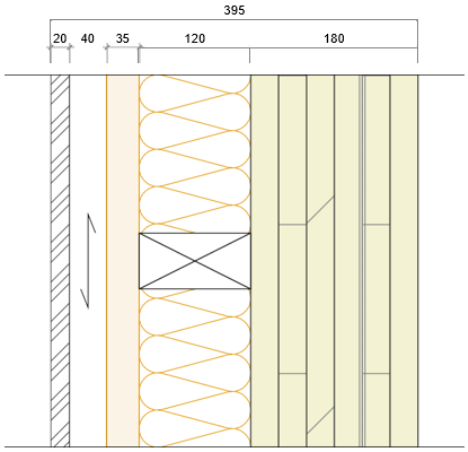
Propriétés de protection au feu REI 90
Les constructions de 180 mm d'épaisseur jusqu'à 3 m de hauteur atteignent en matière de protection au feu une résistance limitée à REI 90.
La température superficielle de la face non exposée au feu ne s'élève que de 11 °C pendant 90 minutes.

Excellentes propriétés phoniques
Les constructions atteignent d'excellents indices d'affaiblissement acoustique grâce à la masse élevée, au croisement des planches, aux fines inclusions d'air et au papier étanche au vent des éléments en bois massif.

Protection contre les rayonnements
La construction en bois massif absorbe les rayonnements électromagnétiques de manière très efficace ce qui confère à la maison un cadre reposant

---

Exemple de performance thermique
KAÏDOBÔH 180mm avec isolation extérieure et façade ventilée



Valeur U : 0.169W/m²K statique
0.152 W/m²K dynamique

Composition	Epaisseur
Bardage de façade	20 mm
Lattage 40/60	40 mm
Isolant étanche au vent	35 mm
Lattage 60/120mm Isolation en fibre tendre	120 mm
Bois massif KAÏDOBôH	180 mm
Total	395 mm

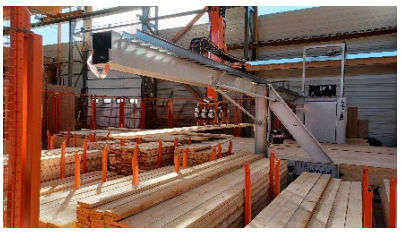
1.8. La fabrication

L'élément en bois massif kaïdobôh® est monté sur une chaine de fabrication dotée de trois portiques successifs à commande numérique.

Sur la première partie de la table sont disposées des planches brutes de sciage ainsi qu'au moins une couche étanche de fibres de laine et cellulose. L'ensemble est déplacé sur des rouleaux jusqu'à l'étape suivante.

Au second poste, l'élément est compressé et deux perceuses perforent les couches de planches. Le portique enfonce ensuite les chevilles dans les perforations. Pendant le processus, la cheville est pressée par l'unité de compression et humidifiée. Le résultat est un assemblage de bois massif par liaison de force, très ductile et avec des propriétés impressionnantes.

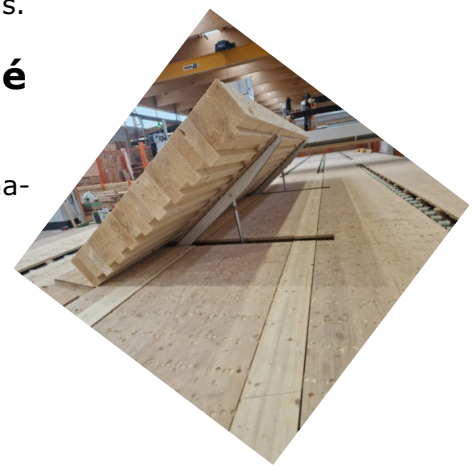
Sur le troisième poste, les contours de l'élément sont fraisés, des renforts statiques sont insérés, des portes et fenêtres découpées, des réservations effectuées, des rainures et languettes fraisées, des trous percés, des suspentes montées et les surfaces fraisées jusqu'à obtenir une surface plane. L'opération permet d'obtenir un élément avec une surface plane, une épaisseur conforme à l'exigence et tous les usinages et découpes nécessaires.


Portique d'assemblage


Portique de chevillage


Portique d'usinage

Formats d'éléments bois massif kaïdobôh® :
Les formats d'éléments de l'installation de production sont limités à 3,8m par 12m. Il est également possible de fabriquer des éléments dans le sens longitudinal. Cette variante est utilisée pour les parois de grande hauteur pour constructions murales au-delà d'un étage : cages d'escaliers, galeries ou murs pignons.



2. Plancher en bois massif chevillé

2.1. Le système

Le plancher en bois massif est un système constructif naturel et écologique en bois régional, constitué de bois bruts ajustés les uns contre les autres, positionnés à chant, le tout assemblé par des chevilles en hêtre sans colle ni métal.

Utilisation :
Plancher entre niveaux
Toiture de tous types (2 pans, toiture terrasse)

2.2. Les types de planchers bois massif

Les planchers peuvent être fabriqués avec une épaisseur allant de 120mm à 280mm en fonction de la portée.

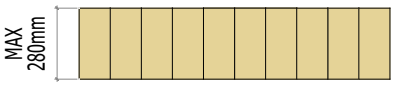


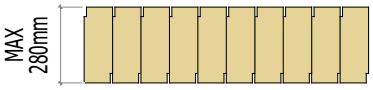
Non apparent
Les planchers non visibles peuvent être recouverts en sous-face d'une finition suspendue en plaque de plâtre ou tout autre parement.

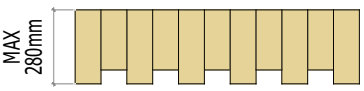




Apparent feuilluré ou apparent crénelé
Le bois étant un produit naturel, sa couleur et sa structure peuvent varier car la structure de chaque planche est unique.







2.3. Les matériaux

Du sapin pour les planchers :
Planches brutes d'épicéa et de sapin de forêts locales
Humidité du bois 12-15%, séchage mécanique
Les planchers peuvent être fabriqués avec une épaisseur allant de 120mm à 280mm en fonction de la portée.



Du hêtre pour les chevilles :

Les chevilles en hêtre sont fabriquées dans notre atelier à partir d'un cahier des charges strict.

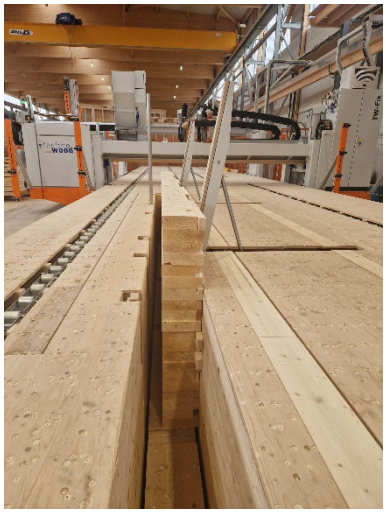
2.4. Les ouvertures



Sous-face apparente : les réservations pour les luminaires (spots ou autres) sont réalisées en atelier lors du taillage du plancher.

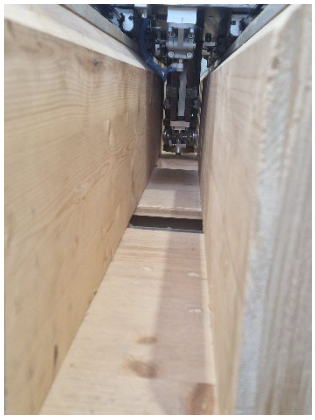
Des rainures peuvent être réalisées sur le dessus du plancher pour le passage des gaines.

2.5. La fabrication



Le plancher en bois massif est assemblé sur une chaine de fabrication dotée de deux portiques successifs à commande numérique.

Les planches sont introduites dans une fosse par paquets de 5 ou 3 planches qui sont ensuite chevillées entre elles. La fosse est abaissée, des planches ajoutées puis chevillées et ce processus est répété jusqu'à atteindre une largeur de plancher de 1m20. Le plancher est extrait de la fosse et mis à plat. L'ensemble est déplacé sur des rouleaux jusqu'à l'étape suivante.



L'élément est compressé et deux perceuses perforent les couches de planches. Le portique enfonce ensuite les chevilles dans les perforations. Pendant le processus, la cheville est pressée par l'unité de compression et humidifiée. Le résultat est un assemblage de bois massif par liaison de force, très ductile et avec des propriétés impressionnantes.

Sur le second poste, les contours de l'élément sont fraisés, des réservations effectuées, des rainures et languettes fraisées, des trous percés. L'opération permet d'obtenir un élément avec une épaisseur conforme à l'exigence et tous les usinages et découpes nécessaires.



District administration Mainz-Bingen Wood-Hybrid-Construction

Michael SOMMER
Canzler GmbH, Socotec
Mainz, Germany



Aleksandra SENGER
Canzler GmbH, Socotec
Mainz, Germany



District administration Mainz-Bingen Wood-Hybrid-Construction



Diagram 1: Exterior visualization

1. Introduction

From autumn 2023, the Konrad-Adenauer-Street in Ingelheim will be adorned with an architectural lighthouse project:
The new district administration Mainz – Bingen.
This wood-hybrid construction sets itself apart from other buildings of similar size and purpose with its innovative and sustainable overall concept.
With a facade landscape made of modern, prefabricated wooden facade elements and generous window areas, the new building presents itself to the outside as an architectural highlight in the Mainz-Bingen district.
Moreover, the interior of the district administration utilizes ecological, organic, and natural materials.
The outcome is a workspace that prioritizes sustainability throughout its development, construction, and future use, while also providing a comfortable environment.





Diagram 2,3: Photos of the building, Derix

2. The Design

2.1. Wood follows concrete

Our office was awarded the design contract by the Mainz-Bingen District Council's Building Management Department in a public procurement procedure during the third phase of the project. The preliminary design was originally for a reinforced concrete structure. The new building was to be constructed with a facade of ETICS (Exterior Thermal Insulation Composite System) with plaster on the outside. During the third phase of the design, it was jointly decided to change the building from concrete to wood. The reasons for this were the use of renewable raw materials and the lower CO2 production compared to concrete as a building material. In addition to the ecological and economic reasons, the feel-good factor of a pleasant indoor climate also played an important role.
The high degree of prefabrication of the supporting structure and façade elements also reduces construction time.

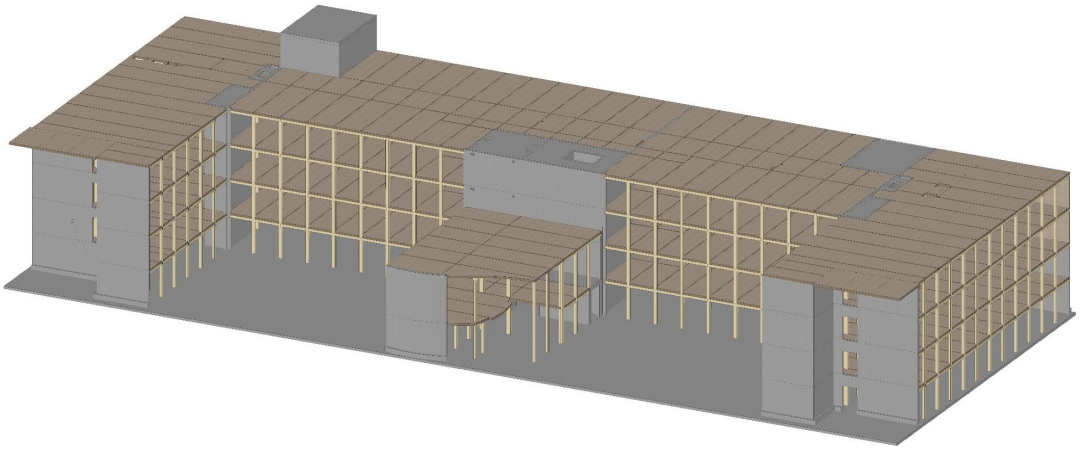


Diagram 4: Building 3D

3. The building

3.1. General structure and use

The main above-ground dimensions of Service Building II are approximately 90.2 x 35.8 m, and the main underground car park dimensions are 90.8 x 76.0 m. The total usable floor area (NUF) is approximately 8,700 m² and the total net floor area (NRF) is approximately 14,400 m². The main above-ground building has an "E-shaped" floor plan structure or can be referred to as a "3-finger building". The main entrance area has two floors in the middle finger to the west. The other two buildings will have four storeys and will be constructed of wood. The undeveloped areas above the underground car park will be used for parking and terraces. However, a later 3-storey extension to the north of the building, extending the existing fingers, should be considered. The planned parking areas should still be available on the ground floor of the extension, so that the extension would be supported on columns. The building services can be easily extended. Accessibility in accordance with DIN 18040 Part 1 is taken into account in the design and construction of the entire building.

The planned new building is to be classified as building class 4 in accordance with § 2 (3) NBauO. The height of the upper edge of the floor of the highest room above the ground is 10.15m. The underground car park is classified as a large car park according to the GarVO with a floor area of approximately 4,820m².

The energy efficiency of the timber construction is reflected in the KfW55 funding and has also received timber construction funding from the State Advisory Council for Wood, which focuses on the modular timber construction system.
The building is accessed via three main staircase cores. Two external staircases are located in the outer fingers and act as additional escape staircases. In the external car park

there are two glass and steel staircases which can be raised together with the floors as additional staircases for future expansion.
The supporting grid divides the floor plan into a central and an outer zone, separated by the corridors. The central zone contains the service rooms, such as copy rooms, kitchenettes, etc., while the outer zone contains the offices and meeting rooms.

Ground floor
On the ground floor, the foyer and reception area are located in the middle finger to the west. These spaces are twice as high, so they extend over two floors. As soon as you enter the building, you feel the warmth, naturalness and comfort of the wood material and the organic design language. The light-flooded foyer, with its visible birch glulam beams and green wall as an eye-catcher, creates a warm and natural impression of the new building. To ensure proximity to the public, all floors are open to the public.



Diagram 5: Interior visualization

In addition to the office and meeting space, the ground floor includes a kitchen/canteen area of approximately 445m². This is located on the north side of the building. The canteen is intended to be more than a place of necessity, but a place to linger, a place of communication and community. A landscape of visible spruce CLT ceilings and natural light invite people to linger. The space plays with the interplay of internal and external spatial references. The south-facing courtyard is an extension of the seating area.

1st-3rd Upper floor
The upper floors are used as office units and are all similarly structured. The total gross building volume (BRI) is approximately 61,000 sqm and the total gross floor area (GFA) is approximately 16,500 sqm.

The central zone contains support spaces that do not require daylight, such as copy rooms, tea kitchens, cleaning rooms, archive rooms and technical areas. Offices and larger meeting rooms are located in the outer zones. There are individual and open plan offices. There are 124 standard two-person offices in the new building. They are located between two supporting grids and are flooded with light through four large openings. The spacious floor plan places the workstations in the middle of the room, leaving plenty of space for movement and shelving. Visible birch BSH columns and beams frame the exterior wall and the view of the greenery. Below the windows there is a wooden window sill – a niche that can be used as a shelf or as a seating area. White plasterboard walls contrast with the visible spruce CLT ceilings. Depending on the area, the plasterboard walls have certain sound

insulation requirements. By using radiant ceiling panels, it is possible to leave the CLT ceilings visible in the offices. These radiant ceiling panels provide a comfortable temperature. They provide cooling and heating. The lighting is also integrated. Naturally, the offices are ventilated through the windows. The harmonious, warm and subtle colours and materials give the room a sense of calm.



Diagram 6: Interior visualization

It creates a place of concentration that is pleasant to work in. In keeping with the naturalness of wood as a building material, earth tones in the ceiling and flooring run throughout the building. A brown carpet runs along the corridors into the offices, visually linking them into a single office landscape. Facing the corridors, the offices are partially glazed to provide additional daylight. By opening up the corridors, areas are created for copy zones, tea kitchens and waiting areas. The brown carpet and natural-coloured wood wool acoustic ceiling panels make this connection visible. Special meeting areas in the central zone are the so-called silent rooms. These areas are separated by glass walls and offer space for meetings using media installations such as a projector or similar. The quiet rooms stand out from the rest of the corridor with their beige carpet. The toilets are also in earth tones, with beige and brown tiles. In addition to the interplay of natural materials and colours, the exposed concrete on the walls and ceilings in the stairwells stands out. The mixed construction of the building is reflected in these interfaces. A special feature of the first floor is the largest meeting room in the new building. The room takes up the curved wall of the ground floor area and is glazed towards the air space. Through the large opening one can observe the hustle and bustle in the foyer. Again, the visible birch columns are used in conjunction with the timber acoustic ceiling.





Diagram 7,8: Construction



Diagram 9: Interior visualization

Basement

The basement is mainly used for underground parking. The entrance to the underground car park is on Max-Planck-Street. The entrance to the underground car park will be made friendlier by installing a lighting concept and art in the building. There are parking spaces for cars and two-wheelers in the underground car park. It is intended for internal use only by employees of the County Council. In total there will be 168 parking spaces for cars, 40 for bicycles and 5 for scooters/motorbikes. In addition to the archive areas, the basement will be used for storage, a cafeteria, a workshop, a heating centre and technical rooms.

3.2. The Structure

Shell construction

The structural concept is a mixed construction of reinforced concrete and timber. The basement is reinforced concrete and the four floors above are timber. The use of timber as a building material is significantly greater than the use of reinforced concrete. The structure is braced for horizontal loads (e.g. wind loads) by five concrete cores. These concrete cores consist of three staircases with lift and two staircases without lift. Vertical loads are transferred through the roof and ceiling slabs first into the beams and then into the columns. The façade and internal walls have no load-bearing function, except for the reinforcement of the reinforced concrete walls. [2] The slab over the basement is a reinforced concrete slab 45 cm thick, stretched on two axes. The ceiling is reinforced in the area of the columns. The columns have a diameter of 40 cm. The load bearing walls are mainly of reinforced concrete, but also masonry in the underground car park. The entire underground car park is coated with OS8.



Diagram 10: Construction

Supporting structure made of wood
The structure is based on a modular design principle. The individual timber elements, consisting of ceilings, beams and columns, are prefabricated. These elements are assembled on site in a modular system, floor by floor. The structure is similar to terminal blocks. A 2.70 m grid determines the positioning. First come the columns, each with a fork at the top to support the beams. The second step is to lay the beams, which act as supports for the CLT ceiling elements. The installed ceiling elements have cut-outs for the supports to avoid lateral pressure problems in the CLT ceilings. This means that direct loads from the column are transferred to the next column. This is how the building is constructed floor by floor.

The ceilings are prefabricated spruce cross-laminated timber (CLT) panels spanning uniaxially between the joists as single, double and triple spans. The maximum span is approximately 14 m. The floor and ceiling slabs are made of a 5-layer, 20 cm thick cross-laminated timber panel. The beams are made of glued birch with a cross section of 20/38 cm in the corridor area and 20/20 cm in the external walls. These are placed between the joists with a typical span of 2.70m and act as supports for the CLT ceilings. The columns are also prefabricated in birch glulam. The inner columns are 22/38 cm and the outer columns are 20/28 cm. Pendulum and fork supports are used. The visible timber structure can be achieved by using openings (see Figure 9, openings in the beams). This means that the basic timber type of the building is reflected in detail both inside and out.

3.3. Facade

The façade is made up of around 400 prefabricated wooden cladding elements. These will be stacked on site, floor by floor, starting with the ground floor. The system façade elements are installed on a reinforced concrete base prepared on site. A standard element consists of two windows, external blinds, soffits, etc. The size of such an element is planned to be approximately 2.70m wide and 3.325m high. In addition to the standard unit, there are other units, corner units, units without windows, units with an external door, etc. The Rubner company can combine two or three of the standard elements described above in its production, so that, for example, one element is approximately 5.40 m wide and 3.325 m high. By combining several standard elements, the total number of prefabricated façade elements could be reduced to around 200.
The skin of the system façade is closed and clad with an alternating seam of silver fir. This is virtually resin-free and largely knot-free on the visible side, ensuring a uniform appearance. These formwork panels are pre-greased to ensure uniform weathering.
The strip cladding extends across all storeys in strip width, giving a uniform appearance to the facade and joints. Three different widths are installed for this purpose. This results in a flexible arrangement of the strip panels, allowing entire strips to end at the relevant window and panel joint.

The ventilated façade is divided from storey to storey by a horizontal strip of sheet steel, the fire barrier. This horizontal fire barrier has an overhang of 10 cm and is designed to prevent the spread of fire between floors. To provide the necessary solar shading, external blind boxes are built into the panel, including cables for connection to the on-site electrical system. The panes have different levels of solar control depending on the direction of the compass.

Structure consisting of: (from outside to inside)
- 22 mm strip cladding, 3 widths: 71 mm, 89 mm, 114 mm
- 80x28 mm horizontal battens
- 60x28 mm vertical battens
- 15 mm Fermacell plate
- 240 mm compartment insulation rock wool WLG035
- 240x60-120 mm stud frame
- 22 mm OSB board (windproof layer)





Diagram 11,12: Facade

4. Building Technology

The energy supply for the district administration is provided by a high-efficiency combined heat and power system using a CHP plant for the base load and a wood pellet plant for the peak load, which is equipped with an electrostatic precipitator to significantly reduce dust emissions. The heating centre houses a 15,000-litre heat and cold storage tank, as well as the main heat and cold distribution systems and accessories. The heating centre and pellet store are located in the basement next to the underground car park. The pellet store has a storage capacity of approximately 45 tonnes.
The cooling supply consists of an adsorption chiller, which generates cold very efficiently from the CHP waste heat, and 2 peak load chillers, which generate cold in a very environmentally friendly and sustainable way using water as a refrigerant (R 718). The recooling takes place on the roof via two adiabatic recoolers with hydropads.

Photovoltaic system
The building's highly efficient and renewable energy supply is complemented by a photovoltaic system consisting of 220 photovoltaic modules with an output of 90 kWp. The modules are mounted on a self-supporting flat-roof mounting system with an east-west orientation. The system includes 4 inverters and a battery storage system with a usable capacity of 46.8 kWh, with which the PV system increases the power supply of the new service building.

Climate protection
The energy concept for the new office building of the Manz-Bingen district administration reduces climate-relevant CO2 emissions by 188.3 tonnes per year compared to a conventional electricity and heat supply.

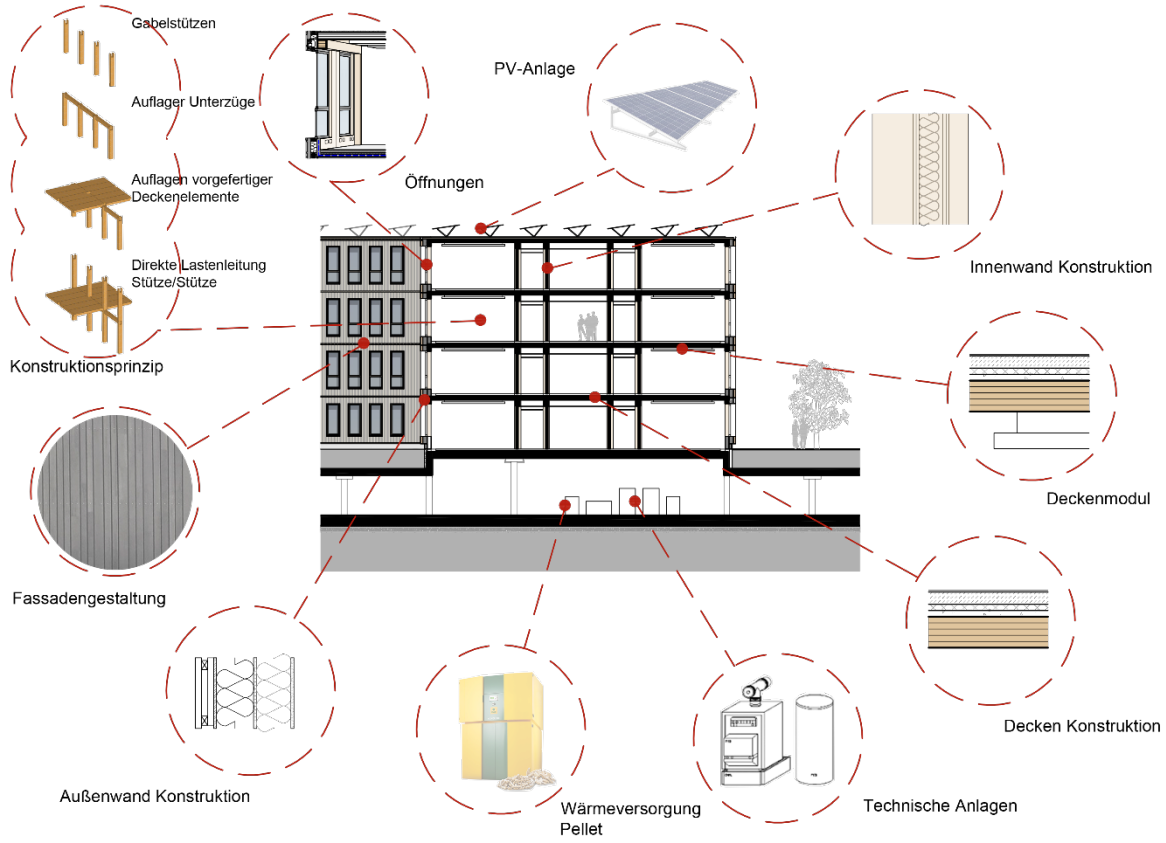


Diagram 13: Building technology

5. Conclusion

The interaction of all these aspects creates a sustainable working environment. The characteristic elements of wood and natural materials, combined with innovative technology, make the new Mainz-Bingen district administration an architectural flagship for the future.

CLT chevillé
Murs en bois massif chevillés appelés « kaïdobôh® » et planchers en bois massif chevillés

Guillaume SERTELET
Sertelet Yves SAS
Provenchères et Colroy, France



CLT chevillé

1. Murs en bois massif chevillés appelés « kaïdobôh® »

1.1. Le système



Kaïdobôh® signifie « morceau de bois » en patois vosgien.
Les murs Kaïdobôh® se composent de planches d'épicéa provenant de forêts locales, des Vosges et d'Alsace. Elles sont disposées à plat, empilées selon des orientations différentes et assemblées entre elles à l'aide de chevilles en bois de hêtre. Ce processus technique permet de réaliser des murs sans colle, ni produits chimiques, et qui plus est, voués à rester apparents pour un intérieur en bois sain.

L'entreprise Sertelet Yves est la première entreprise française à investir dans cette ligne de fabrication de 60m de long, dédiée au montage des éléments en bois massif chevillé que nous avons nommé Kaïdobôh®.

Cette technologie unique est reconnue et expertisée à l'échelle européenne, elle a été conçue, développée et fabriquée en Suisse depuis 2005 et arrive pour la première fois en France, dans les Vosges en exclusivité au sein de nos ateliers.

1.2. Différents états de surface

La couche apparente est fraisée pour obtenir une bonne planéité et peut être directement soumise à un brossage mécanique au moyen d'une brosse en fibres de verre.



Non apparent
Surface fraisée lisse

Les surfaces non visibles peuvent être recouvertes côté intérieur de matériaux ouverts à la diffusion comme des plaques fibres-gypse ou un enduit minéral



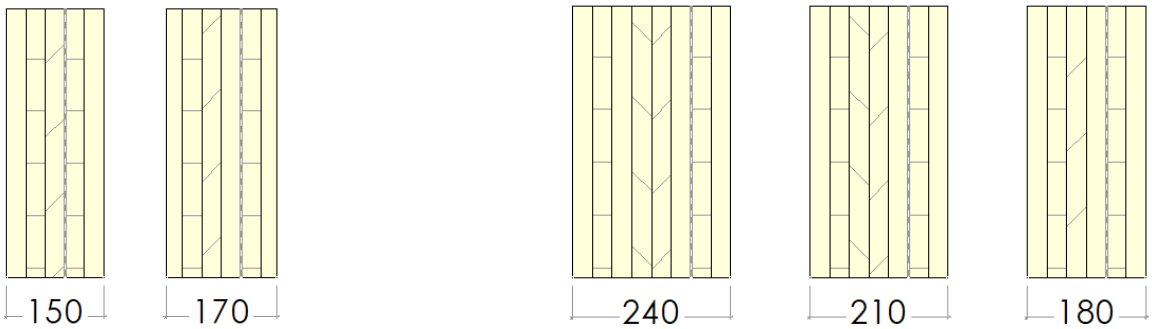
Apparent chevilles visibles
Surface fraisée lisse et brossée

La surface apparente est brossée mécaniquement sur le portique de fabrication

Le bois étant un produit naturel, sa couleur et sa structure peuvent varier car la structure de chaque planche est unique.

1.3. Les types de parois bois massif kaïdobôh®

Il existe cinq épaisseurs de paroi (150, 170, 180, 210, 240, 270mm)
Les parois peuvent être combinées au choix, mais aussi montées sous forme de panneaux muraux doubles



Paroi intérieure kaïdobôh®
Épaisseur 150 mm non porteuse
Épaisseur 170mm
Apparente une face ou deux faces

Parois porteuses kaïdobôh®
Épaisseur 180 mm
Épaisseur 210 mm
Épaisseur 240 mm

1.4. Les matériaux

Du bois :
Planches brutes d'épicéa et de sapin de forêts locales
Humidité du bois 6-12%, séchage mécanique



Planches brutes de sciage



Planches qualité apparente

Des chevilles et un frein vapeur :



Chevilles en hêtre des forêts des Vosges



Papier frein vapeur pour l'étanchéité à l'air

Le système de bois massif est associé à des matériaux de construction ouverts à la diffusion et possédant des propriétés naturelles conformes à la philosophie du mode constructif.

1.5. Les ouvertures

Des ouvertures de fenêtres et de portes sont découpées aux dimensions souhaitées dans les éléments de panneaux. Des découpes peuvent être réalisées dans les parois intérieures.





1.6. Le second œuvre

Photo de gauche : Surface murale visible
Photo de droite : Surface murale non visible avec découpe de saignées pour les installations électriques et d'alimentation en eau.





1.7. Les propriétés

Une performance thermique supérieure au bois massif
L'assemblage des planches de bois brutes de sciage et les fines inclusions d'air entre elles permettent d'atteindre des performances thermiques supérieures de 35% au bois massif.

$$\lambda_{statique} = 0{,}084\ W/mK$$
$$\lambda_{dynamique} = 0{,}061\ W/mK$$

Propriétés statiques

Agrément Technique Européen ETE 09/0244

Sismique : Une capacité élevée à dissiper l'énergie DCH avec un coefficient de comportement q de 3,0

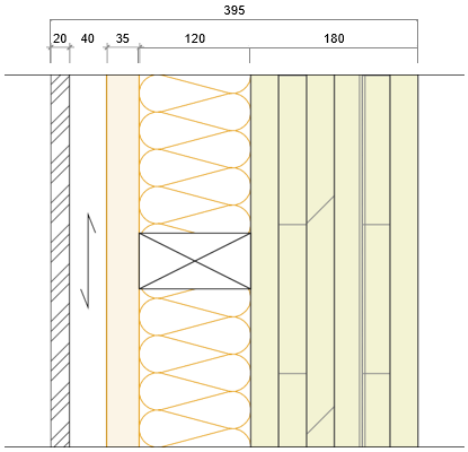
Propriétés de protection au feu REI 90
Les constructions de 180 mm d'épaisseur jusqu'à 3 m de hauteur atteignent en matière de protection au feu une résistance limitée à REI 90.
La température superficielle de la face non exposée au feu ne s'élève que de 11 °C pendant 90 minutes.

Excellentes propriétés phoniques
Les constructions atteignent d'excellents indices d'affaiblissement acoustique grâce à la masse élevée, au croisement des planches, aux fines inclusions d'air et au papier étanche au vent des éléments en bois massif.

Protection contre les rayonnements
La construction en bois massif absorbe les rayonnements électromagnétiques de manière très efficace ce qui confère à la maison un cadre reposant

---

Exemple de performance thermique
KAÏDOBÔH 180mm avec isolation extérieure et façade ventilée



Valeur U : 0.169W/m²K statique
0.152 W/m²K dynamique

Composition	Epaisseur
Bardage de façade	20 mm
Lattage 40/60	40 mm
Isolant étanche au vent	35 mm
Lattage 60/120mm Isolation en fibre tendre	120 mm
Bois massif KAÏDOBôH	180 mm
Total	395 mm

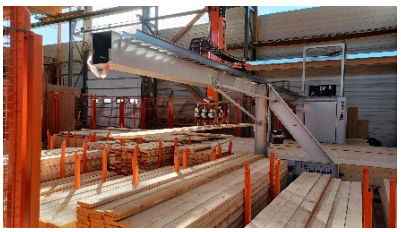
1.8. La fabrication

L'élément en bois massif kaïdobôh® est monté sur une chaine de fabrication dotée de trois portiques successifs à commande numérique.

Sur la première partie de la table sont disposées des planches brutes de sciage ainsi qu'au moins une couche étanche de fibres de laine et cellulose. L'ensemble est déplacé sur des rouleaux jusqu'à l'étape suivante.

Au second poste, l'élément est compressé et deux perceuses perforent les couches de planches. Le portique enfonce ensuite les chevilles dans les perforations. Pendant le processus, la cheville est pressée par l'unité de compression et humidifiée. Le résultat est un assemblage de bois massif par liaison de force, très ductile et avec des propriétés impressionnantes.

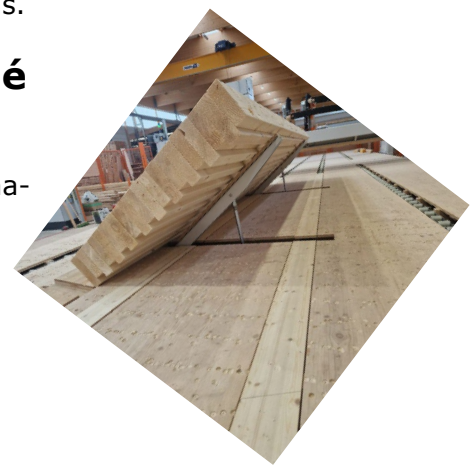
Sur le troisième poste, les contours de l'élément sont fraisés, des renforts statiques sont insérés, des portes et fenêtres découpées, des réservations effectuées, des rainures et languettes fraisées, des trous percés, des suspentes montées et les surfaces fraisées jusqu'à obtenir une surface plane. L'opération permet d'obtenir un élément avec une surface plane, une épaisseur conforme à l'exigence et tous les usinages et découpes nécessaires.


Portique d'assemblage


Portique de chevillage


Portique d'usinage

Formats d'éléments bois massif kaïdobôh® :
Les formats d'éléments de l'installation de production sont limités à 3,8m par 12m. Il est également possible de fabriquer des éléments dans le sens longitudinal. Cette variante est utilisée pour les parois de grande hauteur pour constructions murales au-delà d'un étage : cages d'escaliers, galeries ou murs pignons.



2. Plancher en bois massif chevillé

2.1. Le système

Le plancher en bois massif est un système constructif naturel et écologique en bois régional, constitué de bois bruts ajustés les uns contre les autres, positionnés à chant, le tout assemblé par des chevilles en hêtre sans colle ni métal.

Utilisation :
Plancher entre niveaux
Toiture de tous types (2 pans, toiture terrasse)

2.2. Les types de planchers bois massif

Les planchers peuvent être fabriqués avec une épaisseur allant de 120mm à 280mm en fonction de la portée.

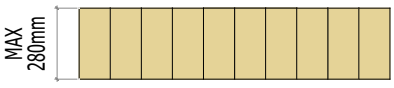


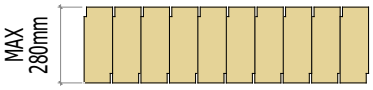
Non apparent
Les planchers non visibles peuvent être recouverts en sous-face d'une finition suspendue en plaque de plâtre ou tout autre parement.

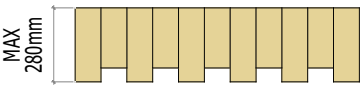




Apparent feuilluré ou apparent crénelé
Le bois étant un produit naturel, sa couleur et sa structure peuvent varier car la structure de chaque planche est unique.







2.3. Les matériaux

Du sapin pour les planchers :
Planches brutes d'épicéa et de sapin de forêts locales
Humidité du bois 12-15%, séchage mécanique
Les planchers peuvent être fabriqués avec une épaisseur allant de 120mm à 280mm en fonction de la portée.



Du hêtre pour les chevilles :

Les chevilles en hêtre sont fabriquées dans notre atelier à partir d'un cahier des charges strict.

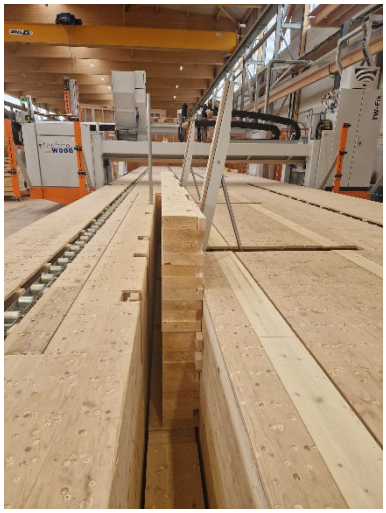
2.4. Les ouvertures



Sous-face apparente : les réservations pour les luminaires (spots ou autres) sont réalisées en atelier lors du taillage du plancher.

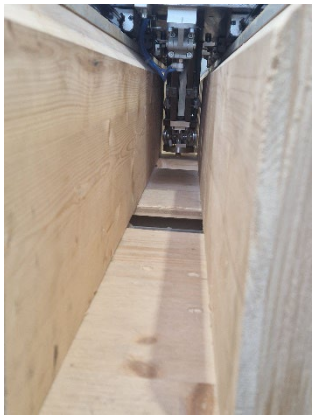
Des rainures peuvent être réalisées sur le dessus du plancher pour le passage des gaines.

2.5. La fabrication



Le plancher en bois massif est assemblé sur une chaine de fabrication dotée de deux portiques successifs à commande numérique.

Les planches sont introduites dans une fosse par paquets de 5 ou 3 planches qui sont ensuite chevillées entre elles. La fosse est abaissée, des planches ajoutées puis chevillées et ce processus est répété jusqu'à atteindre une largeur de plancher de 1m20. Le plancher est extrait de la fosse et mis à plat. L'ensemble est déplacé sur des rouleaux jusqu'à l'étape suivante.



L'élément est compressé et deux perceuses perforent les couches de planches. Le portique enfonce ensuite les chevilles dans les perforations. Pendant le processus, la cheville est pressée par l'unité de compression et humidifiée. Le résultat est un assemblage de bois massif par liaison de force, très ductile et avec des propriétés impressionnantes.

Sur le second poste, les contours de l'élément sont fraisés, des réservations effectuées, des rainures et languettes fraisées, des trous percés. L'opération permet d'obtenir un élément avec une épaisseur conforme à l'exigence et tous les usinages et découpes nécessaires.



SERTELET
CHARPENTES & CONSTRUCTION BOIS

kaïdobôh®
PAR SERTELET

Présentation de la plateforme RESOBOIS

Lucie HAZIZA
Bois de France
Lyon, France



Présentation de la plateforme RESOBOIS



Image 1 : RESOBOIS, La plateforme de mise en relation des professionnels de la construction bois

1. Contexte

Avec l'instauration de la Réglementation Environnementale 2020, un développement accru de la construction bois en France est en cours et se renforcera davantage dans les années à venir.

Les maîtres d'ouvrage, qu'ils soient publics, privés ou particuliers, montrent un intérêt croissant pour l'usage du bois dans la construction. Ce matériau naturel, renouvelable et chaleureux est de plus en plus plébiscité.

Mais, force est de constater que l'offre d'accompagnement et de construction en bois n'est pas toujours parfaitement visible. Des maîtres d'ouvrage font régulièrement remonter leur difficulté à trouver des entreprises de construction bois.

Ainsi, pour aider à résorber cette difficulté et accompagner les maîtres d'ouvrage à atteindre leur objectif de mise en œuvre de bois dans leur projet, l'association BOIS DE FRANCE a développé l'idée de RESOBOIS : une plateforme d'accompagnement et de mise en relation des différents acteurs français de la filière bois, depuis les producteurs jusqu'aux utilisateurs (maîtres d'ouvrage), en passant par les entreprises de mise en œuvre.

RESOBOIS est un outil innovant d'accompagnement des maîtres d'ouvrage et des maîtres d'œuvre dans toutes les étapes de réalisation d'un projet de construction en bois.

L'association BOIS DE FRANCE, initiatrice de ce projet, a décidé de ne pas limiter son projet aux usages de bois labellisés et aux entreprises labellisées. Le Bureau de l'association, conscient du potentiel et de l'intérêt de cette plateforme pour la filière et après concertation de plusieurs organisations professionnelles, a décidé de mener ce projet de manière collective pour l'ensemble de la filière bois française.

L'association BOIS DE FRANCE, regroupant amont et aval et étant en relation avec les différentes organisations représentatives de la filière bois française, a été l'organisation adéquate pour porter le développement de cette plateforme.
Le partenariat avec le réseau FIBOIS France permet d'amplifier le déploiement de la plateforme auprès des porteurs de projet et son appropriation par les futurs utilisateurs.

2. Un outil inédit et innovant

L'outil RESOBOIS se distingue des annuaires d'entreprises déjà existants des organismes de la filière bois. En effet, sur RESOBOIS, l'offre d'entreprises s'adapte à la demande formulée par l'utilisateur et les prises de contact sont dynamiques et simultanées.

Pour répondre efficacement à la demande en construction en bois, il est nécessaire de pouvoir réaliser facilement les étapes de sourcing et de prospection commerciale.

Construire en bois doit devenir un acte simple et accessible à tous.

RESOBOIS est un outil numérique dynamique qui facilite cet acte de construire en bois, permettant d'apporter :

- **Une réponse concrète aux porteurs de projets** : connaître les entreprises en capacité de répondre sur leurs projets et obtenir des propositions de prestations et de produits ;
- **Des marchés réels aux entreprises de la filière bois** : avoir une visibilité sur les marchés et recevoir des demandes directes et concrètes.

3. Fonctionnement de la plateforme RESOBOIS

La plateforme RESOBOIS sera gratuite et ouverte à 3 types de professionnels :

- **Les porteurs de projet** : Tout maître d'ouvrage ou maître d'œuvre souhaitant utiliser du bois dans un projet de construction, que ce soit en structure, en menuiserie ou en aménagement.
- **Les entreprises de mise en œuvre** : Toute entreprise française* de mise en œuvre souhaitant être référencée sur l'outil.
- **Les entreprises de fourniture** : Toute entreprise française* de transformation, de fabrication ou de commercialisation de produits en bois destinés à la construction (structure, menuiserie, aménagement).

*établie sur le territoire national avec au moins un site de production (ou de commercialisation pour les négoces).

Le fonctionnement de la plateforme s'organise autour de plusieurs modules permettant l'accompagnement et la mise en relation, depuis la conception d'un projet jusqu'à l'approvisionnement en bois.

- **MODULE 1 : « Je conçois en bois »**

  Ce module sera en accès libre. A cette étape, le maître d'ouvrage souhaitant se lancer dans une construction bois se verra proposer un accompagnement sur les aspects techniques et pratiques de conception de son chantier.

  Ce module s'adresse surtout aux visiteurs de la plateforme ne connaissant pas, ou peu, la construction bois.

- **MODULE 2 : « Je fais construire en bois »**

  Ce module sera accessible aux porteurs de projet via un espace personnel sécurisé (à créer gratuitement par l'utilisateur).

  Il permettra de réaliser un sourcing complet grâce au référencement précis des entreprises, démontrant ainsi au maître d'ouvrage la possibilité de réaliser son projet. Cette étape de sourcing est notamment très importante dans le cadre des marchés publics.

  Ensuite, le porteur de projet pourra transmettre son appel d'offre à toutes les entreprises qu'il aura sélectionnées parmi celles répondant à son projet (capacité de réponse aux produits demandés, localisation, etc.). Enfin, il pourra suivre ses contacts (messages lus, réponses...).

– **MODULE 2B : « Je construis en bois »**

  Ce module sera accessible aux entreprises de mise en œuvre ayant un espace personnel créé au moment de leur inscription à RESOBOIS.

  Après avoir complété leur catalogue, les entreprises de mise en œuvre pourront recevoir, répondre et suivre les demandes des porteurs de projet.

– **MODULE 3 : « Je m'approvisionne en bois »**

  Ce module sera accessible aux entreprises de mise en œuvre et de fourniture ayant un espace personnel créé au moment de leur inscription à RESOBOIS.

  Il permettra de rechercher des entreprises en capacité de fournir la matière ou les produits nécessaires pour répondre à leurs marchés. Ensuite, des demandes de fourniture pourront être transmises à toutes les entreprises sélectionnées, et suivies (demandes lues, réponses…).

– **MODULE 4 : « Je fournis en bois »**

  Ce module sera accessible aux entreprises de fourniture ayant un espace personnel créé au moment de leur inscription à RESOBOIS.

  Après avoir compléter leur catalogue, les entreprises de fourniture pourront recevoir, répondre et suivre les demandes de matière ou de produits.

Le bois au cœur du bâtiment Direction et Pôle Santé Publique du Nouveau CHU de Rennes

Florent HERVIEU
Eiffage Construction Hors site
Paris, France



Jean-Pierre RAMBOURDIN
CRR Écritures Architecturales
Paris, France



Le bois au cœur du bâtiment Direction et Pôle Santé Publique du Nouveau CHU de Rennes

1. La genèse du projet

1.1. Le projet du Nouveau CHU de Rennes



Photo du chantier du Centre Chirurgical et Interventionnel ©Christophe Le Potier

Depuis fin 2015, le Centre Hospitalier Universitaire de Rennes s'est engagé dans une démarche de schéma directeur immobilier visant à étudier la possibilité du regroupement sur un site unique de l'ensemble des activités de Médecine, Chirurgie et Obstétrique (MCO) réparties sur le site de Pontchaillou et l'Hôpital Sud, et à développer une conception moderne, innovante et évolutive de l'organisation hospitalo-universitaire à partir des parcours patients.
Ces études ont abouti fin 2016 à un projet global de reconstruction sur le site existant de Pontchaillou. Dans ce cadre, le CHU a lancé les opérations de reconstruction, à commencer par le Centre Chirurgical et Interventionnel qui regroupera dès 2024 l'ensemble des blocs opératoires et des structures ambulatoires associées, ainsi que l'intégralité des soins critiques post-opératoires et la majorité des hospitalisations conventionnelles chirurgicales.
Pour mener à bien les opérations suivantes, certaines activités doivent progressivement être relocalisées afin de libérer les emprises nécessaires à leur construction. Ces relocalisations constituent une opportunité pour regrouper des activités aujourd'hui dispersées, et favoriser la collaboration.

1.2. Un regroupement cohérent des activités tertiaires



©Pyralis

Le CHU regroupe dans le Bâtiment Direction et Pôle Santé Publique à l'ouest du site Pontchaillou, des activités tertiaires cohérentes :

- Un pôle ressources et compétences avec la Direction des Ressources Humaines, la Direction de la Qualité, Gestion des risques et Relations avec les Usagers, et la Direction des Soins ;
- La Direction de l'information médicale (DIM) qui représente un étage entier ;
- La Direction des achats et de la logistique (DAL) et la Direction des finances (DIF) au niveau 4 ;
- La Direction générale (DG) et la Direction des affaires médicales (DAM) au niveau ;
- La Direction de la Recherche et de l'Innovation (DRI) ainsi que les activités non cliniques du pôle de santé publique, dans une logique de « Maison de la Recherche et de l'innovation » ;

Cette opération permet de renforcer des synergies au service du soin, et d'en développer de nouvelles, notamment autour des démarches qualité et évaluation des risques, relations usagers et recherche, impliquant les équipes soignantes.

1.3. L'incarnation des ambitions environnementales du CHU

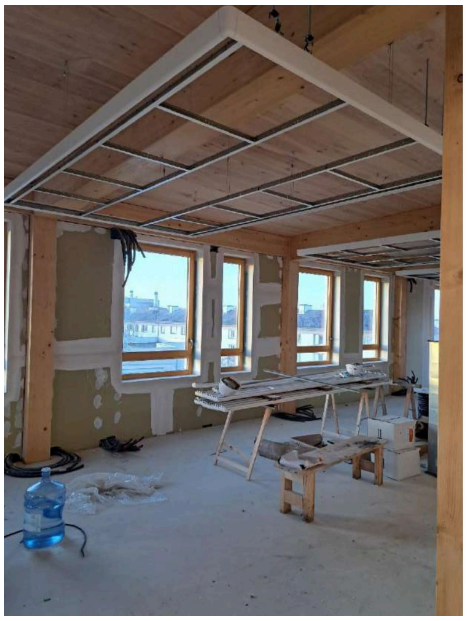
Ce bâtiment incarne les ambitions environnementales du CHU de Rennes en termes d'architecture durable, de performance énergétique et de sobriété carbone. La qualité de vie au travail est au cœur de sa conception, il offre des espaces de travail innovants et agréables, ainsi que des aménagements paysagers de qualité favorables à la biodiversité. Ce bâtiment marque l'entrée du site côté Villejean, en initiant un renouveau architectural et urbain de l'entrée Ouest du site de Pontchaillou.
La maîtrise d'ouvrage tient à conserver un hôpital à taille humaine, digital et axé sur le développement durable : « Le #NouveauCHURennes sera un lieu de vie éco-responsable où l'humanité, l'échange et la convivialité se traduiront tant dans la conception des nouveaux bâtiments que dans le confort hôtelier et les services au patient et à son entourage. »

1.4. L'équipe de maîtrise d'œuvre et le programme

Le marché en conception – réalisation a été remporté par le groupement Eiffage Construction Bretagne, Eiffage Savare, CRR Architecture et Oteis. Il porte sur un montant de 15,495 millions d'euros.
Le projet du bâtiment Direction et Pôle Santé Publique prévoit une surface dans œuvre de 6 400 m² sur 6 niveaux [R+5] avec des plateaux cloisonnés pour des bureaux d'une à cinq personnes, trois open-spaces, des salles de réunions, des espaces détentes, des vestiaires. Pour accompagner la mobilité douce, il est prévu la construction d'un parking couvert de 60 vélos, 4 vélos cargo et des trottinettes.

2. Un bâtiment qui répond aux enjeux bas carbones

2.1. Des matériaux biosourcés avec l'omniprésence du bois





Pourquoi le bois ?
Ecologique, renouvelable et à faible énergie grise, le bois apporte une touche naturelle aux environnements urbains. Il constitue également un matériau performant au service de solutions pérennes et d'une mise en œuvre facilitée grâce à la préfabrication. Utilisé seul ou combiné à d'autres matériaux, le bois répond à de multiples attentes, pour tous types de bâtiments en neuf comme en réhabilitation.

Il existe de multiples atouts à la construction bois ! Sa légèreté permet une diminution des descentes de charges, ce qui en fait un matériau de choix pour une mise en œuvre sur des sols délicats et sur des projets de surélévation du bâti. Le bois s'adapte à tous les sites, y compris les plus contraints en milieu urbain par exemple. Il permet également d'intégrer facilement des isolants très performants.

Ressource naturelle, renouvelable et durable, le bois est donc un matériau qui répond aux contraintes environnementales actuelles. Le faible contenu carbone lié à sa transformation et sa capacité à stocker le CO2 permettent de réduire considérablement l'empreinte environnementale des projets. Plusieurs labels attestent aujourd'hui de ses qualités, notamment les labels Bâtiment Biosourcé ou BBCA (Bâtiment Bas Carbone).

Les qualités des autres matériaux
De manière plus générale, les matériaux biosourcés, utilisés massivement dans ce projet, présentent des qualités intrinsèques isolantes très performantes et s'inscrivent dans un système constructif cohérent et vertueux.

La structure bois favorise l'utilisation d'une isolation thermique des façades par une laine de bois additionnée, en partie Interieure, d'un isolant Biofib composé de laine de chanvre. Cette dernière, matériau issu d'une filière de culture et de transformation locale, constitue à elle seule un véritable puits de carbone.

Les matériaux biosourcés occupent également une place importante dans les revêtements intérieurs, notamment les revêtements de sol linoléum et de mur avec les peintures recyclées.

2.2. La traçabilité du bois avec Eiffage Savare

Savare est une entreprise reconnue et labélisée produisant des éléments préfabriqués bois. Elle est adhérente d'ADIVbois qui réunit de très nombreux acteurs de la filière bois et participe aux travaux collectifs pour la concrétisation du plan national « industrie du bois ». Savare est également certifiée par le CSTB, cette garantie offre aux clients une

qualité constante des produits fabriqués. Savare travaille en partenariat avec de nombreux organismes, institutions et écoles qui structurent la filière bois française.

Elle attache une attention particulière à l'accompagnent de la filière française avec une ambition de favoriser les circuits d'approvisionnements locaux. La traçabilité du bois utilisé est indispensable à la bonne mesure de l'empreinte carbone des projets. Elle a pour objectif d'établir la provenance forestière de l'exploitation des forêts jusqu'à la livraison des chantiers.

Une forêt bien gérée stocke chaque année 16 tonnes de CO^2, soit $1m^3$ de bois pour 1 tonne de CO^2. Une gestion durable des forêts fournit une ressource indispensable aux acteurs de la filière bois et une activité économique locale pourvoyeuse d'emplois.

Tous les sites Savare apposent le marquage CE sur les charpentes industrielles qui sortent de leurs lignes de production. Le contrôle et la validation de la norme européenne NF EN 14 250 est assuré par le FCBA, l'Institut Technologique Forêt Cellulose Bois-construction Ameublement.

2.3. Une architecture sobre et compacte

Le bâtiment Direction et Pôle Santé Publique est un ouvrage sobre et compact dont la volumétrie et la composition architecturale ont été pensées pour atteindre un niveau optimal en matière de fonctionnalité, de performance environnementale et de comportement thermique.

La transparence de la façade Sud-Est signale et invite le public au sein des espaces d'accueil. La façade Est est ouverte sur le site du CHU. Au centre, au décalage des volumes, nous trouvons l'entrée dédiée au personnel. Un jardin occupe l'interface avec la nouvelle voie et la façade Ouest. Il s'agit d'un espace de détente dédié au personnel, avec un traitement paysagé important favorisant la biodiversité.

Le décalage des volumes exprime la verticalité de l'architecture, renforcée par le choix des revêtements de façade. Ces derniers, sont composés d'un bardage métallique lisse de teinte beige/doré, réfléchissant la lumière, et d'un bardage bois mat de teinte gris clair.

Au-delà de la volumétrie et de la composition architecturale du bâtiment, la sobriété technique offre la pérennité et la facilité d'utilisation. Le bâtiment est conçu avec une structure bois préfabriquée en 2 dimensions comprenant un système porteur de poteaux poutres lamellés collés, de planchers CLT, de murs en caissons bois préfabriqués comprenant l'isolation thermique, des châssis et des parements de finitions. Le système poteaux poutre 2D offre un plan libre pour l'ensemble des niveaux et garantit l'évolutivité sans contrainte du cloisonnement.

2.4. Atteinte des seuils de la règlementation 2028

Ce bâtiment vise la certification Bâtiment Bas carbone niveau excellence (BBCA). L'analyse du Cycle de Vie du bâtiment montre l'atteinte des seuils de la Réglementation 2028 (Bâtiment équivalent 2028 en termes de bilan carbone) : 528,66 kg eq CO2 /m² soit -38% par rapport au seuil réglementaire RE2020 pour la construction (Ic Construction).

C'est un projet démonstrateur des techniques constructives en bois mais aussi et surtout de la capacité à construire rapidement par la préfabrication et l'industrialisation.

D'un point de vue énergétique, le bilan thermique prévoit une réduction de 20 % par rapport à la RE2020. Il intègre de nouvelles technologies pour allier performance énergétique et empreinte minimale sur l'environnement : production chaud / froid par Pompe A Chaleur réversible (émetteurs par panneaux rayonnants) ; ventilation CTA double flux ; éclairage LED avec détection de présence ; GTC ; panneaux photovoltaïques.

3. La filière sèche

3.1. Une préfabrication en poteaux poutre et ossature bois







L'une des singularités de cette opération repose sur sa préfabrication des façades en ossature bois. Il sera composé de deux noyaux en béton intégrant les ascenseurs et les escaliers. Le reste de la structure sera fait en structure bois, soit un squelette en poteaux, poutres en bois lamellé collé et des planchers bois en CLT (Cross Laminated Timber)- 7000 m². Les poteaux et poutres restant apparents, Les assemblages sont réalisés au moyen de ferrures totalement invisibles. Le plus souvent assurés par des queues d'arondes métalliques, ces assemblages ont pour second intérêt d'assurer la stabilité au feu du bâtiment. Dans un souci d'optimisation du levage de la structure, l'ensemble de ces ferrures est positionné dans les ateliers de fabrication directement sur les poutres qui sont alors livrées sur chantier prêtes à être assemblées.
De la même manière chaque pièce de CLT est usinée à façon et comportera toutes les réservations utiles. Aucune opération de taille ne sera réalisée sur chantier. Une étanchéité provisoire des joints entre panneaux viendra compléter le traitement hydrofuge appliqué en usine afin d'empêcher des reprises d'humidité excessives avant la mise hors d'eau du bâtiment. Finalement un vernis intumescent est appliqué en sous face des planchers afin de limiter la propagation du feu en situation d'incendie

Les façades à ossature bois « 2D » (3 770 m²) ont été réalisées par Eiffage Savare en usine. Le bardage extérieur (vêture) est composé d'un mixte de bois et d'aluminium, tout comme les châssis extérieurs équipés de vitrage avec facteur solaire réduit. Flexibilité et frugalité compose le second œuvre avec des cloisons modulaires en séparatif des bureaux et des faux plafonds aux performances renforcées limités aux seuls besoins acoustiques.
Le cahier des charges du projet imposant notamment un calendrier très serré, nous avons naturellement porté les choix des modes constructifs vers les solutions préfabriquées hors

site. L'ossature bois est à ce jour une des solutions permettant d'embarquer le plus de préfabrication pour la réalisation de façade. Elle nous a permis de réaliser en atelier un complexe fini embarquant la structure, l'isolation entre montants l'étanchéité à l'air, l'étanchéité à l'eau, les parements extérieurs et les menuiseries. Ce sous ensemble parfaitement achevé fait l'objet d'un contrôle rigoureux à chaque étape de production mais aussi d'un contrôle final avant expédition. La livraison sécurisée grâce à des racks de transport métallique approvisionne le chantier en flux tendu ; le stock de sécurité étant assuré par l'usine de fabrication.
L'assemblage de ces éléments sur chantier ne demande plus alors qu'un temps minime (de 10 à 15 panneaux par jour et par équipe)



La fabrication de l'ossature bois en usine s'articule autour de 3 grands axes : L'étude technique numérique 3D Bim, la mécanisation numérique et le savoir-faire humain des compagnon s travaillant dans l'usine.
La conception 3D BIM a permis d'anticiper fortement les phases d'étude. Le travail collaboratif autour des maquettes 3D mis en place dès les phases préliminaires de conception a été poursuivis jusqu'en phase chantier. L'aboutissement de ce travail est une maquette 3D exhaustive permettant d'identifier chaque élément structurel et de fournir aux machines de production les fichiers de pilotage nécessaires à l'usinage.
Le découpage et l'assemblage des éléments structuraux ont été réalisés sur machine à commande numérique semi-automatique.
La pose des éléments plus sensibles comme les bardages ou les menuiseries est elle aussi réalisée en atelier. Ces tâches restant essentiellement manuelles, les équipements d'atelier permettent cette fois de limiter la pénibilité pour les compagnons.

3.2. Les avantages environnementaux de l'industrialisation

La construction de ce bâtiment représente une étape nouvelle dans l'émergence de nouveaux modes constructifs notamment en faisant appel à l'industrialisation des modules bois. La construction hors site permet d'envisager seulement 7 mois de travaux pour une livraison du bâtiment en février 2024. Les avantages de l'industrialisation ne s'arrêtent pas là, en plus de gagner un temps considérable sur l'opération cela permet de bénéficier d'une qualité d'exécution optimale grâce aux multiples contrôles effectués dans les usines de production française.
La construction industrialisée a également moins d'impact sur l'environnement. Tout d'abord cela permet de réduire les multiples transports sur chantier, mais aussi d'avoir une meilleure gestion des déchets.
Sur un chantier, les méthodes industrielles sont fortement appréciées car toutes les nuisances sonores et visuelles sont réduites.

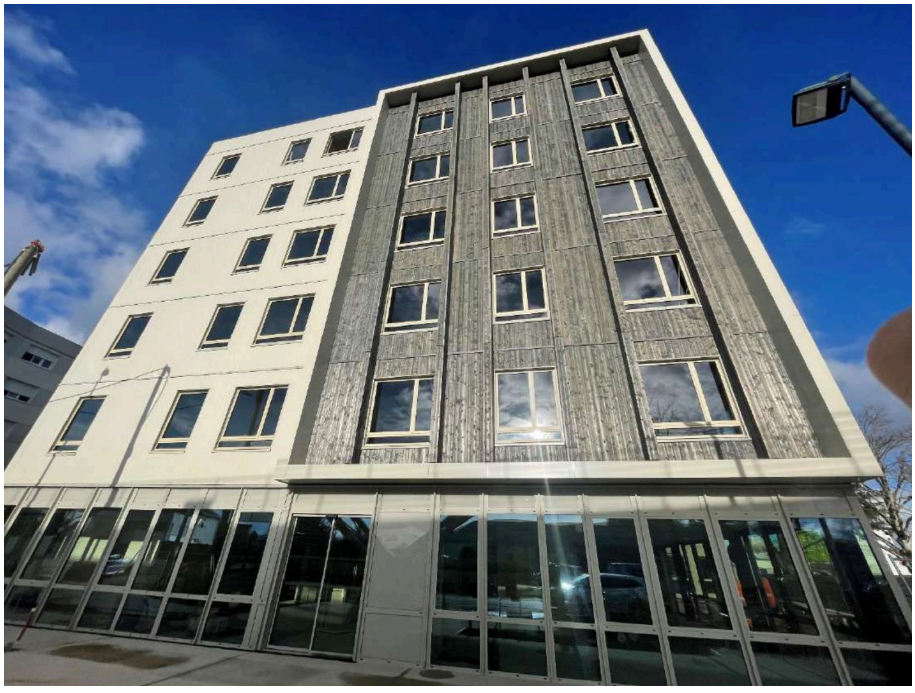
4. La qualité de vie au travail au centre du projet

4.1. Maîtrise des facteurs de confort physique et sanitaire

L'omniprésence du bois dans les espaces de travail apporte beaucoup de confort en évitant l'effet de « paroi froide ». Cet environnement de travail sain est possible grâce à une parfaite maîtrise des facteurs de confort physique et sanitaire (volumes, polychromie, lumière, acoustique, matière, proportion des éléments) Bien d'autres paramètres imperceptibles liés à la qualité de l'air, aux matériaux utilisés ou encore à la biophilie contribuent au confort des lieux :

- L'utilisation massive de matériaux biosourcés (150 kg/m2) et naturels visibles (bois, isolation thermique en fibres naturelles, moquettes en fils de pêche recyclée, sols linoléum, peintures recyclées...).
- Une qualité de l'air irréprochable avec la diminution des polluants à la source par le choix de matériaux peu ou pas émissifs, obtenus à partir de biomasse végétale. Les matériaux utilisés sont ainsi choisis pour leur faible émission de COV.
- Un espace détente/café à chaque étage aux couleurs pastelles, éclairé généreusement par la lumière naturelle. Les salariés pourront se l'approprier en y apportant du végétal.
- Le travail soigneux sur l'éclairage naturel et artificiel pour un confort optimal. Tous les bureaux bénéficient d'un éclairage naturel de qualité.
- L'optimisation du confort acoustique avec l'apport de matériaux absorbants.
- Une charte chromatique et signalétique maîtrisée favorisant le bien-être et l'autonomie des collaborateurs et des visiteurs.

4.2. Les bénéfices considérables de ces dispositions

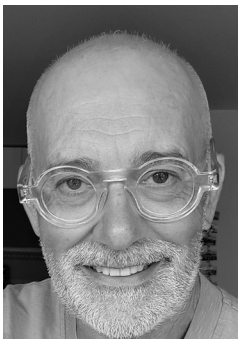


- Une impression d'agrandissement de l'espace
- Un bon contrôle du rythme circadien
- Une réduction du stress
- Une meilleure concentration au travail
- Un sentiment de sécurité maximisant ainsi la qualité de vie au travail

Enfin, la conservation de la perméabilité de la parcelle garantit l'infiltration naturelle des eaux pluviales et le développement de la biodiversité. A ce sujet, plusieurs écosystèmes ont été prévus : végétalisation de la parcelle et toiture terrasse, conservation des arbres et des nichoirs actuellement présents sur le site de Villejean.

Extension du restaurant scolaire de Saint-Martin-en-Haut

Jean-Paul RODA
Roda Architectes
Lyon, France



Noëlie CLAPASSON
Roda Architectes
Lyon, France



Extension du Restaurant scolaire de Saint-Martin-en-Haut

1. Contexte du projet

1.1. Construire sur un site exigu

L'extension du restaurant scolaire et du centre de loisirs répond au souhait de la commune d'agrandir le restaurant pour absorber le nombre croissant de rationnaires et d'isoler les enfants de la maternelle.

Sur la parcelle, la disponibilité foncière est faible. L'extension s'installe sous le restaurant existant, au Sud- Est de la parcelle, dans la partie la plus profonde de la zone encore disponible.
Ce positionnement répond à la question de l'étroitesse du site, tout en portant une grande attention à préserver la lumière naturelle dans l'existant.
Sur le plan urbain, l'extension vient chercher la limite Est du terrain et s'élève en signal visible depuis la départementale.

Le parti architectural prend appui sur la déconnexion physique du nouveau volume, traité comme un élément indépendant et mis à distance du volume existant. L'objectif est de limiter le vis-à-vis et d'inscrire l'extension dans un registre à la fois différent et cohérent.
A l'échelle urbaine du projet, la volumétrie répond au gabarit des bâtiments avoisinants en reproduisant le gabarit d'une toiture à deux pentes, et s'implantant parallèlement aux courbes de niveaux. La géométrie anguleuse fait écho et dialogue avec le restaurant existant.
L'extension, construite sur pilotis, se situe à la même altitude que la salle existante au niveau 1. Sa suspension libère en sous face un préau supplémentaire, confortable, dédié au centre de loisirs.



Image 1 : Vue du projet depuis la cour © Sandrine Rivière

1.2. Données du projet

Surface :
187 m² de surface de plancher

Montant des travaux :
924 970 euros

Calendrier :
Démarrage des études : février 2021
Consultation : février 2022
Démarrage des travaux : mi-mai 2022
Fin de chantier : juillet 2023

Maîtrise d'ouvrage :
Commune de Saint-Martin-en-Haut (69850)

Equipe de maîtrise d'œuvre :
Architectes: RODA Architectes
Economiste : Cyprium
BET structure : Arborescence
BET HQE, fluides et thermique : Matté
BET Acoustique : Génie acoustique
OPC : SIMAP Bâtiment

Entreprises :
Gros œuvre : Giraud et Rivollier
Charpente : Vaganay
Couverture : Vaganay
Menuiserie Extérieur : Lofoten
Métallerie : Tarres
Terre allégées : Calyclay
Plâtrerie peinture : Lardy
Menuisier intérieur : Chardon
Sols souples : Courbière
Electricité : Ecol
CVC-PB : Climo-confort

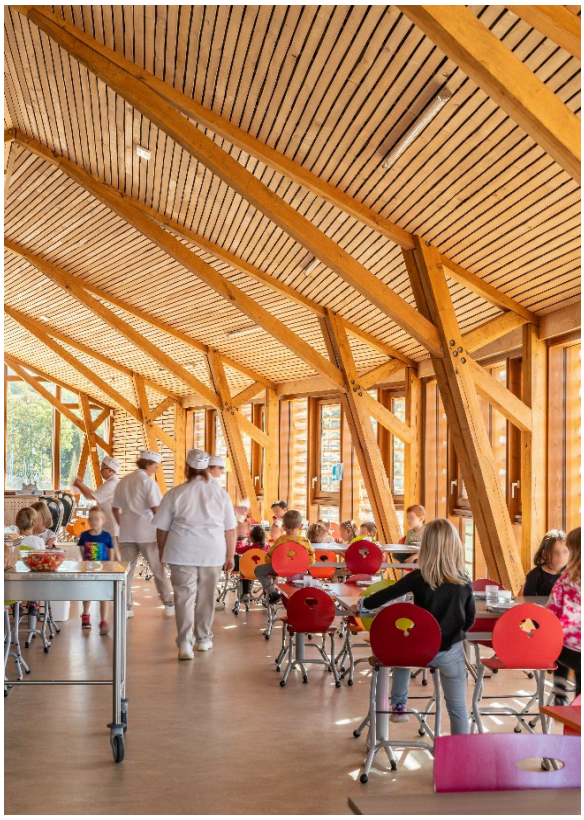


Image 2 : Photographie intérieure
© Sandrine Rivière



Image 3 : Vue depuis la passerelle extérieure
© Sandrine Rivière

2. Parti architectural

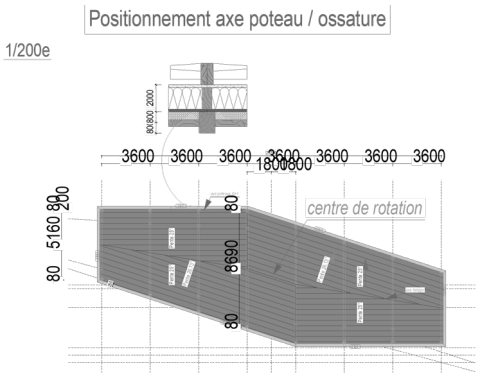
Telle une cabane perchée sur de fines échasses, l'extension flotte dans les airs avec élégance comme un objet presque fragile.
La cabane vêtue de bois se connecte à l'existant par une mince galerie couverte et au site par une passerelle extérieure.
Vitrée de part en part sur ses deux pignons, la lumière rentre généreusement au cœur du bâtiment, une lumière filtrée sur les longs par des lamelles de bois horizontales qui assure l'intimité de l'espace intérieur.
A l'intérieur, le cloisonnement se fait le plus discret possible pour faire place au grand volume de la salle à manger. Seul un volume à la forme archétypale de maison permet d'accueillir l'entrée et les sanitaires. Pour ce lieu dédié aux enfants, l'idée était de retrouver une petite cabane dans la grande cabane perchée sur pilotis.

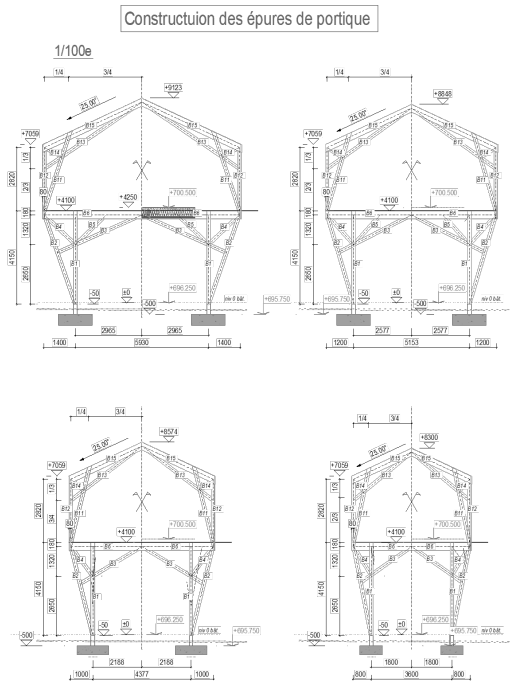


Image 4 : Photographie intérieure : © Sandrine Rivière

3. Parti structurel

Le projet souhaité volontairement en feuillu impose en conception l'utilisation de sections limitées à 140x180. Des doubles portiques triangulés sont superposés, ce schéma statique limite alors les efforts de flexion dans les barres et permet de rester dans des dimensions de bois de feuillu courantes.
Les portiques à 3 articulations sont stables dans leur plan et sont reliés par les planchers et toitures en caissons isolés. Des portiques longitudinaux, triangulés eux aussi, stabilisent les portiques dans l'autre direction et forment une console de 3.6m pour porter le dernier portique.





La géométrie particulière est une base quadrilatère à 4 portiques homothétiques (homothétie horizontale). Ces 4 portiques sont ensuite copiés par rotation à 180°.

Les assemblages des portiques sont composés de ferrures métalliques broché en âme des bois, permettant d'exploiter au maximum les capacités des barres en bois.

Les sommiers sont composés de 2 barres connectées par des broches, améliorant la raideur.

4. Un projet en feuillus

4.1. Approche sensible



Image 5 : Habillage intérieur en châtaignier tressé
© Sandrine Rivière

Le projet repose sur un matériau principal : le bois, qui sert à la fois de structure et de bardage
Nous avons fait le choix volontaire d'investir la filière de bois feuillus : le chêne pour la structure des portiques, et le châtaigner pour le bardage extérieur et les habillages intérieurs. Ce sont des essences de bois pérennes, qui peuvent répondre aux différents défis que nous nous sommes engagés à relever : confection de la charpente, de l'arborescence des poteaux de soutien, bardages extérieurs et bois tressé intérieur.
L'ensemble des menuiseries est en pin. Les pignons est et ouest sont entièrement traité en vitrage à contrôle solaire avec une protection complémentaire par stores.

4.2. Essence et volume de bois structure



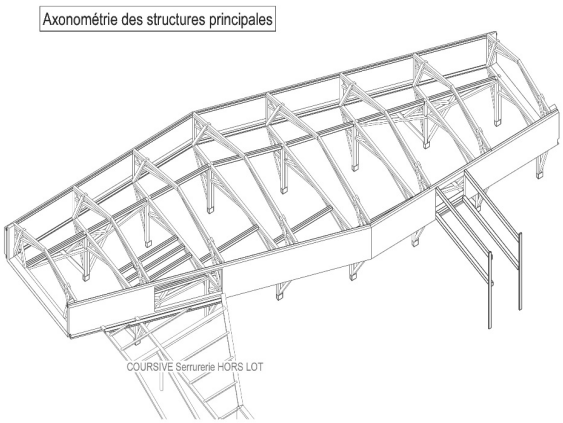
Image 6 : Photographie de chantier: des portiques en chêne

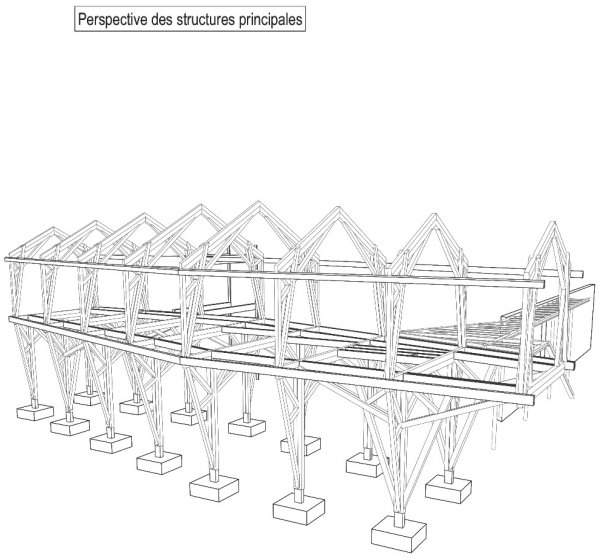
Lamellé collé : Eurolamellé
- **Epicéa, Bois certifié des Alpes**
  Vol. : 1.6m^3 : Passerelle de liaison couverte

Bois ossature : Pro Lignum
- **Epicéa, Bois certifié des Alpes**
  Vol. : 11.3m^3 : Bois des ossatures

Bois massif : Scierie Poncin
- **Epicéa du Haut Jura**
  Vol. : 8.1m^3 : Bois des caissons de planchers et toiture
- **Chêne de Bourgogne >100km**
  Vol. : 19m^3 : Structure principale (portiques)
- **Châtaignier de la Drôme <100km**
  Vol. : 8.2m^3 : Habillages intérieurs (lames tressées)
- **Châtaignier de la Drôme<100km**
  Vol. : 13.8m^3 : Habillages extérieurs

Les bois sont passés au séchoir.





4.3. Démarche constructive et chantier

Le déroulé du chantier :



Mise en place des portiques du RDC



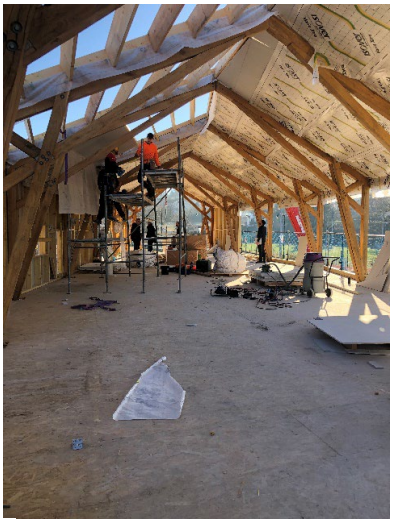
Réalisation du plancher



Mise en place des portique étage



Mise en place des MOB



Mise en place des caissons de toitures



Mise en place des murs rideaux

Image 4 : Photographie intérieure : une cabane en colombage miscanthus, terre et chaux.
© Sandrine Rivière

5. Approche environnementale

5.1. Enjeux environnementaux et recherche d'inertie

Le projet prévoit :
- Construction à ossature bois (charpente, murs, planchers et habillages intérieurs)
- Isolants biosourcés : laine de bois pour murs, toitures et plancher
- PAC sur l'air
- Bâtiment à faible consommation
- Brise-soleils horizontaux en façade sud
- Vitrages à contrôle solaire + stores intérieurs en façade est et ouest
- Inertie : planchers marins, colombages en panneaux miscanthus, terre et chaux et enduits terre
- lame d'air fortement ventilée des caissons de toiture



Image 7 : Photographie intérieure : une cabane en terre
© Sandrine Rivière

Nous avons également prévu la mise en œuvre de matériaux géo-sourcé. Les parois de la cabane intérieure sont imaginées comme un colombage dont le remplissage est fait de panneaux miscanthus, terre et chaux, recouvert par un enduit terre. L'ajout de terre dans le bâtiment apporte de l'inertie à un bâtiment où le béton se limite uniquement aux fondations.

5.2. Enjeux pédagogiques

Dans le cadre du chantier, il a été organisé un atelier de « sensibilisation aux enduits terres » auprès des enfants, par l'entreprise Calyclay.
L'objectif : réaliser une formation /sensibilisation auprès des enfants qui seront amenés à utiliser le restaurant scolaire. Notre souhait est de leur faire « re » découvrir ce matériau qu'ils connaissent : la terre. Leur montrer ce qu'il est possible d'en faire. Leur faire toucher la matière, la mettre en œuvre afin de la découvrir sous un autre angle. Leur apprendre à l'apprécier et à en prendre soin. Notre souhait est aussi de montrer qu'il est possible de construire autrement.
Cela s'est traduit par une présentation du projet, puis un atelier de toucher et d'analyse des différentes terres puis la réalisation de la 1ere couche d'enduit en partie basse du mur.



Image 8 : Photographie du préau
© Sandrine Rivière

Collège Mathurin Méheut à Melesse

Jean-Christophe Blaret
Architecture Plurielle
Rennes, France



Thierry Soquet
Architecture Plurielle
Rennes, France



Collège Mathurin Méheut à Melesse

Trois ambitions ont guidé la conception du collège de Melesse: la qualité d'usage, l'insertion dans le site, la très haute performance environnementale. L'écriture du projet découle d'une recherche de simplicité fonctionnelle et d'une conception bioclimatique.

1. Insertion dans un territoire et simplicité fonctionnelle

1.1. Insertion dans le site

L'implantation sur le site est dictée par les courbes de niveau du terrain « naturel », le collège semble s'être posé sur le terrain, afin d'offrir à l'établissement un rez-de-chaussée entièrement accessible de plain-pied, sans différence de niveau, malgré la forte déclivité du terrain d'assiette.

La forme en C, ouverte sur des espaces verts au Sud et Sud-est, crée un écrin de quiétude pour la communauté éducative. Cette forme offre aussi l'avantage de répondre parfaitement aux exigences de conception bioclimatique, ainsi qu'à la qualité de vie à l'intérieur de l'enceinte du collège, elle combine naturellement les deux.



1.2. Un collège à dimension humaine

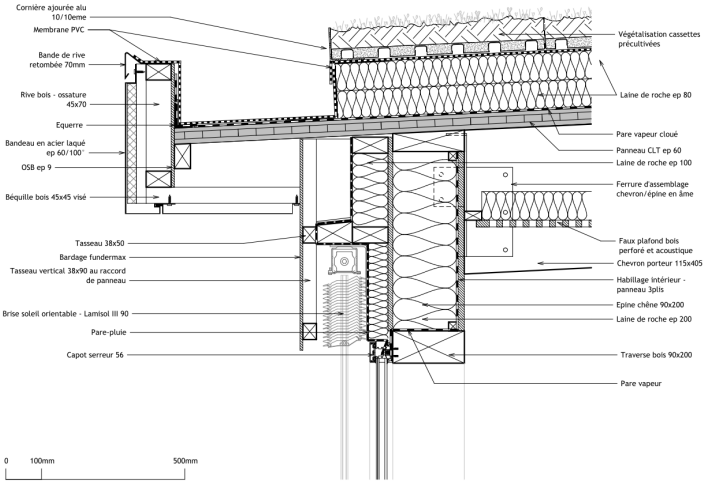
L'intégration dans le site, légèrement encastré au Nord, et légèrement surélevé au Sud, donne un collège à taille humaine. Il n'y a pas de monumentalité. Les volumes, par leur écriture proche de l'architecture traditionnelle, nous semble familiers.

L'intégration fine dans le site, la prise en compte des facteurs externes que sont le vent, le soleil, les intempéries, conjugué à la volonté de concevoir des lieux de vie pour le bien-être de l'humain est la définition même de l'architecture bioclimatique.

1.3. Hall et parvis – lieu de convivialité

Le parvis prolonge l'espace public, crée une placette de village, un lieu de convivialité. La toiture du hall, en se prolongeant sur le parvis, crée un abri qui protège des intempéries les usagers. Entre ses murs rideaux en chêne, le hall est un espace en transparence entre l'espace public et la cour paysagée.





1.4. Simplicité fonctionnelle

La majeur partie du programme s'inscrit dans un bâtiment de forme architecturale lisible et simple. Les autres programmes (hall, administration, salles de musique et d'arts plastiques, restauration) se déploient en RDC autour de cet écrin dont le centre est le préau.



Plan RDC

1.5. Ecriture de toiture

Cette écriture de toitures en mouvement ancre le collège dans son environnement sur une parcelle présentant une pente significative, elle accompagne avantageusement le site, renforce ce mouvement par la végétalisation des toitures visibles. La perception depuis l'espace public, et notamment en arrivant du bourg, sera celle d'un lieu émergeant de la nature.





2. Conception bioclimatique – passive

Bâtiment démonstrateur Ademe E4 C2. Le bâtiment est à énergie positive, conçu selon les principes passifs.

Le bâtiment principal, orienté plein Sud, capte le maximum d'énergie solaire, énergie passive générée par les larges surfaces vitrées et énergie active par la toiture recouverte de panneaux solaires photovoltaïques.

Un second bâtiment à l'Ouest et au Sud, protège la cour des vents dominants tout en permettant l'ensoleillement de celle-ci.

Le bâtiment comporte une enveloppe très performante et une ventilation double-flux réduisant les besoins de chauffage. Les toitures du RDC sont végétalisées.



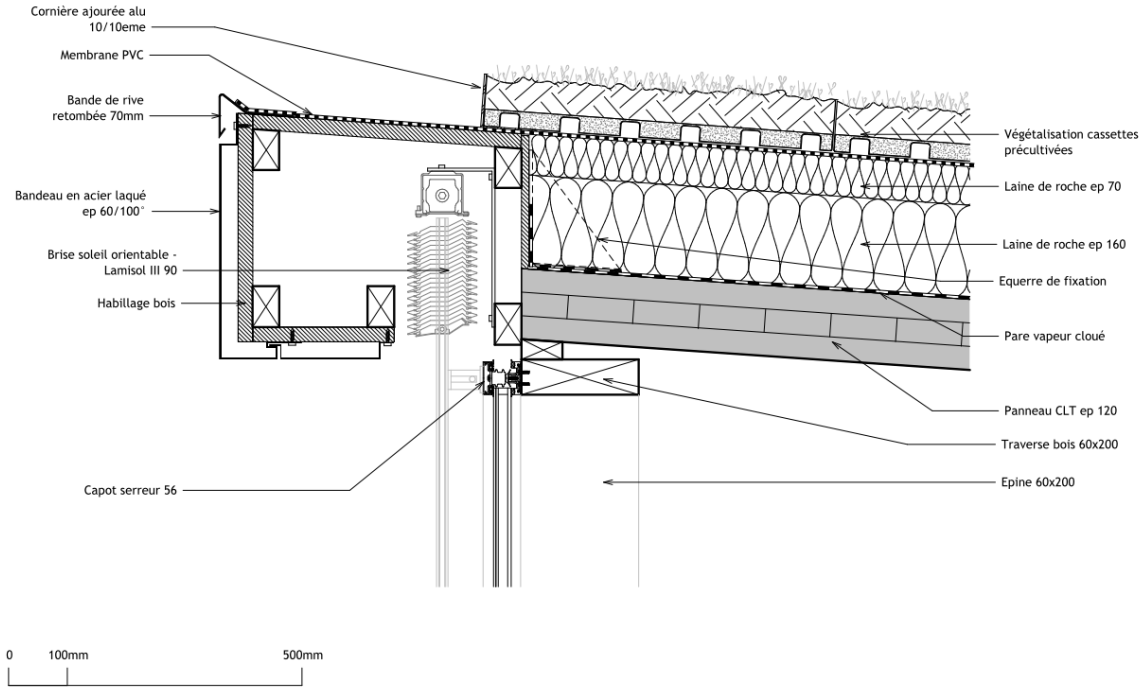


3. Système constructif et enveloppe

La structure majoritairement en bois s'accroche à un noyau béton apportant de l'inertie et intégrant les circulations verticales. Le bois s'expose à l'intérieur et l'extérieur sous forme d'une charpente bois en résille visible dans le hall et le préau. Le bois est employé en structure sous divers systèmes: planchers CLT(bois français), poteaux et charpente.

L'enveloppe se compose de murs à ossature bois et d'une isolation laine de bois et laine de roche, revêtu de bardages en planches et chevrons de châtaignier brut de sciage (provenant de la scierie locale Rahuel) et de tôle acier de type joint debout.

La structure, les menuiseries mixtes bois-aluminium et les habillages bois (panneaux 3 plis douglas, planches de châtaignier, ...) offrent en intérieur une présence chaleureuse du matériau bois.



3.1. Atmosphère et matière

Le matériau bois habille les espaces intérieurs du collège : structure bois visible, habillages acoustiques, menuiseries extérieures, ... Le bois crée une atmosphère singulière qui participe à l'acoustique et la chaleur des lieux.



Jeudi 4 avril 2024

2e jour du Forum

Le défi de la construction biosourcée en France et en Allemagne

Un regard bilatéral sur des différents perspectives, processus, pratiques

Helena SCHULTE
schultearchitekten gmbh
Cologne | Paris
Allemagne, France



Marie-Sophie SCHULTE
schultearchitekten gmbh
Cologne | Paris
Allemagne, France



Le défi de la construction biosourcée en France et en Allemagne.

1. L'Europe et la construction biosourcée 6 ans avant 2030

Les conditions environnementales, structurelles, naturelles et sociales exercent une influence directe sur la vie quotidienne et le bien-être. Dans les zones urbaines fortement densifiées en particulier, des situations extrêmes peuvent se produire et avoir des effets considérables sur le cadre de vie des habitants. Les processus de densification, le stress environnemental et les inégalités sociales croissantes, entraînent une dynamique de développement rapide dans les centres-villes et les régions urbaines. Face au changement climatique et à ses conséquences directes sur notre vie en société, un changement de paradigme vers une vie plus durable et plus respectueuse de l'environnement s'impose. De la nécessité d'une transition écologique à très court terme découle plusieurs grands défis : permettre le confort thermique vis-à-vis du dérèglement climatique, préférer le recours à des ressources renouvelables et recyclables, protéger la biodiversité et donc la gestion du vivant et de l'écologie et instaurer un nouvel équilibre. Dans le contexte du changement climatique, l'urbanisation constante – via la densification, la réaffectation et le remplacement - offre la possibilité d'avoir un réel impact sur la manière dont nous cohabitons dans nos villes. Outre son impact conséquent sur le changement climatique, le secteur de la construction fait face à de multiples enjeux environnementaux (biodiversité, pollution des sols, cycle de l'eau, résilience sociale et cetera). Six ans avant 2030, nous devons nous demander où nous en sommes en Europe avec la construction biosourcée. Comment pouvons-nous devenir plus durables et plus vertueux dans notre façon de concevoir, de collaborer et de construire ?

Afin d'atteindre l'objectif de neutralité climatique d'ici 2050, La Directive européenne sur la Performance Energétique des Bâtiments (EPBD) de 2010 a été renouvelée fin 2023. Cette réforme vise le secteur du bâtiment et prévoit des règles plus strictes encore en matière d'efficacité énergétique des biens immobiliers. Cela implique notamment de travailler davantage sur l'isolation thermique des bâtiments, de promouvoir des matériaux plus pertinents, de favoriser le recyclage, ainsi que de réinventer le partage de nouveaux usages et de la multi-utilisation de nos espaces de vie et de travail. Outre une nouvelle vision de l'espace, des ressources et de l'exploitation, il sera au moins aussi important de sensibiliser davantage les acteurs du secteur de la construction pour que cette transformation socio-écologique et économique soit réellement possible.

Pour cela différentes temporalités sont identifiées par cette directive (EPBD). A partir de 2030, toutes les nouvelles constructions devront être climatiquement neutres, et d'ici 2050 ce principe s'étendra à l'ensemble des bâtiments existants. La limitation progressive des valeurs de référence pour les émissions de carbone, qui découle de la directive, fixe des objectifs de plus en plus stricts, en particulier en ce qui concerne les valeurs du cycle de vie des bâtiments. En effet, pour atteindre l'objectif de la neutralité climatique d'ici là, des mesures renforcées en termes d'analyse du cycle de vie (ACV) sont indispensables. Pour cela il sera nécessaire, dans un avenir proche, d'utiliser et de tester des matériaux de construction renouvelables, de sorte que les limites maximales d'émissions de carbone ne soient pas dépassées, tout au long du processus de construction. Des méthodes et matériaux de construction jusqu'ici marginalisés et non conventionnels (bois, chanvre, paille, argile et autres) reviennent ainsi sur le devant de la scène dans le bâtiment. Réinventer la modernité par le low-tech innovant en puisant parfois dans le traditionnel, telle est la devise. Il reste à voir quelle logique urbaine et esthétique architecturale résulteront de cette transition.

La manière dont la directive (EPBD) est mise en œuvre dans la pratique, dans les différents pays européens, est laissée à l'appréciation de chacun. Comme notre agence a la possibilité d'agir entre deux pays et donc sur deux marchés à la fois, en Allemagne et en France, nous pouvons identifier des approches différentes dans ces deux pays fondateurs de l'Union européenne pour ouvrir la voie à la neutralité climatique.

En France, la réglementation environnementale et énergétique RE 2020 a été lancée à la fin de l'année 2020, dans le but d'atteindre la neutralité climatique d'ici 2050. Elle remplace et élargit la précédente réglementation à vocation thermique, la RT 2012. Cette nouvelle réglementation RE 2020 ne concerne pas uniquement les mesures relatives aux exigences thermiques (par exemple l'isolation des bâtiments), mais intègre également les aspects environnementaux et énergétiques dans ses exigences. Une particularité est qu'une analyse du cycle de vie (ACV) est requise dans le cadre de la RE 2020 afin de maîtriser les émissions carbones des bâtiments. Des plafonds d'émissions de carbone sont fixés tout au long du processus de construction des bâtiments, ce qui semble mettre l'accent sur les matériaux de construction renouvelables. Dans ce contexte, le bois offre une de différentes solutions de construction attrayante. Afin d'atteindre la neutralité carbone d'ici 2050, la directive prévoit à cet effet une limitation progressive des valeurs de référence (aux périodes 2025, 2028 et 2031).

En Allemagne, la loi sur l'énergie dans le bâtiment (Gebäudeenergiegesetz – GEG) est entrée en vigueur le 1er novembre 2020. Elle peut être considérée comme l'équivalent allemand de la RE 2020 en France. Cette nouvelle réglementation combine et unifie les trois lois précédentes : EnEV, EnEG et EEWärmeG. L'objectif de la directive allemande est d'améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments, de promouvoir l'utilisation des énergies renouvelables et d'atteindre les objectifs climatiques nationaux et européens dans le secteur de la construction. La loi GEG jouent sur plusieurs vecteurs : le renforcement des normes d'efficacité énergétique, l'appui des énergies renouvelables, l'obligation de rénover l'existant ou encore l'établissement de certificats énergétiques dressant un bilan de la consommation d'énergie et de l'efficacité énergétique d'un bâtiment. En rendant la certification des bâtiments obligatoire quant à leur performance de durabilité, l'Allemagne choisit une voie indirecte pour inciter les acteurs du secteur de la construction à adopter un mode de construction plus durable. Parmi les organismes de certifications les plus connues dans le bâtiment comptent l'organisme DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen) et le KfW-Effizienzhaus (Kreditanstalt für Wiederaufbau).

Autres pays, autres manières ?

Si l'on compare la situation en France avec celle de l'Allemagne, il semble que la France choisisse une démarche plus directe en exigeant le respect de la RE 2020 pour les nouvelles constructions. De cette manière, la France poursuit l'objectif d'augmenter les exigences en matière d'analyse du cycle de vie des bâtiments. L'Allemagne, quant à elle, utilise un moyen de pression plus indirect en proposant des certifications, qui donnent lieu à d'éventuelles aides financières. Le principe de certification allemand s'applique d'ailleurs également aux travaux de construction et de transformation des bâtiments existants.

2. Des études de cas d'architecture biosourcée en Allemagne et en France

Pour mieux comprendre comment les ambitions environnementales se traduisent en pratique, nous proposons de passer en revue une sélection de projets, en cours, afin de mieux comprendre les différentes méthodologies et processus de conception en fonction des enjeux rencontrés.

2.1. Veedl, un atelier interdisciplinaire et collaboratif

Sur une ancienne entreprise de fabrication chimique à Cologne l'intention est de créer de manière collaborative un nouveau récit pour un lieu lourdement industriel jusqu'à présent. L'idée est ici concrètement de transformer un site industriel fermé au public en un nouveau bout de ville dotée d'une plus grande mixité d'usage et d'intensités urbaines. Le titre du projet du Veedl fait référence au mot « quartier » en colonais. La particularité du projet est de concevoir le concept du projet urbain et sa programmation avec l'ensemble des acteurs concernés (habitants avoisinants, futurs usagers, promoteurs, ville, ingénieurs, architectes et cetera). Une série d'ateliers ont caractérisé cette phase 0 par plusieurs échanges interdisciplinaires. L'idée étant de ne pas aboutir à un plan urbain rigide mais à une esquisse guide dynamique, qui reste souple et peut être adaptée ultérieurement. Il

est également intéressant de noter que la mixité et l'intensité d'utilisation, l'orientation, la profondeur et la hauteur du bâtiment ont déjà fait l'objet de discussions concrètes lors de ces premiers ateliers, tout en tenant compte des exigences en matière de durabilité comme les caractéristiques et contraintes d'une construction en bois. Un jeu de simulation sur mesure, collaboratif et interactif a été spécialement conçu comme outil de planification et de développement à cet effet.

2.2. Aqu'otel, une construction modulaire

L'Aqu'otel est un projet hôtelier visant à agrandir un centre thermal et de loisirs existant aux portes de Cologne. Le bâtiment dispose de deux ailes arrondies, qui s'imbriquent harmonieusement en accueillant 150 chambres d'hôtel. Le socle suit la forme organique du bâtiment et organise l'ensemble des services publics autour d'un patio verdoyant. L'un des plus importants partis pris du projet architectural a été le principe de recourir à une construction modulaire en bois. Celle-ci a été choisie pour répondre au mieux aux exigences écologiques et économiques du projet. La façade est conçue avec une structure de balcon en bois et des plantes grimpantes qui créent une architecture vivante et participe à un véritable confort pour les futurs usagers de l'hôtel. L'un des moments clés de ce projet a été de convaincre et de sensibiliser très tôt la maitrise d'ouvrage à la faisabilité économique et technique d'une construction en bois durable. L'expérience et les partenariats avec des bureaux d'études spécialisés compétents ont également joué un rôle important. Une fois réalisé, l'Aqu'otel pourrait compter parmi les premiers bâtiments hôteliers en bois d'une hauteur de 5 étages en Rhénanie du Nord-Westphalie voir en Allemagne.

2.3. Park'House, un bâtiment réversible

Dans le cadre du développement urbain du centre-ville, la ville de Bad Berleburg souhaite rénover de manière exemplaire une friche industrielle à proximité du centre-ville par un parking innovant et durable afin de répondre à la forte demande actuelle en termes de places de stationnement. Dans l'idée d'anticiper une évolution d'usage futur du bâtiment, le projet prévoit notamment une structure en bois, dont la conception du volume et ses géométraux peuvent permettre une réversibilité dans le temps. Grâce à un principe de split-level, la présence d'un patio central spacieux et des trames de bâti assez larges, le bâtiment de parking pourra accueillir un jour des habitations. En effet, la structure porteuse du bâtiment permet de transformer les étages du parking en espaces d'habitation attrayants. La trame constructive du parking anticipe ainsi l'intégration future de différentes formes d'habitat qui s'orientent autour de la cour commune. Un autre vecteur important de projet a été l'étude de faisabilité d'exploiter les abondantes ressources locales de bois de calimité (en allemand : Kalamitätsholz). L'utilisation de ce type de ressource de bois, généralement considérée comme moins noble, répond sans aucun doute davantage à des ambitions écologiques et durables.

2.4. Ludwigsburger Höfe, logement évolutif

Le projet des cours résidentielles dans le Nord-Ouest de Cologne prévoit un ensemble d'habitations collectives. La mise en réseau et le partage des espaces communs est mis au cœur de cette opération. Le fait que le projet intègre une desserte horizontale s'inscrit dans la volonté d'obtenir une intensité d'utilisation et une flexibilité dans les espaces communs. Ainsi, l'objectif est de générer une véritable communauté habitante. La desserte en coursive est d'ailleurs dotée de balcons supplémentaires dans l'esprit de « Shared Space » collectif. Le plan modulaire conçoit l'ensemble des 84 appartements de manière traversant. Le principe de séparatifs en éléments préfabriqués en bois garantit l'agencement mixte des différentes typologies de logements. De plus, le fonctionnement modulaire du plan, dessine des espaces sanitaires compactes au centre des trames bâties, ce qui permet un agencement et usage très flexible des logements. La réversibilité de la typologie des logements est pensée dès le départ et répond à la grande tendance de l'évolution rapide de la société. Au cours du cycle de vie d'un bâtiment, il est ainsi possible de réaliser différentes réalités habitantes, en reliant ou séparant les espaces sans intervenir sur la structure principale. Par exemple, en couplant la cuisine et le salon, on obtient des possibilités d'utilisation flexibles, comme ; un espace bureau, une alcôve pour dormir ou autre.

Cet invariant du projet s'inscrit également dans la résilience spatiale et sociale du projet. Ainsi, le bâtiment s'adapte à tout moment au cycle de vie de ses habitants.

2.5. Java, une communauté habitante

Le projet de Java est un complexe dense de bâtiments à usage mixte (logements, bureaux, commerces, parking) situé sur la friche industrielle 'Île-de-Nantes' en France. Conçu en association avec l'agence d'architecture Bond Society (architectes mandataires), le projet propose un quartier mixte de 69 logements (dont 50 % de logements sociaux), 2 000 m² de bureaux dédiés à l'économie sociale et solidaire, 200 m² de locaux commerciaux et un centre de mobilité. Le projet technico-spatial s'engage à réduire les émissions de CO2 par des approches innovantes et vise la neutralité carbone. Pour cela, le projet de Java prévoit une méthode de construction innovante mettant l'accent sur des matériaux renouvelables (construction hybride en bois et remplissage en béton de chanvre). Le choix d'une construction biosourcée répond non seulement aux ambitions importantes de la RE 2020, mais permet également d'offrir aux futurs utilisateurs un confort de vie stable face aux défis climatiques de plus en plus extrêmes. Dès la phase de concours, l'équipe de maitrise d'œuvre a collaboré avec des acteurs locaux pour étudier la faisabilité d'une mise en œuvre locale de ce principe de construction hybride en bois et en chanvre. Le contact précoce et les ateliers d'enveloppe réguliers avec les responsables de la filière locale et les entreprises de la préfabrication de panneaux en bois/béton de chanvre (Mob/Fob) ont sans aucun doute été l'un des vecteurs clés du projet.

3. Quels champs des possibles pour une culture de la planification durable ?

Pour contribuer autant que possible à la neutralité climatique de nos environnements de vie, un changement de culture de planification vers une agilité du processus de planification est indispensable. Nous nous permettons de donner quelques pistes de réflexion afin d'explorer les évolutions possibles des mécanismes de planification dans un système très rigide - dans le but de faciliter davantage une perspective à 360° sur la manière dont nos environnements de vie sont conçus et aménagés.

 # Raconter une autre histoire | Le lourd nuage de la culture du béton plane encore au-dessus de nous et nous empêche en partie de voir clairement au loin. Pourtant, de nouveaux horizons, plus innovants, s'ouvrent de plus en plus. Et si le mot clé était : réinventer et moderniser le déjà-vécu et déjà-là ? De nombreuses solutions existent déjà et ont été explorées au fil du temps. Il suffit de fouiller dans l'histoire de l'architecture et de réutiliser ces principes architecturaux traditionnels. Dans d'autres cercles scientifiques, on parlerait de « nature based solutions ». Cette forme d'innovation passe nécessairement par le vécu, l'artisanat et l'expérimentation de l'évolution de ces matériaux dits « anciens ». Ne faudrait-il pas redécouvrir les méthodes de construction traditionnelles et les adapter aux méthodes de planification actuelles ? Pour reprendre les mots du Dr Christine Lemaitre, l'une des principales intervenantes en matière de construction durable en Allemagne : Nous devons retrouver une architecture adaptée au climat et à la culture. Ce n'est donc plus la forme qui suit la fonction, mais la forme et la fonction qui devront suivre le biosourcé. La question écologique fait partie de la forme et de l'usage, ce qui nous poussera à revoir également nos valeurs esthétiques en termes de forme, matériaux, orientation des espaces. Cette vision-là donnera lieu à un nouveau récit esthétique et à une nouvelle forme architecturale.

 # Aller vers plus d'agilité | Et si c'était une question de processus ? La construction durable nécessite des processus de planification innovants à grande échelle et ce, si possible, dès l'heure 0. Les cas d'exemples cités dans la deuxième partie illustrent bien dans quelle mesure les stratégies de durabilité nécessitent un développement urbain innovant et dynamique ce qui a un réel impact déterminant sur les projets architecturaux. Ainsi, les jalons de la durabilité sont posés dès la conception des principes d'urbanisme. L'essentiel n'est pas d'adapter a posteriori les projets à la construction biosourcée mais de faire en sorte que le projet architectural soit le résultat d'une logique cohérente de dura-

bilité. C'est plus facile à dire qu'à faire, surtout maintenant que le secteur de la construction se trouve dans une phase d'exploration imprévisible. En effet, comme le revendique justement le Dr. Christine Lemaitre, la culture de la planification doit changer – il faut du temps pour étudier des variantes de projets architecturaux afin de pouvoir tenir compte des circonstances propres à chaque bâtiment. Il est essentiel de développer une nouvelle conception de la qualité et de passer d'un paradigme de constructions fonctionnelles rapides et bon marché à une conception durable des bâtiments. Ici aussi, de nouveaux modèles de financement sont nécessaires pour rentabiliser les bâtiments à longue durée de vie.

Dans le déroulement actuel du projet, cela correspond à un processus d'apprentissage continu et à une recherche en cours. C'est l'interdisciplinarité qui garantira le succès d'un projet durable et biosourcé. Qui dit interdisciplinarité dit chevauchement des perspectives et des expériences dès les premières phases du projet, dans les esquisses et pendant les premières études. Tous les acteurs concernés (villes, urbanistes, promoteurs, constructeurs, entreprises, filières locales) doivent être impliqués très tôt dans l'esquisse du projet. Il est intéressant de noter que dans la plupart des projets en cours en France et en Allemagne, qui ont de grandes ambitions en matière de durabilité et de construction biosourcée, les premières phases prennent beaucoup de temps par rapport aux projets conventionnels. Cela s'explique par le fait que des études supplémentaires sont nécessaires pour garantir de nouveaux concepts innovants. Si les phases du projet sont plus longues et plus flexibles, le déroulement du projet et les offres d'honoraires devraient être adaptés à ces écarts temporels et à ces travaux supplémentaires.

Pour diffuser une manière plus souple d'agir et de penser, il faut également s'attaquer à la formation de la jeune génération. Dans les facultés d'architecture allemandes, il existe ce que l'on appelle des pôles de recherche spécialisés dans la théorie de la planification et les thèmes de la transformation spatiale et sociale. Les départements scientifiques de Theory Planning à la RWTH d'Aix-la-Chapelle et à l'Université technique de Munich sont des exemples parmi d’autres. Ainsi, les étudiants sont sensibilisés dès le premier cycle à un processus de planification plus agile et plus flexible. En France, cela se fait plutôt par le choix de studios d'architecture spécifiques. Ceux-ci peuvent être plus au moins sensibles à l'analyse du contexte et à la conception d'un processus de projet. Nous ne pouvons qu'espérer que l'expérience de ce type d'enseignement devienne un prérequis pour l’accomplissement des études d’architecture.

 # Mettre en réseau | Et si l'échange et une bonne culture de communication étaient un des premiers vecteurs dans la question du biosourcé ? Cela implique de sensibiliser les non-sachants aux enjeux de la construction durable, d'entretenir un réseau pertinent de partenaires afin de garantir les coûts et l'innovation technique de la mise en œuvre, et de maintenir une culture de planification interactive et dynamique entre les acteurs impliqués dans le projet (Moa, Moe, Bet, entreprises, et cetera). En effet, la mise en réseau et le partage d’idées et de connaissances entre les anciennes et les nouvelles générations semblent inévitable, afin de repenser ensemble des approches innovantes. En Allemagne certains mouvements et initiatives existent déjà pour explorer ensemble de nouvelles pratiques et processus de constructions innovantes, afin d’ouvrir un débat pluridisciplinaire. Ainsi, les initiatives allemandes « Baukultur » et « Architects for future » – un regroupement de différents acteurs interdisciplinaires issus de tous les domaines de la planification, de l'aménagement et de la construction – militent depuis un certain temps pour un tournant dans la construction. Des organismes équivalents le font de la manière ailleurs en Europe. La question qui se pose ici est de savoir si ce genre d’initiatives doivent forcément s'arrêter aux frontières ou si l'on pourrait développer des alliances plus fortes en Europe dans l'esprit d'un nouvel « Arts and Crafts » ? Après tout nous faisons face à des exigences techniques similaires dans le même contexte climatique face à une culture de vivre européenne. Le nouveau Bauhaus européen est une initiative qui va dans ce sens.

Le mot de la fin ?

Les champs des possibles de la contrainte écologique et la question du biosourcé évolueront au fil du temps et en appelleront de nouveaux. Malgré l'urgence de la crise climatique, le moment présent est aussi une source d'inspiration pour construire les bases d'un autre

monde et inventer une nouvelle culture de l'existence. Ce changement de paradigme repose sur l'interaction de trois facteurs : la dure réalité des ressources limitées, le pouvoir de la créativité et, entre les deux, chacun d'entre nous.

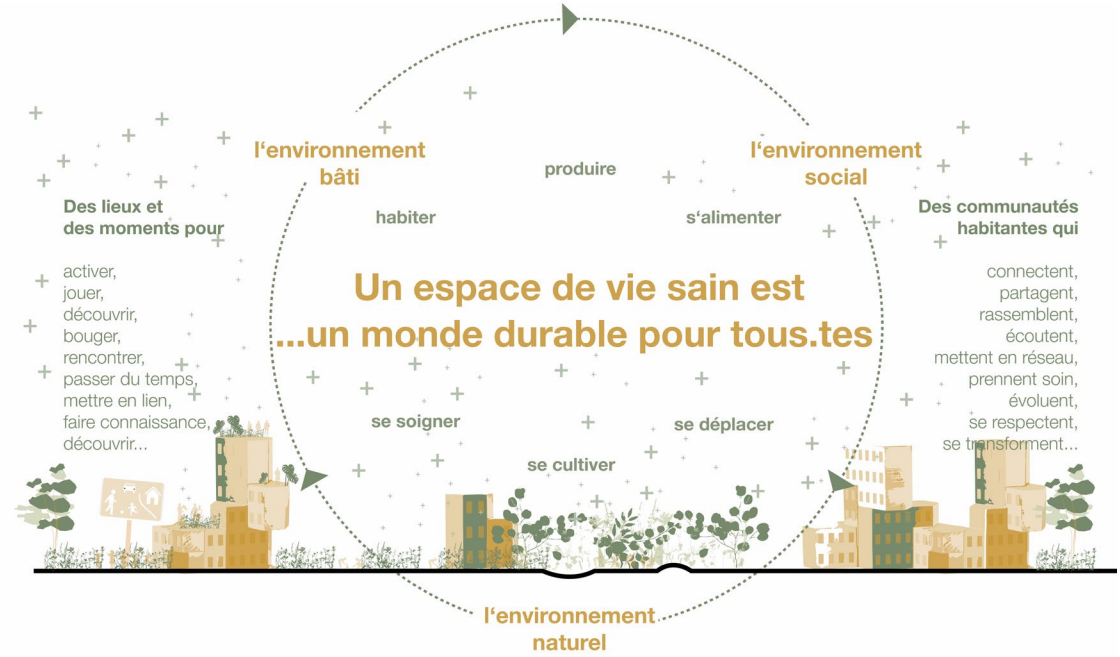


Image 1 : Quel monde durable ? | credits schultearchitekten

Pour aller plus loin :

https://www.bundesstiftung-baukultur.de/

https://www.architects4future.de/

https://new-european-bauhaus.europa.eu/index_en

https://www.dgnb.de/de

https://blog.dgnb.de/author/christine-lemaitre/

Contact :

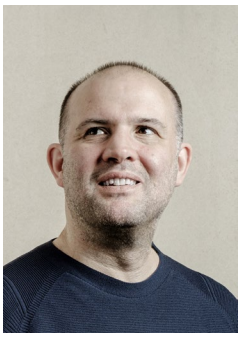
info@schultearchitekten.de

paris@schultearchitekten.de

https://www.schultearchitekten.de/

Campus Scolaire Wobrécken à Esch-Sur-Alzette, Luxembourg : Bilan Carbone, Une Vision Holistique

Pit KUFFER
witry & witry architecture urbanisme
Echternach, Luxembourg



Campus Scolaire Wobrécken | Esch-Sur-Alzette : Bilan Carbone, une Vision Holistique

Issu d'un concours d'architectes organisé par la Ville d'Esch-Sur-Alzette – Luxembourg, le Campus Scolaire Wobrécken qui accueille environ 400 enfants de tout âge est conçu avec une vision environnementale élargie qui quantifie l'impact écologique, économique et sociétal tout au long du cycle de vie.

1. Bilan Carbone 2016–2024

En 2016, quand le projet a débuté, le calcul du bilan carbone n'était pas ou très peu pratiqué. Depuis les directives européennes tel que le Pacte Vert pour l'Europe (European Green Deal 2019), les conventions des conférences COP mais aussi les directives et initiatives nationales – public et privé, l'importance des bilans carbone a connu une évolution à grand pas. Depuis le lancement du projet Wobrécken, le calcul du bilan carbone a été simplifié par la venue de logiciels performant, la disponibilité adéquate de données nécessaire au calcul tel que les déclarations environnementales de produits (EPD), définition d'une unité unique GES (CO2éq) et autres. Cependant la comparabilité de composants de bâtiments par rapport au potentiel de diminution de l'énergie grise et des émissions carbone liées reste méconnu.

2. Campus Scolaire Wobrécken – Objectifs Bas Carbone

Pour mieux comprendre le potentiel de diminution des émissions GES dans le secteur de la construction, nous avons entamé en 2016 une recherche comparative pour détecter les paramètres de réduction des émissions carbones sur l'ensemble du cycle de vie. C'est avec le soutien du Ministère de l'Environnement, du Climat et de la Biodiversité (Luxembourg) et de la Ville d'Esch-Sur-Alzette que le Projet du Campus Wobrécken a été nommé « Projet Phare dans le domaine des constructions bas carbone ». Dès le début des études, deux objectifs principaux ont été définis. D'une part la quantification et la comparaison des émissions CO2éq des composants du bâtiment tout en veillant à ce que les éléments comparés aient des caractéristiques physiques identiques (prévention incendie, isolation phonique, coefficient d'isolation et autres). D'autre part, le conditionnement des résultats avec pour but de pouvoir visualiser et reproduire les choix faits lors de la planification.



Figure 1 : Analyse comparative des composants du bâtiment – schéma (illustration Witry & Witry S.A.)

3. Projections des Émissions GES jusqu'en 2050 (Luxembourg)

Les conséquences du changement climatique sont d'ores et déjà perceptibles et s'aggraveront dans les années à venir. Les mécanismes principaux contribuant à l'atténuation des hausses des températures globales sont bien connus. Une explication approfondie des

interrelations complexes des différents « points de basculement » et des émissions CO2éq occasionnées par l'humanité dépasserait le cadre de cet exposé.

Toutefois en 2023, les émissions de CO2éq globales étaient à un niveau record par rapport aux années précédentes. Malgré les prévisions scientifiques et les connaissances empiriques, l'irréversibilité de six des neuf points de basculements sont imminents. Les données mesurées à travers la planète indiquent que le changement climatique se manifeste plus vite que prévu. Il est profondément inquiétant de constater à quel point la société civile et la politique abordent le sujet timidement. Certes, des réactions impulsives ne sont pas une option car la stratégie de réduction des émissions GES dans le secteur de la construction doit être bien réfléchie et quantifiée, non seulement pour l'énergie d'exploitation comme c'est actuellement le cas avec le passeport énergétique, mais tout au long du cycle de vie.
L'objectif de l'analyse du Campus Scolaire Wobrécken était de pouvoir quantifier les réductions des émissions CO2éq des composants principaux du bâtiment et de définir dans quelle mesure cela correspond aux projections des émissions GES nationales luxembourgeoises. Cette projection divise les émissions GES dans 5 domaines (fig.02). Hormis la mobilité causée par les flux traversant le petit pays on constate que l'énergie opérationnelle des bâtiments est un des plus grands émetteurs de CO2éq. Au niveau des matériaux de construction, la production au Luxembourg est très faible, les matériaux de construction sont importés et ne sont pas représentés de manière adéquate sur les projections (fig. 02). Sachant que le secteur de la construction est un des plus grands consommateurs de ressources, le potentiel de réduction des émissions CO2éq est énorme. Afin d'évaluer les émissions sur l'entièreté du cycle de vie, nous avons défini quatre phases de vie : 1) La construction, 2) L'exploitation, 3) La modification/adaptation 4) Le démantèlement/ réutilisation.

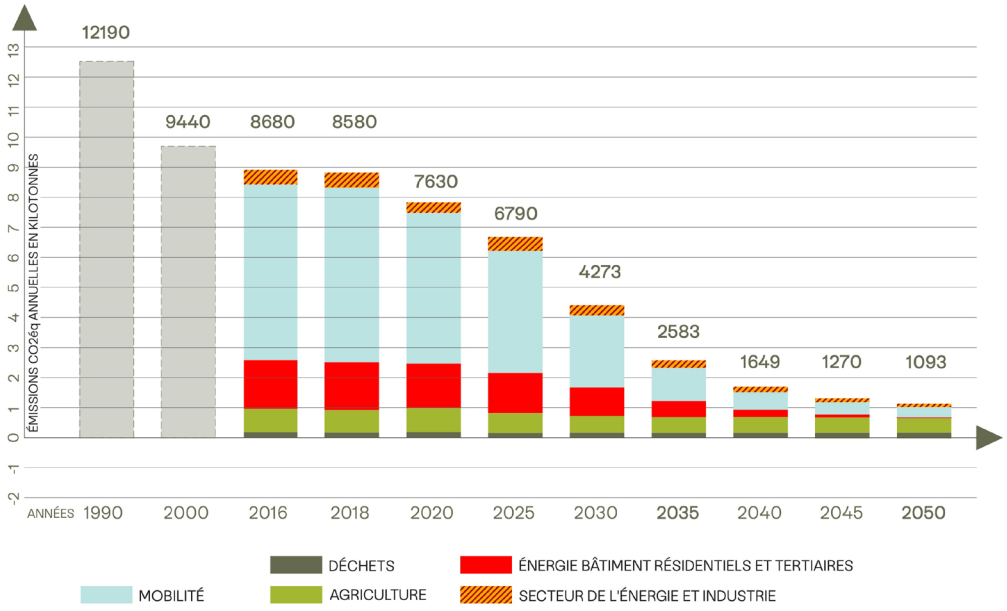


Figure 2 : Projections des Émissions GES jusqu'en 2050 sur la base des politiques et mesures additionnels – nouvelles et renforcés – (illustration Witry & Witry S.A.)

4. Réductions GES – Stratégie de Base

« L'énergie nécessaire à fabriquer les matériaux de construction pour un bâtiment conçu selon le standard « Passivhaus », est similaire à l'énergie nécessaire à l'exploitation consommée au cours de sa durée de vie de 50 ans. »

La meilleure stratégie pour réduire les émissions GES liés aux matériaux de construction est de commencer avec le bon sens et des mesures simples tel que l'optimisation de la compacité du bâtiment [Sp/V]. Cette mesure économise non seulement l'énergie d'exploitation tout au long du cycle de vie mais réduit également le volume des ressources de construction nécessaire (fig 03). Cependant, le potentiel de réduction des émissions GES dépend

fortement du contexte urbain dans lequel le bâtiment est situé. En raison du programme spatial du bâtiment et de la surface limitée du terrain, nous avons dû planifier un bâtiment avec sous-sol ce qui a considérablement augmenté l'apport en béton armé. Par la suite, les composants du clos et couvert ont été analysés et optimisés pour réduire dans la mesure du possible les GES y liés. En complément, le nombre des matériaux de construction a été réduit. Les essences de bois utilisées sont pour la majorité des bois résineux. La structure est en sapin/épicéa, la façade en épicéa peint en rouge. Cette réduction des matériaux facilitera la réutilisation des matériaux de construction après la fin de vie du bâtiment, car un volume conséquent du même matériau, augmente le potentiel de réutilisation.

Une autre stratégie de réduction des émissions GES est l'unification de l'école primaire et de la maison relais dans un seul bâtiment. Cette combinaison permet de mutualiser certains espaces tels que les ateliers et les salles de bricolage mais aussi les blocs sanitaires qui sont utilisés par l'école et la maison relais. La conception des espaces partagés a été fixée au préalable lors d'un processus participatif avec le personnel des deux entités. L'implication des acteurs à un stade précoce de la planification est essentielle pour parvenir à un consensus qui fonctionne. La cour de récréation de l'école peut également être utilisée par les enfants en dehors des heures de classe avec l'objectif d'intégrer l'école dans l'environnement urbain existant

5. Réduction GES – Dénicher le Potentiel Supplémentaire

L'application de la stratégie de base décrit auparavant, permet dans une première phase d'éviter une quantité non négligeable d'émissions GES. La prochaine étape consistait à dénicher de manière systémique le potentiel supplémentaire. La structure portante est responsable pour près de 50% des émissions GES. En substituant le béton armé par une structure en acier/bois, les émissions ont pu être réduites considérablement. Or, la direction de pose des poutres en acier exerce une influence majeure sur la quantité d'acier nécessaire. En choisissant de poser les poutres d'acier en parallèle avec la façade (et non perpendiculaire) la quantité d'acier a pu être réduite d'environ 30%. En raison du manque de temps, nous n'avons pas pu analyser d'avantage les éléments en béton armé tel que les caves et les cages d'escaliers mais l'optimisation et la réduction du béton armé est depuis lors un sujet que nous abordons dans le cadre d'autres projets.

Afin de réduire de manière systémique les émissions GES des composants principaux du bâtiment (murs intérieurs et extérieurs, dalles de sol, planchers, toitures, fenêtres et autres), une approche comparative sur l'ensemble du cycle de vie a été choisie pour déterminer les couches ayant un impact négatif sur le bilan carbone. Pour pouvoir comparer et par la suite optimiser les composants, les éléments comparés doivent avoir des caractéristiques physiques identiques répondant aux règlements et aux normes requises. Les différents composants ont été mis en relation avec les coûts du cycle de vie. Cependant, l'interconnexion des différents aspects à travers les phases de vie rendent difficile la lisibilité des résultats. Vu que ces résultats constituaient la base pour les décisions du maître d'ouvrage, le conditionnement et la visualisation des conclusions jouaient un rôle essentiel. Les descriptifs ont été formulés de manière à être compréhensible aux non experts.

Cette analyse a généré certaines conclusions inattendues. A titre d'exemple : Lors des calculs pour la dalle de sol, on a constaté qu'une isolation thermique en XPS est plus favorable que celle en verre cellulaire bien que celui-ci est produit sur base de verre recyclé. En raison de ses meilleures propriétés isolantes de l'XPS, la couche d'isolation est considérablement plus mince. Un autre facteur positif est la diminution des d'excavations liée au radier moins épais. Lors de la comparaison de différents types de fenêtres, nous avons constaté que la combinaison d'un cadre en matière plastique (thermoplastes) avec une coque protectrice en aluminium à l'extérieur est plutôt favorable car les profilés en matière plastique ont de très bonnes propriétés thermiques. Protégée des rayons UV par la coque en aluminium, la durée de vie est similaire aux cadres bicouche bois-aluminium. Après le démantèlement, l'aluminium et la matière plastique peuvent être réutilisés.

Dues aux capacités de stockage de CO2 du bois, les fenêtres avec des cadres en bois et une coque en aluminium émettent moins de GES au cours du cycle de vie que les fenêtres mentionnées auparavant mais en raison des exigences thermiques de plus en plus élevées, des bandes d'isolation thermique doivent être intégrées dans les profils en bois. Les deux matériaux sont généralement collés et ne peuvent pas être séparés de manière non destructive. La réutilisation des ressources après la fin de vie n'est pas garantie.

La comparaison de différents composants de revêtements de sol a révélé qu'un revêtement en linoléum serait la solution la moins émettrice de GES. En effet, les revêtements en bois nécessitaient un complexe de désolidarisation en matière plastique sur laquelle les lamelles de bois sont collées. Bien que l'empreinte carbone du bois pour la production et la mise en œuvre est généralement meilleure, une analyse holistique du bilan écologique sur l'ensemble du cycle de vie a dévoilé qu'un démontage non destructif n'est guère possible et seule une valorisation thermique ultérieur est envisageable.

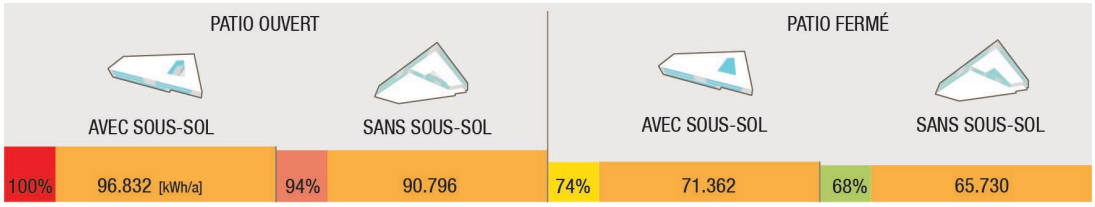


Figure 3 : Optimisation du ratio de compacité SP/V pour réduire les besoins en ressources (illustration Witry & Witry S.A.)

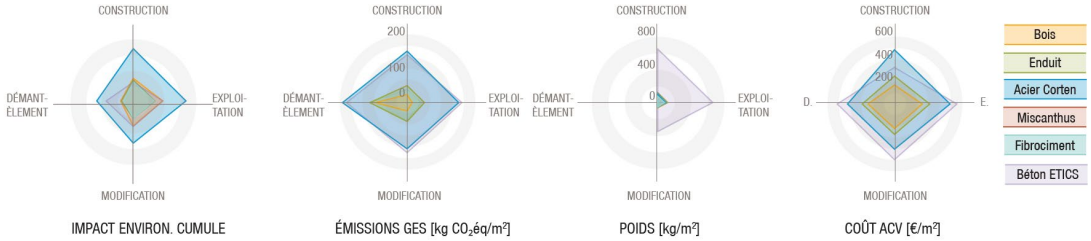


Figure 4 : Étude comparative des composants des murs extérieurs au cours du cycle de vie (illustration Witry & Witry S.A.)

6. Conclusion

Les études menées sur le projet « Campus Scolaire Wobrécken » ont pu éclaircir, compte tenu des exigences actuelles de législation, des normes et de confort, comment les bâtiments publics peuvent être conçus et construit en vue d'atteindre la neutralité carbone. Ceci tant sur le plan de l'énergie d'exploitation mais aussi en termes de l'énergie grise et les émissions GES liés.

Tout d'abord, il faudra prévoir dans la feuille de route envers la neutralité carbone les délais de planification et de construction fastidieux pouvant aller jusqu'à 8 ans, voire plus. En conséquence pour un bâtiment avec un début de planification en 2024, les seuils maximaux des émissions GES de l'année de mise en service, soit ≈ 2032, devraient être pris en compte. Mais aussi d'autres facteurs perturbateurs tel qu'une pénurie de ressources de construction et la flambé des prix consécutifs comme en début de la pandémie sont des éléments à prendre en considération.

D'autre part, la suffisance des volumes construits et des matériaux de construction (less is more) ainsi que leur réutilisation après la fin de vie, sont actuellement très peu pratiqués par le secteur de la construction. Ces facteurs sont pourtant des éléments essentiels envers la neutralité carbone. Même si l'atténuation du changement climatique n'est dès lors uniquement possible avec des moyens techniques tel que le captage direct du dioxyde de carbone, il est impératif d'exploiter chaque élément aidant à réduire les émissions GES.

Pour pouvoir concevoir et construire en concordance avec les objectifs climatiques, le secteur de la construction devra approprier les principes d'économie circulaire. Bien que l'application des principes du Re-Use augmentent, on utilise pour la plupart des matériaux de construction vierges prévu pour une réutilisation ultérieure, même si des matériaux

provenant de structures démantelées sont d'ores et déjà disponibles. Nos études ont montré que construire avec le bois est un élément essentiel envers la construction de bâtiments neutre en émissions GES. Il est également essentiel de prendre en considération les autres ressources sur l'ensemble du cycle de vie et au-delà afin d'atteindre la réduction nécessaire des émissions GES.

7. L'équipe Campus Scolaire Wobrécken Esch-Sur-Alzette

Développer les usages du bois à longue durée de vie : regard sur les filières allemande, roumaine et suédoise

Océane LE PIERRES
I4CE – Institut de l'économie pour le climat
Paris, France



Ces dernières années furent particulièrement rudes pour les forêts françaises, exposées aux sécheresses, aux épidémies, aux feux. Alors que la réussite de la stratégie nationale pour l'atteinte de la neutralité carbone en 2050 dépend en partie de la vigueur des puits de carbone, les derniers inventaires forestiers et des émissions et absorptions des gaz à effet de serre sont sans appel : en l'espace de dix ans la mortalité des forêts a bondi de 80%, et la séquestration de carbone par les forêts sur la période 2013-2021 a diminué d'un tiers[1]. Afin de pleinement tirer parti du potentiel d'atténuation du changement climatique de la filière forêt-bois dans ces conditions difficiles, la réflexion autour des usages du bois et du fléchage du bois vers les produits à longue durée de vie est indispensable.

1. Les usages du bois : un levier clé pour atténuer le changement climatique

1.1. Quelle place occupent la forêt et le bois dans la Stratégie nationale bas-carbone ?

La stratégie climatique de la France, dénommée "Stratégie nationale bas-carbone" (SNBC), fixe les trajectoires de réduction des émissions de gaz à effet de serre de tous les secteurs de l'économie française, dans l'optique d'atteindre la neutralité carbone en France d'ici 2050. La filière forêt-bois est concernée à plusieurs titres, en ce qu'elle permet de jouer sur les deux leviers de la neutralité : réduire les émissions des secteurs émetteurs d'une part, et renforcer les absorptions de carbone d'autre part. Ils se déclinent en quatre mécanismes :

- La séquestration du carbone par les écosystèmes forestiers (biomasse, sols, bois mort)
- La prolongation du stockage du carbone dans les produits bois : le carbone absorbé lors de la croissance de l'arbre est stocké pour une durée proportionnelle à l'usage final du produit (par exemple dans des meubles, des structures de bâtiment, des emballages…) constituant ainsi un puits complémentaire à celui des forêts.
- La substitution des produits bois à des matériaux plus polluants : le recours au bois plutôt qu'à des matériaux tels que le plastique, le béton, ou encore la laine de verre permet de décarboner les secteurs du bâtiment (car il consomme des matériaux), de l'industrie (car elle produit des matériaux) et de façon générale tous les secteurs usant d'emballages.
- La substitution du bois énergie aux énergies fossiles : le recours au bois plutôt qu'à ces énergies (par exemple le pétrole, le charbon ou le gaz), notamment pour la production de chaleur, permet de décarboner les secteurs y ayant recours.

Dans le volet forêt-bois de la SNBC, seuls la séquestration du carbone dans les forêts et les usages des produits bois sont directement ciblés. La SNBC table notamment sur une forte augmentation de la production de sciages et de panneaux d'ici 2050. Les effets de substitution sont quant à eux indirectement visibles dans les trajectoires de décarbonation des secteurs où sont utilisés les produits bois, comme l'énergie ou encore le bâtiment., Il n'y a pas d'objectif fixé spécifiquement pour la substitution des matériaux bois, elle est un moyen parmi d'autres d'atteindre les objectifs de réduction des émissions de ces secteurs. Concernant la substitution énergétique en revanche, la programmation pluriannuelle de l'énergie en vigueur jusqu'en 2028 vise une augmentation de la consommation finale de chaleur produite à partir la biomasse.

[1] IGN, 2023. Mémento de l'inventaire forestier national – édition 2023

1.2. Développer les usages du bois à longue durée de vie pour stocker plus de carbone

I4CE a analysé les objectifs de la SNBC 2 sur les puits de carbone dans un rapport publié en 2022, « Puits de carbone : l'ambition de la France est-elle réaliste ? ». Cette analyse révèle que le stockage du carbone dans les produits bois était un levier clé de la stratégie climatique, qui pesait lourd sur le volume total de puits de carbone prévu pour 2050. Elle tablait ainsi sur une multiplication par 10 du puits de carbone permis par les produits bois, pour atteindre 20 $MtCO_2$ en 2050. Si aujourd'hui ces chiffres sont revus à la baisse pour plus de réalisme, le puits de carbone dans les produits bois reste un levier clé de la stratégie climatique. Sur ce point, l'analyse révèle que ce n'est pas tant l'augmentation de la récolte de bois qui permet de faire grossir ce puits, mais une meilleure valorisation matière du bois récolté. Ainsi, c'est l'orientation d'une plus grande partie de la récolte vers les filières de produits bois à longue durée de vie comme les sciages et les panneaux qui est visée. Cette réorientation des usages du bois est même une condition sine qua non à l'atteinte des objectifs de stockage de carbone : si la récolte augmente mais que les usages restent les mêmes, le puits de carbone dans les forêts et les produits bois sera diminué d'ici 2050. Les efforts pour atteindre nos objectifs climatiques devront alors être reportés sur les autres secteurs.

Ces objectifs donnés au secteur forêt-bois, comme aux autres secteurs économiques, sont actuellement en train d'être rediscutés au niveau national, dans le cadre de l'élaboration d'une nouvelle mouture de la SNBC qui sera divulguée dans les prochains mois. Elle tiendra compte notamment de la dégradation du puits de carbone forestier, ce qui rebat les cartes pour la filière forêt-bois mais aussi pour les autres secteurs économiques.

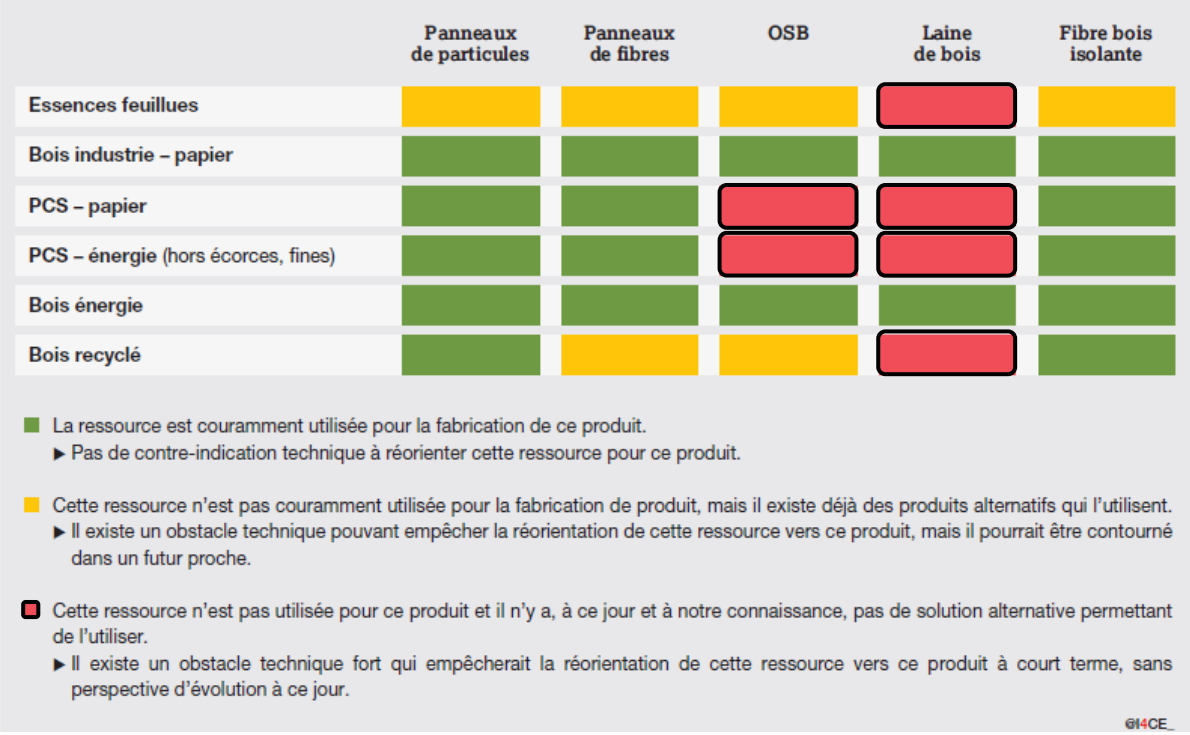
2. Faire plus de place aux sciages et aux panneaux pour stocker plus de carbone

Concrètement, qu'implique cette réorientation des usages du bois ? Quels types de bois pourraient techniquement être orientés différemment, et vers quels produits et usages ? Quelles sont les contraintes techniques de production dans les différentes filières et lesquelles peut-on lever ? Ce sont les questions auxquelles I4CE met en discussion des éléments de réponse dans un second rapport paru en 2022, « Réorienter les usages du bois pour améliorer le puits de carbone ».

2.1. Les panneaux et les isolants, des filières prometteuses à court terme pour développer les usages à longue durée de vie du bois industrie

À court terme, les panneaux et les isolants dérivés du bois industrie (panneaux de particules, de fibres, OSB) sont des filières particulièrement prometteuses pour la valorisation matière de bois souvent destinés à des usages énergétiques. En effet, ces filières ont la particularité d'utiliser en partie des ressources communes aux filières de la pâte et de l'énergie : du bois rond résineux de faible diamètre, des coproduits de la transformation du bois et du bois recyclé (Figure 1). Ces ressources pourraient donc être utilisées pour la production de panneaux ou encore d'isolants, sans ajustement technique majeur. Dans le cas des bois feuillus, les plus tendres tels le peuplier sont déjà utilisés dans certains panneaux ; les plus durs font encore figure d'exception.

Tableau 1 : Synthèse des principales contraintes techniques identifiées pour la réorientation des usages du bois industrie et des ressources secondaires vers la production de panneaux et d'isolants



Source : I4CE, 2022. Réorienter les usages du bois pour améliorer le puits de carbone : sur quels produits miser en priorité ?
Exemples de lecture : 1) les essences feuillues ne sont pas couramment utilisées pour aucun des panneaux et isolants, mais il existe quelques produits qui les utilisent, sauf pour la laine de bois toujours produite à partir de résineux. 2) L'OSB est généralement fabriqué à partir de bois rond résineux de type bois industrie / bois énergie. Il n'est pas possible d'en produire avec des coproduits, en revanche il est possible d'utiliser du bois recyclé bien que cela ne soit pas la pratique courante.

Concernant leurs usages, les panneaux sont versatiles puisqu'ils trouvent à la fois leur place en structure des bâtiments, par exemple avec des murs à ossature bois, en aménagement d'intérieur ou encore en ameublement. Le bois destiné à l'ameublement a bien sûr une durée de vie plus courte qu'un usage structurel mais il offre néanmoins un stockage du carbone bien plus long que celui du papier et de l'énergie. Les isolants à base de bois ont également un potentiel de développement important : s'ils sont encore peu employés, les forts objectifs nationaux de rénovation énergétique du parc des bâtiments leur offrent un marché potentiel massif.

2.2. Augmenter la part de la valorisation en bois d'œuvre : un potentiel limité dans l'immédiat mais prometteur à moyen terme

À moyen terme, une meilleure valorisation du bois d'œuvre semble également possible via deux leviers principaux. D'une part par une plus grande valorisation des feuillus ; d'autre part, par un élargissement de ce qu'on qualifie de bois d'œuvre, ou, plus simplement dit, par un assouplissement des critères de l'industrie et des marchés quant aux diamètres et qualités sciés. Dans ces deux cas, les produits d'ingénierie (type lamellé-collé, LVL…) sont une piste prometteuse pour diversifier les usages de ces ressources.

2.3. Une politique faisable sur le plan technique, mais qui nécessite les bonnes conditions économiques

Flécher une plus grande partie du bois français vers des usages à longue durée de vie, et plus particulièrement vers des produits de construction apparaît donc comme faisable d'un point de vue purement technique. La mise en œuvre de cette politique à l'échelle souhaitée par la politique climatique n'en reste pas moins un défi et de nombreuses questions se posent : la demande pour ce type de produits est-elle au rendez-vous ? Avons-nous les capacités de production nécessaires ? Le développement des filières des produits d'ingénierie, notamment celles des panneaux et des isolants, impliquerait notamment de mettre au point une politique industrielle dont les objectifs seraient l'augmentation des capacités de production, des débouchés pour les ressources trop peu transformées pour des usages à longue durée de vie (feuillus, bois de faible diamètre, de faible qualité), et plus largement de la demande pour les matériaux bois de construction.

Pour se faire, les bonnes incitations économiques et réglementaires doivent être en place, notamment pour que l'usage du bois dans les bâtiments se répande, y compris dans la rénovation énergétique. Dans l'optique d'identifier des pratiques qui pourraient améliorer la valorisation matière et à longue durée de vie du bois français et dont l'on pourrait s'inspirer, I4CE s'est récemment penché sur d'autres filières forêt-bois européennes.

3. Composition de la récolte, organisation industrielle, subventions… de multiples facteurs à l'origine de la stratégie de nos voisins européens

3.1. Focus sur l'Allemagne, la Roumanie et la Suède à la recherche de 'bonnes pratiques' pour favoriser les usages longs

L'analyse a porté sur l'Allemagne, la Roumanie et la Suède. Les récoltes de tous les pays ont été comparées en préambule de l'analyse, sur la base des données fournis par les pays à Eurostat, l'Office statistique de l'Union européenne. Une liste de critères a mené à la sélection de ces trois pays ; parmi ces critères, la part de bois matériau (bois d'œuvre et bois industrie) et de feuillus dans la récolte totale, ainsi que le ratio entre la part de bois matériau et de feuillus ont été particulièrement déterminants.

Pour chaque pays, un état des lieux a été mené afin de vérifier si le pays avait une plus forte proportion de valorisation matière des feuillus, des bois de faible diamètre et de faible qualité, des coproduits et de bois recyclé que la France. Ces états des lieux cadrent ensuite l'analyse de la filière, dont l'objectif est d'identifier quels ont été les facteurs pouvant expliquer leurs performances. Par exemple, dans les cas de l'Allemagne et de la Suède, l'idée était d'aller voir si, au-delà de la forte composante résineuse de leur récolte, d'autres facteurs tels que des politiques (par exemple favorisant ou non la biomasse énergie, le bois dans la construction…) ou encore des initiatives des acteurs de la filière pourraient expliquer que leur filière soit structurée ainsi.

L'Allemagne fut sélectionnée principalement en raison de la forte valorisation matière de sa récolte, et de sa très forte production de panneaux. Ce dernier point était d'autant plus intéressant le volume de bois industrie récolté y est quasiment identique à celui de la France. Pour la Roumanie, c'est son importante part de feuillus récoltés (qui plus est des feuillus similaires à ceux récoltés en France) et la forte valorisation matière qui en est fait qui ont motivé sa sélection. Enfin, la Suède fut sélectionnée pour son très fort taux de valorisation matière, et pour l'importance qu'y a la construction bois.

Figure 1. Taux de valorisation matière et européenne des plus grosses récoltes de bois en Europe, en 2019

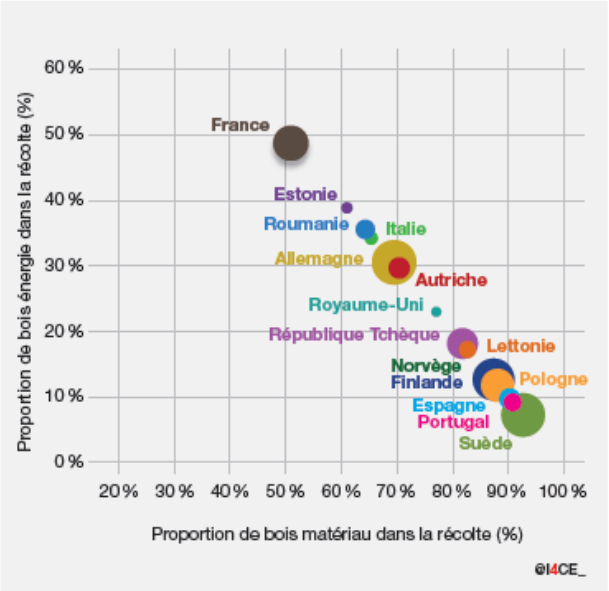
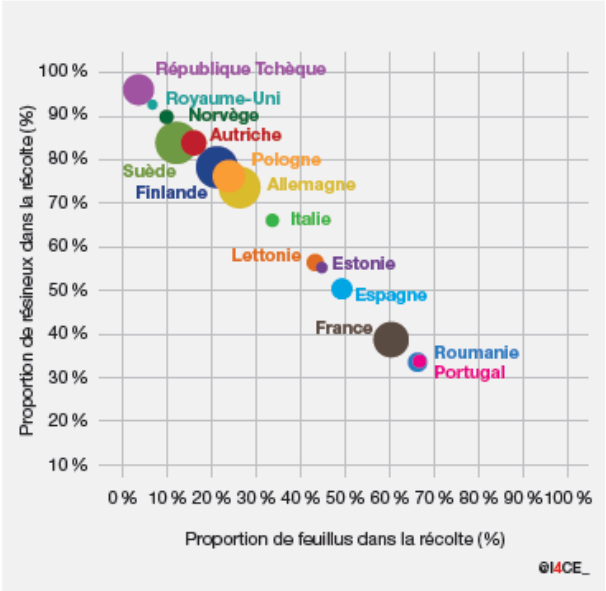


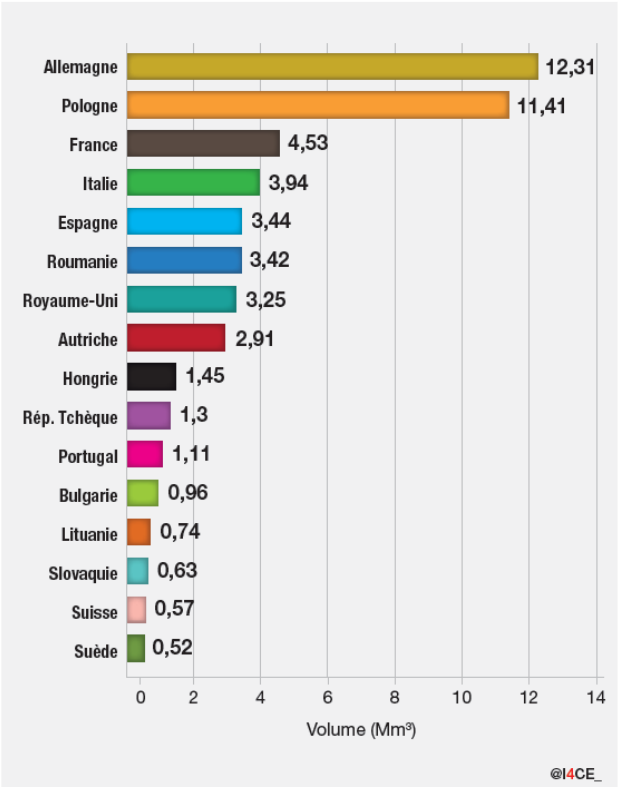
Figure 2. Répartition des essences dans la récolte, en 2019



Source : I4CE, 2023. Développer les usages du bois à longue durée de vie : regard sur les filières allemande, roumaine et suédoise

NB : Ne sont représentés que les pays dont la récolte totale de bois est supérieure à 10 Mm^3. Ce graphique mobilise les données fournies par les pays à Eurostat. Elles sont à manier avec prudence : il peut y avoir des écarts tant sur les volumes récoltés, que sur leurs usages si bien que le bois énergie est fréquemment sous-estimé. Seules la Finlande et la France ont mis à jour leurs données pour corriger cela, en tenant compte du bois de chauffage autoconsommé par les ménages dans le cas de la France.

Figure 3. Production de panneaux dérivés du bois industrie en Europe, en 2019 (Mm^3)



Source : *ibid*.

NB : Ne sont représentés que les pays ayant produit plus de 0,5 Mm^3 de panneaux.

3.2. Les principales pistes retenues

Trois principaux leviers inspirants pour développer les usages à longue durée de vie sont ressortis de la mise en perspective des conclusions sur chaque pays.

3.2.1. Subventionner les usages longs

Premièrement, le subventionnement de ces usages est une mesure qui semble porter ses fruits. Nous avons remarqué par exemple la mise en place en Allemagne d'une aide d'État d'environ 25 millions d'euros promouvant la consommation d'isolation biosourcée au début des années 2000. Partant du constat que le surcoût des isolants biosourcés relativement aux isolants pétrochimiques et minéraux (laine de verre, polystyrène…) était un frein à leur développement, le gouvernement fédéral instaura cette subvention qui compensait jusqu'à la moitié du surcoût des consommateurs (des particuliers, mais aussi des entreprises si locataires, propriétaires ou promoteurs de bâtiments). La subvention prit fin lorsque les objectifs du gouvernement quant aux volumes produits et vendus furent atteints, ces volumes devant permettre à la filière de dégager des économies d'échelle suffisantes pour améliorer la rentabilité des producteurs. Par rapport à 2002, le volume d'isolants biosourcés consommés en Allemagne a été multiplié par 50. En revanche, cette augmentation est nuancée par la croissance du marché des isolants tous types confondus : celui-ci s'étant aussi fortement développé, la part de marché du biosourcé n'était en 2020 que de 5%, soit seulement un point de plus par rapport à début 2000.

Nous avons aussi relevé la mise en œuvre d'une stratégie nationale et de programmes de financement public et privé en Suède promouvant la construction bois de bâtiments de moyenne et grande hauteur, et au sein desquels l'État, l'industrie et la recherche ont tous trois collaboré activement. Ce type de construction bois ayant été interdite jusqu'en 1994, il s'agissait notamment de créer un réseau d'acteurs et de mettre à niveau la capacité de production de l'industrie, l'offre de formation et la diffusion des savoirs, la recherche et le développement pour créer de nouveaux systèmes constructifs bois. La construction hors-site fut particulièrement visée, ayant été identifiée comme un moyen de réduire les besoins en main d'œuvre et de mieux maîtriser le coût des matières premières. Aujourd'hui, la part de marché du bois dans la construction de logements collectifs s'élève à 20 %, une forte évolution donc en l'espace de 30 ans. Si la stratégie et les initiatives du gouvernement suédois et des secteurs de la recherche et de l'industrie ont payé, ils témoignent toutefois du chemin à parcourir pour développer un nouveau marché, même dans un pays où la construction bois est extrêmement répandue et culturellement acquise (80 à 90 % des maisons individuelles y sont à ossature bois), l'industrie du bois fortement développée et optimisée, et la ressource forestière homogène et résineuse.

Ces deux exemples de subventionnement des usages à longue durée de vie donnent un avant-goût des efforts à déployer en France pour créer ou massifier les débouchés dans le secteur du bâtiment. En effet, comparativement à ces pays, la France est dotée d'une ressource forestière plus diversifiée et moins adaptée aux usages industriels, et son industrie est moins développée. Le subventionnement des usages longs nous semble donc être une condition nécessaire mais non suffisante à leur développement.

3.2.2. Assumer la priorisation des usages du bois dans les politiques publiques

Deuxièmement, assumer de prioriser certains usages par rapport à d'autres apparaît nécessaire pour augmenter la part de la récolte fléchée vers les usages à longue durée de vie. C'est notamment le cas des filières des panneaux et des isolants, du papier-carton et de l'énergie qui ont en commun une partie de leurs matières premières. De ce fait, l'expansion de l'une de ces filières génère une tension sur l'approvisionnement des autres filières. On devine cette relation à flux tendus sur la ressource dans chacun des pays étudiés, où une à deux de ces filières prennent le dessus sur le(s) autre(s).

- En Roumanie, la filière panneautière a fortement crû depuis 2000 ; elle profite d'une certaine facilité d'approvisionnement, l'industrie papetière roumaine ayant rendu son dernier souffle en 2009 et la filière énergie (hors chauffage individuel des ménages) étant peu développée.

- En Suède, la biomasse représente un quart de l'offre d'énergie et est principalement composée de bois. Pour autant, la quasi-totalité de la récolte est valorisée par l'industrie, essentiellement composée des scieurs et des papetiers, la production de panneaux étant anecdotique. Ce tour de force s'explique par la forte optimisation de la filière et l'étendue des réseaux de chaleur auxquels trois quarts des logements sont raccordés, et qui consomment principalement des coproduits du sciage, de la liqueur noire, des plaquettes forestières et du bois de qualité insuffisante pour l'industrie (par exemple trop endommagé par des feux de forêt, ou des agents pathogènes).
- En Allemagne, la filière panneautière consomme plus de ressources forestières et de coproduits de la transformation du bois que la filière énergie (hors chauffage individuel des ménages), qui consomme plus de bois recyclé comparativement à la France. Ce dernier cas illustre particulièrement l'effet d'une politique industrielle plus soutenue : l'économie allemande dépend bien plus fortement de l'industrie, elle dépense plus pour la recherche et le développement, et à la suite de la réunification du pays en 1989, une réindustrialisation active des régions de l'Est fut opérée dès les années 1990 qui dota ces régions de sites de production dits « intégrés », mêlant scieries et usines de panneaux.

Comparativement à ces pays, la France a eu une politique davantage tournée vers l'énergie (notamment via les financements de projets par le Fonds chaleur) que vers les filières des panneaux ou encore des isolants, également concurrencés par le papier.

3.2.3. Ne pas oublier l'ameublement pour dynamiser l'offre en produits semi-finis

Enfin, l'existence de débouchés est bien évidemment un élément structurant. Concernant l'industrie panneautière, son rythme de production la rend tributaire de sa capacité à écouler ses stocks. Le manque de débouchés pour les panneaux peut être un frein au bon fonctionnement des usines ; leur assurer des débouchés est donc un impératif pour accroître fortement la production. En Allemagne et en Roumanie, toutes deux parmi les six plus gros producteurs de panneaux européens (2019), l'ameublement a été un débouché déterminant dans la croissance de la filière. Dans le cas de la Roumanie uniquement, il contribue également à la valorisation des feuillus (chêne, hêtre, châtaignier, frêne, bouleau) via la production de bois d'ingénierie servant à fabriquer des meubles de cuisine, des plans de travail et des revêtements de sol. Comme expliqué dans la partie 2.1, si l'ameublement est un usage moins durable que ceux dans la construction et la rénovation des bâtiments, il peut aider à massifier la production de ces produits, aussi utilisables en construction.

Pour conclure, soutenir la production des produits bois à longue durée de vie appelle à répercuter la volonté politique d'accroître le stock de carbone dans ces produits jusque dans les politiques publiques. Sans cette capacité à augmenter la valorisation matière du bois récolté, la seule augmentation de la récolte aurait pour conséquence de réduire le stock de carbone en forêt, déjà fragilisé par la hausse de la mortalité forestière, sans être capable d'augmenter suffisamment celui dans les produits bois. Cela diminuerait drastiquement la contribution de la filière forêt-bois à l'atténuation du changement climatique.

Pour en savoir plus

Nous vous invitons à prendre plus ample connaissance de notre rapport *« Développer les usages du bois à longue durée de vie : regard sur les filières allemande, roumaine, et suédoise »*, disponible sur notre site. Vous y trouverez l'analyse détaillée pays par pays, dans laquelle nous abordons par exemple les facteurs de développement de l'offre et de la demande allemandes de produits bois (et plus particulièrement de panneaux), ceux de la forte consommation de sciages des Suédois (cinq fois supérieure à celle des Français !), ou encore la présentation d'une entreprise roumaine valorisant les feuillus tout en visant la minimisation des pertes de matière.

Références citées

- I4CE. Grimault, J., Tronquet, C., Bellassen, V., Bonvillain, T., Foucherot, C., 2022. Puits de carbone : l'ambition de la France est-elle réaliste ?
- I4CE. Le Pierrès, O., Grimault, J., Bellassen, V., 2022. Réorienter les usages du bois pour améliorer le puits de carbone : sur quels produits miser en priorité ?
- I4CE. Le Pierrès, O., Grimault, J., Bellassen, V., 2023. Développer les usages du bois à longue durée de vie : regard sur les filières allemande, roumaine, et suédoise
- IGN, 2023. Mémento de l'inventaire forestier national – édition 2023

Upscaling wood policy cooperation in Europe

Veronika JUCH
European Wood Policy Platform (woodPoP), Coordinator of the Secretariat
International Union of Forest Research Organizations (IUFRO)
Vienna, Austria



Upscaling wood policy cooperation in Europe

1. Introduction

Over the last years, attention and public awareness on the potential of wood, wood-based products and the wood-based value chain has significantly increased. As a renewable resource wood can contribute to climate change mitigation and the creation of sustainable economies and societies and has become a key factor in the transformation towards a CO_2-neutral and circular bioeconomy.

Sustainably using forests and building green value chains would help meet an increasing demand for materials – with global consumption of all natural resources expected to more than double from 92 billion tonnes 2017 to 190 tonnes in 2060 due population size and affluence. Today twenty-five percent of total material demand today is met by biomass. [1]

An increasing number of countries, regions and cities in Europe are increasingly investing in the support of sustainable wood use to store carbon and replace fossil-based fuels.

The Austrian Wood Initiative «Creating a sustainable future with wood» [2] for instance encompasses a comprehensive set of measures along the full value chain targeting the material and energetic use of wood, as a in terms of the bioeconomy and climate protection.

Despite a growing number of initiatives on European and national level on strengthening the essential role of wood, exchange on best practices, expertise and coordination among administration, industry and research is lacking. A coordinated multilevel pan-European dialogue integrating public and private stakeholders can support the development of effective policy solutions.

2. Supporting the wood-based value chain and crea tion of value

Coordinated policy efforts and effective policy solutions on a pan-European level are needed, as the wood-based value chain and associated sectors are facing increasing challenges related to climate change and socio-economic developments at national, European and global level.

Promoting the wood sector supports the creation of regional jobs and local value creation while substituting fossil fuels and materials with a high carbon footprint.

Policy solutions need to build on an integrated approach including actions along the entire value-chain including funding of research, education and training, encouraging climate-fit sustainable forest management and providing concrete measures for the innovative material and energetic use of wood.

2.1. The importance of Forestry and Wood Industry in Europe

The recently published study «Economic Impact of the Forestry and Wood Industry in Europe» [3] covering the EU27 as well as Norway, Switzerland and the United Kingdom also highlights that the importance of the sector for creating value added, purchasing power and employment is vastly underestimated. The study calculated a total gross value added of the European forestry and timber industries amounting to 1.1 billion euros. In fact, the wood value chain extends across an extensive network from raw material processing, higher-grate, and high-quality intermediate and end products. As cross-sectoral industry, it contributes to many different sectors across the economy. As such, it secures around 17.5 million jobs across Europe, which amounts to 1 in 16 jobs being directly or indirectly generated by the forestry and wood industry.

Wood uses provide substitution possibilities for fossil-based materials and span across several value chains, including construction, furniture, packaging, renewable energies, biomaterials for clothing and biochemicals.

To be sustainable, wood-based solutions need to effectively build on synergies and address trade-offs. Trade-off risks include reduction of carbon in forests, biodiversity loss, loss of other forest ecosystem services. Synergy potentials include economic recovery, jobs in rural areas and circular economy innovation.

Frameworks need to build on synergies and address trade-offs. In order to upscale the wood-based pathway, political and legal frameworks, financial framework, structural frameworks and the socio-economic frameworks need to be strengthened through collaboration and exchange between pan-European countries and representatives from the industry, research and society – targeting wood construction as well as other usages of wood in the context bioeconomy.

2.2. International Cooperation on Sustainable Wood Use

On a global scale, sustainable wood has been the focus of numerous initiatives and global processes in recent years.

Important commitments regarding the world's forests have been made at the United Nations Food Systems Summit (UNFSS), the United Nations Framework Convention on Climate Change Conference of the Parties (UNFCCC COP26), the United Nations Environment Assembly 5.2 (UNEA 5.2), the United Nations Forum on Forests (UNFF17), and the Seoul Forest Declaration and the Ministerial Call on Sustainable wood adopted at World Forestry Congress (WFC) in 2022.

The Ministerial Call on Sustainable Wood [4] highlighted the role of legal, sustainably produced wood to transform the building sector, provide renewable energy and innovative new materials. It highlighted specifically the need to increase global and regional dialogue, including improved modalities for technical exchange and sharing of experiences and learning.

The project «Wood For Globe» [5] – presented further below – contributes to this objective and brings together efforts towards a global wood policy platform to support the use of sustainable wood for a carbon-neutral bioeconomy worldwide.

The contributions of forests and sustainable production of wood and non-wood forest products' value chains to climate-change mitigation and adaptation and as substitute for carbon-intensive products was also highlighted at the 22nd Session of the Food and Agriculture Organization's Committee on Forestry (COFO). Specific attention was given to the consumption and production of wood and non-wood forest products as a contribution to improved livelihoods, including through building capacities of women, youth, Indigenous Peoples and local communities. [6]

On the European level, many policies with regards to forests that are being are of importance for wood use as well. Important EU initiatives such as the ambitious New European Bauhaus, which integrates art, environment, ecosystems and healthy living provide impetus for cross-sectorial debate. Wood construction and the Wood4Bauhaus initiative play an important role and should be further used as catalyst for the use of wood.

3. Creation of a pan-European Wood Policy Platform (woodPoP)

Against this background, the «European Wood Policy Platform» (woodPoP) has been initiated by Austria and Finland. As countries with a long tradition in using wood as a construction material as well as wood-related policy development, they have joined forces to upscale wood related activities at the European and global level.

woodPoP provides a dedicated forum for multilateral policy, knowledge and experience exchange between public and private actors from the wood sector at national and regional level. It helps share best practices and opportunities of coordinated approaches in developing policy solutions to enhance the sustainable production and consumption of wood and its contribution to an innovative, circular bioeconomy.

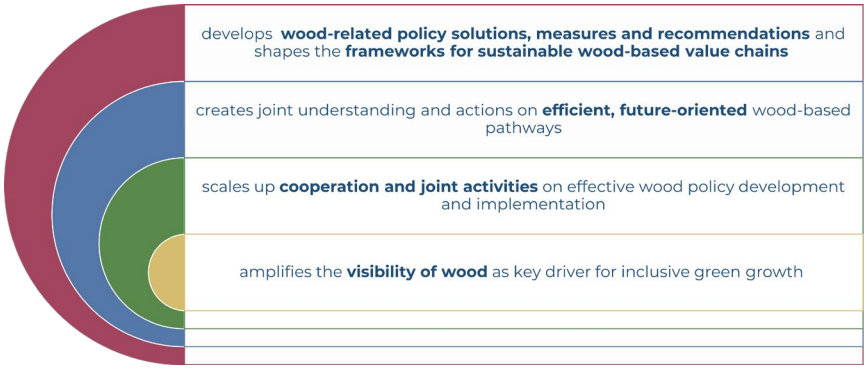


Illustration 1: Goals of the European Wood Policy Platform (woodPoP)

On 1 December 2022, the first High Level Meeting of the European Wood Policy Platform (HLM) took place in Innsbruck, Austria where the «woodPoP CALL on upscaling wood policy cooperation in Europe» was endorsed [7].

Participants of the platform:
- Government officials and representatives from the Pan-European region working with wood policy and wood-related matters;
- Representatives of wood-related international, regional, stakeholder and research organisations;
- Experts in the respective field and technical subject matters;
- Interested participants, including from other regions, can join as observers upon expression of interest.

The initiative is currently uniting more than 100 governmental representatives from 27 Pan-European countries as well as around 150 different experts from stakeholder organisations, research and industry.

Since 2022, the platform has not only grown in numbers, but also gained valuable commitments due to the country-driven nature. As an important reference document, at the Second High Level Meeting in Helsinki/hybrid, the over 80 participants from 19 countries agreed on Guidelines [8] as a clear and transparent working environment for the platform. Since December 2023, the Secretariat of the platform is operational and is hosted by the International Union of Forest Research Organizations (IUFRO).

4. Technical Working Groups

The above mentioned Guidelines have established a clear meeting structure:
- The High Level Meeting (HLM) as the main decision making body;
- The Expert Group Meeting (EGM) as the main forum of exchange, and brings discussions together on an operational level;
- And the Technical Working Groups (TWG), which focus on specific subject matters.

The Second High Level Meeting encouraged the development of policy solutions, measures and recommendations to strengthen the wood-based circular bioeconomy. Five Technical Working Groups are now fully operational:
- Governance led by Austria,
- Building led by Germany,
- Innovation and Research led by Switzerland,
- Education and Vocational Training led by Slovenia as well as
- Communication and Information led by the Czech Republic.

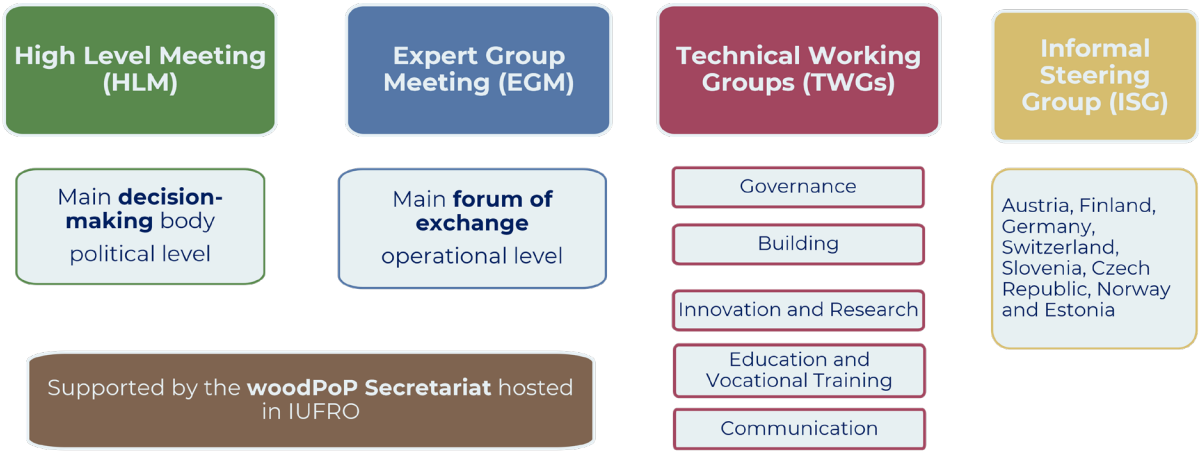


Illustration 2: Structure of the European Wood Policy Platform (woodPoP)

Within these Technical Working Groups, the following action areas have been identified as action areas and targeted initiatives will be developed over the coming months:

Governance (Lead: AT)

- **Position Paper on European Wood Governance,** April/May
- Update of the **Study on Wood Policy in Europe,** European Forest Institute, Fall 2024
- **Wood Policy Lab ‚Developing key messages for policy-makers for Designing and Implementing National Wood Policy Programmes',** 3-5 July 2024, Traunkirchen, Austria
- **Prologue at the International Wood Construction Forum**, December 2024

Building (Lead: DE)

- Topical meetings: **Carbon Storage and Accounting** (1 March 2024)
- **Subgroup on public procurement: Mapping and Analysis** (take-up by users, effectiveness of measures)

Innovation and Research (Lead: CH)

- **2024: Innovation mapping and Workshop on wood research and innovation**
- **Possible participation** at the **IUFRO World Congress**, field trips

Education and vocational training (Lead: SI)

- Topical Meetings: **microcredentials** (7 February); **NEB Academy** (17 April)
- **Session at the Society of Wood Science and Technology Congress, 1 July 2024,** Portoroz, Slovenia

Communication and information (Lead: CZ)

- Topical Meeetings: **National wood building prices** (7 February)
- **Preparatory work for a European wood building contest**
- In person meeting at a national wood building price ceremony

Illustration 3: Overview of the Activities of the Technical Working Groups

5. Wood For Globe

Moving towards a sustainable low-carbon bioeconomy has emerged a global goal. The forest sector is in a unique position to contribute significantly to the achievement of this goal.

The project «Wood For Globe» [5] brings together efforts towards a global wood policy platform to support the use of sustainable wood for a carbon-neutral bioeconomy worldwide.

The project is aligned with Sustainable Wood for a Sustainable World (SW4SW), a Joint Initiative of the Collaborative Partnership on Forests (CPF). The project is led by the International Union of Forest Research Organizations (IUFRO) in collaboration with the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) and the Centre for Bioeconomy of the University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna (BOKU). It is funded through the Austrian Forest Fund.

It takes stock of technical and scientific knowledge, policies and initiatives globally. The project mobilises scientific expertise as a basis for policy making and interacts with society on this basis. Finally, it supports the exchange of knowledge, expertise and good practices worldwide through the organisation of regional and global policy exchanges.

6. Outlook and priorities going forward

There is a wealth of initiatives to support the sustainable use of wood and the wood-based value chain. Building on these synergies, woodPoP as a cross-sectorial platform has huge potential to support the transition towards a carbon neutral circular bioeconomy and bio-based solutions.

Going forward, it will be important to build a stronger case on how wood-based solutions can contribute to decouple economic growth from emissions. As Europe's wood supply is influenced by several complex interlinked factors, measures from forest owners with regards to forest management, from the wood-based industry as well as policy measures are needed to support the supply of sustainable wood across the entire value chain. [9]

Effective roll-out of innovations accompanied by long-term policy and legislative frameworks are central in view of facilitating a transition towards a wood-based bioeconomy. Furthermore, the attractiveness of the sector for youth and more generally establishing increasing offers for educational training and skills development within the sector remain an area for action.

Successful national best practices on wood construction can help gain public attention and gather support from society. Best-practices from other regions and international experiences should also be highlighted as part of these outreach efforts.

Possibilities for connecting, exchanging and collaborating such as the International Wood Construction Forum are crucial for shaping wood policies in a more structured way and overall strengthening wood governance.

2024 provides many opportunities for global exchange and dialogue:

The above-mentioned Wood For Globe project will organise a global wood policy dialogue back-to-back with the Committee on Forestry bringing together knowledge and experiences from various regions on up-scaling the contribution of sustainable wood-based materials to a carbon-neutral bioeconomy.

Furthermore, the IUFRO Congress is taking place in Stockholm, Sweden, from 23-29 June this year. It gives a unique opportunity to gather worldwide leading scientists and top leaders to contribute and co-create for a sustainable future within forestry, climate and society. The role of a responsible forest bioeconomy is among the key themes to be discussed. [9]

woodPop will build on these occasions and give policy-makers, experts and stakeholders a unique opportunity to exchange, elaborate, multiply and further develop wood-related policies. As a cross-sectorial initiative, it creates new momentum for the sustainable and innovative use of wood.

7. References

[1] State of the World's Forests (2022). Forest pathways for green recovery and building inclusive, resilient and sustainable economies. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). https://www.fao.org/documents/card/en?details=cb9360en

[2] Austrian Wood Initiative https://info.bml.gv.at/dam/jcr:0224d736-2660-4345-b2a7-160f17427dfa/BML_Waldfonds_Publikation_A4_64stg_EN_18_BF.pdf

[3] Econmove, Economica (2023) The economic impact of the forestry and wood industry in Europe in terms of bioeconomy, Vienna. https://www.forstholzpapier.at/images/fhp_0623_studie_EN_web.pdf

[4] Ministerial Call on Sustainable Wood, 3 May 2022, XV World Forestry Congress, Korea https://www.fao.org/3/cc0247en/cc0247en.pdf

[5] Wood For Globe https://www.iufro.org/science/partnership-projects/wood-for-globe/

[6] Report, FAO Committee on Forestry, 3-7 October 2022, Rome, Italy https://www.fao.org/3/nk728en/nk728en.pdf

[7] woodPoP Kick-off in Innsbruck, Austria ttps://info.bml.gv.at/en/topics/forests/eu-and-international-affairs/woodpop-kick-off-in-innsbruck-austria.html

[8] woodPoP High Level Meeting boosts the dialogue on the renewable resource wood, woodPoP guidelines ttps://info.bml.gv.at/en/topics/forests/forest-fund/woodpop-high-level-meeting-boosts-the-dialogue-on-the-renewable-resource-wood.html

[9] TEAMING UP 4 FORESTS (2024). Europe's wood supply in disruptive times – Business brief of the synthesis report. https://teamingup4forests.com/wood-supply-study/

[10] 26th IUFRO World Congress, Stockholm, Sweden, 23-29 June 2024 https://iufro2024.com/

REX Bâtiment Terre Crue – Carré Flore à Cornebarrieu

Louison MEHU
Ekkoïa
Toulouse, France



Karin LE TYRANT
Aïda
Paris, France



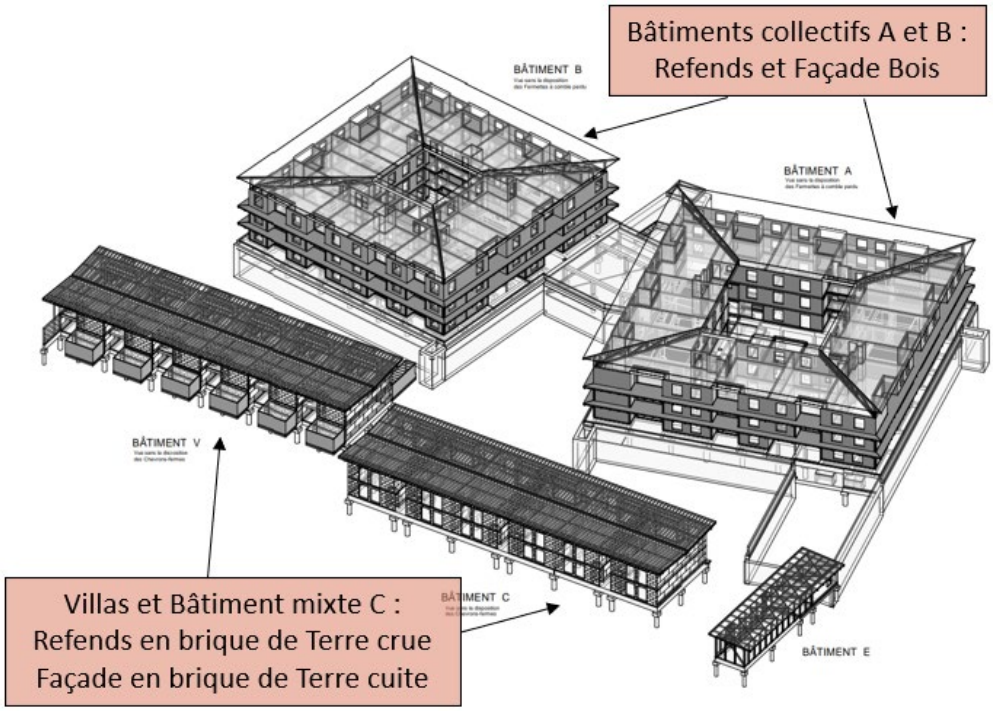
REX Bâtiment Terre Crue – Carré Flore à Cornebarrieu

1. Présentation de l'opération

L'opération CARRE FLORE est une construction de 91 logements neufs situés à Cornebarrieu (31) intégrant des principes constructifs en Bois et en Terre Crue.



Le projet comprend 2 bâtiments de logements collectifs, avec éléments porteurs et façades mixtes Bois / Béton.
Le projet comprend également un bâtiment de logements intermédiaires (superposés sans parties communes intérieures) et un bâtiment de villas accolées.
Ce sont ces deux derniers ensembles qui font l'objet de cet article, avec des refends porteurs entre logements réalisés en brique de terre crue. Les façades sont quant à elles réalisées en brique de terre cuite.



1.1. Projet à forte valeur environnementale

Le promoteur **GREEN CITY IMMOBILIER** ainsi que le cabinet d'architecture **Clément VERGELY Architectes** proposent un projet innovant et à forte valeur environnementale avec l'intégration d'isolants biosourcés sur l'ensemble de l'opération (fibre de bois, laine de mouton, chanvre et lin).

Le projet obtient plusieurs labels et certifications : NF Habitat HQE, Démarche Bâtiment Durable Occitanie niveau Argent ainsi que l'appel à projet NOWATT en collaboration avec la Région Occitanie.

CARRE FLORE est lauréate de deux Pyramides d'Argent, un prix d'excellence délivré par la FPI ; le Prix Bas Carbone ainsi que le Prix du Grand Public.

1.2. Equipes de maîtrise d'œuvre et entreprises

Dans le cadre de l'intégration de principes constructifs innovants et audacieux, l'équipe de maîtrise d'œuvre se doit d'intégrer les compétences clés.

Ekkoïa, BeT pluri-disciplinaires intégrant plusieurs pôles de compétences intervient sur cette opération sur deux volets :

- en tant que **bureau d'étude acoustique** tout au long du projet, avec l'ensemble des calculs et préconisations en phase Conception, le suivi de chantier spécifique acoustique, la réalisation des mesures finales et la délivrance de l'attestation acoustique,
- en tant qu'Assistant à maîtrise d'Usage avec l'animation d'ateliers de co-conception avec les futurs acquéreurs, des Kfé Chantier de sensibilisation et vulgarisation, des ateliers de prise en main et bonnes pratiques à réception ainsi qu'un suivi des performances du bâtiment en phase exploitation.

Sur ces sujets pointus de conception liés à l'intégration de matériaux porteurs bio et géosourcés, l'équipe s'est notamment appuyée sur l'expertise du BeT Thermique et Environnement Ecozimut et le BeT Concepteur Terrel Group.

Pour la réalisation, la réussite du chantier provient notamment de la synergie entre le fabricant des briques de terre crue Briques Technic Concept, et l'entreprise de Gros Œuvre PRIMO Construction.

En présence de principes constructifs particuliers, la profession des acousticiens est en constante recherche et avance de manière solidaire pour une meilleure caractérisation des matériaux innovants. Cette démarche constructive est particulièrement présente au sein du syndicat des acousticiens le **Cinov Giac**.

Dans ce cadre, le **bureau d'étude acoustique Aïda** est venu compléter la série de mesures acoustiques en phase réception sur les bâtiments accueillant de la Terre Crue, permettant ainsi d'aller plus loin dans l'analyse de l'impact de ce procédé sur le confort des occupants. Certains éléments de cet article sont directement issus des travaux d'Aïda et les conclusions présentées sont issues d'un travail collaboratif entre Aïda et Ekkoïa.

2. Briques de Terre Crue

Le projet CARRE FLORE intègre près de 1730 blocs NOVATERRE, soit environ 519 tonnes de briques de terre crue.

Ces blocs développés et produits par l'entreprise Briques Technic Concept sont caractérisés via le CSTB pour déterminer leurs résistances mécaniques et leur densité.
Une fois la production lancée, chaque bloc est pesé en sortie de presse afin d'assurer l'homogénéité des briques. Les équipes de Gros Oeuvre sont sensibilisées à la mise en oeuvre de ce matériau.







Les retours d'expériences en phase chantier partagés par la Maîtrise d'Ouvrage et les entreprises font état d'une plus grande rapidité de pose que ce qui avait été prévue, et d'un ressenti de fraîcheur lors de la livraison en plein été.

Les retours comprennent également l'aspect esthétique légèrement différent des projections, avec une couleur allant du sombre en bas des blocs au plus clair, des joints maçonnés d'une épaisseur de 2cm comme exigé par l'ATEX de ces briques.

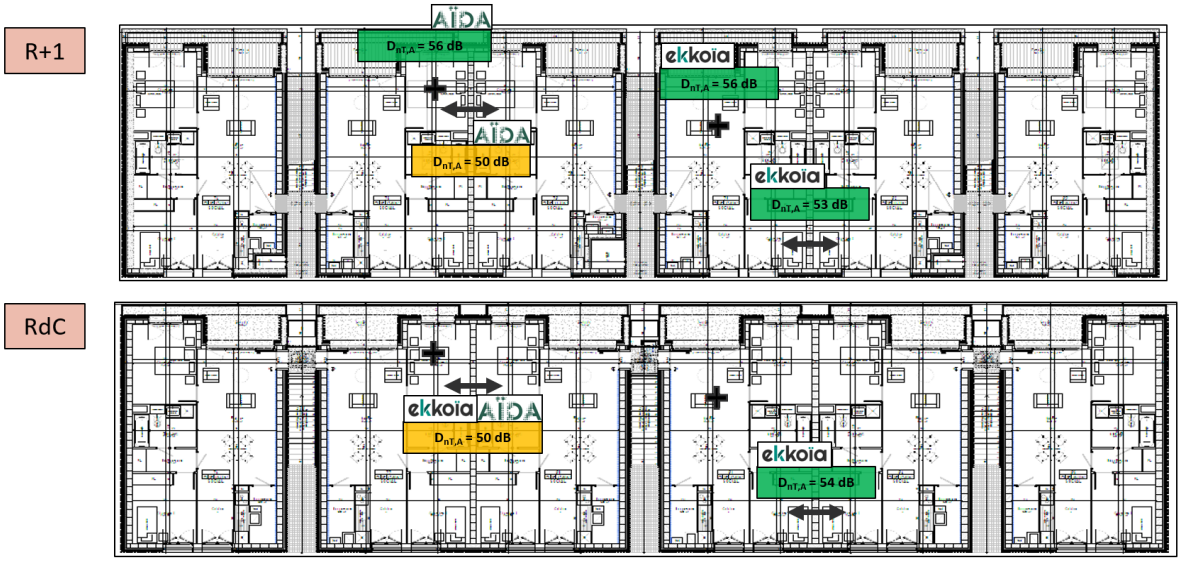
3. Mesures acoustiques à reception

Dans le cadre de l'Attestation acoustique, de nombreuses mesures d'isolements de façade, isolements aériens entre locaux, niveaux de bruits de chocs, bruits d'équipements et relevés d'absorption équivalente dans les parties communes ont été réalisées sur l'ensemble des bâtiments.

Les mesures présentées ici sont uniquement les mesures d'isolements aériens intérieurs entre locaux sur les bâtiments comprenant de la Terre Crue.
Les plans ci-dessous intègrent les mesures réalisées par Ekkoïa ainsi que les mesures réalisées par Aïda.

3.1. Résultats de mesure

Mesures acoustiques à réception – Bâtiment C



Mesures acoustiques à réception - Villas



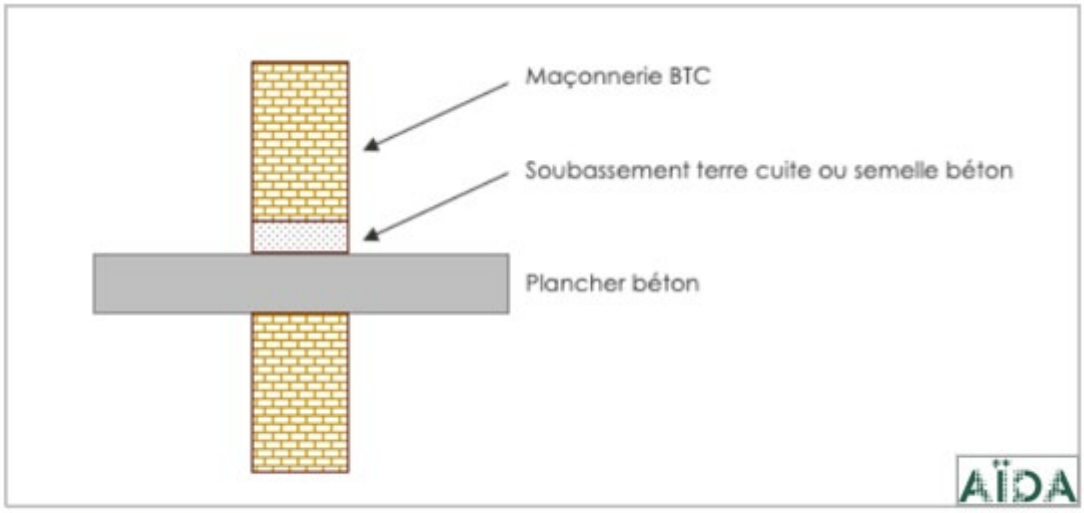
3.2. Analyse des isolements cohérents avec les objectifs

La grande majorité des isolements aériens mesurés sont cohérents avec les objectids réglementaires, à savoir $D_{nT,A} \geq 53$ dB, avec des valeurs mesurées allant de 56 à 59 dB.

L'ensemble des isolements verticaux entre logements superposés sont performants, ce qui laisse entendre que les transmissions latérales via les refends en BTC sont maîtrisées : la rupture d'impédance entre le plancher béton et les murs BTC est favorable.

L'ensemble des isolements aérieux horizontaux mesurés entre séjours sont performants ; cette configuration avec pièces de réception de grands volumes est en effet favorable.

Dans les cas mesurés en RdC, les transmissions latérales via les plancher haut/bas sont maîtrisées.



Jonction BTC / plancher

3.3. Analyse des isolements cohérents – dans la tolerance de mesurage

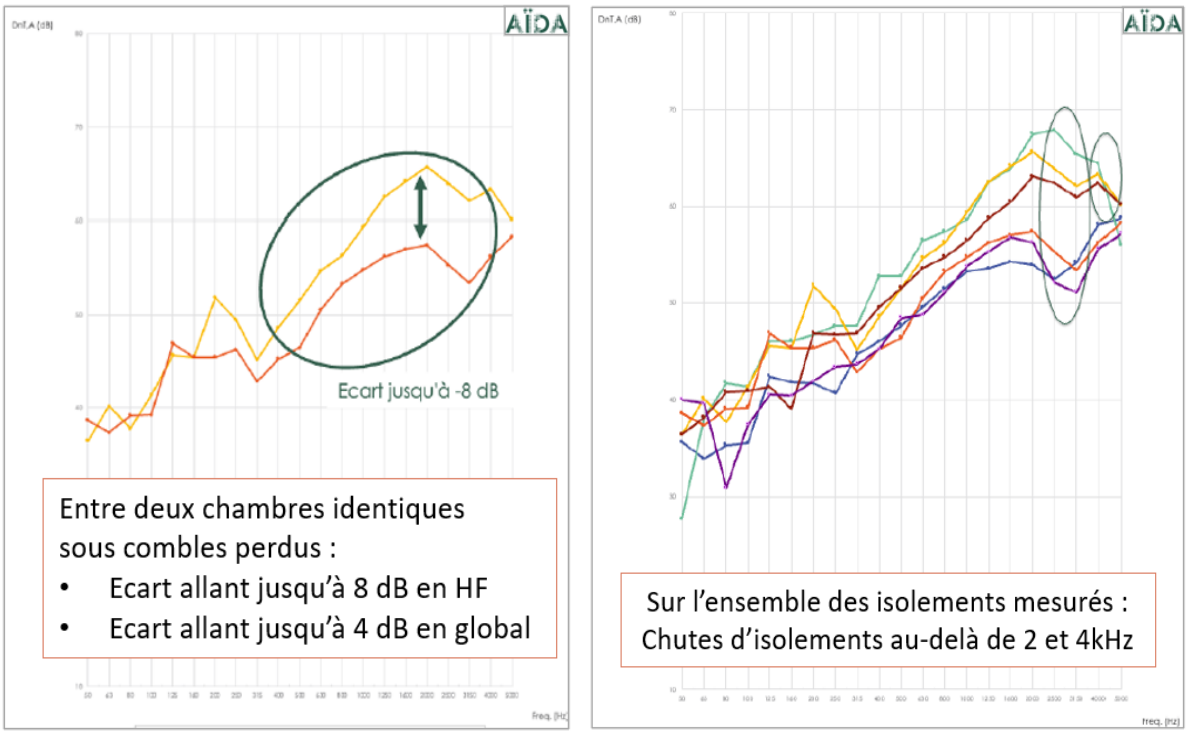
Les isolements aériens horizontaux entre petits volumes (chambres) vont de 50 à 56 dB.

Il est à noter que quelques relevés (3 sur 8) sont cohérents avec les objectifs mais en integrant la tolérance de mesurage de 3 dB, c'est à dire compris entre 50 dB et 53 dB.

Ces résultats entre 50 dB et 53 dB permettent de délivrer une Attestation Acoustique conforme, mais caractérisent un inconfort potentiel lors de l'occupation de ces petits volumes.

Une disparité entre les résultats est relevée pour des configurations de chambres accolées pourtant comparables :
- jusqu'à 4 dB sur la valeur globale de l'isolement,
- jusqu'à 8 dB en hautes fréquences sur le spectre des mesures en 1/3 d'octave

D'autre part, une chute des performances d'isolements est relevée sur certains mesurages à 2000 et 4000 Hz.



Plusieurs hypothèses sont étudiées pour expliquer ces résultats.

Premièrement, des transmissions latérales via les combles perdus sont suspectées sur site entre deux apartements situés au même étage. Le faux plafond (1 BA13) + 30cm d'isolant, est interrompu par le refend en BTC qui pénètre dans les combles jusqu'à la toiture.
Ce principe constructif devrait permettre de traiter correctement les transmissions latérales via les combles perdus, ce qui laisse supposer des défauts ponctuels.
Lors du suivi de chantier, aucun défaut de mise en œuvre n'a été relevé à ce niveau. Les relevés complémentaires effectués lors du diagnostic à réception n'ont pas permis de statuer sur cette hypothèse.

Deuxièmement, des fuites acoustiques possibles en lien avec le refend en BTC sont à considérer au niveau des éléments suivants :

- les fissures dans la BTC (tassement différentiel en lien avec la flexion des fondations poteaux/poutre sur vide sanitaire, variation de l'hygrométrie)
- Rebouchage superficiel des micro fissures
- les joints entre les briques (nature poreuse, possibilité d'avoir des bulles poncuellement dans le mortier) – y compris joint de fractionnement,
- les jonctions périphériques (façade, planchers),
- des percements ponctuels (prise en vis-à-vis par exemple), malgré les préconisations de laisser indemnes l'ensemble des refends BTC.

Ces résultats laissent à penser que le principe constructif de murs porteurs en BTC est prometteur mais nécessite encore quelques adaptations afin de répondre aux objectifs réglementaires et à un confort acoustique entre les locaux de petits volumes.

est tout à fait performant, mais plus sensible aux aléas de mises en oeuvre, et impose une certaine prudence tout au long du projet, de la conception, au suivi de chantier, jusqu'à la phase de mesures.

4. Conclusion

Le projet CARRE FLORE, de part sa démarche innovante et environnementale est un excellent laboratoire et démonstrateur des savoirs faires existants et des capacités d'innovation de la profession.

La brique de terre crue présente les avantages certains d'être une solution géosourcée et locale, avec un impact carbone faible tout en participant au confort d'été dans les logements grâce à l'inertie du matériau directement accessible dans les pieces de vie.

C'est une solution compatible avec les isolants biosourcés, et qui présente de bonnes performances acoustiques.

Le retour d'expérience en phase mesure sur le projet CARRE FLORE nous conforte dans ces conclusions, et nous alerte également sur la plus grande sensibilité de cette solution aux aléas de mise en oeuvre et aux défauts ponctuels.

Il est possible de conclure qu'en présence de petits volumes tels que des chambres accolées, la prudence nous oriente vers la mise en oeuvre d'un doublage acoustique en complément du refend en BTC de 30cm d'épaisseur.

La densité des briques de terre crue est également un paramètre influent sur les isolements aériens, plus dense seront les briques, meilleurs seront les performances acoustiques.

Plusieures caractéristiques importantes restent à étudier :
- la gestion de la continuité des joints,
- la typologie du mortier,
- la nature des jonctions en périphérie, notamment au niveau du joint de fractionnement et via la jonction entre les refends en BTC et les façades en briques creuses.

La présence du BE acoustique a permis de fournir une attestation acoustique sans réserve, et ce, malgré le caractère très innovant du système. Ceci, grâce à des études menées en amont et un suivi de chantier approfondi.

Les relevés effectués par 2 bureaux d'études indépendants mettent en évidence des résultats cohérents et la collaboration de ces 2 membres du CINOV-GIAc permet d'accompagner la construction bas carbone ; pour un monde meilleur et silencieux.

Terre crue et systemes constructifs associés, l'acoustique du matériau au batiment : lancement du projet ADEME CarAc'Terre

Marc ROMAGNE
LASA
Lyon, France



Descriptif du projet CarAc'Terre

1. Partenaires et durée du projet

Le projet est mené en partenariat avec le bureau d'études acoustique LASA, le Cerema, le CSTB, l'Université Gustave Eiffel avec l'appui du Projet National Terre[1] et de la Confédération de la Construction en Terre Crue.

Ce projet est financé par l'Etat dans le cadre de France 2030, opéré par l'ADEME, et financé par l'UE NextGeneration EU dans le cadre de l'Appel à projet « Soutien à l'Innovation dans la Construction bois, biosourcés et géosourcés (SIC) ».

2. Contexte

Dans un contexte d'évolution des réglementations énergétiques et environnementales imposant des contraintes croissantes dans le temps, la terre crue devient un matériau stratégique dans de nombreux projets de construction. Force est de constater que la compatibilité avec les réglementations et normes acoustiques en vigueur en France n'est pas encore bien documentée d'autant plus que le bruit devient une préoccupation majeure des usagers mise en avant par la MOA. En outre, la majorité des systèmes constructifs en terre crue faisant l'objet de peu de R&D au sein de la filière, leur caractérisation et leurs méthodes de dimensionnement par les bureaux d'études sont peu partagées. Enfin, la recherche en acoustique dans le domaine de la terre crue est moins avancée au regard d'autres branches tel que l'hygrothermie ou la mécanique, forçant parfois le surdimensionnement par l'ajout de matériaux conventionnels mieux connus mais réduisant significativement l'intérêt environnemental de ces solutions.

3. Objectifs

L'objectif principal du projet consiste à lever les freins réglementaires et normatifs acoustiques pour l'ensemble des techniques constructives en terre crue. Cela passe nécessairement par la caractérisation des performances acoustiques des systèmes constructifs en terre crue et des matériaux biosourcés associés aux différentes échelles : matériau, paroi, bâtiment. L'extension des résultats d'essais en vue des potentielles évolutions à venir de ces techniques revêt une importance majeure. Il est visé de définir des solutions constructives répondant à la fois aux exigences acoustiques mais aussi à la réalité du chantier et aux potentielles contraintes hygrothermiques et structurelles. Au-delà des seuils acoustiques réglementaires qui ne répondent pas forcément toujours aux attentes des usagers, en particulier pour le logement, une attention sera portée à la perception des habitants.

4. Déroulement

Une première étape du projet consiste à affiner les plans d'expériences aux différentes échelles (matériau, paroi, bâtiment) par :

- Le choix et l'approvisionnement des terres qui feront l'objet d'essais.
- Les types de systèmes constructifs mis à l'essai en laboratoire ainsi que la composition détaillée des parois et du protocole de mise en œuvre.
- La sélection des sites pilotes pour les essais in-situ et l'évaluation de la perception des usagers.

Les essais ont pour objet de caractériser les performances acoustiques en distinguant les contributions provenant de la formulation des matériaux, de la composition des parois et de la mise en œuvre. Des modélisations, dont les hypothèses seront validées par les essais, permettront d'étendre les résultats à diverses configurations (formulations, épaisseurs, types d'ossature, jonctions etc …) ou systèmes constructifs proches de ceux déjà testés.

[1] Projet National Terre : https://projet-national-terre.univ-gustave-eiffel.fr/

Enfin, les principaux résultats seront communiqués de manière intelligible à la filière terre crue puis à l'ensemble des acteurs de la construction à l'issue du projet.

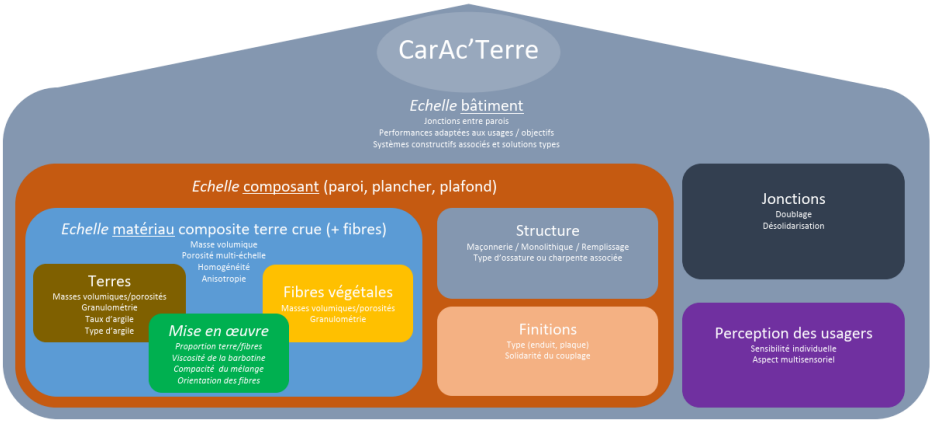


Image 1 : Schéma des différentes échelles impliquées dans le projet

5. Résultats attendus

5.1. Innovation

L'étude du comportement acoustique des constructions en terre crue par une approche multi-échelles et sur un nombre conséquent de systèmes constructifs est inédite. Les données produites par les caractérisations et modélisations sont inexistantes. Une forte synergie entre recherche, conception et réalisation rendront les solutions pertinentes et applicables sur le terrain en tenant compte de la perception des usagers.

5.2. Économique et sociaux

Le projet n'est pas à vocation commerciale. Par conséquent, les bases de données, abaques, PV d'essais et solutions types, éléments constitutifs des guides, seront largement partagées et utilisables pour favoriser l'implantation de la filière terre crue sur des marchés difficilement accessibles à ce jour : ERP, logements collectifs etc …

5.3. Environnement

Le développement de la terre crue est un levier stratégique pour atteindre la neutralité carbone dans le bâtiment. De plus, la qualité de l'environnement sonore des usagers des constructions en terre crue se pose dans un contexte où le bruit comprend un enjeu sanitaire et de confort.

6. Application et valorisation

Les solutions types adaptées aux réglementations acoustiques seront directement applicables pour les équipes de conception. Pour les nombreux projets nécessitant l'intervention d'un acousticien, des outils adaptés au matériau terre crue seront mis à disposition et les données implémentées dans des logiciels commerciaux déjà utilisés par les bureaux d'études. Le travail collaboratif avec les artisans aura pour premier objectif la définition de solutions applicables sur chantier tout en restant fidèles aux valeurs de la filière. Les échanges seront le fruit de montée en compétences des artisans sur les mises en œuvre acoustiques et permettront d'abonder la documentation technique des règles de l'art de la terre crue. La valorisation scientifique du projet permettra de prendre du recul sur les propriétés physiques du matériau en vue de répondre à des problématiques plus larges.

Extension Réhabilitation de l'école Cote Quart à Unieux – La participatif au cœur du projet (42, France)

Vincent DANIERE
ATELIER DES VERGERS Architectes
Saint-Etienne, France



Julien DE SOUSA
JULIEN DE SOUSA Design
Saint-Etienne, France



Extension Réhabilitation de l'école Cote Quart à Unieux – La participatif au cœur du projet

Programme : réhabilitation d'un groupe scolaire de 14 salles de classe + 9 logements + 1 salle évolution + 1 salle périscolaire & création en extension d'une nouvelle cuisine et salle de restauration avec cour associé pour la restauration et le périscolaire

Surface : 2221m² réhabilité + 275m² extension neuve & création d'une nouvelle cour.

Montant Travaux : 2 693 000€ HT

Date de livraison : Avril 2023

1. Un programme classique de réhabilitation-extension

La mairie d'Unieux a décidé d'étendre un groupe scolaire d'importance : 14 classes avec 9 élémentaires et 5 maternelles, une salle d'évolution, des dortoirs, un périscolaire et une petite cantine + 9 logements, projet inscrit dans une pente forte sur les hauteurs de la commune avec différents accès et 2 cours dédiés : une aux maternelles et une aux élémentaires.

Le constat initial pour la commune était le dysfonctionnement de la cantine actuelle, un réfectoire trop petit et un office ne respectant pas les normes sanitaires et de sécurité.

La mairie souhaitait également dans un 2eme temps pouvoir envisager la rénovation thermique du groupe scolaire.

Le programme du concours lancé fin 2020 par la commune n'indiquait pas spécifiquement des volontés environnementales ni du mode de gouvernance de la maitrise d'ouvrage (pas de volonté exprimée de participatif par exemple…). L'accent était plutôt mis sur un délai court et un projet en site occupé avec une population fragile (les enfants).

2. Une réponse volontaire

2.1. Une réhabilitation en structure bois biosourcé pour répondre aux enjeux

En 2020 nous n'avions pas la même sensibilité au réemploi et à la frugalité … même si tout cela nous semblait nécessaire. Nous cherchions des réponses à des enjeux variés, sans pour autant en faire une philosophie :

Ce projet, comme beaucoup de projets de ce type couvre de nombreux enjeux :

- Des enjeux de société avec la nécessité de maitriser son besoin en énergie fossile
- Des enjeux de confort
- Des enjeux sanitaires, de qualité de l'air
- Des enjeux écologiques de minimisation de l'énergie grise nécessaire au projet
- Des enjeux sociaux avec une volonté de travaux réalisé localement sur le territoire, en circuit-court, qui conforte les filières locales de constructions comme celui de la construction bois…
- Des enjeux de sécurité (chantier court…)
- Des enjeux de chantier propre (poussières, bruits, gestion des déchets de chantier...)
- Des enjeux politiques (rapidité de chantier, maitrise des coûts…)
- Des enjeux d'acceptation et d'appropriation du projet ainsi que du chantier
- Etc…

L'ensemble de ces enjeux ont trouvé réponse dans notre réponse à cet appel d'offre en faisant une proposition de projet écologique sur la base d'un travail participatif poussé.

Techniquement la réponse a été de créer des murs manteaux en ossature bois, biosourcés, préfabriqués en usine, intégrant les menuiseries extérieures et protections solaires (BSO) permettant un chantier **rapide, propre, sain, écologique et sécuritaire**.

Ce mode constructif très présent en région Rhône-Alpes et dans le département de la Loire avec un savoir-faire qui s'est renouvelé dans les 15 dernières années et adapté aux nouvelles technologies disponibles : commande numérique, robot, … permet un essor de ce type de projet tout en mobilisant des artisans locaux, une main d'œuvre locale sur toute une chaine de production… ici du forestier et bucheron jusqu'au charpentier et menuisier.

Le bois pour ce projet provient du Pilat : montagne locale à moins de 10km du chantier, scié par une scierie locale à 20km du chantier, mis en œuvre par une entreprise de charpente a 4km du chantier et une menuiserie locale a 25km du chantier. La laine de bois intégré dans les murs provient elle de 100km et fabriqué entre autres avec les déchets de la charpenterie.

L'extension quant a elle est en structure lourde maçonnerie car elle soutient la route et permet la création d'une cour « active » en profitant de la topographie du site et réalisé en co-conception avec tous les acteurs du projet : professeurs, élèves, parents d'élèves, mairie...

3. La participatif comme philosophie de projet

3.1. Les utilisateurs acteurs au cœur du projet

La méthodologie de travail de notre agence s'inscrit essentiellement dans une démarche participative des usagers. Il nous semble primordial d'intégrer les usagers dans le processus de réflexion et de création pour différentes raisons : une meilleure lecture du projet par les futurs acteurs du projet, une conception plus fine et adaptée par la Moe, une appropriation des futurs utilisateurs à l'égard des espaces plus évidentes, etc.

Dès la phase ESQ, nous mettons en place des workshops de type Archilab© (outils d'aide à la conception d'aménagement conçu pour le ministère de l'Éducation sur les nouvelles pratiques pédagogiques) qui permet d'amener les futurs utilisateurs à réfléchir conjointement, en co-concertation, à leurs besoins en termes d'espaces, d'équipements et d'usages réels. Cet exercice, déjà mis à l'épreuve et approuvé dans différents projets que nous avons portés conjointement entre ADV et JDS Design, permet d'apporter des réponses programmatiques plus précises qui viennent en appui du programme déjà établi. Ce travail de réflexion participative est une étape qui nous semble essentielle et qui permet à l'équipe de conception de répondre plus précisément aux attentes de chacun pour le futur projet d'aménagement.

Ici nous avons réalisé 2 ateliers de définition des usages pour les espaces intérieurs et travail de co-conception pour les espaces extérieurs pour « la cour active ».

Le 1er à permis de mettre à l'épreuve un scénario d'aménagement imaginé par la Moe que les usagers sont venus requestionner, bousculer … Il a permis également d'affiner l'aménagement intérieur de chaque espace : choix du mobilier, quantitatif, organisation spatiale, etc… Nous n'avons pas eu de mission signalétique spécifique ici, sinon celle-ci s'intègre complètement dans cette démarche.

Cet atelier a également permis de mettre en lumière le travail à mener sur la création d'une cour spécifique.

Le 2ème atelier à lui été réellement un travail de co-conception de cour (périscolaire + cour de la cantine) adapté aux besoins spécifiques de ces usages et en innovant sur les pratiques, design, etc…

Ces ateliers ont regroupé les profs, les Atsem, les enfants ainsi que le maitre d'ouvrage (personnel mairie, élus…). Avec en complement pour les enfants, un petit atelier de sensibilisation au design et au métier de Designer puis un travail sur les espaces, le mobilier, la mobilité dans les espaces et la signalétique.



3.2. De nouveaux usages révélés vers la Frugalité ?

Le travail participatif apporte toujours beaucoup de matière aux concepteurs grâce à l'implication des utilisateurs-acteurs qui sont évidemment les mieux placés pour apporter une multiplicité des usages, une conception réussie.

Ici le travail participatif à d'abord permis une optimisation des surfaces d'extension en mutualisant des espaces existants, etc… en requestionnant le programme avec les utilisateurs. En conservant dans l'existant tout ce qui peu l'être, en le transformant doucement vers son nouvel usage, avec peu de moyen.

Suivant les sensibilités, cela permet de pousser le curseur sur les questions de confort, de projet sain avec des matériaux sains, un projet écologique… ce qui a été le cas ici, puis validé par les élus.

Cela a permis de mettre en avant les nouveaux usages qui allaient pouvoir être créés par l'opportunité de ce nouveau projet… notamment la création d'une cour spécifique pour des usages qui n'existaient pas jusque-là.

Pour nous cette démarche participative comme le ré-emploi & la construction bio & géo sourcé s'inscrit dans le concept de frugalité (heureuse !). Car nous réalisons ainsi un équipement dimensionné au plus juste, avec des fonctionnalités et usages très adaptés au contexte, aux personnes, à l'entretien… la bonne chose au bon endroit, comme pour la construction, sans en faire trop, sans gaspiller l'espace !



4. Les choix techniques et environnementaux au cœur de la conception

Le choix fort ici à été d'imposer **un macro-lot** Murs bois préfabriqués avec intégration en usine des menuiseries/ BSO / une partie des bardages bois douglas prégrisé et fundermax/ isolation/ pare pluie/ fermacell pour l'acoustique et pare vapeur.

L'idée architecturale du projet de rénovation (au-delà du confort et de la parfaite isolation/ étanchéité à l'air) était de proposer un principe de pose très rapide en site occupé assurant une parfaite sécurité ET aussi de pouvoir proposer une façade différente de l'existant, notamment en travaillant sur les ouvertures existantes régulières et trop nombreuses et source d'inconfort récurrent.

Le procédé est donc une ossature bois isolé en laine de bois ISONAT (produit dans la Loire) intégrant des menuiseries neuves en bois-alu local, posé sur les façades encore équipées de leurs menuiseries actuelles. Une fois la pose finalisée des murs manteaux, les menuiseries existantes sont démontées (les mercredis et lors de vacances scolaire), puis un habillage en bois, préfabriqué à l'avance, est installé pour finaliser cela. Certaines menuiseries sont modifiées ou supprimées, ceci a été autant d'opportunité pour créer des éléments nouveaux dans les classes et circulations, (placards ouverts, fermées, bibliothèque, habillages décoratifs...).

Techniquement le projet à intégré des capteurs PV sur certaines toitures existantes en autoconsommation. Une ventilation double flux a été installé dans certains espaces compliqué à gérer (périscolaire/ réfectoire), la ou les classes sont restés avec un principe hybride de ventilation simple flux et naturelle sur détecteur de CO2. La cuisine profite d'un SHED dédié pour sa technique et ventilation. Les habillages intérieurs ont été choisis pour être le plus sain possible : sols en linoléum, habillage bois en sapin blanc du pilât (comme les ossatures bois), plafond en fibre de bois … L'éclairage naturelle de l'extension à été particulièrement travaillé avec des éclairages via un grand Shed et un patio en plus des façades.

Tout n'est pas parfait (isolation toit plat extension en polyuréthane, comme l'isolant sous chape…). Toiture plate gravillonnée plutôt que végétalisé pour répondre a des questions budgétaires serrées. La chaufferie existante à été conservée.



5. Conclusion

Un projet remarquable à nos yeux, car sans ambition particulière affiché lors de son appel d'offre, c'est un projet qui à pus évoluer, notamment à travers notre démarche participative, vers un projet : écologique, confortable, performant, optimisé, adapté au lieu et aux besoins exprimés des utilisateurs, à un budget serré, …

ce qui nous semble être, pour une bonne partie, la définition du concept de la Frugalité.

INSA Strasbourg : réhabilitation et extension

Benjamin COLBOC
COSA
Colboc Sachet architectures
Paris, France

Julien ROUBY
RHB
Rouby Hemmerlé Brigand Architectes
Strasbourg, France





Alors que nos sociétés industrielles disposaient de ressources énergétiques inédites, les crises climatiques et énergétiques nous posent de façon urgente la question du réemploi. Le choix des matériaux quitte l'arbitraire pour puiser dans les ressources disponibles. Aucune matière n'est mise en œuvre en vain mais porte du sens.

1. INSA Strasbourg : réhabilitation et extension

Réhabiliter c'est comprendre, au-delà des dysfonctionnements ou réussites d'une structure architecturale, son potentiel inachevé, son projet inavoué ou inconscient.
La construction d'origine de l'Institut National des Sciences Appliquées de Strasbourg, organisée autour d'une rue intérieure, a connu plusieurs extensions et restructurations déséquilibrant son centre de gravité. Actuellement, l'INSA possède plusieurs centralités qui ne sont pas connectées entre elles.

Mettant à profit le plan d'origine réglé au cordeau par François Herrenschmidt et Jean Démaret en leur temps, le projet de réhabilitation et d'extension de l'INSA Strasbourg repose sur trois principes.
Le premier est de boucler, par la création d'une seconde rue intérieure, un maillage de circulations permettant de relier les différentes extensions au bâtiment d'origine et dégager des espaces extérieurs végétalisés, dont un patio creusé dans une des halles et le jardin des prototypes où pousseront grands sujets et projets d'étudiant·e·s.

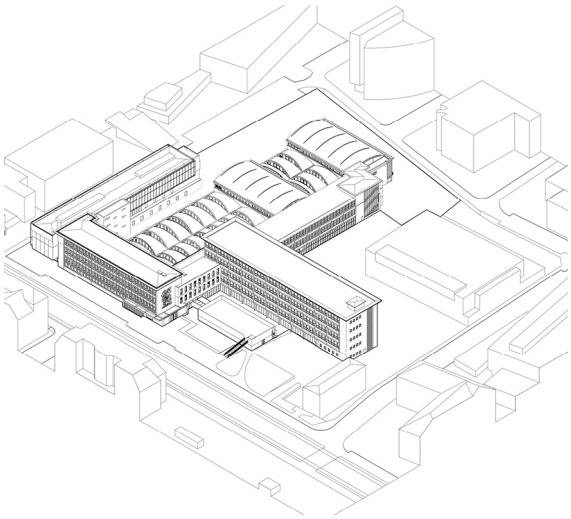
Le second principe est d'incarner la pédagogie spécifique à l'INSA qui place la manipulation empirique au cœur de l'enseignement. La réorganisation géographique de ses départements permet de matérialiser un processus partant des ateliers d'expérimentations à l'échelle 1 :1 au Sud de l'école, passant par les plateformes et salles de cours, pour aboutir à la nouvelle entrée au Nord, vitrine de ses activités sur le boulevard et la ville.

Le troisième principe est de reloger l'école d'architecture dans un bâtiment neuf adapté à ses besoins. Les services administratifs bénéficient de ce mouvement : regroupés dans l'ancienne aile dédiée à l'architecture, autour du hall principal, ils gagneront en présence, en efficacité et en lisibilité.

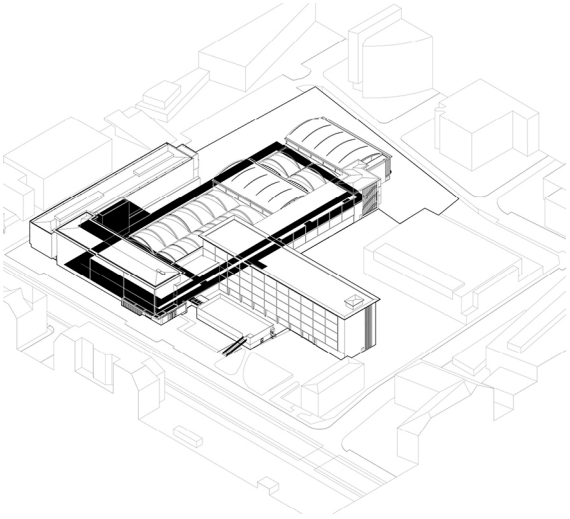
Ces interventions épousent les bâtiments existants en adoptant les mêmes rythmes structurels et les mêmes objectifs : être des architectures de l'usage, épurées, régulières, lumineuses, s'effaçant au profit des relations inter-usager·e·s, inter-départements, s'adaptant aux pédagogies. Elles se distinguent par leurs ossatures mixtes didactiques et revêtements en bois et pierre, qui rappellent avec malice aux élèves de l'INSA, constructeurs de demain, d'envisager le futur avec des matériaux naturels et renouvelables.



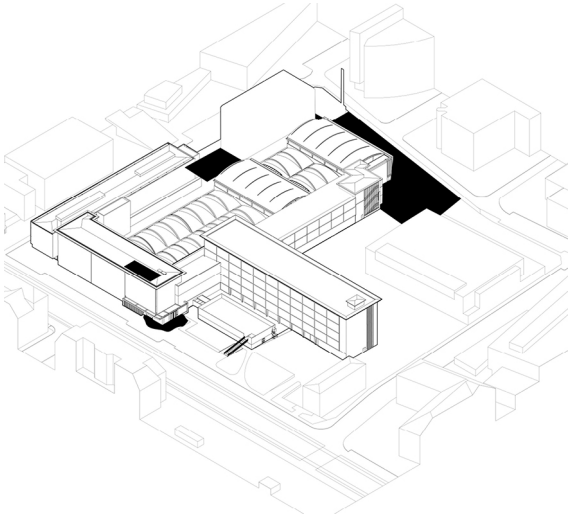
ENSAIS, F. Herrenschmidt, J. Démaret architectes
DR Archives d'architecture contemporaine, 133IFA140/5



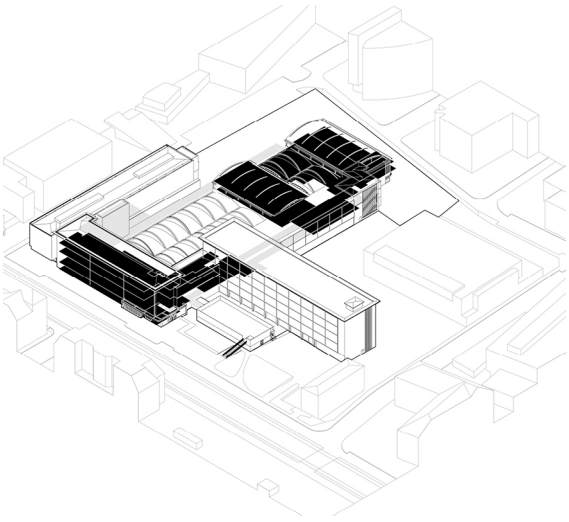
2019 : une construction déséquilibrée par de multiples extensions et restructurations



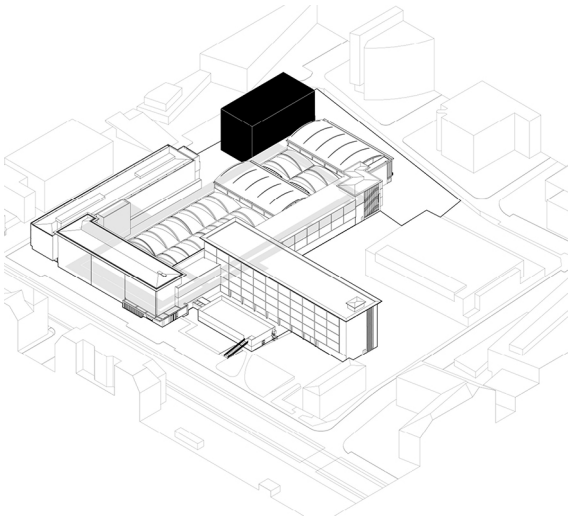
Boucler le maillage de circulations



Requalifier, renaturer les espaces extérieurs



Interventions sur l'existant : expérimenter, partager



Un nouveau bâtiment pour l'école d'architecture

2. Réhabilitation : trois exemples de réemploi à toutes les échelles

2.1. Revaloriser l'existant pour faire école et donner une vitrine à l'INSA

Les bâtiments de François Herrenschmidt et Jean Démaret marquent l'identité de l'INSA de Strasbourg. Ils sont une ressource fiable pour le projet : une structure simple, libérant les plateaux intérieurs aisément adaptables, modulables. Ils composent une esthétique épurée, régulière, lumineuse.
La façade principale de l'INSA tourne le dos au boulevard de la Victoire, axe majeur du campus Esplanade. Les baies sont hautes, le socle opaque. Ce qui était à l'origine un vaste foyer est devenu une salle d'examens régulièrement fermée, obligeant les élèves à la contourner, privant l'établissement de cette centralité.
Le projet propose de donner une vitrine à l'INSA en ouvrant des baies au niveau des piétons, en remaniant l'angle du bâtiment et son parvis. Un atrium est ouvert sur quatre niveaux pour replacer l'administration et les associations installées dans les étages au centre de l'école. Une des halles est creusée pour ouvrir un patio qui permet d'éclairer le foyer et la halle. Les aménagements intérieurs permettent de sertir le neuf à l'existant : habillage en bois, peinture uniforme, sol en terrazzo issu du réemploi des anciens carreaux.

2.2. Recycler : le terrazzo

Le carrelage d'une partie des bâtiments l'INSA, trop endommagé, doit être démoli. Pour ne pas jeter ce gisement de matière, nous proposons de suivre l'exemple des italiens de l'antiquité qui, déjà, réutilisaient les agrégats issus des résidus de mosaïque, débris de brique ou de granit mêlés à du ciment, pour composer des sols en terrazzo.
Les 700 m² de sol déposé nous offrent 26.5t de carrelage. Après des tests de concassage, de liant, de validation d'avis technique, la formule du terrazzo est mise au point. Les carreaux sont préparés à Vendenheim à 13 km de l'INSA. Le terrazzo posé par une entreprise de Drusenheim, à 27 km de l'INSA.

2.3. Réhabiliter les halles : moins de matière pour plus d'usages

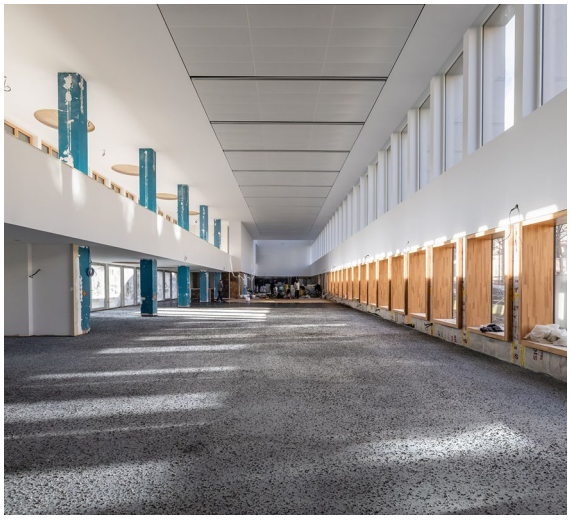
La valorisation des espaces d'ateliers constitue une réponse à des enjeux partagés par les ingénieurs et les architectes : le partage du savoir et des connaissances, l'expérimentation, la construction, puis l'affichage et la communication.
Les grandes portées (15x7.10m) sont valorisées sobrement, avec justesse et modestie. Les ouvrages sont confortés et réparés, isolés, mis aux normes. Les mezzanines construites au fil des opportunités sont rationnalisées. Dans ces espaces que les qualités structurelles suffisent à qualifier, le second œuvre est réduit au minimum : des panneaux de bois pour protéger les parties basses des murs et y punaiser les supports de travail, de la peinture seulement où elle est nécessaire, un traitement des dalles de béton au sol.



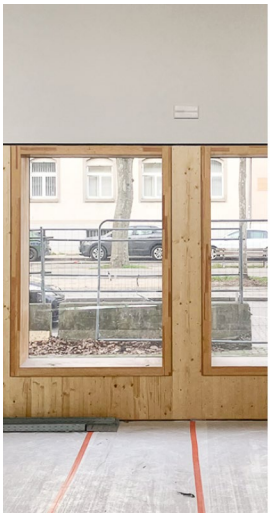
ENSAIS – Salle d'exposition
DR Archives d'architecture contemporaine, 133IFA140/5



Demain : atrium et foyer



En chantier : atrium et foyer
© Florry-Anne Simons, RHB





En chantier : baies percées dans le socle
© COSA – RHB



En chantier : terrazzo
© Florry-Anne Simons, RHB



Halle restructurée
© RHB

3. Plus avec moins

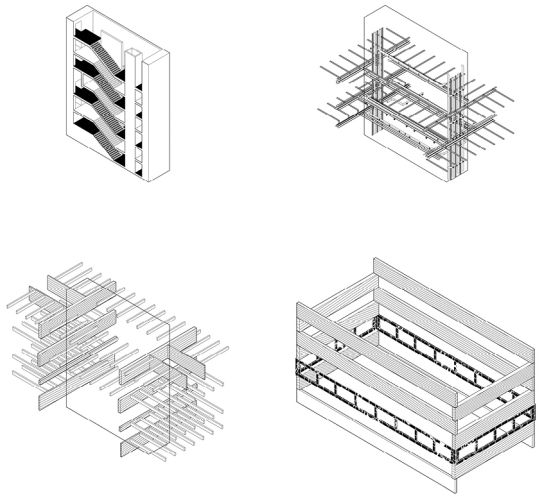
Le projet de réhabilitation est un des maillons de la durabilité du projet. Mais l'INSA a aussi besoin de surfaces complémentaire. Dans la rue intérieure, comme dans le nouveau bâtiment dédié à l'enseignement de l'architecture, il s'agit d'utiliser les bons matériaux, en juste quantité, au bon endroit, pour plus d'usages, de polyvalence, de simplicité et de bon sens ; trouver les dispositifs passifs qui réduiront les dépenses d'énergies ; concevoir des bâtiments flexibles qui vivront une deuxième, une troisième vie.

3.1. Pragmatisme constructif

Le noyau de l'école d'architecture assume la fonction de distribution verticale des usager·e·s et des fluides. Pour reprendre l'ensemble des efforts liés à la sismique en utilisant un minimum de matière, il est en béton. Il héberge les programmes servants des ateliers. Il accueille les distributions verticales avec un escalier à double révolution dont les volées sont reliées par un hublot pour mieux se repérer.
Les réseaux (fluides, courants forts et faibles, chauffage, ventilation) sont disposés en symbiose avec la structure, innervant l'école. Ils sont visibles pour être aisément entretenus, mais aussi expliqués aux élèves.
Les poutres primaires de bois préfabriquées (36x2.72m et 18x2.72m) sont posées les unes sur les autres, tel un jeu de KAPLA®. Elles définissent des doubles hauteurs dans les ateliers. Les fenêtres basses qui ouvrent l'école à la ville, alternent avec les fenêtres hautes qui offrent des espaces d'affichage en partie basse.
Les poutres secondaires transmettent les efforts sismiques des poutres primaires au noyau béton. Les dalles sont supportées par les poutres plus fines. Ces poutres semblent suspendues face au vide des fenêtres, questionnent les élèves sur leur mise en œuvre.

3.2. Une architecture de l'usage

Parler de pragmatisme n'entend pas s'éloigner d'architecture, c'est au contraire lier exigence et réalisme au profit d'un projet pleinement satisfaisant. Car un projet d'architecture contemporain est avant tout un projet technique : c'est en gérant pragmatiquement les obligations techniques que nous aboutissons à une architecture capable de s'en affranchir. L'architecture existe dès lors que ce n'est pas la pesanteur des contraintes qui se ressent. Elle dévoile alors ses qualités pour nous offrir, au-delà de la performance, un lieu de vie.



Principes constructifs : noyau, réseaux, poutres primaires et secondaires



Nouveau bâtiment pour l'école d'architecture
© Camille Gharbi



Nouveau bâtiment pour l'école d'architecture
© Camille Gharbi



Atelier
© Camille Gharbi



Atelier
© Camille Gharbi



Atelier
© RHB

Transformation d'un parking en logements avec surélévation rue Parmentier à Paris

Louis TEQUI
Atelier Téqui Architectes
Paris, France



Guillaume DESMAREST
WeWood (Bouygues Bâtiment France)
Paris, France



Transformation d'un parking en logements avec surélévation rue Parmentier à Paris




Vue du bâtiment existant | Vue du projet de réhabilitation – surélévation

1. Présentation du bâtiment de garage d'origine

Le garage Peugeot est situé au 58-60 avenue Parmentier dans le 11e arrondissement de Paris, quartier présentant une forte densité construite avec une grand variété de typologies d'immeubles. Construit en 1957 par l'architecte Claude Beraud, premier Grand Prix de Rome, le garage était initialement composé d'un rez-de-chaussée et d'un étage. Il a été surélevé à deux reprises, gagnant 2 étages en 1960, puis deux autres en 1964. Un cinquième étage sera réalisé par la suite pour lui donner sa volumétrie actuelle.

Le garage occupe l'ensemble de la parcelle selon un gabarit décroissant de R+6 du côté rue, à R+3 en fond de parcelle, et R+1 dans l'excroissance en côté cœur d'ilot au sud.




Vue aérienne du garage | Vue arrière du bâtiment existant

Sur l'avenue Parmentier, il comporte de larges ouvertures en bandeaux sur toute la longueur du bâtiment, identiques du R+1 au R+6. Sur les façades latérales et en fond de

parcelle, toutes en limites séparatives, les façades sont beaucoup plus opaques, laissant apparaitre de vastes pignons en béton, seulement parsemées de quelques ouvertures.



Vue de la façade du garage existant



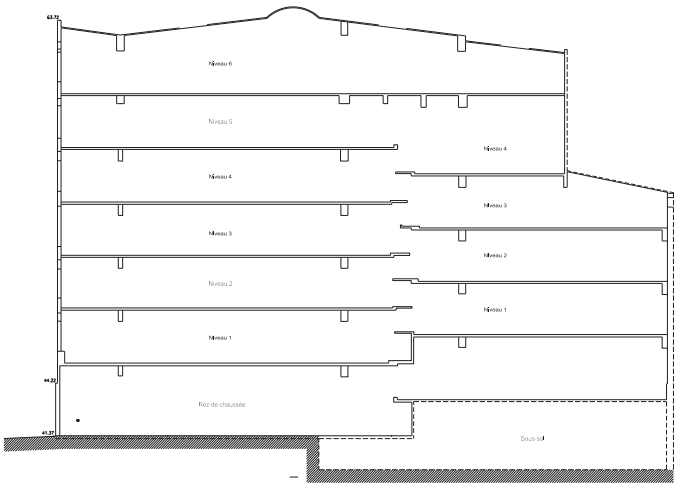
Vue intérieure de la façade bandeau donnant sur l'avenue

Organisé par demi-niveaux reliés par des rampes à chaque extrémité, le bâtiment offre de grands plateaux libres. La structure est constituée de voiles extérieurs périphériques, de six poteaux intérieurs et d'un réseau de poutres principales et secondaires et de dalles.

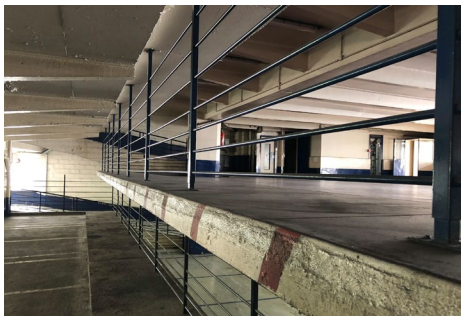
Cette structure offre donc une grande capacité d'adaptation à des usages variés. Sa forte présence et sa matérialité sont aussi des atouts importants encourageant à la laisser visible afin de conserver sa grande expressivité.

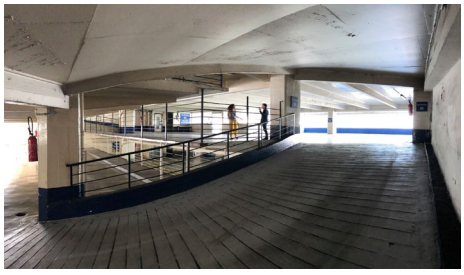
Coté avenue Parmentier, la façade est suspendue à la dalle et aux poutres en porte à faux, elle ne nécessite donc aucun point porteur, ce qui rend possible ces grandes fenêtres horizontales en bandeaux, très caractéristiques de l'architecture des garages à Paris.

Ainsi, la façade agit comme un totem maintenant la mémoire du lieu, marque de la présence automobile dans Paris, des évolutions des politiques urbaines et de la continuité de cette histoire de la ville.



Coupe du garage existant





Photos des demi-niveaux et des rampes

2. Le projet de réhabilitation

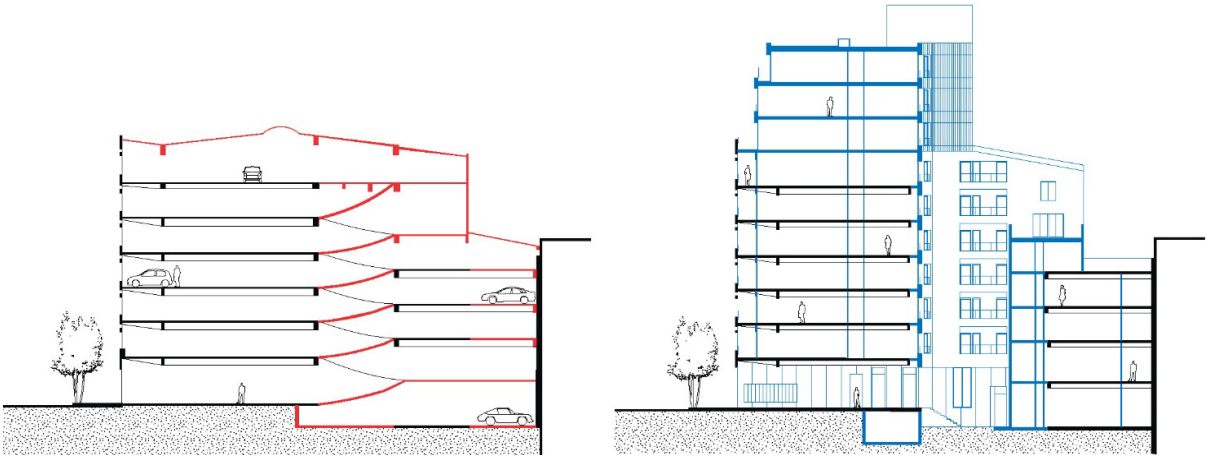
Le projet porté par les maitrises d'ouvrage Quadral Promotion et Batigère Habitat prévoit la réhabilitation lourde et la restructuration du volume existant, ainsi qu'une surélévation de 3 niveaux en structure mixte bois/métal et bardage bois.

Le volume existant est conservé, surélevé, et percé de cours ou jardins permettant la création de vues et l'aménagement de logements bien éclairés et bien orientés. Les dalles existantes du garage, et donc les niveaux de références du bâtiment sont conservés. Le projet prévoit ainsi le maintien de la structure du garage, dans sa quasi-totalité.

Un porche d'accès est créé le long de la limite parcellaire sud. Largement dimensionné, cet espace accueille le stationnement des bicyclettes et dessert les 2 halls latéralement ainsi que le petit immeuble en fond de parcelle.

Le projet vient se reconnecter à l'ensemble de l'îlot environnant, transformant un garage désaffecté, masse bâtie opaque repliée sur elle-même, en un immeuble d'habitation avec un porche d'accès, débouchant sur un jardin, des cours plantées en limite parcellaire, et des terrasses plantées.

Ainsi, par son architecture et sa volumétrie, le garage transformé s'intègre dans le quartier et offre aux riverains un visage avenant et attrayant.

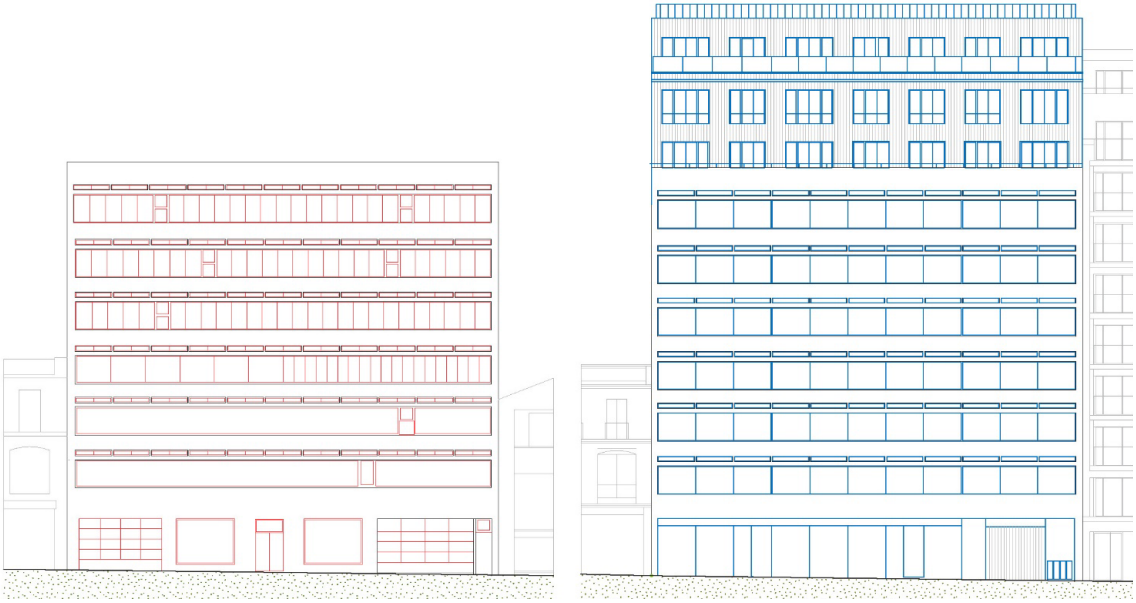


Coupes sur les rampes : existant / projet



Plan de rez-de-chaussée : existant / projet

3. La façade avenue Parmentier



Façade avenue Parmentier : existant / projet

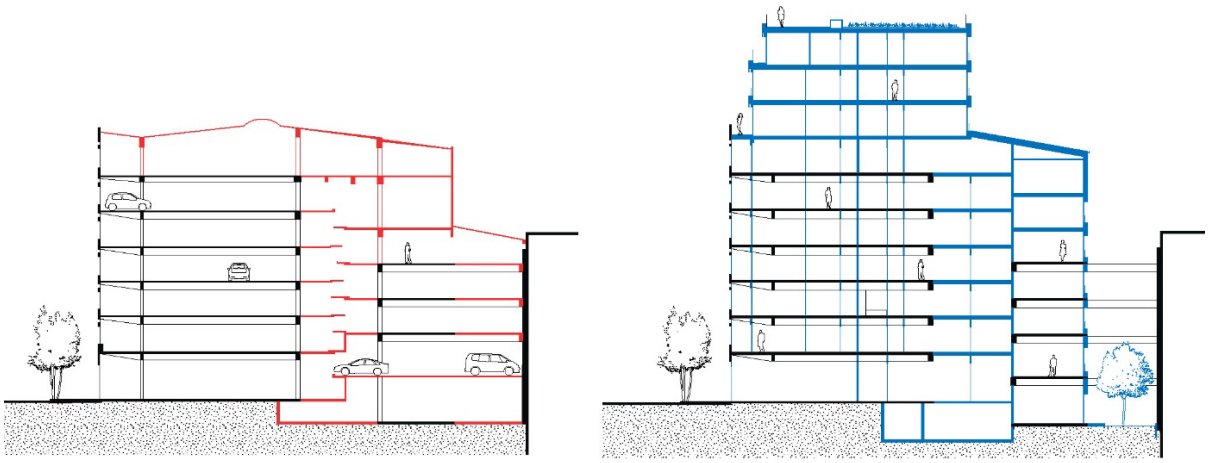
Coté avenue Parmentier, la façade existante est conservée intégralement, hormis le rez-de-chaussée qui sera repris afin de créer de grandes parois vitrées pour le commerce. Le béton existant sera restauré, et peint blanc.

De nouvelles menuiseries métalliques coulissantes sont intégrées dans les bandeaux filants existants, tandis qu'une nouvelle façade en Fermacell et contreplaqué CTBX est installée en retrait afin de créer une double peau. Des baies coulissantes pliantes en bois permettent une ouverture intégrale du logement sur le jardin d'hiver ainsi créé. Cet espace tampon acoustique et thermique est ainsi évolutif dans son usage et son occupation au gré des saisons, permettant d'étendre les pièces principales.



Jardins d'hiver : photo de chantier et coupe

4. La surélévation bois



Coupes centrales : existant / projet

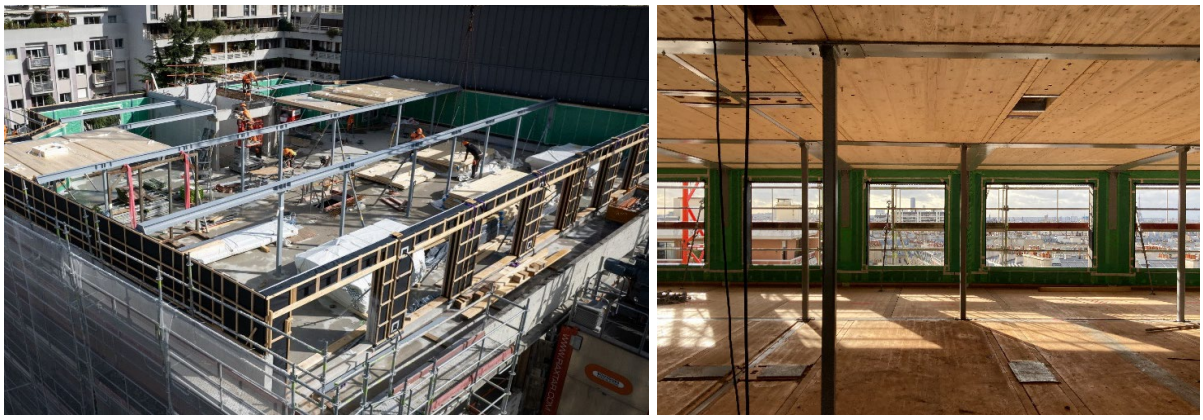
Les charges provenant de la surélévation traversent le bâtiment existant via des poteaux en béton armé, sans lui transmettre d'efforts supplémentaires. Elles s'appuient sur leur propre système de fondations via des micropieux forés, afin de ne pas solliciter les fondations existantes.

Le système constructif de la surélévation est basé sur une structure poteaux poutres en métal avec les murs et les acrotères en ossatures bois. Le plancher est constitué de panneaux en bois massif lamellé croisé avec une chape en béton, qui abrite le système de chauffage par le sol.

L'ensemble du complexe participe au niveau phonique à une obtention des standards d'affaiblissement acoustique. La structure intérieure de la surélévation est une structure métallique comprenant des poteaux et des poutres en acier.

La surélévation de trois niveaux est revêtue d'un bardage bois à lames verticales. Ces parties de façades sont composées selon un ordonnancement régulier, donné par les positions tramées des baies et les joints horizontaux de fixation des bardeaux. Des profilés horizontaux viennent marquer les niveaux, alignés sous les fenêtres permettant le recoupement d'air nécessaire au bardage.

Ce type de vêture possède une structure verticale régulière et creusée. Cette texture apporte une vibration et une matérialité qui contraste avec le caractère lisse et uniforme du béton des façades initiales et de l'enduit.



Photos de chantier de la surélévation bois

5. Les logements

Le projet propose la création de 63 logements répartis dans 3 cages dont la granulométrie est la suivante : 17 T2 – 29 T3 – 8 T4 – 9 T5 Parmi les 29 T3 se trouvent 2 duplex qui trouvent place sur l'arrière du projet sous la toiture en zinc.

L'ensemble des logements sont sociaux et répondent à deux types de financement : locatif social et usufruit social.

Concernant les cages A et B, La structure de l'immeuble existant, sous forme de demi-niveaux, permet de distinguer deux paliers disposant chacun d'un ascenseur propre pour 3 à 5 logements par niveau. L'escalier de secours est commun, desservant les demi-niveaux à chaque palier intermédiaire.

La cage de logement C est indépendante et fonctionne en autonomie dans l'excroissance en fond de parcelle.

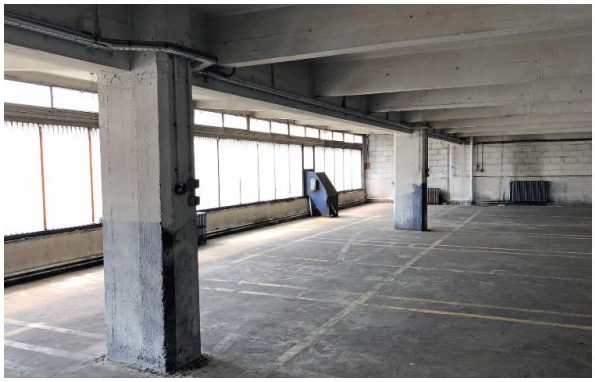


Photo intérieure du garage d'origine



Vue projet d'un logement créé

Des cours plantées et des jardins intérieurs sont créés à l'emplacement des rampes. Les logements sont ainsi majoritairement traversants, entre rue et cour, ou entre jardin et cour.

La toiture au R+10 est accessible aux habitants et est largement végétalisée. Des grandes jardinières sont implantées sur la terrasse afin de proposer un potager partagé.



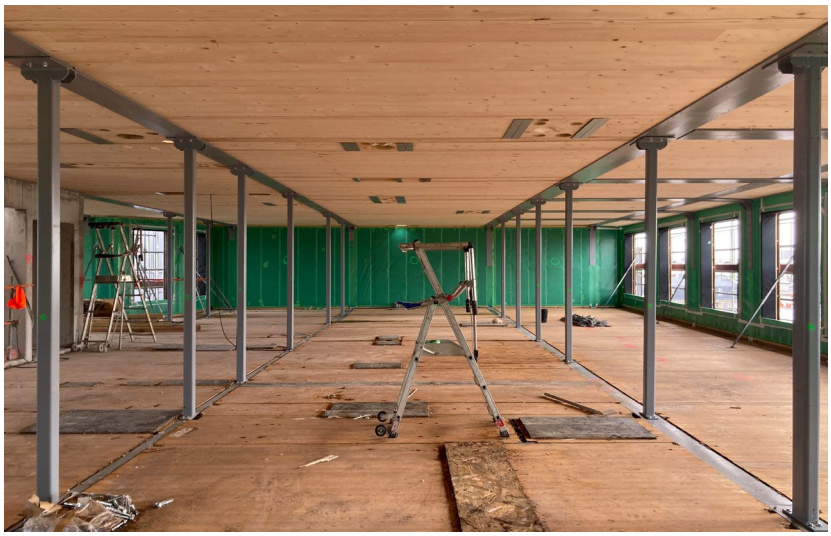
Plan d'étage courant : existant / projet

6. L'utilisation du bois

Les essences de bois utilisés sur l'opération sont les suivantes :

- MÉLÈZE
  520 m² de bardage bois en façade de la surélévation, posé en majorité en usine
- ÉPICÉA (avec un peu de pin mélangé)
  800 m² de planchers CLT

- ÉPICÉA
  680 m² de murs à ossature bois sur les 3 niveaux de surélévation
- PIN
  241 fenêtres et portes fenêtres (dont baies coulissantes et pliantes en bois)
- PEUPLIER
  Bardage bois CTBX sur les jardins d'hiver et les loggias

Photos de chantier de la surélévation bois

Avantages de l'utilisation du bois :

- Légèreté du bois comparé au béton, facilitant la surélévation de 3 niveaux sur un bâtiment existant
- Rapidité de chantier : les trois niveaux de la surélévation ont été montées en à peine 4 semaines
- Facilité et précision de montage : préfabrication des façades bois avec une livraison sur site des façades déjà assemblées avec bardage + habillages des tableaux et voussures
- Réduction de l'emprise de chantier et des nuisances pour les riverains

7. La démarche environnementale

Le projet s'appuie sur une démarche ambitieuse de développement durable, avec notamment l'obtention des certifications et labels suivants :

Pour la partie existante

- Conforme aux dispositions du Plan Climat Energie de la Ville de Paris (version 2012)
- Certification NF Habitat HQE Rénovation V3.2
- Territorialisation : Label BBC Effinergie Rénovation et Cep < 80 Kwhep/m²/an

Pour la partie neuve

- Conforme aux dispositions du Plan Climat Energie de la Ville de Paris (version 2012)
- Certification NF Habitat HQE Construction V 3.1
- Label Effinergie +
- Label Bâtiment Biosourcé
- Cep ≤ 40 kWhep/m²SRT/an (RT2012 – 20%)

Niveau thermique : RT 2012 -10 %

Les ratios biosourcés du projet sont les suivants :

- Taux de matière biosourcée de l'ensemble des logements = 31 kg/m² SDP
- Taux de matière biosourcée de la surélévation = 99 kg/m² SDP



Maquette du projet

Le chemin le plus court fait parfois des détours : caissons paille et bois local pour la salle multi-activités à Mandres-sur-Vair (88)

Marc-Olivier LURON
BAGARD & LURON architectes
Nancy, France



Le chemin le plus court fait parfois des détours : caissons paille et bois local pour la salle multi-activités à Mandres-sur-Vair (88)

Maîtrise d'œuvre : Bagard & Luron architectes mandataire, FR-Nancy
Bet structure / VRD : Barthès BE Bois, FR-Maidières (IBC)
Bet fluides / thermique : Solares Bauen, FR-Strasbourg
Bet électricité : L&N Ingénierie, FR-Mulhouse
Bet acoustique : Venathec, FR-Vandoeuvre-Lès-Nancy
Économie de la construction : Touzanne et associés, FR-Vandoeuvre-Lès-Nancy
Missions : Base + EXE + OPC

Entreprise charpente bois : SAS Yves SERTELET, FR-Provenchères-et-Colroy
Fourniture bottes de paille : Univert'foin, FR-Bouzonville

Maîtrise d'ouvrage : Commune de Mandres-sur-Vair
Contrôle technique : BTP consultants, FR-Metz

Surfaces : Surfaces utiles intérieures 530 m2 – Préau 116 m2
Coût : 1 730 000 € HT
Dates : Démarrage des études juin 2021
Démarrage du chantier décembre 2022
Livraison : avril 2024



Image 1 : perspective du projet



Image 2 : photographie de fin de chantier (mars 2024).

Le projet de salle multi-activités de Mandres-sur-Vair (88) répond aux besoins d'un petit équipement en milieu rural avec la nécessité de mutualiser des usages associatifs et intergénérationnels. Typique de cette catégorie de bâtiment communal, le programme se compose d'une salle polyvalente (170m2), une bibliothèque (50m2) et un espace de réunion (40m2) distribués par un hall commun. Des espaces de services et de convivialités sont associés à la grande salle de loisirs : préau, scène, cuisine, bar, locaux rangements, etc... Ils permettent une certaine polyvalence et des relations entre dedans et dehors. Le bâtiment, ERP de 3e catégorie de type L et S, est destiné à accueillir les activités périscolaires autant que des événements festifs, publics ou privés.

La dimension environnementale de cette construction est une donnée initiale forte, véritablement portée par les élus de la commune. L'équipe de maîtrise d'œuvre va traduire cette attente par une conception déclinant deux objectifs en matière de ressources :

- Construire un bâtiment en structure bois et isolé en paille
- Recourir autant que possible au bois local, notamment le chêne communal

Cette présentation se concentre sur l'emploi de bottes de paille en remplissage de caissons issus d'une préfabrication hors-site, sous forme d'un retour d'expérience du point de vue de l'architecte, du BET structure bois et du charpentier.

En complément, quelques données relatives à la démarche d'utilisation de bois local figurent en notes de fin.

1. La paille et l'architecte : l'alignement des planètes et la règle constructive

La première rencontre de l'agence avec la construction paille remonte à 2007, par une visite de fin de chantier de la Damassine (Maison des vergers, du paysage et de l'énergie) à Vandoncourt (25). Les architectes de l'agence HAHA (FR-Saint Nabord) concrétisaient avec ce programme le premier ERP français isolé en paille. Nous y découvrions un chantier magnifique, avec la mise en œuvre de paille issue d'un rayon très proche, la recherche de la botteleuse appropriée, l'adaptation du dessin de la structure aux dimensions de la botte, le stockage de la paille sous un chapiteau monté sur site, le jonglage avec le calendrier de moisson et le planning de chantier, … Relevant presque de l'épopée, la réalisation de ce bâtiment constituait également un exploit règlementaire, précédant la publication des Règles Professionnelles de la Construction Paille rédigées par le RFCP en 2012.

Quinze ans plus tard, notre équipe a conçu et réalisé plusieurs bâtiments bois (structure bois, MOB, FOB, …), qui nous ont rendus familiers de la préfabrication en atelier du traditionnel MOB et du complexe panneau contreventement – isolant – pare-pluie. Après plusieurs occasions avortées (concours perdus), le projet de Mandres-sur-Vair présente un contexte favorable pour réaliser le premier bâtiment à isolation paille de l'agence. Pourquoi ? Parce que maintenant, c'est relativement facile :

- Le cadre technique et réglementaire existe depuis la publication des RPCP (2012)
- L'agence a réalisé la formation PROPAILLE et connaît les points-clés d'une conception et d'un chantier en paille
- Il existe aujourd'hui une filière structurée : accès à l'expertise technique (Réseau Français de la Construction Paille), BET, entreprises du bâtiment, fournisseurs (Univert'foin). Certains Contrôleurs Techniques sont également pro-actifs et engagés (BTP Consultants sur ce chantier)

En architecture, le choix préalable d'un procédé constructif a sur la conception une conséquence simple : il faut accorder l'espace avec la logique du procédé. D'emblée, le projet adopte une forme régulière et un schéma structurel régulier liés à la construction par caissons. C'est une évidence, mais ce n'est pas facile ; pour ces petits équipements de proximité, l'optimisation et la diversité fonctionnelle des surfaces ne sont pas toujours compatibles avec des trames régulières.

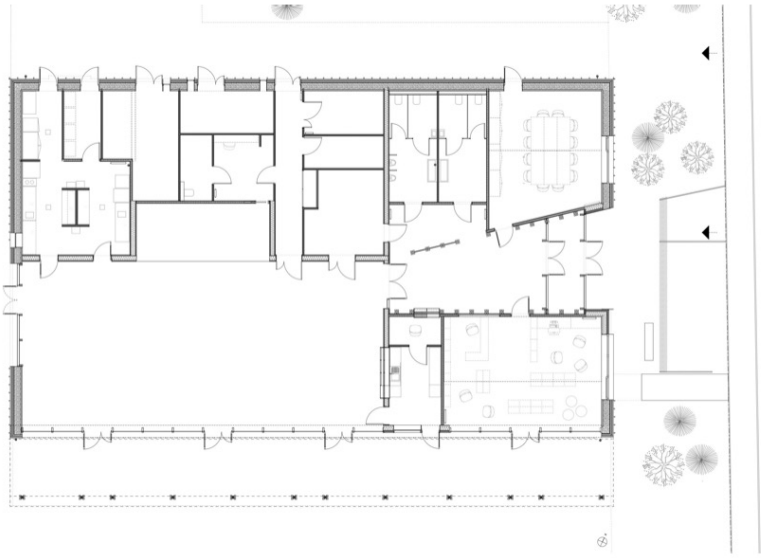


Image 3 : plan du projet

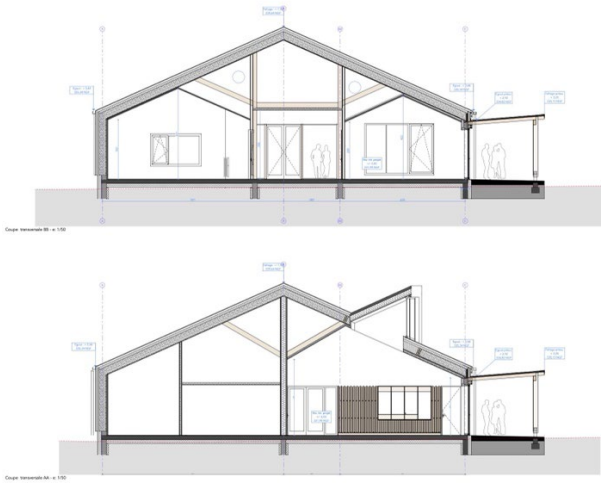


Image 4 : coupes transversales

La configuration générale du projet posée, la phase Avant-Projet est le moment d'une réflexion sur la stratégie de mise en œuvre :

- paille locale et remplissage sur site
  ou
- approvisionnement de bottes calibrées et préfabrication caissons hors site.

En l'absence de ressource locale pour un approvisionnement en bottes de construction, et s'appuyant sur le retour d'expériences du BET Barthès, le DCE du projet est défini sur la base d'une construction en caissons avec préfabrication hors site. Cette prescription est en soi invisible dans le dessin, une paroi isolée en paille est la même qu'elle soit remplie sur chantier ou hors site. En revanche, elle a des conséquences sur le planning et le type d'entreprise en capacité de répondre, ainsi que sur la filière d'approvisionnement de la paille.

2. Pour le BET, la préfabrication biosourcée hors site comme technique courante

Avec sa connaissance étendue de la filière bois, le bureau d'études BARTHES s'emploie dès les phases d'études à orienter les conceptions des structures vers des éléments compatibles avec la préfabrication. La préfabrication hors site n'est pas propre à l'isolation en paille mais s'avère encore plus avantageuse vis-à-vis des caractéristiques techniques de la paille (densité, dimensions, …) et de ses conditions de mise en œuvre. La réalisation de

chantiers en caissons préfabriqués isolés en paille semble être aujourd'hui la méthodologie la plus opérationnelle et efficiente. Fort de ses retours de chantier, le BET connaît et anticipe les problématiques de protection des ouvrages aux intempéries. La paille (comme les autres biosourcés) étant sensible à l'humidité, la méthodologie de préfabrication doit tenir compte de la protection des ouvrages lors des différentes phases (transport, stockage, levage, …) et ce afin de promouvoir la construction paille hors site pérenne.

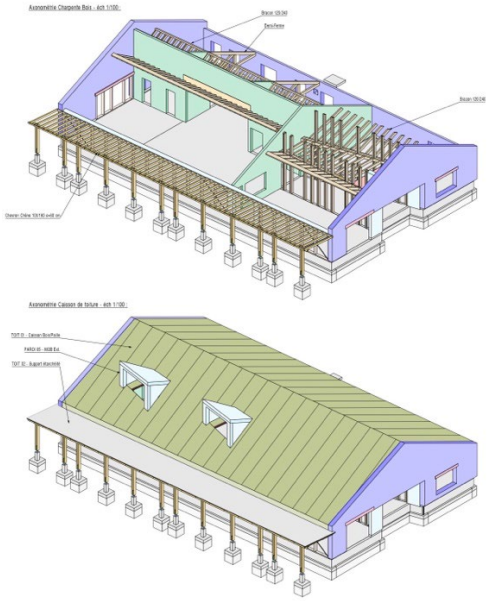


Image 5 : axonométries structurelles (doc BARTHES)

Le bureau BARTHES est engagé dans le groupe Filière Paille Grand Est, association promouvant la diffusion des compétences et des savoirs sur le matériau paille. A ce titre, il prend part aux activités de cette filière pour accroître la construction paille, son impact environnemental et social et le développement d'une économie plus locale.
Aujourd'hui, l'emploi de la paille dans les bâtiments ne présente plus d'obstacles insurmontables. L'environnement réglementaire et technique ne diffère que très peu de l'environnement classique de la construction bois. Les normes (Eurocodes, DTU,…) ainsi que les exigences en matière d'incendie et de thermique sont identiques à celles des constructions en bois isolées par des biosourcés dits « classiques ».
Les échanges avec les autres membres de la MOE restent similaires aux échanges que l'on peut avoir dans le cadre de projet plus classiques en bois. Il s'agit surtout de régler les sujets de synthèse rapidement (traversées de paroi, réservations, …) et de les limiter dans les parois paille afin que ces éléments soient intégrés dans la conception hors-site. Ce travail en amont permet de limiter les interventions sur site (plus exposées aux aléas de chantier et aux intempéries). Les caractéristiques techniques de la paille ne présentent pas d'inconvénients vis-à-vis des autres lots techniques et s'avèrent même très performantes (densité importante, déphasage, …) dans le cadre règlementaire thermo-acoustique courant.

3. Entre process et souplesse, une question d'échelle et de culture d'entreprise

L'entreprise SERTELET (FR-Provenchères-et-Colroy), adjudicataire du lot Charpente, fait partie des entreprises de la région pionnières dans la mise en œuvre de paille pour la construction. Elle a réalisé, avec des BET reconnus pour leur expertise (TERRANERGIE, ...) les premiers chantiers pilotes, avant la rédaction des Règles Pro et avant la mise en place des formations PROPAILLE.

L'entreprise est dotée d'un outil de production performant : atelier (4000 m²), lignes d'usinage, tables de montage, … Elle possède également une flotte de camions et remorques qui la rend autonome en matière de transport d'éléments préfabriqués.

Ces moyens de production et de mise en œuvre permettent de préfabriquer des éléments caissons fermés par panneaux sur les 2 faces, garantissant l'étanchéité de l'isolant.
Dans ce contexte, la préfabrication garantit :
- une meilleure qualité de préfabrication, un contrôle qualité plus efficace
- un travail à l'abri pour les équipes et les ouvrages
- une maîtrise des coûts
- une optimisation des trajets chantier, par la réduction du temps de chantier.

Avec ce process, il est logique que l'entreprise privilégie l'approvisionnement en atelier de bottes de pailles calibrées en dimensions, densité et humidité pour procéder au remplissage des caissons, tout comme elle procède avec les autres types d'isolants. Grâce à son échelle, elle échappe en effet aux freins parfois exprimés par des entreprises de taille moindre : le poids et l'encombrement accrus de ce type de parois, en termes de transport et de levage.



Image 6 : remplissage par bottes de paille en atelier, avant fermeture des caissons



Image 7 : levage des caissons de toiture par camion-grue.
Le levage de la structure bois et des caissons s'est déroulé d'avril à mai 2023.



Image 8 : photographie de chantier de la salle multi-activités

Les précautions particulières liées à l'emploi de la paille, par rapport d'autres isolants (fibre de bois panneaux ou insufflée, ouate de cellulose,…) consistent à la vérification de la densité et de l'humidité. La régularité dimensionnelle de la botte est extrêmement importante, sous peine de pertes de matière et de temps. Par conséquent, la fourniture de la paille par des fabricants spécialisés en bottes de construction (dans notre cas, UNIVERT'FOIN à Bouzonville en Moselle) est quasiment impérative ; des expériences passées en paille plus ou moins bien bottelées par des agriculteurs du périmètre chantier n'ont pas été probantes.

Pour son approche technique et économique, l'entreprise a également un regard sur l'architecture du bâtiment. Au-delà du quantitatif, la géométrie et la régularité du projet sont des facteurs pris en compte dans le chiffrage du marché. Si les caissons paille sont pertinents pour les parties régulières, ils s'accommodent mal des réductions d'épaisseur, parties biaises, incorporations ou connexions. Pour ces éléments particuliers, d'autres isolants sont mis en œuvre.

4. Préfabrication et biosourcé : le hors site pour une architecture située

Le chantier de Mandres-sur-Vair illustre une question d'actualité : la convergence entre préfabrication, matériaux biosourcés et ressources locales.
La préfabrication relève d'une logique industrielle ; elle nécessite une structuration en termes de méthode (bureau d'étude de l'entreprise) et de process (outil de production). Ces investissements sont possibles dans un schéma économique développant un certain volume de production. Dans ce flux, la matière est logiquement issue de la production industrielle. C'est grâce au développement des filières industrielles des isolants biosourcés qu'on observe aujourd'hui leur généralisation dans le bâtiment.
En parallèle, l'émergence de démarches visant à utiliser des ressources locales semble peu compatible avec la préfabrication. Il est difficile de faire coïncider et de planifier avec certitude la disponibilité, la quantité et la qualité de la matière locale. Il faut également que l'outil de production permette la mise en œuvre de ces matières brutes.
Comme souvent, la solution est venue d'un bon compromis sur l'échelle géographique de l'idée de «local»[1] et de la synergie de quelques acteurs. Certes, la paille ne vient pas du champ d'à côté ; les agriculteurs locaux n'étaient pas en mesure de la fournir ni de la botteler, et le charpentier pas favorable à remplir les caissons sur site. Mais la provenance reste régionale (rayon de 150 km), et le gain économique et de qualité du chantier est certain.

1 Voir à ce sujet : Alberto Magnaghi, *la biorégion urbaine, petit traité sur le territoire bien commun*, 2014 Egalement Mathias Rollot, Marin Schaffner, *Qu'est-ce qu'une biorégion ?*, illustré par Emmanuel Constant, Marseille, Wildproject (Petite bibliothèque d'écologie populaire, n° 12. Dialogue), 2021.

Cette expérience confirme l'efficience des dynamiques encore naissantes qui interrogent la notion de «local» et d'échelles de territoire. De l'échelon de la commune à celui de la région, se croise tout un écosystème naturel, économique et politique adapté à une forme de souplesse et porteur d'opportunités relativement rapides à concrétiser.
A cet égard, une petite salle multi-activités de la plaine sous-vosgienne s'est construite sur ce point d'équilibre, en combinant du chêne communal, de la paille mosellane et l'outil productif et le savoir-faire d'un charpentier de la déodatie. La préfabrication hors-site pour une architecture située ?

****

Note sur l'utilisation de bois local

L'équipe de Maîtrise d'Oeuvre, le Maître d'Ouvrage et l'ONF ont travaillé ensemble à l'identification des ressources en bois issu des forêts domaniales. La commune dispose de forêts de feuillus (chêne et hêtre). Au terme d'arbitrage concernant à la fois le calendrier et le budget, il a été retenu de réaliser le préau (116 m²) en charpente et voligeage chêne.
Novembre 2021 : choix des chênes en forêt de Mandres
Avril 2022 : marché de sciage attribué par la commune à la scierie PERRU
Juin 2022 : sciage
Janvier 2023 : réception des bois par le charpentier SERTELET chez le scieur PERRU

En parallèle, l'appel d'offres intègre un critère environnemental pour le lot Charpente, sur la base d'un tableau de provenance des bois rempli par les candidats. Les approvisionnements locaux sont ainsi valorisés au titre de la qualité technique des offres.

La maison de la nature d'Hettange-Grande

Pierre-Etienne ROBINET
Atelier A4
Metz, France



La maison de la nature d'Hettange-Grande

1. Un projet inscrit dans son site et son territoire…

Le bâtiment s'implante à l'entrée de la réserve naturelle nationale de Hettange-Grande, une ancienne carrière de grès exploitée depuis l'époque romaine où l'on observe un patrimoine géologique de statut international : un étage géologique du Jurassique inférieur découvert en 1864 et nommé l'Hettangien. Ce site paysager, aménagé en parcours pédagogique sur la géologie et la flore, accueil régulièrement des scolaires et étudiants. Le bâtiment, construit à l'entrée de la réserve, s'inscrit dans la continuité de ce programme pédagogique et proposera des activités et expositions en lien avec la géologie et les sciences de la vie et de la terre au sens large.

L'édifice est constitué de trois volumes habillés d'un bardage en mélèze et d'une couverture zinc. Un jeu sur les pentes de toiture, le dénivelé du terrain et les biais en façade Sud permet à l'édifice d'apparaître comme un élément signal fort depuis la route départementale puis de se fondre progressivement dans le terrain à l'approche de la réserve naturelle. Le bâtiment invite ainsi à la promenade vers l'ancienne carrière en contrebas tout en s'inscrivant délicatement dans le paysage de coteaux environnant.



Plan masse de la maison de la nature et de la réserve naturelle, Atelier A4







La maison de la nature dans son paysage proche et lointain
(crédits photos : Pierre-Etienne ROBINET)

Au-delà de l'insertion dans le paysage environnant le projet a cherché à tisser des liens à plus grande échelle avec le territoire et les filières locales. Il se veut démonstrateur en termes d'emploi de matériaux biosourcés et locaux et de performances énergétiques. Les murs et la couverture sont constituées de murs et caissons ossature bois préfabriqués et isolés à l'aide de bottes de paille locales (fournisseur Univert'foin, à 40 km du chantier), permettant, couplés à une pompe à chaleur et une vmc double flux, d'atteindre des performances proches du passif. En été, les protections solaires, le déphasage des parois paille et l'inertie des murs de refend en béton permettent d'éviter les surchauffes dans le bâtiment. A l'intérieur la sous-face des caissons bois/paille et la structure bois lamellé-collé restent apparentes, dans un but de lisibilité constructive et d'expression de la matérialité du matériaux bois. Les espaces intérieurs sont accompagnées d'enduit terre crue et de sols minces en caoutchouc.





Le système constructif bois est exprimé dans les espaces intérieurs
(crédits photos : Pierre-Etienne ROBINET)

2. …qui illustre une approche mixte de la construction biosourcée préfabriquée

Les murs ossatures bois de la maison de la nature ont été préfabriqués par l'entreprise MARTIN, sous-traitant du charpentier LORRAINE-TOITURE, entreprise locale titulaire du lot. Les bottes de paille ont, elles, été mise en œuvre sur site. Le charpentier ne possédait en effet pas la surface nécessaire en atelier et les moyens de levage adaptés pour la réalisation de MOB préfabriqués déjà isolés. Le bâtiment étant un simple RDC la mise en place sur site était par ailleurs plus aisée qu'un bâtiment à étage.

L'avantage d'une mise en place sur site est qu'une entreprise de charpente de taille moyenne est capable de répondre au marché. La solution de préfabrication a tout intérêt à être envisagée sous ses diverses déclinaisons pour des bâtiment de petite taille afin de ne pas limiter l'accès à la commande de certaines entreprises. Des prescriptions trop rigides sur la mise en œuvre de MOB déjà isolés disqualifieraient d'entrée des entreprises locales pourtant compétentes pour des projets de cette échelle.

Le désavantage de cette méthode est bien entendu qu'il faut des conditions climatiques adaptées. Ce point a été anticipé dans le système constructif en plaçant systématiquement un panneau fibre de bois côté extérieur du murs ossature bois (MOB) qui protège ainsi la paille dès mise en œuvre et forme pare-pluie temporaire.







Mise en place de la paille dans les MOB et caissons paille (crédits photos : Pierre-Etienne ROBINET)

Deux autres entreprises de charpente avaient répondu à l'appel public à la concurrence pour le lot charpente-zinguerie. A chaque fois un autre système de préfabrication était proposé. La première à 100% en atelier, isolation paille comprise. Système qui a l'avantage de faire gagner du temps au montage, mais qui nécessite des moyens plus importants et reste plus couteux pour un projet de cette dimension.

La seconde, le montage et l'isolation de grands MOB à plat sur site puis le levage à la grue de ces derniers. Méthode qui a l'avantage de réduire le nombre de raccords entre MOB et d'ainsi optimiser les ponts thermiques et les quantités de montants bois.

Ce projet illustre ainsi la nécessité de penser les systèmes de préfabrications comme des procédés appropriables par les entreprises où la diversité des approches et la singularité des savoir-faire de chaque territoire puissent s'exprimer.

Restaurant Universitaire le Champlain rénovation thermique et restructuration partielle

Nicolas RABUEL
Scic ielo Bonneuil-Matours,
Limoges, France



Restaurant Universitaire le Champlain rénovation thermique et restructuration partielle

1. FICHE D'IDENTITÉ

1.1. Les acteurs du projet

POITIERS (86)

3 000m2 SP / 2.917.500 € HT

Maître d'ouvrage : CROUS DE POITIERS Conducteur d'opération : LA SEP Accompagnatrice BDNA : AILTER

Equipe MOE : Agence DUCLOS RIBOULOT KESTER Architectes / Enviro : CLIMAT CONSEIL /

Fluides : OMNIA / Structures bois : ARCABOIS / BET Structures béton : SONECO / Economiste :

SECOBA / Cuisiniste : AD'HOC / VRD : DL INFRA / Paysagiste : DL PAYSAGE

Entreprises : VRD : EUROVIA / Désamianteur : NAE / Gros œuvre : UNISCOP / Oss. bois bardage :

MERLOT / Etanchéité : SOPREMA / Men. ext. : BODY MENUISERIES / Serrurier : SOUILLE / Men.

int, plaquiste : M3C / Rev. sols, peinture : BOUCHET FRERES / Faux plafonds : DELHOUME / Ch.

ventil. pb. san. : DESCHAMPS LATHUS / Electricité : AETIS

Programme : rénovation énergétique et restructuration partielle intérieure Projet France Relance.

Projet pilote BDNA (Bâtiment Durable Nouvelle Aquitaine) – médaille d'Argent (conception) /

médaille d'Or (réalisation)

Livraison : Mars 2023









1.2. Projet pilote de la démarche BDNA

Construit en 1968, ce bâtiment en structure béton périphérique et poteau-poutre intérieur, offre une grande liberté d'évolutivité. A l'étage, les restaurants bénéficient de murs rideaux très ouverts sur l'extérieur. Simples vitrages coulissants, chaufferie gaz, absence d'isolation, brises soleil fixes en façade ouest peu utiles… Bref, il y a tout à faire !



Projet pilote de la démarche Bâtiment Durable Nouvelle Aquitaine (BDNA), les enjeux y sont multiples. Une volonté forte de réaliser un bâtiment démonstrateur à tous points de vue a été entreprise. La frugalité a guidé notre démarche. Conscient de la raréfaction des ressources, ce projet explore de nouvelles pistes. Le réemploi y est expérimenté sous toutes ses facettes : insitu, ex-situ en lien avec des ressourceries locales, via des opportunités avec d'autres chantiers, ou encore par la création de mobilier urbain à partir des matériaux issus du site. Si les matériaux biosourcés y ont la part belle, il s'agit du 1er bâtiment en France isolé en paille hachée insufflée sous ATEx de cas B. Il ouvre la voie à l'industrialisation de l'isolation en paille, matériau à fort déphasage, et puits carbone très important. En fin de vie, ce matériau n'est pas un déchet mais une ressource, nous changeons de paradigme. Gestion des apports solaires et lumineux, ventilation naturelle nocturne, intégration de la biodiversité, mobilité, sont quelques-uns des nombreux autres thèmes abordés.



Projet pilote BDNA (démarche Bâtiment Durable Nouvelle-Aquitaine). Médaille d'Argent au stade « conception » et Médaille d'OR au stade « réalisation ».

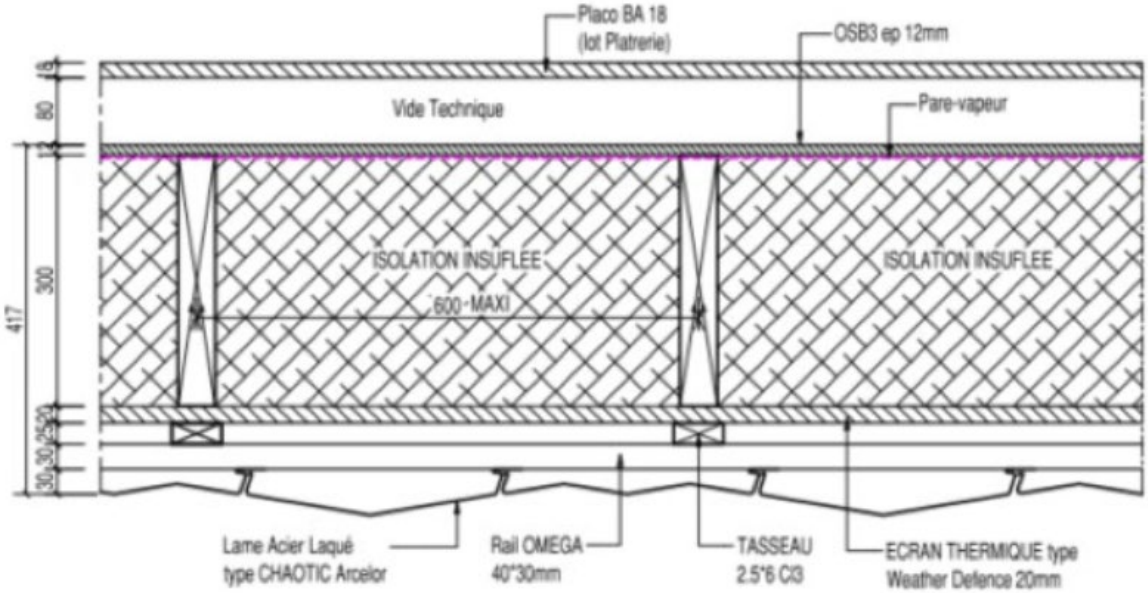


CONCEPTION RÉALISATION

1.3. Projet pilote de la démarche BDNA

2. Isolation paille hachée, une première en France

Cette isolation thermique par l'extérieure et dans les façades à ossature bois en paille hachée, sous ATEx de cas B, permet l'émergence d'une nouvelle filière et de surcroît locale (20km du projet), portée par la SCIC IELO et issue des champs des agriculteurs de la coopérative agricole de la Tricherie. La révolution de la SCIC IELO réside en partie dans la paille hachée (qui existe ailleurs en Europe), mais surtout dans son modèle économique coopératif d'intérêt collectif. La paille hachée offre une bonne résistance thermique (Lambda de 0,044W/m².K), un déphasage >13h pour 30cm grâce à une densité de 105 à 115kg/m3. C'est aussi un puits carbone : -13kg éqCO2/m² (VS MOB laine de verre +14,90kg éqCO2/m²).











2.1. Réemploi / valorisation des déchets

Deux démarches ont été entreprises en parallèle :

- Taux de valorisation des déchets avec un objectif de 85%. Résultat de 90,70% grâce au réemploi, à la réutilisation, et au tri des déchets.
- Réemploi de matériaux avec 176,8T de matières par réemploi in-situ, dons à 3 associations et ressourceries locales (VMS, Les Usines, La Regratterie), réemploi sur un autre chantier…






La suppression du gaz (énergie / cuisine) a été l'occasion de transformer les tubes d'acier pour en faire du mobilier urbain dont des arceaux d'accroches vélo sur le parvis. Symboliquement nous passons de l'ère de la consommation de gaz à l'ère de la mobilité douce.

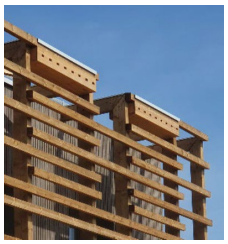




Ventilation naturelle nocturne pour décharger la chaleur emmagasinée dans la structure béton d'origine du bâtiment en période estivale.

Biodiversité par une désimperméabilisation, Toiture cool-roof + photovoltaïque partenariat avec la LPO, intégration de nichoirs… en autoconsommation de 50kVA.




Podcast du CROUS 3 épisodes :

- isolation paille hachée
- réemploi
- biodiversité

Distingué en tant que « Projet remarqué »

Parution dans l'ouvrage sur l'architecture frugale en Nouvelle-Aquitaine

Concurrent REHAB XX : Palmarès de réhabilitations exemplaires de l'architecture de la seconde moitié du XXe siècle

La construction hors-site au service de la Permarchitecture exemple d'un bâtiment E3C2, à usage de bureaux, à Paray-le Monial (71)

Julie HERRGOTT
Atelier Herrgott & Farabosc
St Didier sur Chalaronne, France





Vincent PIERRE
Terranergie
Saulcy-sur-Meurthe, France

Antoine EFFENDIANTZ
Charpentiers du Haut-Beaujolais
Belmont-de-la-Loire, France





Arthur CORDELIER
Wall'Up Préfa
Aulnoy, France

Florian POMAREDE
Boissif Neopolybois
Thizy-les-Bourgs, France



1. Présentation du projet

1.1. La Genèse

Le maître d'ouvrage, le Cèdre, est une PME familiale créée en 1998. Son activité est de réaliser des achats groupés pour 11.000 adhérents comprenant notamment des structures d'inspiration chrétienne, des associations, des entreprises et des collectivités territoriales.

Elle est devenue entreprise à mission en octobre 2020, pour « favoriser une économie soucieuse du bien commun, respectueuse de l'Homme et de la planète, et qui sache faire place à des relations solidaires et équitables, empreintes de gratuité ».

Dans le cadre de son besoin d'extension de siège social à Paray-le-Monial (dpt 71), le Cèdre a tout naturellement recherché une équipe de maîtrise d'œuvre en accord avec ces valeurs, notamment environnementales. Sa direction s'est donc rapprochée de Vincent Pierré de Terranergie (88), spécialisé et reconnu en bâtiments low-tech passifs) et de Julie Herrgott de l'atelier Herrgott & Farabosc (01). Le BE structure ADIS (69) de Stefan Brizard et le BE BOBI réemploi (69) de Sophie Lambert ont complété, avec talent et conscience environnementale, notre équipe de maîtrise d'œuvre. Alpes contrôles a assuré le contrôle technique de cette opération et la validation des matériaux de réemploi.

1.2. Le Programme

L'opération consiste à construire un bâtiment de 1200 m2 de bureaux, dont 4 salles de réunions et un espace de convivialité.

Le site est en centre-ville, juste derrière la basilique du Sacré-Cœur du XIIème siècle, en zone classée Bâtiments historiques ABF. De plus, le projet s'adosse à un ancien bâtiment de haras à l'architecture marquée. Une forte exigence de cohérence patrimoniale et de site était donc naturellement posée.

Le maitre d'ouvrage a également exprimé un souhait de forte modularité des espaces, et même de réversibilité du bâtiment, afin de pouvoir envisager différents usages futurs.

En cohérence avec ses valeurs, il a également exigé un bâtiment passif, non climatisé, avec usage de matériaux biosourcés locaux, tout en maintenant un haut niveau de confort pour les utilisateurs. Le cahier des charges était rédigé de manière à pouvoir obtenir une subvention de la région et également du Fond Européen de Développement Régional (FEDER), pour la réalisation d'un bâtiment exemplaire / démonstrateur.





Images 1&2 : perspectives extérieur et intérieur

2. Notre réponse

2.1. Volumes et principes constructifs

Le bâtiment est compact, quasi rectangulaire, afin de limiter le plus possible les surfaces déperditives et en cohérence avec le bâti environnant communal. Il est accolé au bâtiment nommé « haras » rénové en 2012 par notre client.

Nous proposons un R+2, cohérent avec les bâtiments environnants, et participant à une optimisation foncière. Economiser du terrain aujourd'hui afin de pouvoir prolonger le bâtiment avec une tranche 2 de même surface si besoin !

A l'extérieur, les façades reprennent notamment la trame du bâtiment « haras » et sa finition (enduit à la chaux). En particulier, une partie des linteaux sont cintrés (linteaux en bois collés par le charpentier, et habillés de parement briques ou d'enduit chaux : disposition à l'encontre de la simplicité dans des MOB, mais évidente pour l'harmonie architecturale du lieu).

A l'intérieur, les couloirs centraux sont éclairés naturellement, et séparent des zones de bureaux réalisées sans porteur intermédiaire, favorisant la modularité et la réversibilité du bâtiment. Le cloisonnement est ensuite réalisé en système modulaire de réemploi.

Les dimensions structurelles ont été optimisées par rapport : à la largeur du terrain disponible / aux besoins de locaux à usage de bureaux / aux portées maximales admissibles par des éléments structurels en bois massif non collé et à la consommation de matière engendrée.



Image 3 : coupe transversale du bâtiment

La proposition d'une construction majoritairement hors-site a été évidente pour :
- La limitation des nuisances de chantier (transport, benne, emballage, bruit) dans un contexte de voisinage sensible : les 160 collaborateurs de notre maître d'ouvrage, les élèves du lycée voisin et les habitants voisins,
- Un plus grand confort, une meilleure sécurité et une plus grande efficacité pour les artisans, limitant notamment le temps sur chantier,
- Un meilleur impact environnemental (moins de camions = moins de pollution, moins de routes usées, etc.),
- Une plus grande rapidité d'exécution sur le chantier.

L'entreprise de charpente retenue pour les murs périphériques, les planchers intermédiaires, la charpente, couverture, zinguerie et les plafonds acoustiques est « les Charpentiers du Haut Beaujolais » de Belmont-de-la-Loire (42) dirigé par Antoine Effendiantz.

2.2. Matériaux

Le choix des matériaux est issu de la recherche d'une performance thermique passive, d'une recherche d'inertie et de régulation hygrométrique pour convenir aux prévisions climat 2050. La proposition est la réalisation de murs périphériques en ossature bois avec remplissage béton de chanvre (27,5cm), de mur refends en pierre massive (30cm) et d'une toiture en caissons bois et isolation paille(40cm) (détail des systèmes au chapitre suivant).

Les bois de charpente sont issus de production locale (Douglas du Haut-Beaujolais / Forez et de réemploi). Une partie des menuiseries extérieures sont en chêne de Bourgogne, fabriquées localement (carrelet collé : Ducerf, menuisier fabricant poseur : Fuyet, vitrier : Vitt). Ces filières courtes confèrent au projet un premier allègement de son bilan carbone.

Dans les murs extérieurs, on ne trouve ni pare-pluie, ni pare-vapeur. Les murs sont perspirants, ils régulent de manière active l'hygrométrie des espaces (la vapeur d'eau n'est pas bloquée contre un doublage et une ITI). Cela participe au confort des espaces, et réalise une économie de matériau, surtout vis-à-vis d'éléments en plastique impossibles à réutiliser après déconstruction. Par ailleurs, l'agence a l'habitude de ne pas faire de doublages muraux pour économiser la matière et l'espace. La finition correspond directement au panneau de contreventement intérieur Fermacell, ratissé et peint. Les joints sont recouverts par des scotchs d'étanchéité, puis des bois d'habillage en Douglas.

Les murs de refend en blocs massifs de pierre de Lanvignes de Bourgogne fourni par SETP) apportent une très bonne inertie, et participent à minimiser le besoin en chauffage en hiver et aide à conserver de la fraîcheur en période chaude. Par ailleurs, leur finition naturelle est durable (pas de peinture : économe en matière, en main d'œuvre, en déconstruction, pas de polluant et d'un entretien très réduit).

Le projet bénéficie de beaucoup de réemplois ou de surstocks, que ce soit en structure, en second œuvre ou en finitions : solives des planchers des couloirs, poteaux de l'escalier, garde-corps, moquettes, cloisons modulaires, portes intérieures, quincaillerie, vitrages, isolation des cloisons (Biofib, Metis, Cotonwood), radiateurs en fonte, luminaires, sanitaires, faïences, dalles de faux-plafond, appareillages électriques (liste non exhaustive). Cette forte volonté de réemploi est renforcée par le cahier des charges de la subvention régionale visée.

De manière générale, la conception est empreinte de démarche « Low Tech » permettant de limiter les transformations de matériaux, les produits indésirables inutiles, et de favoriser la pérennité et la maintenance du bâtiment passif.

Grâce à ses panneaux photovoltaïques, l'objectif « passif » est même dépassé puisque les besoins électriques sont couverts par cette production solaire. Les 1.000m² de bâtiments existants du siège social du Cèdre, précédemment chauffés par des chaudières gaz, bénéficient, lors de cette extension, du changement de mode de production du chauffage grâce à l'installation d'une chaudière bois de 130 kW.

2.3. Qualité de l'air intérieur (QIA)

Pour assurer un environnement de travail sain, les matériaux ont été sélectionné pour leur impact favorable sur la QAI : enduits chaux (St-Astier), pierre (SETP), bois (Douglas), plaques Fermacell, paille : Une majorité de matériaux naturels, faiblement transformés, sans traitements chimiques, et de provenance locale !

La quantité d'éléments collés est limitée au strict minimum pour plusieurs raisons : l'impact nocif des colles, silicones, mortiers sur la QAI, la limitation des matériaux synthétiques, l'économie d'énergie et de coût en limitant les étapes de transformation, la déconstruction optimale en fin de vie et la réutilisation de ces matériaux déconstruits.

L'usage de nombreux matériaux de réemploi, qui ont déjà effectué leur phase de dégazage en début de vie, participe également à une bonne QAI.

Cette QAI passe aussi par des locaux bien ventilés, avec un flux d'air confortable, grâce à une centrale de traitement d'air double flux Swegon, équipée d'un bypass 100% permettant de réaliser un rafraîchissement nocturne des locaux en période estivale. Des filtres sont placés dans ce système pour bloquer les poussières, pollens, spores, et particules fines venant de l'extérieur.

Pour conserver des gaines propres pendant le chantier, celles-ci sont fermées aux extrémités jusqu'à la mise en service de la centrale. Et pour conserver des gaines propres pendant la vie du bâtiment, la maintenance est facilitée par un accès aisé aux éléments internes de la centrale, et le nettoyage des réseaux est facilité par l'usage de coudes de gaines de courbure à 45° et de bouches accessibles.

3. Systèmes

3.1. Murs Wall'up Préfa

Le concept constructif Wall'up Préfa c'est lier un mur ossature bois avec un isolant chaux/chanvre via un processus 100% hors site (usine dans le 77). Cette approche constructive sobre et organique permet en un seul bloc d'isoler, de protéger la structure bois des intempéries et du feu. Elle offre également le support des enduits chaux/sable directement sur sa surface. Le tout au service du territoire, puisque 95% de ses composants proviennent de France via des circuits courts de proximité et de valeur.

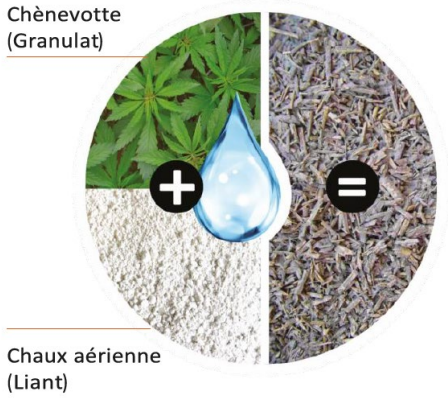


Image 4 : composition du béton de chanvre

La préfabrication Wall'up Préfa apporte également une réponse aux enjeux environnementaux et sociaux :

- Culture sans intrants ni pesticides
- Ne nécessite pas d'irrigation
- Défibrage sans produits chimiques
- Planté/récolté à 30kms de la chanvrière
- 1ha de chanvre stocke 15T de $C0^2$
- Absence de déchets de production
- Réindustrialisation du territoire
- Fixation d'un savoir-faire d'excellence
- Confort et sécurité des salariés

La vision de Wall'up est d'accompagner la construction industrialisée hors-site, en produisant des murs manteaux avec un impact positif sur l'environnement.

Une fourniture en circuit court permet de maîtriser de A à Z la traçabilité des matériaux et de limiter l'impact carbone. Les matériaux utilisés sont adaptés à leur fonction : le béton de chanvre possède des qualités de confort thermique exceptionnelles, limitant l'usage d'ingénierie de ventilation complexe et rendant superflu l'usage de la climatisation. La méthode de production est responsable : aucun intrant utilisé pour la production du chanvre et défibrage mécanique n'utilisant aucun produits chimiques et réduisant à néant tous les déchets de production.

L'objectif est de pousser la construction hors site à son maximum en offrant la possibilité de prévoir le passage des fluides, ou des futures installations qui passeront au sein des parois ainsi qu'un grand panel de finition (intérieur/extérieur). Par ailleurs, le système constructif est adapté à tous types de structures porteuses conventionnelles (béton, bois, métal).

Ces atouts réunis participent à la « révolution » des modes de construction : construire plus, plus vite, moins cher.

La composition de la paroi, d'ép. 315mm, est (int/ext) :

- Finition ratissage + projection de fibrith (pâte à papier) + couvre joint en douglas massif
- Plaque Fermacell, gypse (ép. 15 mm), voile travaillant du MOB
- Montant ossature bois (MOB) 60 x 200 douglas
- Béton de chanvre Wall'up ép. 275 mm (R=4.3m²K/)
- Première couche d'enduit chaux/sable +- 8 mm
- Corps d'enduit tramé et finition chaux/sable +- 15mm

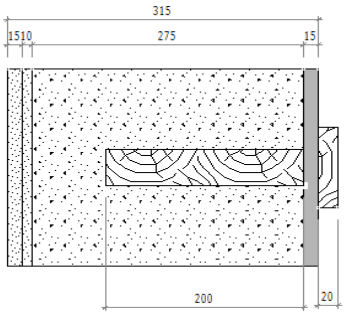


Image 5 : coupe du mur Wall'up

Cette faible épaisseur de parois périphériques mais suffisante pour ce bâtiment Bepos 3 permet un ratio SDP/SHON de 92%.



Image 6 : mur Wall'up avec linteaux cintrés



Image 7 : sur chantier, murs RDC et R+1 : mis en place et murs R+2 livrés, pas encore levés

3.2. Charpente bois massif / caissons de toit

Pour la réalisation de la toiture, un système de charpente composé de fermes en bois massif restant apparentes + caissons de toit avec isolation paille a été retenu. Ce système est standard suivant les règles pro de la construction en paille : des caissons préfabriqués en atelier, dans des conditions contrôlées, sont ensuite assemblés sur le chantier, ce qui réduit les erreurs et les retards liés aux intempéries et aux conditions de travail sur le site de construction, avec un hors d'eau très rapide après la liaison de l'écran de sous-toiture et du pare-vapeur.

Le choix de la paille a été naturel : celle-ci devient très isolante lorsqu'elle est compressée. Elle emprisonne de l'air, puis cet air inerte joue le rôle d'isolant. Il s'agit d'un matériau renouvelable et biodégradable, que l'on peut trouver localement dans des filières qui se structurent. C'est un retour aux anciennes pratiques de « bon sens ».

Par ailleurs, la construction hors site des caissons est une méthode de construction plus sûre et moins pénible pour les travailleurs que lorsque le remplissage paille est effectué sur chantier. Elle réduit les risques de blessures liés aux travaux en hauteur, sécurise les outils de travail, minimise les manipulations manuelles et donc la pénibilité.



Image 8 : photo des 3 niveaux de MOB Wall'up béton de chanvre et charpente en douglas massif local. (Crédit photo : Charpentiers du Haut Beaujolais)

3.3. Sylvacoustik

Ce produit est issu d'une réflexion de valorisation d'une section de Douglas produite en grande quantité à la scierie Boissif (à Thizy-les-Bourg, dans le Rhône). Celle-ci correspond à une chute de sciage, qui était broyée en connexes (pour des usages tel que chauffage, laine de bois, OSB, …). La réponse proposée pour valoriser cette section, en associant architecte et acousticien a été : un panneau acoustique nommé :

SYLVACOUSTIK

L'usage de ce type de panneau en bois ligné est très courant ces dernières années, et son fonctionnement est bien connu : il s'agit d'un absorbant acoustique protégé par un réseau de tasseaux en bois suffisamment ajourés pour laisser passer l'air (et le son). L'innovation a été de faire ce produit fini uniquement avec séchage et rabotage à partir de la section de bois à valoriser, et donc sans couper d'arbres spécifiquement pour cet usage. Pas de traitement chimique, une bonne qualité de l'air, peu d'étape de transformation, peu d'énergie nécessaire et donc un très bon bilan carbone.

Le résultat est un produit avec cadre et tasseaux de finition de même section. Les plus belles pièces sont gardées pour la partie visible, les tasseaux moins beaux ou avec gros nœuds sont utilisés pour le cadre. Les longueurs sont limitées afin de ne pas trop gâcher de tasseaux (les grandes longueurs sans nœud sont difficiles à obtenir et impose un tri conséquent et coûteux). L'usage intérieur permet d'utiliser le rouge et l'aubier (la partie blanche du Douglas, moins résistante en usage extérieur que le rouge). L'aubier représente des volumes conséquents en scierie, peu demandés ou nécessitant un traitement chimique, et donc mal valorisés.

L'absorbant acoustique placé derrière les tasseaux est issu de réemploi local (énorme volume disponible de dalles minérales de plafond, d'aspect altéré mais encore efficaces acoustiquement). Les dalles et le cadre sont masquées par un voile noir (ou autre couleur en commande spéciale). Les dimensions proposées partent des dalles minérales acoustiques, largement disponibles en réemploi et de dimensions standardisées

Le tout aboutit à un bilan écologique très bon (fiche FDES en cours de réalisation). Entre l'entrée de la grume en scierie et la sortie du panneau Sylvacoustik prêt à être envoyé sur le chantier, le bois a parcouru 7 km, et a été séché avec les sciures de la scierie. La scierie Boissif s'approvisionne en grumes dans un rayon de 100km maximum. L'acoustique est assurée par un matériau local de réemploi. Conception sobre, locale, et conforme aux exigences feu pour les ERP.

Pour optimiser la matière et le coût, la volonté a été de proposer un produit aux dimensions standardisées. Afin d'optimiser au mieux aussi le bâtiment ici présenté, l'espace entre solives a été adapté à la largeur des panneaux Sylvacoustik, il a été intégré à la maquette 3D dès le début grâce à l'objet 3D paramétrable fourni par le fabricant Neopolybois, donc pas de chute, pas de découpe, et une solution rapide à mettre en œuvre sur le chantier.

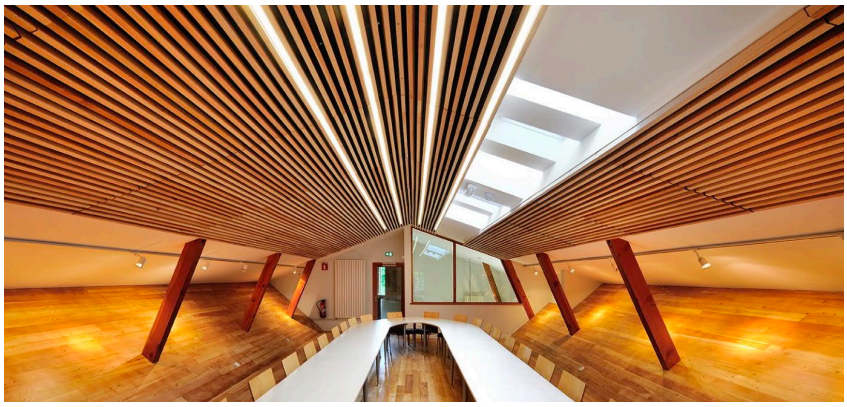


Image 9 : rénovation : plafond acoustique et lumineux

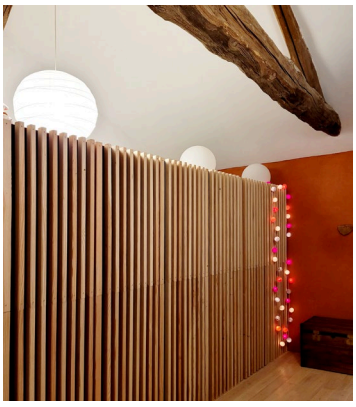


Image 10 : séparation par claustra acoustique

4. En Chiffres



Surf. de plancher : 1.145m² / SHON : 1.250m²
Coût travaux : 1.970 € HT/m² de SHON
(hors fondations spéciales et VRD) Livraison été 2024
Bâtiment E3C2, 665kg éq. CO2/m², Cep 71,1, couvert de 18kWhC de panneaux photovoltaïques : BEPOS niveau 3.

Image 11 : caisson de toit : ossature bois / isolation paille. (Crédit photo : Charp. Du Haut Beaujolais)

Structure bois (MOB, planchers intermédiaire, charpente apparente et caissons de toit) :
> 236m3 de grumes de douglas approvisionnés à 10km autour de la scierie Lugné
> 165m3 de sciages envoyés aux Charpenteries de la Loire, à 20km, pour être taillé par commande numérique + 7,5m3 de lamellé-collé venant de Bois et Sciages de Sougy
> 42m3 de bois taillés envoyés à l'usine Wall'up, à 430km par 2 camions, pour fabrication des murs emplis de béton de chanvre (décrit ci-dessous) + 122m3 de bois taillés envoyés à l'atelier des Charpentiers du Haut Beaujolais à 64km (10 camions)
> 2,3m3 de solives et poteaux issu de réemploi, venant d'une école à Caluire, à 98km
> 138m3 de bottes de paille pour l'isolation en toiture, venant du Puy-de-Dôme, 140km
> 73m3 de laine de bois d'Isonat, fabriqué à 50km du chantier
> 460m² de panneaux OSB Swisskrono, fabriqué à 300km
> 530m² de panneaux RWH Unilin, fabriqué en Belgique à 720km
> 560m² de tuiles Terreal (85km) + 30m² d'EPDM Retridex VM (350km)
> 460m² de pare-vapeur Siga (680km) et 460m² de pare-pluie Foussier (550km)
Les Charpentiers du Haut Beaujolais ont eu 81 jours de fabrication à 2 personnes à leur atelier de Belmont(42), puis 62 jours de mise en œuvre sur chantier à 3 / 4 personnes.

Murs Wall'up :710m² de murs contenant 155m^3 de béton de chanvre obtenus grâce à :
> 15,5 tonnes de chènevotte (100kg/m^3), venant de la chanvrière située à côté de l'usine
> 814m² de plaque de gypse Fermacell 15mm (1 camion, 800km)
> 28 tonnes de chaux St-Astier (800kg/m^3) (1 camion, 600km)
> 36 tonnes d'eau
Ces murs ont nécessités 25 jours de fabrication en atelier par une équipe de 6 personnes (assemblage de l'ossature bois + coffrage + remplissage + finition + manutention).
Ils ont ensuite été emmenés sur le chantier à 406km par 7 camions semi-remorques.

Plafonds acoustiques absorbants Sylvacoustik :
> 600m² de panneaux Sylvacoustik fabriqués à l'atelier à Cours, puis expédié sur le chantier à Paray-le-Monial (55km)
> 22 m^3 de Douglas, sous-produits valorisés et non broyés, arrivant de Thizy (7km)
> 1.404 dalles minérales de réemploi, sauvées de la benne, arrivant de Lyon (80km)
Les Charpentiers du Haut Beaujolais ont prévu 40 jours de pose de panneaux Sylvacoustik et finitions périphériques, dont interactions avec les équipements électriques et vmc.



Image 12 : livraison des murs Wall'up sur chantier (crédit photo : Charpentiers du Haut Beaujolais)

5. Nos Entreprises

L'atelier d'architecture HERRGOTT & FARABOSC conçoit des bâtiments vertueux ayant un maximum d'éco-matériaux, peu transformés, provenant de circuits courts. Les réalisations associent la réponse optimale au programme, le bon sens et le respect de notre planète, l'économie de matière, la conception bioclimatique, un budget maîtrisé et le respect des délais. L'un des leitmotivs de l'agence est de privilégier l'emploi de matériaux utilisant des ressources locales pour contribuer à la pérennité de l'économie de notre région à toutes les étapes. L'économie de la construction et l'OPC de nos opérations sont effectués en interne.

Terranergie est un bureau d'études « militant » pour la généralisation de la construction et de la rénovation Passive ayant recours à des matériaux biosourcés locaux et utilisant des énergies renouvelables. Terranergie s'appuie sur plus de 15 ans de retours d'expériences de conceptions, réalisations et suivis d'exploitation de plusieurs dizaines de bâtiments Passif neuf et rénové, certifié PHI, Climaxion ou simplement passif selon les critères PHI validé par une étude Phpp complète dans tous les domaines du bâtiment (logements, scolaires, équipements publics, industriels et agricole) sur la région Grand Est.

WALL'UP est issue des synergies des collectifs des filières bois/chanvre en île de France, conscients qu'une réponse commune aux enjeux de la préfabrication biosourcée répondait d'une part au marché actuel et à venir de la construction, mais également qu'elle consolidait les débouchés des ressources extraites sur le territoire français. Pour émerger, l'entreprise s'est appuyée sur la connaissance de ses fondateurs, liant expertise de la construction bois et expérience de la culture et de la transformation du chanvre. Aujourd'hui Wall'up c'est 20 salariés et entre 15 000 et 20 000 m² net de production par an.

Issue de l'association de Jean-Luc Duperron et Jean-Marc Geoffray en 1995**,** l'entreprise « Les Charpentiers du Haut-Beaujolais » est reconnue pour son savoir-faire et sa capacité d'adaptation et d'innovation. Elle possède une réelle expérience dans la construction bois à économie d'énergie et isolation naturelle, de la maison individuelle au bâtiment professionnel ou chantier public, y compris agrandissement ou surélévation. Sensible à la cause écologique, à la qualité des matériaux et du travail fini, « Les Charpentiers du Haut-Beaujolais » répond aussi pour tous travaux de couverture, pose de fenêtres de toit et zinguerie. Elle comprend un bureau d'études interne et des équipes confirmées. Consciente du devoir de retransmission, l'entreprise accueille régulièrement des apprentis.

Créée en 2008, la scierie Boissif est implantée à Thizy les Bourgs au cœur du Haut-Beaujolais dans le département du Rhône. Spécialisé dans le sciage de Douglas, l'unité de production permet de répondre à tous les débits sur liste et standards. Elle est équipée de séchoirs et assure les prestations suivantes : rabotage, refendage, taille commande numérique, elle élargie son offre en proposant de nombreux produits finis allant de l'ossature bois jusqu'au bardage et lambris … dans sa recherche continuelle d'optimisation de la matière et de l'outil de production, en 2020, elle crée le panneau Sylvacoustik décrit au paragraphe 3.3.

Résistance et optimisation des planchers bois : innovation, analyse comparative de solutions

Pierre BREGEON
Arborescence, IBC
Lyon, France



Conception des planchers

1. Différentes typologies

Dans le domaine de la construction bois, la diversité des approches utilisées pour concevoir et réaliser des planchers reflète la richesse et la complexité des solutions disponibles. Ces approches englobent une gamme variée de techniques, allant de la simplicité à la sophistication technique.

Le solivage tramé recouvert d'un panneau représente une approche classique, offrant une solution efficace pour de nombreux types de structures courantes.

Les dalles massives, quant à elles, sont privilégiées pour leur robustesse et leur capacité à supporter des charges importantes mais sans optimisation de matière.

Les planchers nervurés ou en caissons apportent quant à eux une réponse structurele efficace, avec notamment une meilleure résistance en rapport de leur plus grande légèreté grâce à leur efficience mécanique ce qui leur permet donc des franchissements plus importants.

Les planchers mixtes bois-béton combinent pour partie les avantages des deux matériaux, offrant une solution polyvalente adaptée à une variété de situations nécessitant notamment de la masse ou des grandes portées.

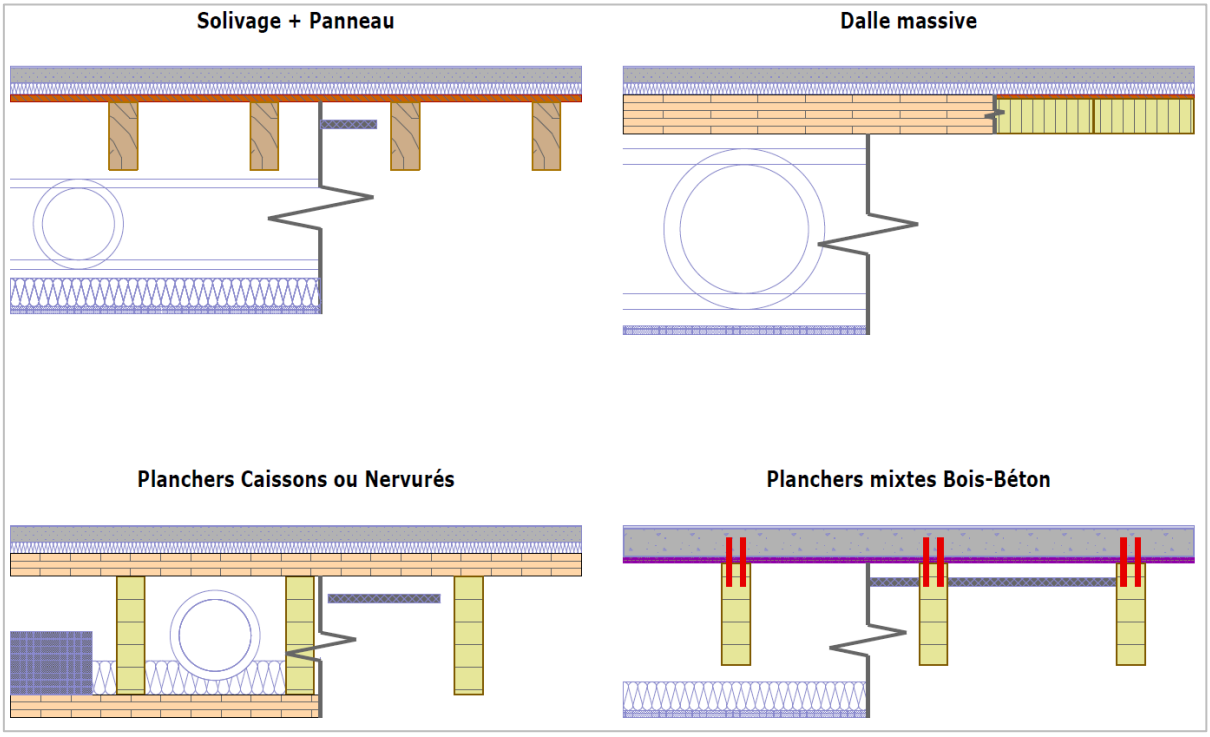


Fig 1 : Illustrations de différentes typologies de planchers bois

2. Différents critères de performances

Cependant, le choix de la typologie de plancher ne se limite pas à des considérations structurelles. En effet, il est nécessaire de prendre en compte une multitude de contraintes réglementaires toutes aussi contraignantes.
Les considérations vibratoires jouent un rôle crucial dans la conception des planchers, notamment dans les bâtiments à usage sensible tels que les logements. De même, les exigences acoustiques sont primordiales pour assurer le confort des occupants et la qualité de vie dans les espaces habités.
La sécurité incendie représente également un enjeu majeur, avec des normes strictes à respecter pour garantir la protection des personnes et des biens. Par ailleurs, les exigences

en matière d'efficacité énergétique et d'empreinte carbone imposent une réflexion approfondie sur les choix de matériaux et de techniques de construction.

Outre ces aspects réglementaires et environnementaux, d'autres critères de performance pouvant avoir un degré de prédominance variable selon les situations entrent en jeu dans le processus de conception.
Les considérations architecturales, telles que la question des ambiances, la création d'espaces et l'écriture en plafond, influencent les choix de typologie de plancher, tout comme les contraintes liées à l'usage du bâtiment prévu initialement et à sa réversibilité éventuelle.
La distribution des réseaux et l'efficacité de la mise en œuvre sur le chantier sont également des facteurs déterminants, impactant à la fois les coûts de construction et d'exploitation.
Les considérations thermiques et inertielles peuvent nécessiter parfois l'application d'un revêtement lourd sur une épaisseur importante en plancher.

Il convient de souligner que l'importance relative de ces paramètres peut varier d'un projet à l'autre, dépendant des spécificités et des objectifs particuliers de chaque ouvrage.
Enfin, la question de la démontabilité des ouvrages revêt une importance croissante, dans un contexte de prise de conscience environnementale et de gestion responsable des ressources.

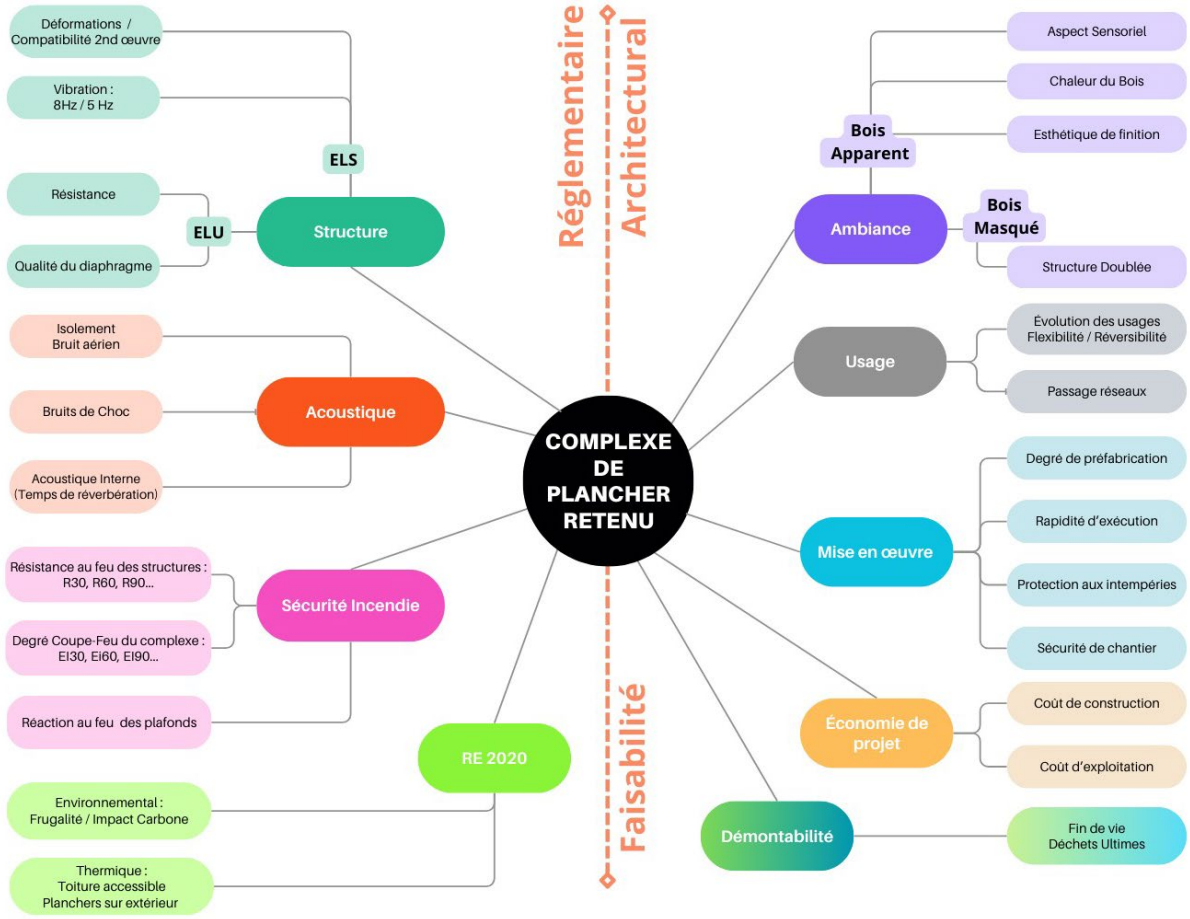


Fig 2 : Synoptique présentant les différents critères de performance d'une conception de plancher

3. Un regard plus large

Malgré les avantages environnementaux indéniables de la construction bois, une tension existe entre l'impératif de décarbonation et la nécessité de gérer judicieusement les ressources forestières. L'utilisation massive du bois dans la construction contribue incontestablement à réduire les émissions de carbone en remplaçant des matériaux plus énergivores comme le béton ou l'acier. Cependant, cette démarche doit être équilibrée par une utilisation responsable et frugale de la ressource bois.

Paradoxalement, cette contradiction peut également être perçue comme une opportunité de repenser nos pratiques de construction et de favoriser des solutions innovantes et durables. En privilégiant des techniques de construction intégrant plus de matière grise que d'énergie grise, nous pouvons maximiser l'efficacité de l'utilisation du bois tout en préservant les ressources naturelles. De plus, en favorisant la conception de bâtiments évolutifs et démontables, nous pouvons prolonger la durée de vie des ouvrages et réduire leur impact environnemental global.

Ainsi, la promotion d'une utilisation raisonnée du bois dans la construction nécessite une approche intégrant à la fois les impératifs de décarbonation, de gestion durable des ressources forestières et de conception des bâtiments.

4. Conclusion

Pour conclure, la conception des planchers en construction bois est un processus complexe, nécessitant une approche holistique prenant en compte une multitude de paramètres. Chaque projet est unique et requiert une analyse approfondie pour trouver la solution optimale, tant sur le plan technique que sur celui des enjeux environnementaux et sociétaux. C'est précisément là qu'une agilité conceptuelle, propre à un concepteur expérimenté, joue un rôle crucial.

ATOM WOOD,
Plancher bois-béton hors site

Valery CALVI
CALVI ETUDES STRUCTURES
Avignon, France



Caroline MORIN
GA Smart building
Toulouse, France



Plancher ATOM WOOD

1. Concepteurs

Société GA Smart Building

Depuis 150 ans, GA Smart Building invente et innove. Acteur engagé de l'immobilier et de la construction, GA a fait le choix de placer les enjeux environnementaux, sociaux et sociétaux au cœur de sa stratégie #weBuildforLife : construire pour la vie et développer des projets qui ont un impact positif. Le Groupe propose ainsi une offre globale et intégrée, de la promotion immobilière, en passant par la conception et la construction, jusqu'à la gestion de bâtiments intelligents et durables sur les marchés tertiaires et résidentiels. La singularité historique de GA Smart Building réside dans son procédé constructif avec ses 9 usines françaises, qui font de lui le champion du hors-site en France. Fort d'un savoir-faire dans la construction et la rénovation industrialisées, GA est aujourd'hui aux avant-postes d'une révolution qui touche l'ensemble du monde du bâtiment.

BE CALVI

Bureau d'Etudes à taille humaine, CALVI ETUDES STRUCTURES est spécialisé en ingénierie bois depuis 1985. Nous prenons plaisir sur tous types de projets, y compris localement et sur des ouvrages de taille modeste, bien que notre nom soit associé à des références complexes : ponts routiers sans limitation de charges, Centre Pompidou à Metz, Stade de Nice Allianz Riviera, Stade couvert de Miramas et ses treillis de 80m de portée, et plus récemment les calculs de la flèche de Notre-Dame. Le fil conducteur de notre histoire repose sur le goût de la technicité et du travail bien fait, ainsi qu'une appétence particulière pour l'invention. Celle-ci fut pleinement satisfaite lors de notre collaboration avec GA, facilitée par une compréhension mutuelle due au mode de pensée « hors site » de GA.

2. Présentation du procédé

Atom Wood est le dernier-né de la gamme de planchers structurels haute précision de GA Smart Building. Il est le fruit de 4 années de recherche & développement avec pour objectif de proposer une solution de plancher bas carbone performante. Ce projet est réalisé en collaboration avec le bureau d'études Calvi qui nous accompagne sur la partie dimensionnement. En combinant les atouts des deux matériaux bois et béton, GA répondra aux exigences des projets les plus ambitieux.

2.1. Principe

Le plancher bois/béton ATOM WOOD préfabriqué, d'une largeur courante de 2m70 et de portée variable, est le fruit de la mixité entre des solives en lamellé-collé de classe minimum GL24h conformes à la norme NF EN 14080 connectées à une dalle de compression d'au moins 90 mm (pour être REI 60min). Le béton utilisé est de classe de résistance minimale C45/55 selon la norme NF EN 206/CN. Les classes d'exposition du béton autorisées sont XC1, XC2 et XC3. Le béton utilisé est un béton autoplaçant. Les armatures sont conformes aux exigences décrites dans la norme NF EN 1992-1 et son annexe C.



Image 1 : Principe constructif

2.2. Performances fonctionnelles élevées

Cette dalle est dimensionnée pour des portées allant de 5 à 13 m de long. Les charges prises en compte pour ce dimensionnement incluent le retrait, le fluage du béton, l'humidité du bois ainsi que les charges permanentes et d'exploitation (entre 250 et 500kg/m²). Le confort vibratoire est satisfaisant et similaire aux planchers bétons habituels.

La conception de la dalle avec les solives en retrait permet une protection naturelle aux intempéries des solives bois par la dalle de compression.

L'espace situé entre solives dans leur hauteur est utilisé pour les réseaux, luminaires, ventilation ou refroidissement.

Comportement au feu testé :

- REI 60mn – sans besoin d'encapsulage (essai réalisé par le CERIB dans un four pour Appréciation réglementaire, objectif de 60min avec une résistance lors de l'essai de 1h36)
- Sur étude : non ruine atteignable – étude d'ingénierie au feu + essai réalisé sur une éprouvette grandeur nature de 10mx8m

Acoustique : l'étude réalisée par le laboratoire AIDA concerne la performance d'isolement aux bruits aériens et aux bruits d'impacts du système de plancher bois/béton. Cette étude montre la conformité vis-àvis des objectifs visés afin de répondre aux 2 certifications suivantes :

- HQE – bâtiment durable V2 – Thème confort acoustique – Janvier 2018 – minima classe C, voire viser la classe B
- BREEAM – International New Construction 2016 – niveau P

2.3. Utilisation

Ce produit peut être intégré dans tout type de bâtiment neuf (bâtiment tertiaire, rénovation avec surélévation, maison individuelle, logement collectif), dont la structure porteuse verticale est en béton armé, en France métropolitaine. Il pourrait naturellement l'être également sur d'autres types de structures porteuses, mais les documents permettant son utilisation (Atex/Atec) ne le prévoient pas encore. Son utilisation s'appuie actuellement sur un ATEx (ATec prévu 2024).

2.4. Esthétique affirmée

Atom Wood propose un plancher à l'esthétique affirmée qui participe au bien-être des collaborateurs. Le bois associé au béton vient rompre la monotonie des dalles de plancher et y apporter de la chaleur. Le bois visible permet de se connecter à la nature depuis le lieu de travail. Atom Wood offre de nombreuses possibilités pour structurer le plafond : jeux à créer avec la lumière et les solutions acoustiques, présence du bois comme marqueur de bien-être, confort et douceur :

- Le bois augmente la créativité (*d'après Vavrinsky, Kotradyova, Svobodova, Kopani, Donoval, Sedlak, Subjak, Zavodnik 2019 : Advanced wireless sensors used to monitor the impact of environment*) et la concentration.
- Il réduit le stress (*d'après Fell D., 2010: Wood In the Human Environment: Restorative Properties Of Wood In The Built Indoor Environment. Vancouver: Faculty of Graduate Studies, University of British Columbia*) et la tension artérielle



Image 2 : Images illustrant l'intégration des dalles ATOM WOOD dans NIWA, le nouveau siège de GA

2.5. Un plancher construit en hors-site

Le produit ATOM WOOD est fabriqué en usine et arrive sur chantier sans besoin de mise en œuvre de chape de compression. Cette production hors-site, dans l'ADN de GA Smart Building, permet d'assurer : une qualité de finition industrielle (diminution des réserves à la livraison), une réduction des délais de réalisation jusqu'à 60 %, des nuisances réduites sur chantier, une maîtrise des coûts de construction, la sécurité des opérateurs pensée dès l'origine.



Image 3 : Levage de la dalle ATOM WOOD fabriquée hors site

3. Un comportement à « toutes épreuves »

La conception d'un tel produit est le résultat de multiples contraintes et stimuli, autant d'histoires dans l'Histoire. Si le produit final paraît satisfaisant à plus d'un titre, tel n'a pas toujours été le cas, sous l'influence de considérations prévues ou imprévues, parmi lesquelles : Empreinte carbone / Coût(s) / Résistance / Feu / Déformabilité / Fabrication / Fournitures / Méthodes de justification / Méthodes d'essais / Protection du bois aux intempéries / Démontabilité-Réemploi.

Le comportement global du produit ainsi que la connexion ont été conçus par simulations numériques et calculs réglementaires (BE CALVI) et caractérisés par de nombreux essais réalisés en partenariat avec le CERIB.

3.1. Simulations numériques

Nous avons pris le parti dès l'origine de réaliser des modélisations précises du plancher mixte, permettant toutes les pistes de conception et d'optimisation.

Outre la possibilité d'un positionnement précis des charges, de la prise en compte aisée des rigidités des connexions et des variations de sections au droit des extrémités ou des trémies, ces modélisations permettent également de prendre en compte les effets du fluage, de la température, du retrait du béton et des variations d'humidité des bois.

Ces derniers, que l'on peut qualifier d'effets « bi-lames », entraînent des déformations supérieures à celles du poids propre et doivent être étudiées attentivement !

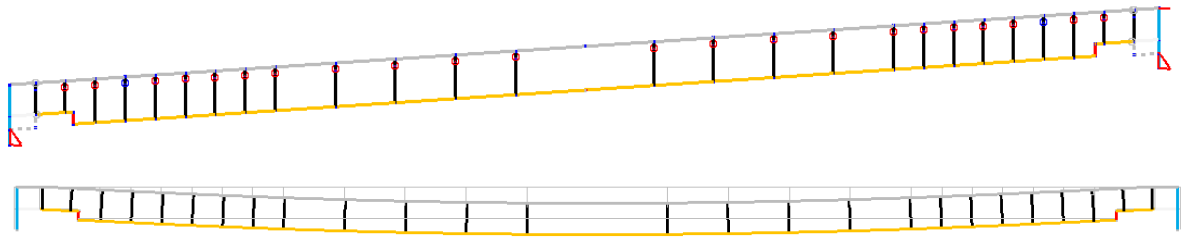


Image 4 : Modélisation et exemple de résultat de calcul statique

Même le comportement au feu a pu être prévu avec une précision relativement bonne par ces modèles, en notant que les capacités de fluage du bois permettent une résistance supérieure à celle calculée de manière purement élastique.

La récente norme expérimentale XP CEN_TS 19103 constitue une avancée réglementaire de premier plan pour l'utilisation de la mixité structurelle bois-béton. Elle reste toutefois insuffisante pour décrire clairement l'ensemble des calculs à réaliser, et ne traite pas le cas de notre connexion. Ce texte n'était qu'en préparation au démarrage de nos études.

Un certain nombre d'épreuves de caractérisation mécanique ont été réalisées, ayant toutes été préalablement conçues puis calibrées par calcul (prévisions de déformations ou ruptures).

Concernant la résistance à l'incendie, des simulations numériques ont également été réalisées par le CERIB. En association avec les essais réalisés, elles ont mis en lumière les capacités élevées de ces planchers.

3.2. Epreuves

- Connexion : cisaillement type push-out, arrachement
- Ensemble : flexion sur éprouvette de 9,285 m et cisaillement sur éprouvette de 3,5m
- Feu : essai four conventionnel 3,9m*5,9m et essai « feu naturel » en configuration 8m*10m
- Manutention : arrachement du système de levage à 0° et 30°.

Elément rassurant, l'ensemble des résultats d'essais mécaniques réalisés ont été conformes aux prévisions calculées, voire légèrement supérieurs du point de vue des résistances.

La connexion en elle-même offre des caractéristiques comportementales extrêmement intéressantes, puisqu'elle allie une grande stabilité des résultats, une grande rigidité initiale associée à une résistance élevée, ainsi qu'une ductilité non négligeable permettant d'éloigner le spectre d'une rupture brutale en chaîne :

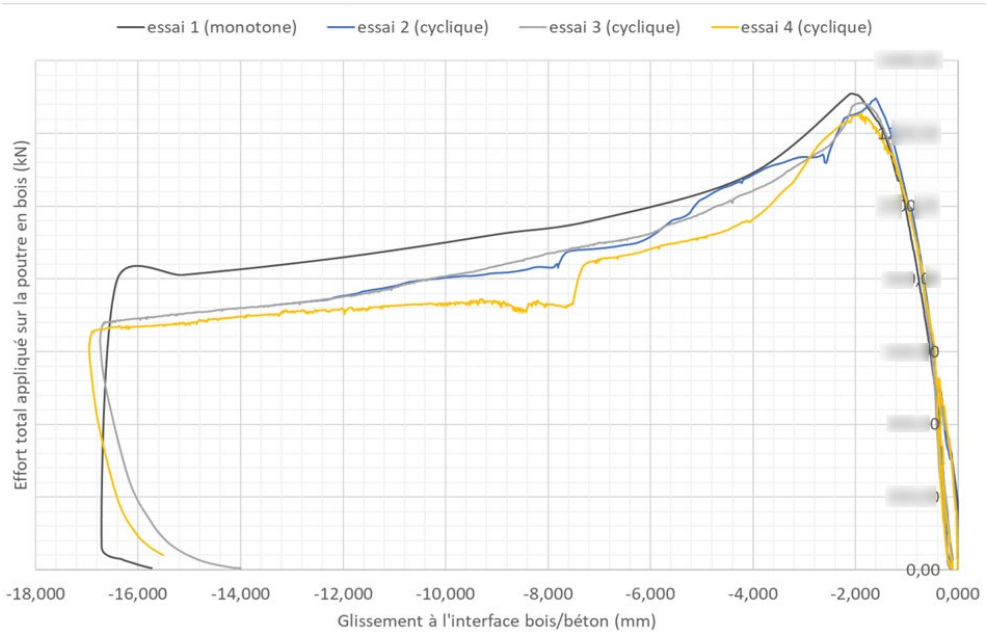


Image 5 : Courbe de caractérisation de la connexion au cisaillement



Image 6 : Essais push-out, d'arrachement et de cisaillement d'about

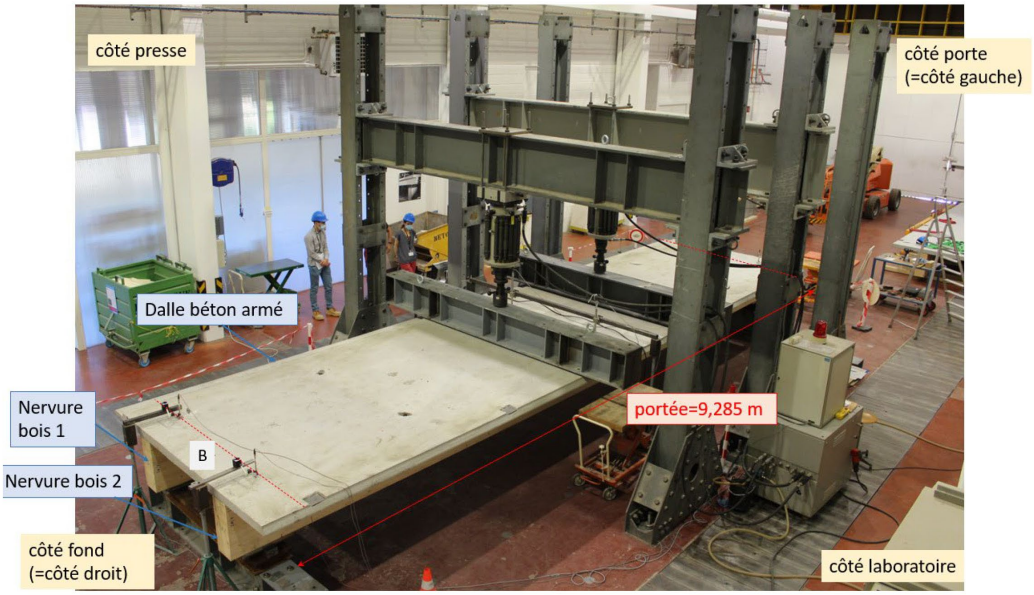


Image 7 : Essai de flexion sur éprouvette vraie grandeur



Image 8 : Essai au feu conventionnel – visuel de l'éprouvette de 3.9mx5.9m à t=1h36min pour un objectif de 60min.

4. Un plancher à empreinte environnementale réduite

La dalle ATOM Wood est presque 4 fois moins carbonée qu'une dalle béton préfabriquée précontrainte à base de béton CEM I.

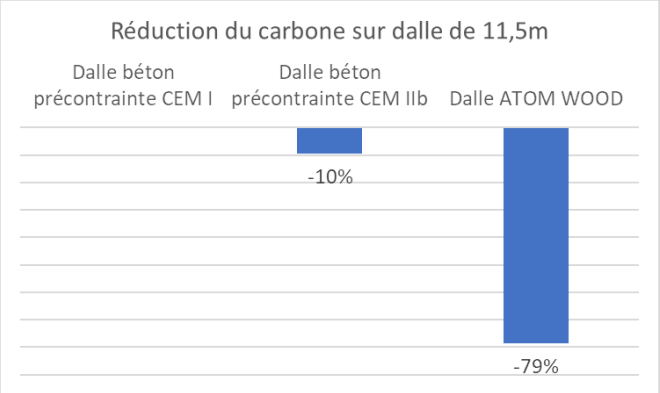


Image 9 : Estimation du gain carbone sur une dalle de 11.5m

Sa présence permet d'alléger le bâtiment dans sa globalité du fait d'un poids au mètre carré divisé par deux par rapport à un plancher en béton armé. Les solives bois sont issues de forêts françaises (filière PEFC ou FSC suivant la norme NF EN 14080). Le béton bas carbone utilisé en usine est un béton autoplaçant ayant une réduction de 30 à 40 % des émissions de CO2 (par rapport à un ciment de type CEM I).

La comptabilisation réglementaire du poids carbone, et du stockage en particulier, en relation avec la RE2020 par exemple, n'est pas optimale pour cette solution qui n'embarque pas de grandes quantités de bois au regard des portées permises. Ceci est dû justement à l'optimisation structurelle dont elle est le fruit, l'un des leviers d'une recherche de frugalité, bénéfique à une massification de 'l'utilisation du bois dans la construction.

La solution Atom Wood est particulièrement adaptée à la construction de bureaux car ce produit ne nécessite alors pas de complément spécifique carboné (pas de chape complémentaire, pas d'encapsulage en paques de plâtre…). L'introduction de la dalle ATOM WOOD sur nos projets est un atout indéniable pour atteindre les exigences environnementales futures.

5. Conclusion

Au sein de notre gamme de planchers Atom développée par GA Smart Building, le plancher mixte bois-béton Atom Wood est la réponse appropriée pour les projets visant des exigences environnementales hautes, avec des portées courantes équivalentes à celles de nos planchers habituels.

Nos études internes de comparaisons entre Atom Wood et des produits concurrents directs font ressortir les avantages de notre produit : une esthétique différenciante, la possibilité de grandes portées, une tenue au feu REI60 sans encapsulage, un poids carbone limité, et un meilleur niveau de prix pour des portées comparables.

Si l'on peut trouver des produits de substitution avec de meilleures performances environnementales, ils ont généralement des portées limitées et nécessitent habituellement un encapsulage pour répondre à la norme REI60.

Woodhub
Immeuble de bureaux durables

Sacha BERG
Cambium - bureau d'études
Lille, France



Philippe COURTOY
Wood Shapers
Bruxelles, Belgique



Woodhub
Immeuble de bureaux durables

1. Le projet

Le projet consiste en la construction du nouveau siège du groupe industriel multidisciplinaire CFE, BPI Real Estate, BPC Group et Wood Shapers afin de réunir leurs compétences au sein d'un site unique.

À travers ce bâtiment, l'objectif est de mettre en avant leur engagement commun en faveur d'une approche de construction durable, décarbonée, axée sur l'innovation et le bien-être des employés.

Stratégiquement situé au cœur de la capitale européenne, ils aspirent à se positionner en tant que précurseurs sur le plan énergétique pour un bâtiment tertiaire d'une telle envergure, offrant une surface utile de 7100 m². Leur obtention de la certification BREEAM Outstanding et WELL Platinum témoigne de leur engagement dans une démarche à faible empreinte carbone.

La conception du bâtiment a été pensée pour répondre aux normes des bâtiments à énergie quasiment nulle (NZEB). Celui-ci sera chauffé et refroidi par un système de géothermie et de pompes à chaleur, associé à 120 kW de panneaux photovoltaïques répartis sur le toit.



Image 1 : Photo de la façade principale – © Atelier d'architecture Archi2000

Privilégiant la construction éco-responsable, ce bâtiment est le premier à faire appel à la technologie mixte bois-béton des planchers CREE combinant le meilleur des deux matériaux.

1.1. Concept architectural

La conception du bâtiment présente une volumétrie variable et une façade en damier, exprimant le désir d'établir une connexion forte et structurante avec le tissu urbain, marqué par des discontinuités significatives et une visibilité limitée.

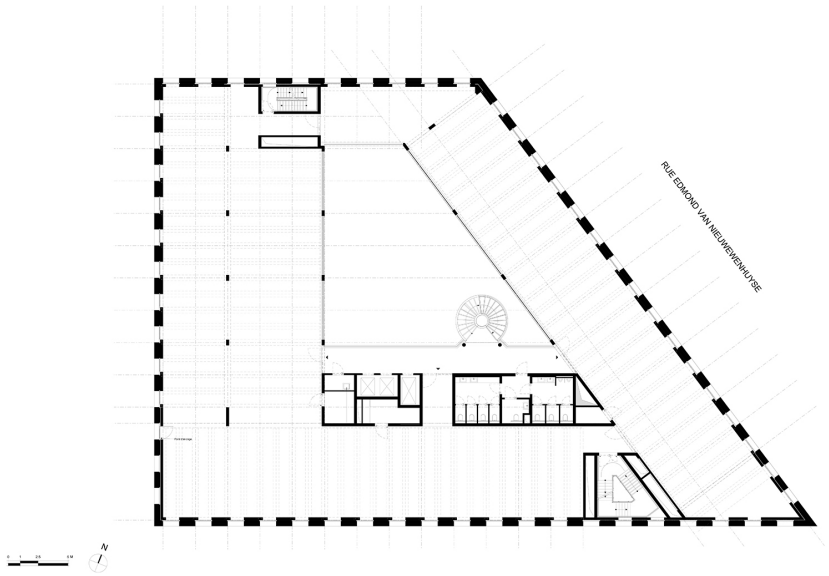


Image 2 : Esquisse – © Atelier d'architecture Archi2000

Les acrotères, légèrement inclinés, sont conçus pour s'harmoniser avec les dimensions des bâtiments environnants et le boulevard. Le motif du damier noir, interrompu pour révéler une entrée clairement identifiable, ainsi que l'aménagement de l'espace public minéralisé, s'inscrivent dans cette démarche d'organisation spatiale.

Dès l'entrée franchie, un atrium largement éclairé offre une vue sur la structure bois apparente, dévoilant la rigueur géométrique du plan et créant une atmosphère de tranquillité.

Un imposant escalier hélicoïdal ponctue l'espace, reliant les différents niveaux et encourageant les déplacements à pied entre les étages.

Chaque étage, composé d'éléments bois/béton préfabriqués 2,7 mètres de large, offre une grande flexibilité dans l'aménagement des espaces de travail, favorisant les nouvelles formes de travail collaboratif ou les configurations plus traditionnelles avec cloisonnement.

2. Le bois

2.1. Le système mixte bois-béton

Un élément central du projet Woodhub est le plancher mixte bois-béton, utilisant la technologie développée par l'entreprise autrichienne CREE.

Ce système hybride combine des poutres en bois lamellé-collé avec une dalle de compression en béton armé. L'ensemble est préfabriqué en atelier afin de limiter au maximum les interventions sur chantier et les nuisances sonores pendant l'exécution.

Ces planchers offrent une résistance au feu de 60 minutes et des performances acoustiques élevées grâce à la masse apportée par la partie en béton armé.



Image 3 : rendu 3D du système CREE – © CREE

Le système CREE repose sur le principe des structures mixtes connectés à l'aide d'entailles dans les poutres en bois qui fait l'objet de la norme expérimentale XP CEN/TS 19103 qui fera partie intégrante du nouvel Eurocode 5 qui paraitra en 2027.

Les portées en jeu atteignent jusqu'à 8.1 m pour une hauteur de complexe structurel de l'ordre de 40 cm.

Les planchers sont conçus de manière à aligner les nervures avec les colonnes en façade. Cette rythmique permet d'intégrer entre les poutres les diverses installations techniques telles que l'électricité, le système de sprinklage, les faux-plafonds acoustiques, etc.

2.2. Traitement des façades

Tous les éléments de la façade sont préfabriqués en atelier et arrivent sur le chantier totalement assemblés, à l'exception des menuiseries extérieures, des finitions intérieures et du bardage métallique extérieur. Les colonnes en lamellé-collé, qui serviront de support pour les planchers mixtes, sont déjà connectées à la structure de façade en ossature bois.



Image 4 : Photo façade – © Atelier d'architecture Archi2000 – Cambium

Les jonctions verticales et horizontales entre les panneaux requièrent une grande précision, car les tolérances de pose sont très réduites et les colonnes en bois doivent s'aligner parfaitement avec les nervures du plancher en bois-béton.

2.3. Préfabrication hors-site

Un aspect crucial pour la réussite du projet Woodhub réside dans la préfabrication des éléments de plancher mixte bois-béton et des façades en ossature bois.



Image 5 : Photo atelier – élément CREE – © Cambium

Tous les éléments de plancher et de façade ont été préfabriqués en parallèle de l'avancement des travaux de gros œuvre en béton (fondations profondes, sous-sol et noyaux).

Cette approche simultanée a permis de réaliser des gains de temps considérables sur le chantier, mais a demandé une coordination approfondie en amont et un travail substantiel en modélisation 3D grâce au BIM.

3. Le système constructif

Fondations : radier sur pieux
Sous-sol : structure en béton armé
Superstructure : planchers mixte bois-béton (système CREE)
Poteaux-poutres bois (façade), béton (intérieur)
façades ossature-bois (FOB)
Contreventement : noyaux en béton armé

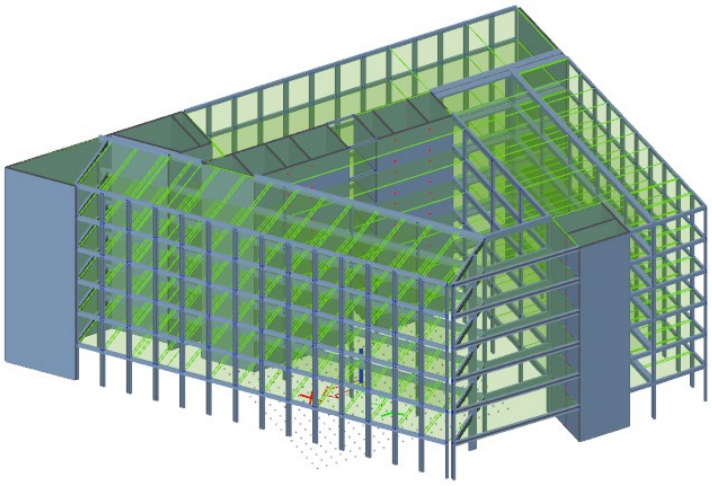


Image 6 : Modèle 3D de calcul aux éléments finis – SCIA Engineer – © Cambium

D'un point de vue structurel, le projet s'articule autour de trois bâtiments principaux reliés entre eux par des noyaux de contreventement en béton armé.

Chaque bâtiment est conçu comme un espace modulable et flexible, permettant une adaptabilité dans la gestion des espaces intérieurs au fil du temps.

Les éléments de plancher mixte bois-béton reposent sur des colonnes en bois en façade et sur un système de poteaux-poutres en béton armé au niveau de l'agora centrale.

Dans les travées intermédiaires, les planchers s'appuient sur des consoles en béton armé fixées sur la poutre principale préfabriquée en béton armé.

La liaison entre les planchers mixtes se fait par des plats soudés sur place et des vis à 45°.

L'interface avec les noyaux en béton armé est réalisée à l'aide de cornières métalliques qui sont ensuite protégées contre le feu.

4. Fiche technique

Maître de l'ouvrage : BPI Real Estate
Maitre d'œuvre : Atelier d'architecture Archi2000
Localisation : Bruxelles, Belgique
Programme : Construction du nouveau siège de l'entreprise générale CFE
Année : 2020 – 2023
Budget : 17.360.000€ HT
Superficie : 7200m² de surface hors-sol
Livraison : Décembre 2023
Entreprise générale : BPC
Charpentier : Wood Shapers
Stabilité : Cambium (Bois) – TPF Engineering (Béton)
Techniques spéciales / Energie : VMA

32 logements individuels sur le Plateau de Haye à Maxéville, 54, France

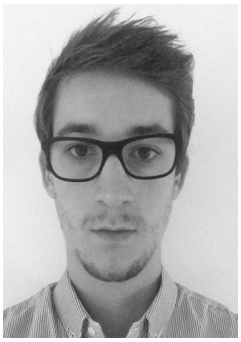
Claude VALENTIN
Gérant
HAHA Architectures
Saint Nabord, France



Jimmy DESCHASEAUX
Chargé de projet
HAHA Architectures
Saint Nabord, France



Maxence BROQUERIE
Responsable de programme
OMh Nancy
Nancy, France



LOGEMENTS

32 logements individuels
divisés en 6 blocs

OPÉRATION
Rue de l'abbé Haltebourg
54320 MAXEVILLE

MAÎTRISE D'OUVRAGE
OMh Nancy



GROUPEMENT DE MAÎTRISE D'ŒUVRE
HAHA Architectures, Architecte Mandataire
ADAM Vosges, BET structure béton
ICS Bois, BET structure bois
IMAEE, BET fluides et thermique
Venathec, BET acoustique

SURFACE
2569 m² habitable

COÛT DE CONSTRUCTION
5 990 900 € HT



Image 2 : Les bâtiments © Adrien Simon

ENTREPRISES
STPL : VRD – Aménagements paysagers – Assainissement
SAS CASSIN : Gros oeuvre
MADDALON Frères Sarl : Charpente bois
IL ÉTAIT UN ARBRE : Bardage bois
TOITURE LORRAINE Sarl : Couverture – Zinguerie
BONECHER Sarl : Menuiseries extérieures
EML INTERACTIVE : Menuiseries intérieures
Sarl DESSA CONSTRUCTION : Plâtrerie
LAGARDE & MEREGNANI : Peinture
LAGARDE & MEREGNANI : Revêtements de sols – Faïence
BAINVILLE Sarl : Chauffage – Ventilation
KAUFFMANN ELECTRICITE Sarl : Électricité

1. Contexte et genèse du projet

1.1. Préambule



Image 3 : Vue depuis la rue de l'abbé Haltebourg © Adrien Simon

Le logement, lieu essentiel de notre quotidien, doit favoriser le bien-être et les activités individuelles. La création de logements sociaux neufs nécessite une vision intégrant divers aspects socio-économiques et environnementaux. Nous aspirons à concevoir un projet exemplaire qui exploite les potentialités du site de manière innovante et durable. Nous nous interrogeons sur la réinvention du logement, les modes de vie actuels, les relations de voisinage, l'éco-construction des logements sociaux, les valeurs ajoutées à ces logements, et sur la manière d'accompagner nos partenaires dans l'évolution des standards du logement social.

1.2. Enjeux du projet

Les enjeux de ce projet se résument en trois points : l'économie du projet et la gestion financière, la qualité de vie, et les aspects énergétiques et environnementaux. Nous visons à optimiser ces aspects à travers une approche cohérente et globale, tout en insufflant une nouvelle identité au site.

Économie du projet et maîtrise de l'enveloppe
Nous concevons les bâtiments en tenant compte des impératifs économiques, de la morphologie, du confort, ainsi que de la fonctionnalité, adaptant les logements à la composition des familles.

Qualité de vie
Nous anticipons le changement radical dans le mode de vie des 32 familles, passant d'appartements spacieux avec vue panoramique à des maisons de quartier avec jardinet. Notre proposition vise à assurer le bien-être et répondre aux besoins des familles, tout en favorisant le retour à la nature et à la terre.

Aspects énergétiques et environnementaux
Nous visons une construction contemporaine répondant aux normes énergétiques actuelles et futures, privilégiant les performances énergétiques, l'utilisation des énergies renouvelables, et l'utilisation de matériaux bio-sourcés comme le bois, mettant en valeur le savoir-faire des entreprises locales de la filière bois.

1.3. Inscription dans le site

L'enveloppe thermique de chaque corps de bâtiment est optimisée grâce à la compacité du projet. Les logements individuels sont regroupés en bandes de 4 à 6 logements. Chaque bande regroupe une même typologie afin de faciliter le système constructif. La disposition de chaque logement garantit l'indépendance de chacun. Elles sont orientées est-ouest, perpendiculairement à la rue de l'Abbé Haltebourg.

Grâce aux deux voies intérieures carrossables qui desservent toutes les maisons, et des dimensions de logement optimales, nous pouvons offrir des extérieurs amples et généreux, et ainsi permettre aux enfants de jouer en toute sécurité dans une grande allée plantée, mais aussi d'ouvrir une large perspective à l'intérieur de l'îlot. Cette allée principale et une seconde perpendiculaire ont également vocation de permettre aux maisons les plus éloignées de rejoindre les lieux de convivialité. Les larges circulations associées à la profondeur des jardins arborés, permettent de garantir un maximum d'éloignement entre les logements et ainsi limiter le vis-à-vis, tout en offrant une certaine intimité de chacun sur les parcelles.

L'implantation des bâtiments sur la parcelle tient compte de la course du soleil afin de garantir un apport d'énergie passive au travers de la façade du bâtiment et favoriser le bio-climatisme.
Nous avons recherché une logique de répétition dans l'organisation des logements, afin de faire correspondre le programme à une trame structurelle répétitive, gage d'économies et de rationalité. Cela permettrait aussi une importante personalisation de chaque logement grâce à une gamme de variantes et d'options.

L'identité du projet réside également dans la composition de l'habitat. L'organisation interne des logements transparaît à l'extérieur et leur architecture se révèle à la ville du côté de la rue. Nous avons des profils de maisons singuliers, qui caractériseront l'image de ce nouvel îlot.

L'économie c'est aussi un management des ressources humaines. C'est pourquoi certains mobiliers paysager pourrait être conçu par les habitants dans le cadre d'un workshop / atelier participatif (bancs / potager / table pique-nique / kiosque). Cet apprentissage permettrait de leur offrir une première expérience de la vie de chantier et créer des liens entre les habitants à travers une activité commune.

Ainsi, le projet avec ses multiples facettes sociales, architectoniques, urbaines et paysagères, inscrit le nouvel îlot dans le quartier et la ville, avec l'intention d'entretenir les liens et de faire naître une nouvelle identité.

2. Le projet

2.1. Un projet habité

Le projet de quartier voudrait trouver son équilibre entre la porosité permise par les voies et les allées, et l'invitation à partager du temps et des activités sur place dans les squares. La circulation automobile a volontairement été concentrée sur deux voies, ce qui libère une voie piétonne large et sécurisée. La séparation des flux est une caractéristique forte du projet. En faisant cela, nous permettons aux habitants de relâcher leur attention vis-à-vis des voitures dans les lieux de convivialité tels que l'allée et les squares. L'idée est de pouvoir passer du temps dans des espaces ouverts et arborés dépourvus de véhicules.

Les logements sont composés sur la même base, et se développent à l'étage en fonction des typologies demandées (T3, T4 et T5).
Cette réalisation à l'architecture contemporaine s'attache à réinterpréter et revisiter les codes de l'architecture traditionnelle, à travers une réflexion qui prend en compte non seulement l'échelle du site, mais aussi celle de la famille.

Habiter dans des logements adaptés à ses propres usages est une condition fondamentale pour vivre bien. Un habitat approprié répond aux besoins d'espaces intérieurs et a l'évolution des structures familiales. Il est ainsi important de proposer un plan fonctionnel et ouvert pour un confort d'usage, ne pas figer les espaces dans une solution unique, concevoir un espace de vie spacieux et modulable, anticiper sur le vieillissement des personnes par des espaces adaptés, sont des éléments essentiels d'une pérennité de l'espace. Les logements ont été dessinés avec l'assurance d'apporter un confort visuel en les préservant du vis à vis et offrant une vue sur les extérieurs. Le projet propose un volume compact et simple afin d'optimiser les circulations.

L'extérieur



Depuis la rue nous avons une place de stationnement, un cheminement piétonnier et un jardinet arboré qui crée un masque végétal naturel. En façade, un ensemble menuisé vitré et partagé entre séjour et entrée, agrandit le rapport intérieur-extérieur, invitant le jardinet dans l'espace habité. On retrouve le même dispositif menuisé du côté du jardin à l'arrière, qui se partage sur la chambre et la cuisine. Des touches colorées viennent subtilement rythmer la façade bois tout en permettant de distinguer chaque entrée.

Image 4 : Vue depuis la venelle piétonne © Adrien Simon

L'intérieur

Nous avons conçu de beaux volumes pour le bien-être de la famille des logements proposant. Les rez-de-chaussée des 32 logements sont identiques. Ils remplissent le cahier des charges et au-delà, puisque chaque logement est adapté aux Personnes à Mobilité Réduite et bénéficient d'un placard cellier / buanderie. C'est un logement adapté à tous. Toutes les pièces sont pourvues de fenêtres, permettant ainsi à la lumière naturelle d'entrer ainsi qu'une ventilation naturelle complémentaire, tout en axant les perspectives visuelles sur les jardins. Le rez-de-chaussée est doté d'une grande pièce de vie ouverte traversante entre les deux jardins avec une cuisine pouvant être fermée par une cloison mobile permettant de moduler rapidement l'espace du logement et gagner de la place. Cette ouverture large permettra d'accueillir et d'organiser des grands repas familiaux dans un espaces chaleureux et lumineux.

Le plan libre du rez-de-chaussée permet de moduler et de s'approprier l'espace selon les besoins de chacun, ainsi la chambre de ce niveau peut devenir une extension au séjour ou un bureau. Une variante du rez-de-chaussée consiste, selon les envies des familles, à inverser la chambre et le séjour pour créer une pièce de vie donnant intégralement sur le jardin arrière, sans toucher à la structure principale et créant un espace « servant » et « servi ».

A l'étage, la typologie T3 comprend une chambre, une salle de bain attenante, un wc indépendant, et deux placards. La moitié inhabitée de l'étage du T3 a une toiture pentue dont le chéneau atteint le niveau du premier étage. Cette partie sous rampant permet d'offrir un grenier. Dans les typologies T4 et T5, cette partie est surélevée et devient habitée, contenant ainsi une ou deux chambres respectivement, créant une volumétrie différente.

Les typologies T3 et T4 bénéficient au droit du séjour d'une double hauteur sous plafond obtenu par la suppression respectivement d'une ou deux chambres.



Une pièce supplémentaire est offerte aux logements, dont nous savons que l'appropriation sera diverse. C'est un espace intermédiaire qui peut devenir une cabane, un jardin d'hiver, un petit salon, un potager, un atelier. Cet espace libre est situé au-dessus du stationnement, et réalisé dans le prolongement de la chambre de l'étage, travaillé en structure bois, recouvert d'un treillis bois et polycarbonate, filtrant ainsi la lumière.

Image 5 : Vue depuis le séjour © Adrien Simon

Vie en confinement

La période de confinement a été particulièrement difficile pour de nombreuses familles, en particulier celles vivant dans des appartements sans accès à l'extérieur. Nous avons réfléchi à cette situation et avons envisagé un nouveau concept de logement pour répondre aux besoins des habitants en quête d'espaces à la fois fonctionnels et adaptés. Ainsi, nos logements offrent plusieurs espaces au sein de la propriété privée, conçus pour être utilisés de différentes manières par tous les membres de la famille : un jardin arrière pour les repas et les jeux, un jardin avant pour le repos et les interactions, une « cabane » pour la lecture et le séchage du linge, une cuisine et un séjour spacieux pour les activités familiales, et des chambres/bureaux pour retrouver son calme et son indépendance.

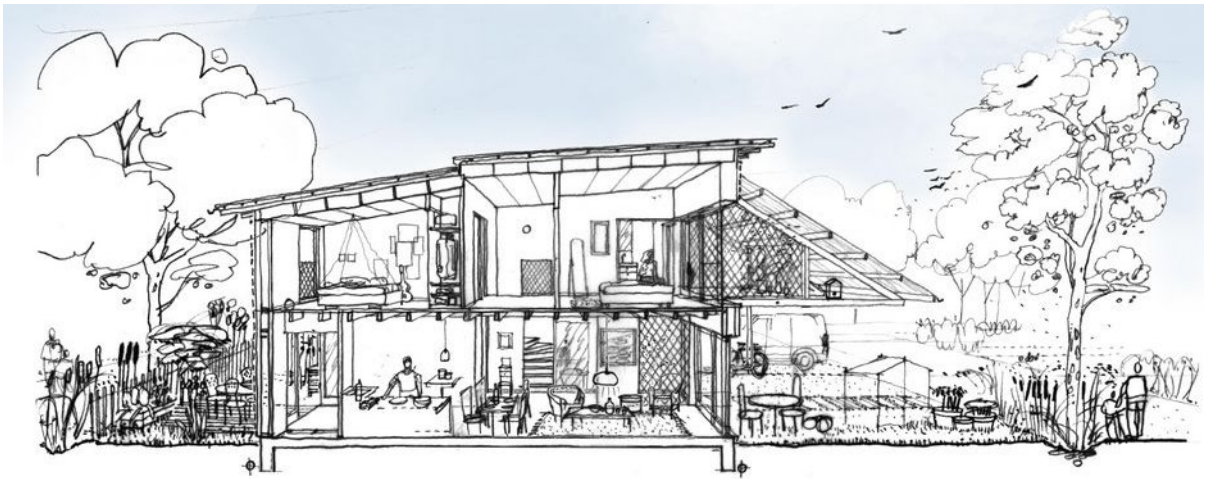


Image 6 : Coupe perspective © Claude Valentin

2.2. Un projet éco-construit

Travailler à l'économie c'est manager les coûts matériels par la préfabrication en série par la répétition des éléments (refends, façade, menuiseries, toiture) et l'architecture du bâtiment, notamment par la limitation du déroulé de façade et la création d'une toiture mono pente limitant ainsi le nombre de descentes d'eaux pluviales, et permettant de faciliter le système de récupération de celles-ci.

Les surfaces drainantes et perméables à l'eau sont privilégiées en revêtements extérieurs. L'objectif est de raccourcir le délai de la pénétration des eaux pluviales vers la nappe phréatique. Les eaux récupérées sur les toitures des bâtiments seront également infiltrées sur la parcelle par des noues en bord de parcelle.

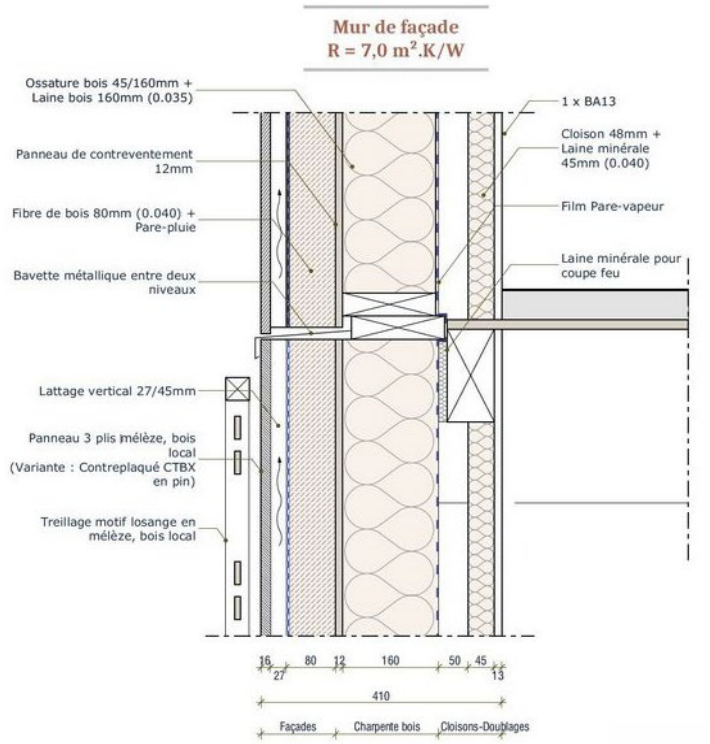


Image 7 : Détail structurel © HAHA Architectures

La multiplication des éléments est possible par la mise en oeuvre d'une structure légère qui se veut tout en bois, reposant sur une fondation béton, limitant ainsi son utilisation.

Le détail technique permet de maîtriser la justesse du projet dans toutes ses composantes et notamment de répondre à des problématiques d'interfaces. Le détail est à la fois graphique, écrit et conditionne la mise en oeuvre des matériaux préconisés.
L'enveloppe du bâtiment et les points sensibles sont l'objet d'un attachement particulier au détail. Nous concevons de détail technique comme l'objet d'un travail d'échanges perpétuels entre l'architecte, les bureaux d'études et les entreprises.

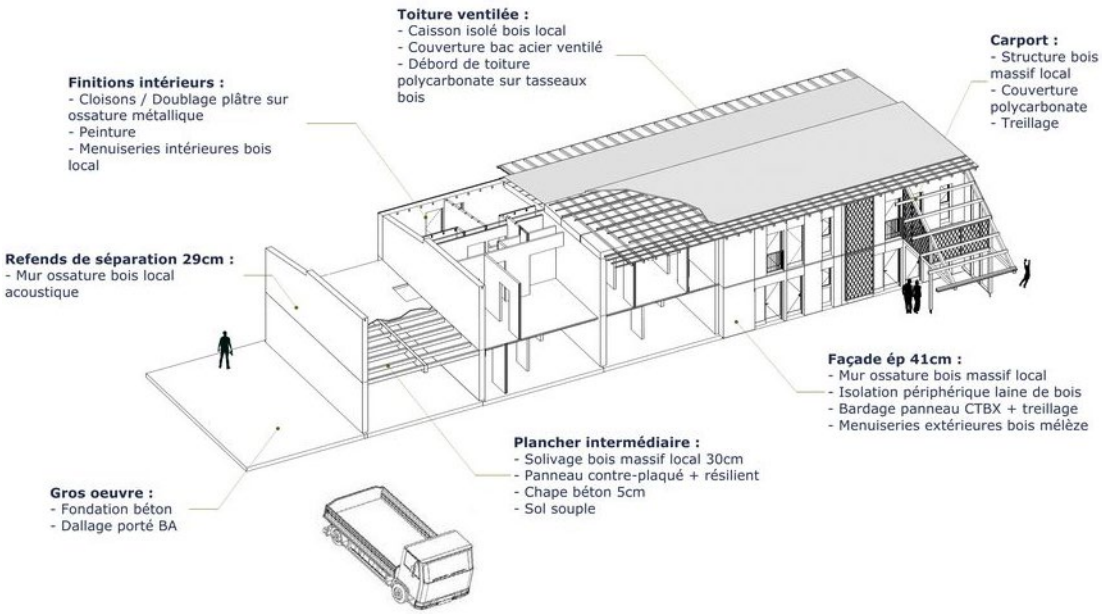
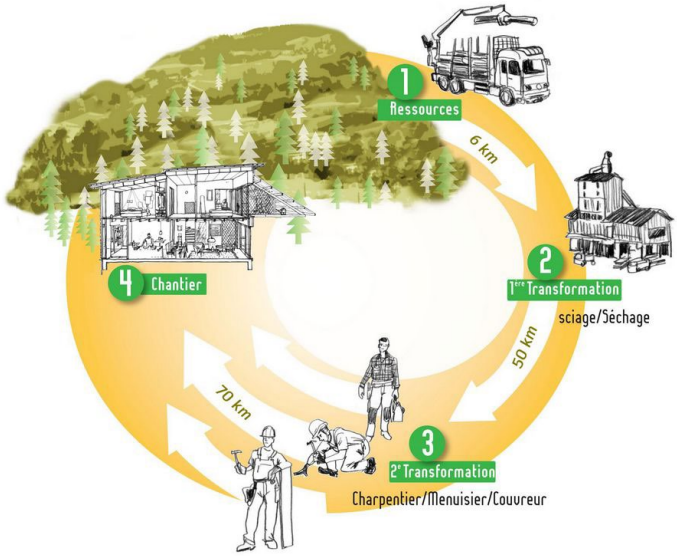


Image 8 : Axonométrie structurelle © HAHA Architectures

3. Une démarche de valorisation des filières courtes et biosourcés

3.1. Un projet acteur de la décarbonation



Notre démarche est de promouvoir l'économie circulaire. Derrière cette notion se trouve la volonté de réaliser les projets avec des ressources locales, matérielles et immatérielles. Dans cette optique, l'ensemble du bois massif utilisé dans ce projet provient des forêts vosgiennes, améliorant le bilan carbone, tout en soutenant l'économie locale et favorisant la durabilité environnementale.

Image 9 : Schéma de la filière courte © HAHA Architectures

L'utilisation du bois dans la structure des murs et des plafonds permet d'envisager une préfabrication en atelier puis un montage court sur site, atténuant les nuisances du chantier.

La logique du tout-bois s'exprime à travers le principe constructif des maisons sa déclinaison dans les aménagements intérieurs.

Le bois est un matériau renouvelable qui se caractérise par ses performances, son esthétisme, et son abondance locale. Du point de vue technique, nous préconisons l'utilisation du bois, employée pour pour toutes les solutions qu'il permet d'apporter aux constructions et l'avantage d'être exploité sous ses différents aspects et usage :

Solidité / Isolation / Revêtement / Résistance chimique / Adaptabilité / contexte/ Facilité de mise en oeuvre / Résistance au feu / Économie locale.

Notre démarche se veut respectueuse de l'environnement. La production de chaleur est assurée en base par des chaudières individuelles bois, solution permettant l'utilisation d'une énergie renouvelable qui sera essentielle pour le respect des exigences de la RE 2020 (tant sur le plan énergétique qu'environnemental).

Pour une qualité de vie seine, la ventilation naturelle par les fenêtres sera privilégiée, associée à une ventilation sera de type simple-flux hygroréglable B. Une variante en double flux pourra être étudiée également. Cette dernière a comme argument une diminution des consommations énergétiques grâce à la récupération de chaleur sur l'air extrait via un échangeur. Elle permet également l'amélioration du confort d'été grâce à la possibilité de surventiler en période nocturne en cas de fortes chaleurs. La conception des réseaux sera la plus rectiligne et courte possible, afin de limiter les pertes de charges tout en facilitant l'entretien de ces derniers.

L'innovation, la performance, l'économie globale et la sensibilité au paysage sont nécessaires pour concevoir un ensemble de logements sociaux durables. Un projet annonciateur d'éco quartier.

Ravaudage urbain et architectural : réhabiliter, requalifier, améliorer

Stéphane COCHET
A003architectes
Paris, France



Réhabilitation, surélévation et extension d'un petit immeuble à R+2+combles du début du XXe siècle en secteur de sauvegarde et de mise en valeur architecturale et du patrimoine (AVAP) au Vésinet (78).

1. Situation

L'opération est portée par CDC Habitat social sur un terrain acquis par l'EPFIF dans le cadre de la loi SRU (ville carencée) pour la réalisation de logements sociaux. Le site est situé en centre ville du Vésinet, en secteur sauvegardé, face à la mairie sur une parcelle d'angle.

Le bâtiment qui comprend 11 petits logements (T1/T2) dont 4 chambres sous combles, et 3 locaux d'activité à rez de chaussée, n'est pas inscrit. La parcelle de 292m^2, comprenant une dent creuse, est repérée au titre de l'AVAP comme élément de reconstitution potentiel de l'alignement urbain.

L'immeuble d'angle, est une construction du début du XXe siècle en maçonnerie brique enduite sur rue, couverte d'une toiture à deux pentes en tuile comportant des lucarnes retroussées. Les planchers sont constitués de solivages en fonte hourdis au plâtre chaux. La construction relativement modeste, relève du petit immeuble de rapport, avec, pour seul décor, des linteaux en grés émaillé typique de l'art déco d'Hector Guimard.



63 boulevard Carnot au Vésinet – bâtiment existant

2. Projet

L'opération présentée permet de créer 12 logements T2>T4 dont un logement PMR, avec une SHAB initiale de 310m^2 portée à 530m^2 (+70%) pour une SdP résultante passant de 507 à 741m^2 (+46%) comprenant la création d'un jardin de 40m^2.

65% des logements sont à double orientation ou traversants. La parcelle est orientée Est et Nord en façades rue, Ouest et Sud sur cour. Les façades rues sont exposées au bruit d'infrastructure de catégorie 3 avec une exigence DnT,Atr de 35dB.

Le DPE initial classé G (480kWhep/m^2 SHAB) est ramené à une classe A sur l'énergie (70kWhep/m^2 SHAB) et à C sur l'EGES (18kgeqCO2/m^2 SHAB).

44kg/m^2 SdP de matériaux biosourcés sont mis en œuvre, soit l'équivalent de 49TeqCO2/m^2 stockés sur le projet : surélévation du bâtiment en structure ossature bois sur une emprise de 157m^2 et extension sur 75m^2, isolation ITE en fibre de bois sur les façades bois sur cour, planchers bois, menuiseries extérieures bois.

Opération montée en loi MOP avec un marché travaux en macro-lots (9).
Coût de l'opération : 2.215,00€HT/m^2 SdP



63 boulevard Carnot au Vésinet – travaux de surélévation – Cruard

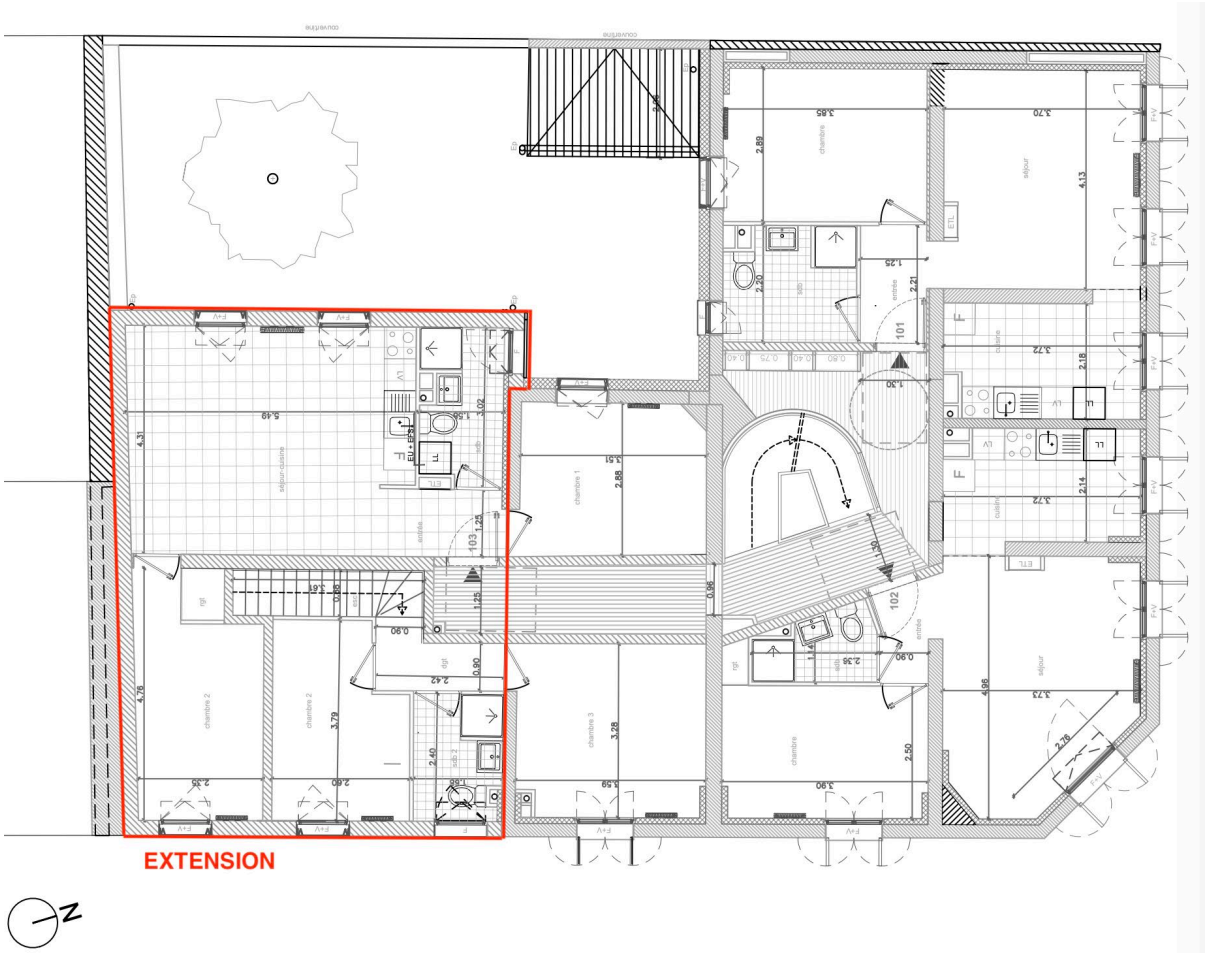
3. Description

La toiture surélevée est traitée en façade rue, en charpente mansardée avec brisis et terrassons, et en retour sur cour en toiture terrasse non accessible, étanchée avec une membrane « cool roof ».

Les façades rue de l'extension et de la surélévation sont revêtues en bardage et couverture de bilaqué blanc à joint debout et à joint creux. Les façades intérieures cour sont enduites sur ITE. Les façades rue du bâtiment existant sont restaurées à l'enduit plâtre. Toutes les

menuiseries sont équipées d'occultation (volets persiennés bois en façade existant rue, en persiennes métalliques pour les autres.

Les façades existantes sur rue sont isolées par l'intérieur avec du Placotherm de 10 cm (R de 4,7 m².K/W), les façades cour avec un ITE en laine de roche de 20cm (5,7m².K/W). Les façades ossature bois en surélévation et extension présentent des résistances thermiques de 6,25 à 7,55m²K/W, la toiture un R moyen de 8,65m²K/W, pour un Bbio résultant à -37% et un Cep RT2012 -5%. Le bâtiment est alimenté en gaz avec une mini-chaufferie centralisée créée en cave. Ventilation simple flux autoréglable.



Plan R+1 du projet – Existant / Extension

4. Caractéristiques opérationnels

4.1. Règles du PLU : éviter la création de stationnement

Le bâtiment initial comportait 7 logements à R+1 et R+2 et 4 chambres de bonnes sous combles, pour 12 logements à déclarer au permis de construire. Le PLU imposant la création de place de stationnement pour chaque logement créé hormis pour la création de logement PLAI.

Afin d'éviter l'obligation de création de stationnement, les 4 chambres sous combles, d'une surface supérieure à 9m² ont été déclarées en logement, soit 11 logements existants déclarés. Le 12e logement a été déclaré comme seul logement créé (T4) en financement PLAI afin d'éviter l'obligation de stationnement. Ce logement bénéficiant par ailleurs de son propre accès à RdC est, à ce titre, le seul logement soumis aux normes PMR, les autres logements étant desservis par les parties communes existantes.

> Démolition des appentis en fond de cour pour pouvoir construire l'extension sur rue avec une distance minimum L=H/2 et 5,00m sur la limite séparative.

4.2. Normes PMR à R+3 : éviter la création d'un ascenseur

Le maintien de l'escalier existant (non conforme aux normes PMR) et sa mise au norme de sécurité, comme élément de desserte existant des 3 niveaux du bâtiment, et le prolongement des parties communes horizontales existantes vers l'extension par l'ouverture du mur pignon brique existant, ont permis d'éviter l'obligation de création d'un ascenseur dû à R+3 et/ou la mise au norme PMR de l'escalier et des parties communes en étage.

La réglementation PMR entre neuf et existant, pour les logements situés dans un cadre bâti existant, entre notions de modification et d'extension, de partie d'ouvrage et création de logement suivant les articles R*111-18 -8 et -9 du CCH, pouvant être sujette à interprétation.

Un calcul sur le rapport coût des travaux et valeur du bâtiment <80% a dû être réalisé pour justifier du maintien en l'état de l'escalier existant et éviter l'application des normes de la construction neuve en élévation, les logements d'étage considérés en extension et non comme création.

> Les logements en étage de l'extension sont conçus et considérés comme des extensions de l'existant et non en création de logement.



Ouverture des pignons sur l'extension

4.3. Surélévation : éviter les reprises en sous œuvre

Pour éviter les opérations de reprise en sous œuvre qui pourraient s'avérer nécessaires dans le cadre de la surélévation, en sus des études de sol réalisées, un calcul a été réalisé permettant de comptabiliser la masse des matériaux prévue en démolition dans le cadre du curage initial du bâtiment et de l'étêtement du dernier niveau compris de la couverture en tuile.

Les résultats relatifs à la balance de poids entre la masse totale des matériaux initiaux retirés du bâti existant (murs briques, tommettes, tuiles, cheminées, charpente) et la masse des nouveaux matériaux mis en œuvre (murs ossature bois, charpente bois, plancher bois, isolants et couverture en membrane) ont permis de justifier l'équilibrage d'une descente des charges initiale et future du projet ne nécessitant pas de reprise en sous œuvre.

> En phase chantier, avant la dépose de la couverture, une étanchéité provisoire a été réalisée sur le plancher bas du R+3 afin de protéger les étages inférieurs des intempéries en phase chantier.

> L'extension bois à R+3 n'a pas non plus généré de reprise en sous œuvre sur les fondations des mitoyens avec la création de massifs de fondation déportés et une reprise des charges sur longrines en porte à faux.



Travaux au R+3 : étanchéité provisoire, chainage, charpente mansardée, toiture

4.4. Isolation par l'intérieur (ITI) des murs briques en façade rue : prévenir les points de rosée.

L'impossibilité d'avoir recours à une isolation extérieure des façades rue du fait des exigences de l'ABF pour la préservation de la façade initiale, nous a amené à prévoir une isolation par l'intérieur.

La présence de poutres de solivage bois/fonte, avec un remplissage au hourdis de plâtre/chaux, encastrées dans les murs maçonnés en brique, nous a conduit à mener une étude WUFI pour étudier les transferts hygrométriques dans la paroi notamment au niveau des ponts thermiques générés au droit des encastrements des poutres en maçonnerie, afin d'estimer les risques de condensation et d'affaiblissement à terme de ces points d'ancrage structurels du fait de la mise en place de l'ITI en partie courante des murs.

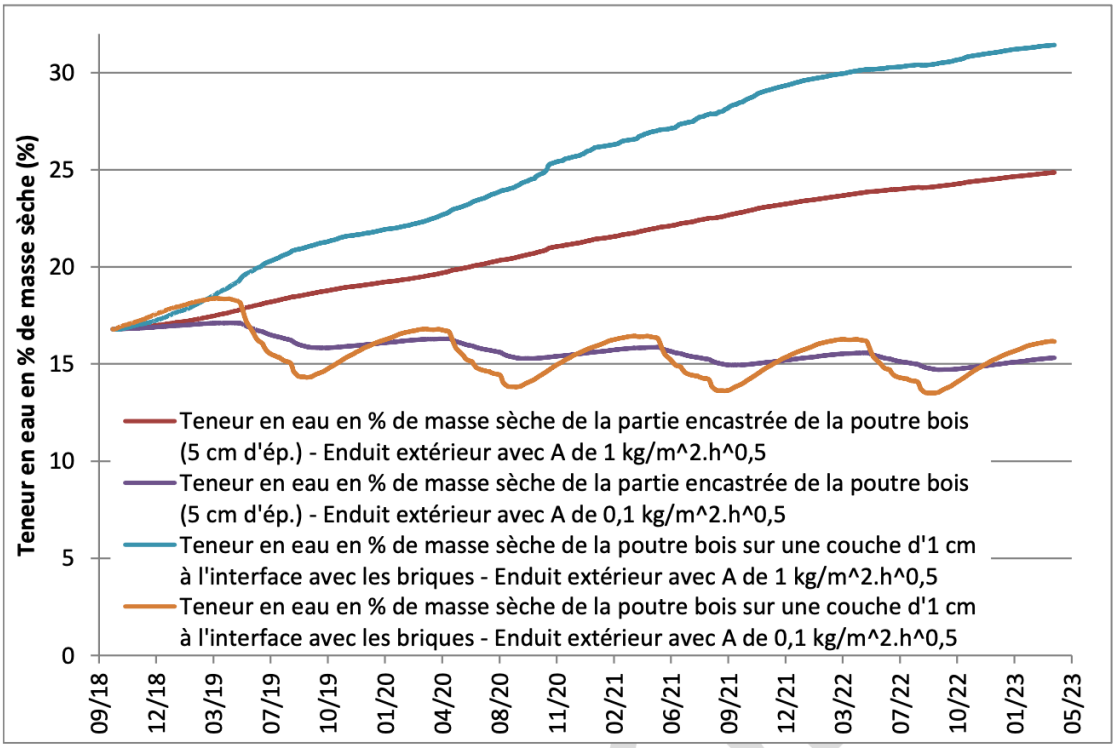
Afin d'éviter les points de rosée, les planchers et plafonds rapportés sur la structure initiale ont été isolés aux deux faces, les isolants rapportés (Placotherm 100+13) considérés avec une fonction pare-vapeurs pour des SD >18,00m afin d'éviter toute migration de vapeur d'eau entre l'isolant et le mur brique considéré comme fermé (joints ciment), l'enduit plâtre extérieur mis en œuvre considéré comme étanche à la pluie battante et à très haute perspiration (HPV – Haute Perméabilité à la Vapeur d'eau).

Les raccords ITI en murs courants et sous face de plancher isolée ont été traités avec des bandes freine-vapeur sur une profondeur périmétrique de 1,00m et non sous la totalité des planchers, afin d'éviter l'encapsulage des planchers pouvant rendre imperceptibles d'éventuels dégâts des eaux en phase chantier et en état d'usage. Les appareillages électriques et fluides posés en applique afin de ne pas percer les isolants.

Les refends en contact avec les maçonneries extérieures sont isolés avec des retours isolants sur une profondeur de 1,00m pour couper les ponts thermiques.

> En façade cour, c'est une isolation extérieure qui a été mise en œuvre avec une épaisseur de 20cm.

Rénovation au 63 bd Carnot 78 110 Le Vésinet
Etude de migration d'humidité



Etude de migration d'humidité – Solares Bauen

4.5. Un macro-lot clos-couvert : la question des menuiseries extérieures

Avec la création de 450m^2 de surface brute en structure bois pour 600m^2 existant, le lot structure bois est le lot principal du projet et a, à ce titre, la responsabilité de la gestion des installations de chantier et des études de synthèse en EXE.

Afin d'optimiser les capacités de préfabrication du projet et de limiter les installations de chantier, il a été créé un macro-lot clos-couvert intégrant la structure bois, son isolation, la couverture et l'étanchéité, les revêtements de façades des extensions, ainsi que la réalisation des planchers sur les complexes solivage/hourdis existants conservés.

Le lot menuiseries extérieures, du fait d'une partie importante liée au bâti existant, n'a pas été intégré au lot clos couvert. Celui-ci a été scindé en deux avec une partie fourniture & pose sur l'existant et une fourniture seule pour les parties extension afin de pouvoir intégrer celles-ci en atelier et de livrer les MOB avec les menuiseries intégrées à la pose.

Au final, entre les délais de fabrication des menuiseries impactées par l'après COVID et ceux de la préfabrication des MOB, les menuiseries ont finalement été posées sur le chantier avec une pose assurée dans les MOB par le charpentier.



Extension bois sur pignon

4.6. Une démarche de réemploi qu'il reste à mieux définir

Le CCTP intégrait la possibilité de réemploi des planchers bois et des tommettes à déposer. C'est le lot curage démolition qui avait en charge ces déposes sans que soit réellement spécifié une méthode et un prix unitaire lié à la déconstruction.

Si les planchers déposés et les tommettes ont été effectivement stockés, leur réutilisation par le lot second œuvre aurait demandé un reconditionnement important avec un taux de rebus assez conséquent.

> les tuiles mécaniques déposées ont servi à remblayer l'ancienne fosse toutes eaux du bâtiment.

4.7. Toiture « cool roof » et lutte contre les Ilots de Chaleur Urbain (ICU)

La parcelle, initialement imperméabilisée à 100%, a gagné en perméabilité avec la mise en œuvre de 15% de sa surface en pleine terre, la plantation de plantes grimpantes sur les murs mitoyens sur cour (vigne vierge) et d'un arbre fruitier à moyen développement (Malus Communis 14/16).

La toiture terrasse est traitée avec une membrane « cool roof » blanche à haut pouvoir de réflexion solaire (SRI > 82 – RAL 9016) permettant à la fois de limiter les effets d'ICU et les surchauffes en toiture.

Le bardage sur extension et les toitures mansardées sur rue sont également traités en couleur claire avec la mise en œuvre de zinc bilaqué blanc, tandis que l'ITE sur cour est également revêtu d'un enduit blanc.

La brique d'origine, elle, est laissée apparente à rez de chaussée sur cour, afin de donner à lire la structure originelle du bâti.



Façade extension en zinc bilaqué à joint creux

5. Conclusion

Ce projet de réhabilitation intégrant une surélévation et une extension, dans une parcelle étroite et restreinte, montre tout l'intérêt de recourir à un système constructif bois tant pour le faible impact que celui-ci génère sur les fondations du bâti existant que sur celles des mitoyens, que sur les installations de chantier limitée et pour l'organisation du chantier, que pour son adaptabilité.

En outre, ce projet montre qu'il est possible de faire évoluer un tissu urbain, de le compléter en articulant petit patrimoine et architecture contemporaine, en y associant performance thermique et enjeux environnementaux tout en améliorant les conditions d'habitabilité de l'existant pour le hisser au niveau des exigences de confort contemporaines.

Ce projet, situé juste en face de la mairie du Vésinet, elle-même classée, a pu redonner une interprétation contemporaine de l'architecture mansardée typique du quartier, sans ne rien céder au pastiche, tout en participant à requalifier le front urbain et faire acte d'exemplarité pour les architectes des bâtiments de France engagés dans la sauvegarde et la mise en valeur architecturale et patrimoniale de la ville-jardins du Vésinet.



63 bd Carnot – Bâtiment réhabilité.

Maîtrise d'ouvrage : CdC Habitat – Madame Sophia Siamer

Architecte : Stéphane Cochet – A003architectes

Bureau d'étude Structurte : Oregon

Bureau d'étude thermique, fluides : Maya

Economiste : Sorata

OPC : Diatomée

Entreprises :

Dositti (Démolition) – Rabot Dutilleul (GOE) – Cruard Charpente (Clos Couvert) – Billiet (Menuiseries extérieures) – S3M (Serrurerie) – UTB (Second Œuvre) – ETIREM (CFA CFO) - Mederreg (CVC PBS).

MASH05, Site Place Georges Gauthier, 72000, Le Mans

Renée FLORET-SCHEIDE
FLORET-SCHEIDE ARCHITECTURE
Paris, France



ACCORD-CADRE POUR LA RENOVATION ENERGETIQUE DE 251 LOGEMENTS SOCIAUX COLLECTIFS (DEMARCHE ENERGIESPRONG)

1. LE PROJET- Premier immeuble de type IMH en Europe réhabilité sur ce modèle



Les projets MASH (Mutualisation d'achat au service de l'habitat), doivent répondre à une Conception Réalisation Exploitation Maintenance, CREM. Ce qui induit d'avoir une garantie sur les systèmes et produits sur 30 ans.
Le choix du bois en ossature avec une conception d'enveloppe étanche à l'air et à l'eau en atelier, respecte ces engagements.

L'ensemble du projet se présente en deux procédés d'isolation :
- Bâtiments inférieurs à 28 m : FOB et bardage métallique. Ici le bardage bois n'était pas admissible car en 4ème famille
- Bâtiments les plus haut, supérieurs à 28 m : ce sera une isolation traditionnelle avec bardage métallique identique et mise en œuvre, avec des moyens de chantier courants.

La conception architecturale de l'ensemble permet de ne pas distinguer les deux procédés (ITE ou Préfabrication).
Le rythme de chantier est bien différent entre ces deux procédés, ce qui par cette opération exemplaire, peut démontrer la pertinence des FOB en phase chantier.

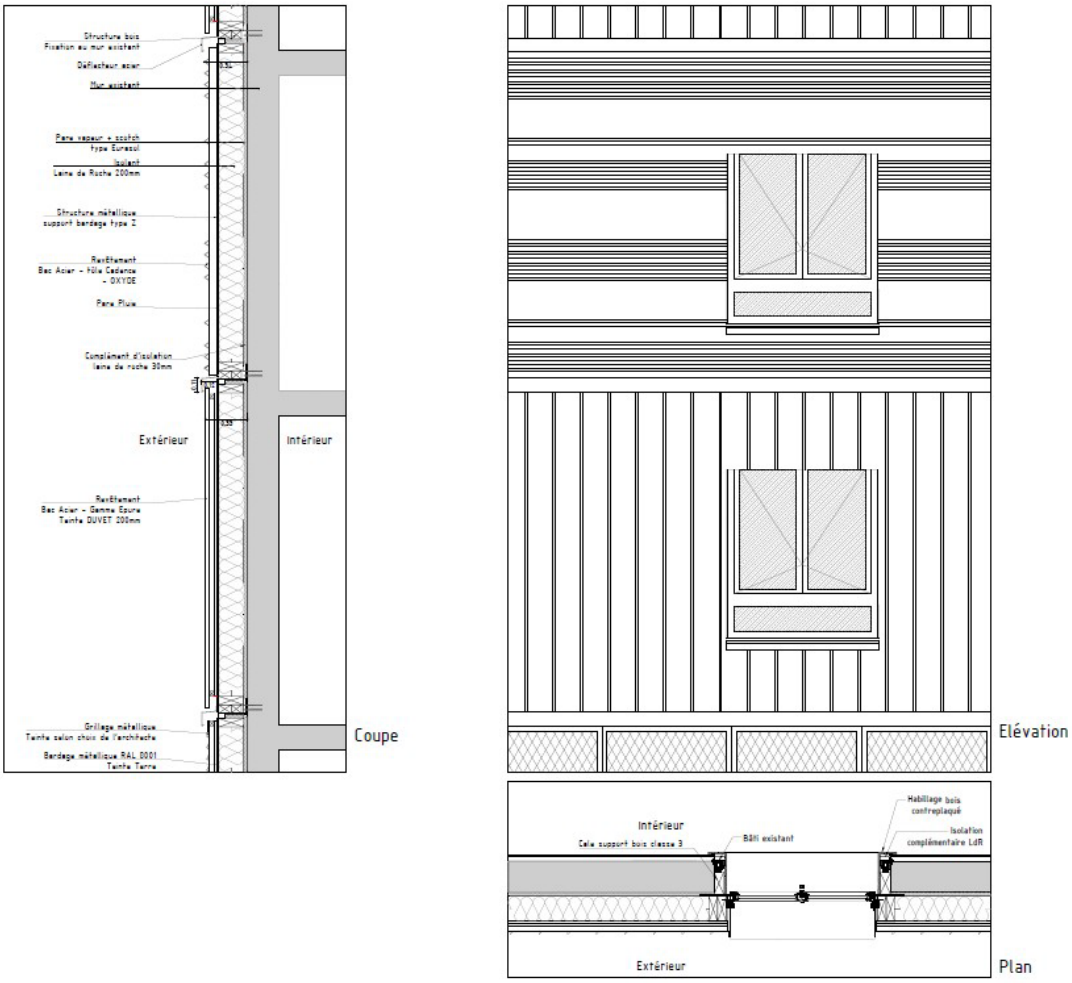
1.1. PROGRAMME



- Réhabilitation énergétique en milieu occupé de 251 logements sociaux. Une attention particulière quant à la qualité du dialogue avec les locataires. Un des axes forts de ce projet est donc l'accompagnement des habitants par un dialogue continu et de qualité.
- Mise en œuvre HORS SITE des façades FOB pour les façades jusqu'à 28m, avec bardage métallique intégrant les MEX et les occultations/protection solaire,
- Réhabilitation des loggias et remplacement des gardes corps, mise en place des pares soleil sur la façade ouest
- ITE traditionnelle avec bardage métallique pour les façades à hauteur supérieure à 28m
- Modernisation des parties communes, des halls et des locaux de services
- Amélioration des parties privatives des pièces humides
- Amélioration de l'accessibilité
- Travaux sur le clos couvert : isolation thermique par l'extérieur (FOB et ITE traditionnelle), étanchéité de la toiture terrasse.
- Espaces extérieures : Renforcement de la végétalisation coté stationnement et côté jardin, réorganisation des zones de stationnement, création d'un abris moto.
- Création d'une chaufferie Bois
- Production photovoltaïque : installation de panneaux photovoltaïques en ombrière au-dessus de places de stationnement et du boulodrome

1.2 SYSTEME CONSTRUCTIF

Afin de garantir une rapidité de chantier, EnergieSprong met en avant l'industrialisation et la préfabrication hors site pour la rénovation énergétique des bâtiments existants. Avec notamment les FOB (Façade Ossature Bois) réalisées en grand volume pour une massification de la rénovation énergétique et à terme une baisse des coûts de la construction.



Détail façade FOB

Démarche HORS SITE

Une architecture de réhabilitation bas carbone, une démarche de préfabrication HORS SITE. Afin de procéder à la réhabilitation thermique de ce bâtiment, nous avons mis en œuvre des panneaux préfabriqués en ossature bois (FOB), constitués d'une structure bois, d'un isolant biosourcé, d'un pare pluie, de nouvelles menuiseries avec un système d'occultation intégré, d'un revêtement en bardage métallique et le tout, assemblé directement en usine. Ces panneaux sont ensuite mis en œuvre avec des nacelles ou des grues et sont fixés sur l'ossature porteuse du bâti existant.

ESSENCE BOIS DE LA FOB

L'essence du bois mis en œuvre pour la structure est l'épicéa.
Bardage métallique (BACACIER 3S : CADENCE T9 : teinte oxyde sablé, EPURE : teinte Duvet, RAL 7035)

LES MATERIAUX BIOSOURCES

Le bois est en tant qu'**ossature**, une démarche de préfabrication optimisée, avec des systèmes de FOB. La légèreté de ces systèmes permet de se positionner sur des ouvrages existants sans risques de surcharger les bâtiments. L'enjeux est de répondre à des sites occupés par les habitants, donc d'œuvrer rapidement pour limiter les nuisances chantiers et sonores aux locataires restés sur place.
Le choix des isolants biosourcés apporte une réponse cohérente à des ambitions bas carbone et peu énergivore.
Chantier propre, réduction de temps de mise en œuvre. Pose par nacelle.

2. L'ARCHITECTURE

La contribution de l'architecte aux projets de préfabrication/industrialisation pour la réhabilitation est de concevoir avec les outils et les éléments de préfabrication une nouvelle perception architecturale des bâtiments existants, une conception 3D.
La mise en œuvre des éléments de façade de FOB permet d'apporter une grande liberté architecturale.
Cela contribue à éviter une « uniformisation » du paysage architectural, et donne la liberté d'individualisation de l'habitat individuel et collectif avec les moyens de l'industrialisation et de la préfabrication.
« Des kits d'assemblage, création d'accessoires et d'éléments rapporté (balcon, terrasse, bow-window, abris outillages et jardinage, nichoir, BAL intégré, boite à eaux, coffret concessionnaires, extension des entrées-SAS thermique) intégrer les panneaux PV, créer des surélévations, pour individualiser et donner une identité propre à chaque projet, un vrai travail de conception et détails, de volume, de recherche de matière et de combinaison possible d'éléments industriels. »



Les nouvelles situations d'entrée. Image de concours.



L'immeuble avant intervention



Les travaux sont en cours. Des FOB fabriquées hors site sont en cours de pose.



Les nacelles et grues posant les murs de FOB.



Les murs de FOB posés, ici avec un revêtement extérieur en bac acier.

3. LES ACTEURS

MAîTRE D'OUVRAGE
SARTHE HABITAT
Monsieur Jérôme DUBOIS
Chargé De Patrimoine
Service Réhabilitation – Direction Maitrise d'Ouvrage et Patrimoine
158 avenue bollée, CS 81933
72019 LE MANS Cedex 2

GROUPEMENT CONCEPTION / REALISATION
- ALTYN – ALTEREA : Mandataire de la Conception et ingénieriste TCE
- ALTYN – ALTERESCO : Mandataire de la Réalisation-Exploitation-Maintenance, Contractant Général travaux et pilote exploitation-maintenance
- ALTYN – CYRISEA : Co-traitant Intégrateur GTB et solutions digitales
- REXEL : Co-traitant Industriel fluides et photovoltaïque
- **FLORET-SCHEIDE ARCHITECTES : Co-traitant Conception architecturale**

ENTREPRISE BOIS
FOB: Bâtiment A (R+9 et R+10) et C (R+10), inferieur 28m
OSSABOIS _ Entreprise Construction Bois
8 rue de l'Industrie – 42510 BALBIGNY

ENTREPRISE ITE traditionnelle
ITE : bâtiment B (R+10, R+12) et C (R+14)
LUCAS REHA
4 rue Marcelin Berthelot
B.P 1211 – 53012 LAVAL CEDEX

CONSULTANT BOIS
FaçadeBois AMOE bois /conception FOB

4. LE PROJET EN CHIFFRES

Surface du terrain : 15 520m^2
Zone consultation ABF
Date de la construction : 1975
Niveaux : R+9 à R+14
SHAB : 14 495 m²
SDP : 15 460 m²
L'immeuble a été construit sur le site des anciens abattoirs

FOB et ITE traditionnelle

- Durée de chantier globale : 2 mois de préparation + 19 mois de chantier
- Durée de chantier FOB, mise en œuvre sur site : 3 mois
- Surface en FOB : 3 360 m²
- Durée de chantier ITE traditionnelle, mise en œuvre sur site : 14 mois
- Surface en ITE traditionnelle : 5 885 m²
- Durée de la préfabrication HORS SITE par OSSABOIS : 1 mois
- Surface des bardages métalliques : 9 245 m²
- Durée de pose FOB : oct 23 à fevr24 (4 mois de pose FOB)
- FOB-Fréquence de pose : 1 à 15 panneau/jour, moyenne 6 panneaux/jour, environ 10m2/panneau, environ 60m2 de panneau /jour

Production photovoltaïque, ENR

- Panneaux photovoltaïques sur ombrière - 341kWc (stationnement et boulodrome).
- 4 ombrières photovoltaïques
- Surface totale : 1 630 m²
- Chaufferie Bois :
- Chaudières HARGASSNER : 2 x 75 – 250 kW
- Combustible : Pellets
- Stockage de granulé : quatre silos textiles GWT MAX – HARGASSNER – Capacité : 4.4 – 6.0 t
- Remplissage : Chaque silo est équipé d'une rallonge rigide en acier galvanisé afin de permettre un remplissage en pellet depuis l'extérieur du silo
- Le transfert des pellets vers les chaudières est assuré par aspiration pneumatique

CATEGORIE d'OUVRAGE

- Réhabilitation immeuble de logement sociaux _ Conception-Réalisation
- Démarche ENERGIESPRONG
- IMH_4ème famille (supérieur à 28m), (R+9, R+10, R+12, R+14)

CALENDRIER

Phase consultation/concours :	février 2021 – septembre 2021
LAUREATS du concours	fin 2021

Phases Etudes et Travaux

OS démarrage :	7 novembre 2022
Phase études :	janvier 2022 –novembre 2022
Phase Travaux :	2023 – aout 2024
Témoin logement :	1er février 2023
Validation usine témoin de FOB :	28 mars 2023
Validation témoin FOB sur site :	5 avril 2023
Premier de série :	20 juin 2023
Pose premier série de façades préfabriquées :	15 septembre 2023
Livraison chaufferie Bois :	juin 2023

CREDITS PHOTOSGRAPHIQUES

Perspectiviste :	Noé SIMONET
Photos :	Renée FLORET-SCHEIDE
	Estelle Billiotte
	Julien Besnier
	ALTERESCO communication

Moulin du Bois, MASH4, Site Saint Herblain, Nantes

Renée FLORET-SCHEIDE
FLORET-SCHEIDE ARCHITECTES
Paris, France



Moulin du bois, MASH4 (Mutualisation d'achat au service de l'habitat), Réhabilitation énergétique de 46 logements sociaux collectifs



Plan masse



Perspective de concours

1.1. PROGRAMME

- Réhabilitation énergétique en milieu occupé de 46 logements sociaux. Une attention particulière quant à la qualité du dialogue avec les locataires. Un des axes forts de ce projet est donc l'accompagnement des habitants par un dialogue continu et de qualité.
- Réfection partielle des logements : la réfection des sols, des murs et des plafonds, la mise en conformité électrique, et la réfection partielle des cuisines, des salles de bain et des toilettes
- Remplacement des menuiseries extérieures (intégrées dans la FOB) avec les occultants électriques, travaux sur la VMC
- Réfection des parties communes : les halls, les paliers et les cages d'escaliers, la remise en peinture des différents éléments tels que portes palières, garde-corps, mains courantes, ajout de numérotation des logements.
- Extension des balcons existants
- Production photovoltaïque en toiture

1.2. SYSTEME CONSTRUCTIF

Afin de garantir une rapidité de chantier, EnergieSprong met en avant l'industrialisation et la préfabrication hors site pour la rénovation énergétique des bâtiments existants. Avec notamment les FOB (Façades Ossature Bois) réalisées en grand volume pour une massification de la rénovation énergétique.

DEMARCHE HORS SITE – Une architecture de réhabilitation bas carbone et une démarche de préfabrication HORS SITE

Afin de procéder à la réhabilitation thermique de ce bâtiment, nous avons mis en œuvre des panneaux préfabriqués en ossature bois (FOB), constitués d'une structure bois, d'un isolant biosourcé, d'un pare pluie, de nouvelles menuiseries avec un système d'occultation intégré, d'un revêtement en bardage bois, et le tout, assemblé directement en usine. Ces panneaux sont ensuite mis en œuvre avec des nacelles ou des grues et sont fixés sur l'ossature porteuse du bâti existant.

Une grande partie des travaux sera réalisée sur le clos couvert et les balcons des deux bâtiments. Au-delà de l'isolation thermique installée par l'extérieur par ossature bois, la rénovation portera sur l'étanchéité de la toiture terrasse, l'intégration de panneaux photovoltaïques et la condamnation des portes d'accès aux sous-sols par l'extérieur.



Pose des murs de FOB en cours avec nacelles et grue.







1.3. LES MATERIAUX

ESSENCES BOIS
L'essence du bois mis en œuvre pour la structure est l'épicéa.
L'essence de bois du revêtement extérieur est le Douglas (français) avec imprégnation grise, de chez PIVETEAUBOIS (MELODIK) pour une proximité de ressource et de mise en œuvre. Le projet se situant sur le périmètre de la Métropole Nantaise.

LES MATERIAUX BIOSOURCES
Le bois de l'**ossature**, permet une démarche de préfabrication optimisée, avec les systèmes de FOB. La légèreté de ces systèmes permet de se positionner sur des ouvrages existants sans risques de les surcharger. L'enjeu est de répondre à des sites occupés par les habitants, donc d'œuvrer rapidement pour limiter les nuisances lors du chantier (sonore, visuel etc.) pour locataires restés sur site.
Le choix des isolants biosourcés apporte une réponse cohérente à des ambitions bas carbone et peu énergivore.

Le bois du **bardage** apporte un langage architectural en contraste avec le bâtiment existant. La conception d'un bardage bois en 3ème famille oblige des dispositions particulières par rapport à la sécurité incendie. Nous avons souhaité jouer avec les obligations de mettre en place des déflecteurs, et créer une architecture rythmée en verticalité par la pose du bardage (lames en pose verticale) et en horizontalité par l'ajout des déflecteurs débordants largement, et ainsi redonner une épaisseur au bâti.
Chantier propre, réduction de temps de mise en œuvre. Pose par nacelle.

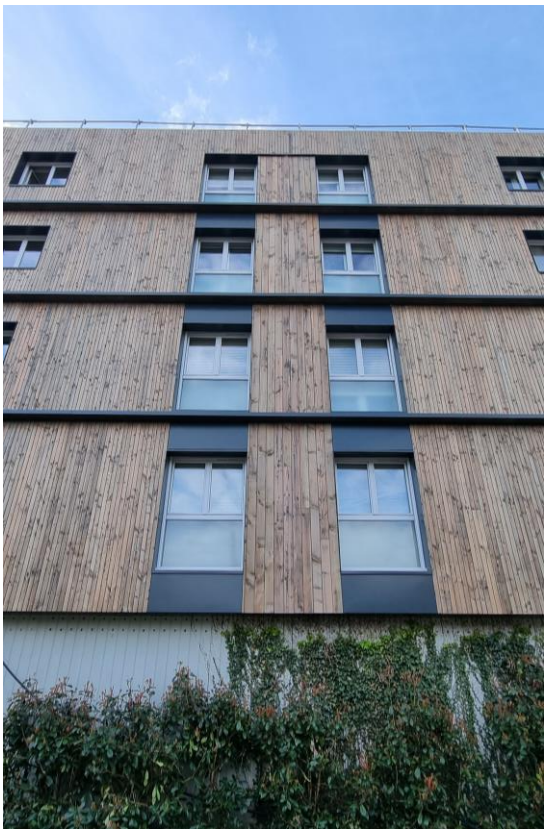
2. L'ARCHITECTURE

La contribution de l'architecte aux projets de préfabrication/industrialisation pour la réhabilitation est de concevoir avec les outils et les éléments de préfabrication une nouvelle perception architecturale des bâtiments existants, une conception 3D.
La mise en œuvre des éléments de façade de FOB permet d'apporter une grande liberté architecturale.
Cela contribue à éviter une « uniformisation » du paysage architectural, et donne la liberté d'individualisation de l'habitat individuel et collectif avec les moyens de l'industrialisation et de la préfabrication.

« Des kits d'assemblage, création d'accessoires et d'éléments rapporté (balcon, terrasse, bow-window, abris outillages et jardinage, nichoir, BAL intégré, boite à eaux, coffret concessionnaires, extension des entrées-SAS thermique) intégrer les panneaux PV, créer des surélévations, pour individualiser et donner une identité propre à chaque projet, un vrai travail de conception et détails, de volume, de recherche de matière et de combinaison possible d'éléments industriel. »



L'agrandissement des balcons en cours



Chantier en cours, menuiseries extérieures intégrées à la FOB



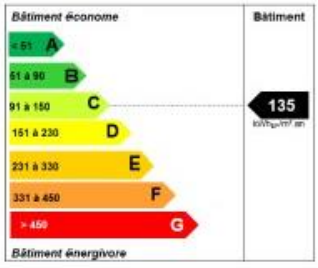
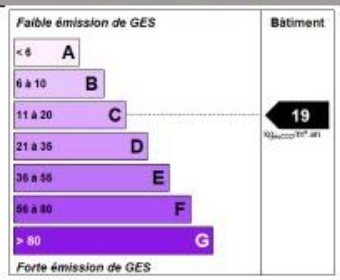
Pose des murs FOB en cours



Le bâtiment existant

3. EFFICACITE ENERGETIQUE – DEMARCHE ENERGIESPRONG

Performance énergétique et Environnementale :
– Performance énergétique : E=0 sur 30 ans
– Etude thermique du 19/06/2023

Bâtiments	Consommation conventionnelle CEP ($kWh_{EP}/m^2.an$)	Emission GES ($kgeq_{CO2}/m^2.an$)
LOT 4 – Moulin du Bois		

Les projets ENERGIESPRONG sont une approche innovante comprenant un niveau Energie zéro (E=0) garanti sur 30 ans.
L'objectif est de rénover des logements existants vieillissants, inconfortables et inadaptés aux enjeux environnementaux et sociaux actuels tout en minimisant les perturbations pour les occupants.
En s'appuyant sur une logique de préfabrication et d'industrialisation des nouvelles enveloppes performantes, lors du chantier, couplée avec une production d'énergie renouvelable, afin que le logement produise chaque année, autant d'énergie qu'il en consomme permet de rendre un bâtiment très performant, avec une réduction significative des besoins et des consommations énergétiques.

4. Les acteurs

MAÎTRE D'OUVRAGE
Atlantique Habitation
« Dans la réhabilitation comme dans ses constructions neuves, Atlantique Habitation s'efforce de tenir ses exigences de performances techniques, économiques, sociales et environnementales »

ENTREPRISE BOIS
LCA Construction Bois
Bellevue 85600
La Boissière de Montaigu

CONSULTANT BOIS
FaçadeBois AMOE bois /conception FOB

GROUPEMENT CONCEPTION / REALISATION

ALTYN – ALTEREA
Mandataire de la Conception et ingénieriste TCE
ALTYN – ALTERESCO
Mandataire de la Réalisation-Exploitation-Maintenance,
Contractant Général travaux et pilote exploitation-maintenance
ALTYN – CYRISEA
Co-traitant Intégrateur GTB et solutions digitales

REXEL
Co-traitant Industriel fluides et photovoltaïque

FLORET-SCHEIDE ARCHITECTES
Co-traitant Conception architecturale

4. LE PROJET EN CHIFFRES

Date de la construction :	1968
Niveaux :	R+4
SHAB :	3310m2
SDP :	3427m2

LA FOB
- Durée de chantier globale : 7 mois
- Durée de chantier FOB, mise en œuvre sur site : 9 semaines de pose de panneau / 14 semaines
- Surface en FOB : 2172m²
- Nature de l'isolation et épaisseur : Isolant fibre de bois / Pavaflex confort 036 / Epaisseur: 200 mm / R=5.55 m2 K/w
- Durée de la préfabrication HORS SITE par LCA : 11 semaines
- Surface des bardages bois, essence, traitement : 1989m² – Bardage bois Douglas / Mélodik rainure centrée / 22 x 135 mm / imprégnée gris / CL3.2
- Création de balcons en extension : principe structurel – Structure autoportante métallique fondée avec platine de contreventement à chaque plancher.

ORGANISATION DE LA POSE FOB
- Livraison (camion) FOB à 3 livraisons/semaine
- Préparation avant pose
- Levage et pose
- FOB/jour à 4/jours en moyenne
- Homme / jour à 4 personnes
- Solution FOB : Fiche d'autocontrôle par l'entreprise

Production photovoltaïque, ENR
- Toiture :
- Surface totale : 470m²
- Production en revente totale : 109 930kWh en année 0

Catégorie d'ouvrage
- Réhabilitation immeuble de logement sociaux _ Conception-Réalisation
- Démarche ENERGIESPRONG
- Classement du bâtiment : 3ème famille

CALENDRIER

Phase consultation/concours :	février 2021 – septembre 2021
LAUREATS du concours	fin 2021

Phases Etudes et Travaux

Phase études :	aout 2022 – juin 2023
PRO signé LCA :	3 mai 2023
Phase Travaux :	juillet 2023 – avril 2024
Premier de série :	juin 2023
Pose premier série des façades préfabriquées :	15 septembre 2023

La LPO (Ligue pour la Protection des Oiseaux) ET LA FOB
Des nichoirs sont intégrés dans la FOB : 7 nichoirs façade Nord et 3 nichoirs façade Est.
Installation de gîtes à chauve-souris au niveau des acrotères.



Nichoir pour Martinets

CREDITS

Perspectiviste :	Noé SIMONET
Photos :	Renée FLORET-SCHEIDE
	Estelle Billiotte
	Clément Charbonneau
	ALTERESCO communication

Les Biscottes, 160 logements collectifs à Sarcelles

Marc BENARD
EQUATEUR SAS d'architecture
Paris, France



Les Biscottes, 160 logements collectifs à Sarcelles

1. Mille logements par an

« *Pouvez-vous construire mille logements par an au prix de 1 700 000 F le trois pièces ? J'ai besoin de votre réponse dans les quarante-huit heures.* »[1] La création de la ville de Sarcelles débute par cette question que Léon-Paul Leroy, directeur général de SCIC, pose en 1955 à l'architecte Jacques Henri-Labourdette. Ce dernier, fort de l'expérience acquise lors de la reconstruction de la ville de Beauvais, regroupa les entrepreneurs avec lesquels il réalisait ce chantier. Ils s'engagèrent à tenir cet objectif, au rythme de 4 logements par jour, faisant surgir en pleins champs une ville de 40 000 habitants en l'espace de 20 ans.

Le chantier reposa sur une organisation générale rigoureuse, combinant un groupement d'entreprises et un bureau de pilotage d'une vingtaine d'ingénieurs, architectes et métreurs travaillant in situ. L'agence de Jacques Henri-Labourdette et Roger Boileau, avec le paysagiste Jean Camand, conçut le projet au fur et à mesure, faisant évoluer les logiques de plan masse, les plans d'appartements et les modes constructifs. Dans les années 1950, ceux-ci combinent la pierre de taille pour les bâtiments bas et des murs-rideaux pour les tours et barres les plus hautes (à partir de 1957), formant un paysage caractéristique de ce grand ensemble, et qui résume l'intérêt de l'architecte Henri-Labourdette tant pour la maçonnerie, avec la plus grande opération d'après-guerre construite en pierre porteuse, que pour le travail du métal, familier pour ce fils de l'un des carrossiers les plus réputés du Paris d'avant-guerre. Dans les deux cas, la préfabrication fut largement utilisée. Le caractère très rationnel des constructions, répétées sur de nombreux édifices similaires, s'il a contribué à la stigmatisation du Grand Ensemble dans les années 1960, fonde aujourd'hui sa cohérence urbaine et facilite les actuelles opérations de réhabilitation.

2. De Ravel à Paul Valéry

Si les logements sociaux de Sarcelles ont déjà fait l'objet de réhabilitation, avec notamment dans les années 1990 le remplacement des fenêtres par des fenêtres en PVC et par la sécurisation des parties communes, le parc social connait une nouvelle étape de réhabilitation pour palier à la vétusté de certains composants et pour apporter une forte amélioration énergétique. Par ailleurs, depuis le début des années 2000, les programmes successifs de renouvellement urbain modifient la ville par des reconstructions de logements et de groupes scolaires, par des résidentialisations et par la refonte des espaces publics. La présente opération de réhabilitation, qui porte sur deux barres de la 4e tranche de Sarcelles, Sarcelles IV Les Friches, s'inscrit ainsi d'une part dans une nouvelle étape de la vie de l'édifice, et dans un ensemble de réhabilitation (1 089 logements pour CDC Habitat) et de démolitions (396 logements, dont une troisième « Biscotte », la résidence Joliot-Curie).

[1] Henri-Labourdette, Jacques, Une vie, une œuvre, éd. Gilletta-Nice-Matin, Nice, 2002



Les deux « Biscottes », de part et d'autre du centre commercial Les Flanades :
en haut Paul Valéry, en bas Provence



L'immeuble Paul Valéry avant travaux

L'équipe formée par la maitrise d'ouvrage CDC Habitat, la maitrise d'œuvre Equateur et Altéréa, l'entreprise générale Léon Grosse et le fabricant de panneaux de façades Techniwood (absorbé par Léon Grosse en 2023) a abordé la réhabilitation des Biscottes en s'appuyant sur une réalisation collective antérieure, celle de la tour Ravel, achevée en 2018, et dont le retour d'expérience a été précieux pour fiabiliser les solutions architecturales, techniques et méthodologiques. Si la première opération a été menée dans un cadre de maitrise d'œuvre classique, la seconde est une conception-réalisation, pour laquelle l'entreprise et la maitrise d'œuvre sont co-traitants. Initiée en 2018, elle s'est achevée au printemps 2024.

Pour ces deux projets, Equateur a proposé une approche conservant et renouvelant les principales caractéristiques architecturales originelles : épiderme métallique, tramage régulier, palette chromatique. Ces hauts repères dans le paysage de Sarcelles sont ainsi traités avec attention et pérennisés, participant d'une vision plus attentive à la qualité de cet ensemble urbain et à la mémoire des lieux.

La réhabilitation de la tour Ravel avait montré les faiblesses des façades légères en tôle d'aluminium et panneaux d'isorel en termes de thermique, d'acoustique et de sécurité incendie, et la nécessité de procéder à leur remplacement pour garantir la sécurité et le confort des locataires. Un procédé de dépose des murs-rideaux par des panneaux préfabriqué en bois Panobloc, réalisé rapidement et sans relogement des locataires, a été mis au point pour la réhabilitation de la tour. La pose d'un panneau intégrant l'isolation, les fenêtres et le bardage s'est avéré particulièrement efficace et qualitative. S'agissant d'un bâtiment en 4e famille incendie, l'avis technique de Techniwood a été précieux pour justifier le coupe-feu 1h.

Ce principe a été reconduit sur la barre Paul Valéry, en l'adaptant aux particularités du bâtiment. Cette barre de 100 logements sur 10 étages comporte 5 cages d'escaliers et ascenseurs, distribuant à chaque palier deux grands logements T4 et T5. Ceux-ci sont traversants, bénéficiant d'une orientation nord-sud avec des balcons ensoleillés et de vues jusqu'à Paris. La qualité des logements motive la réhabilitation, comme d'indique Marie-Noelle Moreau, responsable du projet à la direction de la maitrise d'ouvrage de Grand Paris Habitat : « *Plutôt qu'une démolition, nous avons préféré maintenir à la location des logements qu'aux normes actuelles on ne pourrait économiquement plus construire* »[2]. Des commerces occupent les rez-de-chaussée.

Dans la même opération se situe la barre Provence, au sud du centre commercial des Flanades.

CDC Habitat demeure le principal bailleur social à Sarcelles, avec 4 350 logements. Le programme de réhabilitation prévoyait le remplacement complet des façades, mais également des travaux dans les logements pour rénover les fluides (plomberie, électricité, ventilation) et les pièces humides et remplacer les portes palières. La forte réduction des déperditions thermiques a dégagé une capacité de création d'un système d'eau chaude sanitaire collectif, avec la suppression des chauffe-bains individuel gaz. La consommation énergétique est ainsi réduite de 155 à 58 kwh/m^2 par an et l'étiquette de D à B, avec une certification NF Habitat et BBC Rénovation.

3. La mue des façades

Les choix techniques de la réhabilitation ont suivi les modes constructifs originels et un principe de substitution des composants par des analogues contemporains. La façade nord en mur-rideau, donnant sur un grand parking propice aux livraisons et au grutage, a été prévue en panneaux Panobloc de 4 à 8m de long. Les pignons, où existait un bardage aluminium sur une façade en parpaings, ont été réhabilités en remplaçant le bardage. La façade sud, intégralement vitrée, a fait l'objet d'un remplacement total des menuiseries extérieures.

Les panneaux préfabriqués en bois Panobloc sont constitué d'un treillis structurel formé d'un empilage de trois couches en lames de bois croisées à 90°, décalés et collés entre eux, et de bandes isolantes en laine de roche. En France, cette solution a été la première du marché à disposer d'un avis technique pour des bâtiments d'habitation classés jusqu'à la 4ème famille (<50m) Fabriqués sur-mesure en Savoie, les parois sont livrées équipées avec bardage et fenêtres. L'épaisseur totale est de 32 cm, avec une résistance thermique de 3,7 m².K/W. Posé en remplacement du mur-rideau originel, cette nouvelle façade respecte le nu intérieur et conserve ainsi l'habitabilité des appartements. Le stockage de carbone dans la façade est ici évalué à 53 tonnes.

[2] https://groupe-cdc-habitat.com/actualites/article-magazine/a-sarcelles-la-mue-innovante-des-biscottes/



Le chantier donne à voir le procédé constructif : à droite les façades existantes, au centre la zone en chantier, avec les cloisons provisoires et une équipe en train de fixer un Panobloc, à gauche la nouvelle façade achevée.

Le cycle de renouvellement de la façade est séquencé en 3 à 4 semaines, en progressant par cage. Il commence par la mise en place de cloisons provisoires dans les logements, parallèlement à la façade nord, pour délimiter et sécuriser la zone de travaux. Les locataires ont préalablement déplacés quelques meubles, aidés si besoin par l'entreprise. Ces cloisons impactent la cuisine et deux chambres. Elles comportent une isolation thermique. Les allèges et linteaux en Glasal sont ensuite désamiantés depuis l'extérieur, à partir d'une nacelle. Le mur-rideau est ensuite démonté et déposé. Des platines de fixation sont mises en place en nez de plancher, permettant ensuite la pose rapide des Panoblocs – 2 à 3 journée par cage – et la réalisation de l'étanchéité à l'air et à l'eau. Dans le logement une contre-cloison acoustique est réalisée en doublant la façade, avant de déposer la cloison provisoire et de rendre au locataire la totalité de son appartement.



Paul Valéry : façades sud et nord en fin de chantier. Photo de droite © Coline Bublex

A noter que pour le bâtiment Provence, la présence en façade nord du centre commercial des Flanades a rendu impossible la mise en œuvre d'une façade Panobloc et conduit à installer une façade F4 Isover. La comparaison de ces deux systèmes de façades, étant la seule différence entre les réhabilitations de ces deux barres, permettra un retour d'expérience détaillé sur les coûts, les délais, les performances et le ressenti des locataires. Ce retour d'expérience pourra ouvrir la voie à des opérations similaires, par exemple sur les édifices identiques existant à Sarcelles, ou sur les nombreux équivalents constructifs à la même période, tant en logements collectifs qu'en édifices scolaires et bâtiments tertiaires.

Aéroport bioclimatique de La Réunion

Alexis AUTRET
AIA Ingénierie
Nantes, France



1. Description détaillée des enjeux du projet

1.1. La ventilation naturelle

Une architecture modelée par les Alizés

Le développement de la ventilation naturelle est l'enjeu majeur du projet. Elle est à l'origine de la géométrie particulière de l'extension. La mise en place du canyon dépressionnaire, outre le clin d'œil au paysage du cirque de Mafate face auquel le voyageur se retrouve sitôt débarqué, permet au volume de la salle livraison bagages d'être largement traversé par les Alizés, un vent régulier des régions intertropicales.

Ces Alizés varient de l'E-NE au S-SE, dont 88% du temps la vitesse V_{ref10m} est supérieur à 2,5m/s et 71% à 4m/s. La vitesse moyenne en périodes d'été dépasse 6m/s.

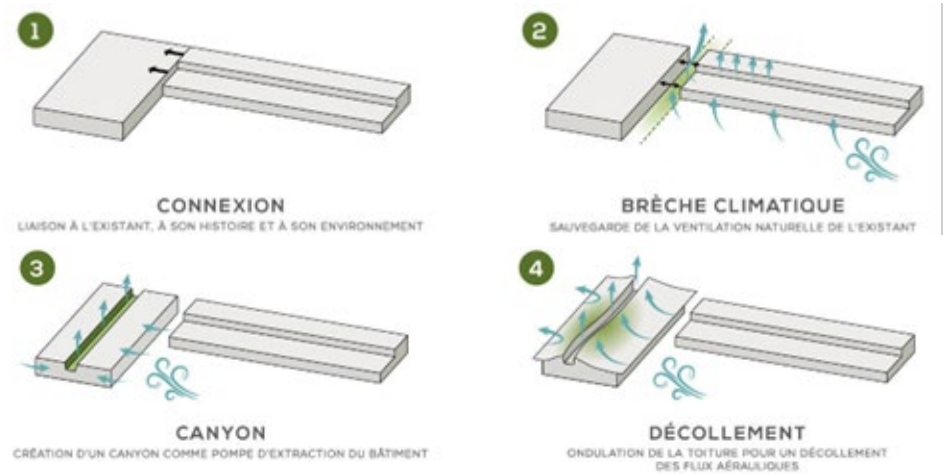
Face à ce potentiel fort de vent du site, plusieurs dispositifs majeurs, induisant des différentiels dans les champs de pression, sont mis en place pour œuvrer à l'irrigation de la nouvelle halle.

L'existant et l'extension interfèrent entre eux. Pour cette raison le positionnement de l'extension est important. Les bâtiments forment un L afin de collecter le maximum de vents dominants. Une brèche climatique, espace entre les deux bâtiments, est créée pour sauvegarder la ventilation naturelle de l'existant. En tête Nord de cette brèche, un verrou climatique bloque les vents dominants qui mettent ainsi la façade Est en surpression. Cette façade Est est la principale façade d'admission d'air de l'aéroport.

Un canyon dépressionnaire, situé en largeur à 2/3 de la façade Est, est la réelle pompe d'extraction du bâtiment. Des lèvres en tête de chaque parois du canyon créées le décollement des flux aérauliques rendant le canyon dépressionnaire. Les ondulations Est-Ouest de la toiture accélèrent la dynamique de contournement et les ondulations Nord-Sud permettent de se dégager des vents d'ouest. Dans cette configuration, la zone Nord se retrouve enclavée, d'où la nécessité de créer un second puits dépressionnaire tampon au Nord et perpendiculaire au canyon. Ce puits assure la ventilation naturelle de la moitié nord de la halle.



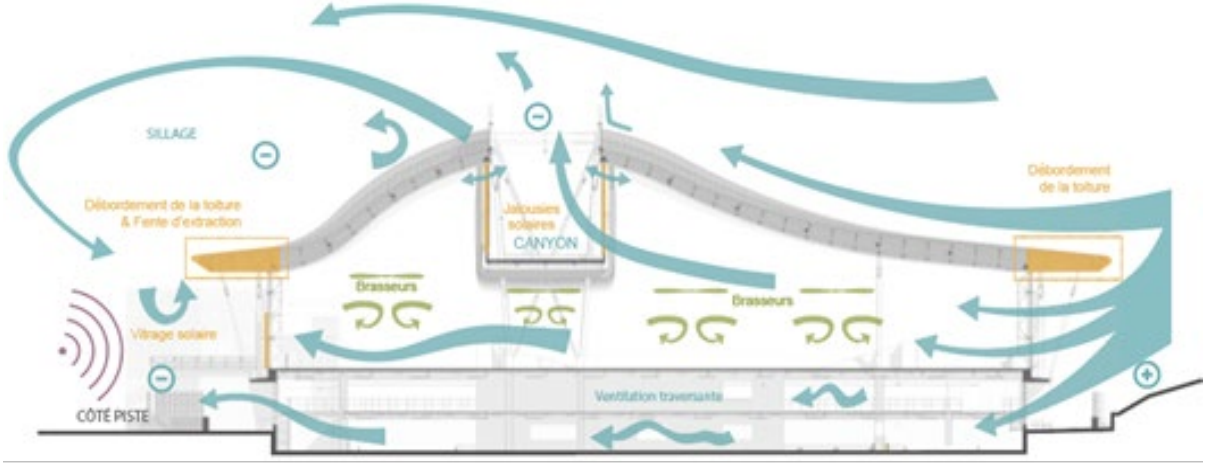
Implantation de l'aéroport et rose des vents



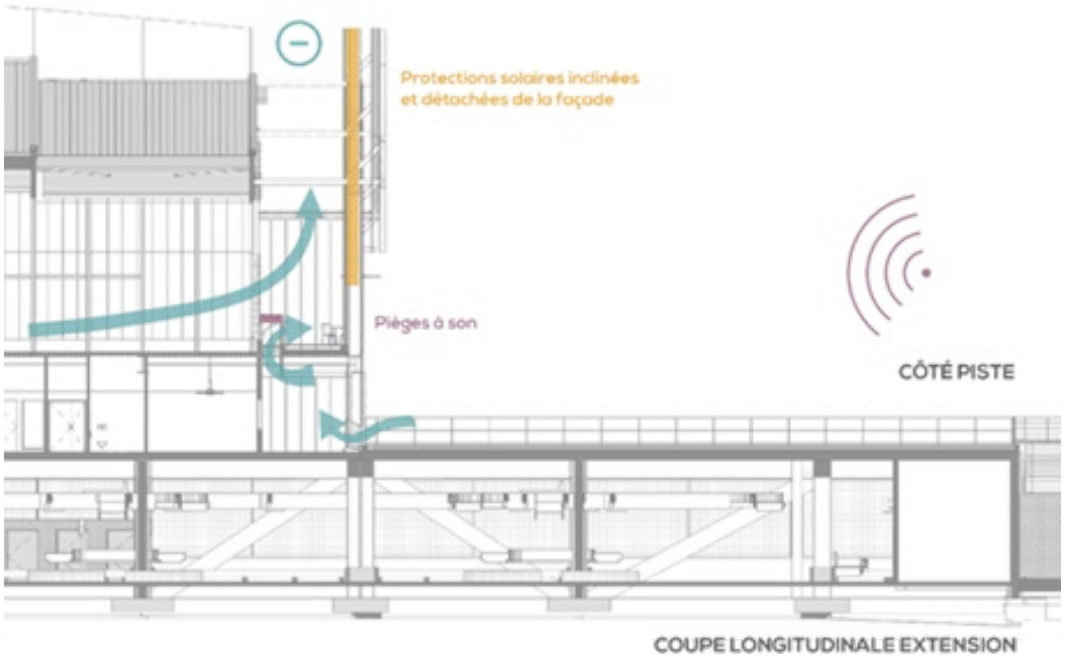
Croquis d'intention

1.2. Fonctionnement aéraulique détaillé

Deux schémas aérauliques traduisent le fonctionnement de la ventilation naturelle.
Le premier concerne la moitié Sud de l'extension. L'admission du N0 et du N1 se fait principalement par la façade Est qui est en surpression, comme expliqué précédemment. Le canyon et la façade Ouest sont dépressionnaires. L'air balaie ainsi tout le volume de la halle, une partie au travers de la façade Ouest et une autre obliquement vers le canyon.
Le niveau du tri bagage est lui aussi ventilé avec des ventelles Est et Ouest.
Le second schéma indique l'irrigation du Skybar, de la galerie des baleines et de la circulation « extérieure » du Skybar. Côté Sud, l'air de la halle transite vers le Nord où il y a le Skybar. La paroi Nord de celui-ci possède des ventelles donnant vers le puits tampon Nord dépressionnaire. Côté Nord l'air entre par la fente de la galerie des baleines puis transite vers la circulation du Skybar à l'aide de ventilateur extracteur et est extrait par le puits.



Coupe de fonctionnement de la ventilation naturelle moitié Sud

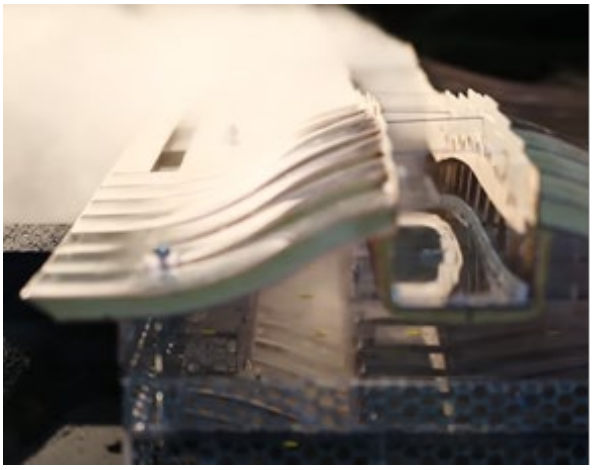


Coupe de fonctionnement de la ventilation naturelle moitié Nord

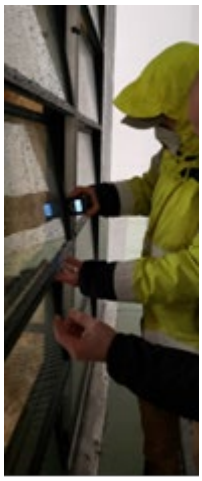
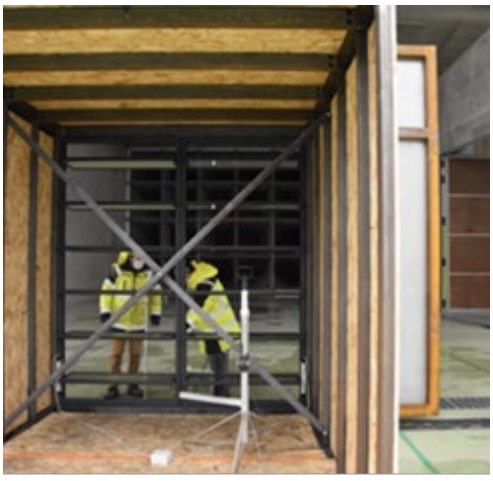
1.3. Les essais en soufflerie

Afin de dimensionner les dispositifs de ventilation naturelle, plusieurs tests ont été réalisés à la soufflerie Jules Verne du CSTB à Nantes.
La première session de tests est un simulation physique menée en soufflerie turbulente sur une maquette du projet au 1/150e. Elle a permis non seulement de valider les principes aérodynamiques et aérauliques développés en conception, mais également d'optimiser les

dispositifs retenus (optimisation des transparences et des tympans ; cadrage des cheminements aérauliques, etc.).
Les performances en irrigations des espaces (0,5< V <1,5m/s) et en taux de renouvellement d'air (> 30 vol/h) sont largement au rendez-vous, et assurent, pour la quasi-totalité des zones de vie et d'activités le confort thermique en toutes situations climatiques (autour des trois directions de vents dominants rencontrées 80°-100° et 120°).
La seconde session est une étude d'étalonnage sur un prototype de façade à l'échelle 1/1. Ce prototype de vraie grandeur de ± 6m² de lames à orientables motorisées, inclinables de 0° à 90°) a été implanté dans une grande veine (section 128m²) de la soufflerie qui peut restituer tout type de climats, du crachin breton aux pluies tropicales et avec les vents associés).
Ces tests ont permis de déterminer les angles d'ouverture par orientation et par condition « Vent et Pluie-Vent ».

Essai 1 : septembre 2018

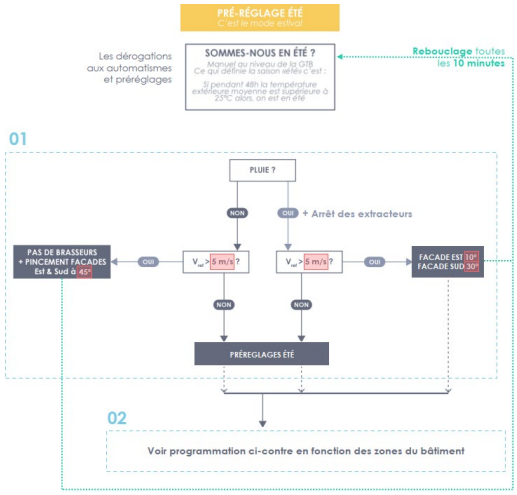




Essai 2 : février 2022

1.4. Le superviseur de ventilation naturelle

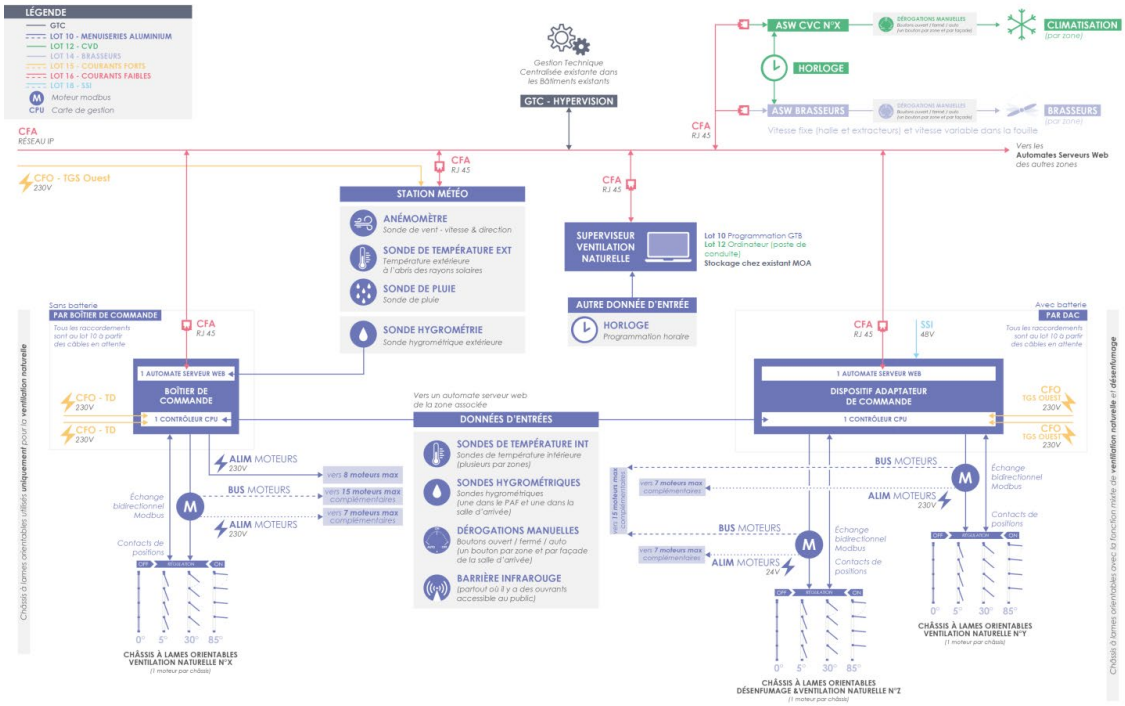
Toutes les ventelles de ces façades possèdent des préréglages saisonniers. Différentes sondes, (détecteurs de pluie, sonde de températures, anémomètre) qualifient et quantifient les ambiances intérieure et extérieure au superviseur de ventilation naturelle. Celui-ci pilote en temps réel les façades d'admission Est et Sud. Le pilotage se fait sur base d'un questionnement de seuils établis pour le vent, la pluie et la température.
Par ailleurs, pour mieux contrôler le pilotage dans le temps, l'ensemble des capteurs de $T°_{INT}$ d'une zone récupèrent l'information toutes les minutes et réalisent une moyenne glissante sur 10 minutes, c'est ce qu'on appelle la moyenne temporelle. Puis une moyenne spatiale est réalisée sur base des moyennes temporelles issues de tous les capteurs présents par zone. C'est sur cette moyenne que se base le pilotage.

Depuis la phase APS, nous avons élaboré un carnet thématique de ventilation naturelle. Celui-ci est mis à jour au fur et à mesure de l'avancement du projet et aujourd'hui du chantier.



Exemple de questionnement du superviseur de ventilation naturelle

Afin d'appréhender au mieux les difficultés de chantier, nous avons dès la phase APD initié un synoptique de ventilation naturelle et de désenfumage où l'allotissement est mis en avant par des couleurs. Les différents dispositifs nécessaires y sont renseignés.



Synoptique général de ventilation naturelle et désenfumage

2. La réponse structurelle

2.1. Contexte

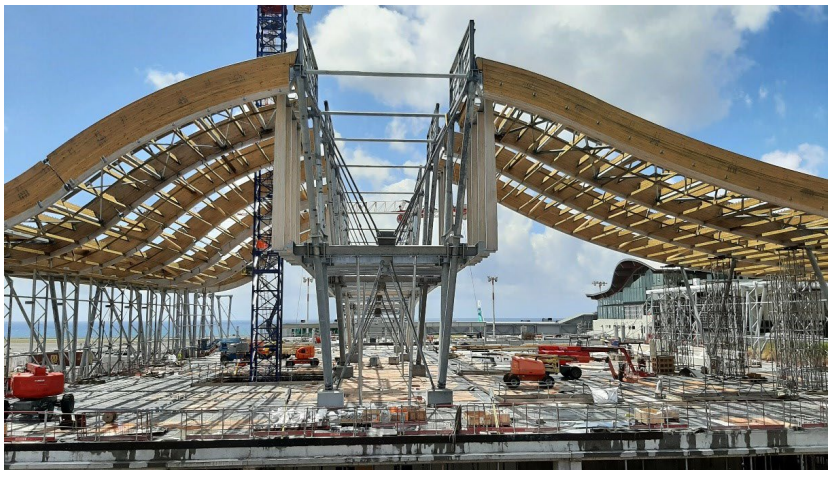
De la ventilation naturelle découle un formalisme très singulier de l'ouvrage marqué par des façades extrêmement poreuses, un canyon central suspendu d'une section d'environ 10mx10m surmonté de lèvres aérauliques de près de 2,00m. Il faut ajouter à ce formalisme, le contexte climatique qui est lui aussi particulier, situé en bord de mer dans une zone cyclonique tropicale. Enfin, pour limiter l'impact carbone de l'ouvrage, l'usage massif du bois de charpente dans les structures était une donnée d'entrée importante.

2.2. Le concept structurel

La réponse structurelle a été la création d'une charpente composée comme une grande nef à deux versants évidés en son centre par le canyon. Chacun des versants est constitué d'une poutre lamellé collé courbe de grande portée (25,00m) avec un rayon de cintrage unique. La technologie de collage des lamelles permettant facilement la réalisation de pièces courbes et de grandes portées. Ces poutres s'appuient en tête et en pied sur des poteaux arborescents positionnés à l'extérieur des façades pour libéré celles-ci des contraintes porteuses et ainsi maximiser leur fonction d'admission/extraction d'air. Pour stabiliser cet ensemble transversalement vis-à-vis des vents cycloniques, des diagonales et un buton sommital sont positionnés entres les poteaux au niveau du canyon. Cet ensemble fonctionnant comme une palée de stabilité incliné hors de son plan est très rigide et vient s'appuyer sur un voile béton armé au niveau du tri bagage. Le positionnement de ces stabilités au niveau du canyon permet de ne pas interagir avec les flux passagers dans la salle de livraison bagage, mais correspond également au besoin de cheminement de livraison des valises du système de tri bagage.
Les poteaux du canyon sont surmontés de lèvres aérauliques en porte à faux et très exposés au vent. En complément de cette fonction, il a été ajouté des triangulations dans le plan de la lèvre pour créer une grande poutre treillis. Celle-ci surmontant les poteaux du canyon elle forme la traverse d'un ensemble de portique successif stabilisant l'ouvrage longitudinalement.



Coupe axonométrique



Charpente bois en cours de montage

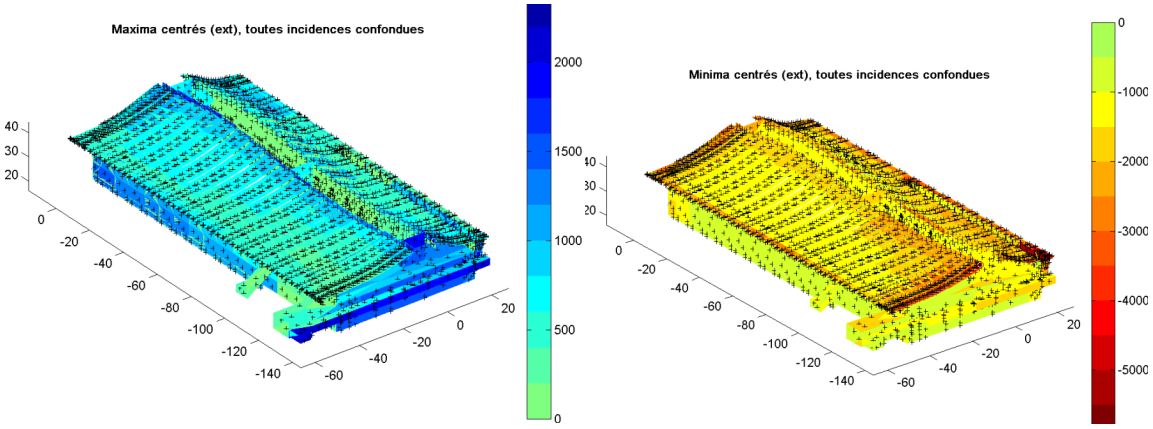
2.3. Essais en soufflerie

La prise en compte des vents cycloniques sur la structure a été réalisée via des essais en soufflerie à couche limite atmosphérique au CSTB de Nantes permettant de compléter l'approche réglementaire calculatoire de l'Eurocode par des résultats physiques adaptés à la géométrie singulière de l'ouvrage. La maquette au 1/150ème a été équipée avec 401 prises de pression permettant un relevé en temps réelle et synchrone de l'ensemble des pressions de vent. Les mesures sont effectuées suivant 24 incidences différentes de vent

(secteur angulaire de 20°) en traduisant des rugosités de terrain variable (vent venant de la mer ou des hauts en particulier).
Ces essais ont permis l'étude de scénarios accidentels, comme le bris de certaines façades lors d'un événement cyclonique, n'entrainaient pas d'efforts complémentaires susceptibles de remettre en cause la stabilité générale de l'ouvrage. Ces essais ont aussi permis l'établissement de cartographies de pression toutes incidences confondues permettant le dimensionnement précis des éléments de second œuvre sur la charpente avec très localement des valeurs d'arrachement jusqu'à 580daN/m².



Maquette physique équipée avec 401 capteurs de pression



Exemple de cartographie de pression obtenue







Vendredi 5 avril 2024

3e jour du Forum

Tours en bois : Les perspectives suisses

Lucie MERIGEAUX
Cedotec office romande de Lignum
Lausanne, Suisse



Les tours en bois, perspectives suisses

1. Cadre technique et règlementaire

Aujourd'hui, le bois est un matériau comme les autres du point de vue des règlementations suisses de construction (normes SIA, Prescription de protection AEAI, documentations faisant état de la technique etc). Les limites longtemps imposées par les prescriptions de protection incendie se sont peu à peu éteintes et il n'existe aujourd'hui pas de restriction liée au matériau, simplement des règles à suivre comme pour tous les autres modes constructifs.
L'expérience acquise au fil des années, en maniant les matériaux collés, BLC, CLT, en utilisant le bois de feuillus, en affinant les principes des solutions mixtes bois-béton par exemple, a permis aussi de développer des principes constructifs totalement adaptés et compétitifs pour la réalisation de bâtiments élevés et d'ampleur en bois.

1.1. Protection incendie

Le bois, longtemps exclu par les prescriptions de protection incendie, est depuis les nouvelles prescriptions de 2015 placé en concurrence normale (la combustibilité n'est plus un critère d'exclusion).

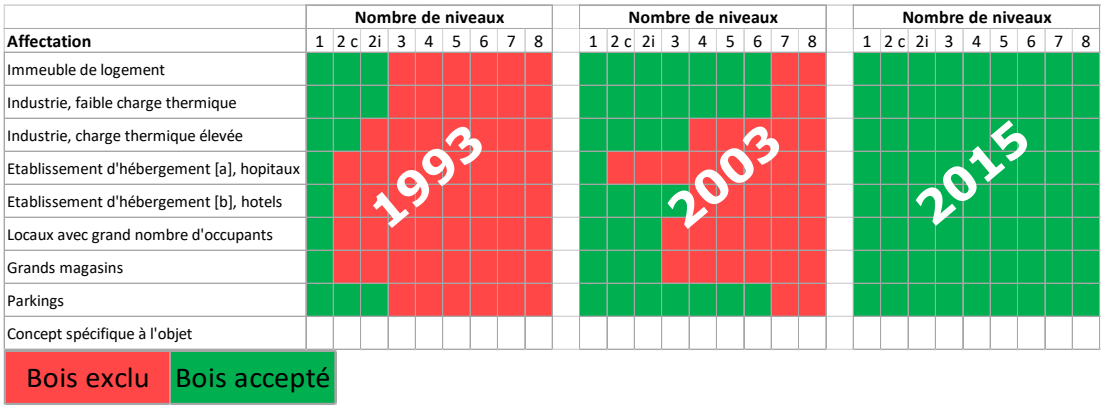
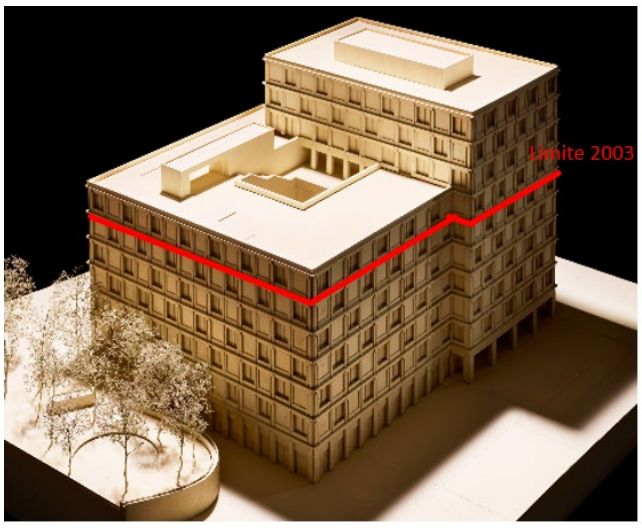


Figure 1 : Représentation schématique représentant l'évolution de l'utilisation du bois dans la construction en Suisse en fonction de l'évolution des prescriptions incendie



SUURSTOFFI 22, Rotkreuz
Bâtiment de 10 niveaux et 35 mètres de hauteur
2018

Arch: Burkard Meyer Architekten
Ingénieur protection incendie: Makiol Wiederkehr AG, Beinwil am See
Entreprise: ERNE AG Holzbau

Figure 2 : Exemple de réalisation rendue possible par l'évolution des règlementations incendie en Suisse.

Depuis 2015, plusieurs bâtiments élevés en bois (hauteur > 22m) ont vu le jour. Ces réalisations peuvent s'appuyer sur les documentations Lignum – documents reconnus AEAI comme faisant état de la technique – pour leur planification.

Certains bâtiments comportent des éléments bois en structure, planchers, murs alors que d'autres font le pari de structures hybrides mêlant bois acier et béton. Ainsi la Tour Pratteln près de Bâle (fig3) comporte des éléments d'ossature bois en enveloppe extérieure uniquement. Cette solution permet l'intégration de l'isolation dans l'élément et est aujourd'hui tout à fait compétitive du point de vue économique.



Tour aquila Pratteln Balintra Hochhaus – 63 mètres
2016

Arch.: Christ & Gantenbein, Basel
Construction bois: Holzbautechnik Burch AG, Sarnen



Figure 3 : Exemple de réalisation rendue possible par l'évolution des règlementations incendie en Suisse avec tour comportant en enveloppe des ossatures bois préfabriquées isolées. Crédit Photo @Fermacell

1.2. Protection phonique

Les aspects phoniques sont aujourd'hui bien maîtrisés. Ainsi la conception de planchers bois performants, voire très performants en tenant compte aussi des basses fréquences peut s'appuyer sur des données fiables et éprouvées à l'image du catalogue de solutions phoniques mis en ligne par Lignum https://lignumdata.ch.

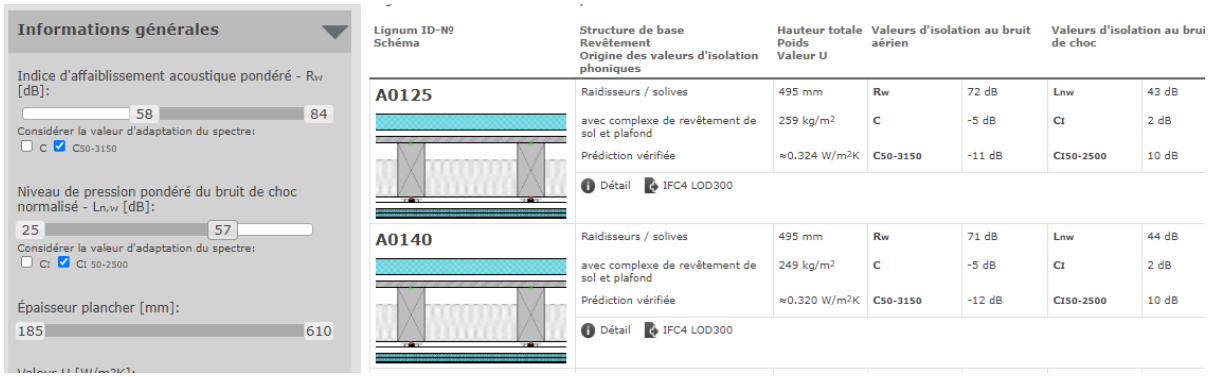


Figure 4 : extrait du lignumdata avec choix de planchers bois en solivage pour répondre aux exigences de la SIA-181 en termes de bruit aérien et bruit de choc avec la sélection de la valeur d'adaptation du spectre aux basses fréquences.

1.3. Systèmes constructifs – Statique

Le bois est un des plus vieux matériaux de construction du monde. La filière bois, les charpentiers et les ingénieurs ont suivis les évolutions techniques et proposent des solutions maîtrisées, quel que soit les principes constructifs retenus, poteau-poutre, ossature ou panneau collé. La recherche et les techniques continuent d'évoluer en intégrant des collages, de la mixité entre matériau pour répondre aux plus hautes exigences (fig 5).

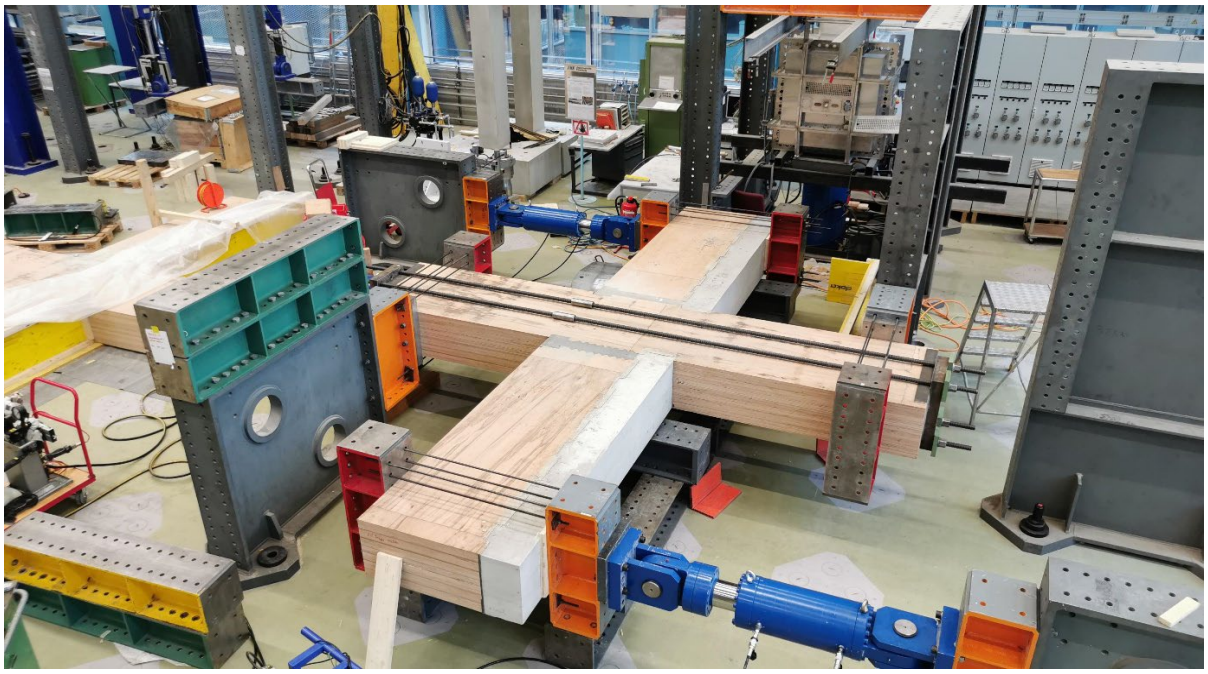


Figure 5 : Recherche et développement pour les structures de demain. Ici poutres performantes composées de placage stratifié (LVL) en hêtre. En vue du projet Pi – Tour de 80 mètres à Zoug –, les ingénieurs de l'EPFZ (Ecole polytechnique de Zürich) ont aussi conçu un nouveau type de dalle pour constituer les étages du bâtiment, composées d'un mélange de placage de bois et béton © WaltGalmarini AG

1.4. Physique du bâtiment

La construction bois permet de résoudre un grand nombre de problématiques d'enveloppe avec la conception de murs en ossature bois avec isolation intégrée. Faible épaisseur, bon niveau d'isolation, faibles risques de ponts thermiques, bonne perspirance avec un choix de matériaux adaptés à la diffusion de vapeur, les enveloppes en bois sont des solutions optimisées. Si on ajoute à ces qualités la possibilité de préfabriquer des éléments de 12 mètres de long pour une hauteur d'étage sans aucune difficulté, il apparaît que ces solutions sont aussi économiques.

1.5. Matériau biosourcé – faible énergie grise et stockage carbone

Les résultats du calcul sur le cycle de vie de quatre types de planchers sont représentés dans les graphiques en suivant. Les différentes variantes analysées sont présentées en détail dans le tableau figure 8. Pour le calcul d'écobilan, les quantités de matériaux ont été adaptées en fonction de leur durée de vie propre selon le cahier technique SIA 2032 et compilées pour une durée de mise en œuvre en exploitation de 60 ans. Les valeurs sont celles de la base KBOB de 2022 « l'énergie grise dans le bâtiment ».
Nous avons comparé des planchers équivalents répondant aux exigences (statique, incendie, acoustique) adaptées pour la conception de planchers entre logements pour des bâtiments de hauteur moyenne. Pour réaliser ce comparatif, nous avons tenu compte, des caractéristiques de fabrication et de mise en œuvre des matériaux existants sur le marché, vérifié les propriétés acoustiques des compositions bois sur l'outil lignumdata et la résistance au feu selon la documentation Lignum 4.1. Ainsi il apparaît que les planchers bois ou mixtes bois-béton présentent des avantages en termes d'économie d'énergie pouvant atteindre 65% par rapport à des solutions en béton armé selon les variantes et indicateurs.

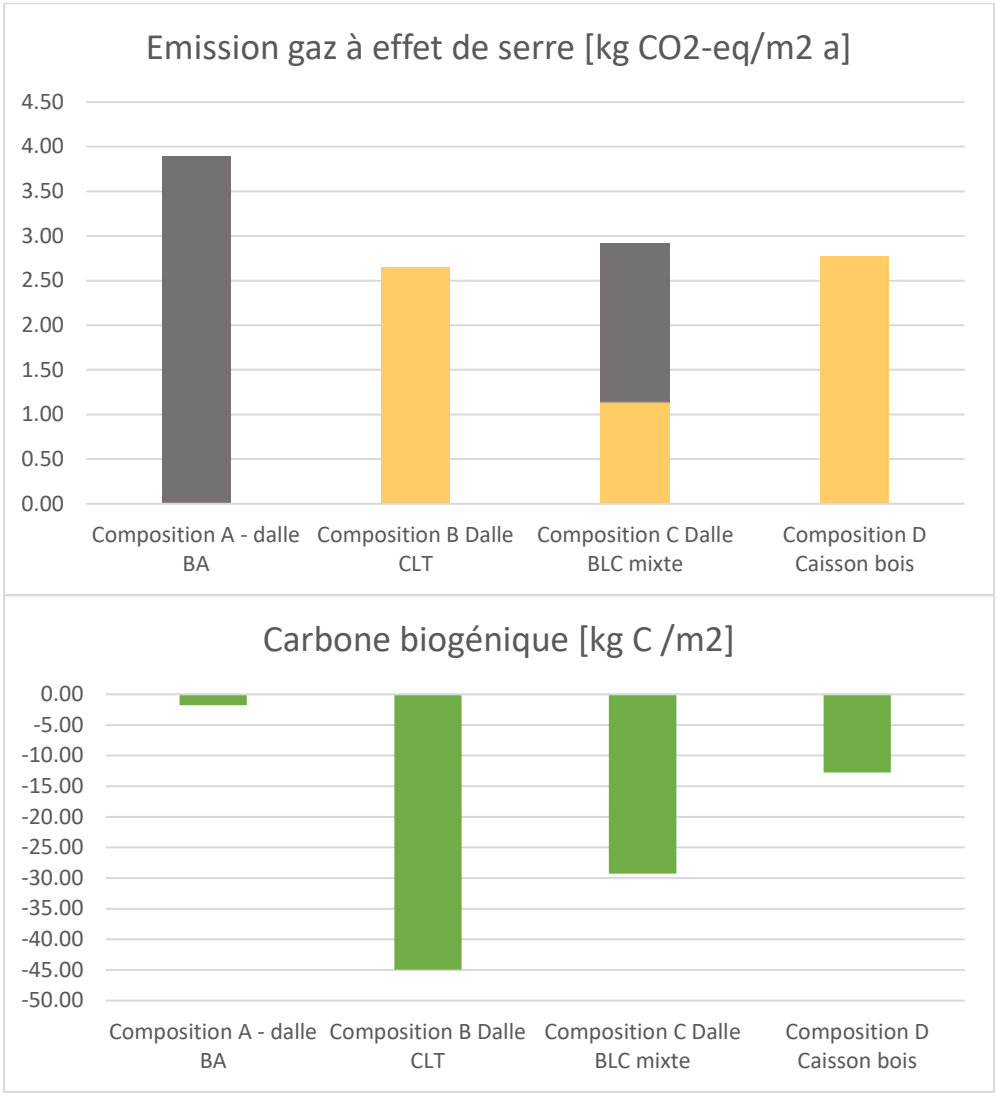


Figure 6 : Comparatif écobilan pour le critère émissions de gaz à effet de serre [en haut] avec valeurs annualisées selon KBOB 2022 et cahier technique SIA2032 pour les compositions de la figure 10. Vue sur le carbone stocké – carbone biogénique – valeurs pour toute la durée de vie du bâtiment [en bas].

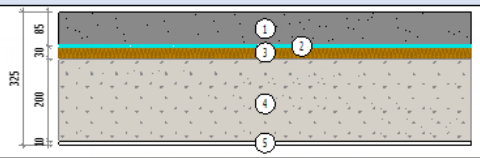
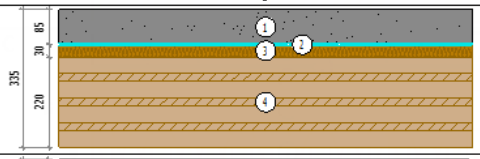
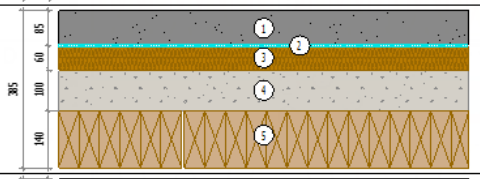
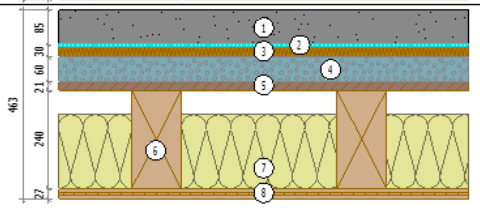
	Coupe-type	Descriptif	[mm]	Incendie selon doc 4.1 Lignum et acoustique selon Lignumdata
A		1 : Chape de ciment 2 : Film PE 3 : Résilient acoustique liège 4 :Dalle BA (acier 3%)	85 30 200	Incendie : REI 60 Bruit aérien Rw+C =62 dB Bruit de choc Lnw+C =44 dB (estimation Kolb ou doc Sager)
B		1 : Chape de ciment 2 : Film PE 3 : Résilient acoustique liège 4 :CLT 7 plis	85 30 220	Incendie : REI 60 Bruit aérien Rw+C =60dB Bruit de choc Lnw+C =52 dB (variante A0837)
C		1 : Chape de ciment 2 : Film PE 3 : Résilient acoustique liège 4-5 : Plancher mixte avec Dalle BA (acier 2%) BLC couché	85 2x30 100 140	Incendie : REI 60 Bruit aérien Rw+C =89dB Bruit de choc Lnw+C =43 dB (variante A1347)
D		1 : Chape de ciment 2 : Film PE 3 : Résilient acoustique liège 4 :Alourdissement sable 5-8 :Caisson bois avec : OSB Solives 120/240 mm e500 Laine minérale pf>1000° .....Panneau trois plis	85 30 60 21 240 180 27	Incendie : REI 60 Bruit aérien Rw+C =67dB Bruit de choc Lnw+C =46 dB (variante A0438)

Figure 7 : Variantes considérées.

2. Perspectives en Suisse

Aujourd'hui la filière bois continue de développer des solutions, des produits pour optimiser encore les performances du matériau bois et de garantir des constructions fiables, performantes et dans les prix du marché. Plusieurs projets existants de bâtiments élevés ont vu le jour en Suisse, d'autres sont en cours de planification. Nous proposons une revue de ces projets d'ampleur existant ou à venir en mettant l'accent sur les points spécifiques de chacun d'entre eux.



Tour Malley-Phare, surélévation de 14 étages (60 mètres)
En cours de construction

Structure à 90 % en bois local. Renfort par des systèmes de poutres métalliques et des câbles.

Arch.: CCHE, Lausanne
Construction : Consortium JPF Ducret et Perspectives Construction



Une tour de 85 mètres de haut, en structure bois, va voir le jour à Prilly (Malley). La Tour Tilia.
En planification

Arch. : CCHE, Lausanne
Construction : HRS comme entreprise totale



Une tour de 100 mètres de haut, en structure bois, va voir le jour à Winterthur. La Rocket&Tigerli Tower.
En planification

Arch. : SHL (Schmidt Hammer Lassen Architects)
de Copenhague.
Construction : Implenia

Carmelha, retour d'expérience d'une tour à Monaco

Wilfrid BELLECOUR
BELLECOUR architectes
Paris, France



Vincent BALLION
BELLECOUR architectes
Bordeaux, France



Sébastien ROUX
Simonin
Montlebon, France



Gestion du risque et innovation

1. Un projet démonstrateur

1.1. Une ambition

Issu de la volonté du Gouvernement monégasque, d'ériger un marqueur emblématique de la Mission pour la Transition Energétique (MTE), le projet Carmelha s'inscrit dans une démarche durable et résolument innovante.

Vertueuse dans sa sobriété énergétique et dans sa composition, l'opération s'est fixé des objectifs environnementaux très ambitieux :

- NF HQE Niveau Exceptionnel, 12 étoiles
- BD2M niveau OR
- Démarche E+C-
- BEPOS Effinergie
- Label OTIMU niveau 3 étoiles

Installé sur un site urbain très dense, le projet occupe le site d'une ancienne villa, sur un terrain d'environ 400 mètres carrés, avec un dénivelé de 12 mètres entre deux rues.

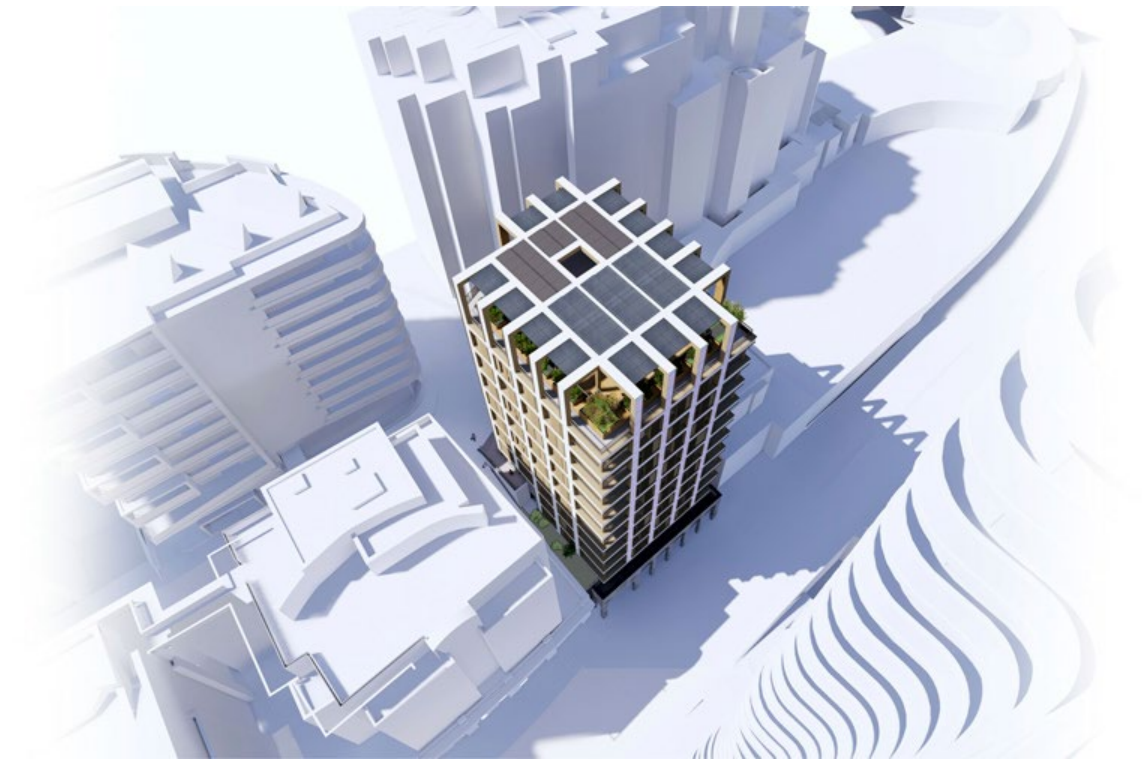


Image ©BELLECOUR architectes

Un programme

Commandées en 2017 par le Gouvernement Princier pour enrichir l'offre de logements des Domaines Monégasques, les habitations de Carmelha sont destinées à la location.

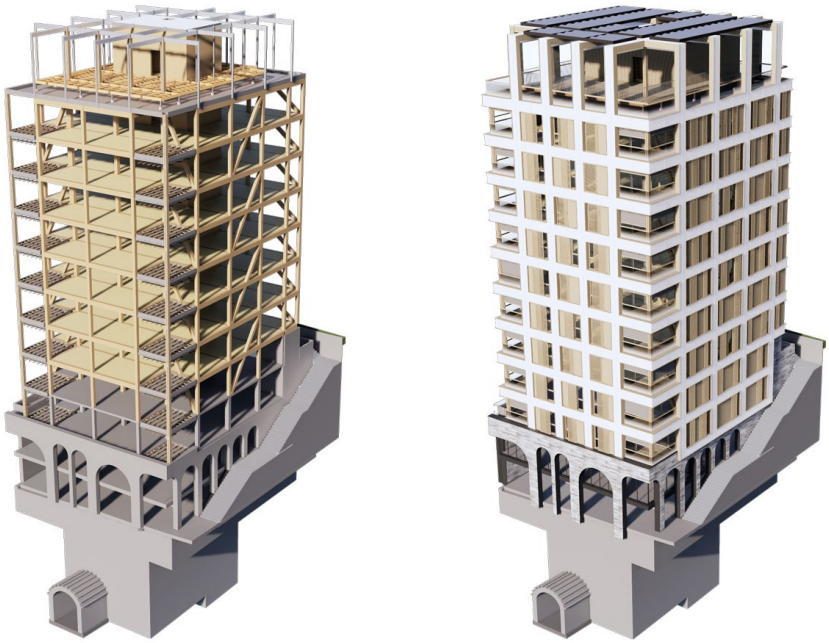
Le programme comporte 25 logements (14 T2, 4 T3 et 7 T4), 1 niveau de caves, une aire de stationnement pour véhicules électriques en libre-service (automobiles et vélos), un local d'activité de 250 mètres carrés et un espace de plein air en toiture, permettant la culture potagère.

Le site étant trop exigüe pour accueillir le stationnement, un accès sous-terrain permet de bénéficier de places dans le parc de stationnement voisin mutualisé, incluant les besoins du programme.

Le projet intègre également un accès public (escalier + ascenseur) mis en œuvre dans le but de permettre le déplacement des piétons au travers du relief escarpé de la cité monégasque.

1.2. Un principe

Une infrastructure béton, installée dans le dénivelé de 12 mètres, accueille un plateau tertiaire. Elle sert de base à la superstructure du bâtiment, qui se développe sous forme d'un exosquelette en bois lamellé-collé (BLC), d'un noyau et de planchers bois lamellé-croisé (CLT). L'enveloppe se compose d'une façade à ossature bois, associée à un bardage en profilés zinc, afin d'allier performance thermique et légèreté.



Images ©BELLECOUR architectes

L'opération est couronnée d'un espace en plein air et de panneaux solaires photovoltaïques. L'énergie produite est stockée grâce à l'intégration d'un hub à hydrogène. Le projet est également raccordé à une boucle de thalassothermie, mise en place au sein de la principauté.

2. Gestion du risque

2.1. Analyser le risque opérationnel

Les différents types de risques auxquels peut faire face un projet de ce type sont intrinsèquement liés à sa nature, son environnement et aux acteurs engagés pour sa réalisation.
Au-delà, plusieurs sujets ont souvent des impacts entre eux : les thématiques de la sismicité, de la réaction au vent, de la protection au feu et à l'eau ont des implications fortes, surtout quand elles sont mises en regard de la performance environnementale attendue.
Gérer des risques importants, en restant économe, est un sujet sensible.
C'est pourquoi, la Maîtrise d'Ouvrage a eu la volonté de se faire accompagner, pour répertorier les risques opérationnels encourus.

2.2. Assurer le suivi

Les analyses qui ont été mises en œuvre ont consisté à identifier l'ensemble des risques opérationnels engendrés par le caractère particulier de l'opération. Ceci nécessitant un processus itératif pour mettre au jour tous les sujets, il a été nécessaire de mettre en place une méthodologie de suivi.

La matrice qui en résulte permet de lister les points de vigilance, de les détailler, les classer par thématiques, les trier par niveau d'importance, degré d'urgence et impact, selon l'avancement du projet.

Informations Projet											Informations Etat						
			Enjeux								Etat						
N°	Phase	Intitulé du risque	Stabilité Solidité	Sécurité	Performances	Environnement	Qualité, coût, délai	Médiatique	Causes	Conséquences	Période exposition au risque	Vraisemblance	Gravité	Criticité	Evolution du risque	Principe des actions à mener dans le cadre de la mission d'appréciation des risques du MOA	Propriétaire de l'action	Statut (Ouvert / Fermé)
1	Conception	Défaut de durabilité de l'ouvrage à structure bois, pathologies et vieillissement	X		X		X	X	- Matériau complexe, sensible aux conditions de production - Comportement anisotrope, résistance fonction de l'orientation des sections - Durabilité dépend des essences de bois et de l'exposition - Sensibilité aux attaques champignons et insectes - Dimensionnement des poutres particulier - Classe d'exposition des matériaux non adaptée pour les loggias	- Vieillissement prématuré du bâtiment - Non atteinte des objectifs performance / qualité des logements - Augmentation des couts de maintenance	Imminent	3	5	C2		- Critères de sélection des matériaux réglementés avec certification - Essais justificatifs de durabilité - Retour d'expérience - Choix des essences adaptées au projet - Traçabilité en cours de fabrication - Eviter l'exposition des matériaux aux intempéries - Analyser le PAQ de l'opération et le suivi de production	GV	Ouvert

Cette méthodologie, complétée de l'outil de suivi, a permis à l'ensemble des parties prenantes de suivre la progression et la résolution des questions relatives au risque opérationnel, porté par la Maîtrise d'Ouvrage, dans le cadre de ce projet démonstrateur et, ainsi, maîtriser le risque de l'innovation.

3. L'innovation comme réponse ?

L'opération Carmelha restant un démonstrateur, son objet restait de travailler sur la haute performance environnementale, et de mettre en œuvre à cet effet certaines thématiques en portant une part d'innovation, voire de recherche et développement.

Bien que cela puisse paraître contre-intuitif, c'est l'innovation qui a permis de proposer des réponses à la gestion de certains risques.

Parmi celles mises en place, trois d'entre elles peuvent être mises en avant, relevant :

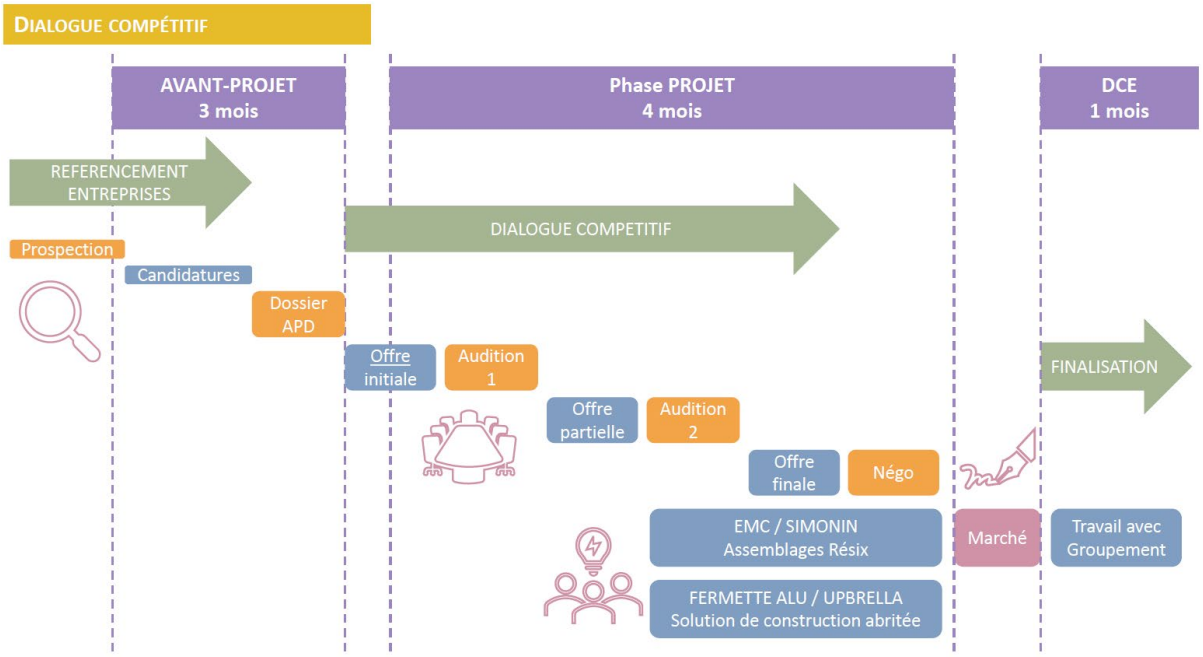
- Du mode de contractualisation.
- D'un système constructif.
- De la méthodologie chantier.

3.1. Dialogue compétitif : une innovation contractuelle

Dans le cadre d'une commande publique, la contractualisation en corps d'états séparés peut parfois générer certains risques opérationnels. En effet, s'il est admis de longue date que la bonne gestion du clos-couvert sur un projet en structure bois est primordial pour la viabilité de l'ouvrage à construire, la réponse à cette problématique se caractérise souvent par la création d'un macro-lot regroupant les corps d'états utiles à l'atteinte de cet objectif.

Dans le cas présent, la morphologie, les contraintes techniques et réglementaires de l'opération Carmelha nécessitaient de limiter la remise en question des principes de conception lors du passage vers la phase exécution, tout en intégrant des savoir-faire et techniques qui se révélaient spécifiques aux entreprises susceptibles de répondre à la consultation.

Bien que le principe général de construction (structure exosquelette + façade ossature bois) soit reconnu maintenant, la volonté de maximiser la part de bois dans la structure, en y intégrant le noyau, élevait encore les contraintes sur l'ensemble de ces ouvrages.
C'est pourquoi, de concert avec la Maîtrise d'Œuvre, la Maîtrise d'Ouvrage a adapté son mode de consultation, en vue de faire intervenir la compétence entreprise dès la fin de l'avant-projet.



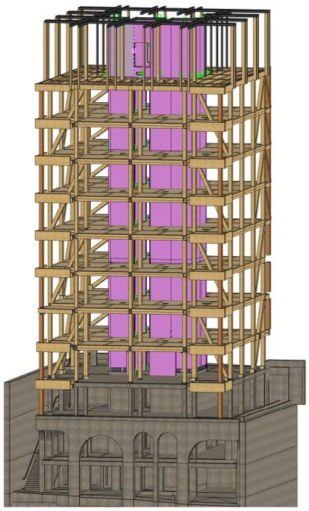
Ceci a eu pour principal but de limiter les risques d'incompréhension entre les acteurs, de nourrir la conception de techniques spécifiques, sans interdire à la Maîtrise d'Ouvrage de consulter conformément à ses principes généraux de procédures, visant à ne pas restreindre sa consultation.

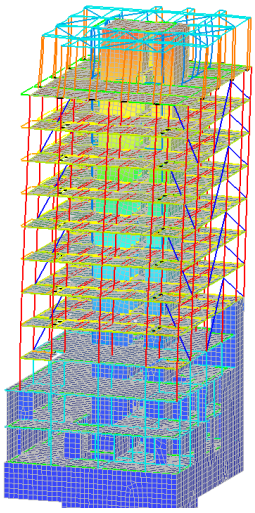
Cette démarche, essentiellement contractuelle, inscrite dans la temporalité du projet, représente une innovation portée par l'ensemble de l'équipe de projet pour limiter les risques opérationnels qui pèsent sur la faisabilité du projet.

3.2. Résix : une innovation structurelle

Ainsi, dans le cadre de la réponse du groupement constitué par Entreprise Monégasque de couverture (EMC) et SIMONIN, la proposition technique comportait un point saillant sur la question de la structure.

En effet, les contraintes : feu, charges et sollicitations (vent, séismes), nécessitaient de travailler plus particulièrement sur les assemblages.





Images ©Simonin

La réponse technique apportée par l'entreprise SIMONIN porte en grande partie sur le système d'assemblage, articulé autour de la solution appelée Résix.



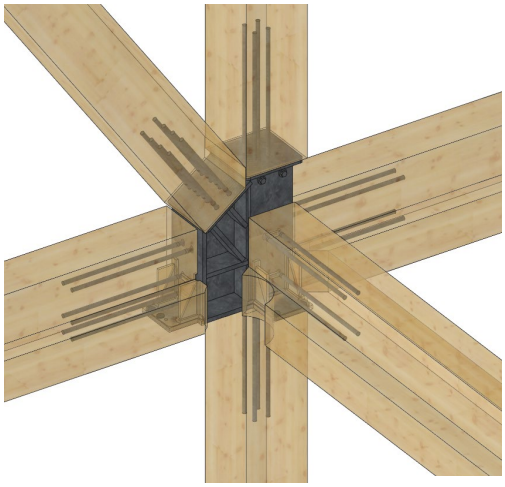


Photo et image ©Simonin

La solution technique Résix, développée par SIMONIN, a permis de travailler sur la rigidité de l'ensemble, de limiter la consommation de matière, en réduisant les sections des éléments de structure, de simplifier la mise en œuvre et d'améliorer l'aspect des assemblages.

Si les contraintes techniques et réglementaires spécifiques du projet Carmelha ont nécessité de nouvelles validations, le système Résix a été définitivement qualifié pour ces conditions ; marquant ainsi la montée en puissance d'un système innovant porté par l'entreprise SIMONIN.

Cette innovation a eu pour but de garantir une bonne performance technique et environnementale du système structurel, de limiter le risque

3.3. Upbrella : une innovation chantier

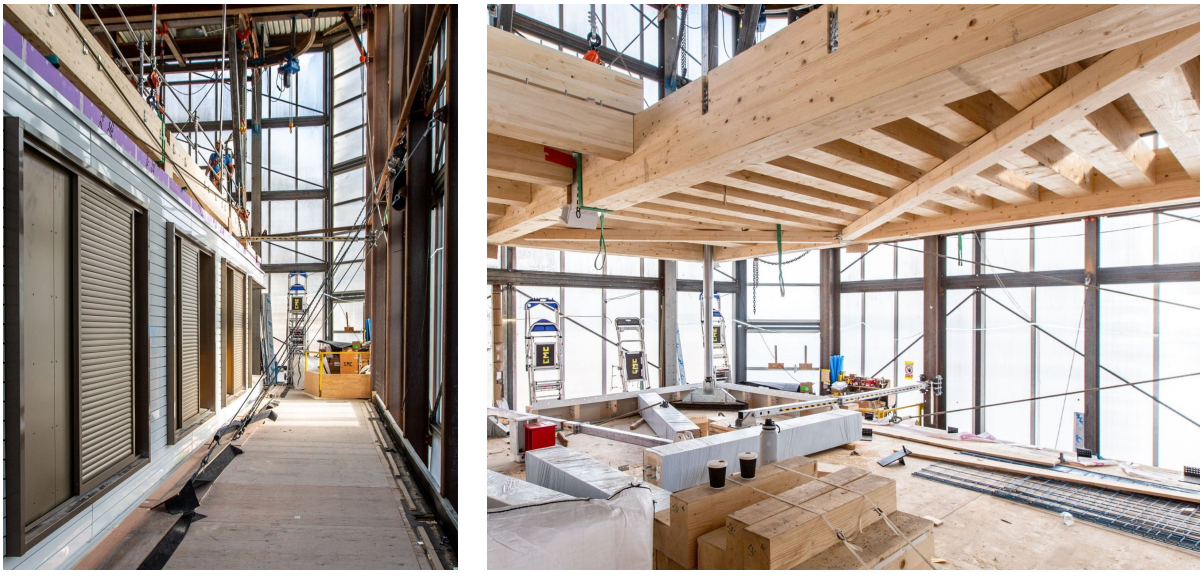
Dans le contexte urbain et dense du site, les contraintes se trouvent souvent exacerbées et impactent fortement les mises en chantier. La réglementation monégasque sur le bruit de chantier, l'exigüité de la parcelle, la nécessité de protéger les ouvrages bois des intempéries, sont autant de risques qui pèsent sur le développement du projet.

Ainsi, dans la réponse mise en place par le groupement EMC-SIMONIN lors du dialogue compétitif, une solution de méthodologie de chantier a été apportée par le biais de la solution développée par la société Upbrella.



Photos ©tomatoki

Le principe consiste à la mise en place d'un abri permettant la protection du chantier et l'élévation de la structure sans utiliser de grue. Le système se déplace verticalement au rythme de la construction des étages en son sein.



Photos ©tomatoki

Cette innovation a permis :

- De traiter les problématiques relatives au bruit de chantier, puisque contenu.
- De proposer une atmosphère de chantier contrôlée et sécurisé pour les équipes.
- De protéger les ouvrages bois des intempéries.
- D'assembler la structure et le clos-couvert en totalité, avant chaque nouvelle levée, sans recours aux échafaudages.

Tour SILVA, Bordeaux

Lynda BENKACI
ArtBuild Architectes
Paris, France



Tour SILVA, Bordeaux

1. Contexte de l'appel à projet

La Tour Silva est issue d'un appel à projet lancé par la ville de Bordeaux en 2015 pour réinventer le quartier Belcier. Par ce projet la métropole manifeste sa volonté de rompre avec un modèle de développement fondé sur l'artificialisation des sols, de repenser et de recoudre des morceaux entiers de ville, et se saisissant de l'opportunité offerte par l'ouverture de la LGV Sud Europe Atlantique jusqu'à Bordeaux.
Cette restructuration s'inscrit dans le cadre d'une Opération d'Intérêt National (OIN) dont l'objectif est d'apporter une réponse proportionnée aux défis rencontrés par le territoire métropolitain.
Profitant de cette opportunité la métropole fixe quelques objectifs majeurs :
1/**Lutter contre l'étalement urbain**, en limitant la consommation foncière et en privilégiant le recours au renouvellement urbain.
2/**Anticiper les effets du changement climatique**
3/**Développer l'emploi** en privilégiant la réduction de la distance domicile-travail.
4/**Faciliter l'intégration** des populations par une politique volontariste de mixité sociale.

2. Contexte urbain

La ZAC[1] Bordeaux Saint Jean Belcier est située au cœur de l'agglomération bordelaise, à proximité de la gare intermodale Saint-Jean. Le territoire Saint-Jean-Belcier s'étend sur 145 hectares le long de la Garonne, du pont Saint-Jean jusqu'au pont Simone Veil. Le territoire de la ZAC est à l'origine constitué d'un ensemble hétérogène de friches industrielles notamment ferroviaires, de friches commerciales liées au commerce de gros, d'équipements métropolitains (gare, MIN) et d'un quartier ancien (Belcier). Ce territoire, complexe et morcelé, regroupe ainsi des ensembles hétéroclites souvent sans lien entre eux, avec des grandes coupures juxtaposant des quartiers existants à préserver, des secteurs à restructurer et des friches à réurbaniser. Le projet est donc intégralement une opération de renouvellement urbain qui se déploie sur une mosaïque de quartiers.

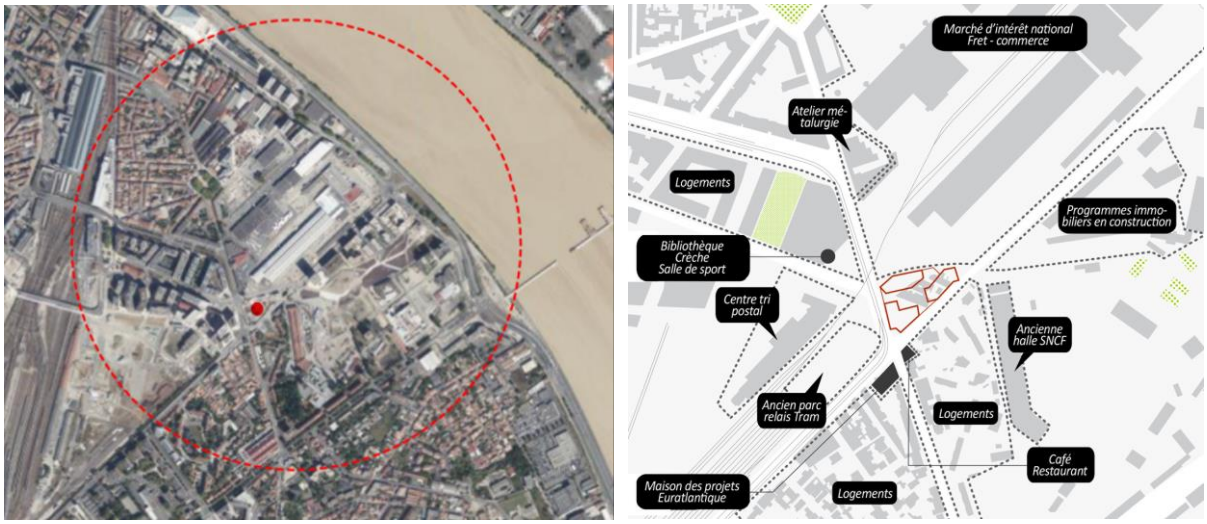


Illustration 1 : Vue aérienne sur le secteur de la ZAC Saint-Jean Belcier. 2. Analyse du secteur d'intervention ©Artbuild Architectes

[1] Zone d'aménagement concertée

3. Présentation du projet

3.1. Présentation de l'état initial du site

Situé à proximité de la gare Saint Jean, le projet s'implante dans un quartier déjà en rénovation urbaine dans la ZAC Saint Jean Belcier.
Le site existant présente des constructions de nature très différentes et hétérogènes, allant de constructions récentes ou en cours de réalisation à des bâtiments plus anciens et de grandes implantations industrielles tel le Marché d'Intérêt National (MIN).
Dans ce quartier en rénovation est prévu un espace public appelé Le jardin de l'Ars de 7 hectares constituant un élément fort de la ZAC en permettant une continuité végétale et douce au sein des quartiers.

3.2. Présentation du projet de l'ilot

Initialement prévu sur l'ilot 8.4 (aujourd'hui occupé par la Tour Hypérion), la Tour SILVA a trouvé sa place dans l'ilot d'en face, "l'lot 4.9" d'une surface de 4 312m². Ce dernier est formé par la place d'Armagnac, et bordé par la rue des Maraichers et la rue Carle Vernet, il constitue l'extrémité Ouest du jardin public de l'Ars.



Illustration 3 : Plan Masse Ilot 4.9 © Artbuild Architectes

La Tour fait partie d'un programme mixte composé de trois plots et d'un parking :
1/Une tour d'habitation à R+16 implantée face au jardin de l'Ars,
2/Un bâtiment d'habitation à R+10 placé à l'angle entre la rue Léon Paillère et la rue Carle Vernet,
3/Un bâtiment de bureaux formant le front bâti au début de la rue des Maraîchers,
4/Un parking couvert en R+1 occupant le cœur de l'ilot.
La dalle de toiture est végétalisée afin d'organiser les vis à vis en cœur d'ilot et offrir une cinquième façade depuis la tour.
Par ses programmes, bureaux et habitations, sa densité et son échelle relativement importante, ce projet renforce la notion de centralité de la place d'Armagnac. Il offre une surface de plancher neuve de 20 185m² qui se compose de bâtiments d'habitation pour un total de 198 logements, d'un bâtiment de bureaux de 5 438m² et d'une offre commerciale de 387m². Un parking couvert de 204 places occupe le centre de la parcelle.
Trois volumes principaux sont alignés sur la limite de la parcelle cadastrale afin de libérer un cœur d'ilot végétalisé.

Le bâti prend la forme de volumes indépendants en dialogue les uns avec les autres, de 17 et 12 mètres de large en fonction de leur affectation, évitant toujours les angles rentrants.

3.3. Un bâtiment de logement, le Bâtiment A[2]

Ce bâtiment en R+10 de 73 logements collectifs pour une surface de plancher de 5 350m² est situé à l'angle des rues Léon PAILLERE et Carle VERNET.
Il est considéré comme un bâtiment d'habitation de 3ème famille B au sens de la réglementation incendie.

3.4. Un bâtiment de bureaux, le Bâtiment B[3]

Ce bâtiment en R+8 pour une surface de plancher de 5 384 m² se développe le long de la rue des Maraîchers, jusqu'à la place Carle VERNET et se retourne sur la rue Léon PAILLERE.
Il reste inférieur aux 36 mètres de hauteur de façades admissibles par le PLU.
Il comporte des commerces à rez-de-chaussée, des bureaux dans les 8 étages supérieurs et une zone technique dans le volume de la toiture.

3.5. La tour, le bâtiment C

La tour culmine à 56 m de haut, sur RDC +16 niveaux comportant 125 logements pour une surface de plancher de 9 014m².
Classé en 4° catégorie selon l'arrêté du 31 Janvier 1986, relatif à la protection contre l'incendie des bâtiments d'habitations, avec le dernier plancher situé à moins de 50m par rapport au niveau de référence du rez-de-chaussée défini par la côte PPRI[4].
Un espace dédié au commerce de 103m² à rez-de-chaussée est prévu, classé ERP[5] de 5ème catégorie[6] il s'ouvre sur le futur jardin de l'Ars[7].
La tour est implantée face au jardin de l'Ars. Elle offre son pignon, largement vitré sur ce vaste espace public.
Son échelle est en rapport avec la grande étendue du jardin. Un parvis donnant sur la rue des Maraîchers forme l'entrée de la tour. Un hall traversant lui offre un deuxième accès sur la rue Carle Vernet.
Chaque niveau accueille de 7 à 8 logements.
Sur les 125 logements 39 sont dédies aux logements sociaux répartis sur les 5 premiers niveaux et 86 à l'accession libre du 6ème au 16ème étages.
Les logements du R+16 donnant sur les pignons Est et Ouest sont dotés d'une double hauteur dans les séjours et chambres parentales.
Chaque logement possède une terrasse extérieure intégrée dans le volume du bâtiment.

[2] Conçu par Studio Bellecour
[3] Conçu par Studio Bellecour
[4] PPRI : Plans de Prévention des Risques d'Inondation
[5] ERP : Etablissement Recevant du Public.
[6] 5ème catégorie : moins de 200 personnes
[7] L'Ars est un ruisseau situé entre le territoire de Pessac et Bordeaux

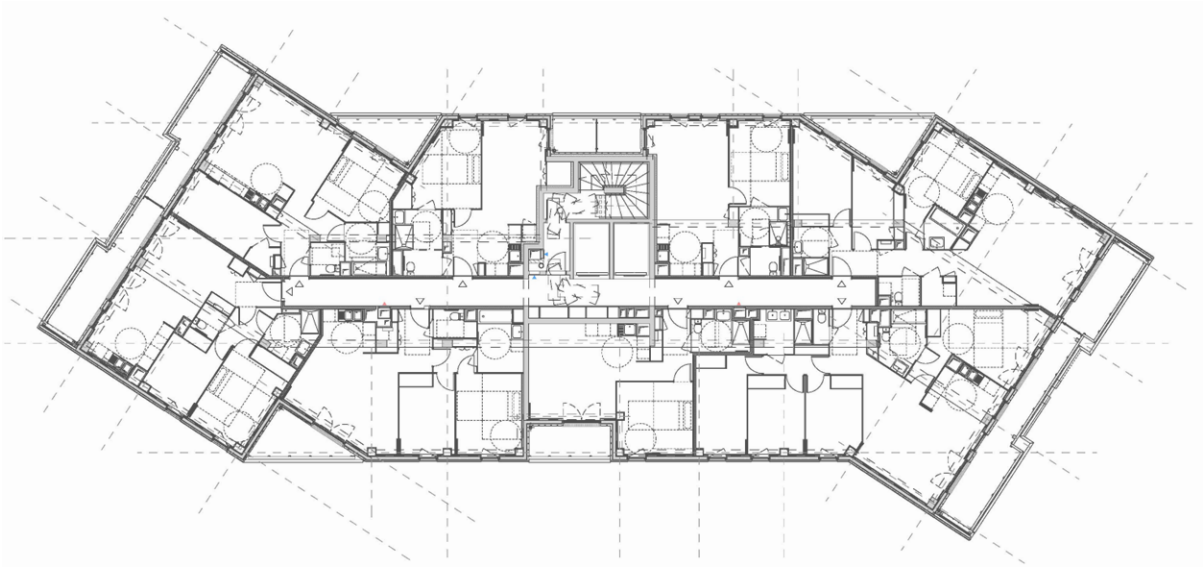


Illustration 4 : Plan type d'un niveau de logements © Artbuild architectes

Afin d'adoucir la perception de la grande échelle et de favoriser son implantation ainsi que son dialogue avec le voisinage, la tour est divisée dans sa hauteur de blocs de trois niveaux dans le but d'introduire une échelle intermédiaire entre le piéton et le volume de la tour. Cette échelle intermédiaire se lit dans les épingles placées en pignons et un joint creux horizontal marqué vient diviser la hauteur en blocs de trois niveaux.
Sur les élévations Nord et Sud, des failles verticales rythment la peau, l'écorce de la tour et des loggias sont creusées dans son épaisseur et forment des failles qui articulent et animent le volume. Ainsi le bâtiment prend sous son aile les loggias et les protège du vent.
La toiture est traitée comme une toiture à deux versants qui reprennent les mouvements des façades et est recouverte de bardage métallique, de teinte identique aux façades.



Illustration 5 : Insertion de la Tour dans son environnement - Vue depuis le Pont de Pierre
© Artbuild Architectes



Illustration 6 : Perspective de la Tour SILVA depuis la rue des Maraichers ©Artbuild Architectes

Compte tenu des objectifs environnementaux affichés et de notre engagement dans la construction bas carbone par le recourt aux matériaux biosourcés, la tour est conçue essentiellement en structure bois, plancher CLT et poteaux poutres en lamellé collé et une façade à ossature bois FOB avec de la ouate de cellulose insufflée.

4. Performances requises de l'ouvrage

Dans le cadre du Marché, l'ouvrage doit présenter les performances suivantes :

1. Logements - NF HQE : Excellent (9*) – RT-10%
2. Obtention du Label E+C-, niveau C2

Les thématiques sélectionnées parmi les objectifs environnementaux de l'Etablissement Public d'Aménagement Bordeaux (EPA) imposent notamment que le bois représente au minimum 50% du volume de la structure de la Tour Silva (hors socle, commerces ou locaux techniques ou parkings), selon les règles de calcul de l'outil d'estimation du volume bois développé par l'EPA avec le FCBA.
Le socle Construction bois impose enfin la validation du niveau 3 du label biosourcé, ce qui impose un taux minimal de matériaux biosourcés de 18kg/m2 de surface de plancher. L'atteinte de cet objectif doit passer par la quantité de bois.

5. Le schéma structurel

Un projet en structure bois se conçoit à 4 mains entre architecte et ingénieur à plus forte raison lorsqu'il s'agit d'un bâtiment de grande hauteur et dans une zone sismique[8].
La collaboration avec les ingénieurs d'elioth[9] s'est faite dès l'esquisse, nourrie d'échanges permanents.
Du RDC au Plancher haut du R+4 la structure est en béton bas carbone[10] poteaux et dalles-champignons ainsi que le noyau composé des escaliers et des deux gaines ascenseurs.
La structure du plancher haut R+5 au R+16 est en béton bas carbone bois métal.

[8] Les zones de sismicité 2 à 5 sont concernées par la réglementation parasismique relative aux ouvrages « à risque normal » (voir plus loin). Ces règles de construction traduisent la transposition française de l'« Eurocode 8 » des règles à respecter pour construire en zone sismique. Source : Préfecture de la Gironde.
[9] elioth by Egis Bureau d'Eudes ; structure bois, béton et acier et façade.
[10] Béton bas carbone une formule développée par Vinci en C30/37. Il représente entre 15-20% de carbone en moins par rapport au béton classique.

La trame centrale englobant le noyau en béton, ceinturée par des poutres béton et les trames latérales sont en CLT français ceinturées par des poteaux poutres en bois lamellé-collé. La structure est complétée par des poutres métalliques.
La tour est stabilisée par le noyau central par les planchers béton (trame centrale) et CLT, agissant en diaphragmes à chaque niveau.
Du PB RDC au PH R+4 :
La structure béton de type poteaux-dalles permet de redescendre les charges verticales. Elle est complétée par la charpente métallique et les dalles béton des loggias, ainsi que quelques poutres de reprise ponctuelles dans les niveaux inférieurs.
Du PH R+5 au PH R+15 :
La bande centrale de chaque niveau ainsi que l'ossature des pignons sont traitées par des poteaux-poutres béton supportant des dalles béton.
Les bandes latérales sont en planchers CLT reposant côté intérieur sur une poutre béton, et côté rive sur des poutres lamellé collé. Ponctuellement une poutre acier a été insérée pour supporter le plancher CLT.
Les loggias se composent d'une ossature métallique et de dalles béton préfabriquées.
Toiture (hors pignons) :
Le PH R+16 correspond à la toiture technique, traitée en plancher collaborant sur poutres aciers. La sur-toiture partielle située au-dessus est supportée par une charpente métallique extérieure.

Les charges de vent et en particulier la vérification du confort au vent, ont joué un rôle majeur. En effet, la géométrie en hélice de la tour en plan la rend sensible aux accélérations sous charges de vent et souple en torsion. Des essais en soufflerie ont été menés avec le Laboratoire Wacker[11] pour évaluer précisément les pressions de vent pour 25 directions d'incidence, puis calculer les accélérations en tête de tour. Les conclusions extraites des essais sismiques sur l'amortissement critique et le comportement global des charpentes bois ont été primordiaux dans cette démarche d'innovation.

La sollicitation sismique et la vérification du confort au vent en tête de tour ont donc été les deux sujets critiques vis-à-vis de la conception des éléments de contreventement de l'ouvrage.

6. Façade à ossature bois FOB

La façade à ossature bois va se déployer du R+1 jusqu'à la couverture au-dessus du R+16. Les panneaux à ossature bois conçus et fabriqués en usine intègrent dès leur fabrication l'ossature en bois massif, l'isolant thermique et acoustique en ouate de cellulose, l'écran feu, le bardage, les menuiseries, volets roulants et encadrement extérieurs. L'ensemble des matériaux employés pour la fabrication des panneaux de façade préfabriqués sont biosourcés : ossature bois massif, panneaux de stabilité : OSB, isolation thermique ouate de cellulose.
Sur ce caisson est mis en œuvre un parement en lame acier façonné, le procédé permet des fixations invisibles sur ossature-support en bois massif traité classe 2.

[11] WCKER WIND ENGINEERING Birkenfeld Allemagne



Illustration 7 : Photo Prototype de façade réalisé par SYFACE © Artbuild Architectes

7. Protection au feu

Le sujet feu est très sensible dans la construction bois à fortiori s'agissant d'un bâtiment d'habitation et de grande hauteur.
Nous avons anticipé cela en sortant le parking de l'emprise de la tour pour l'insérer sous les bâtiments A et B dont le mode constructif est plus traditionnel.
La tour respecte la réglementation de stabilité au feu de la structure bois REI 90, néanmoins lors de l'instruction du permis de construire le SDIS 33[12] nous a recommandé d'avoir une protection passive du bois structurel ; cela s'est traduit par le flocage du CLT l'encapsulage des poteaux et poutres avec un BA18[13] et un BA 25[14] selon la définition de protection passive d'AdivBois.

8. Les partenaires

Maitre d'ouvrage : Kaufman & Broad Gironde
Établissement Public d'Aménagement : Bordeaux Euratlantique
Bureau de contrôle -SPS : Qualiconsult
AMO Environnement : SOCOTEC
BET Structure-façade: elioth by egis
BET Acoustique : ACOUSTB

Entreprises Clos Couvert :
GTM Vinci : mandataire du groupement Gros œuvre béton
Arbonis : structure bois-métal
Syface : Façade à ossature Bois, Menuiseries extérieures, bardage.

[12] Service Départemental d'Incendie et de Secours de la Gironde
[13] Plaque de plâtre de 18mm
[14] Plaque de plâtre de 25mm

Modulaire 3D, préfabrication ou industrialisation ?

Pascal CHAZAl
Président Groupe Hors-site
Thiers, France



Modulaire 3D, préfabrication ou industrialisation ?

1. La construction Hors-site

La construction Hors-site est à la frontière entre le bâtiment et l'industrie, si nous pouvions produire en usine des éléments de bâtiment tels que des façades, des salles de bains, des modules de chambres d'étudiants, des réseaux de CVC, avec la même productivité que les voitures ou les machines à laver, alors nous changerions véritablement la donne, le prix serait divisé par deux, la qualité serait grandement améliorée, mais le développement d'un programme immobilier n'a pas l'habitude d'aller chercher de tels produits sur étagère ! Et pourtant, c'est peut-être bien une des grandes solutions aux maux de la construction.

2. Pourquoi la construction Hors-Site ne s'est-elle pas encore véritablement imposée ?

La préfabrication et l'industrialisation de la construction, ce n'est pas nouveau ! Fortement utilisée après-guerre, elle a eu ses heures de gloire au début du XXème siècle aux USA, en Allemagne, en URSS. Mais bien avant cela, la standardisation est utilisée par nos pères, pour économiser la sueur des hommes et l'argent ; « on s'efforce de standardiser les pierres à chaque fois que possible » nous dit Villard de Honnecourt [1] né en 1200 mort en 1250, l'architecte des Cathédrales Gothiques du XIIème siècle. Plus près de nous, le Baron Haussmann a transformé Paris, utilisant la normalisation et la standardisation qui n'ont en rien été un frein à la qualité de la ville et des bâtiments, reconnus 170 ans plus tard comme parmi les plus beaux immeubles du monde.

Mais quand nous parlons de préfabrication, ce ne sont ni les cathédrales gothiques, ni les immeubles Haussmanniens que nous avons en tête, mais les immeubles de la reconstruction d'après-guerre, la préfabrication a mauvaise presse, traumatisme des années d'après-guerre ?

La reconstruction a répondu aux besoins gigantesques de l'époque et sa réussite est en effet liée à la préfabrication et à la standardisation ; des usines sont créées pour produire des éléments standardisés en béton, répondant aux besoins hors-norme de l'époque sans trop se préoccuper de la qualité de la ville, il faut donner un toit….

L'ère du béton

Les Trente Glorieuses furent les années du béton : ses qualités, son faible coût, sa facilité d'utilisation l'imposent comme le mode de construction quasi unique, en France et en Europe.

A la fin des années 70, le travail de reconstruction est en grande partie réalisé, les grands projets de plusieurs milliers de logements se font rares, les grandes barres d'immeuble des « chemins de grues », ont rendu le service attendu, mais elles défigurent notre pays, riche de nombreuses architectures régionales. L'État avec la loi du 3 janvier 1977 affirme que l'architecture est une expression de la culture et qu'en conséquence, la création architecturale, la qualité des constructions, leur insertion dans le milieu environnant, le respect du paysage naturel et urbain ainsi que du patrimoine sont d'intérêt public ; l'État, avec la création des CAUE, des ABF, pousse et c'est heureux, les professionnels de l'immobilier à intégrer leurs projets dans l'environnement et à repenser la ville.

Le béton avec sa grande plasticité, nous offre la possibilité de réaliser des formes infinies. Les méthodes de préfabrication de l'époque ne permettent pas une grande souplesse, alors on ferme les usines et on réintègre le chantier ; les entreprises de gros œuvre deviennent des experts du « sur mesure » et sont capable de réaliser de véritables prouesses. Débute alors dans les années 80, l'ère du « sur mesure », devenue la norme. Pour bien construire la ville, pour bien s'intégrer dans l'environnement, on repart à chaque fois d'une feuille blanche.

« Dans un rapport [2] de septembre 2023, l'ONU appelle à une "révolution" pour décarboner le bâtiment, responsable à lui seul de 37% des émissions mondiales de CO2. Le secteur doit diviser par deux le recours au béton d'ici 2060, mais changer de matériaux ne suffit pas, il faut également changer les processus de construction. « *Il n'y a pas de recette magique pour décarboner le bâtiment, il faut changer de matériaux et changer les processus de construction, ce n'est pas l'un ou l'autre* », conclut Naomi Keena, de l'université canadienne McGill, co-auteur du rapport.

La construction bois à bien entendu un rôle essentiel à jouer dans la décarbonation, comment la filière sera-t-elle en mesure de faire face à cette croissance exponentielle ? C'est tout l'enjeu qui est devant nous.

Les bâtiments sont devenus complexes

Le gros œuvre, dans les années 80, représente près de 50 % d'un bâtiment [3] ! La réussite du projet est essentiellement liée à l'entreprise de gros œuvre, les 50% restants étant assez simple à réaliser.

Aujourd'hui, parce les contraintes sont de plus en plus fortes, mais aussi parce que la variété des matériaux proposés par les fabricants est quasi infinie, les chiffres se sont inversés ; un bâtiment c'est aujourd'hui 30% de gros œuvre et 70% de lots techniques et architecturaux !
Les méthodes et les organisations qui marchaient bien il y a 40 ans, ne marchent plus aujourd'hui, la complexité des bâtiments, conjuguée au départ à la retraite des compétences, entraînent un écroulement de la productivité ; en France, nous avons perdu 20% de productivité en 20 ans [4].
Le résultat, nous le voyons chaque jour sur nos chantiers, nous avons de très grandes difficultés à obtenir la qualité, à tenir les délais, la crise de la Covid 19 et de la guerre en Ukraine, ont accélérer le mouvement, et avec la remontée des taux bancaires, nous n'arrivons plus à tenir les budgets. L'activité bâtiment est sous pression, certaines catégories professionnelles, conducteurs de travaux, chefs de chantier, sont rare et sont régulièrement en Burn out.

Ne serions-nous pas au bout d'un modèle ?

Nous construisons aujourd'hui avec les mêmes méthodes et les mêmes organisations qu'il y a 40 ans, alors que les bâtiments eux ont changés…
Un immeuble, c'est bien entendu une expression de la culture, mais c'est aussi une équation mathématique ! Pas de projet sans financement ! Le coût de l'immobilier n'est plus en adéquation avec les possibilités des clients, qu'ils soient publics ou privés. Le nombre de projet s'écroule [8], non pas que les besoins ne soient plus là, mais parce que nous n'arrivons plus à les financer. Il est peut-être temps d'arrêter de penser que c'est la faute de l'état ou des banquiers, il est grand temps de nous attaquer à la productivité de l'ensemble de la chaîne de production immobilière en régression là ou tous les autres domaines sont en net progrès.

3. Comment la construction Hors-site peut-elle répondre aux enjeux de demain ?

Le Off-Site Building, traduit en français par construction Hors-Site est une des grandes solutions reconnues à l'échelle internationale, rapport Mc Kinsey [5], pour répondre aux grands défis auxquels le bâtiment est confronté. De nombreux pays, Scandinavie, UK, Asie, Australie, USA, la France également s'engagent dans la transformation vers plus de construction Hors-site.
Le Hors-Site, c'est finalement un déplacement des heures du chantier à l'atelier ou à l'usine, produire de manière plus efficace, des composants à forte valeur ajoutée qui seront livrés et assemblés sur le chantier. Le but étant bien sûr d'améliorer l'ensemble des paramètres et de régler les problèmes évoqués ci-dessus : produire des bâtiments de meilleure qualité, bas carbone, plus vite avec moins de nuisance, moins cher tout en améliorant les conditions de travail des ouvriers et les marges des acteurs.

La rencontre de deux univers

Il est important de comprendre que le hors-site, c'est la rencontre de 2 univers qui doivent apprendre à dialoguer : l'usine et le chantier, autrement dit l'industrie et le bâtiment.

4. Préfabrication ou industrialisation ?

Préfabrication :

Aujourd'hui, de plus en plus d'acteurs se dirigent vers le Hors-site, mais leur vision est une vision « bâtiment ». Dans une approche projet, où chaque projet est un prototype, l'architecte et les bureaux d'études, en organisation segmentée, conçoivent le bâtiment. Une fois celui-ci conçu, ils partent à la recherche de l'industriel en mesure de produire les éléments. L'industriel n'est pas véritablement un industriel mais plutôt une entreprise de bâtiment qui abrite son activité sous un toit.
La préfabrication offre des avantages par rapport au chantier : on réduit le délai et les nuisances, on améliore la qualité ; il faut bien sûr la développer mais ce que l'on n'améliore pas, alors que c'est une nécessité absolue pour de très nombreux projets, c'est le prix !

Industrialisation :

La production industrielle, contrairement à la construction, a très fortement évolué ces 30 dernières années et grâce au outils digitaux, aux méthodes du Lean Manufacturing et de l'amélioration continue, elle nous propose des produits qui s'améliorent au fil des ans tout en étant de moins en moins cher. Nous y sommes tous habitués car les produits que nous achetons sont tous fabriqués de cette manière. Alors pourquoi pas des éléments pour la construction ?

Si la préfabrication est très adaptée à des projets très spécifiques, l'industrialisation peut être une excellente réponse à des marchés de masse comme le logement abordable, les résidences gérées, le domaine de la santé ou encore le scolaire, pour lesquels le besoin de réduire les délais et les coûts est primordial. Nous utilisons déjà de nombreux produits industriels, briques, carrelages, plaques de plâtre, fenêtres, etc. Il s'agit d'aller plus loin et de produire des éléments complexes de plus grandes dimensions, nous le faisons déjà pour les ascenseurs, ceux-ci sont proposé par les fabricants sur catalogue, tous les éléments de descriptifs et de plans sont donnés aux architectes par les fabricants ce qui permet une production véritablement industrielle, ils sont pourtant parfaitement adaptés à nos besoins et d'une grande variété. Si c'est possible pour les ascenseurs, alors pourquoi pas pour d'autres éléments ?

5. Industrialisation et architecture

L'industrialisation offre des perspectives de gigantesques améliorations pour le bâtiment : un ouvrier dans une usine apporte de la valeur ajoutée 80% de son temps contre 20% sur un chantier ; si nous réussissions à produire des éléments à forte valeur ajoutée en usine, et à les intégrer dans nos projets, alors nous portons la promesse de grandes améliorations, à deux niveaux :

1) Les éléments produits en usine (les chambres d'un hôpital par exemple) peuvent être produites efficacement avec une main d'œuvre non-bâtiment, formée au respect des process et à la qualité, les chambres seront de meilleure qualité et moins chères.
2) Le fait de produire les chambres en usine, crée un énorme ballon d'oxygène pour les autres parties prenantes du bâtiment, l'architecte peut consacrer son temps et son énergie sur les autres parties, même chose pour les autres entreprises.

Le résultat constaté est en général très impressionnant, un gain d'une année de chantier a été constaté sur l'Hôpital de Villefranche sur Saône [8] réalisé avec des modules bois par le groupement Bouygues / Ossabois / CRR architectes et TEM partners.
Est-il possible avec cette approche de construire des bâtiments de grande qualité architecturale ?

Si un projet est à chaque fois un prototype, on y retrouve souvent des éléments répétitifs qui pourraient être fabriqués en usine et assemblés sur le chantier. La réussite est sans doute dans la mixité de ce qui est spécifique réalisé sur le chantier et de ce qui est répétitif produit en usine.

Le rôle essentiel de l'architecte

L'architecte conçoit pour chaque bâtiment un prototype, les bureaux d'études le décomposent métier par métier, en repartant d'une feuille blanche à chaque fois.

Il est intéressant de faire le rapprochement avec les débuts de l'informatique ; les informaticiens utilisent la programmation procédurale et codent toutes les lignes de programme, cela prend beaucoup de temps c'est la source de nombreuses erreurs.

Certains informaticiens se sont rendu compte qu'ils codaient souvent les mêmes éléments ou blocs de codes, ils ont inventé la « programmation orientée objets » [4] et cela a révolutionné l'informatique...

La programmation orientée objet, est un style de programmation où le programme est organisé en objets (des blocs de code) qui ont des propriétés (variables) et des méthodes (fonctions) qui leur sont propres. Les objets peuvent interagir entre eux en appelant leurs méthodes respectives.

La programmation Orientée Objet a été une révolution de l'informatique qui nous profite à tous aujourd'hui. Les développeurs ont amélioré leur productivité, la qualité, la fiabilité et la facilité de maintenance de leurs programmes.

Et si la construction Hors-site, c'était la Construction Orientée Objet ?

Si nous considérons que les composants ou éléments à forte valeur ajoutée, produits hors-site, peuvent être des « Objets », alors nous pouvons multiplier considérablement nos capacités. Les « Objets » peuvent prendre différentes formes : des panneaux en 2D, des modules en 3D, des éléments techniques, etc. Ils peuvent être extrêmement complexes, paramétriques et intégrer tous les métiers.

La construction modulaire par exemple repousse très loin les possibilités, c'est en quelque sorte des sous-systèmes industrialisés assemblables permettant de produire en usine des éléments comme des salles de bains, des chambres d'EPHAD ou d'hôpitaux d'une grande sophistication qu'il est possible de fabriquer en usine avec un très haut niveau de qualité et de performance et qui seront livrées sans réserve et assemblés sur site en un temps record.

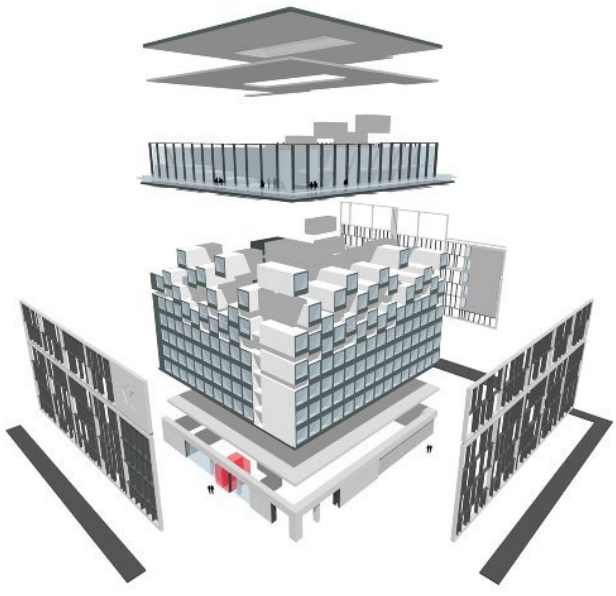


Figure 1 : Hotels CitizenM – credit : Concrete architects

Ces « objets » s'ils sont utilisé par l'architecte et inclus dans le projet dès le début de la conception pourront être produit en usine avec de véritables flux industriels permettant à la fois une amélioration de la qualité et une réduction des coûts. L'utilisation des méthodes industrielles devient alors véritablement possible, notamment le LEAN Manufacturing et bien sûr, sa panoplie d'outils d'amélioration continue. Contrairement au monde du bâtiment où l'organisation et les méthodes rendent quasi impossible le retour d'expérience, le monde industriel est organisé autour de l'amélioration continue. Les « objets » sont bien entendu configurables, avec peu d'options au début car l'industrie doit se mettre en œuvre puis de plus en plus au fil du temps.

Parce que nous allons réutiliser de nombreuses fois ces « Objets », nous pourrons les dessiner avec un niveau élevé de BIM (LOD 600), nous pourrons utiliser la conception paramétrique et le BIM qui a fait de nombreux déçus, deviendra alors une réalité et trouvera son prolongement dans les usines grâce aux outils digitaux, CNC et Robotique améliorant encore la qualité et la productivité.

L'utilisation par les architectes, de bibliothèques d'objets peut rendre enfin possible l'industrialisation d'une partie des constructions et de ce fait d'améliorer de manière significative nos opérations !

Si, comme l'ont fait les informaticiens dans les années 1990, les architectes apprennent à utiliser ces « Objets » : salles de bains, modules de chambres, systèmes de CVC, balcons, etc ils peuvent changer la donne. Ces « Objets » sont pour le moment peu nombreux, il existe donc là une belle opportunité pour les architectes de participer à la création de ses objets, il s'agit d'un intéressant travail collaboratif avec les industriels.

Si les architectes intègrent ces objets dans leurs projets, pas pour la totalité car un projet est en effet toujours un prototype, mais pour les éléments les plus répétitifs, alors ils vont permettre cette révolution nécessaire du bâtiment, appelée par l'ONU[2], ils permettront la création d'emplois pérennes dans les usines, ils permettront aux ouvriers de chantier de se consacrer aux tâches qu'eux seuls peuvent réaliser pour construire la ville de demain, accélérant ainsi la réduction de l'impact carbone de la construction.

J'illustrerai mon propos avec l'Hôtel Jakarta [9] et la chaine CitizenM [10]

L'hôtel Jakarta [9] situé à Amsterdam, conçu par SeArch Architectes, certifié Breeam Excellent, primé à l'Architecture MasterPrize, cet hôtel 5* a été réalisé avec un gain d'un an de chantier, une réduction de l'impact carbone de 30% et une importante réduction des nuisances pour la ville grâce à l'utilisation de 175 chambres modulaires en bois/béton que l'on peut qualifier d'objets mis au point par l'architecte en collaboration avec le fabriquant de modules.



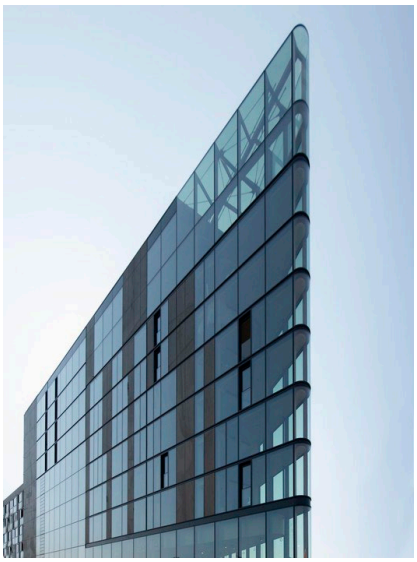


Figure 2 : Hotel Jakarta Amasterdam Crédit Photo SeArh architects



Figure 3 : Hotel Jakarta Amsterdam Crédit photo SeArch architects

La chaine d'hôtels CitizenM [10] considérée comme une réussite dans le domaine de l'hôtellerie a basé son développement sur une stratégie Océan Bleu [11] celle-ci est en partie basée sur un concept de chambres standardisées fabriquées en usine, permettant d'améliorer la qualité de de baisser les coûts, la démonstration est faite avec plus 50 hôtels livrés de cette manière et d'une grande qualité architecturale, dans les plus grandes villes du monde.

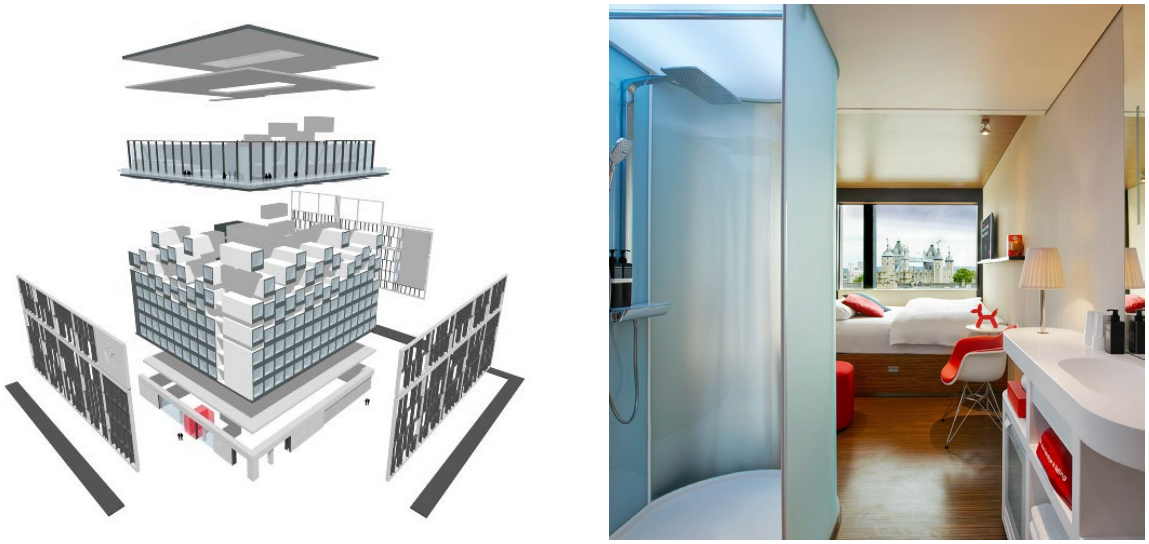


Figure 4 : Hotels CitizenM Crédit photo Concrete architects

- [2] United Nations Environment Programme, & Yale Center for Ecosystems + Architecture (2023). Building Materials and the Climate: Constructing a New Future. https://wedocs.unep.org/20.500.11822/43293.
- [3] Constructif Grands chiffres et figures d'après sources FFB N°29 juin 2011
- [4] Rapport du ministère du logement « L'industrialisation de la construction » Bernard Michel, Robin Rivaton, Juin 2021
- [5] McKinsey&Company, 2020, « The next normal in construction – How disruption is re shaping the world's largest ecosystem ».
- McKinsey, 2019, « From projects to product ».
- McKinsey Global Institute, 2017, « Reinventing construction: A route to higher-productivity ».
- [6] La programmation Orientée Objet : Édition Eyrolles, 3e édition, 1er avril 2007 ISBN10: 2212120842 – ISBN13 : 9782212120844
- [8] Hôpital de Villefranche sur Saone : groupement constitué de Bouygues Bâtiment Sud-Est, de Ossabois, de CRR Ecritures Architecturales et TEM Partners.
- [7] Article Simon Chapuy 15/01/2024 ADEQUATION
- [9] Hôtel Jakarta Amsterdam, SeArch Architecture
- [10] CitizenM Hotels 31 mai 2018 | Par Christian Latour dans HRI Mag
- [11] Stratégie Ocean bleu Kim, W. Chan et Mauborgne, Renée 2005.

Réhabilitation de l'internat du Lycée La Prat's à Cluny (71)

« la boîte dans la boîte »

Geoffrey SETAN
bÖ Architectes Associés
LE CREUSOT 71, France



Olivier LE GALLÉE
bÖ Architectes Associés
LE CREUSOT 71, France



1. Introduction

Notre projet, sur la base d'un programme de la Région Bourgogne Franche Comté, propose une nouvelle manière de réhabiliter.
Notre démarche est **Patrimoniale, Pragmatique et Radicale**.

Notre travail part de l'existant, que nous analysons et décortiquons des points de vues fonctionnels, structurels et symboliques pour en ressortir ses forces et ses faiblesses, les atouts et les contraintes.

Nous analysons, intégrons, digérons le programme et les attentes de la demande et des utilisateurs afin d'en comprendre le sens et d'en ressortir les non-dits.

Nous cherchons les interstices, les entre-deux, point de bascule et le cœur du projet, élément de départ de la conception.

Nous profitons de cette aspérité pour proposer une solution forte, sans compromis, qui emporte avec elle un maximum de thèmes et d'attentes tels : la performance ther- mique, l'usage de matériaux bio sourcés, la préfabrication, l'économie d'eau, les déchets de chantier, le phasage, les conditions de travail, la pénibilité, la qualité de finition.

Pour le projet de réhabilitation de l'internat du lycée de la Prat's à Cluny pour le compte de la Région Bourgogne Franche Comté, notre approche nous a amené à utiliser des modules 3D bois insérés à l'intérieur d'une maçonnerie ancienne.





FICHE PROJET :

MOV : Région Bourgogne FC / MOD : SPLAAD

Architectes : bÖ Architectes Associés / Epur

BE : Bois : Gaujard Technologie

Charpente bois : SMJM / Men. Bois : Laffay

Coût travaux : 9 M€HT / Livraison 2025

2. Le Contexte – La demande

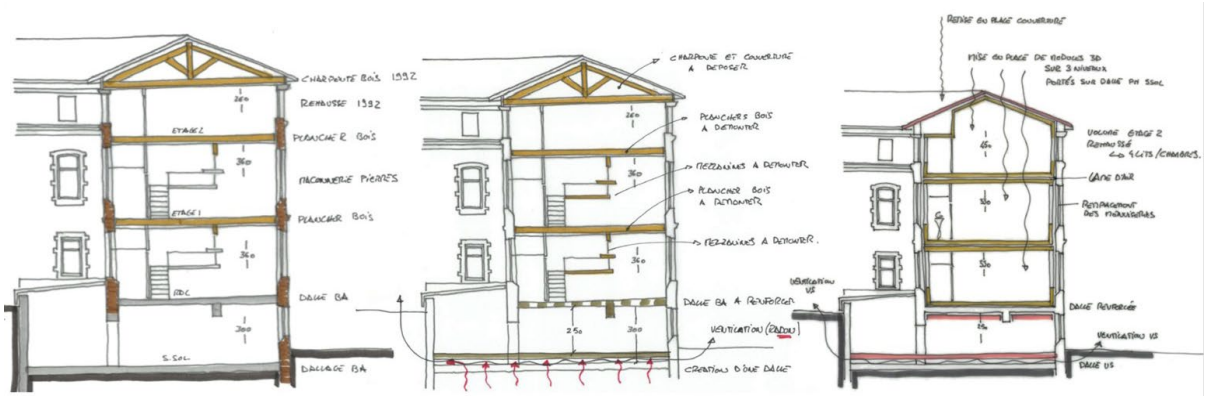
Nous sommes intervenus dans un contexte d'inquiétude et de mécontentement. Les planchers des différents étages subissaient des affaissements qui ont entrai- né une perte de confiance des utilisateurs. A cela s'est ajouté l'inertie des décisi- ons qui a mis en colère les parents d'élèves et sous pression l'élu local.

Dans ce contexte nous avons pris une position forte de ne conserver que la ma- çonnerie existante et de recréer, sans le dire un bâtiment neuf dans un bâtiment ancien, ***« la boite dans la boite »***

3. Les contraintes les enjeux

Ces défauts structurels apparaissent suite à une réhabilitation de 1992 et à des problématiques d'infiltration d'eau dans les différents sanitaires et dans les chambres qui possèdent toutes des lavabos. Il fallait revoir toute l'organisation de l'internat et reprendre l'ensemble des planchers sans modifier la capacité de celui-ci et avec un phasage important pour conserver la moitié de l'internat en fonctionnement pendant toute la durée des travaux.

Nous sommes dans un bâtiment patrimonial, dans un contexte historique fort de la ville de Cluny, qui regroupe à la fois un site remarquable avec un patrimoine ancien riche et la présence permanente d'institution forte durant toute cette pé- riode, allant de l'abbaye, aux haras nationaux, à l'école d'ingénieurs des Arts et Métiers.



Méthodologie : COUPE ETAT DES LIEUX | Méthodologie : COUPE DEMOLITION | Méthodologie : COUPE PROJET

4. La démarche

Nous sommes en permanence en recherche de qualité. Qualité des détails, des finitions, des assemblages avec comme finalité le « beau », l'agréable et le confortable.

Cette notion de confort est également recherchée au travail, pour les compagnons afin de diminuer la pénibilité et le risque d'accident. La préfabrication en atelier dans le cadre d'une filière sèche assure de meilleures conditions de travail aux constructeurs.

C'est également un moyen de valorisation du travail par la qualité d'exécution et la mise en œuvre de savoir-faire et de compétences reconnues. Le projet devient une vitrine pour l'ensemble des acteurs.

C'était aussi une volonté d'emmener le maitre d'ouvrage et l'utilisateur dans ce processus complexe de conception et de réalisation. Cette addition de volonté, d'intuition, d'expérience, de contre temps, d'aléas, de décision de positionne- ment, de poésie, de réalité.









5. La réalisation

Le projet consiste en l'évidemment de la structure existante sur 4 niveaux. Le ni- veau bas abritant des salles de classe et des services a été constitué par une structure poteaux poutres béton que nous avons nommé « la table » sur laquelle nous avons installé en enlevant le toit chaque jour… trois niveaux de modules bois fabriqués en temps masqué dans un atelier à quelques kilomètres seule- ment.

Une phase délicate aura été celle de la passation du projet aux entreprises… qui après avoir concouru et convenu que le projet pouvait être passionnant, se sont heurté à la difficulté de l'exécution d'une tache si audacieuse… 6 mois de prépa- ration auront été nécessaires, pendant les phases de curage, démolition, désa- miantage et déplombage.

S'en est venu le moment du levage… un balais orchestré par une diva qu'était le pilote de la grue, dans un silence assourdissant et rayé des ordres de guidage dans les casques des charpentiers et que nous percevions à peine… un instant de grâce, suivi d'autres, où la gravité semble laisser place à la délicatesse, la puis- sance et à la précision.







Quelques élévations plus tard, un deuxième chantier a eu lieu, après celui confié au ma- cro-lot… : celui des finitions…

Comment garder l'essence du projet, ne pas le dénaturer et le rendre perceptible au final… Un travail remis sur le métier plusieurs fois, garder les réseaux appa- rents, travail avec des matériaux bruts… pour servir le projet ?



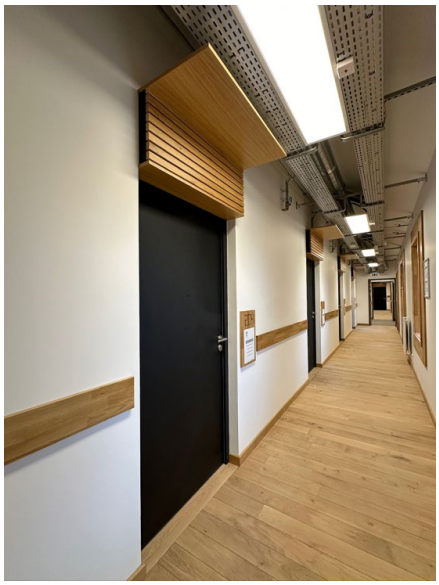


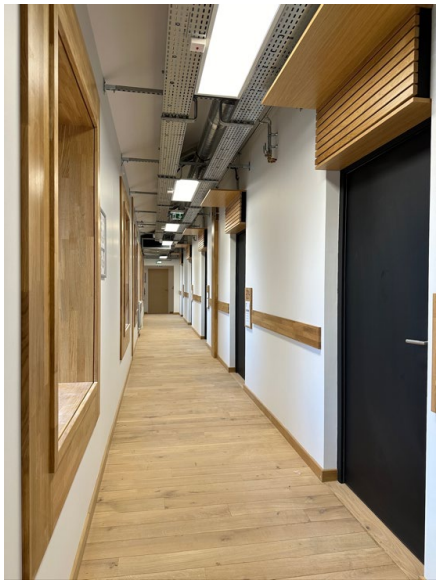


6. Les enseignements

Sans l'avoir vraiment cherché, et après avoir été alerté par l'intérêt que certains portaient à notre projet… nous avons pris conscience que cette démarche, cette méthodologie pou- vait être dupliquée, notamment en site contraint et patrimo- nial…

Fort de cette expérience et de celles qui ont suivies, notre pratique a évoluée vers une appétence pour la théorisation des pratiques et le conseil dans la dé- marche menant à un tel projet.







Bâtiments mobiles et modulables

Laurent PILLAUD
VIRTUEL ARCHITECTURE
Paris, France



Bâtiments mobiles et modulables

1. UNE INNOVATION CONSTRUCTIVE AU SERVICE DE L'INTÉRÊT GÉNÉRAL

Le projet est né d'un constat simple : le besoin de logements, d'hébergements d'urgence ou de solutions souples pour installer des locaux d'activité est une réalité pour nombre de collectivités partout sur le territoire français. En parallèle, de nombreux fonciers restent vacants, notamment le temps de la maturation des projets immobiliers. L'occupation de ces terrains par des opérations temporaires qualitatives pourraient leur donner une utilité et une attractivité.

Toits Temporaires Urbains (TTU) est un projet développé par la Banque des Territoires, SNCF Immobilier, ICF Habitat et le Conseil Départemental de Seine-Saint-Denis. Il vise le déploiement d'une solution hautement qualitative de constructions déplaçables, **en structure bois**, afin de satisfaire les besoins en matière d'hébergement, de logement et de locaux d'activité, en zone urbaine tendue ou détendue.

Le pari consiste donc à concevoir et déployer :

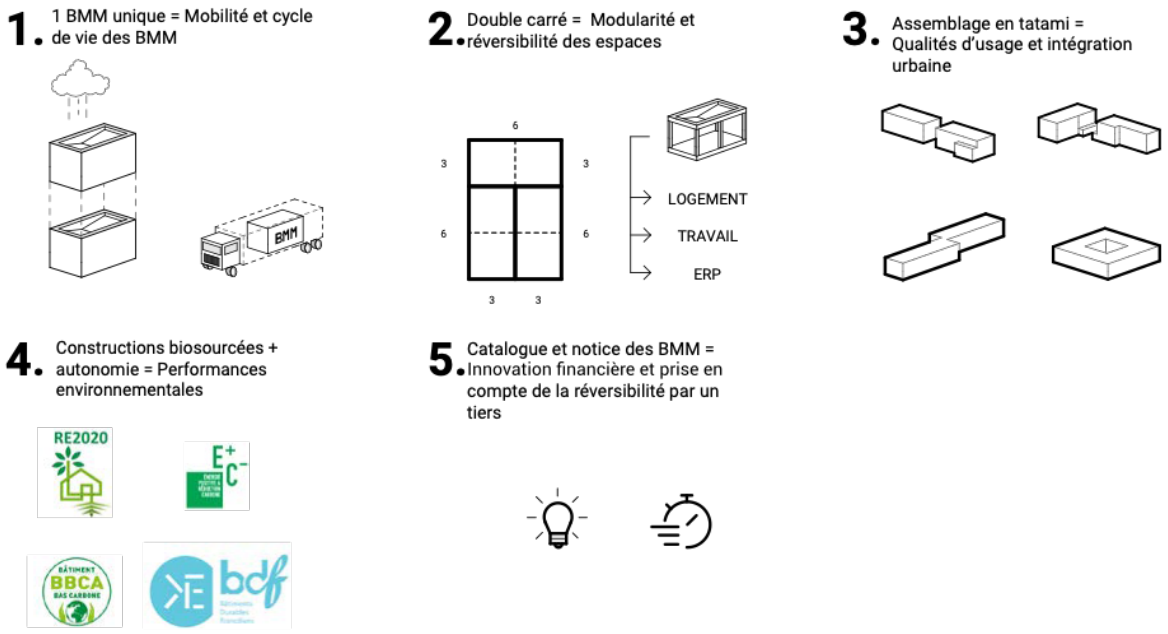
- des constructions performantes en matière environnementale ;
- déplaçables facilement par un tiers ;
- reconfigurables entre 2 sites d'installation, pour répondre à un programme différent ;
- avec une ambition de haute qualité architecturale et de confort de l'usager ;
- à coût global maîtrisé.

2. UNE DÉMARCHE INNOVANTE : LE PARTENARIAT D'INNOVATION

SNCF Immobilier, ICF Habitat, la Banque des Territoires et le Conseil départemental de la Seine-Saint-Denis ont décidé de se constituer en groupement de commande, et ont engagé un marché de partenariat d'innovation, une première dans le domaine de la construction. Ce partenariat porte la conception et la fabrication des Bâtiments Mobiles et Modulables Une consultation, à laquelle 27 candidats ont participé, a permis de désigner le groupement lauréat constitué de l'entreprise SELVEA, des architectes **Virtuel** et **Alt** et des bureaux d'étude Ethic, Géranium, Atelier Rouch et Edile Construction.

3. PRINCIPES CONCEPTUELS

Le principe directeur qui a fondé la conception des BMM est l'usage du **double carré de 3m par 6m** permettant des assemblages en « tatami ». Cette solution géométrique simple permet d'assembler les BMM en les faisant tourner à 90° sans ajouter d'élément de jonction supplémentaire. Cette capacité permet de déployer le système dans toutes les directions et de moduler les épaisseurs bâties et les épannelages.



3.1. Invariants et éléments réversibles

Le principe des BMM repose sur un mélange de conception ultra-standardisée pour une part, couplée avec la possibilité d'une grande adaptation d'autre part, pour permettre la personnalisation et la polyvalente des solutions architecturales.

Le type de BMM est défini par la notion d'invariant : c'est-à-dire tous les ouvrages d'un BMM qui seront identiques pour tous les BMM d'un même type. A savoir, toute la structure isolée, avec la position et le sens d'ouverture des menuiseries, la position des descentes d'eaux pluviales et des gaines techniques.

Les types de BMM sont séparés en 2 ou 3 catégories : les modules secs, les modules humides et les modules particuliers (locaux techniques et escaliers). Les modules humides doivent se superposer en fonction des positions des réseaux verticaux. Les modules secs peuvent se superposer avec d'autres BMM secs presque sans restrictions.

Chaque type de BMM sec peut-être varianté avec des éléments réversibles. Il s'agit ici d'avoir une liberté dans les aménagements intérieurs. Nous parlons ici de tous les cloisonnements, les portes intérieurs, les plafonds et les sols additifs au sol de base en PVC.

Le **catalogue** recense ainsi un certain nombre de variantes qui permettent de faciliter la conception des futurs maîtres d'œuvre en proposant des solutions d'aménagements déjà étudiées qui peuvent fonctionner en groupe de plusieurs modules : c'est la notion de grappes.

Des options comme le changement des ouvrants de menuiseries peuvent venir compléter la réversibilité de la gamme. La standardisation des dormants de menuiseries permet ainsi de faire varier le point faible des façades : les menuiseries. En proposant des ouvrants de menuiseries qui varient en fonction des contraintes thermiques et acoustiques cela permet de pouvoir adapter le projet aux différentes contraintes des sites.

De la même manière, la vêture bois peut être variantée avec des panneaux de types Equitone.

Un certain nombre d'éléments ont été développé pour les aménagements extérieurs comme les terrasses, sur-toitures et les balcons. L'objectif est bien sûr de faciliter les intégrations architecturales mais également d'offrir un confort d'usage supplémentaire par les différentes surfaces octroyées. De plus, les balcons permettent une adaptation thermique au bâtiment pour le confort d'été dans les zones thermiques les plus chaudes.

4. Principes d'assemblage

4.1. Variété des épaisseurs bâties

La première approche contextuelle consiste à adapter les épaisseurs bâties aux tissus urbains où s'implanteront les opérations TTU. L'assemblage en « tatami » a été mis au point afin de ne pas donner aux opérations TTU une épaisseur unique. Avec ce dispositif nous pouvons aisément construire des bâtiments aux épaisseurs de 9, 12, 15 ou 18m, et nous pouvons faire varier ces épaisseurs dans la longueur d'un même bâtiment.

4.2. Variété des formes urbaines

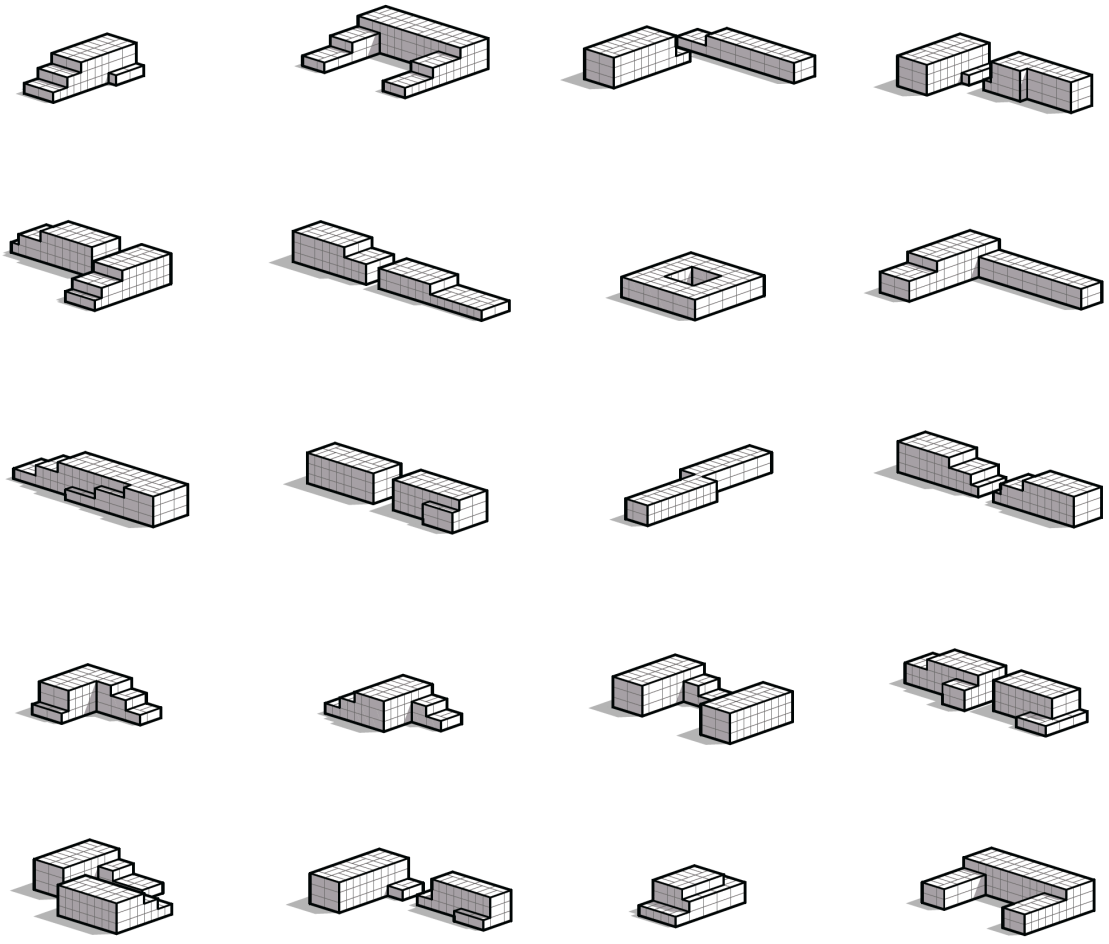
Le second point de vigilance quant à l'intégration urbaine porte sur les formes de bâtiments générables par le système. A partir du BMM unique de 3/6 nous pouvons générer tout type de formes urbaines tant qu'elles demeurent orthogonales : barre, barrette, plot, bâtiment en L, en T, bâtiment à patio … Cette faculté combinée à la capacité de varier les épaisseurs bâties nous permettra d'ajuster les granulométries et les épaisseurs des opérations TTU en fonction des tissus urbains d'implantation.

4.3. Épannelages

Le système constructif permettra de sculpter les volumes afin de les ajuster aux hauteurs des bâtiments voisins et donc de créer des coutures urbaines. Le système d'épannelage permet également de créer plusieurs plans successifs de façade et de ne pas limiter la forme de toutes les opérations TTU à un parallélépipède strict.

4.4. Traitement des RDC

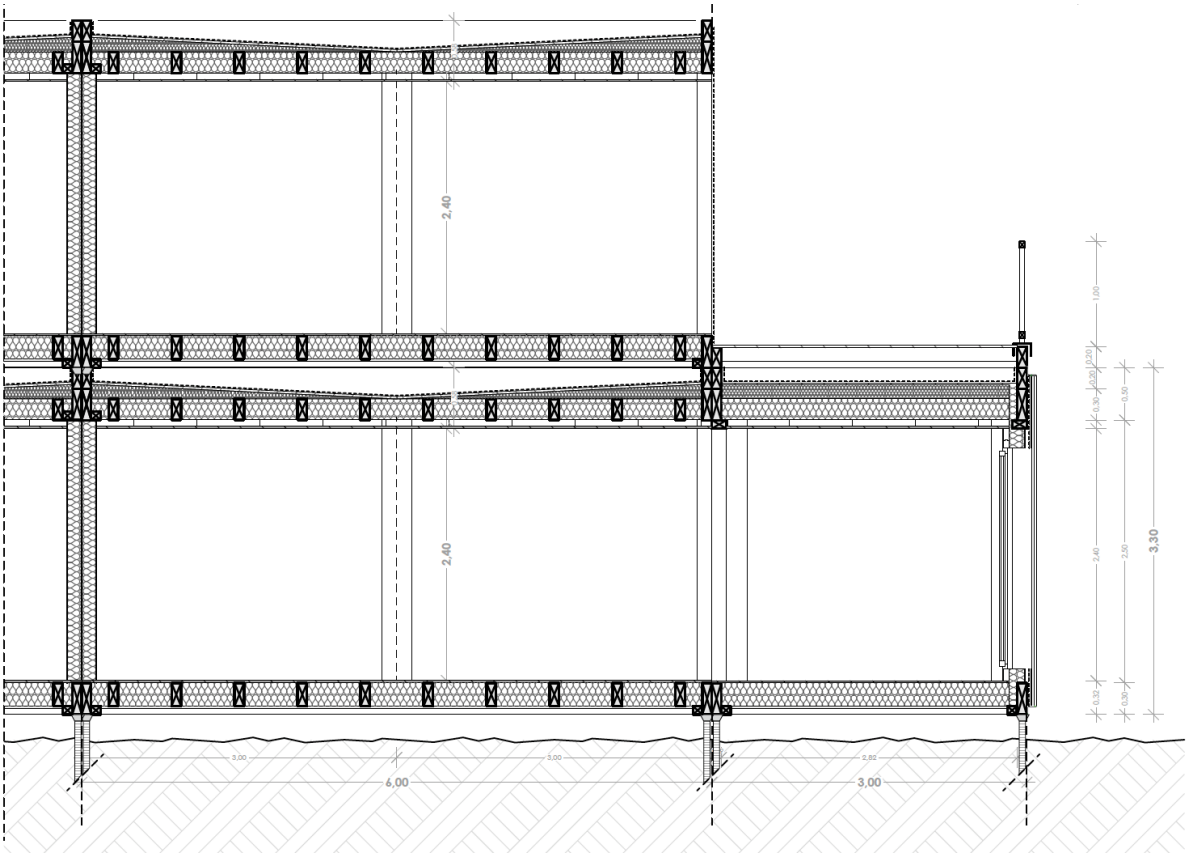
L'intégration des bâtiments dans les quartiers passe également par les qualités données aux rez-de-chaussée. Les services de quartier sont traités avec de plus grandes baies afin de permettre à ces équipements de contribuer pleinement à l'animation des espaces sur lesquels ils donnent.



5. Mobilité et cycle de vie

La conception des BMM prend en compte les contraintes de déplacement, du montage et démontage, de leur superposition et de leur stockage entre deux installations. Nous y avons répondu avec deux solutions technique qui si elles augment le coût de fabrication des BMM réduisent les temps de pose équilibrant ainsi le coût global:

- Tous les BMM ont des dalles hautes et basses étanchées et isolées.
- Nous avons conçu un assemblage métallique permettant d'optimiser le temps de montage et démontage, ainsi que les opérations de levage.



Chaque BMM peut ainsi se retrouver à tous les niveaux d'un bâtiment (RDC, étage intermédiaire ou toiture). La gestion de stock de TTU s 'en trouve facilitée.

6. Caractéristiques techniques

Les BMM sont constitués d'une structure en pin douglas de pays sourcé par SELVEA dans les Cévennes et certifié PEFC. Planchers, poteaux, murs et charpentes sont donc construits en ossature bois, une technique de construction qui allie solidité, légèreté et sobriété en matière première.

Les BMM sont exclusivement isolés avec des matériaux biosourcés tels que ouate de cellulose, fibre de bois ou du coton recyclé Métisse. Les menuiseries extérieures et intérieures sont en bois, tout comme les plafonds et les supports de planchers.
L'ensemble de ces matériaux biosourcés permettent déjà d'atteindre des performances qui vont bien au-delà du label BBCA (Bâtiments Bas Carbone) et du seuil 2028 de la RE2020.
Aux quatre angles hauts et bas, des platines métalliques innovantes permettent de superposer ou de juxtaposer les BMM, de faciliter la manutention et le transport.
Des systèmes de chauffage, de production d'eau chaude et de ventilation performants et mutualisés garantissent la très faible consommation d'énergie du bâtiment et une maintenance réduite.

6.1. Modules humides et Modules secs

Le Catalogue de BMM se limite à 14 types de modules répartis en trois catégories pour faciliter les aménagements selon les besoins programmatiques : 4 modules humides regroupant les pièces humides, 8 modules secs + modules escaliers et locaux techniques.

7. Caractéristiques environnementales

Ce projet met la priorité sur la maitrise des émissions de carbone par le choix de matériaux renouvelables et locaux. Leur légèreté et leur adaptabilité permettent de les déplacer facilement et de valoriser le « déjà-là » lors de leur seconde, troisième, quatrième vie.

7.1. Empreinte environnementale

Les BMM sont conçus en bois pour une exploitation temporaire/pérenne et déplaçable.
Les matériaux de construction choisis ont de faibles empreintes environnementales et sont recyclables (bois/isolant bio sourcé/acier recyclable…).

Performance thermique
RE 2020 pour un cadre d'exploitation temporaire ou pérenne
Energie : énergie renouvelable à partir de modules de production par pompe à chaleur (PAC) air/eau réemployables.

7.2. Impact carbone

Le gain carbone du projet BMM vs un projet classique RT2012 est de près de 100%.

	Projet 589,70 m² **type RT2012**	Projet **BMM** 589,70 m²	Unité
Calcul Statique	884 550	436 000	kg CO2 pour le projet fictif entier
Calcul Statique / 44 BMM	20 103	9 909	kg CO2 / BMM
Calcul Statique / m²	1 500	739	kg CO2 / m²

Pour un bâtiment construit en 2030 par exemple, avec des BMM en partie récupérés d'autres opérations, l'impact carbone de ces derniers sera déjà « amorti » pour tout ou partie. Le bilan carbone d'un bâtiment BMM aura donc tendance à diminuer en même temps que les seuils, qui devraient aussi diminuer.

8. 1er PARTENARIAT D'INNOVATION LANCÉ DANS LE DOMAINE DE LA CONSTRUCTION & DE L'IMMOBILIER

En faisant le pari du Partenariat d'Innovation, le groupement de commande affirme une volonté de décloisonner le travail de conception en faveur d'une démarche collective au service de différentes natures d'innovations : foncières, techniques, architecturales, urbaines et juridiques. Cette démarche est remarquée par le ministère du logement et le ministère de la culture qui a donné à la démarche le label « Engagé pour la qualité du logement demain » et finance une recherche partenariale pour bénéficier d'un retour d'expériences sur ce Partenariat d'Innovation et son effet sur le travail d'architecture.

Sylvatest 4

Quatre générations de développement et d'expertises au service du bois.

Jean-Luc SANDOZ
CBT – Concept Bois Technologie SA
Lausanne, Suisse



Historique

1. Histoire d'une vie, celle de Jean-Luc Sandoz

Jean-Luc Sandoz, originaire d'une famille d'agriculteurs du Haut-Doubs dans le massif du Jura, a suivi une formation professionnelle en menuiserie-charpente et en ébénisterie avant d'intégrer le lycée Bois de Mouchard en 1976, où il a obtenu un BTS en Construction Bois. Il a ensuite poursuivi ses études à l'ENSTIB (École nationale supérieure des technologies et des industries du bois) dans les Vosges, où il a obtenu un diplôme d'ingénieur structure bois en 1983.

Sous la direction du professeur Julius Natterer, Jean-Luc Sandoz a entamé une thèse à l'EPFL (École polytechnique fédérale de Lausanne) sur les ultrasons et la résistance mécanique des bois, qu'il a soutenue avec succès en 1990. Au cours de sa carrière, il a conçu et développé plusieurs appareils et systèmes structurels innovants, tels que les appareils Sylvatest et Polux, ainsi que des planchers bois comme les Dalles O'Portune, Métisse et les D-Dalle.

En tant que chercheur à l'IBOIS (Le Laboratoire des Constructions en bois de l'EPFL), Jean-Luc Sandoz s'est concentré sur les technologies non destructives pour mesurer la qualité mécanique du bois et l'optimisation des structures en bois pour les grands bâtiments. Il a pu démontrer que les forêts offrent des bois de très haute performance structurelle, à condition de savoir les qualifier.

Jean-Luc Sandoz a été nommé professeur à l'EPFL en 1993 par Jean-Claude Badoux, alors président de l'établissement. Avec le soutien de Julius Natterer, il a renforcé la recherche et l'enseignement dans le domaine des structures en bois, notamment en développant un programme de post-graduation sur la scène internationale. Il est également l'auteur, avec ses co-auteurs, du volume 13 intitulé « Construction en Bois », publié en 1996 et réédité en 2011 et en 2023.

2. Genèse

2.1. Une thèse en 1990 au Laboratoire IBOIS/EPFL

Grâce à près de sept années de recherche fondamentale et appliquée sur le matériau bois, Jean-Luc Sandoz a pu développer une technologie révolutionnaire basée sur l'utilisation des ultrasons. Cette technologie innovante est la toute première à permettre le test non destructif des bois et leur classement en fonction de leur performance mécanique.

La thèse de Jean-Luc Sandoz, intitulée ***« Triage et fiabilité des bois de construction : validité de la méthode ultrason[1] »*** a permis de valider cette approche novatrice et de démontrer son efficacité dans l'optimisation des structures en bois. Cette avancée technologique majeure a ouvert de nouvelles perspectives dans le domaine de la construction en bois, en permettant une utilisation plus efficace et plus durable de ce matériau naturel et renouvelable.

2.2. De la théorie à la pratique

La technologie Sylvatest offre une approche innovante pour l'évaluation de la résistance mécanique des bois. Cette technologie prend en compte plusieurs paramètres essentiels pour réaliser un diagnostic précis des bois, tels que l'essence et le taux d'hygrométrie.

Grâce à cette approche novatrice, le Sylvatest permet d'évaluer avec précision la résistance mécanique des bois dans une multitude d'applications, depuis les arbres sur pieds en forêts, aux planches en scierie jusqu'aux très anciennes structures bois des monuments historiques.

[1] Thèse de JLS, 1990 : https://infoscience.epfl.ch/record/31330

Cette avancée technologique majeure a permis d'optimiser l'utilisation du bois dans de nombreux domaines, en garantissant une performance mécanique optimale et en réduisant les risques de défaillance. Les bois de moindre performance sont éliminés et les meilleurs bois sont valorisés en très haute performance comme le C50.

Le Sylvatest est aujourd'hui reconnu comme une référence incontournable dans le domaine de l'évaluation de la résistance mécanique des bois. Cette technologie a contribué à promouvoir l'utilisation du bois comme matériau de construction durable et renouvelable, en offrant des garanties de performance et de fiabilité accrues.

Une technologie disruptive

3. Applications

3.1. Triage de bois de structure, rond ou équarris



Le Sylvatest 4, la quatrième génération de cette technologie appelée Quattro, permet d'évaluer les propriétés mécaniques du bois par le biais de mesures longitudinales (dans le sens des fibres du bois). Ces mesures peuvent être directes (sondes face à face) ou indirectes (sondes avec un angle). Les mesures s'appliquent tant à du bois équarri (sciages, bois collé) qu'à du bois rond (billons). Pour les essences courantes, les résultats du Sylvatest 4 permettent d'évaluer la classe de résistance mécanique du bois selon les normes en vigueur (SN en Suisse, EN 338 pour l'Europe).

3.2. Diagnostic des arbres sur pieds



Le Sylvatest 4 permet aussi d'évaluer la dégradation au sein d'un tronc d'arbre sur pied par le biais de mesures radiales (perpendiculairement aux fibres longitudinales du bois). Le résultat exprime un pourcentage de dégradation du tronc : c'est l'écart entre le spécimen mesuré et un tronc sain de même essence et de même diamètre. L'application Sylvius permet un diagnostic immédiat des mesures Sylvatest 4 en illustrant graphiquement le résultat. (Exemple pour les forêts du Jura Nord)

3.3. Expertise de bâtiments construits

Le Sylvatest 4 est l'outil indispensable pour les experts en constructions bois. Cette quatrième génération sans fil, fonctionnant en Bluetooth, enregistre tout le spectre acoustique transmis, et contient une mine d'information pour chaque mesure, que l'utilisateur du Sylvatest va apprendre à interpréter en valorisant toute son expérience du domaine.



Il permet de déterminer la classe de résistance mécanique de planchers, charpentes ou tout autre élément structurel en bois, tant pour les bâtiments historiques que pour les

plus récents (lamellé-collé, etc…). Grâce aux évaluations réalisées avec le Sylvatest 4, les priorités d'assainissement et/ou de renforcement sont clairement identifiées.

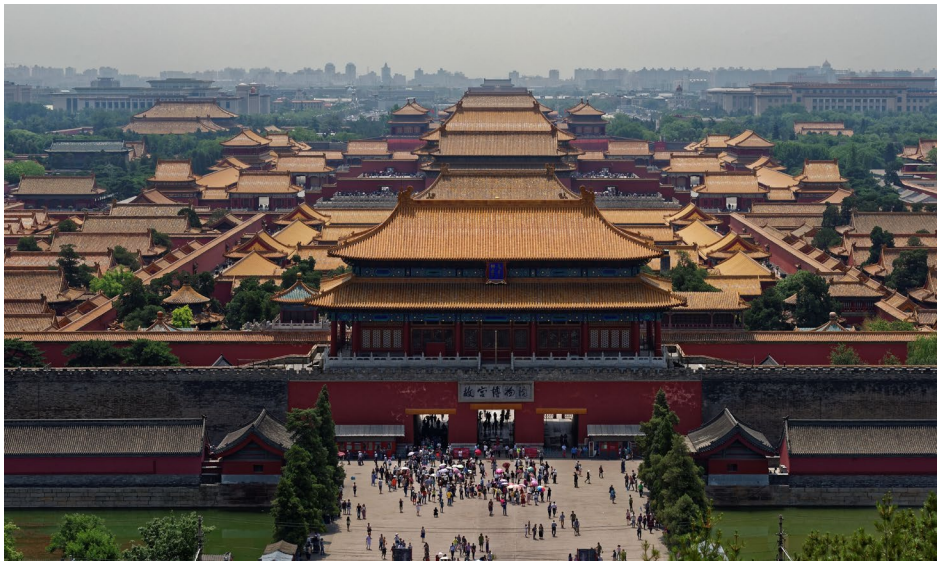


Image 1 : Expertise des structures bois de la Cité interdite dans le cadre des Jeux Olympiques de Pékin 2008 | © Philippe Bauer



Image 2 : Diagnostic des poteaux en bois du Château de Chillon à Montreux en 1995 et 2000 | © Rémy Gindroz

Un développement continue

4. Innovation Bluetooth en 2021

Sylvatest 4 fonctionne désormais sans câble ! Les sondes sont pilotées par une application (Sylvius) à installer sur son smartphone et tout l'équipement communique par Bluetooth. La digitalisation du signal est possible. Il s'agit donc de la 4ème génération de l'appareil de référence Sylvatest.

Le Sylvatest 4 mesure la vitesse de propagation d'ondes ultrasonores parcourant le bois entre deux sondes : l'une émettrice, l'autre réceptrice. De plus, lors de la mesure, le pic d'énergie (en mV) est enregistré, ainsi que toute la signature acoustique du signal qui contient toutes les informations d'amortissement du signal de départ. Une mesure dure moins de 5 secondes. L'application Sylvius est un logiciel spécialement développé pour l'analyse des données Sylvatest 4.



Image 3 : Sondes Sylvatest 4

4.1. Cas pratique avec le Sylvatest 4 : Expertise du Hilton !

Les anciens entrepôts des magasins généraux de Paris transformés en Hôtel Hilton à Paris la Villette par l'agence CALQ pour Icade, ont bénéficié de l'expertise des technologues du bois de CBT – Concept Bois Technologie SA, groupe CBS-Lifteam. Plus de 500 poutres en chêne sur cinq niveaux datant de 1870 ont été testées, ce qui a permis de diagnostiquer les performances des bois présents. Certaines ont été renforcées à la résine époxy, d'autres ont été remplacées et certaines réemployées ailleurs mais près de 90% des bois étaient en parfait état et permettaient cette complète réhabilitation.

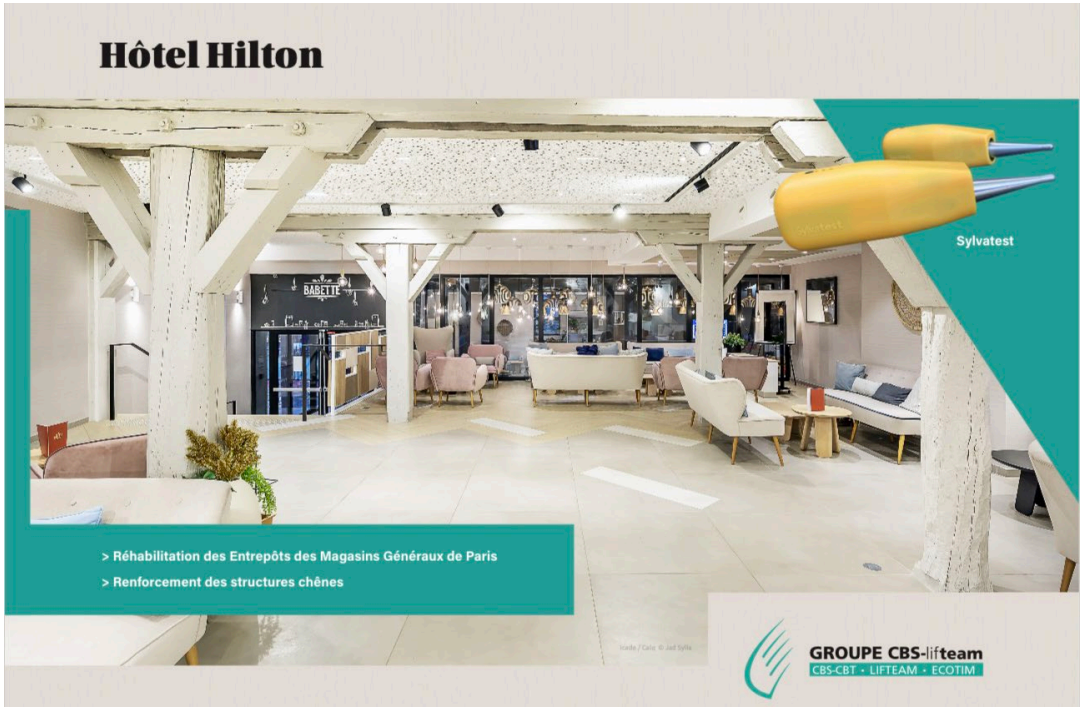


Image 4 : Expertise des structures en chêne des EMGP – Hilton Paris – La Villette

Développement software

5. Sylvius

Le Sylvatest 4 fonctionne avec l'application logiciel Sylvius qui permet un diagnostic immédiat par l'exploitation spontanée des mesures, en indiquant la classe de résistance du produit mesuré. Pour les autres essences ou des protocoles spéciaux, Sylvius indique le temps de propagation des ondes dans le bois et donne l'énergie transmise. (Exemple pour les chênes de la charpente de Notre Dame de Paris)
Tous les softwares inhérents à ces outils sont réalisés en interne.

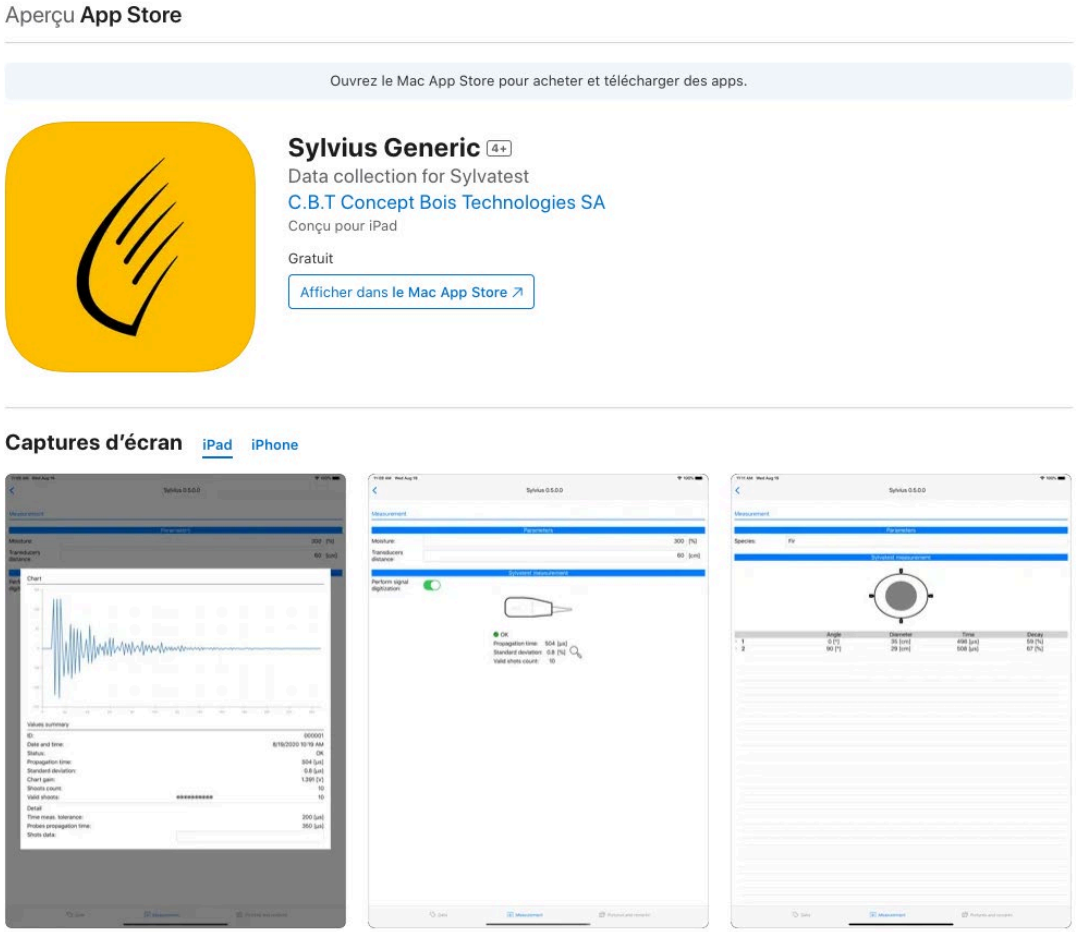


Image 5 : Vue de l'application IOS pour Apple, version également disponible sur Android.



Image 6 : Vue de l'application sur smartphone, également disponible sur tablette.

Un rayonnement international

6. Cartographie

Sylvatest est présent sur tous les continents, dans 21 pays, et a permis de caractériser près de 18 essences.

- Depuis 1991
- 296 projets réalisés
- 21 pays
- 18 essences
- Développement continu
- Bluetooth / Sans fil



Technologie non destructive par ultrasons pour la caractérisation du bois

- Arbres sur pied
  - Ornementaux
  - Forêt
- **Bois rond**
  - Grumes & Billons
  - Poteaux électriques
- Bois équarri
  - Bois neuf
  - Bois mis en œuvre
- Bois lamellé-collé

GROUPE CBS-LIFTEAM







23

Image 7 : Expertise de tous types de bois, toutes essences et sous tous les climats.



Image 8 : Expertise des structures bois tropical pour des ponts en forêt amazonienne pour l'ONF Guyane.

Low frequency ultrasound (22kHz) & Hooke's law

Hooke's law [m/s]

$$S_0 \approx \sqrt{\frac{MOE}{k\rho}}$$

Image 9 : Loi de Hawke qui énonce que la force nécessaire pour déformer un solide est proportionnelle à la déformation subie par ce solide, tant que la limite élastique n'est pas atteinte.

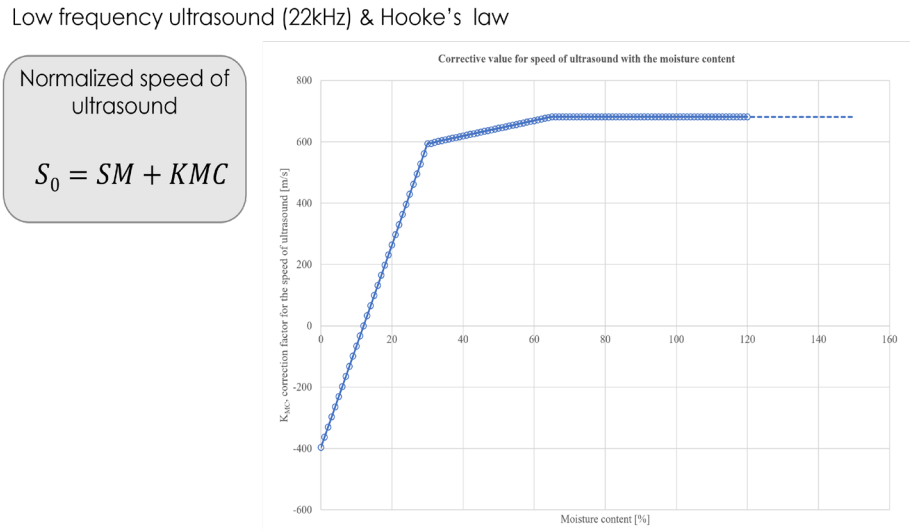


Image 10 : Ultrasons basses fréquences et loi de Hawke.

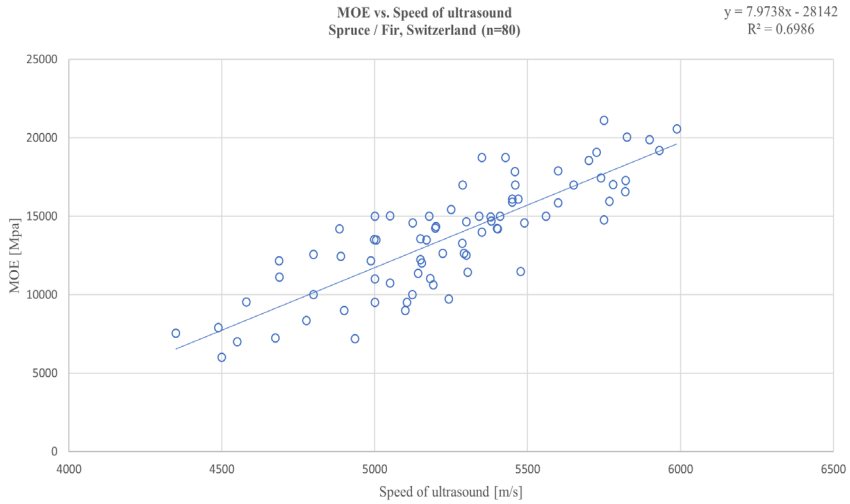


Image 11 : Le module d'élasticité (MOE) et la vitesse des ultrasons sont deux propriétés différentes des matériaux.

Le MOE est une mesure de la rigidité d'un matériau. Il décrit la résistance d'un matériau à la déformation élastique sous l'effet d'une force appliquée. Plus le module d'élasticité est élevé, plus le matériau est rigide.

La vitesse des ultrasons, quant à elle, fait référence à la vitesse à laquelle les ondes sonores se propagent dans un matériau. Cette vitesse dépend de la densité et de l'élasticité du matériau. En général, plus un matériau est dense et rigide, plus la vitesse des ultrasons qui s'y propagent est élevée.

Bien que le module d'élasticité et la vitesse des ultrasons soient liés à la rigidité et à l'élasticité d'un matériau, ils ne sont pas directement proportionnels l'un à l'autre et ne peuvent pas être utilisés de manière interchangeable.

LA BRICOLE
Construire une charpente en bois de réemploi. La démonter, puis la remonter

Octave GIAUME
Atelier +1
Paris, France



LA BRICOLE

Le projet de la bricole a vu le jour en 2019 lors de l'occupation temporaire d'un centre d'hébergement d'urgence de l'association Aurore, dans le 16ème arr de Paris. C'est la première vie du bâtiment. La commande portait donc sur un bâtiment montable/ démontable faisant la part belle au réemploi et aux biosourcés. C'est pourquoi pour ce projet, une charpente de halle autoportante a été conçue en fonction des ressources bois issue du démontage de solivages d'un autre bâtiment. Lors de la fin de cette occupation temporaire en 2023 le bâtiment démonté a été cédé à l'association Activ'18 qui le remonte en ce moment même à la Gare des mines dans le 18ème arr de Paris. La deuxième vie du bâtiment commence. Dans les deux vies du bâtiment, le projet a été porté par des associations à vocation sociale tournées vers les migrants et les chômeurs. Il fallait donc que l'âme du bâtiment, ses constituant et la manière donc il a été conçu et construit reflètent l'engagement de ses acteurs.

MOA : Association Aurore (2019-2023), Association Activ'18 (2023-…)
MOE : Atelier +1 architectes, LM ingénieurs (Laurent Mouly et Daniel Raccah)
BET structure et thermiques
Bureau de contrôle : Alpes contrôle
Artisans / constructeurs : Le charpentier Volant (Jesse O'Scanlan), Diwan Corre, Gautier Jeannerod, Louis Laulanné, Gilles Masson, Enrico Sacchi, Oscar Landais, Arthur Poisson, Mathieu Grosche.
Participants : 20 bénéficiaires de l'association Aurore, 8 Salariés de l'association activ'18 et un 30aine de bénévoles extérieurs.

1. Une charpente en bois de réemploi

1.1. Du chêne « tout » pourri ?

La charpente des ateliers est entièrement réalisée avec du chêne provenant d'un chantier de réhabilitation d'une vieille bâtisse à Brunoy (30 km de paris). Nous y avons récupéré toutes les poutres de plancher qui ont été remplacées et soigneusement déposées. La mise en relation entre l'association Aurore et le chef de chantier par le bureau d'étude LM ingénieur a été primordiale pour avoir accès à la ressource. Sensible aux questions du réemploi, l'entreprise nous a permis de récupérer de grandes longueurs, tout en lui évitant un coût élevé d'évacuation des matériaux (env. 340€ pour 8m3). Nous avons pu constater avec émotion que ces bois avaient déjà eu une utilisation avant leur fonction de poutre de plancher. Des assemblages anciens (embrèvement, délardement d'arêtier, etc.) nous permettent de dire qu'ils ont pu servir à une précédente charpente et qu'ils auraient ainsi plus de 200 ans. L'usage que nous allons en faire n'est Finalement que sa troisième utilisation.



Image 1 : Photo Brunoy démontage du plancher existant

1.2. P-Réparer

Ce bois, aussi beau soit-il, présentait des vermoulures, des pourritures et de nombreux clous ce qui le rendaient difficile à travailler sans abimer les outils, scies, ciseaux à bois... Tout le métal a ainsi été retiré, puis les poutres ont été planées pour retrouver le bois sain. Les poutres ont été débarrassées de l'aubier (épaisseur de bois jeunes sous l'écorce plus sensible aux altérations des insectes et champignons) pour révéler le cœur du bois. Certaines sections à l'origine équarries (forme carré ou rectangulaire) ont retrouvé leur forme ronde proche de l'arbre qu'elles étaient. Parallèlement, un inventaire et un diagnostic des bois ont été élaborés en vue d'un protocole de réemploi structurel. Ce travail en amont fût possible grâce au dispositif premières Heures de Aurore : l'objectif de ce dispositif est de faciliter l'accès à l'emploi, dans un espace de remobilisation professionnelle et personnelle de pré-insertion par des petits chantiers ou encore l'entretien des espaces verts… Quatre réfugiés, résidents des Cinq Toits, y sont employés.

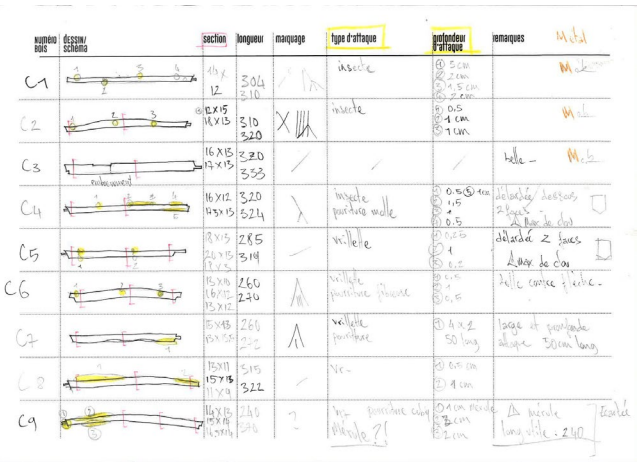




Image 2 et 3 : Inventaire des pièces de bois récupérées, Diwan Corre

1.3. Valider le modèle

Réutiliser du vieux bois n'est pas nouveau, cela fait partie intégrante du savoir-faire des charpentiers traditionnels. Ainsi, en Europe et en Asie, l'évolution des techniques d'assemblages a toujours permis aux ouvrages d'être démontables pour remplacer des pièces ou encore déplacer des bâtiments entiers. Lorsque que l'on porte attention aux vieilles fermes, on retrouve fréquemment des marques et des assemblages résiduels d'une ferme plus ancienne.

Dans notre cas de récupération de bois massif, une question importante se posait. Un bois de 200 ans possède-t'il une résistance comparable à celle des bois normalisés actuels ? Dans un premier temps nous avons pu identifier l'essence de bois, ici du chêne, un bois dur et résistant dans le temps, mais nous ne pouvions pas déterminer sa classe de résistance. L'analyse visuelle des bois et le référencement des altérations et particularités ont complété un inventaire précis des poutres récupérées. Sur cette base et par sécurité, les calculs ont été effectués en prenant des paramètres plus défavorables qu'un bois neuf sorti d'usine (classe d'usage plus faible, section plus importante). Les charges ont été amplifiées par des coefficients prenant en compte la variabilité de celles-ci.

1.4. Un essai en condition réelle

Afin de valider nos hypothèses, un test de chargement a été effectué une fois la charpente complètement montée. Il a eu pour but de mettre la structure dans les conditions de chargement prescrites dans les normes, c'est à dire lorsque toutes les conditions les plus défavorables sont réunies. Une charge de 3,8 Tonnes a ainsi été appliquée progressivement ferme par ferme et des mesures ont permis d'évaluer leur réaction au chargement (déformation, déplacement). Ce test nous a permis de valider la bonne exécution générale de la charpente, mais aussi de corriger de potentiels points fragiles avant la mise en charge Finale.



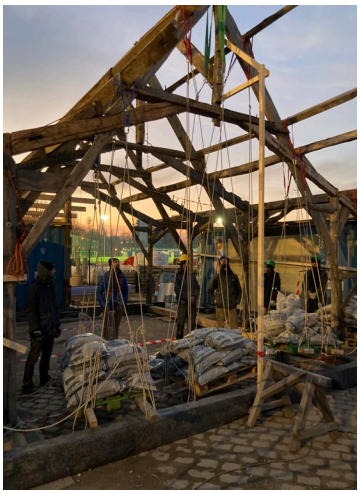


Image 7 et 8 : Photos des tests des mises en charge pour chaque montagede la charpente





Image 9 et 10 : Photo des participants à la réalisation de la charpente pour les deux vies du bâtiment

2. Une charpente démontée / remontée

2.1. Intégré dès la conception du projet !

Le bâtiment commandé pour sa première vie devait intégrer la contrainte d'occupation temporaire de l'association sur le site de la caserne. Il s'agissait donc dès la conception d'imaginer une structure, une enveloppe, qui pourrait se démonter rapidement pour être utilisée dans une nouvelle occupation. C'est ainsi que nous avons mis en place une charpente démontable avec des assemblages mixtes traditionnels bois (embrèvement, …) et du boulonnage. Des panneaux standards, fait d'un cadres bois et d'un remplissage en chanvre recyclé sont tous de dimensions identiques pour un démontage remontage aisé.

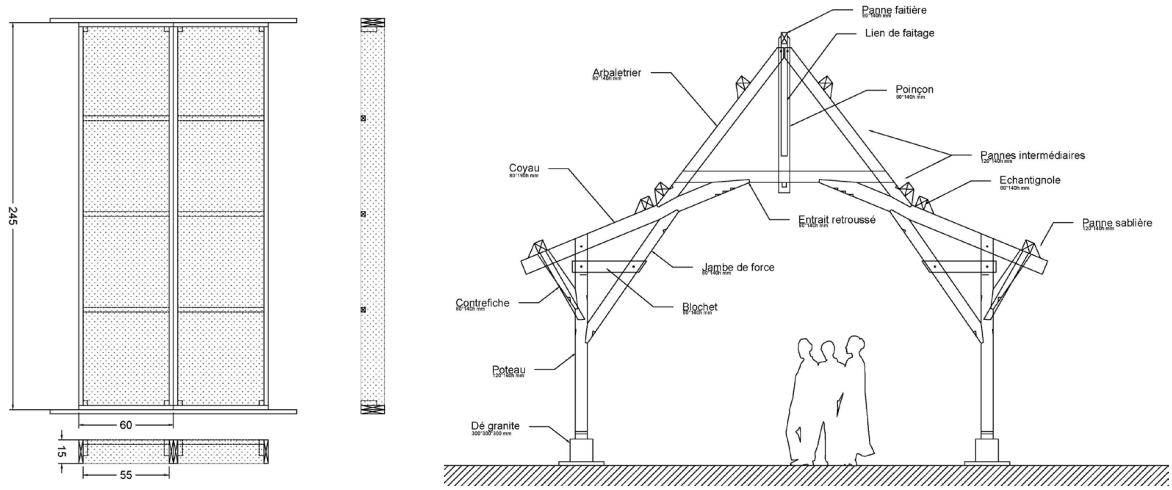


Image 11 : Dessin technique de panneau démontable d'isolation et de charpente

2.2. Un suivi de démontage précis

Au début de l'année 2023, l'association Aurore a donc dû quitter le site de la caserne Exelmans. Le bâtiment de la Bricole, après 3 ans d'activités a été cédé à l'association Activ'18 pour une nouvelle vie à la station de la Gare des Mines porte d'Aubervilliers.

Une mission de démontage nous a été confiée pour accompagner les équipes techniques d'Aurore à effectuer un démontage précis et référencé permettant l'inventaires de matériaux et matériels, et préparer le transport et le remontage du bâtiment.

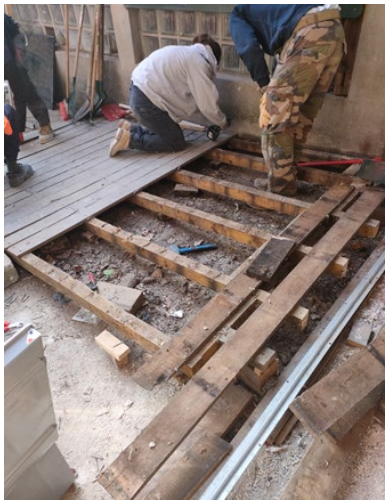




Image 12, 13 et 14 : Photo de démontage du bâtiment (A+1)

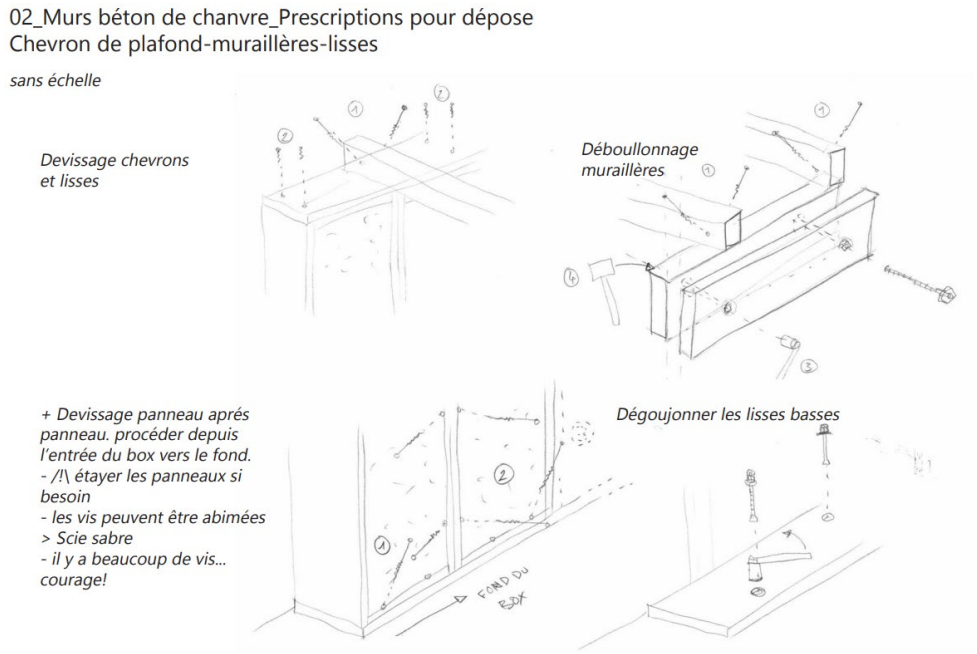


Image 15 : Carnet de démontage (Diwan Corre / A+1)

Le suivi de démontage a permis d'expérimenter la viabilité de la conception et de la mise en œuvre en vue d'un démontage. Ce retour d'expérience permet aujourd'hui des ajustements pour les prochaines conceptions de bâtiments temporaires.

Le démontage du bâtiment à la caserne Exelmans a duré 3 mois, par une équipe réduite. Son transport, une semaine du 16ème au 18ème arrondissement.

2.3. Un remontage en cours

Depuis la fin de l'année 2023, le remontage du bâtiment au complet est en cours avec les équipes de salariés d'Activ'18 et des artisans. Fort du premier montage et du suivi du démontage, le remontage nécessite tout de même des ajustements, réparations, renforts… Cela est dû au nouvelles contraintes du site, du cahier des charges des nouveaux usagers, mais aussi de l'état des éléments qui ont pu être altéré pendant le démontage, le transport et le stockage.



Image 16 : Photo de la Bricole en cours de remontage a la Gare des Mines

Quelle seconde vie pour le bois structurel ?

Morgane CROQUELOIS
Rewood
Lille, France



Assurabilité du structurel en maîtrise

En 2023 Rewood réalise ses premières visites et récupérations de bois issus de chantier de démolition…



La promesse d'une belle charpente à réemployer…



Après la déconstruction, le réemploi est-il encore possible ?

1. L'étude

A la suite d'autres demandes que ce soit dans la temporalité de la déconstruction, du diagnostic ou d'une volonté d'achat de la part de la maîtrise d'œuvre ou maîtrise d'ouvrage, Rewood lève de premiers freins. En 2024 accompagné par le Booster du Réemploi, le CD2E et Fibois Hauts-de-France, l'objectif est d'aller encore plus loin.
Une première étude de 2 mois est donc lancée fin 2023 avec une équipe d'étudiants en architecture et génie civil, ayant pour but d'identifier clairement les nœuds et les contradictions en vue de mieux qualifier le bois de réemploi de structure.
Cette équipe a interrogé une trentaine d'assureurs, architectes et bureaux d'étude et de contrôle.
Nous souhaitons avec cette table ronde continuer à croiser les regards d'acteurs et d'initiatives qui font évoluer le réemploi du bois structurel et continuer d'alimenter cette étude ouverte à tous.



Table des matières

Introduction ... **3**
Lexique ... **4**
I. Réaliser un projet avec du réemploi ... **5**
Bien démarrer son projet ... 5
Les Avantages ... 8
Les Risques ... 10
II. Le réemploi peut être assuré, conforme et garantie ... **12**
Différence entre le neuf et le réemploi ... 12
Les techniques courantes et non-courantes en assurance ... 14
Responsabilités ... 16
Documents clés ... 21
1. Cahier des Clauses Techniques et Particulière ... 21
2. Document Technique Unifié ... 23
3. Avis Technique ... 28
4. Fiche Technique ... 29
II. Comment assurer son projet ... **34**
Types d'assurances et garanties ... 34
Qui souscrit quoi ? ... 35
Les clés pour assurer le bois de réemploi ... 36
1. Dialoguer avec les parties prenantes ... 36
2. Chercher la preuve par l'expérience ... 37
3. Rassurer l'entrepreneur ... 37
Remerciements ... **38**
Bibliographie ... **39**

L'étude sera à nouveau alimentée en 2024 avec de nouveaux témoignages et retours d'expérience.

2. Le réemploi structurel : une décision commune et transverse

Il existe des assureurs et bureaux de contrôle qui ne s'opposent pas au réemploi des matériaux. Ils sont prêts à envisager des alternatives aux protocoles habituels prévus pour les matériaux neufs.

Trouver le bureau de contrôle/ l'assureur enclin au réemploi et sensible à ce sujet : en effet, la sensibilité à ces questions peut varier d'un acteur à l'autre. Certains seront plus disposés à coopérer et à soutenir le réemploi que d'autres.

Concernant les parties prenantes : maître d'ouvrage, maître d'oeuvre, bureaux d'études et de contrôles, artisans, fournisseurs etc, un projet d'architecture qui intègre du réemploi demandera une organisation et une communication plus horizontale à la différence des projets classiques qui sont globalement dans une verticalité descendante dans la prise de décision. De même, la maturité et le niveau de confiance entre les parties prenantes sont des critères à prendre en compte. La responsabilité entre les parties prenantes peut se retrouver ainsi répartie différemment que pour un projet de construction avec du bois neuf.

Ces discussions nécessaires permettent de s'assurer du soutien d'un bureau de contrôle et d'un assureur dès le début des projets de réemploi, un point essentiel afin de pouvoir préparer avec eux le dossier d'assurabilité.

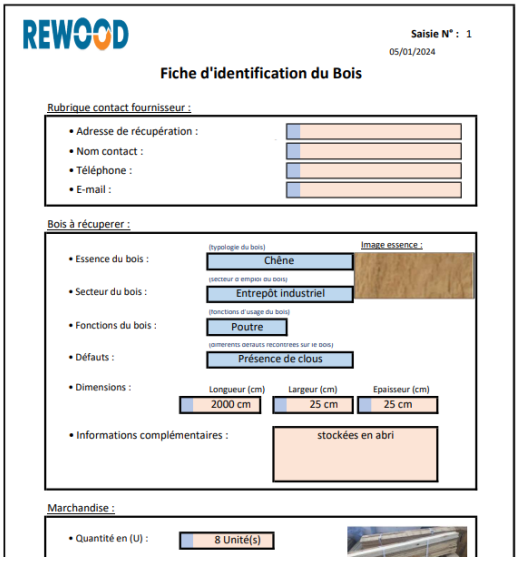
3. Réemploi du bois et partage des connaissances

Comme illustré ci-dessous, il existe de plus en plus de partages d'expérience et de ressources que ce soit via le CSTB (« Méthodologie de diagnostic et d'évaluation des performances pour le réemploi des charpentes industrialisées »), Bellastock (« Le réemploi passerelle entre architecture et industrie • Résumé scientifique ») et bien d'autres ne pouvant pas tous les citer.



Le cas pratique de la restructuration de la Grande Halle de Colombelle nous montre des points clés qui ont permis de créer un lot pour des éléments de structure (CSTB, ROTOR, BELLASTOCK)

Ses éléments techniques sont nouveaux par rapport à l'assurabilité du bois neuf et doivent être fournis en plus des avis techniques, CCTP, attestations entre vendeur et poseur et doivent permettre également outre les caractéristiques visuelles et mécaniques de signifier les modalités de démontage et conservation du bois et être intransigeante sur la traçabilité.



Chez Rewood la création d'une fiche technique de quelques pages spécialement conçue pour le bois était nécessaire pour la traçabilité interne, l'empreinte carbone et la recherche d'assurabilité pour nos acheteurs. C'est une première version qui a été développée suite à leurs retours pour 2024.

Le besoin d'unification et la généralisation à l'usage de ces fiches par les organisations nationales permettront de tendre vers une normalisation. Le rôle nouveau du qualificateur interne ou externe au projet est une fonction intermédiaire qui doit s'intégrer au sein de la chaîne d'acteurs. Le réemploi pourra être assuré, conforme et garanti grâce à ces différentes pratiques et mesures.

Ecomaison, l'éco-organisme engagé dans la gestion de la fin de vie des produits bois : réemploi, recyclage, valorisation

Ambre LE FERREC
Ecomaison
Paris, France



Ecomaison, l'éco-organisme engagé dans la gestion de la fin de vie des produits bois : réemploi, recyclage, valorisation

1. Qui est Ecomaison ?

Créé en 2011 sous le nom d'Eco-mobilier, Ecomaison est un éco-organisme, société privée à but non lucratif, agréé par l'Etat pour organiser la collecte, le tri, le réemploi et le recyclage des produits de ses filières : mobilier et literie, produits et matériaux de construction du bâtiment, articles de bricolage et jardin, jouets et jeux de plein air.
Grâce à son expertise acquise en 10 ans sur la filière à Responsabilité élargie des Producteurs (REP) Ameublement et sur le matériau bois, Ecomaison accompagne déjà plus de 13 000 entreprises (sur ses quatre secteurs) dans leur mise en conformité réglementaire pour prendre en charge la fin de vie de leurs produits. **Adhérer à Ecomaison simplifie leurs démarches** et leur permet de bénéficier de tous leurs services !
En continuité de notre accompagnement à l'éco-conception, à l'augmentation du réemploi, de la réutilisation, du recyclage et de l'allongement de la durée de vie des produits, Ecomaison intègre des éco-modulations dans ses nouveaux barèmes des éco-participations permettant de favoriser les pratiques plus vertueuses.
Pour en savoir plus, venez nous rencontrer sur le **stand B4 Hall 2**.



2. Développer le réemploi des produits du bâtiment

Ecomaison, agréé pour les déchets non inertes du bâtiment (catégorie 2), et Ecominéro, agréé pour les déchets inertes du bâtiment (catégorie 1), proposent aux entreprises soumises à la REP des Produits et Matériaux de Construction du Bâtiment (REP PMCB) une offre complète de collecte, de recyclage et de services pour leur permettre de répondre à leurs obligations réglementaires de gestion de fin de vie de leurs produits. Les deux éco-organismes encouragent volontiers des actions communes visant au réemploi et à la réutilisation des produits, équipements et matériaux.

Pour développer le réemploi dans le bâtiment, Ecomaison agira en deux temps :

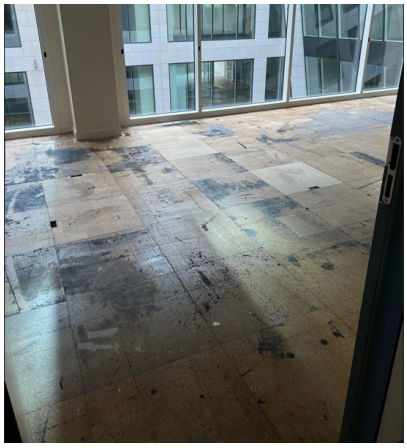
- **En 2024 : réalisation d'expérimentations et détermination des principaux leviers du réemploi** pour identifier les produits demandés, pour identifier les points de faiblesse ou bloquants de la chaine de valeur existante
- **En 2025 – 2028 : déploiement et mise en place d'un dispositif pérenne** permettant de développer et d'inciter davantage au réemploi.

Grâce au large périmètre de produits couverts par Ecomaison, les chantiers pourront être traités dans une synergie globale des différentes filières REP pour lesquelles Ecomaison est agréée. Les axes retenus par Ecomaison en amont de l'étude des chantiers sont les suivants :

1. **Développer l'usage des matériaux réemployés** dans les chantiers de construction et de rénovation (ie. développer la demande)
2. **Développer la récupération** des produits et la déconstruction sélective (ie. soutenir l'offre)
3. **Déployer la concertation** avec les différents acteurs (acteur de l'Economie Sociale et Solidaire, artisans du bâtiment, intervenants locaux et régionaux)
4. **Promouvoir la sensibilisation et la formation**
5. Mettre en place une **traçabilité des flux**, en coordination avec la filière.

Pour le premier chantier expérimental de réemploi suivi par Ecomaison, Avant Seine, les enjeux étaient triples :
- Devoir tester de nouveaux marchés ;
- Comment synchroniser l'offre et la demande ;
- Préserver la qualité des matériaux conservés pour le réemploi.

Avant Seine, à Paris, est un chantier de réhabilitation de 45 000m² de surface dont le curage a été confié à Neom (filiale de VINCI Construction), qui s'est organisé autour d'une collaboration efficace avec les éco-organismes Ecomaison et Ecominéro, mais aussi des entreprises de réemploi, comme Avec Service. En tout, 10 000 m² de produits ont été sauvegardés (faux planchers, sanitaires, pierres agrafées… et même faux plafonds, pourtant réputés trop fragiles), et 22% des produits réemployés étaient des PMCB de la catégorie 2 (non inertes). Le réemploi du matériau bois a représenté plus de 600 tonnes : des dalles de plancher technique, des portes en bois et un grand meuble d'accueil en bois, grâce à notre logique de synergie entre les filières.





3. Le recyclage et la valorisation matière, une succession d'usages avec une décarbonation sur le long terme

Lorsque les produits bois ne peuvent être réemployés, le matériau est recyclé avant d'être orienté vers une voie de valorisation matière ou énergétique. C'est ainsi que 70 % du bois collecté par Ecomaison est recyclé sous forme de panneaux de particules. Le dioxyde de carbone (CO_2) continuant d'être stocké au cours de la vie des produits forestiers, le recyclage permet d'allonger la durée du stockage dans les produits en bois ou à base de dérivé de bois.

Ecomaison s'est donné comme ligne directrice de développer de nouveaux exutoires et améliorer la qualité du gisement bois qui sera recyclé afin d'accroitre la performance des nouveaux produits et la proportion de recyclage. C'est pourquoi l'équipe innovation se mobilise pour faire avancer les recherches dans le domaine et permettre aux solutions pilotes d'être industrialisées. Enfin, l'amélioration de la qualité du gisement bois, c'est aussi progresser dans le tri des déchets bois, en particulier avec les gisements PMCB où certains produits peuvent être traités. Il faut alors trouver des solutions de détection qui permettent de séparer les bois traités afin de les orienter vers les usages les plus adéquates.

4. Encourager l'éco-conception lors de la fabrication

Économiser les ressources nécessaires à la production d'un bien, en amont et prévoir sa fin de vie, en aval. Tels sont les principaux enjeux de l'éco-conception.
A travers les programmes « Innovation for Eco-design » et « Innovation Day », Ecomaison accompagne les fabricants et innovateurs, techniquement et financièrement, dans le développement de leurs projets d'innovation pour aller toujours plus loin dans la circularité des produits et de la matière.

5. Les différents Appels à Projets ou Appels à Manifestation d'intérêt d'Ecomaison

Pour avancer parallèlement sur les différents sujets que sont le réemploi, l'éco-conception des produits bois ainsi que le recyclage de la matière, Ecomaison ouvre des appels à projets sur sa plateforme dédiée : https://espace-innovation.ecomaison.com/fr

Sur cet espace, vous retrouverez :
- Les Appels à Manifestation d'Intérêt « Réemploi & Territoires »
- Les Appels à Projets INNOVATION ET RECYCLAGE
- Les Appels à innovateurs et Appels à Projets ÉCO-CONCEPTION
- Les Appels à Innovateurs COLLECTE-SERVICES

Village des Athlètes – Ecoquartier de L'Île-Saint-Denis

Erik GIUDICE
Architecte, Gérant
EGA Erik Giudice architecture
Paris, France



VILLAGE DES ATHLÈTES – ECOQUARTIER DE L'ÎLE-SAINT-DENIS

1. Île-Saint-Denis (93), France

SOLIDEO

MOE :
PICHET
LEGENDRE
BIMTECH

11 ARCHITECTES :

Îlot PA :
- Chartier Dalix (coordinateur)
- NP2F
- MGAU
- Hardel Le Bihan

Îlot PB :
- Petitdidier Prioux (coordinateur)
- Atelier Fabrice Commerçon + N'Doye
- Gaëtan Lepenhuel
- NZI architectes



Perspective aérienne de l'écoquartier

Îlot PE :
- EGA Erik Giudice Architecture (coordinateur)
- AAVP
- Randja
- NPF

La création à double détente de l'Ecoquartier Fluvial îlot dionysien constitue un défi urbain, social et environnemental majeur. Ainsi le projet mobilise plus de cinquante spécialistes de la fabrique de la ville : architectes, associations, techniciens, habitants, entreprises, athlètes, juristes, paysagistes, ingénieurs, artistes…

La première phase est pensée pour accueillir le village des athlètes des manifestations sportives de 2024, avec 2 700 lits. La seconde phase offrira un héritage durable et une réelle cohérence au quartier avec des immeubles de logements, bureaux, hôtel, résidence étudiante, cité des Arts, équipement sportif, commerces, etc.

Cette particularité de phasages est pensée comme un atout pour le quartier tant en termes d'attractivité et d'identité qu'en termes d'expérimentations à travers une architecture réversible.

Empreinte citoyenne, solidaire et sociale, empreinte sportive, empreinte décarbonée : ce sont tous ces héritages que nous anticipons et combinons pour imprimer au futur écoquartier son identité singulière, véritable prototype d'une urbanité harmonieuse.

Afin d'assurer la résilience du quartier à l'horizon 2050, l'aménagement des parcelles et la conception des bâtiments anticipent les changements climatiques. Au sein des bâtiments, des dispositifs low-tech et une approche bioclimatique sont intégrés.

MISSION
Coordination architecturale de l'ensemble des équipements du secteur olympique de l'Ecoquartier Fluvial (îlot PE).
Conception de deux bâtiments de logements réversibles en une Résidence étudiante sociale en bois modulaire (PE2) et en un immeuble de bureaux BREEAM good (PE5).

DEUX BÂTIMENTS DE LOGEMENTS RÉVERSIBLES :

A l'échelle du village des athlètes :

47 000 m² (SDP) sur 6 ha (surface globale du quartier)
2 703 lits athlètes sur la ZAC (Phase Manifestation sportive)

Les constructions menées par EGA Erik Giudice Architecture :

Résidence étudiante sociale en bois modulaire (PE2)
Immeuble de bureaux BREEAM good (PE5)

2. La résidence étudiante sociale PE2

MAÎTRISE D'OUVRAGE
PICHET – LEGENDRE

CALENDRIER
2019-2024

PROGRAMME
Phase Manifestations sportives :
Logements athlètes de 266 lits.
Phase Héritage : Résidence étudiante sociale de 142 logements (8 appartements T2 et 134 T1/T1').

SURFACE
3 519 m²
Dont commerce en RDC de 141 m² SDP et 238 m² d'espaces communs pour la résidence en RDC
8 étages
137 modules bois préfabriqués

PARTENAIRES
SEM Plaine Commune Développement, L'Île-Saint-Denis, Plaine Commune, Solideo, Paris 2024, Philipon Kalt.

ARCHITECTE
EGA Erik Giudice architecture

CERTIFICATIONS
Qualité de l'air
Equivalent E+C-
niveau E3 C1
RT 2012



Façade PE2

Lauréat dans la catégorie « Coup de cœur du jury » au BIM D'Or 2020

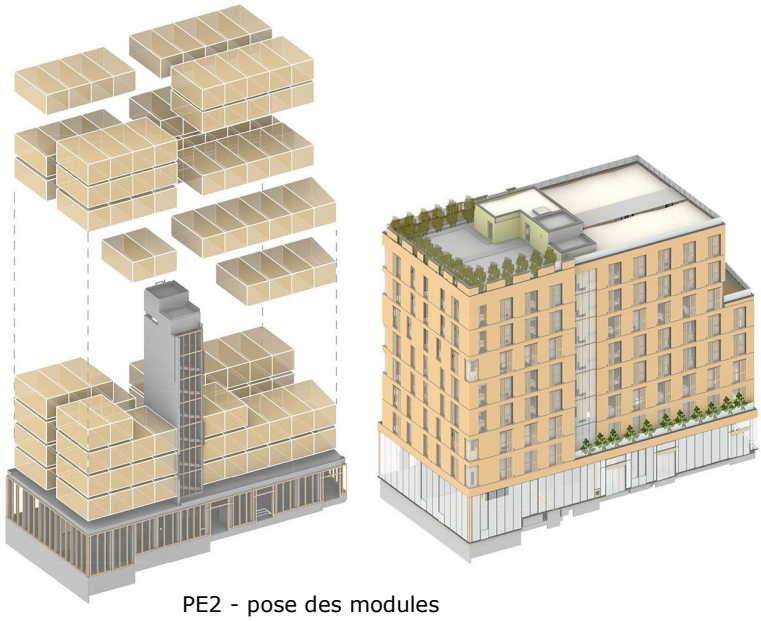
2.1. PE2 – Résidence étudiante en bois modulaire hors-site

Modularité et construction hors-site

La distinction claire dans la maquette BIM des différents corps d'état qui vont intervenir dans la construction du bâtiment permet de :

Phaser le projet, isoler les éléments préfabriqués des éléments réalisés sur site.

La conception modulaire est d'autre part facilitée par la modélisation d'un module qui se répète ensuite dans le modèle.
L'ensemble des données est recueilli afin d'avoir un suivi économique du module préfabriqué.



PE2 - pose des modules

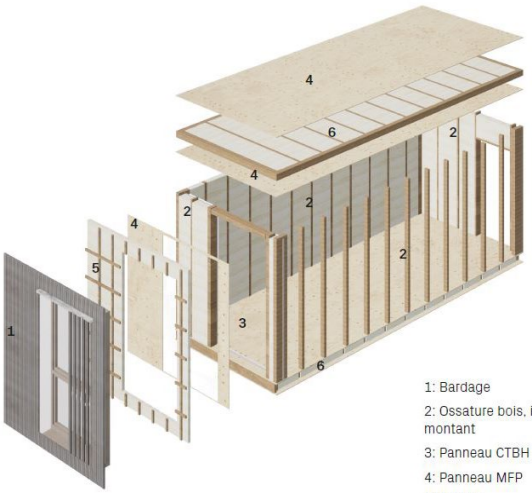
La Résidence étudiante s'inscrit dans l'Écoquartier Fluvial sur l'îlot PE, pour lequel l'agence EGA est Coordinateur, et place principale d'entrée dans le nouveau quartier. Le contexte des manifestations sportives, atout d'attractivité et d'identité de la future Place, nous a permis de concevoir une architecture réversible, en deux étapes.

La première phase est pensée pour accueillir le village des athlètes des manifestations sportives de 2024, avec 2 700 lits sur l'ensemble du secteur, et 266 lits au sein de notre Résidence. Les espaces en rez-de-chaussée seront dédiés aux activités du CNO. La seconde phase verra le rez-de-chaussée se transformer en espaces communs généreux pour la Résidence étudiante et en un commerce ; les 7 niveaux en 134 appartements T1 et 8 appartements T2.

La conception de cette Résidence étudiante sociale suit un principe de compacité et de confort d'usages, favorisant le bien-être des étudiants et le bien-vivre-ensemble. Les 142 logements étudiants sont de dimensions optimums ; les espaces communs lumineux et conviviaux.

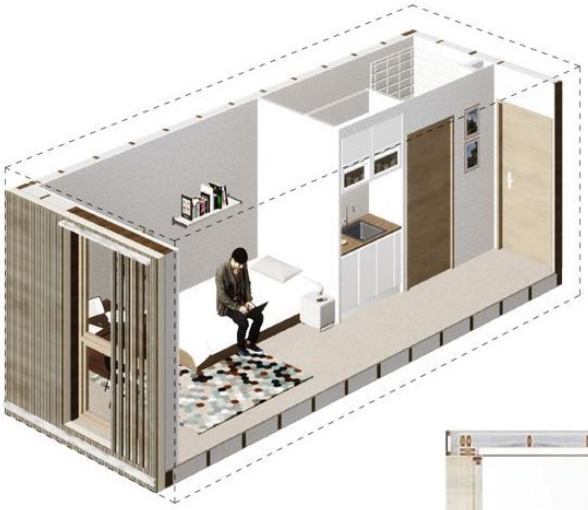
Réalisée en modules bois 3D, la Résidence peut être construite en un temps très réduit.





1: Bardage
2: Ossature bois, isolant entre montant
3: Panneau CTBH
4: Panneau MFP
5: Isolant
6: Solives bois, isolant entre solives

Système constructif du module





Aménagement optimisé intérieur du module

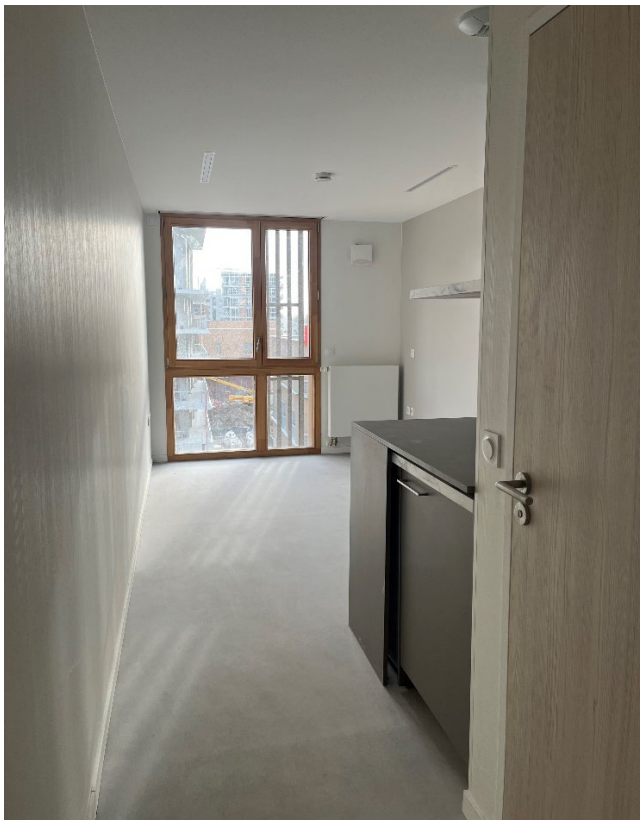


Photo intérieure – PE2

CHANTIER
Le chantier de superstructure en béton a démarré en même temps que la production hors site des modules. Après la fin des travaux de gros œuvre béton, les modules ont été posés sur site en 3 mois. Les travaux des autres corps d'État (charpente, bardage, circulation et parties communes) s'est par la suite enchaîné.

2.2. PE2 – Des performances environnementales exceptionnelles

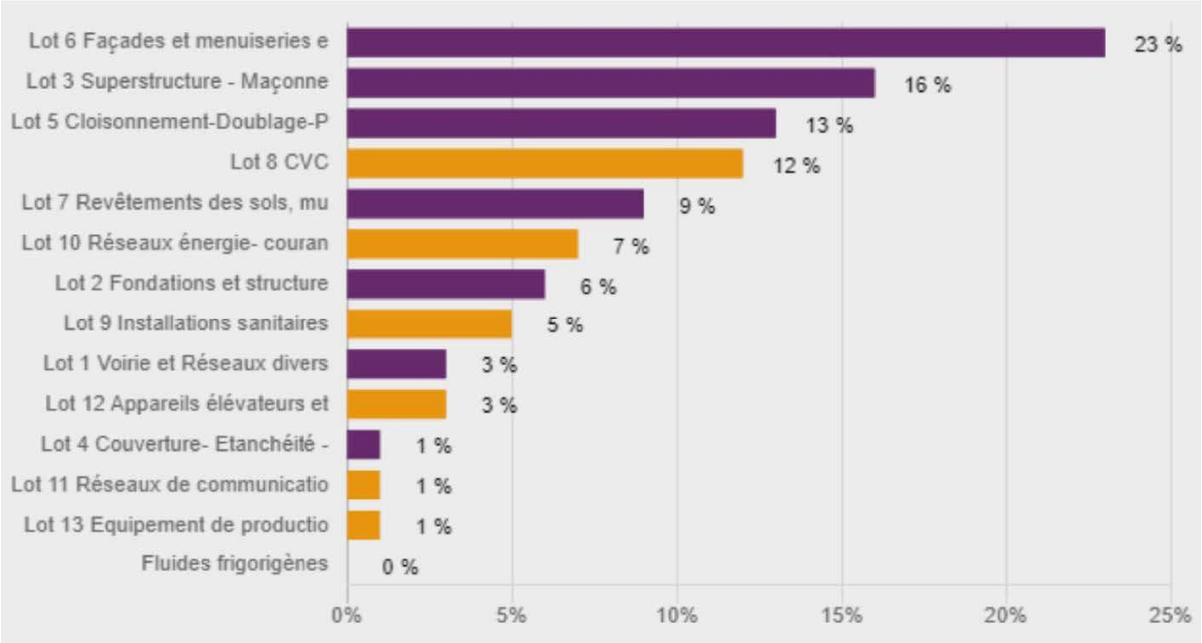
- Energie niveau E3 du référentiel Énergie Carbone
- 23% consommation par rapport aux exigences de la RT 2012
- 56% Bbio par rapport aux exigences de la RT 2012

Impact Carbone : niveau C1 du référentiel Energie Carbone

Objectif SOLIDEO 0.8 t C02/m² SDP construit

Impact Carbone PE2 : 0,64 t C02/m² SDP construit
En comparaison, un bâtiment standard affiche un impact carbone de 1t à 1,5t CO2/m² SDP construit en moyenne

Impact Carbone par lot : t C02/m² SDP construit



3. L'immeuble de bureaux BREEAM Good PE5

MAÎTRISE D'OUVRAGE
PICHET - LEGENDRE

CALENDRIER
2019-2024

PROGRAMME
Phase Manifestations sportives :
Logements athlètes 366 lits
Phase héritage : Bureaux, avec commerces en rez-de-chaussée

SURFACE
6 290 m² SDP totale
8 étages
366 lits
2019 Démarrage du projet
2023 Livraison du bâtiment

CERTIFICATIONS
Qualité de l'air
BREEAM Good
Shell & Core
E+C- niveau E3C1



Façade PE5

Lauréat dans la catégorie « Coup de cœur du jury » au BIM D'Or 2020

3.1. PE5 – Du logement au bureau

Le projet PE5 est réversible, il abritera des logements pour athlètes lors des Manifestation sportives de 2024 avant d'être reconverti en bureaux.
Dès sa conception la reconversion est pensée de manière à entraîner le moins d'ajustement possible et à permettre une flexibilité des usages optimale.

Façade bois
Répondant aux critères communs que nous nous sommes fixés pour la cohérence architecturale de l'ensemble des bâtiments de l'îlot PE, les façades sont réalisées en FOB (ossature bois) avec vêture en bardage bois. Les FOB sont fabriquées hors site et largement vitrées.

Une vêture bois enveloppe les quatre côtés du bâtiment du R+1 et jusqu'à 28 mètres au maximum, répondant aux exigences normatives.
Un traitement du bardage avec un saturateur gris irisé assure la pérennité de l'aspect et de la teinte du bois, en accompagnant de manière homogène son vieillissement naturel.



Bardage bois Douglas prégrisé en façade de Façade PE5

CHANTIER

Le chantier du PE5 a été géré dans une logique BIM, Les différents bureaux d'études et les entreprises ont interagi directement sur la maquette en partage afin de confronter les informations pour réaliser un projet qualitatif par tous ses aspects, de l'architecture à la technique en passant par une réelle efficacité environnementale, tout en respectant les délais.

ATOM WOOD – Focus feu

Caroline MORIN
GA Smart building
Toulouse, France



Valéry CALVI
CALVI ETUDES STRUCTURES
Avignon, France



Fabienne ROBERT
Centre d'Essais au Feu du CERIB
Epernon, France



Plancher ATOM WOOD – focus feu

Société GA Smart building

Depuis 150 ans, GA Smart Building invente et innove. Acteur engagé de l'immobilier et de la construction, GA a fait le choix de placer les enjeux environnementaux, sociaux et sociétaux au cœur de sa stratégie #weBuildforLife : construire pour la vie et développer des projets qui ont un impact positif. Le Groupe propose ainsi une offre globale et intégrée, de la promotion immobilière, en passant par la conception et la construction, jusqu'à la gestion de bâtiments intelligents et durables sur les marchés tertiaires et résidentiels. Depuis 60 ans, la singularité historique de GA Smart Building réside dans son procédé constructif avec ses 9 usines françaises, qui font de lui le champion du hors-site en France. Fort d'un savoir-faire historique dans la construction et la rénovation industrialisées, GA est aujourd'hui aux avant-postes d'une révolution qui touche l'ensemble du monde du bâtiment.

CERIB

Le Centre d'Essais au Feu (CEF) du CERIB est un laboratoire agréé en résistance au feu par le ministère de l'Intérieur. Il accompagne les industriels dans l'évaluation de la performance au feu de leurs systèmes constructifs en proposant des essais conventionnels, des modélisations avancées ou encore des essais dits sous feu naturel pour appréhender de manière globale les solutions à travers des approches d'ingénierie de la sécurité incendie.

Le Centre d'Essais au Feu mène des programmes de recherche au niveau international en partenariat dans différents secteurs de la construction. Il est également présent dans toutes les commissions de normalisation en lien avec ses activités que ce soit au niveau français (par exemple P92 ou AFNOR ISI), européen (par exemple Cen TC250/SC5/WG4 Eurocode bois feu) ou international (par exemple ISO TC 92 SC4).

BE CALVI

Bureau d'Etudes à taille humaine, CALVI ETUDES STRUCTURES est spécialisé en ingénierie bois depuis 1985. Nous prenons plaisir sur tous types de projets, y compris localement et sur des ouvrages de taille modeste, bien que notre nom soit associé à des références complexes : ponts routiers sans limitation de charges, Centre Pompidou à Metz, Stade de Nice Allianz Riviera, Stade couvert de Miramas et ses treillis de 80 m de portée, et plus récemment les calculs de la flèche de Notre-Dame. Le fil conducteur de notre histoire repose sur le goût de la technicité et du travail bien fait, ainsi qu'une appétence particulière pour l'invention.

1. Introduction

La réglementation française définit en fonction des ouvrages, de leur usage et de leurs dimensions, des exigences de performances. En particulier, la justification des performances de résistance au feu (classification REI) des produits et éléments de construction est encadrée par l'arrêté du 22 mars 2004 modifié. Cet arrêté cite, entre autres, comme mode de preuves, les Eurocodes et leurs annexes nationales respectives indiquant leurs conditions d'application. Les produits mixtes bois-béton comme le plancher ATOM WOOD, doivent être calibrés sur la base d'essais conventionnels. Ces derniers ont été probants et ont montré une stabilité au feu à 96 min pour un objectif de 60 min.

Dans certains cas, et dans l'attente de la parution des nouvelles règlementations relatives aux ouvrages intégrant des éléments combustibles, les services de secours demandent une évaluation complémentaire sous feu naturel pour appréhender les performances de l'ouvrage pendant toute la durée de l'incendie, y compris sa phase de refroidissement. Cela a été le cas en particulier à Bordeaux pour le projet Astérie, un immeuble de bureaux R+8, avec un dernier plancher accessible inférieur à 28 m et ayant une hauteur totale de 36 m, a été créé.

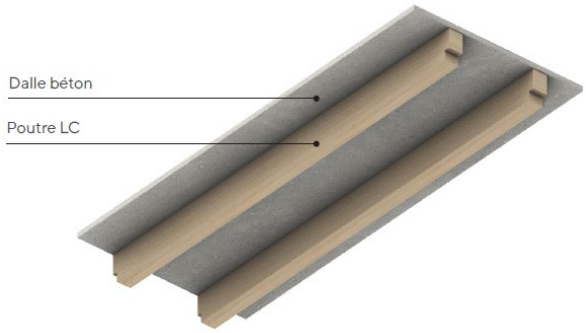


Image 1 : plancher mixte ATOM WOOD



Image 2 : vue du bâtiment Astérie à Bordeaux

GA Smart Building, en collaboration avec le CERIB CEF et le BE CALVI, a mené les études suivant ces deux axes : détermination de la performance REI dans un cadre conventionnel et détermination de la performance sous feu naturel à travers une étude d'ingénierie de la sécurité incendie. Le présent article fait le focus sur cette deuxième approche.

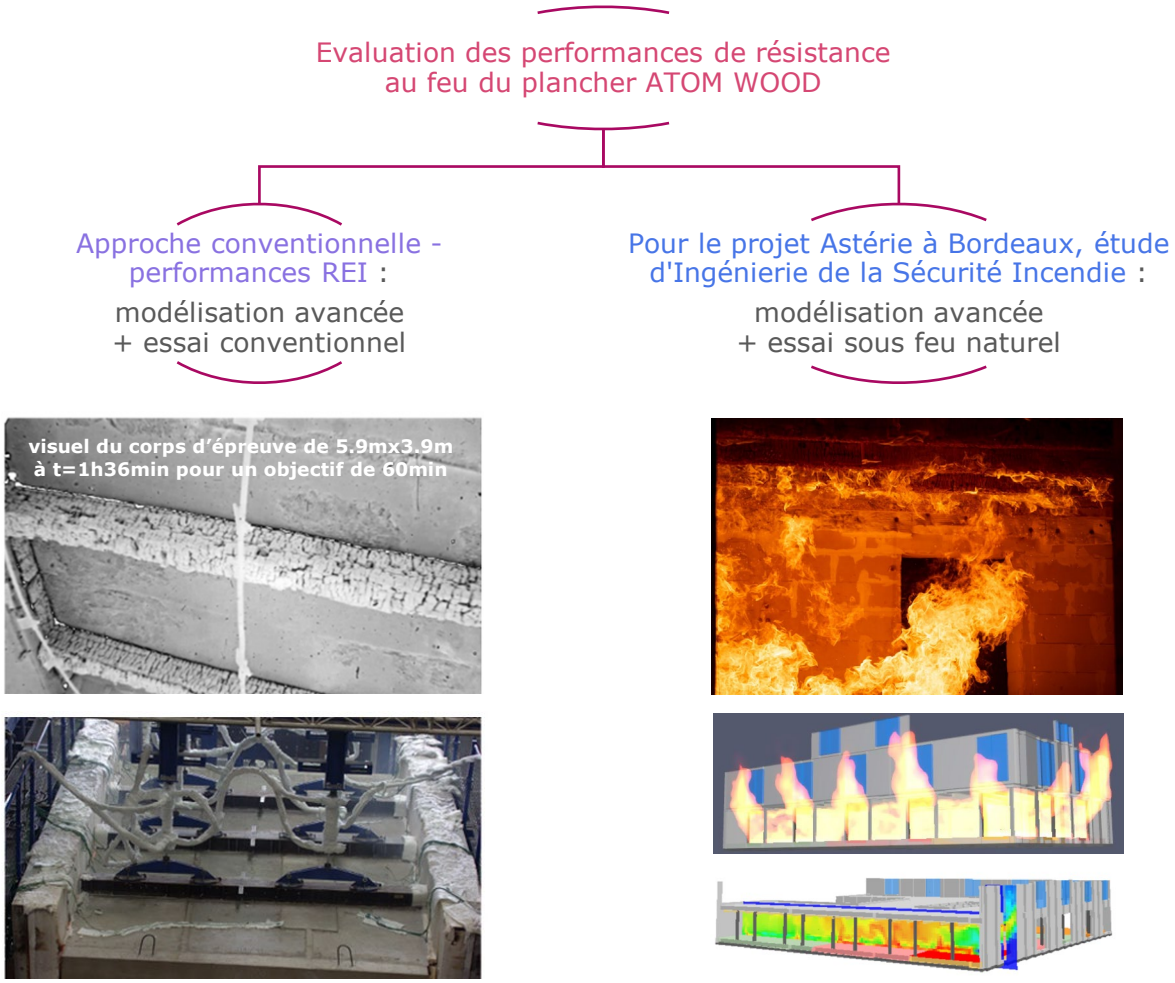


Image 3 : les deux approches d'évaluation des performances au feu du plancher ATOM WOOD

2. Etude d'ingénierie au feu

La projet Astérie, immeuble de bureaux, créé sur l'îlot 8.6 du nouveau centre d'affaires d'Armagnac à Bordeaux, a été soumis aux dispositions réglementaires applicables en aggravation du règlement de sécurité incendie validée par la CCDSA du 15 octobre 2020 du

département de la Gironde. Ces dispositions visent à accompagner la construction de bâtiments bois d'une hauteur supérieure à 8 mètres. En particulier, il est indiqué :

« Éléments de construction combustibles (poteau, poutre, cloison ...) laissés apparents, à l'exclusion des circulations.
Le bâtiment sera équipé d'une installation d'extinction automatique à eau généralisée (sprinklage, brouillard d'eau, sprinklage résidentiel ou solution équivalente). Toutefois pour les projets construits avec des systèmes poteaux-poutres, il sera possible de laisser apparente une partie de ces éléments de structure, sans avoir recours à une installation d'extinction automatique à eau. Cette possibilité sera soumise à la présentation d'études de modélisations d'ingénierie de Sécurité Incendie (ISI) favorables (c'est-à-dire présentant des garanties suffisantes par rapport aux exigences réglementaires de tenue au feu) dont les critères et scénarios auront été préalablement présentés au SDIS. »

C'est pour répondre à ces dispositions qu'une démarche d'ingénierie du comportement au feu a été proposée dans le cadre de l'application des articles 6, 15 et 16 de l'arrêté de résistance au feu du 22 mars 2004 modifié relatif à la résistance au feu des produits, éléments de construction et d'ouvrages. Cette approche permet d'assurer la prise en compte de la contribution des éléments combustibles au développement du feu et de répondre à un objectif de stabilité au feu pendant toute la durée de l'incendie, y compris la phase de refroidissement.

La démarche s'est appuyée sur des modélisations avancées, que ce soit pour la détermination des sollicitations thermiques (modèle FDS développé par le NIST) ou pour l'évaluation du comportement thermo-mécanique de la structure (modélisation sous le logiciel SAFIR développé à l'université de Liège) couplées à des essais à grande échelle sous feu naturel pour valider ces modélisations et offrir une approche robuste. Les étapes de cette démarche d'ingénierie de la sécurité incendie apparaissent sur la figure suivante :

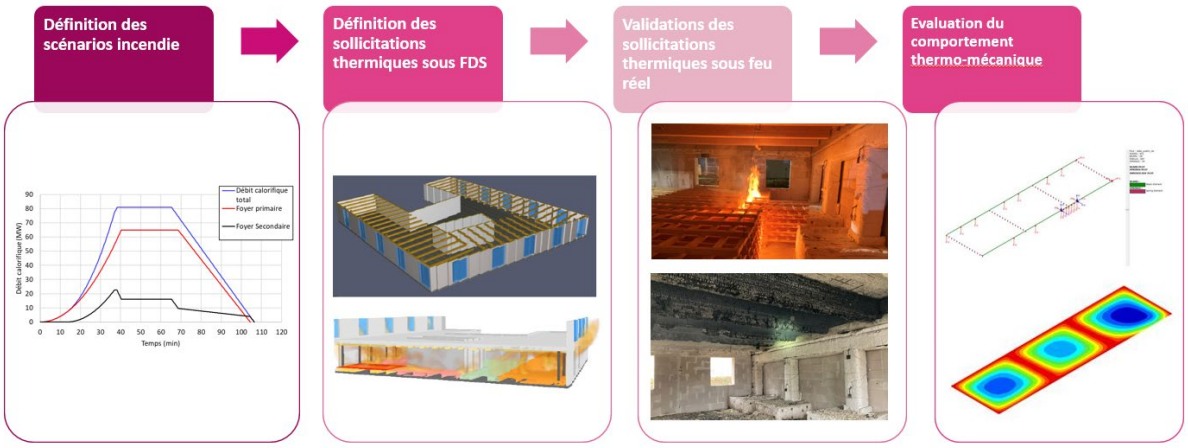


Image 4 : illustration de la démarche d'ingénierie de la sécurité incendie

2.1. Sollicitations thermiques et réalisation d'un essai sous feu naturel

Un scénario, basé sur du feu généralisé, a été considéré. Ce scénario d'incendie est choisi sur la base de l'analyse des tailles des locaux et conditions de ventilation. Le plus petit plateau de bureaux a une surface de 162 m² et une surface d'ouverture totale de 36,5 m². Le plus grand plateau de bureaux a une surface de 270,2 m² et une surface d'ouverture totale de 43,7 m².
La contribution des poutres en bois au feu et les courbes de débit calorifique globales ont été calculées sur la base d'une méthodologie développée au sein du Centre d'Essais au Feu du CERIB, en tenant compte de l'état de l'art sur le sujet, en particulier en utilisant des résultats expérimentaux obtenus pour caractériser le comportement de planchers combustibles sous feux réels à grande échelle [www.epernon-fire-tests.eu]. Les courbes théoriques du débit calorifique du foyer primaire, du foyer secondaire, et le débit calorifique total sont présentées dans la figure ci-dessous.

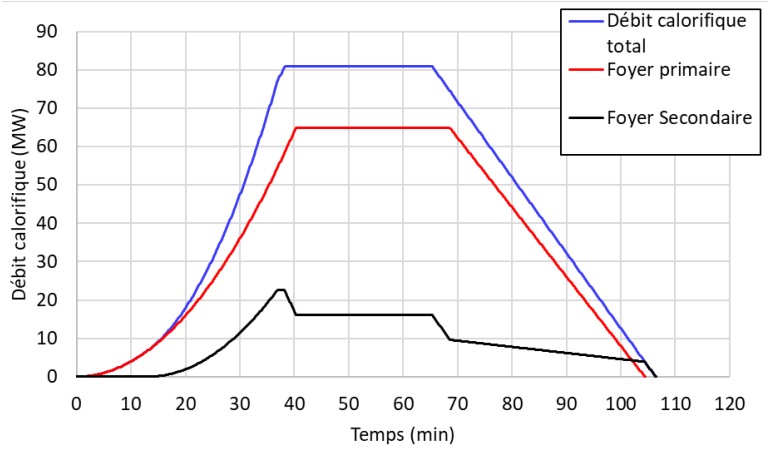


Image 1 : Courbe du débit calorifique total en bleu (foyer 1+ foyer 2) du scénario d'incendie (du feu généralisé) dans cette étude

Le modèle avancé (FDS) est utilisé pour déterminer la sollicitation thermique sur les éléments structurels.

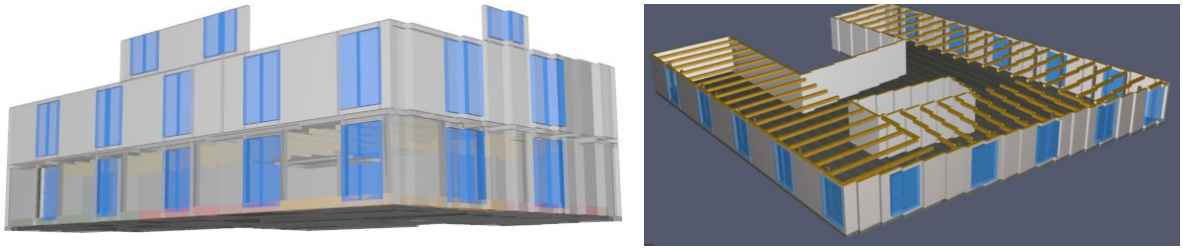


Image 2 : Vues sur la géométrie et l'emplacement des poutres en bois dans le modèle (vue en coupe)

Afin de valider ce modèle, un essai à pleine échelle dans un bâtiment de 85 m² mettant en œuvre le système ATOM WOOD a été réalisé. Cet essai a été dimensionné pour être représentatif des ouvrages envisageant la mise en œuvre du système ATOM WOOD.

Dans l'étude d'évaluation des sollicitations thermiques, la charge calorifique totale (hors poutres en bois) est la somme de deux charges calorifiques : la charge calorifique caractéristique de 740 MJ/m² qui correspond au fractile 90% donné pour le dimensionnement des immeubles de bureaux dans l'annexe nationale NF Eurocode 1991-1-2 et la charge calorique de 310 MJ/m² pour le faux plancher technique (le faux plancher est en bois aggloméré).

Les dimensions du compartiment de l'essai étaient 11 m x 8,93 m x 3,36 m (L x l x h) (84,2 m² de surface intérieure). La longueur et la largeur du compartiment d'essai ont été définies en fonction de trames représentatives du système constructif ATOM WOOD. La hauteur du compartiment d'essai a été définie pour représenter les projets réels de GA. Le facteur d'ouverture (taille de la ventilation) du compartiment d'essai a été déterminé pour être enveloppe d'un point de vue de l'endommagement des poutres bois lié à une sollicitation thermique représentative de 5 projets d'immeubles de bureaux de GA envisageant le système ATOM WOOD.

Ainsi, les sollicitations thermiques de 126 locaux issus de ces 5 immeubles de bureaux de GA ont été évaluées. La sollicitation thermique dans chacun des locaux est calculée en fonction des dimensions des ouvertures des locaux, et de la charge calorifique représentative. Parmi toutes ces sollicitations thermiques, a été identifiée la sollicitation thermique (la courbe température-temps qui sera la sollicitation thermique représentative) qui induit un endommagement présumé (une profondeur de carbonisation) correspondant au fractile 90% des endommagements évalués sur les poutres en bois pour toutes les sollicitations thermiques calculées. La profondeur de carbonisation a été calculée à l'aide des vitesses de combustions (« Charring rate ») sur la base des valeurs obtenues sous feu réel à partir du programme « Epernon Fire Test » [www.epernon-fire-tests.eu].

Les sollicitations thermiques possibles du compartiment d'essai ont été calculées pour une gamme de facteurs d'ouverture. Les profondeurs de carbonisation résultantes ont été calculées. Il a été démontré que la profondeur de carbonisation résultant de la sollicitation thermique du compartiment d'essai avec un facteur d'ouverture de 0,051 $m^{0,5}$ est similaire à celle de la profondeur de carbonisation de la sollicitation thermique représentative.

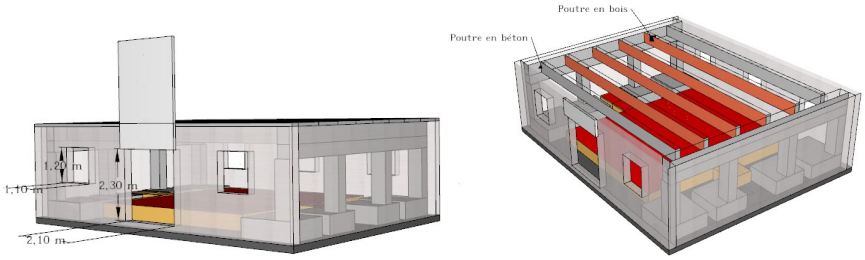


Image 3 : Vues sur la géométrie et le domaine du modèle indiquant l'emplacement des poutres en bois dans le modèle (vue en coupe)

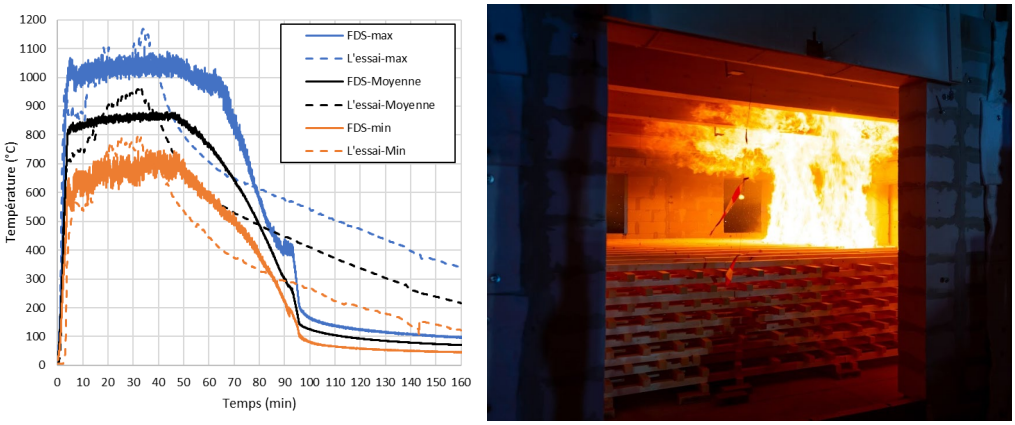


Image 4 : Température maximale, minimale et moyenne obtenue à partir du modèle FDS et lors de l'essai

La comparaison montre que des différences locales existent entre la prédiction du modèle FDS et l'essai, néanmoins on observe une bonne concordance entre les résultats. Les résultats de la simulation sont dans l'ensemble sécuritaires vis à vis de ceux obtenus expérimentalement, hormis en phase de refroidissement. Ceci a été pris en considération et la courbe suivante a été retenue dans le cadre du projet Astérie.

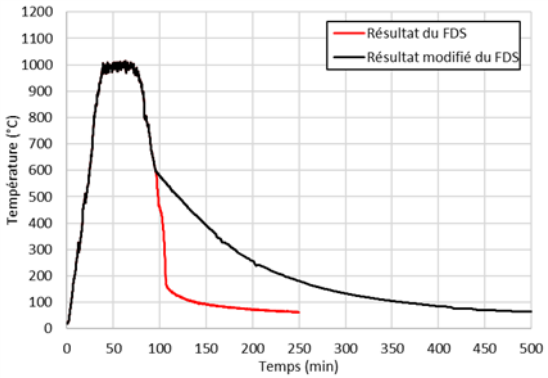


Image 5 : sollicitation thermique du scénario de feu généralisé dans l'étude Astérie.
La courbe modifiée est utilisée pour l'analyse structurelle

2.2. Modélisation thermo-mécanique

La structure primaire du bâtiment est composée d'un système poteaux-poutres en béton armé. Les façades sont composées de poteaux et de poutres en béton armé ainsi que de panneaux en béton estampé. Les voiles intérieurs du RDC et les cages d'escaliers et d'ascenseur sont en béton armé. Les planchers hauts du RDC et du R+2 sont également en béton armé. La particularité du bâtiment réside dans le plancher mixte ATOM WOOD présent au R+1 et du R+3 au R+8 sur la partie extérieure du plancher. La partie intérieure du plancher demeure pour sa part en béton armé.



Image 6 : Vue en plan du plancher (du R+1 et du R+3 au R+8 – vue archi en haut, structure en bas) avec identification des zones couvertes par le plancher mixte bois/béton

Étant donné le système constructif, il est fait le choix d'étudier les structures horizontales par partie de structure. L'analyse thermomécanique porte sur une zone représentative du plancher. Les éléments porteurs verticaux sont analysés par élément.

Dans les deux cas, le comportement au feu des structures est évalué à l'aide de méthodes avancées suivant les parties 1-2 des Eurocodes. Les calculs de structures sont réalisés avec le logiciel SAFIR (développé à l'université de Liège) utilisant la méthode de résolution par éléments finis. Les calculs non linéaires prennent en compte les actions directes et indirectes du feu (dilatation, gradient thermique, …) et se décomposent en 2 phases :

- Un calcul de réponse thermique de la structure : évaluation du transfert thermique et du gradient thermique (champ de température) dans les sections ;
- Un calcul de réponse mécanique de la structure : évaluation du comportement de la structure en prenant en compte les résultats de la phase précédente. Les effets des déformations et des contraintes d'origine thermique, induites à la fois par les élévations de température et les gradients thermiques sont pris en compte.

Les calculs non linéaires prennent en compte les lois de comportement des matériaux telles que définies par les Eurocodes partie 1-2. Implicitement, la convergence des calculs sous-entend la vérification des contraintes / déformations dans les sections. Cette convergence, à chaque itération (pas de temps de calcul), correspond à un état d'équilibre valant critère de stabilité de la structure.

En plus du critère de convergence, le critère concernant l'allongement des aciers est vérifié : la déformation mécanique des armatures en traction doit être inférieure à 15 % pour des armatures de classe B. La zone étudiée inclut la plus grande trame en portée.

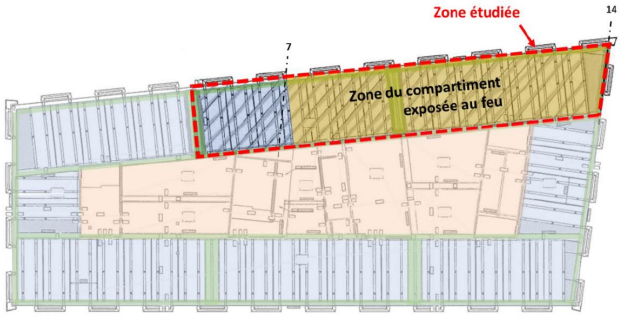


Image 7 : Vue en plan de la zone étudiée

Le modèle converge pendant toute la durée de l'action thermique. Une visualisation de la composante verticale Z du déplacement global maximal est présentée ci-dessous. L'augmentation du déplacement maximal global est de 59,9 cm et les déformations des aciers ne dépassent pas 5,5% pendant toute la sollicitation thermique.

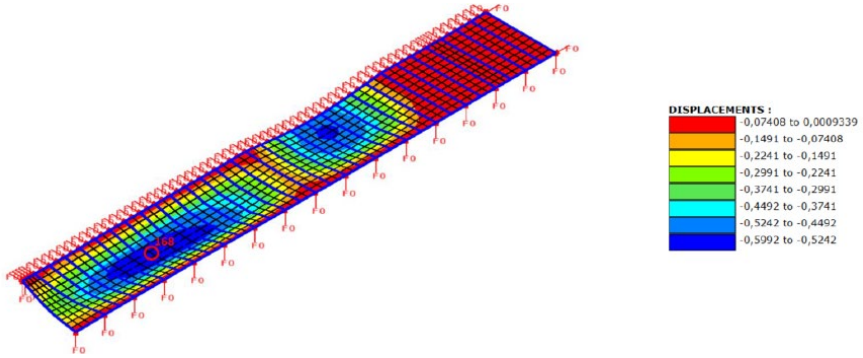


Image 8 : Déplacement global maximal au cours de l'incendie

De plus conformément au §2.1.3 de l'Eurocode 2-1-2 il apparaît que :

- L'augmentation de température maximale (et par conséquent moyenne) ne dépasse pas 140 K en face non-exposée durant la phase de montée en température et jusqu'à l'instant où la température des gaz est maximale dans le compartiment en feu ;
- L'augmentation de température maximale (et par conséquent moyenne) en face non-exposée de la dalle ne dépasse pas 200 K pendant la phase de décroissance du feu.

De fait, le plancher ATOMWOOD est réputé répondre à l'exigence d'isolation thermique pendant toute la durée du feu.
Les poteaux sont étudiés comme des éléments isolés. Leur comportement est estimé au travers de simulations numériques établies selon les principes des méthodes avancées définies par l'Eurocode 2 partie 1-2. Les résultats ont montré que les poteaux étaient stables au feu pendant toute la durée du feu réel.

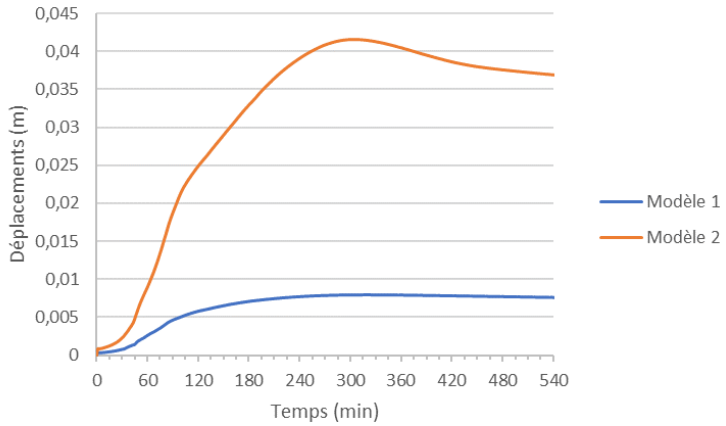


Image 9 : exemple de déplacement suivant X au cours du temps à mi-hauteur des modèles de poteaux 1 et 2.

3. Conclusions

Une étude complète du plancher ATOM WOOD a été menée pour évaluer ses performances de résistance au feu, avec une démarche robuste s'appuyant sur des essais à pleine échelle adossés à des modèles numériques avancés.
Tout d'abord, selon une approche conventionnelle en s'appuyant sur des méthodes avancées et un essai sur four en suivant la courbe normalisée température-temps : cette phase a permis de caractériser le comportement de la connexion et de formuler une appréciation de laboratoire pour couvrir la gamme considérée.
Et ensuite, selon une approche d'ingénierie de la sécurité incendie, en considérant la contribution des poutres en bois non protégées au feu et en démontrant la stabilité pendant toute la durée de l'incendie, y compris la phase de refroidissement pour le projet Astérie.

Deux opérations démonstratrices pour le plancher mixte CLT-béton HOBOA

Canopia Santé : 3 niveaux de surélévation pour un hôpital de jour

Canopia Business : immeuble tertiaire réversible ERP en R+05

Thierry SOQUET
Horizons Bois
Rennes, France



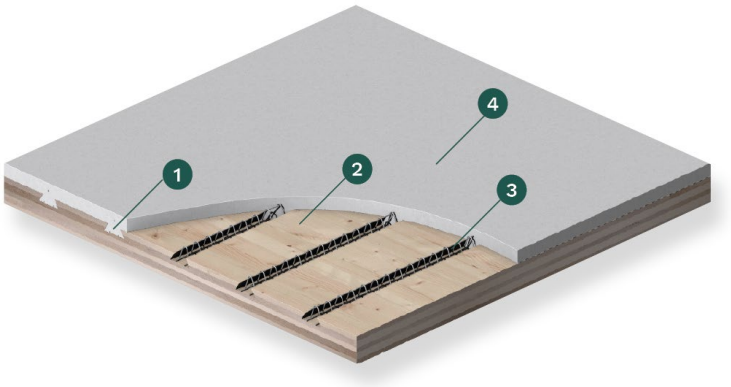
1. Qui est Horizons Bois ?

Dans le contexte actuel qui est le nôtre, un contexte d'urgence climatique, nous avons vu émerger à l'international, des bâtiments bois multi-étages qui ont fait évoluer les codes de la construction bois et ouvert le champ des possibles. La nécessité d'évoluer vers une construction plus responsable et moins carbonée est une évidence pour l'équipe d'Horizons Bois, qui développe et propose des solutions constructives pour démocratiser la construction bois. Aujourd'hui l'évolution du marché français amorce un changement de paradigme se dessinant de plus en plus clairement : la ville de demain se construira en bois.

Notre objectif est de démontrer que le bois est une réponse pertinente pour la construction de bâtiments multi-étages, et qui présente des atouts de taille : avantages environnementaux et capacité de stockage du carbone, délais de construction raccourcis, diminution des nuisances de chantier, ainsi qu'un excellent rapport poids/performance mécanique.

Nous avons conçu, développé la solution de plancher mixte CLT-béton HOBOA que nous proposons en deux procédés :

- HOBOA CS : la prédalle CLT est mise en œuvre sur chantier, et la dalle de compression béton est réalisée sur site
- HOBOA PF : nous préfabriquons le plancher mixte HOBOA en atelier et livrons sur chantier un élément de plancher mixte pour une pose en filière sèche.



1) La liaison HOBOA en blocage de forme
2) Une prédalle CLT usinée pour former la liaison bois-béton
3) Une armature de renfort des queues d'aronde béton
4) Une dalle de compression de 80 mm renforcée d'un treil-

Image 1 : représentation du plancher HOBOA

2. Retour sur deux opérations démonstratrices de 2023

Sur un même site, à Cesson-Sévigné (35) nous avons livré deux opérations différentes et complémentaires qui permettent de démontrer des capacités variées des solutions HOBOA.

2.1. Canopia Santé

Création d'un hôpital de jour en réhabilitant et surélevant un bâtiment existant. Le défi relevé : surélever de trois niveaux, sans reprises en sous-œuvre un bâtiment en R+03.

Canopia Santé
Portée longitudinale : 5,60 m
Portée transversale : 2,32 m
Charges d'exploitation : 250 daN/m² en plancher et 80daN/m² en toiture
Sismique : oui
Diaphragme via la dalle de compression
Composition : HOBOA 200+80 en plancher intermédiaire
Composition : HOBOA 160+80 en toiture
Surface de plancher HOBOA : 1900 m²
Qté de bois au m² SP : 107 kg (planchers, poteaux, FOB)

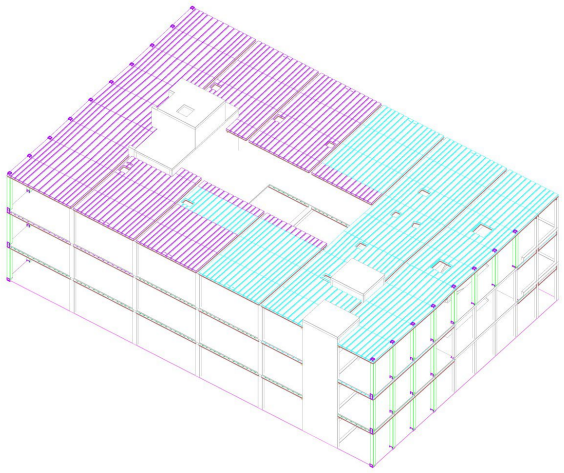


Image 2 : Axonométrie de la structure HOBOA, Canopia Santé (niveaux en surélévation)

2.2. Canopia Business

Construction d'un bâtiment de bureaux à énergie positive en fabrication hors-site d'ores et déjà réversible ERP. Le défi relevé : répondre aux réglementations des deux destinations et rendre le bâtiment le plus flexible possible. Préfabrication complète des planchers HOBOA et livraison sur chantier en juste à temps.

Canopia Business
Portée longitudinale : 6,75 m
Portée transversale : 2,57 m
Charges d'exploitation : 250 daN/m² en plancher et 80daN/m² en toiture
Sismique : non
Diaphragme via la prédalle CLT
Composition : HOBOA 200+80
Surface de plancher HOBOA : 2840 m²
Qté de bois au m² SP : 111 kg (planchers, poteaux, FOB, charpente)

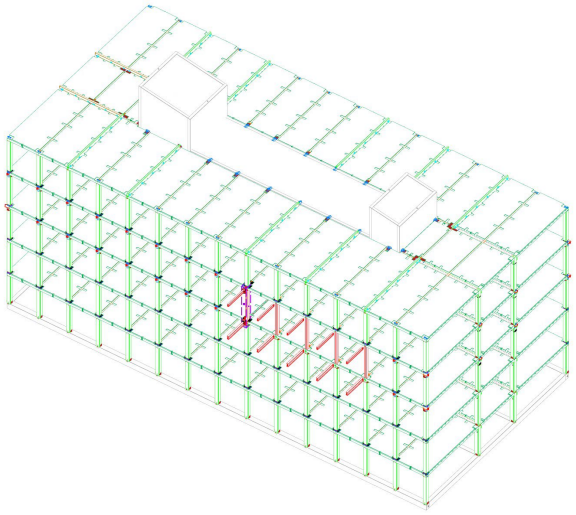


Image 3 : Axonométrie de la structure HOBOA, Canopia Business

3. Nos axes de travail

3.1. Surélever et réhabiliter, le travail avec l'existant

Le point de départ de ces opérations était l'engagement de la maitrise d'ouvrage et de la maitrise d'œuvre pour conserver le bâtiment existant. Or, une simple réhabilitation de suffisait pas à répondre au programme, il fallait créer de la surface complémentaire. Pour limiter les coûts et l'impact sur la parcelle, la piste de la surélévation a été privilégiée.
La légèreté du système HOBOA a permis la création de trois niveaux supplémentaires pour 1900 m² de surface de plancher en plus, sans renforcement des fondations existantes ni reprise en sous-œuvre. Une valorisation intéressante pour la maitrise d'ouvrage et un impact environnemental maîtrisé.
La solution constructive HOBOA en coulage sur site a permis de conserver le fonctionnement existant du batiment (structure béton armé) tout en intégrant le matériau bois. Les efforts de diaphragme sont transmis aux cages d'escalier et ascenseurs via la dalle de compression du plancher mixte, les nouveaux éléments porteurs créés sont en bois ou en béton.

3.2. Faciliter la réversibilité et l'évolutivité des espaces

Horizons Bois a permis à l'agence d'architecture Architecture Plurielle de répondre à la demande de la maitrise d'ouvrage avec encore plus d'ambition en proposant un bâtiment d'ores et déjà réversible ERP dans sa conception initiale.
Le système constructif poteau-plancher HOBOA© a autorisé la création de plateaux libres, sans poutres. L'évolutivité du cloisonnement et de la distribution des réseaux est ainsi totale. Le bâtiment est reconfigurable à l'envi et à faible coût en fonction des différents preneurs et usages. Nous avons profité de cette opération pour tester une mise en œuvre inédite : un appui ponctuel supportant 4 planchers HOBOA© préfabriqués. Si on remplace ce poteau par une poutre franchissant la distance entre le noyau et le poteau en façade, on aurait consommé 0,80 m3 de plus, soit plus de 16 m3 sur tout le bâtiment.

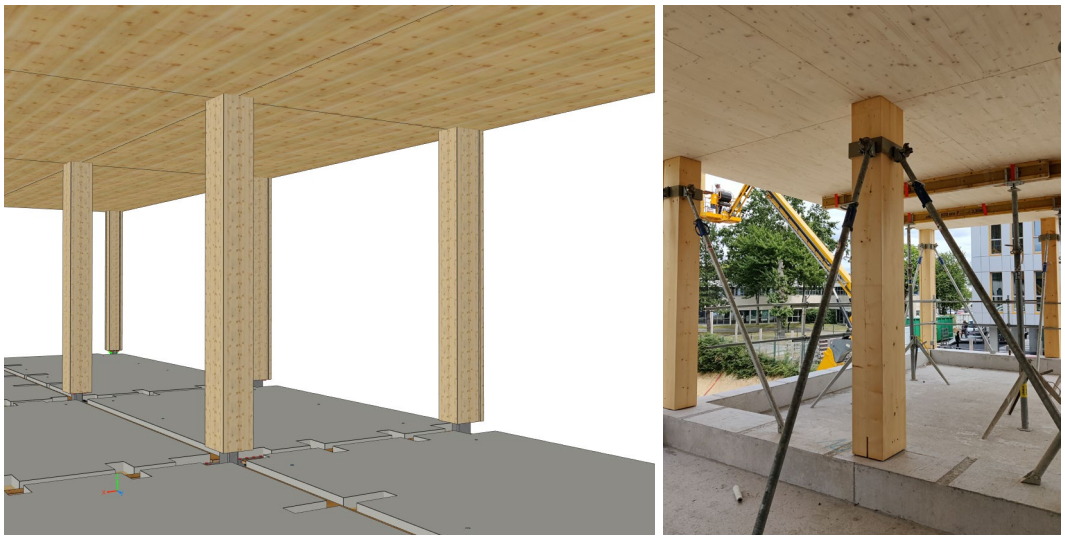


Image 4 : HOBOA, un système poteaux-plancher. Pour le bâtiment Canopia Business, 4 planchers portent sur un poteau. On économise de la matière bois par rapport à une configuration en appui avec poutre.

3.3. Comment repenser le tertiaire : engagement RSE, réversibilité, performance énergétique

Le marché de l'immobilier de bureaux n'a toujours pas retrouvé son niveau d'avant crise. Évolution des modes de travail, inflation, ralentissement de l'économie obligent ce marché à procéder à une profonde mutation. Face à une offre quasi excédentaire, il est nécessaire de se différencier pour proposer des biens attractifs. Un effet d'aubaine, mais vertueux pour la construction bois qui incarne des valeurs d'écologie, de respect du vivant, de soutenabilité etc.

3.4. Le bois en milieu hospitalier : prioriser le bien-être et le respect de l'environnement

Le matériau bois est connu pour ses qualités mécaniques et esthétiques mais également pour ses propriétés particulièrement intéressantes pour le domaine de la santé : réduction des risques cardio-vasculaires, bonne régulation hygrométrie de l'atmosphère intérieure et amélioration de la qualité de l'air, etc. Plusieurs études, notamment avec les CHU de Nantes et d'Angers démontrent les vertus antimicrobiennes du bois. Cependant on constate que ce matériau reste absent ou invisibilisé dans les établissements de soin. La maitrise d'œuvre et la maitrise d'ouvrage de Canopia Santé ont volontairement fait le choix du matériau bois pour ces vertus et prioriser le bien-être des patients et du personnel soignant.

3.5. Rendre visible la totalité de la structure bois et béton

Sur ces deux projets nous avons travaillé pour rendre la structure des bâtiments compréhensible, soignée et bien-sûr performante. Tout le bois structurel est montré ! Les sous-faces des planchers HOBOA© et les poteaux lamellé-collé sont conservées apparents. Cela appuie une volonté pédagogique pour que l'espace exprime la réalité constructive du bâtiment.



Image 5 : Canopia Santé, la structure HOBOA rendue apparente dans tout le bâtiment

En phase projet on profite d'un ratio de matériaux biosourcé de près de 100 kg /m^2 de surface de plancher comprenant les planchers, les FOB et les porteurs verticaux.
Pour Canopia Santé, un ERP, un vernis M1 a été réalisé par un prestataire partenaire. Pour un bâtiment tertiaire, il n'y a pas de nécessité d'appliquer de vernis intumescent.

3.6. Conception des assemblages

Structure bois apparente oblige, tous les assemblages sont invisibles. Les ferrures sont discrètes et sont protégées au feu grâce au bois. Toutes les ferrures sont prémontées en atelier sur les poteaux en lamellé-collé de résineux afin permettre un montage rapide sur chantier.

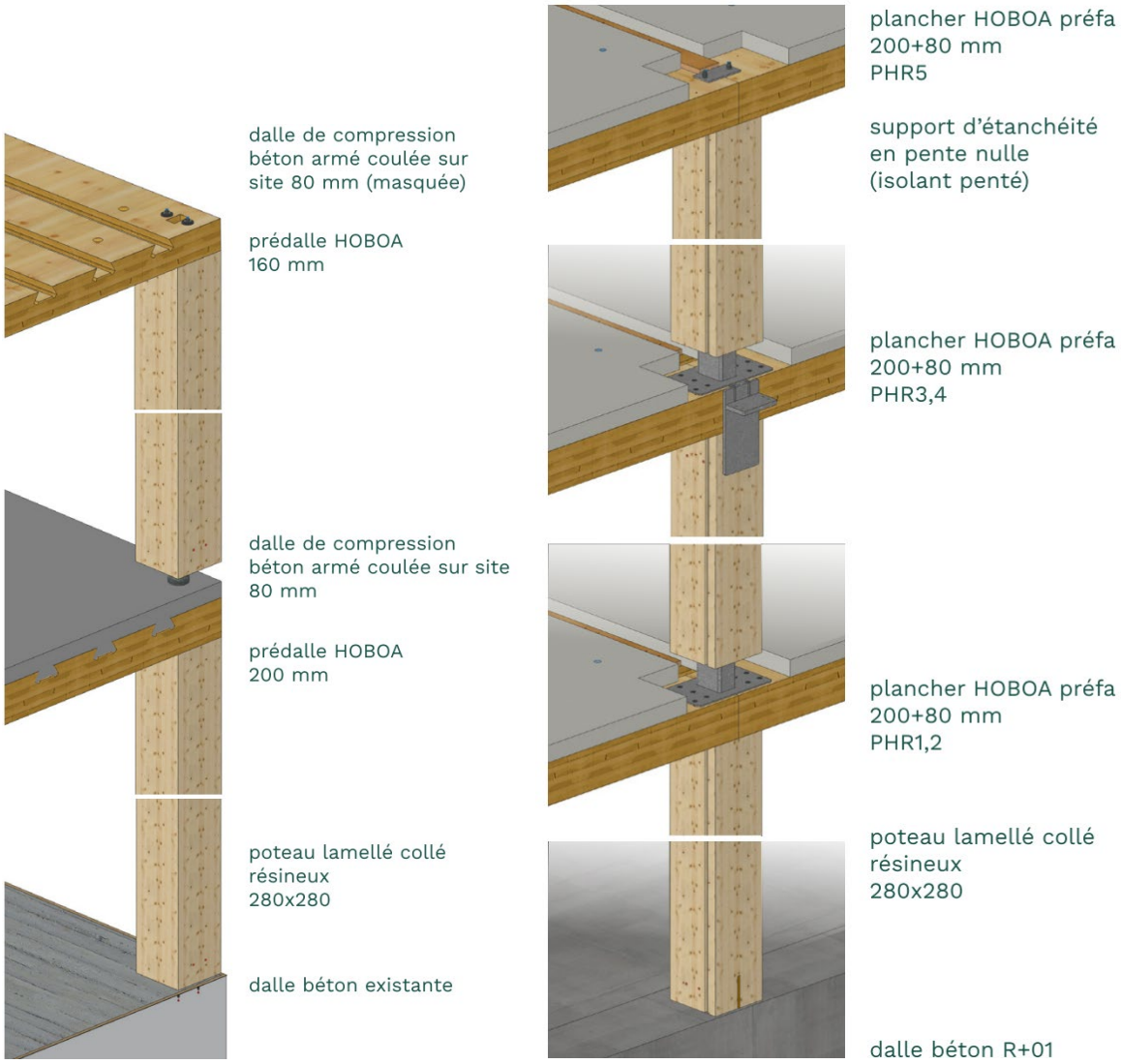


Image 6 : Axonométrie d'une série d'assemblages types Canopia Santé à gauche et Canopia Business à droite

3.7. Préfabrication des planchers HOBOA©

Si pour Canopia Santé le plancher HOBOA a été coulé sur site, pour Canopia Business, bâtiment tertiaire neuf, nous avons préfabriqué la totalité des planchers HOBOA dans notre atelier à Chartres de Bretagne. Ancrages de levage, douilles de réservation pour les garde-corps de chantier, réservation pour faciliter la mise en œuvre, tout est intégré en atelier. La fabrication et le séchage complet des éléments s'effectue en intérieur, encadrées par un contrôle qualité rigoureux.
Les planchers HOBOA préfabriqués sont ensuite livrés sur site, puis posés et liaisonnés en filière sèche. La pose peut ainsi s'effectuer en flux tendu et permet une élévation rapide du bâtiment.



Image 7 : L'atelier Horizons Bois Production



Image 8 : Pose des planchers HOBOA préfabriqués pour le batiment Canopia Business.
Les planchers sont livrés en juste à temps sur le chantier et levés directement depuis le camion.

4. Intervenants

Maîtrise d'ouvrage : SAS Sévigné Invest (1) SAS Sévigné New Project (2)

Maîtrise d'œuvre : Architecture Plurielle

BET structure bois EXE PAC Calcul : Horizon Bois Conseil (1) Vivier Structures Bois (2)

BET structure bois EXE PAC Dessin : Solutions Bois Mayenne

BET structure béton : Ouest Structures

Entreprise travaux lot gros œuvre mixte bois-béton : Ciméo Construction

Contrôleur technique : Qualiconsult

Fabricant CLT et LC : Schilliger bois

(1) Canopia Santé (2) Canopia Business, si différent.

Le plancher Mixte bois/ béton selon APB²

Quentin KLEINDIENST
APB²
Étival-Clairefontaine, France



Le plancher Mixte bois/ béton selon APB²

1. Description du projet

1.1. Les acteurs du projet

La société APB2 a été créée suite à l'association de deux entreprises : les sociétés Charpente HOUOT et DERREY SAS, dans l'objectif de porter un projet de développement d'un plancher mixte bois/béton préfabriqué pour la construction.
Les deux partenaires se complètent idéalement pour mener à bien ce projet : la société HOUOT possède le savoir-faire en matière de conception et construction de structures bois, la société DERREY a pour activités la fabrication et le négoce de matériaux béton.

1.2. Mixité bois/béton : la parfaite complémentarité pour une utilisation en plancher

Pour un plancher travaillant en flexion gravitaire, on utilise le bois en zone tendue et le béton en zone comprimée avec une optimisation mécanique et massique. Cette solution permet d'utiliser au mieux les propriétés mécaniques des deux matériaux. En effet, le béton présente une très bonne résistance en compression, et à l'inverse une faible résistance en traction. Il en est de même pour le bois mais inversement, d'où leur forte complémentarité. D'autre part, pour une utilisation dans un bâtiment à structure bois, le fait de proposer une dalle béton préfabriquée évite l'ajout de béton humide sur chantier. Les planchers bois ont presque toujours besoin de l'ajout d'une chappe béton afin de satisfaire aux obligations phoniques et feu.

1.3. Une solution polyvalente

L'idée initiale était de satisfaire aux besoins de la construction bois en améliorant le processus constructif et en réduisant encore les délais d'intervention (étayage et séchage du béton), mais les qualités de notre produit peuvent le rendre opérant dans tout type de construction : bois, béton, acier.
Notre produit se positionne sur le marché du CLT en construction bois avec une économie importante de bois : 0,04 m^3 au m² pour notre solution contre 0,2 m^3 au m² pour le CLT. Soit un rapport de 1 à 5. De plus, la dalle béton, souvent nécessaire est déjà en place et sèche, d'où un gain de temps important sur chantier.
Pour les bâtiments à structure béton, le marché que nous ciblons est celui des prédalles. Ce produit a une épaisseur de 5 à 7 cm. Il comprend l'armature inférieure nécessaire à la stabilité du plancher et sert de coffrage pour couler le béton de seconde phase sur chantier. L'épaisseur finale du plancher peut varier, en fonction de la charge et de la portée, de 12 à 40 cm.
Notre produit a été pensé pour la construction d'immeubles dont la hauteur du plancher le plus haut est inférieur à 28m, qu'ils soient à usage d'habitation ou de bureau.

1.4. Technique des planchers collaborant bois/béton

Relativement ancienne, cette solution consiste à lier mécaniquement des solives bois à une dalle béton coulée sur place. Les géométries, types et modes de fixation de ces connecteurs aux éléments bois varient selon les procédés. Ces connecteurs sont ainsi pris dans l'épaisseur variable de la dalle, ferraillée selon les besoins. L'ensemble constitue, après prise du béton, une section mixte dont les performances mécaniques sont mesurables.
Un plancher bois-béton permet de disposer de dalles massives offrant une bonne résistance au feu et un écran efficace pour freiner la propagation directe de l'incendie d'un étage à un autre. Une telle solution permet d'allier un matériau léger ayant de bonnes caractéristiques mécaniques en flexion à un matériau plus lourd qui apporte une masse propice à la loi de masse pour participer à l'isolation phonique d'étage à étage, mais également une inertie thermique particulièrement intéressante pour le confort d'été de bâtiments à ossature bois.

Cette technique a également l'avantage de ménager des espaces supplémentaires afin de rapporter de l'isolant, grâce à l'épaisseur réduite de la dalle béton.

1.5. La construction hors-site

Les solutions mixtes bois/béton sont face à de nombreux freins :

- Technique considérée comme non conventionnel (référentiel normatif très récent, ou absent)
- Introduction d'un procédé humide dans des structures bois : risque de dégradation du bois, allongement du temps de construction dû au temps de séchage du béton, nécessité d'étayer fortement la partie bois du plancher, …

Pour résoudre ces freins, la préfabrication apparait comme la solution idéale : la production en atelier d'éléments préfabriqués – parfaitement calibrés, contrôlés en termes de propriétés mécaniques et facilement assemblables sur chantier – permet de conserver la rapidité de montage des structures bois, et de supprimer les problèmes liés au béton frais coulé sur chantier.
Le point clé dans le développement d'un tel produit est la liaison entre le bois et le béton. De très nombreux connecteurs existent déjà, mais ils sont tous orientés vers des systèmes constructifs où la dalle béton est coulée sur chantier.

2. Notre solution en détails

2.1. Descriptif technique de notre produit

Le collage des éléments bois et béton est une solution qui a été peu explorée de la part des industriels. Cette solution permet d'obtenir une absence totale de glissement entre le bois et le béton, aboutissant à une action composite parfaite du complexe ainsi constitué. Nous avons retenu cette solution novatrice pour le développement de nos planchers. Nous souhaitons coupler cette solution avec le principe constructif des poutres en I. Ces poutres sont constituées de deux membrures, haute et basse, reliées entre elles par une âme mince :

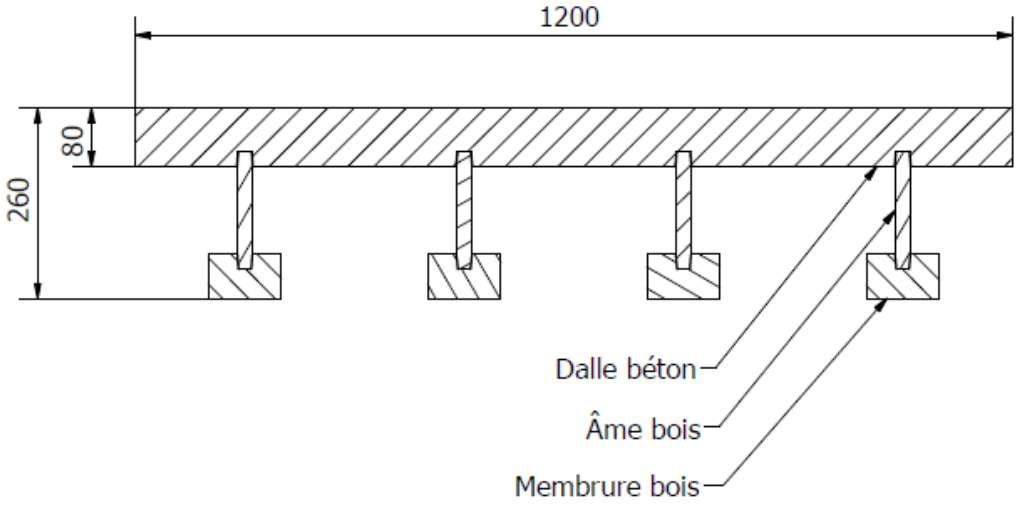


Image 1 : Schéma de principe de notre produit

Dans un souci de performance mécanique, mais aussi de valorisation de bois de feuillus, Nous avons choisis de réaliser l'âme de notre poutre en I en lamibois de hêtre. Ce matériau, très résistant au cisaillement nous permet d'atteindre des portées importantes, tout en conservant une épaisseur de plancher très raisonnable.
La membrure basse est quant à elle en bois massif abouté résineux.
La fonction diaphragme du plancher est assurée par la dalle béton. Il est donc nécessaire de connecter entre elles les dalles préfabriquées pour assurer la reprise des efforts. Nous avons sélectionné le connecteur Bügelschloss de la société BGW. Ce connecteur est donné pour une résistance en traction caractéristique de 66 kN. Une campagne d'essais est en cours pour évaluer la résistance de cette connexion en cisaillement.



Image 2 : réservation dans la dalle et connecteur

Après mise en place, et serrage des connecteurs, les réservations sont comblées avec un mortier de scellement à retrait compensé, type sikaGrout.

Illustration des étapes de fabrication :

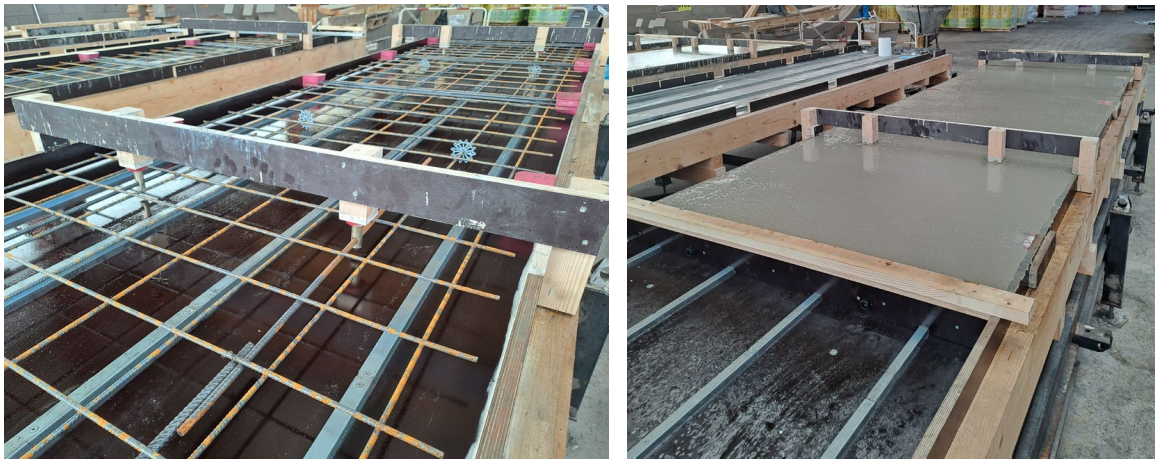


Image 3 : disposition des aciers selon plan et coulée du béton



Image 4 : Séchage des dalles béton, puis collage avec les éléments bois




Image 5 : Finition et stockage avant expédition

2.2. Détails des liaisons à la structure du bâtiment

Dans le cas d'une structure porteuse béton, les efforts de de voile sont transmis à la structure porteuse par le biais des chainages coulés en place. Pour assurer la connexion des dalles au chainage, des chapeaux coudés de diamètre 10 mm sont intégrés aux dalles lors de la fabrication.

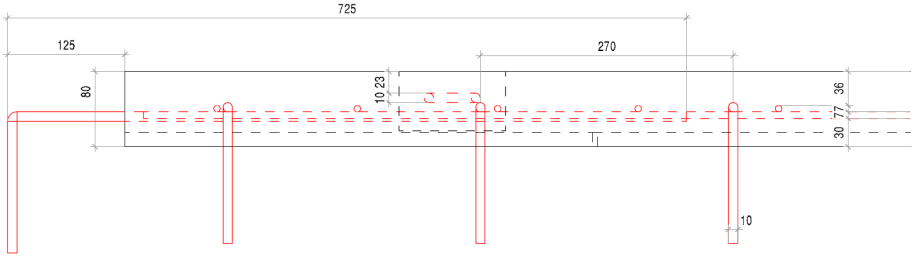


Image 6 : Exemple de plan de positionnement des aciers

L'espacement des chapeaux est fixe. Un plan spécifique à chaque chantier, justifié par une note de calcul permet de déterminer leur nombre et leur géométrie.

Dans le cas d'un bâtiment à structure bois, les dalles béton sont connectées à leurs extrémités à une pièce en bois de 80 mm d'épaisseur et d'une hauteur égale à celle du plancher. Cette connexion s'effectue au moyen de barre d'ancrage en attente dans la dalle béton.

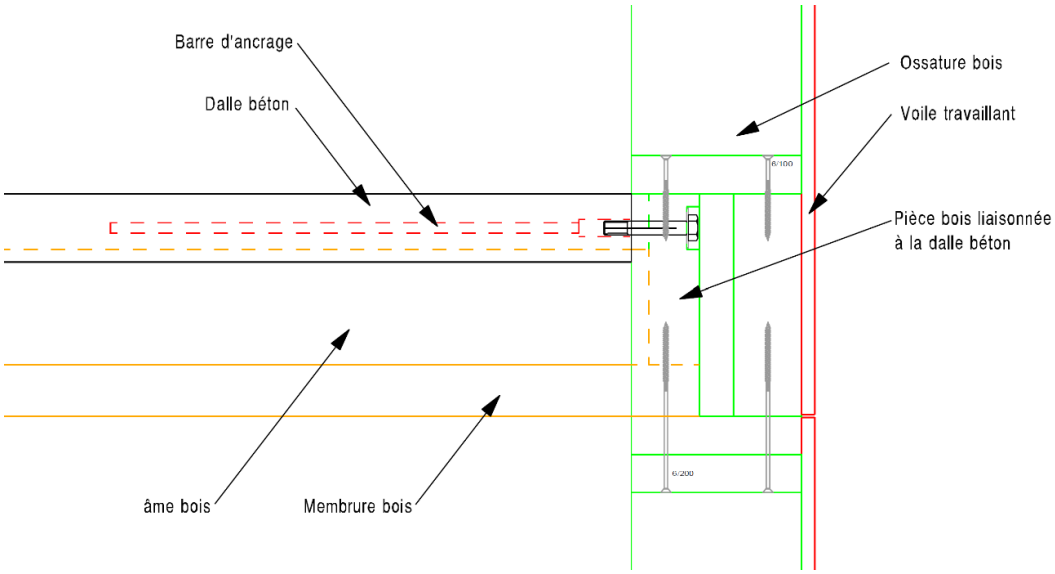


Image 7 : Détail de la liaison d'un élément de plancher à un mur ossature bois

2.3. Bâtiment démonstrateur et ATEx

Après plusieurs années de recherche et de mise au point de notre produit, nous avons entamé une procédure d'ATEx de cas A (passage obligé pour la mise sur le marché de notre produit, du fait de ses aspects non traditionnels).

Ce travail de développement s'est conclu par la réalisation d'un petit bâtiment démonstrateur de 7 m x 5 m sur deux niveaux, sur le site Cantrelle de l'entreprise DERREY à Sainte Marguerite, dans les Vosges.

Ce chantier constitue l'étape de validation opérationnelle de notre procédé.

Nous travaillons actuellement à la constitution du dossier d'ATEx, avec en particulier la réalisation d'essais mécaniques par le CrittBois.



Image 8 : Photos de la construction du bâtiment démonstrateur

Hybridal® – Une innovation pour les planchers mixtes bois béton collé

Thomas BRÉBION
Hybridal
Simplé, France



Hybridal® – Une innovation pour les planchers mixtes bois béton collé

HYBRIDAL
Plancher Bois-Béton Collé
contact@hybridal.fr

Conscient des évolutions nécessaires que nous devons apporter dans nos manières de construire, nous devons avoir de vraies solutions de remplacement des planchers dits traditionnels ou bois.
Après plusieurs années de recherches et développements, nous avons, avec des partenaires, mis au point **le premier plancher mixte bois-béton collé** et complètement fini en atelier que nous avons nommé HYBRIDAL®. Nous avons obtenu notre ATEx en plancher intermédiaire en novembre 2020 puis en support d'étanchéité en novembre 2022. A partir de là, le développement commercial et les mises en œuvre ont pu débuter. Nous avons alors réalisé des chantiers de tous types : logements, bâtiment scolaire, EHPAD, bureaux ou surélévation. Notre solution s'intègre donc dans tout type de structure et pour tous les usages.
Fort de ces réussites, nous avons déposé une demande d'avis technique qui a reçu un avis favorable en octobre 2023.

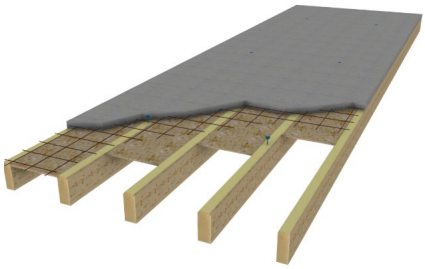


Figure 1 : Vue par couches du procédé HYBRIDAL®

1. Innovations techniques

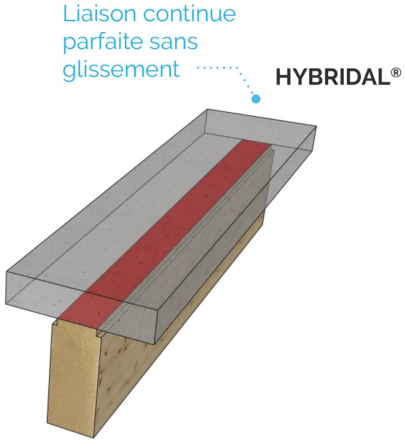


Figure 2 : Schéma de la liaison bois-

Notre procédé de connexion, exclusif à HYBRIDAL®, permet l'assemblage parfait sans glissement, offre une forte rigidité de la section bois-béton et permet ainsi de réduire la retombée du plancher. Nous économisons donc du bois ET du béton limitant alors le poids du bâti et l'impact sur les porteurs et les fondations.

HYBRIDAL® est un procédé préfabriqué et assemblé en usine de 5 à 13 mètres de portée. La largeur est adaptée en fonction du bâtiment et les entraxes de solives peuvent varier de 0.6 à 1.35m. Chaque élément est constitué d'un squelette en bois en partie intérieure et d'une dalle de compression en béton armé d'au moins 7 cm en partie supérieure. Cette liaison HYBRIDAL® a été testée en profondeur afin de mesurer l'intégralité de ses performances (cisaillements, arrachement, statique, cyclique, instantané, long terme…).

La stabilité des ouvrages peut être assurée par les planchers HYBRIDAL® formant un diaphragme, raccordés à des points durs tels que des palées de stabilité ou des noyaux béton. Le système HYBRIDAL® est applicable en zone sismique.

2. Dimensions environnementales

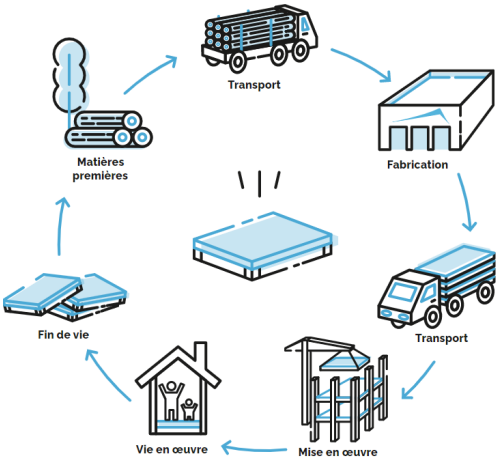


Figure 3 : Analyse ACV

Nous allons devoir évoluer dans nos modes constructifs et les matériaux biosourcés doivent répondre aux enjeux environnementaux, mais aussi aux enjeux techniques (thermique, acoustique, etc…). La Re2020 a introduit l'ACV dynamique mais aussi renforcé des notions de conforts d'été. La mixité des matériaux est alors la solution pour répondre à un maximum de paramètres. C'est la solution qui permet de maximiser les avantages du bois (puit carbone, confort de vie, …) et du béton (rigidité mécanique, masse « acoustique », inertie thermique).
À travers la réduction des deux tiers de l'utilisation du béton dans la dalle et l'intégration du bois issu de forêts gérées durablement, HYBRIDAL® intègre dans les constructions un matériau stockant du CO_2.
HYBRIDAL® dispose de sa fiche FDES certifiée sur la base Inies. Le volume de bois au m² est quantifiable pour chaque projet et peut donc être considéré dans la proportion de matériaux biosourcés d'un bâtiment.
La préfabrication est aussi un avantage majeur puisqu'elle permet de limiter de près de 95% la production de déchets sur le chantier. Dans nos ateliers, tous les emballages sont triés. Issu de la filière sèche, le pré-assemblage d'HYBRIDAL® en usine permet d'optimiser les transports en amont, de diminuer les opérations et les nuisances sur chantier (bruit, poussières, fumées) tout en maximisant la sécurité pour les compagnons d'atelier et chantier. En effet, nos modes opératoires limitent l'utilisation de matériel bruyant, maintiennent la propreté intérieure et extérieure et ne nécessitent pas l'utilisation d'eau sur le chantier.

3. Une solution acoustique

Il faut considérer le plancher HYBRIDAL® dans son environnement. Pour évaluer les besoins vis-à-vis de la réglementation, des études acoustiques complètes ont été menées sur différents complexes de planchers. Nous nous sommes basés sur des solutions qui sont aujourd'hui des cas courants dans la construction.
Par le biais d'essais acoustiques en laboratoire, nous avons démontré que le plancher HYBRIDAL® représentait une solution, sans chape, conforme à la règlementation NF Habitat. C'est un véritable avantage pour un gain de matière, d'hauteur de complexe et de temps de chantier.
Sur trois de nos chantiers, des essais in situ ont été réalisés pour comparer la théorie à la réalité. Notre bibliothèque de solutions est en constante évolution. Notre bureau d'études interne accompagne les maitrises d'œuvre de conception afin de trouver les solutions les plus enclins à leurs projets.
Dans le tableau suivant sont reportés les résultats in situ que nous avons mesuré sur l'un de nos chantiers de logements, comparés aux objectifs visés et ceux de la NF Habitat HQE. Le plancher mesuré est composé d'un sol souple 19 dB, dalle béton 7 cm, fond de coffrage OSB 12 mm, cavité de 240mm entre solives entraxes 600 mm, laine minérale 100 mm et d'un plafond 2xBA13.

	Isolements aux bruits aériens	Niveau sonore aux bruits d'impacts
Mesures In Situ		
Entre logements mitoyens	DnTa = 58 dB	L'nTw = 46 dB
Entre logements superposés	DnTa = 63 dB	L'nTw = 47 dB
Objectifs		
Objectif du projet	DnTa > 53 dB	L'nTw < 58 dB
Objectif NF Habitat HQE	DnTa > 58 dB	L'nTw < 50 dB

Figure 4 : Exemples de solutions acoustiques

Grâce à sa connexion sans glissement, le plancher HYBRIDAL® bénéficie d'une inertie globale nettement améliorée par rapport à un solivage bois classique support de plancher « Lourd » et offre ainsi un excellent confort vibratoire. Les tests in situ ont démontré que l'impact des basses fréquences était nul. Des essais dans un bâtiment de bureaux ont démontré que les résultats étaient meilleurs avec le plancher HYBRIDAL® qu'avec une solution solivage bois complété d'une chape acoustique.

4. Une pose optimisée

HYBRIDAL® est une solution prête à poser réduisant la pénibilité liée à la manutention des charges lourdes et permettant de travailler en toute sécurité. La mise en œuvre peut être effectuée par toute entreprise de maçonnerie, de gros œuvre ou de charpente bois/métallique.
Nos planchers sont livrés 28 jours après le coulage de la dalle de compression. La résistance du béton étant à son maximum, il n'est pas nécessaire de prévoir d'étaiement. Les lots secondaires peuvent alors intervenir plus rapidement et sans encombre. Une nouvelle fois, la préfabrication montre ses atouts indéniables.
Les éléments arrivant assemblés, les livraisons et rotations de camions sont alors bien moins importantes. Une étude comparative réalisée par un bureau d'études indépendant montre un gain de 22% de main d'œuvre et 16% de saturation de grue par rapport à une solution « traditionnelle » entièrement en béton.
Pour limiter les travaux de second œuvre sur site, il peut aussi être posé dès l'atelier, une sous-face finie avec isolation et passages des gaines pour les différents réseaux éventuels

5. Les applications chantier

ST HERBLAIN (44) – SO WOOD :

Fiche technique du projet :

- Promoteur : ADI
- Architecte : Berranger & Vincent Architectes
- Bureau d'études structure : ALS
- 1600m² de plancher HYBRIDAL® dont une partie support d'étanchéité pour toiture accessible
- Façades à ossature bois
- Un niveau E+C- : E3C2
- RT 2012 avec -40% en Bbio
- 75m^3 de bois structure poteaux-poutres
- 143m^3 de bois structure plancher HYBRIDAL®

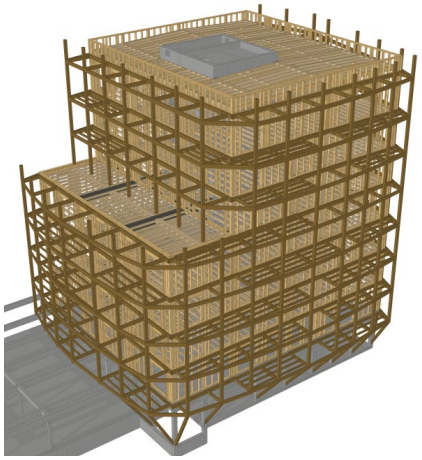


Figure 5 : Vue 3D de la structure porteuse

Il est possible d'intégrer en about de plancher des éléments porteurs directement en usine. Lors de la pose, les planchers viennent donc se poser directement sur des poteaux au droit des angles. Une ferrure de liaison permet la transmission des efforts de niveau à niveau sans solliciter les planchers en compression transversale. Des charges gravitaires importantes peuvent alors transiter. La construction de bâtiments multi-étages est alors simplifiée. Cette conception permet également d'intégrer des solutions acoustiques supplémentaires permettant d'atteindre de très hautes performances acoustiques pour ces systèmes poteaux-poutres.

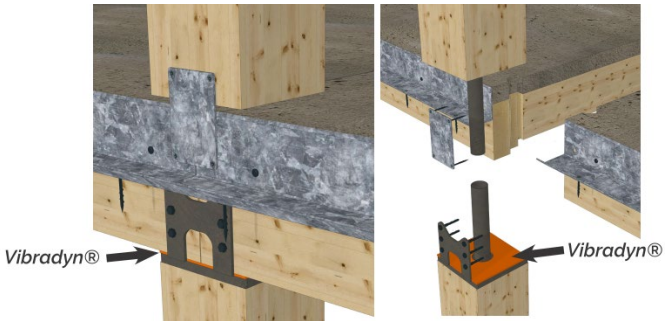


Figure 6 : Liaison au droit des poteaux



Figure 7 : Etapes d'avancement



PARIS (75) – Surélévation Rue Dareau :

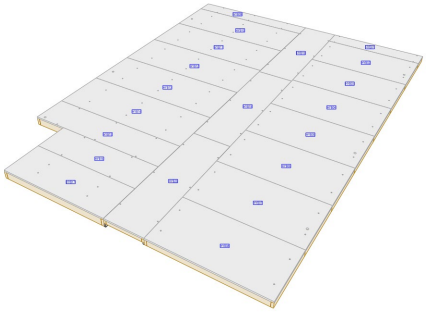
Fiche technique du projet :

- Maître d'ouvrage : GECINA
- Architecte : CALQ
- Restructuration en bâtiment de logements avec une surélévation en R+6 et R+7
- 1300 m² de planchers bois-béton collé Hybridal® préfabriqués avec des solives tous les 60cm
- Hybridal® en planchers intermédiaire et support d'étanchéité
- **Les grandes portées d'HYBRIDAL® permettent de s'adapter aux porteurs existants.**





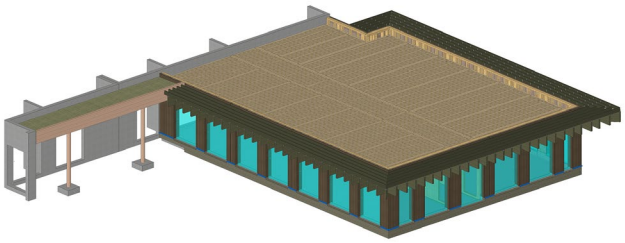
LES SABLES D'OLONNE (85) – Restructuration EPHAD « Les Jardins d'Olonne » :



Fiche technique du projet :

- Maître d'ouvrage : LNA SANTÉ
- Architecte : FORMA 6
- Projet de surélévation et d'extension de l'EPHAD
- 220 m² de caissons de toiture Hybridal® pour un système de toiture terrasse. **L'ATEx couvre un usage pour une terrasse jardin jusqu'à 60cm de terre**
- Support d'étanchéité à pente nulle
- 2 jours de levage et fixations





6. Le développement en paroi verticale : HYBRIMUR®

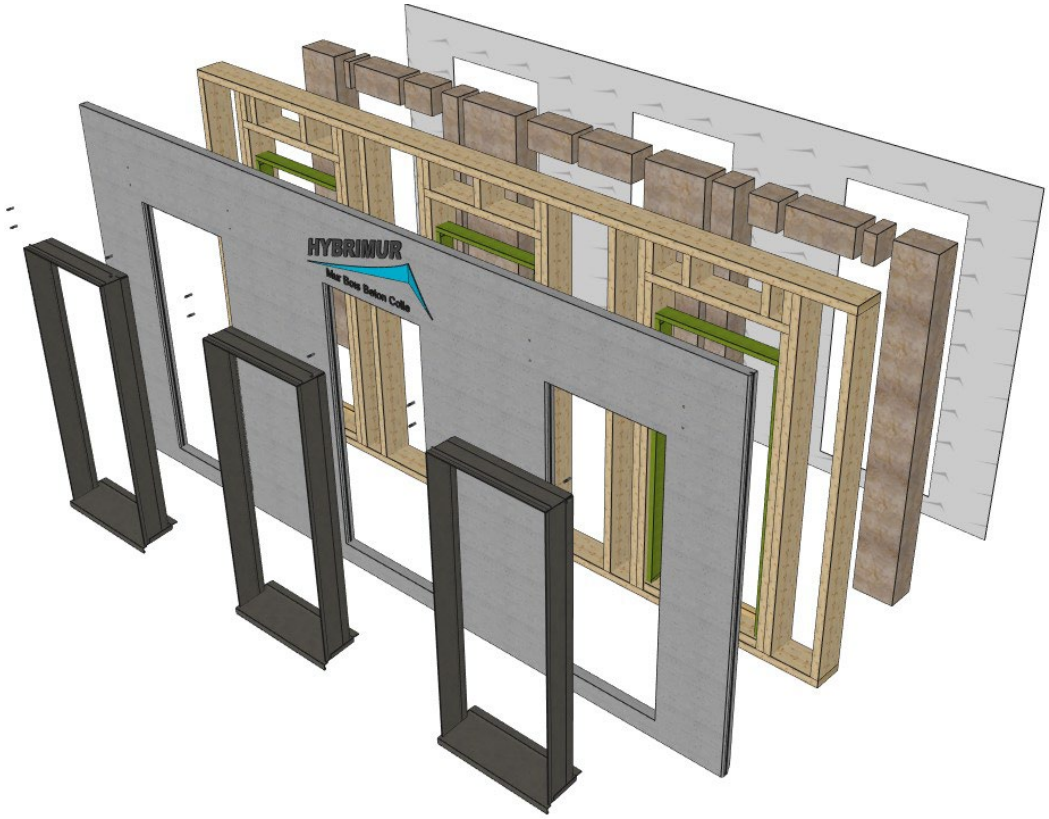


Figure 8 : Vue éclatée du procédé HYBRIMUR®

Fort du constat que le travail inter-filières est un pas nécessaire vers une construction plus intelligente, économe en ressources, utilisant des énergies moins carbonées et des matériaux biosourcés, nous avons continuité notre développement et cherché de nouvelles solutions. Pour aller dans la continuité du projet HYBRIDAL®, les 3 partenaires ont travaillé sur une nouvelle gamme de produits bois béton : les façades HYBRIMUR®.



Figure 9 : Photo d'un mur au levage

Tout comme les planchers HYBRIDAL®, HYBRIMUR® est une solution prête à poser réduisant la pénibilité liée à la manutention des charges lourdes et permettant de travailler en toute sécurité. Issu de la filière sèche, le pré-assemblage HYBRIMUR® en usine permet d'optimiser les transports en amont, de diminuer les opérations et les nuisances sur chantier (bruit, poussières, fumées) tout en garantissant une qualité esthétique supérieure. Elle contribue également à maintenir la propreté intérieure et extérieure du chantier.

Les besoins mécaniques sont propres à chaque utilisation entre dalles de compression des planchers HYBRIDAL® et les peaux béton des façades HYBRIMUR®. A partir de là, nous avons pu retravailler la composition du béton et diminuer son impact carbone. Nous y sommes arrivés grâce à l'utilisation du métakaolin. En effet sa production génère trois fois moins de CO_2 que celle du clinker (constituant principal du ciment). A savoir que le bilan carbone du métakaolin est de 250 kg de CO_2 par tonne de produit, à comparer à celui du ciment portland de type CEM I qui est de 752 kg de CO_2 par tonne de produit. *L'impact carbone limité du métakaolin provient de sa technique de fabrication. En effet, le procédé consiste à retirer l'eau contenue dans le kaolin en cuisant l'argile kaolinique à une température de l'ordre de 800°C. En comparaison, la fabrication du clinker consiste à retirer le carbone (et donc à émettre du CO_2) en le cuisant à une température près de deux fois plus élevée (1450°C).* Le clinker étant le responsable majoritaire de l'empreinte carbone du béton, sa substitution par une addition minérale de type métakaolin permet d'améliorer le bilan carbone du béton. Ainsi, dans le cadre d'HYBRIMUR ®, l'utilisation du métakaolin a permis de diminuer l'impact carbone du béton de 18%.

Notre solution vient se substituer aux murs double peau avec finition extérieure matricée. Nous proposons alors une solution avec une finition minérale, facilement intégrable dans nos villes, et composé majoritairement de matériaux biosourcés. Nous avons donc une gamme très importante de finitions matricées (reliefs) ou non, et un large choix de couleurs.



Figure 10 : Exemples de finitions extérieures

Les contraintes au sein du produit HYBRIMUR® sont multiples et techniques du fait de sa composition et de son environnement. Des études hygrométriques et de température de la paroi ont été menées avec le logiciel WUFI sur la base d'évolution de climat normatif et anticipée avec le réchauffement climatique. Des essais ont aussi été menés dans les laboratoires Tipee et LMC2 pour vérifier que les évolutions et différences de températures intérieures et extérieures n'ont aucune incidence sur le comportement du mur. Nous avons une nouvelle fois confronté la théorie à la pratique pour fiabiliser notre solution avant sa mise en œuvre in situ.

SIMPLÉ (53) – Extension bureaux Cruard Charpente :

Le premier projet qui allie Hybridal® et Hybrimur®



Fiche technique du projet :

- Architecte : Agence Thellier
- Date de réalisation : 2023
- Pose de planchers intermédiaires et support de toiture Hybridal®
- Pose de façades Hybrimur®
- 4 semaines de préfabrication en atelier
- 2 semaines de levage







Plateforme Eurocode 5

Maxime FIABANE
FCBA
Bordeaux, FRANCE



Plateforme Eurocode 5

1. Présentation

Pour favoriser l'appropriation et l'utilisation des Eurocodes en général et de l'Eurocode 5 en particulier, le projet « Plateforme Eurocode 5 », financé à 100% par le CODIFAB, existe depuis 2012.

L'objectif de cette plateforme répond aux besoins suivants :
- Communication, échange entre les utilisateurs
- Information sur les Eurocodes, leur application, …
- Éclaircissements sur les points laissés à l'interprétation du lecteur des Eurocodes
- Solutions pour les points noirs ou absences des Eurocodes

Cette plateforme s'articule autour de 2 ateliers/webinaires sur des sujets définis avec le comité de pilotage et co-animés par l'Institut Technologique FCBA et l'association IBC.

L'accès au site de la Plateforme Eurocode 5 (www.plateforme-eurocode5.fr) permet d'accéder aux anciens ateliers et webinaires. Son contenu est gratuit et nécessite simplement une inscription en ligne.

2. Atelier C5 du Forum Bois Construction 2024

Depuis quelques années, les ateliers de la Plateforme sont dispensés sous forme de webinaire avec succès (entre 400 et 500 inscriptions à chacun et entre 250 et 300 participants en direct).

Il a néanmoins été mis en lumière la perte de contact que les ateliers présentiels permettaient. La présence d'un atelier de la Plateforme EC5 au FBC 2024 a émergé pour recréer ce lien.

L'organisation du Forum Bois Construction couplé à l'implication de l'Institut Technologique FCBA et de l'association IBC dans le FBC a permis à la Plateforme Eurocode 5 de proposer cet atelier qui se déroule en présentiel et simultanément en webinaire. Deux thématiques de 1h chacune sont proposées lors de l'Atelier C5 du FBC 2024 :

- Vibrations des planchers : futur Eurocode 5, aspects psychosensoriels et R&D présenté par Thomas Catterou, ingénieur de recherche à FCBA
- Résistance au fendage des assemblages et renforcements présenté par Maggy Duceau (Duceau Maggy EI et consultante ITG) et Grégoire Oizel (Arborescence) de l'association IBC

Trois références exemplaires en ossature bois et isolation paille

Jean-Pierre RAMBOURDIN
CRR Écritures Architecturales
Paris, France



Trois références exemplaires en ossature bois et isolation paille

Matériaux biosourcés, sobriété architecturale, promotion et création de circuits courts, respect de la biodiversité… Autant d'atouts pour ces trois références conçues par l'agence CRR Écritures Architecturales qui reflètent un réel engagement social, économique et environnemental des filières de construction et des politiques publiques locales.
Le lycée Colette Le Bret de la Région des Pays de la Loire, le lycée Gergovie de la Région Auvergne Rhône-Alpes mais aussi le collège innovant de Bethoncourt du Conseil Départemental du Doubs se caractérisent par une utilisation massive de matériaux biosourcés avec une ossature en bois et une isolation thermique en paille.

1. Lycée Colette Le Bret à Aizenay : « Un lycée low-tech aux solutions innovantes naturelles »



1.1. Un Prix aux Greens Solutions Awards 2023

Pour son lycée général et technologique d'Aizenay, en Vendée, la Région des Pays de la Loire a choisi de réaliser un ouvrage bas carbone inédit.

L'établissement a ouvert ses portes en 2022. D'une capacité de 620 élèves avec possibilité d'extension à 830 élèves, il compte un externat pour des filières d'enseignement général et technologique, une administration, des locaux de vie scolaire, un service de restauration de 840 rationnaires, un gymnase et 5 logements de fonction.

En 2023, ce projet remporte le Prix des Étudiants des Green Solutions Awards France. Le jury parle d'un « établissement *low-tech qui intègre des solutions innovantes naturelles. Par exemple, la ventilation se fait naturellement, sans technologies, car cet aspect a été pris en compte dès sa conception et les matériaux utilisés sont biosourcés. Il y a aussi des aspects pédagogiques et sociaux qui nous ont plu, avec un ancrage local et des circuits courts, sans compter que les usages ont été mutualisés. Enfin, on a apprécié l'utilisation du BIM.* »

Les valeurs cibles des différentes labellisations « bas carbone » ont été atteintes : niveau 3 du label bâtiment biosourcé, label E3C2 et certification NF HQE Bâtiment Durable niveau « Excellent » pour la phase conception.

1.2. Sobriété architecturale

- Formes architecturales simples.
- Ossature 100% bois appuyée sur un socle béton.
- Grande rue intérieure desservant trois niveaux.
- Grande rue intérieure chauffée et ventilée naturellement, habillée en bois.
- Bardage Zinc à joint debout au Sud et à l'Ouest et bardage bois à l'Est et au Nord.
- Salle polyvalente de 200 places pouvant fonctionner indépendamment du lycée.
- Cuisine collective pour 840 rationnaires/jour et salle de restauration ouverte sur le paysage grâce à une terrasse.
- Sobriété technique, ventilation DF (locaux en attique, chaufferie bois/gaz, éclairage Led sans gradation).

1.3. Circuits courts/matériaux biosourcés

- 12 000 bottes de paille pour l'isolation obtenue avec le concours du Collectif Paille Armoricain, de 9 agriculteurs vendéens via l'entreprise Profibres (85).
- 90 kg de matériaux biosourcés au m2 (au lieu de 38 kg/m2 pour atteindre le niveau 3 du label bâtiment biosourcé).
- Isolation des murs intérieurs à base de chanvre fabriqué par la coopérative agricole vendéenne La CAVAC (Biofib).
- Peinture Algo produite en Bretagne à base d'algues 100 % naturelles.
- Béton bas carbone du vendéen Hoffmann Green Cement Technologies pour le mur de la salle de permanence.
- Structure bois préfabriquée par l'entreprise vendéenne LCA avec du bois usiné chez Piveteau Bois (85).

1.4. Biodiversité/espaces extérieurs

- Mare des Trois Moulins valorisée dans un intérêt pédagogique et écologique.
- Plantation de 60 arbres, 350 arbustes, de massifs de vivaces, de prairies naturelles…
- Haies bocagères créées ou recréées avec des essences rustiques et locales.
- Bassin de rétention paysager des eaux pluviales prévu côté Ouest.
- Ligue de Protection des Oiseaux associée au projet : Nichoirs, nids et gîtes installés pour la préservation de la petite faune et de différentes espèces d'oiseaux.
- Mise en place d'une gestion différenciée pour laisser un refuge à la faune locale.

1.5. Membres du groupement

- CRR Architecture (mandataire)
- EGIS (BET)
- Collectif Paille armoricain (AMO Paille)
- BEHI (AMO HQE)
- CRR Ingénierie (BET HQE)
- CRR Architecture (BIM Management)

2. Le Lycée Gergovie de Clermont-Ferrand : Un projet d'envergure européenne avec 148 kg/m² de matériaux biosourcés



La Région Auvergne Rhône Alpes, maître d'ouvrage de l'opération, a souhaité faire de ce projet un exemple d'excellence environnementale. Le nouveau lycée technique de l'agglomération clermontoise accueille 1 000 élèves au sein d'un quartier industriel en reconversion, le Quartier Saint Jean. Il intègre des locaux d'enseignement, généraux et techniques, des locaux de vie scolaire et d'administration, une demi-pension, une salle polyvalente et 8 logements de fonction.

Livré en juillet 2022, il affiche une performance Énergie Carbone élevée, à savoir E4 C2, le plus haut niveau du label E+C. En outre, l'établissement a atteint le niveau 3 du label Bâtiment biosourcé (Label BBCA Excellence obtenu) avec une quantité de matériaux biosourcés de 148 kg/m², bien supérieure aux préconisations.

Ce projet est également lauréat du Prix Construction Bois Auvergne Rhône-Alpes 2023.

2.1. Des performances rares en Europe

Parmi les points permettant d'atteindre ces performances, on peut citer :
- De la compensation avec Reforest Action : 2 000 arbres replantés
- De la production d'énergies renouvelables grâce à 2 000 m² de panneaux photovoltaïques et une chaudière à granulé bois.
- Une isolation performante en paille (R= 7.10m².K/W)
- De la récupération d'eaux pluviales pour l'utilisation des sanitaires.

2.2. Maîtrise de la chaîne de valeur des produits de construction

- Socle béton réalisé avec un béton à faible émission carbone fourni par Vicat.
- Réalisation des murs ossatures bois isolés paille par la filiale Savare.
- Montage d'un atelier forain à proximité du chantier pour réaliser l'assemblage des MOB et limiter le coût carbone des transports).
- Paille fournie par un agriculteur de la Limagne.
- Structure en bois lamellé collé essence douglas fournie par Eurolamelle
- Voiles et planchers CLT essence douglas fournis par Piveteau.
- Bois massif essence douglas fournis par la Scierie des combrailles.

- Traçabilité de l'origine des bois de structure (92% d'origine du Massif Central, 100 % d'origine de France), de la paille (100% d'origine des plaines de la Limagne), et de la pierre de lave (100 % d'origine de Volvic).

2.3. Quelques chiffres en bref

- 11 000 m² de murs à ossature bois
- 12 900 m² de planchers bois
- 12000 bottes de paille
- 3 900 m3 de bois

2.4. Les membres du groupement

- Eiffage Construction mandataire
- CRR Architecture
- EODD
- SYLVA
- INGEROP
- ECIB
- Eiffage Energie

3. Le collège de Bethoncourt à Montbéliard Nord Un établissement éco-responsable unique pour apprendre autrement



Pour son nouveau collège à Bethoncourt, le Conseil Départemental du Doubs et l'équipe de maîtrise d'œuvre ont imaginé un établissement unique dans son approche pédagogique. L'ouvrage se distingue également grâce à sa sobriété énergétique et l'utilisation prioritaire de ressources locales. Pour l'enveloppe du bâtiment, le bois, la paille et la terre crue du site ont été choisis. L'objectif du niveau de performance E4C2 est visé. Le futur collège devrait être livré à la rentrée de septembre 2024.

3.1. L'architecture au service d'une pédagogie active

Les objectifs de ce projet porté par le MOA sont de mettre en oeuvre des pratiques pédagogiques et éducatives adaptées à la personnalisation des parcours et au développement de l'autonomie des élèves, de proposer un cadre de vie où chacun se sent bien et d'imaginer une gouvernance favorisant l'implication de tous les acteurs.

- Création de modules « studiolos » mini-espaces mobiles pour travailler en petits groupes.
- Forêt native, des vergers, une zone de maraîchage ou un poulailler auxquels seront associés les élèves.
- Cadran solaire pour apprendre le cycle de du soleil grâce aux ombres portées.
- Pesage des déchets de la cuisine et l'affichage de la quantité rejetée.
- Restauration favorisant l'autonomie des élèves, l'optimisation des déchets.

3.2. L'utilisation de matériaux biosourcés

La structure de l'établissement est composée de bois, de paille travaillée localement et de terre crue prélevée sur le site pour les closions et parements de façade du rez-de-chaussée.
- Projet conçu sans enrobé.
- Voiries extérieures perméables.
- Socle en terre crue.
- Utilisation massive de matériaux biosourcés : blocs de chanvre, peintures recyclées, parements bois, plafonds de fibres de bois compressée, bardages bois ou encore bois brut pour les aménagements extérieurs.

3.3. Une biodiversité préservée et favorisée

Afin d'assurer une cohérence globale, un travail important a été mené pour intervenir de manière positive sur la biodiversité. Les espaces entourant le futur collège sont enrichis, renaturalisés et rendus plus « vivants » :
- Plantation d'une forêt native (Méthode MIYAWAKI)
- Création d'une « forêt jardin » expérimentale : arbres et arbustes fruitiers, légumes, plantes aromatiques et médicinales...
- Installation de ruches, de nichoirs pour divers oiseaux, d'hébergements pour la faune.
- Enrichissement végétal d'une ancienne parcelle agricole. Apports d'amendements naturels d'origine locale.
- Mise en place d'une gestion différenciée.

3.4. Un collège sobre en énergie

D'un point de vue énergétique, les architectes et ingénieurs ont rationnalisé la demande en énergie de l'ouvrage et effectué une chasse au gaspillage grâce à la mise en place d'équipements de très hautes efficiences simples de conception et d'utilisation :
Conception bâtimentaire tournée vers l'autonomie en électricité (compensation des consommations électriques).
- Chaufferie bois granulés modulante pour le chauffage et l'ECS -> une production énergétique donc un seul système à entretenir.
- Inertie thermique importante avec la terre crue (gage de confort d'été).
- Eaux pluviales infiltrées à 100% sur la parcelle -> pas de rejet sur le réseau public = 0€ de frais pour la communauté.
- Ventilation naturelle double flux autonome pour la rue intérieure.
- Ventilation à double flux à très haut rendement pour tous les locaux en hiver.
- Autoconsommation de la production solaire photovoltaïque en direct.
- Mise en place d'une éolienne

3.5. Les membres du groupement

- CRR Architecture (mandataire)
- Notarnicola Architecte
- CRR Ingénierie
- CETEC Ingénierie
- SYLVA Conseil
- SETIB
- SALTO Ingénierie
- CRÉACEPT
- CEI
- BE TERRE

Une maison commune

Jean-Marie Duthilleul
Agence duthilleul
Paris



Une maison commune

Le Centre Teilhard de Chardin est le seul bâtiment de bois de tout le plateau de Saclay, l'un des plus grands pôles mondiaux de la recherche scientifique.

Ce pôle technologique et universitaire réunit la plus grande concentration de chercheurs et d'étudiants d'Europe. Il manquait cependant à tous ces chercheurs, étudiants, enseignants, une « maison commune », un lieu de rencontre, où pouvoir croiser leurs savoirs et leurs doutes.

Le Centre Teilhard de Chardin a été voulu comme un haut-lieu d'accueil, de mise en relation de tous ceux qui, sur le plateau de Saclay, par leur travail scientifique, sont en quête de la vérité. Ces rencontres, parfois organisées, sous la forme de colloques, exposés, enseignements, célébrations, seront aussi fortuites.

Le Centre se situe dans le quartier de Moulon à Gif-sur-Yvette, à un emplacement stratégique, à la jonction du quartier d'habitation et des grands programmes d'enseignements supérieurs et à 700 mètres de la future ligne 18 du métro du Grand Paris Express.

1. Le programme

L'édifice de 1 600 m^2 réunit sur une parcelle de 1 070 mi2 des espaces d'accueil et de formation, avec en son coeur une chapelle de 120 places (80 en rez-de-chaussée et 2x20 en mezzanine).

Sa partie supérieure est dédiée à deux maisonnées pour une douzaine d'étudiants et d'un appartement pour l'équipe d'animation résidente.

Le Centre est organisé selon trois grandes fonctionnalités :

- fonction culturelle : espaces d'accueil, de travail, de conférences et d'exposition, pour environ
- la moitié de l'espace total ;
- fonction cultuelle : chapelle, sacristie et salles d'animation, pour un quart de l'espace total ;
- fonction logement : le « Studium » destiné à des étudiants désireux d'approfondir le rapport
- entre leur foi et leurs études scientifiques. Le logement pour la communauté ou l'équipe animatrice
- représente un quart de l'espace total.

1.1. L'enveloppe

Le bois enveloppe la totalité du bâtiment. Les planches d'Acoya sont brûlées en surface pour résister à l'eau, aux insectes et à l'usure du temps. Une technique qui nous vient du Japon, appelée « Shou Sugi Ban ». Le bâtiment apparaît ainsi, de prime abord, tout noir, comme s'il voulait absorber toute la lumière du monde. Et puis, pour qui regarde bien, il apparaît parsemé de multiples reflets, qui renvoient comme de vifs éclats sur le monde qui l'entoure, à l'image du travail de l'Esprit qui se déroulera en ces lieux.



Les planches de bois posées devant les parties vitrées des façades pour arrêter le soleil d'été et laisser rentrer le soleil d'hiver sont des planches en bois Douglas de 30mm d'épaisseur. Ce bois, imputrescible, deviendra gris argent avec le temps, au bout de six mois environ. Cette teinte viendra se marier avec celle du bois brulé.

1.2. Le Studium

Sur le toit, une petite maison sur deux niveaux abrite douze étudiants et l'équipe animatrice du Centre au milieu d'une terrasse plantée. Dans la tradition des collèges médiévaux, l'ambition de ce Studium étudiant est de former une communauté de vie et d'étude bénéficiant d'apports complémentaires à leurs études et de partages d'expérience.



1.3. Le foyer

L'architecture des lieux a été pensée pour offrir à ceux qui y accueilleront des hommes et des femmes venant du monde entier, des espaces pour le prévu, comme pour l'imprévu. C'est pourquoi le Centre se compose autour d'un grand foyer vertical, sur 12 mètres de haut, distribuant par des escaliers et mezzanines, tous ouverts vers l'espace central, une variété d'espaces : des salles de cours, de coworking, de conférence, des parloirs, salon de lecture, lieux d'exposition...



Petits, moyens ou grands, ouverts ou fermés, ces espaces, des plus conviviaux aux plus intimes, sont tous uniques. Le tout est précédé d'un café qui, dès l'entrée, invite à s'asseoir, observer, discuter après s'être rencontrés, par hasard.

Chacun pourra trouver en ces lieux l'atmosphère qui lui convient le mieux pour s'installer quelque temps en fonction de ses occupations ou aspirations du moment.

Toutes les circulations, horizontales ou verticales, entre les espaces se font tout autour du foyer, coeur du bâtiment : de partout, chacun voit tout.

1.4. La lumière et le bois

Pas un seul couloir en ce lieu. Pas un seul espace, aussi, où l'on ne soit pas dans la lumière. Elle rebondit sur toutes les structures de bois clair, massif, qui soutiennent les espaces habités rappelant à chacun combien il est simple de bâtir avec des ressources renouvelables, et stockant le carbone de façon efficace : 230 tonnes de CO2 sont stockées dans le bois utilisé pour la construction du Centre.

À l'intérieur du bâtiment, le bois est utilisé en structure. Tous les poteaux et toutes les poutres qui soutiennent les planchers sont en bois massif ou lamellé collé. L'essence du bois est l'épicéa. Tous les planchers sont des dalles épaisses en bois CLT (Cross Laminated Timber autrement dit Bois Lamellé Croisé).



1.5. La chapelle

En parallèle à la verticale du foyer, on distingue un autre grand volume vertical, conique, en terre, qui monte à travers tout le bâtiment. Il s'agit de la chapelle. Visible dans tous les étages, elle est destinée à accueillir des célébrations pour les étudiants et les chercheurs du Centre mais aussi pour les habitants du quartier.



Ce volume est constitué de 90 m^3 de chaux chanvre et 23 m^3 d'enduit en terre crue. Ces matériaux régulent la température et l'humidité des espaces, mais aussi l'acoustique. Par sa forme, elle permet une ventilation naturelle du Centre.

Ce cône elliptique qui abrite la chapelle est une construction en pan de bois avec remplissage en mélange chaux-chanvre qui a un fort pouvoir isolant. Cet ensemble est ensuite revêtu de terre argileuse, provenant de Vendée, lui donnant sa teinte ocre rouge.





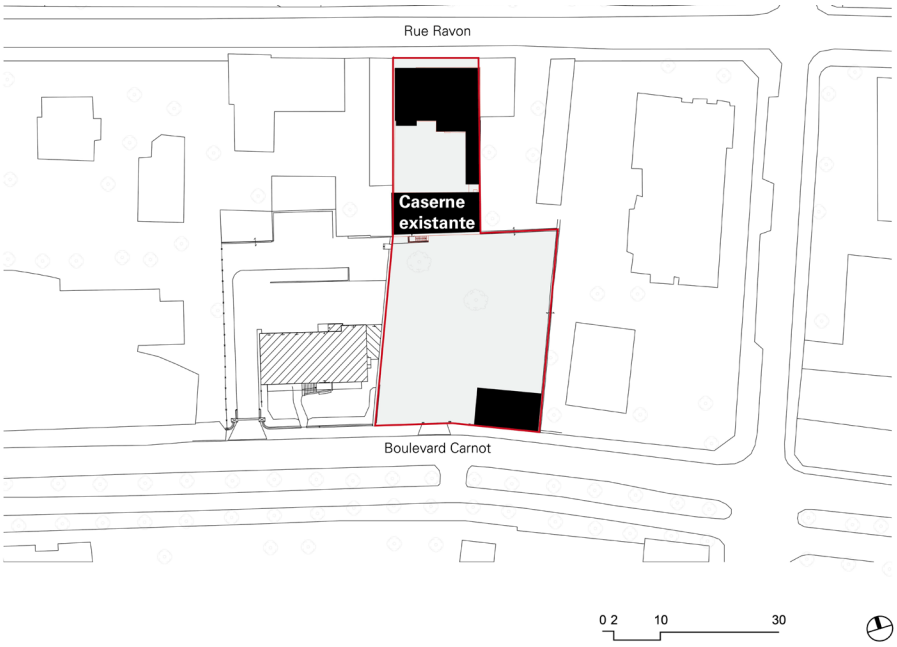
Le mélange chaux-chanvre permet aussi de stocker 30 tonnes de carbone. La terre a une forte inertie thermique et peut donc conserver la chaleur du soleil en hiver et la fraîcheur de la nuit en été.

Le Centre Teilhard de Chardin est un bâtiment où chacun peut composer l'atmosphère qui lui convient, imaginer le décor propice à l'aventure qu'il souhaite vivre à l'instant présent. Ce bâtiment constitue une proposition, celle d'un espace ouvert à l'imprévu, qui permet à ses utilisateurs d'inventer et de renouveler ses usages dans le temps.

La Caserne de la Brigade des Sapeurs-Pompiers de la Préfecture de Paris Bourg-la-Reine (92)

Fabienne BULLE
Fabienne Bulle architecte & associés
Montrouge, France





Plan de masse du projet

1. Une histoire présente

L'objet de l'opération est la reconstruction du site, au 15/17 Boulevard Carnot à Bourg-la-Reine (92), en lieu et place de l'ancienne caserne devenue inadaptée aux enjeux quotidiens de la Brigade. Si la nouvelle Caserne de Bourg-la-Reine doit offrir aux sapeurs-pompiers un outil de travail et des lieux de vie scrupuleusement adaptés à leurs métier et quotidien, elle doit aussi porter de belles ambitions urbaines, pour conforter les qualités de son tissu environnant et évincer toutes les nuisances qu'elle pourrait lui imputer par son intense activité.

En bordure de l'hyper-centre, ce tissu s'impose comme le témoin privilégié d'un développement urbain à deux visages : public sur le Boulevard Carnot, résidentiel sur la Rue Ravon.
Des déclinaisons plurielles pour une identité affirmée, à la fois sécurisante et apaisante.
Boulevard Carnot : Des équipements majeurs – un conservatoire de danse et de musique, une bibliothèque, un groupe scolaire, un institut universitaire, comme autant de programmes témoins d'ambitions communales, témoins aussi de l'histoire contemporaine de l'architecture, de ses profils et matières.
Rue Ravon : Pavillons et petits immeubles d'habitation, comme autant de ponctuations mâtinées d'un parcellaire hétéroclite et plutôt inscrit en profondeur à la perpendiculaire de la rue Ravon.



Boulevard Carnot

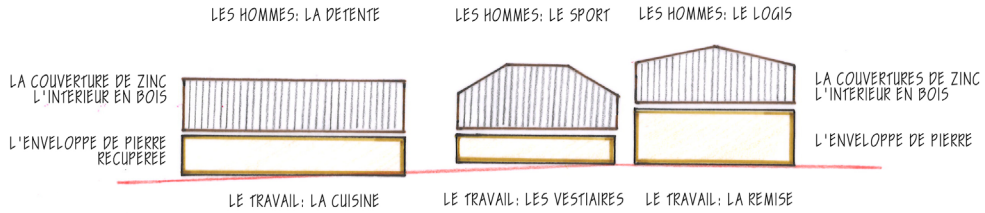


Rue Ravon

2. L'insertion dans le site : Déterminisme et sensibilité

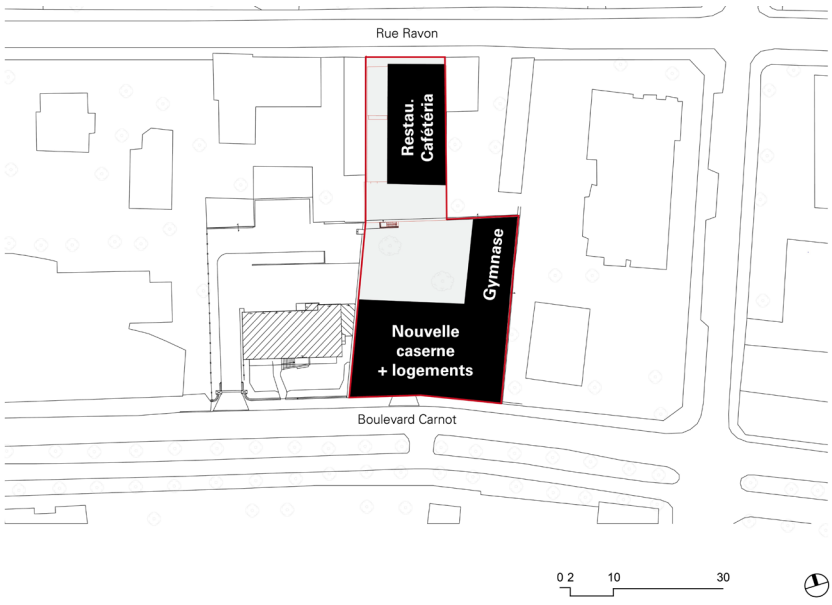
C'est pour traduire cette identité sécurisante et apaisante que la conception de la caserne s'est façonnée avec **déterminisme et sensibilité**.

- Avec un **déterminisme fonctionnel** qui organise la sortie « bruyante » des véhicules d'intervention sur le boulevard Carnot et qui, pour optimiser l'occupation de la parcelle, en exploite toutes les caractéristiques.
- Avec une **sensibilité protectrice** qui, pour tout à la fois entraver les regards extérieurs et contenir, en cœur de site, ceux des sapeurs-pompiers comme les possibles clameurs de leurs activités 24 heures sur 24 (au profit de la tranquillité des riverains), ferme toutes les façades mitoyennes privilégiant en contrepartie de grandes ouvertures sur la cour d'instruction.
- Avec une **sensibilité volumétrique** aussi qui, pour conserver une échelle de quartier communal, scinde en deux strates horizontales l'épure de chaque entité bâtie
- Avec une **sensibilité expressive et « souriante »** enfin qui, par les choix de matières (et de leurs mises en œuvre), préfère à tout effet ostentatoire ou « clinquant », une belle évocation de la « localité ».



Le programme organise la caserne en six zones identifiées, dont les différentes composantes ont toutefois pu être volontairement dissociées afin de gagner encore en performance.

Pour garantir l'optimisation des lieux, sans faille.
Pour privilégier impérativement les opérations d'intervention (en limitant notamment les distances à parcourir).
Pour rendre particulièrement confortable le service et la vie des sapeurs-pompiers.



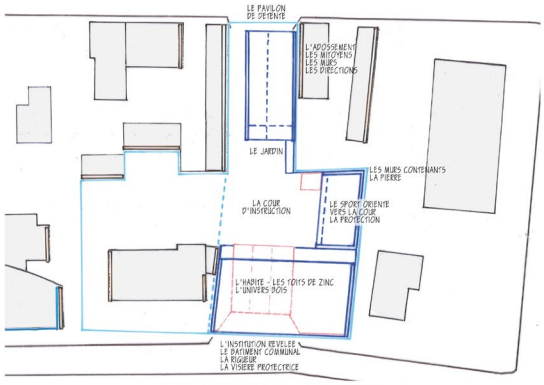
Plan de masse du projet



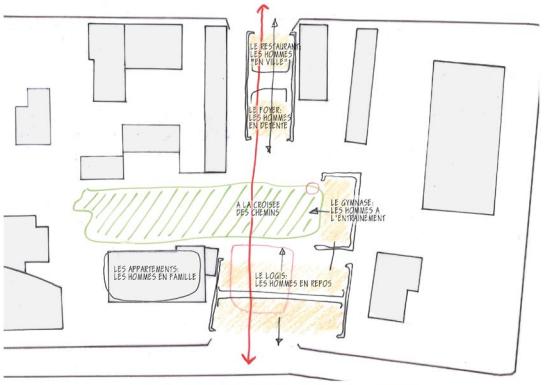
Boulevard Carnot, l'institution publique



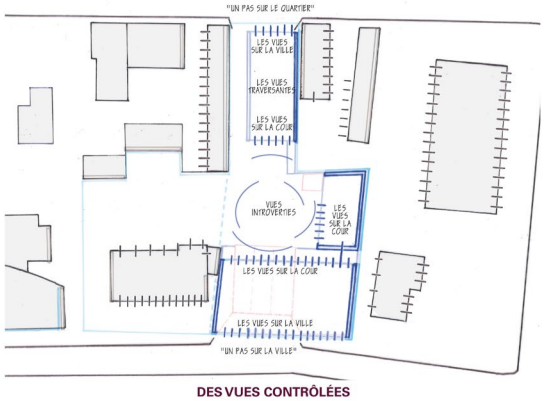
Rue Ravon, le résidentiel



LA COMPOSITION DANS SON CONTEXTE



LES HOMMES ET LES FEMMES EN SITUATION



DES VUES CONTRÔLÉES



MAQUETTE

3. Dispositifs environnementaux

Chaque entité de la Caserne de Bourg-la-Reine est la résultante de contraintes urbaines et environnementales.
En fonction de leur orientation et de leur destination, les composantes du programme adoptent différents dispositifs :

Dispositifs de protection :
Quête de l'ombre et de l'intimité

Dispositifs d'ouverture :
Quête de la lumière et du partage

Le socle du bâtiment Carnot est massif et compact : il est important d'assurer la confidentialité et la sécurité des activités qui s'y déroulent.
Seulement, cette compacité volontaire s'atténue ponctuellement sur un rythme « en domino » tenant place de filtre visuel : les sapeurs-pompiers en charge du PVO voient sans être vus.
Il en va de même pour les bureaux situés au premier étage, au détail près que la trame occultante se desserre, laissant percer une lumière tempérée, confortable pour le travail.

Voir sans être vu



Parements en façade sud



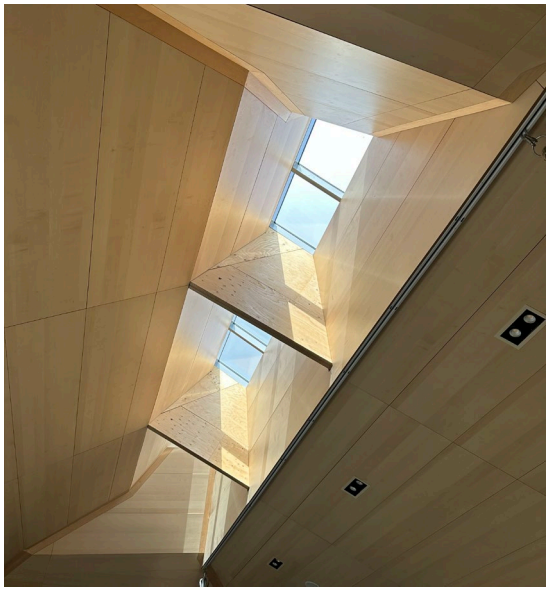
Perception des vues depuis la banque d'accueil

Véritables aires de détente et d'apaisement, les salles de restauration se devaient de conforter ces qualités nécessaires à leur bon usage en altérant l'impact de la lumière sur les lieux.
C'est pourquoi une résille de bois s'installe au droit de la façade en retrait, tenue à distance par la terrasse intimiste.
De longues épines verticales animent la façade Carnot, au Sud. Mais il ne faut pas s'y tromper : leur présence n'est pas décorative. Ces lames agissent comme des brise-soleil et adoucissent l'impact lumineux dans les deux niveaux de chambres.

Profiter de la lumière zénithale



Gymnase

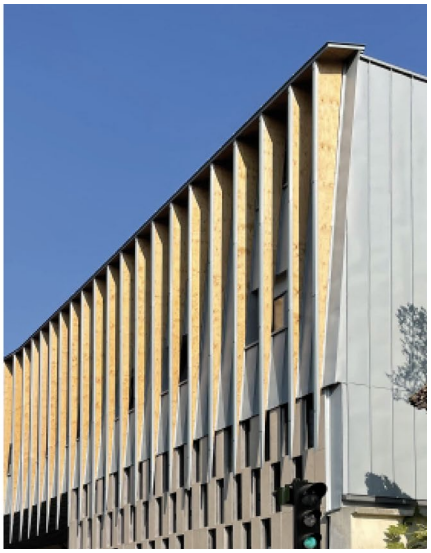


Lanternaux de lumière

Des ouvertures ponctuent la « cinquième façade » composée par l'ensemble des toits de la caserne.
Ainsi pénètre dans l'enceinte du bâtiment une lumière douce, non éblouissante, propice à la pratique du sport ou à l'éclairage naturel des circulations de la zone d'hébergement.
Par ces dispositifs, la caserne s'incarne comme un organisme accueillant, attentif à son environnement et aux orientations.
Dans l'urgence du quotidien et des interventions incessantes, on se surprend à lever le regard vers le ciel.

Se protéger du soleil





Dispositif de bois

4. Composer avec les ressources in situ

Le projet de reconstruction de la caserne de la Brigade de Sapeurs-Pompiers de Paris à Bourg-la-Reine a fait l'objet d'une démarche environnementale sans certification, basée sur le référentiel Générique pour la Qualité Environnementale des Bâtiments – Bâtiments Tertiaires – Démarche HQE® Millésime 2015 de Certivéa du 20 avril 2015.

A ce titre, différentes mesures ont été prises afin de valoriser l'utilisation de matériaux sains, biosourcés et réemployés.

Les matériaux_ Le bois, la pierre, le zinc
La structure générale, composée d'un socle béton à rez de chaussée est une structure bois ossaturée et charpente bois lamellé collé, caisson en keto ripa.
Le bois est présent à l'intérieur de tous les niveaux, hébergements, gymnase, restauration-détente jusqu'à sa déclinaison en mobilier.
Le zinc est présent sur l'ensemble des couvertures sur toiture à double pente.
Il recouvre également l'ensemble des pignons et des façades mitoyennes.
La pierre récupérée de la caserne existante recouvre en grande partie la façade du bâtiment de la détente.
La pierre de façade déclinée en moucharabieh provient de carrière d'Ile de France.

La pierre d'une vie…
L'ancienne caserne n'a pas tout à fait disparu, et pour cause. Démolie en deuxième phase du chantier, elle continue cependant d'alimenter l'esprit des lieux et des usagers d'une manière surprenante : lors du chantier de démolition, les pierres qui constituaient ses murs extérieurs ont été déposées, stockées, nettoyées puis façonnées. Après un travail minutieux de calepinage et de sélection, quelques mois plus tard commençait leur nouvelle vie...

… à l'autre
Alors installés sur une cornière métallique (ou pièce d'arrêt) les lits de pierres récupérées au préalable viennent habiller la façade de béton porteur du bâtiment de Restauration / Détente de la nouvelle caserne. En plus de prolonger l'histoire de ce matériau sur le site de la caserne, on évite, d'un point de vue pratique et économique, l'utilisation d'un produit industriel ou onéreux.
Rien n'est laissé de côté. Dans une dynamique complémentaire, les pierres de calibres inappropriés et le restant de débris minéraux ont été concassés, puis exploités à des fins de terrassement destinés à accueillir les voiries et la cour d'instruction.



Caserne existante



Récupération des pierres

5. L'équipe

Maîtrise d'ouvrage

Préfecture de Police de Paris	Conducteur de l'opération
Brigade de Sapeurs-Pompiers de Paris	Utilisateurs
Bureau Veritas	Contrôleur technique
Z Studio	AMO BIM

Maîtrise d'œuvre

Fabienne Bulle architecte et associés	Architecte mandataire
Hicham Hamze-Khaddhaj architecte associés	Chargé d'opération
SARL EPDC	BE techniques
SARL MEBI	BE économie
SARL IETI	BE Environnement
SARL EPDC	BIM management
SIRETEC	OPC

Entreprises des lots bois

Eiffage Construction Bois	Constructeur bois
SASU Construction Millet Bois	Charpentier
SARL RM Casais	Menuisier



Vers le détente



Maquette

84 logements dans l'écoquartier des Orfèvres à Trévoux, 01, France

Robert WEITZ
Tectoniques Architectes
Lyon, France



Charley DAMONT
Tectoniques Ingénieurs
Lyon, France



Jean-Luc SANDOZ
CBS-Lifteam
Choisy -le-Roi, France



ILOT 4 :
84 logements en accession et un gite partagé
Avenue du Docteur Clavez, 01600, Trévoux

Maitrise d'ouvrage :
REI Habitat et ICADE Promotion

Projet :
Écoquartier des Orfèvres à Trevoux (01)
Aménageur : SERL
SHAB : 5712 m^2
SDP : 6123 m^2

Maitrise d'œuvre :
Tectoniques, Architectes
Axe Saône, Paysagistes
Terre Eco, BET HQE
Tectoniques Ingénieurs, BET Fluides
Tectoniques Ingénieurs, BET Structure Bois et béton
Tectoniques Ingénieurs, Economiste de la construction

Objectifs environnementaux :
Niveau E3 C2 label E+C-
Label biosourcé niveau 3 à l'échelle de la parcelle
80% de logements traversants et 20% de logements bi-orientés
Bois local : Le bois utilisé sera majoritairement issus de forêts françaises certifiées
PEFC : origine < 400km
Acoustique : limiter les bruits de choc en augmentant de 3dB l'isolation
Charte chantier propre et faibles nuisances

Contexte du projet

Le présent projet se situe dans l'opération d'aménagement dénommée « Eco-quartier des Orfèvres », développée par la SERL et réalisée dans le cadre d'une concession d'aménagement pour la ville de Trévoux.
L'Écoquartier des Orfèvres porte sur une surface d'environ 10 hectares greffés sur le tissu urbain existant.
La volonté de la ville de Trévoux est d'aménager un éco-quartier sobre énergétiquement et respectueux de l'environnement dans le cadre d'une ZAC. Un parc traversant ce nouvel aménagement offrira de vastes espaces verts.

1. Intégration urbaine – Description projet

Le projet porte sur le lot 4. Il porte à travers sa localisation centrale l'ambition du projet urbain d'articuler le quartier : Assumant une densité relative, il laisse passer les vues et le paysage, et forme un écosystème urbain ouvert, généreux et partagé.
Le projet s'intègre sereinement au projet de renouvellement urbain tout en respectant la transition avec le tissu bâti existant.
Si le découpage et la volumétrie des bâtiments est respectueuse des prescriptions urbanistiques, ils ont avant tout été orientés de manière à développer une stratégie bioclimatique.
L'épannelage des édifices, en cohérence avec l'articulation nécessaire entre ville et parc, propose une progression des hauteurs qui va du R+2 au sud /Parc et desserte Dorsale au R+4 avec ponctuellement une émergence en R+5 coté nord/ ville.
Cette composition permet de garantir un bon ensoleillement naturel des logements et de dégager des vues sur le parc et le grand paysage.
Le caractère paysager et ouvert du terrain nécessite une articulation fine des espaces de transition entre la rue et le logement, à travers les outils du projet paysager (filtre végétal, velums arborés, topographie) et du projet architectural (retraits, positionnement pertinent

des locaux et mobilier communs, les RDC surélevés par rapport à l'espace public). Ils permettront de limiter les vis – à – vis et structurer les besoins d'intimité ou d'espaces de rencontre.



2. Qualité architecturale – Qualité environnementale

Les solutions que nous développons mettent l'accent sur la performance énergétique, la réduction de l'intensité carbone de nos bâtiments et l'adaptation au changement climatique via des solutions de résilience.

Parmi les leviers usuels de réduction du bilan carbone de nos projets nous retrouvons :

- le recours à une architecture bioclimatique comportant des enveloppes performantes
- le recours à des systèmes énergétiques efficients
- le recours aux énergies renouvelables
- le recours aux matériaux biosourcés (construction bois et isolation en ouate de cellulose) et de réemploi, tout en privilégiant l'utilisation de ressources locales et la recherche de matériaux naturels

La question du confort des utilisateurs est au centre du projet et s'appuie sur les principes suivants de confort d'usage.

Au plan constructif, le projet propose une déclinaison de deux familles de solutions, chacune spécifiquement adaptée à un type de bâtiment :

La solution bois intégrale est adoptée pour les bâtiments en 2ème famille (moins de 3 niveaux sur RdC), côté Sud, tandis qu'une solution mixte bois-béton est adoptée pour les bâtiments en 3ème famille B, côté Nord. Le projet évite ainsi une approche trop systématique à laquelle nous préférons l'hybridation et la collaboration des procédés. La réflexion sur la mixité des matériaux, mais également plus globalement à l'empreinte environnemental de chaque matériau mis en œuvre, permettent d'assurer des niveaux élevés sur les différentes typologies.




2.1. Les logements en 2ème famille, côté Sud : intégral bois

Concernant la 2ème famille, nous sommes restés sur une solution intégrale bois avec MOB, planchers en solivage bois et exosquelette en bois massif pour la structure des balcons. Dans ce dispositif, le bois utilisé est majoritairement du bois massif. Cette prescription fait écho aux capacités de la filière bois régionale. Parallèlement, nous limitons au maximum l'utilisation du CLT (la ressource française est trop faible par rapport à la demande et déjà en très forte tension) et des produits transformés de provenance lointaine.




2.2. Les logements en 3ème famille B, côté Nord : mixte bois + béton :

La structure primaire est constituée d'un poteau-dalle BA à partir d'une trame de 2,85 (dito infrastructure stationnement) pour une profondeur de construction de 11,50 mètres. Un exosquelette en éléments de bois massifs supporte l'ensemble des balcons. L'appui des balcons sur la façade permet de respecter le C+D.
L'ensemble du complexe de façade respectera les préconisations du guide du CSTB Construction Bois et Propagation du feu en Façades, avec la mise en œuvre d'un écran thermique A2-s3-d0.

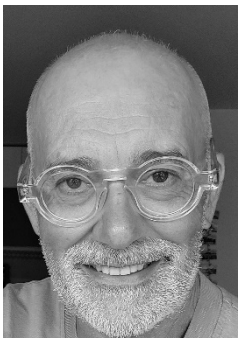
Le balconnage périphérique des quatre bâtiments est porté par une exo-structure en bois habillé partiellement en métal. La trame est volontairement resserrée pour verticaliser la

composition des façades. Cette densité structurelle permet aussi d'utiliser des profils relativement fins. Cette structure offre aux façades une belle profondeur de champ et un jeu très graphique de lignes et d'ombres portées qui altèrent la massivité des blocs construits.



Construction du groupe scolaire Anne Sylvestre de la ZAC Flaubert à Grenoble

Jean-Paul RODA
Roda Architectes
Lyon, France



Chloé COMMEIGNES
Roda Architectes
Lyon, France



Jean-Luc SANDOZ
CBS-Lifteam
Choisy -le-Roi, France



Construction du groupe scolaire Anne Sylvestre de la ZAC Flaubert à Grenoble

1. Contexte du projet

1.1. Intégration au site et rapport au paysage

Le groupe scolaire Anne Sylvestre s'inscrit au cœur de l'écoquartier Flaubert, au Sud de la commune de Grenoble. Il s'agit d'un quartier en « transition », qui mêle aujourd'hui les traces de son activité passée avec son tissu industriel, les différentes formes urbaines « déjà là », aux nouvelles formes d'habiter aujourd'hui portées par la Ville et ses ambitions pour une ville plus soutenable.

Le rapport au grand Paysage est un élément fort et remarquable du site, qui offre un panorama sur les trois massifs de Belledonne, de la Chartreuse et du Vercors.

Notre parti découle à la fois de cette attention portée au paysage urbain et du travail partagé avec l'architecte paysagiste, pour associer dans le même élan l'architecture et le paysage.

L'organisation urbaine à l'échelle du terrain valorise deux cours indépendantes fortement végétalisées, qui mettent à distance le bâtiment de ses limites et participent pleinement à l'idée de trouver de vraies percées végétales, qui rendent perméable la trame bâtie. Le paysage est pensé comme matière d'architecture qui s'immisce du Nord au Sud dans les cours, dans le patio et sur le toit. Le paysage entre alors en résonance avec le bâtiment. L'alternance du bois et du végétal en toiture offre une cinquième façade à l'ensemble du quartier.



Image 1 : Perspective concours – Vue du projet depuis la rue George Sand © Julien BRUNO-MATTIET

1.2. Les données du projet

Surface :
3 987 m² de surface de plancher

Montant des travaux :
8 886 234,89 euros HT

Programme :
Groupe scolaire d'une capacité de 450 enfants comprenant :

- une école maternelle de 6 classes
- une école élémentaire de 10 classes
- un restaurant scolaire pour 400 rationnaires
- un centre de loisirs
- une salle polyvalente ouverte au public

Calendrier :
Démarrage des études : Septembre 2017
Consultation : Avril 2021
Démarrage des travaux : Mai 2022
Fin de chantier : Juin 2024

Maîtrise d'ouvrage :
Ville de Grenoble représentée par le mandataire MOA : SPL SAGES

Equipe de maîtrise d'œuvre :
Architecte : RODA Architectes
Economiste et BET VRD : KORELL
BET Structure Béton : SORAETEC
BET Structure Bois : GAUJARD TECHNOLOGIE SCOP
BET Qualité environnementale : TERRE ECO
BET Acoustique : GENIE ACOUSTIQUE
BET fluides et thermique : L'INGENIERIE CLIMATIQUE
BET Cuisine : CUISINE INGENIERIE
BET Electricité / SSI : OXY ELEC
BET Paysagiste : ATELIER ANNE GARDONI
OPC : AXE INGENIERIE
SPS : MBM COORDINATION
Contrôleur technique : SOCOTEC

Entreprises :
Pré-Terrassement : PELISSARD
Gros œuvre : SDE
Ossature Bois : LIFTEAM / CBS-CBT
Etanchéité sur béton : SOPREMA
Menuiseries extérieures / Occultations : ROUX FRERES
Métallerie : SOCAM
Menuiseries intérieures : GUILLON SA
Plâtrerie / Faux Plafonds : NEBIHU
Chapes Béton poli : SOGRECA
Sols souples : SARL BAILLY
Carrelages Faïences : GMC CARRELAGE
Ascenseur : ORONA
Plomberie Sanitaire / Chauffage Ventilation : ECCI DURBIANO
Electricité : REVERCHON
Equipement cuisine : CUISINE EQUIPEMENT SERVICE
Terrassement VRD : TRV AVERI
Paysage : SPORTS et PAYSAGES

2. Parti architectural

Le groupe scolaire Anne Sylvestre est une pièce urbaine inscrite dans la ZAC Flaubert, qui puise ses racines dans l'histoire du quartier. L'architecture du projet initie le mouvement des façades et des toitures, qui sont revêtues de jardins suspendus ou de capteurs solaires.

La toiture origamique, qui se déplie et se replie en lien avec les façades ondulantes de l'étage, fait écho aux derniers sheds alentours. Le choix du bardage bois avec des profils de lames d'épaisseur variable qui accroche la lumière, accentue ces effets d'animations de la façade principale sur la rue George Sand.

L'entrée du groupe scolaire au Nord se fait par un parvis couvert et clôturé desservant les deux halls d'entrées des écoles maternelle et élémentaire.

Depuis ces halls, le projet gravite autour de la centralité d'un grand jardin pédagogique tel un patio à ciel ouvert, véritable ilôt de fraîcheur, où les deux écoles se mirent et conversent. Le bâtiment s'enroule autour de ce patio en créant des transparences fortes depuis les circulations adjacentes. Ce dispositif permet un éclairage naturel des circulations du rez-de-chaussée, et offre un éclairage complémentaire aux salles de classe par l'intermédiaire d'impostes vitrées.

Les murs intérieurs en briques de terre crue accompagnent les enfants depuis les halls d'entrées jusque dans leurs classes. Utilisé à la fois comme démonstrateur et outil pédagogique, ils permettent également par leur implantation autour du patio, de capter des apports bioclimatiques l'hiver (principe du mur trombe) pour restitution au cœur du bâtiment.



Image 2 : Perspective concours – Vue intérieur sur le patio © Julien BRUNO-MATTIET

3. Approche constructive

3.1. Une mixité bois béton

Le béton architectonique du rez-de-chaussée joue le rôle de socle solide et pérenne en rapport avec la rue et les cours. Il est utilisé sous deux formes, en béton brut finition lasure mate pour les voiles de refend intérieurs, et de couleur ocre avec un béton teinté dans la masse et finition par sablage pour les voiles des façades.

L'étage en structure et charpente bois se lit par sa vêture extérieure en bardage plein à variation d'épaisseur. Les planchers bois en CLT sur solives prennent appui sur les refends béton du RDC, les enjambent sur les façades Nord et Ouest, créant parvis couvert et débords de l'étage en porte-à-faux pour reprendre l'ondulation du volume bois de l'étage.

Ce geste fort de notre parti pris architectural a néanmoins apporté de nombreuses complexités constructives, renforcées par la charge de la végétalisation des toitures. Un défi de taille à relever à Grenoble classée en zone sismique 4.



Image 3 : Vue axonométrie du projet depuis le Sud-ouest



Image 4 : Débord de l'étage bois

3.2. Une complexité structurelle en zone sismique

Au vu du chargement conséquent en toiture (avec la végétalisation) et de la zone de sismicité ainsi que de la classe de sol, la prise en compte du séisme a amené à stabiliser le bâtiment pour des efforts considérables. De plus, la configuration du bâtiment avec des ouvertures importantes pour l'apport de lumière naturelle dans les salles de classe ne laisse que très peu de zones contreventantes pour la stabilisation. Le corps principal du bâtiment est donc divisé en 3 sous-parties distinctes et indépendantes du point de vue sismique, pour optimiser la répartition des charges via une géométrie et des raideurs les plus réguliers possible. La reprise des efforts élevés a conduit à construire certains MOB avec un double panneau OSB (1 sur chaque face), voire pour certains, à intégrer un contreventement par tirant acier dans l'ossature lorsque la résistance du MOB ne suffisait plus.

Le diaphragme CLT est quant à lui fortement couturé par des plaques acier et ancré aux voiles béton du RdC via des goujons d'ancrage.

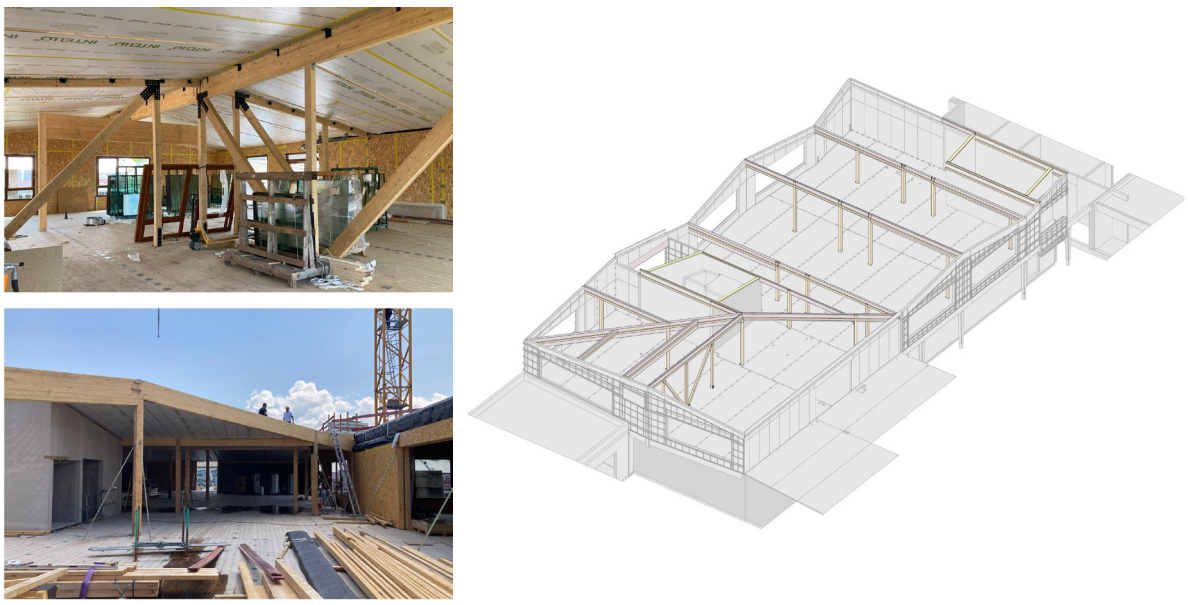


Image 5 : Photos du montage en cours de la structure et charpente bois

4. Approche environnementale

4.1. Enjeux environnementaux

La conception du projet a fait l'objet d'une réelle synthèse entre les contraintes de la parcelle (alignement, surfaces de pleine terre) et la stratégie bioclimatique afin de favoriser les apports solaires gratuits en hiver, tout en se protégeant des risques de surchauffe en été. L'objectif était de traiter prioritairement de façon passive les exigences de confort et de réduction des besoins énergétiques pour atteindre l'objectif RT 2012-30% fixé par le programme concours en 2017.

Dans la conception, cela s'est traduit par une orientation optimisée du bâtiment et la recherche de compacité du bâti, tout en conservant un équilibre avec l'accès à l'éclairage naturel, d'où l'importance du patio au cœur du projet. Cela s'est également traduit par une répartition des percements et un choix de protections solaires favorisant les apports solaires passifs en hiver et les limitant en été et enfin une composition de l'enveloppe performante avec des isolants biosourcés en laine de bois pour les murs et en ouate de cellulose pour les caissons des toitures.

Le projet a évolué en cours d'étude vers une labélisation BEPOS, à la demande de la maîtrise d'ouvrage. L'isolation performante de l'enveloppe et le raccordement au réseau de chaleur de la ville de Grenoble (dont le mix énergétique a un taux d'énergie renouvelable supérieur à 50%), nous permet d'atteindre le niveau BEPOS classé E3 C1 avec un taux d'ENR suffisant sans recours à du solaire photovoltaïque.

Des centrales de traitement d'air double flux d'une capacité de 25m3/h par occupant assurent la qualité de l'air intérieur. En complément, nous utilisons la géothermie avec rafraichissement en géo-cooling sur eau de nappe pour la ventilation (30m3/h) et des brasseurs d'air pour les salles de classes de l'étage orientées SUD qui restent des zones sensibles en période estivale.

Les toitures sont mixtes avec 1420m² de végétalisation et 464m² de panneaux photovoltaïques dont l'installation est gérée par Energ'y Citoyennes SAS, et l'énergie produite redistribuée sur le réseau pour une puissance produite de 100 kWc.



Image 6 : Photos de la salle polyvalente avec habillage acoustique bois par panneaux préfabriqués Noecho

La part du bois sur le chantier représente une quantité de 220 dm3/m² soit 1000m3 qui sont utilisés pour la charpente, les murs à ossature bois, les planchers, les habillages extérieurs et intérieurs et les menuiseries. (L'objectif du cahier des charges concours demandait 30 dm3/m² de bois surface plancher de bois).

Origine du bois mis en œuvre :

- Structure :
  Bois massif : bois du Nord principalement -
  Autriche (JUNGINGER + MAYR MELNHOF HOLZ)
  BLC: Vosges (WEISROCK VOSGES SAS)
  CLT : Jura (XLAM Solutions)
- Menuiseries extérieures :
  Certificat BTMC (Bois des Territoires du Massif Central)

4.2. Formation

La brique de terre crue a été le prétexte pour nous former à son utilisation et à son application dès la conception. En phase d'étude, nous avons fait appel à l'architecte Vincent RIGASSI pour nous accompagner dans l'élaboration des détails et descriptions des pièces marchés. Comme l'appareillage de la BTC s'apparente à de la maçonnerie classique, ces ouvrages ont été naturellement inclus au lot du maçon en proposant à l'entreprise attributaire un appui avec une formation en cours de chantier.

Les enjeux étaient alors essentiellement la valorisation des savoir-faire de l'entreprise et la démocratisation du matériau BTC.

C'est donc dans le cadre du chantier et des objectifs pédagogiques et de sensibilisation que nous nous étions fixés en études, que nous avons organisé un « chantier école » encadré par l'architecte Vincent RIGASSI.

En réunissant les équipes de l'entreprise de maçonnerie SDE et de l'agence RODA architectes, nous nous sommes formés ensemble, durant une journée et sur le site du chantier, au montage des cloisons en brique de terre crue.

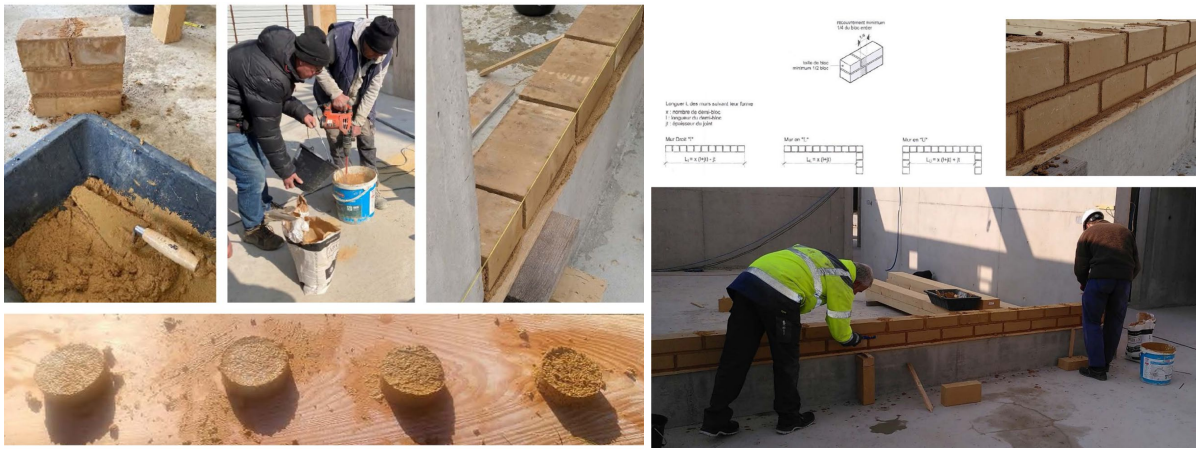
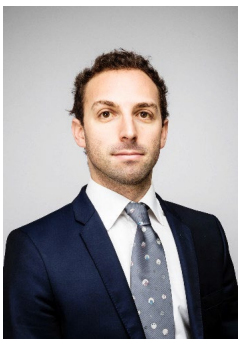


Image 7 : Formation BTC – Préparation du mortier de terre stabilisée, essais de dosages et calepinage

Des visites ont également été réalisées tout au long du chantier pour accueillir les élus, des étudiants en économie de la construction et l'association FIBOIS 38 dans le cadre d'une de ses *Soir&Bois* avec une visite du chantier ouvert au public suivie d'une table ronde sur la thématique du confort d'été en lien avec les choix appliqués sur le projet.

La faute à Rousseau ? L'écoquartier de Ferney-Voltaire

Arnaud TOURNADRE
SPL Territoire d'innovation (Terrinnov)
Ferney-Voltaire, France



La faute à Rousseau ? L'écoquartier de Ferney-Voltaire

1. La Société Publique Locale Territoire d'innovation

La Société Publique Locale Territoire d'innovation (Terrinnov) est une structure de droit privé (Société Anonyme) dont le capital social est détenu par des collectivités locales : Pays de Gex agglo (60%), 7 communes du Pays de Gex (5% chacune), Conseil départemental de l'Ain (5%).

Créée en mars 2014, elle intervient pour le compte exclusif et sur le territoire de ses actionnaires publics dans les domaines suivants :
- l'aménagement urbain comprenant les études préalables nécessaires, la réalisation des travaux et équipements afférents, ainsi que toute mission s'y rapportant ;
- la promotion, la vente, la location ou la concession de biens immobiliers compris dans les périmètres des opérations d'aménagement confiées à la société ;
- la création et la gestion d'opérations immobilières en faveur des entreprises, et, de manière plus générale, le développement et la promotion économique et sociale des territoires de ses actionnaires ;
- la gestion de services publics à caractère industriel et commercial ou toute activité d'intérêt général dans les domaines de la mobilité urbaine (stationnement public ou privé, services de mobilité partagés, ...), de l'énergie ou du développement économique complémentaires aux opérations d'aménagement conduites par la société.

Plus généralement, la réalisation de toutes opérations qui sont compatibles avec ces activités, s'y rapportent directement ou indirectement, et/ou contribuent à leur réalisation

2. La Zone d'Aménagement Concerté Ferney-Genève Innovation

2.1. Le cercle de l'innovation

La ZAC Ferney-Genève Innovation s'inscrit dans le cadre de l'image territoriale identifiée dans les travaux du Grand Genève, appelée Cercle de l'innovation. Ce contexte économique attractif et dynamique bénéficie de la présence exceptionnelle de structures reconnues mondialement, d'une population hautement qualifiée, d'une forte présence de chercheurs dans des activités tournées vers la technologie de pointe et l'international.

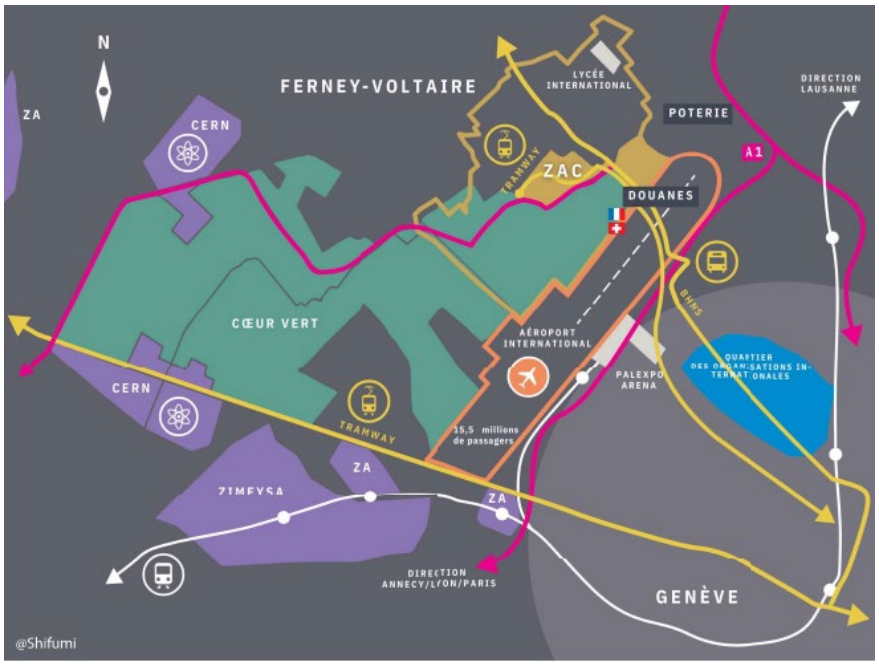


Image 1 : le cercle de l'innovation, Shifumi

2.2. Les objectifs de la ZAC



La ZAC Ferney-Genève Innovation s'inscrit dans la stratégie d'aménagement du territoire de Pays de Gex traduite à la fois dans le projet d'agglomération franco-valdo-genevois, le SCoT et le PLUIh du Pays de Gex. Dans un contexte de très forte pression démographique (2,5 % de croissance par an), Pays de Gex Agglo a fait le choix de réduire drastiquement les surfaces ouvertes à l'urbanisation (- 286 ha) et de concentrer son développement autour des pôles régionaux (Saint-Genis Pouilly, Ferney-Voltaire, Gex et dans une moindre mesure Divonne les Bains).

La ZAC Ferney-Genève Innovation a pour ambition de renouveler et développer un quartier bas carbone qui expérimente et propose des usages à la fois décarbonés, abordables, mutualisés et vecteurs de confort pour les habitants et les salariés.

Les objectifs du projet sont :
- Développer un programme d'habitat accueillant 25% de logements sociaux ainsi que 20% de logements abordables financièrement et 55% de logements libres dans un territoire en très forte tension.
- Intégrer les enjeux environnementaux et énergétiques, d'adaptation au changement climatique du site notamment la renaturation des cours d'eau du Nant, du Gobé et de l'Ouye ainsi que le renforcement des corridors biologiques entre le cœur vert du Cercle de l'Innovation et la plaine de Collex Bossy.

- Requalifier la zone d'activité commerciale et artisanale de la Poterie afin de revitaliser ce quartier et d'offrir aux habitants du bassin genevois de nouveaux espaces de commerce, de loisirs et de culture.
- Créer l'une des polarités économiques structurantes du Grand Genève sur le territoire français, prioritairement axée sur la formation et la recherche. La Cité Internationale des Savoirs sera la première étape : la création d'un pôle de compétences dédié à la formation en lien avec les acteurs majeurs (OI, CERN…). 4500 emplois sont attendus à terme.
- Développer une construction en matériaux biosourcés, performante énergétiquement et desservie par un réseau d'énergies renouvelables et de récupération. À travers ce projet, le territoire promeut la création de filières locales (bois construction) et un maillage d'espaces végétalisés de pleine terre pour renforcer l'adaptation au changement climatique du quartier.
- Et enfin, renforcer la desserte des transports en commun (Bus à Haut Niveau de Service et extension du tramway franco-suisse), proposer une offre de stationnement mutualisé et des cheminements doux.

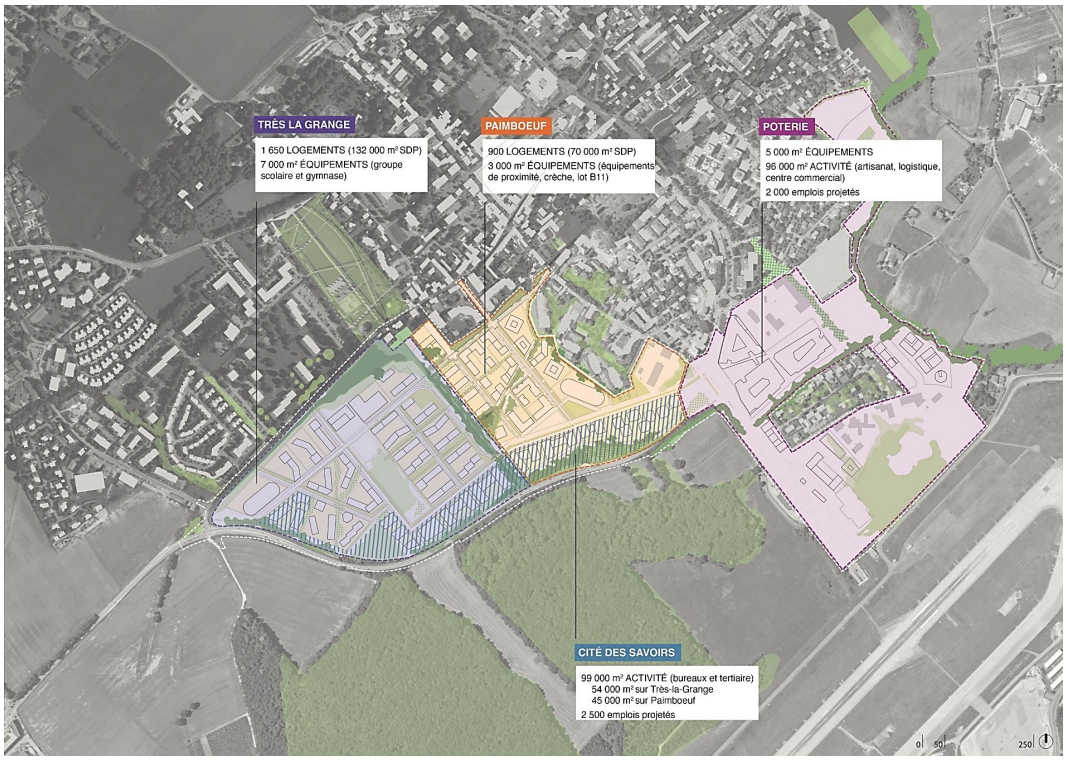


Image 2 : plan masse de la ZAC Ferney Genève Innovation

2.3. Une énergie renouvelable et abordable

Le projet accueille le premier réseau d'anergie français. Cette solution technique déjà éprouvée en Suisse exploite l'énergie dite fatale des activités économiques et du puits numéro 8 du CERN pour chauffer les 2 500 logements du quartier, chauffer et rafraîchir les activités économiques et déployer un réseau de chauffage urbain pour toute la commune.

Ce réseau sera couplé à un stockage géothermique inter saisonnier, afin d'emmagasiner l'énergie et la restituer au moment où la demande est importante, ainsi qu'à une boucle d'autoconsommation photovoltaïque.



Image 3 : le concept du réseau d'anergie

2.4. Une transition des mobilités

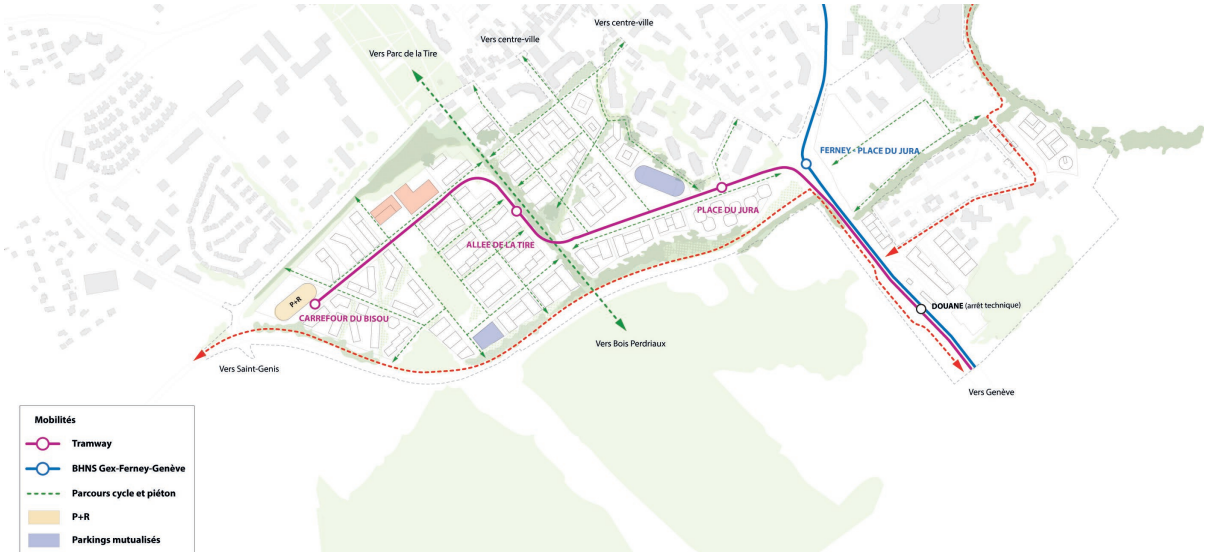


Image 4 : Plan des mobilités de la ZAC

La transition des mobilités portée par la ZAC, du transport individuel thermique vers une mobilité adaptée et durable, passe par :

- Le développement des transports en commun : Bus à Haut Niveau de Service Gex – Genève (BHNS, ligne F), Tramway des Nations (Nations (Genève) – Grand Saconnex – Ferney-Voltaire)
- Le développement de la mobilité douce. Trois dispositifs sont mis en œuvre dans la ZAC :
  - Les véloroutes : axes bidirectionnels dédiés uniquement aux cycles, pour des trajets rapides du type domicile-travail.
  - Les bandes cyclables sur voirie (doubles traits rouge fin, photo du bas) : bandes cyclables, bidirectionnelles, sur toutes les voiries de la ZAC, pour les déplacements vélo du quotidien.
  - Les chemins de traverses (traits verts, photo du milieu) : axes uniquement dédiés aux modes doux (piétons, cycles, etc...), bidirectionnels, pour les déplacements quotidiens et pour la promenade.

La plupart des futures opérations immobilières de la ZAC et en particulier les nouveaux logements seront doublement adressés : à la fois sur une voirie « classique » et sur un chemin de traverse décrit ci-dessus, afin de faciliter au maximum les usages en mode doux.

- L'optimisation du stationnement automobile
  - Règlement différencié dans la ZAC (1 place / 70 m² SDP logement vs 2 à 2,5 places par logement dans le Pays de Gex)
  - Parking sous-ilot limité à 1 niveau de sous-sol plombant les bâtiments
  - Stationnement mutualisé et foisonné dans des parkings silos (partiellement réversibles) entre les logements et l'activité économique
- Le développement d'une offre de services à la mobilité : services à la mobilité, autopartage, atelier de réparation de vélos, …

3. Zoom sur la construction biosourcée dans la ZAC Ferney-Genève Innovation

Ce quartier exemplaire en matière environnementale requiert nécessairement des modes constructifs écoresponsables et implique des filières locales pour les matériaux géo et biosourcées (bois notamment).

Les bâtiments, étudiés pour assurer un confort optimal des logements toute l'année, font l'objet d'une conception bioclimatique : accès à l'ensoleillement direct, orientation des logements et confort des espaces extérieurs.

Les niveaux de performances énergétiques et environnementales les plus ambitieux sont exigés (Minergie P, NF Habitat HQE niveau excellent, label biossourcé niveau 3, >RE2025).

3.1. Faire de la construction biosourcée la norme pour les promotions immobilières et impulser une filière bois construction locale

La conception de programmes immobiliers performants du point du vue énergétique permet de réduire les consommations énergétiques et l'impact carbone des bâtiments durant leur exploitation. Dans le bilan carbone global de l'opération, l'impact carbone des matériaux de construction devient ainsi un levier important pour poursuivre la diminution de l'empreinte environnementale des bâtiments.

Il est admis que la construction biosourcée et ossature bois est plus onéreuse que celle traditionnelle en béton. L'enjeu est de pouvoir massifier la demande d'approvisionnement de bois construction afin d'en réduire les coûts.

Le rôle de l'aménageur, la SPL Terrinnov, dans cette démarche, est entre autre d'offrir les conditions cadres nécessaires au changement jusqu'à l'atteinte du point de bascule où la construction biosourcée deviendra économiquement compétitive par rapport à une solution béton.

Outre le blocage des prix de vente du foncier, la mise en œuvre de solution de stationnement mutualisé et foisonné dans des parkings silos transfert également des coûts de construction dédiés aux ouvrages de stationnement du promoteur vers l'aménageur. Par ce moyen, une marge est dégagée, susceptible d'absorber une part du surcoût lié à la construction biosourcée.

Sur la durée de l'opération (jusqu'en 2032), les besoins d'approvisionnement en bois sont de l'ordre de 780 tonnes par an. Ce besoin à moyen terme incite la filière bois à se structurer afin de garantir une origine locale des essences ainsi qu'une disponibilité d'approvisionnement.

3.2. Échanges avec les acteurs de la construction bois

Depuis 2018, la SPL Territoire d'innovation entretient des relations régulières la Fibois, qui est associée à la démarche engagée : participation au jury des concours, à la sélection des promoteurs, journée d'échanges, visites…

3.3. Le développement de la démarche au fil des appels à manifestation d'intérêt

Pour la commercialisation des lots de la ZAC, la SPL Territoire d'innovation a recours aux appels à manifestation d'intérêt. Cette démarche éprouvée vise à attribuer chaque lot à un promoteur unique, accompagné d'un architecte et d'un paysagiste.

Dans ce cadre, Terrinnov a progressivement imposé le recours à des matériaux biosourcés : incitation tout d'abord en 2014, devenue expérimentation en 2018, la conception de bâtiments résidentiels en structure bois est devenue une obligation à partir de 2021.

En outre, le contexte local fait apparaître des acteurs œuvrant dans la production ou la mise en œuvre de matériaux durables et la ZAC Ferney-Genève Innovation, de par sa taille et son ambition, constitue un catalyseur permettant de contribuer à l'émergence d'une filière matériaux durables de type « filière courte ».

Ainsi, les projets doivent atteindre le niveau 3 du label Bâtiment Biosourcé par une part significative de structure et charpente bois. Une certification FSC ou PEFC est à fournir pour justifier du caractère durable de l'exploitation forestière.

Plusieurs pistes sont proposées aux opérateurs et concepteurs :
- Orienter la conception sur des systèmes constructifs adaptées aux filières locales : ossatures bois (en structure, façades, refends…), poteaux-poutres en lamellé-collé pour bâtiments d'une hauteur supérieur à R+5…
- Choisir des essences locales, mieux adaptées au milieu et aux conditions environnementales : Il s'agit notamment du sapin blanc, de l'épicéa, du châtaignier, du robinier, du douglas ou encore du hêtre et du chêne. En termes esthétique, il ne sera pas recherché de bois de catégorie 0, souvent associé à des provenances lointaines.
- Recourir à des matériaux bénéficiant d'une certification Bois des Alpes, AOC Bois du Jura… justifiant du caractère local de la ressource utilisée.

Des matériaux géosourcés ou réemployés peuvent aussi être proposés.

Dans tous les cas, le béton est à proscrire ou à limiter aux usages strictement nécessaires (principalement infrastructure, socle et noyau de circulations verticales).

Dans ce cadre, Terrinnov est particulièrement attentive à la composition des équipes de maîtrise d'œuvre proposées par les promoteurs : des équipes complètes, composées de bureaux d'études spécialistes de l'emploi de matériaux biosourcés, géosourcés ou réemployés dans la construction doivent être présentées dans les notices de présentation de l'équipe.

3.4. Montrer l'exemple

La SPL Territoire d'innovation est maitre d'ouvrage du premier parking mutualisé et foisonné de la ZAC, le bâtiment Hotspot.

Hotspot est le centre névralgique de la stratégie avant-gardiste déployée sur la ZAC Ferney-Genève Innovation, lauréate en 2022 de l'AMI « Démonstrateur de la Ville Durable ».

Le projet est composé d'un socle actif minéral (en béton) et de 4 niveaux de stationnement en structure bois/béton, regroupant environ 450 places destinées aux habitants et aux actifs de la ZAC. Le bâtiment fonctionne selon une complémentarité temporelle des plages d'occupation. Une faille invite les promeneurs à découvrir le bâtiment et à le traverser pour entrer dans le quartier verdoyant.

Le projet est certifié Minergie-P et atteint le niveau 3 du label Biosourcé pour les bâtiments de transport (26kg/m²) : poteaux-poutres bois, isolants biosourcés et lames de bois verticales en façade provenant de la région Auvergne Rhône-Alpes.

Le concept énergétique s'inscrit dans une logique de circularité : la chaleur fatale du data center alimente le réseau d'anergie qui récupère aussi la chaleur du CERN. La toiture comprend des panneaux photovoltaïques.

Ce programme met l'accent sur la réversibilité, rendue possible grâce à la trame structurelle bois. Dans le scénario d'évolutivité imaginé, les rampes centrales peuvent être déconstruites sans altérer le fonctionnement en R+1 du parking. Les niveaux 2 et 3 sont alors aménagés en bureaux, autour de patios végétalisés. Les espaces partagés trouvent leur place le long de ces patios.

Le socle intègre la production de chaleur du nouveau quartier ainsi que des services innovants : espaces de formation et de recherche, FABLAB, services dédiés à la mobilité douce et data center.



Image 5 : perspective du bâtiment Hotspot

La Recyclerie de la Dombes
Bois local et terre de site

Sarah VIRICEL
Lieux FAUVES
Lyon, France



Sandra RÜDIGER
Lieux FAUVES
Lyon, France

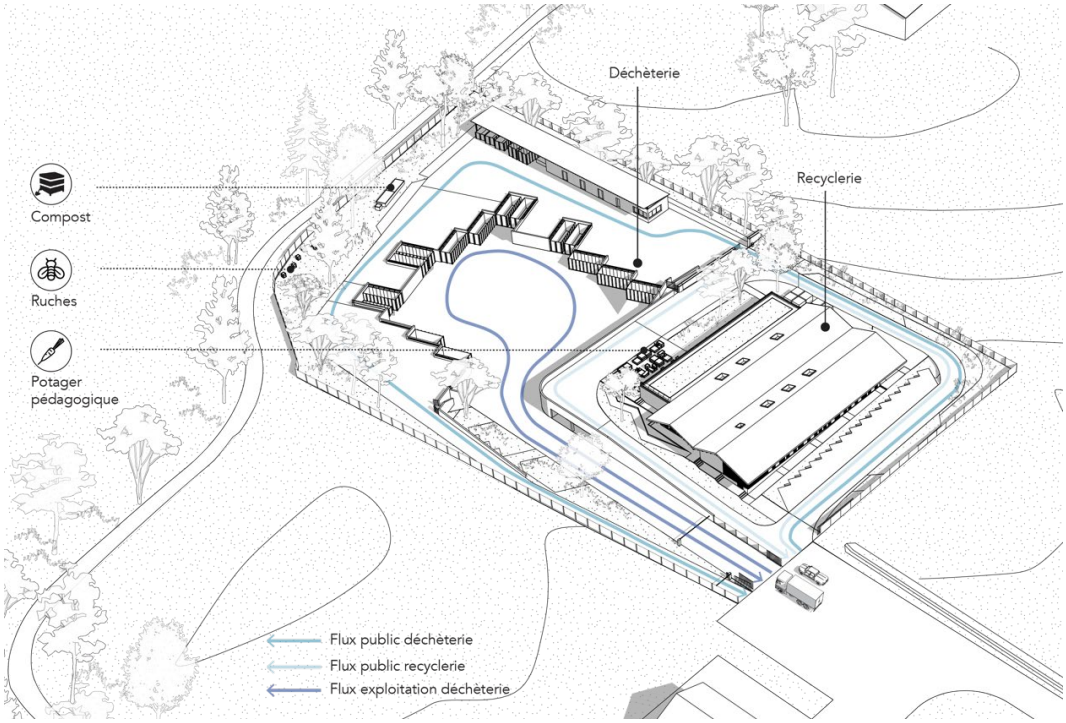


La Recyclerie de la Dombes
Bois local et terre de site

1. Le projet



La Recyclerie de la Dombes, à Châtillon-sur-Chalaronne dans l'Ain est destinée à gérer la collecte, la réparation, le réemploi et la revente d'objets et de matériaux de seconde main.

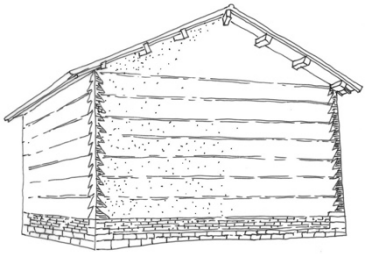


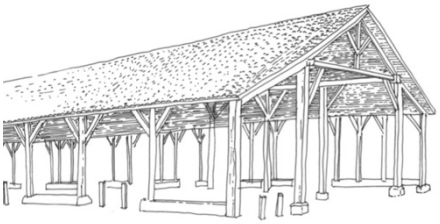
Lancé par la Communauté de communes de la Dombes, ce programme était soumis à un planning contraint, avec un fort enjeu d'optimisation de la durée des études et du chantier.

Le territoire de la plaine de la Dombes, site Natura 2000 et récemment labellisé au titre de la convention de Ramsar sur la protection des zones humides, accueille une grande biodiversité et présente une filière bois structurée et un savoir-faire historique de charpente et de construction en terre crue.

Le matériau le plus utilisé dans l'habitat traditionnel rural est le pisé. Le centre historique de Châtillon-sur-Chalaronne abrite un patrimoine classé au titre des monuments historiques, en particulier :

- le bâtiment des halles de marché en charpente bois datant du XVème siècle
- les maisons à pans de bois et remplissage torchis enduit à la chaux

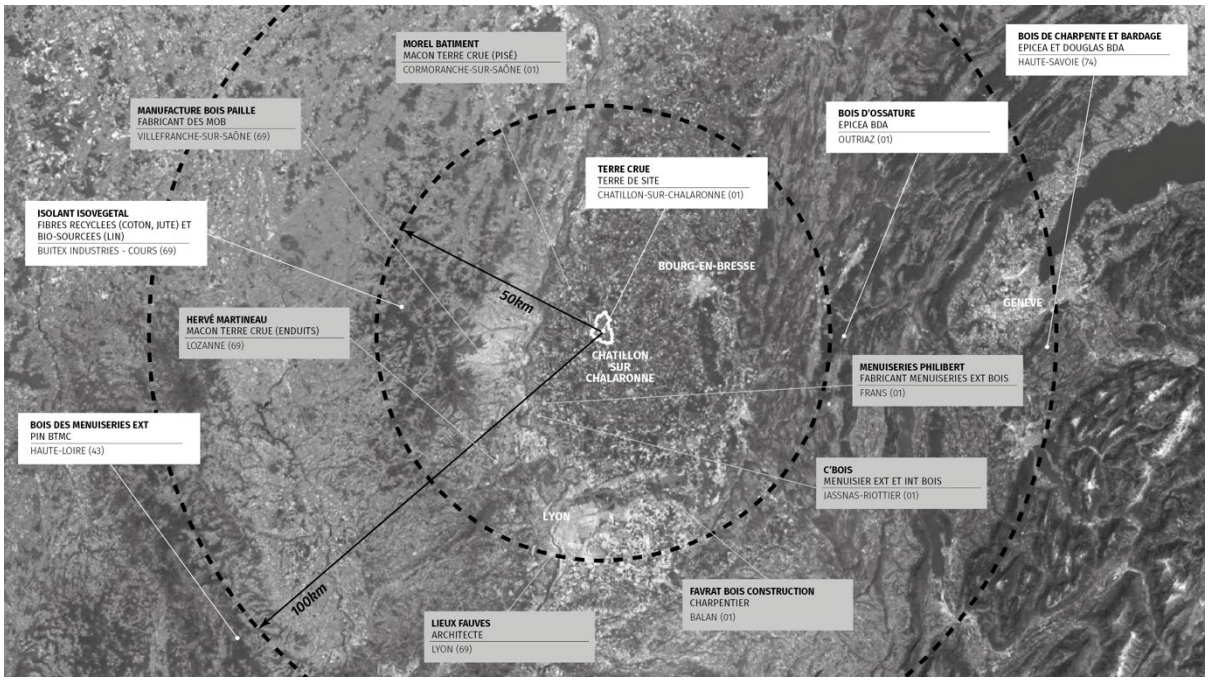






La réponse architecturale au concours de maitrise d'œuvre s'inspire de ce patrimoine local et vise d'une part l'optimisation de la matière et de l'empreinte carbone, et d'autre part la mise en valeur des ressources et savoir-faire locaux.

Le parti constructif s'oriente vers une **structure bois** – particulièrement adaptée aux grandes portées nécessaires à l'équipement et aux chantiers contraints et rapides grâce à la préfabrication–, et vers **l'emploi de terre de site**, afin de valoriser les déblais et d'inscrire le projet dans l'identité territoriale.



Ainsi :

- L'ensemble de la structure est en bois local (certifié Bois des Alpes : Douglas à l'extérieur / Épicéa à l'intérieur) : portiques et charpente bois massif, MOB+ isolant bio-sourcé. A l'exception d'un petit volume en béton et toiture végétalisée regroupant les éléments de programme à risque (chaufferie bois, ateliers bois et thermique).
- Les finitions intérieures sont brutes (OSB, dalle béton quartzé) et les façades intérieures des pignons sont traitées en enduits terre crue (terre de site).
- Les façades sont rythmées par des épines bois rappelant les façades à pans de bois et alternent des trames « ouvertes » qui intègrent les menuiseries extérieures et des trames « pleines » réalisées en enduit chaux pigmenté avec la terre de site.
- Les menuiseries extérieures et leurs protections solaires (lames brise-soleil) sont en bois local.

– Le chauffage est assuré par une chaudière à pellets ; l'eau de pluie est récupérée et réemployée pour les sanitaires du personnel, l'arrosage du potager, le nettoyage des bennes et camions ; la ventilation est simple flux et complétée par une ventilation naturelle nocturne.

2. Le choix de la terre crue

2.1. Les avantages de la terre crue

La **terre crue** présente de nombreux avantages. Ce matériau est :
– naturel et sain, pérenne sans traitement,
– géo-sourcé à faible énergie grise,
– recyclable à l'infini,
– pourvoyeur d'inertie,
– régulateur hygrothermique,
– activateur de confort sensoriel.

Sur le chantier, l'emploi de la **terre de site** :
– limite l'évacuation des déblais,
– valorise la matière qui est sous nos pieds en tant que ressource,
– fait perdurer, valorise et redynamise les savoir-faire traditionnels,
– contribue à une économie relocalisée et circulaire,
– encourage l'innovation et la recherche appliquée par de nouvelles façons de faire,
– incite à l'évolution du cadre normatif et réglementaire.

2.2. Les contraintes de la terre crue

Les freins à son utilisation nécessitent une bonne anticipation :
– temps de mise en œuvre et de séchage élevés, donc incidence sur le coût
– savoirs faire artisanaux peu répandus aujourd'hui

Et, en fonction des techniques :
– poids
– pénibilité de la mise en œuvre
– cadres réglementaire, normatif et assurantiel peu favorables

2.3. Le choix des techniques : pisé et enduits

STRATEGIE

Les techniques de construction en terre crue sont multiples (pisé, adobes, torchis, etc) et chacune a ses propres spécificités (composition de la terre, conditions de mise en œuvre et de séchage).

Le choix des techniques a découlé des objectifs :
– Pour valoriser la terre de site : **définir la technique en fonction de la ressource** ;
– Pour ancrer le bâtiment dans la culture constructive locale : **retenir une technique compatible avec les filières présentes sur le territoire ;**
– Pour employer la terre crue en complémentarité avec la structure bois : **s'assurer de la compatibilité de la technique avec les avantages de la construction bois** (préfabrication / durée de chantier réduite in situ).

METHODOLOGIE

L'analyse et la caractérisation de la terre de site est un prérequis. Ici, elle a mis en évidence deux types de terre, tous deux intéressants en technique terre crue :
– des limons argileux adaptés à la réalisation d'enduits, torchis ou bauge
– des graves limono argileuses plutôt compatibles avec les techniques de bauge ou pisé

La bauge n'est pas implantée sur ce territoire et a donc été écartée contrairement au pisé, au torchis et aux enduits.

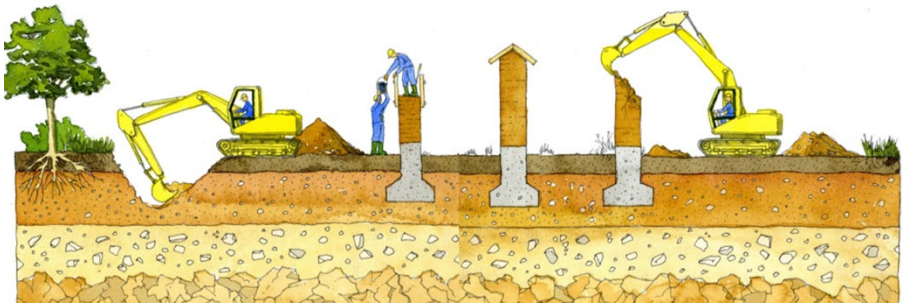
Le **pisé** nécessite un temps de mise en œuvre et de séchage important. Cette technique a donc été retenue pour la **réalisation du mur d'enceinte extérieur** entre la recyclerie et la déchèterie. Ainsi, la mise en œuvre indépendante de la construction du bâtiment a pu se faire en parallèle sans risquer de perturber le planning.

Pour le bâtiment lui-même, la technique des **enduits**, particulièrement complémentaire avec le bois, a été privilégiée. Réalisés en second œuvre (enduits intérieurs) et en façade (enduits extérieurs), la mise en œuvre et les temps de séchage s'insèrent parfaitement dans le planning général de l'opération, en parallèle des autres corps d'état.

La réalisation d'adobes (briques moulées) aurait également été possible avec cette terre et a été envisagée en remplissage d'un MOB intérieur avec production des briques en chantier pédagogique. La dynamique participative n'ayant pas pu s'enclencher dans les délais, cette solution n'a pas été retenue pour ce projet.

2.4. Composition du mur pisé

Le mur d'enceinte de la recyclerie est bâti en pisé 100% de terre de site. Le schéma ci-dessous illustre bien le circuit court du cycle de vie d'un mur en pisé de site.



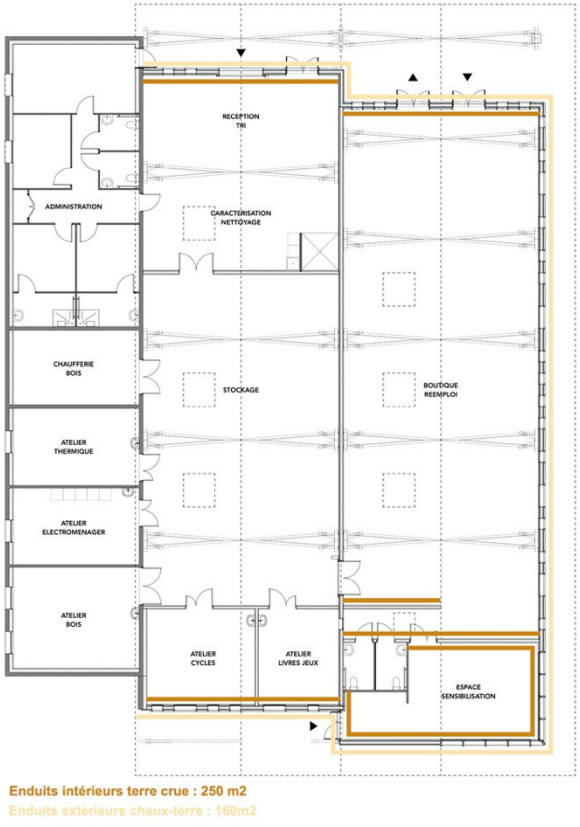
Pour valider cette composition et le bon comportement du matériau au séchage, un prototype a été réalisé en début de chantier et validé par l'entreprise, la maitrise d'œuvre et le bureau de contrôle.

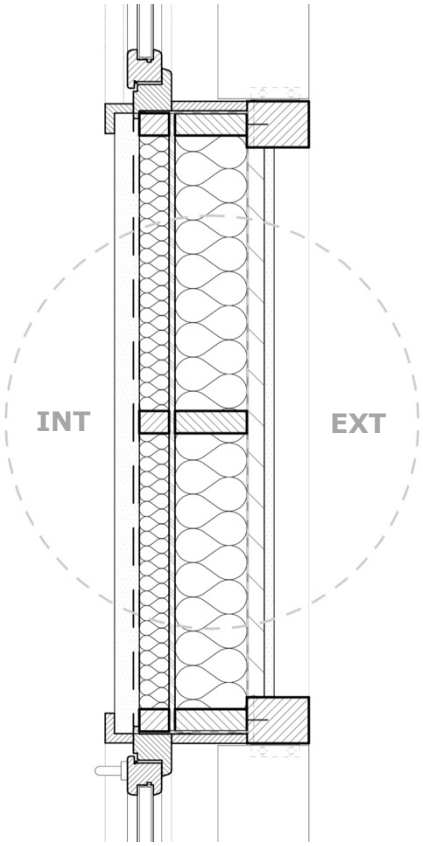




- Longrine béton de fondation assurant la garde au sol (min 20cm). L'arase supérieure de la longrine épouse la pente du terrain et limite ainsi la hauteur de la longrine en bas de pente.
- Élévations en pisé 100% terre de site. Les joints verticaux de coffrages sont volontairement marqués avec des chanfreins pour éviter les fissures de retrait lors du séchage ainsi que le désalignement des lits de terre du fait de la mise en œuvre sur la longrine en pente.
- Couvertine aluminium assurant la protection en tête.

2.5. Composition des parois avec enduits terre





- Âme : mur à ossature bois (MOB) 45x145cm @60cm + remplissage isolant bio-sourcé. Contreventement du MOB par panneau OSB côté intérieur : l'OSB joue ainsi le rôle de frein vapeur ce qui évite l'ajout d'une membrane. Membrane pare-pluie continue côté ext.
- Doublage intérieur :
  - complément d'isolation bio-sourcé dans une ossature bois
  - lattis support d'enduit
  - enduit terre crue en deux couches :
    - fond ép 40mm : mélange terre de site, sable, paille (terre majoritaire) projeté sur le lattis bois + trame fibrée
    - finition ép 10 à 15mm : mélange terre de site, sable, paille (sable majoritaire et quantité fibres limitée) talochée





- Vêture extérieure des trames enduites :
  - membrane pare-pluie continue
  - panneau fibre de bois dense support d'enduit
  - couche d'accroche ép 10mm à base de chaux hydraulique + trame fibrée
  - enduit chaux-sable pigmenté avec la terre de site ép 6-8mm (6% de terre)





2.6. Les bons réflexes

Pour s'adapter aux contraintes inhérentes au matériau, il est indispensable d'adopter quelques bons réflexes :

La composition de l'équipe :

- AMACO (BE spécialiste terre crue) est intégré à l'équipe de MOE avec des missions d'accompagnement technique, d'analyse de la terre de site, d'assistance pour la passation des contrats de travaux (connaissance des entreprises spécialisées)
- Formation de l'architecte

La pédagogie très en amont auprès de tous les acteurs du projet notamment auprès du MOA avant le choix du Bureau de contrôle.

L'anticipation :

- De l'analyse de la terre coordonnée avec les fouilles du géotechnicien (cahier des charges des prélèvements de terre établi par AMACO),
- Des sujets techniques en lien avec les BE et le Bureau de contrôle,
- Des questions réglementaires et assurantielles avec le MOA et le Bureau de contrôle (intégration dans le planning d'études et de chantier) : étude des détails techniques sur la base des référentiels, validation finale des complexes sur prototypes au démarrage du chantier

L'allotissement :

- Lot spécifique terre crue intégrant le mur pisé et les enduits pour viser des entreprises spécialisées capables de formuler la terre et maîtrisant les savoirs faire
- Définition fine des limites de prestations et de responsabilités. A titre d'exemple : la membrane pare pluie continue derrière les trames de façade en bardage bois et les trames enduites permet de laisser la responsabilité de l'étanchéité à l'eau et à l'air au lot charpente et donc de limiter les risques d'interfaces en cas de sinistre. Par ailleurs, elle permet la protection du MOB pendant le chantier entre sa pose et la réalisation des enduits.

3. Fiche technique



MAITRISE D'OUVRAGE
Communauté de communes de la Dombes

MAITRISE D'ŒUVRE
Lieux FAUVES / TEKHNÊ – Architecte
NOVAM Ingénierie – BET TCE dont Structure Bois
AMACO – AMOE Terre crue

ENTREPRISES DE CHARPENTE
FAVRAT CONSTRUCTION – Structure bois, couverture, bardage
MANUFACTURE BOIS PAILLE – Fabrication des MOB

ENTREPRISES TERRE CRUE
MOREL BÂTIMENT – Pisé
HERVE MARTINEAU – Enduits

Surface SDP : 1.100 m^2
Montant total des travaux : 3,9M€ HT (déchèterie + recyclerie)
Montant du lot bois : 591.160€ HT / Montant du lot terre crue : 120.200€ HT
Livraison décembre 2023
Niveau E3C1 – Niveau 3 du label biosourcé

4. Pour aller plus loin

Pour ce projet, l'emploi de terre crue mise en œuvre en filière humide in situ a été facilité par :
- la catégorie réglementaire du bâtiment : simple RDC (ERT et ERP 5e catégorie)
- l'espace disponible :
  - à l'intérieur : grands volumes du fait du type de programme industriel
  - à l'extérieur : site non contraint idéal pour le stockage et la formulation de la terre

L'application de ce type de matérialité dans d'autres programmes (équipements, logements) et d'autres sites (milieu urbain dense) nécessite de poursuivre les réflexions et expérimentations. En particulier :

- sur les volets réglementaire et normatif : évolution des référentiels (avis techniques, règles de bonnes pratiques, etc)
- sur le volet technique, pour pallier les contraintes de mise en œuvre : développement de la préfabrication et des filières de fourniture associée
- sur le volet social : l'emploi de terre crue est propice à de nouvelles manières d'envisager les études et le chantier pour créer du lien social et encourager les usages. Par le prototypage, la co-construction en chantiers participatifs et pédagogiques, l'autofinition par les usagers. Il s'agit dans ce cas d'intégrer la dynamique participative très tôt dans la planification, en relation étroite avec les acteurs du territoire (Maitrise d'ouvrage, associations d'habitants, associations de loisirs, écoles, artisans…)

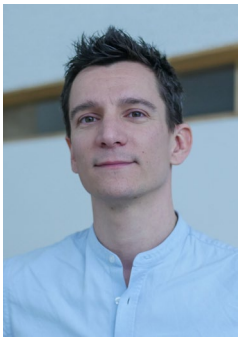
Crédits images : Lieux FAUVES / Vladimir de Mollerat du Jeu

Plateforme de stockage bois à Quéven

Aurélien LEPOUTRE
DLW architectes
Nantes, France



Xavier DAVY
EGIS
Rennes, France



Plateforme de stockage bois à Quéven

1. Programme

Création de 4 000 m² de hangars pour stocker et faire sécher environ 20 000 m³ par an de plaquettes bois déchiqueté en vue d'alimenter les réseaux de chaleur au bois exploités par la SPL BER (Bois Energie Renouvelable) sur les territoires de ses actionnaires Lorient Agglomération et Quimperlé Communauté.



Création d'un bâtiment technique de 200 m² SU (atelier, stationnement véhicules de travail) et d'un bâtiment du personnel de 70 m² SU.
Aménagement de l'ensemble de la parcelle pour les circulations d'engins, le stockage de 500 m³ de billons bois, le stockage de terre végétale et, à terme, l'installation éventuelle de silos pour granulés bois et d'une centrale photovoltaïque de 400 kWc.

2. Parti architectural, technique et environnemental



2.1. Le rapport au programme et au site

Le projet de plateforme bois-énergie de Quéven incarne la volonté des collectivités locales d'investir dans les énergies renouvelables et en particulier dans la filière bois. Le programme, ambitieux par ses dimensions, se veut exemplaire autant par l'objet de sa mission que par les qualités propres de sa réalisation. Les objectifs fixés par la SPL BER à construire un équipement parfaitement fonctionnel et adapté au process du site, confortable et accueillant pour ses agents, démonstratif des techniques de construction bas-carbone contemporaines tout en étant économique.

La conception du projet s'appuie donc sur un regard croisé portant sur ces différentes cibles pour aboutir à un projet qualitatif répondant aux multiples attentes.

La plateforme prend place au nord de l'agglomération Lorientaise, et occupe la dernière parcelle de la Zone Artisanale du Morillon, venant valoriser une parcelle triangulaire délimitée par la voie ferrée menant à Quimper et un boisement longé par une voie verte. La géométrie contraignante du terrain conduit à observer attentivement le process pour optimiser les surfaces exploitables et dimensionner voiries et constructions.

Le terrain possède également des qualités environnementales qu'il s'agit de préserver comme les continuités végétales et les alignements d'arbres situés en limites est, le long du talus de la voie ferrée, et sud et la proximité avec la voie douce et le boisement à l'ouest. La conception s'attache à conserver ces qualités notamment en proposant un plan compact et respectueux des sols qui se tient à l'écart des limites.

S'agissant d'un site dédié à la filière bois et par ailleurs matériau le plus adapté au process de séchage, il nous a semblé naturel de construire l'ensemble des bâtiments en bois. L'expression architecturale qui en découle valorise et met en avant le bois des forêts bretonnes comme matériau biosourcé polyvalent adapté aux charpentes, parois et dans une moindre mesure aux revêtements intérieurs.

Bien que situé en impasse le projet reste perçu par un vaste public : longé par la voie verte et par les trains ou vu depuis les pavillons situés à l'est, son ampleur en fait un équipement emblématique. Son architecture offre une image faite de sobriété, de maîtrise constructive et de rigueur.

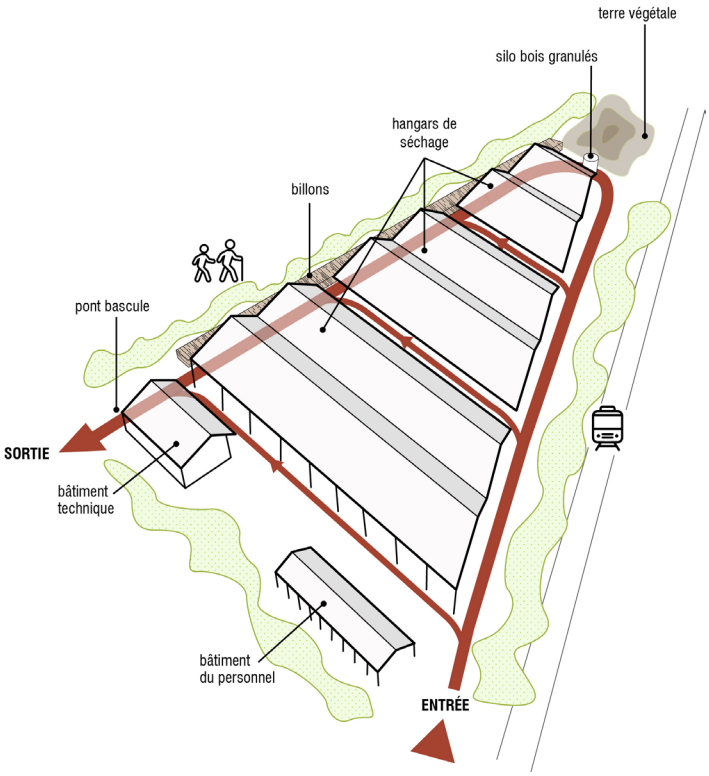
Plusieurs aspects guident la conception :

2.2. Le process et la règlementation ICPE

La stratégie d'implantation sur le site s'appuie sur une analyse précise du process et de la règlementation ICPE pour dimensionner les constructions.

Distance de recul par rapport aux limites calculée par le flux thermique léthal en cas d'incendie, voie engin en périphérie de l'installation, surface maximale de 3000 m² de chaque hangar de stockage pour éviter une installation complexe d'extinction automatique, hauteur inférieure à 12.5 m pour ne pas pénaliser la structure qui reste ainsi stable au feu ¼ H. Ces différents paramètres sont pris en compte dans la conception dès les phases amonts pour obtenir sur une approche globale et un optimum technico-économique.

Ces contraintes sont intégrées à la mise en place du process sur le site : un réseau de voies répond à la fois à la lisibilité immédiate du schéma fonctionnel par les livreurs et à la mise à distance des halles vis-à-vis des limites.



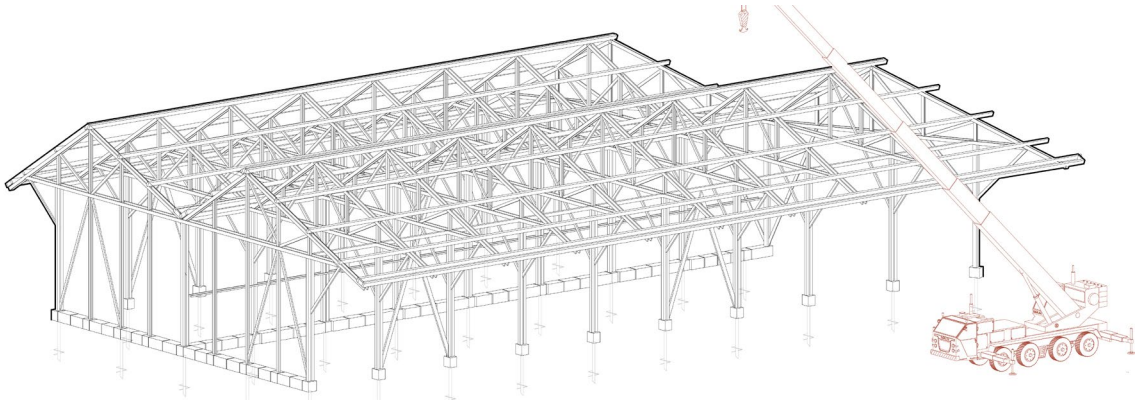
Une voie périphérique ceinture les halles, dimensionnée pour les manœuvres des différents engins et camions de livraison depuis l'entrée visible dans l'axe de la rue Yvette Cauchois jusqu'à la sortie, équipée d'un pont à bascule.

La voie périphérique donne accès à des voies secondaires est-ouest qui permettent de distribuer les halles sur leur longueur, le principe étant de livrer le bois broyé au pied des alvéoles de stockage ou d'amener les billons au plus près du broyeur.

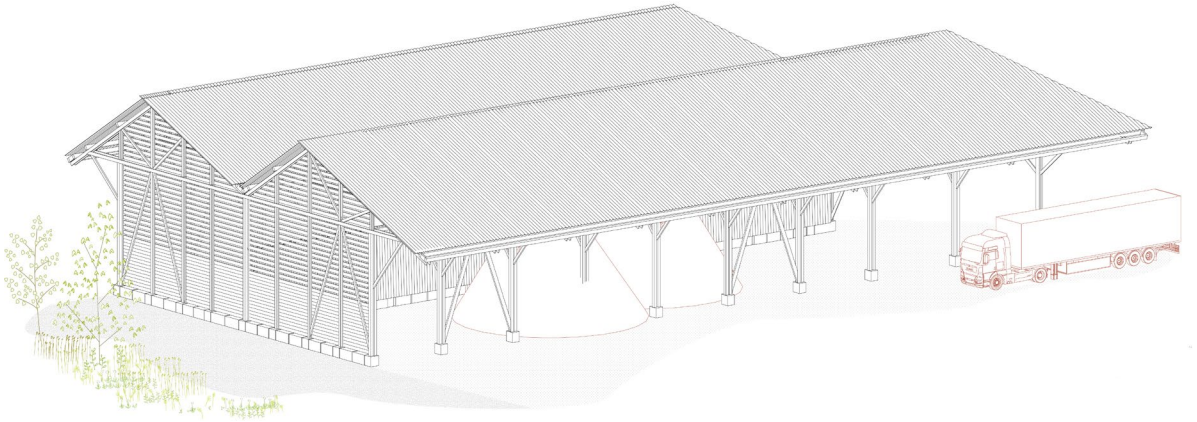
Les halles de stockage sont disposées de manière à se protéger des vents humides ouest-sud-ouest pour offrir les meilleures conditions de séchage du bois.

2.3. L'approche technique et environnementale

L'organisation en bandes parallèles des halles et des voies permet d'optimiser la surface construite. Chaque halle est formée de deux nefs accolées et séparées par des parois permettant d'y adosser les tas de bois plaquettes. Ces parois sont constituées de bastaings non jointifs permettant le passage de l'air. Les faces latérales ouest-sud-ouest sont également closes par des bastaings pour protéger les stockages de la pluie.



Les fondations par pieux vissés visant à limiter la substitution des sols et le dessin des charpentes repose sur une approche économique : le dessin est régulier, industrialisé dans une optique de planning de montage réduit. Les portées, limitées à 12 m, sont franchies par des fermes treillis conçues pour limiter la consommation de bois et recourir à la filière locale d'approvisionnement, notamment l'Epicéa Sitka et le Douglas présent dans les forêts bretonnes.
Le dimensionnement des charpentes a fait l'objet d'une analyse fine vis-à-vis de sa prise au vent en toiture, mais également des poussées statiques des copeaux de bois ou encore de l'exposition aux intempéries des différents éléments.
Le fonctionnement en portique multiplique tant dans le sens longitudinal que transversal répond à la fois à des enjeux de montage que d'économie de matière.



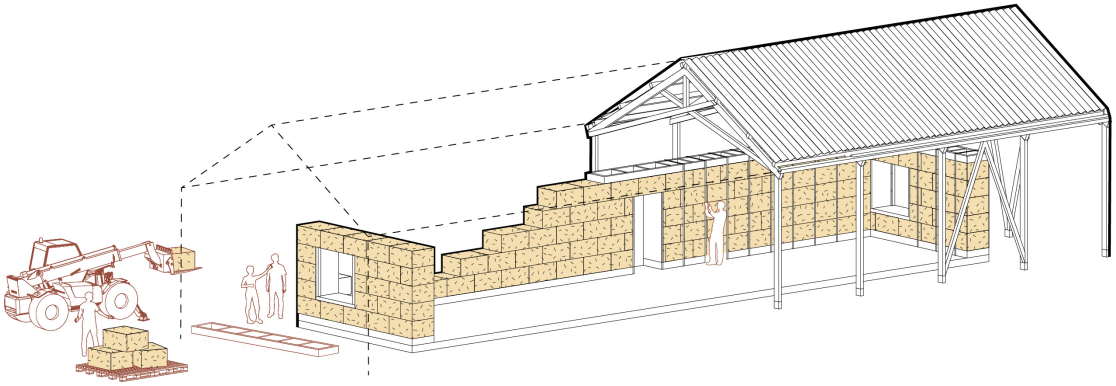
Les toitures en bac acier traité anti-condensation sont conçues pour recevoir des panneaux photovoltaïques. Leur dessin asymétrique offre une surface bien orientée optimisée.

Les sols reçoivent un traitement adapté à leur fonction : voiries lourdes limitées aux voies, enrobé percolé pour les halles, mélange terre-pierre pour les stationnements, empierrements pour le stockage des billons…



Montage de la charpente par EMG Structure Bois

Situés à l'entrée du site les locaux du personnel sont emblématiques de l'architecture de l'ensemble du site qui recoure massivement aux matériaux biosourcés et décarbonés pouvant être fournis localement. Ils sont traités avec sobriété mais bénéficient de grandes qualités spatiales : larges baies au sud, espace de convivialité extérieur abrité…



Le volume habité est construit en paille porteuse enduite de terre argileuse. Il se glisse sous une charpente similaire à celle des halles stockage pour être construit à l'abri de la pluie. Ce dispositif permet de suivre les principes bioclimatiques : le volume est traversant, principalement ouvert au sud et protégé du soleil estival.



Les parois en paille porteuse ont fait l'objet d'une attention toute particulière, tant en phase de conception pour assurer la faisabilité, qu'en phase d'exécution, avec un contrôle fin de la réalisation. Ce mode constructif n'étant pas visé comme technique courante, sa mise en œuvre a reposé sur des échanges nombreux et détaillés avec les différentes parties prenantes : architecte, ingénieur, entreprise, contrôleur technique et maitrise d'ouvrage.

Ces parois porteuses, une fois mis en précontrainte pour réduire les phénomènes de fluage long terme, supportent la toiture du bâtiment tout en offrant une enveloppe thermique extrêmement performante. La face intérieure reçoit un enduit terre crue tandis que la face extérieure, partiellement exposée aux intempéries, reçoit un enduit chaux-sable.

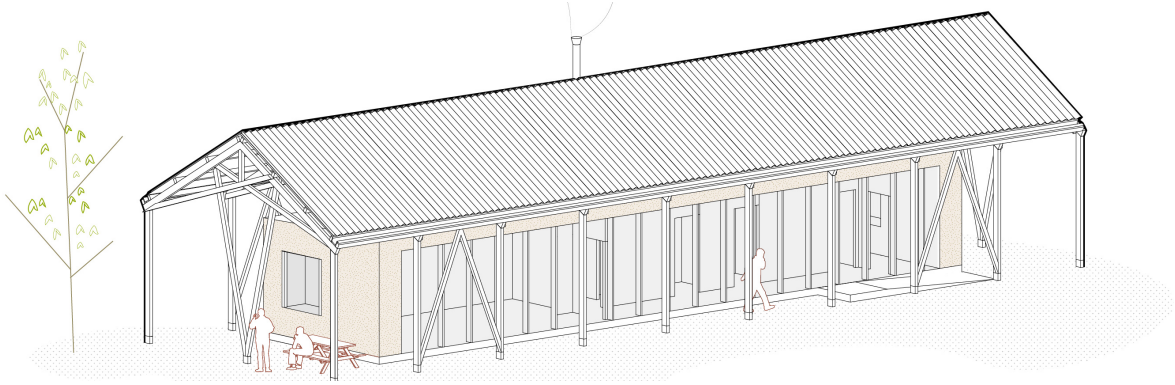


Chantier formation NEBRASKA Etudes et constructions paille





Chantier formation NEBRASKA Etudes et constructions paille



Au-delà des principes qui régissent les constructions, le projet veille à s'insérer de manière exemplaire dans son environnement et à former une symbiose avec le site.

La continuité des corridors écologiques est et ouest est entretenue : mise à distance et préservation des haies arbustives existantes le long du talus SNCF, haie plessée le long de la voie verte, conservation et mise à profit de la végétation au sud de la parcelle…

La gestion de l'eau est également étudiée : chaussée réservoir pour limiter le débit de rejet, toilettes sèches, citerne pour recueillir les eaux de pluie destinées au nettoyage des véhicules et matériels ou l'arrosage du site.

Les toitures offrent une capacité d'installation de 2 800 m² de panneaux photovoltaïques orientés de façon optimale.

UNE ECOLE EN BOIS-PAILLE-TERRE à La Talaudière (42, France)

Damien GALLET
GALLET Architectes
Echalas, France



Vincent DANIERE
ATELIER DES VERGERS Architectes
Saint-Etienne, France



Une école en Pisé porteur et bois-paille-enduit terre

Programme : 10 salles de classe + 2 salles périscolaire + 1 restaurant

Surface : 1600m² bâtiment + 1500m² aménagements extérieurs

Montant Travaux : 3 450 000€ HT

Date de livraison : septembre 2023

Performance : E4C2

1. Une commune avec des souhaits écologiques mais pas de demande spécifique de matériaux, ni d'objectif chiffré pour le projet

La commune de La Talaudière, bénéficie d'un cadre de vie très agréable de campagne tout en étant très proche de la ville de Saint-Etienne. Ce projet d'une nouvelle école élémentaire avec accueil périscolaire et restaurant fait partie d'un projet d'Eco-quartier bien plus important avec la création de futurs logements afin de répondre à l'attractivité de cette commune.

Le programme du concours lancé en 2020 par la commune indiquait une volonté de bien construire et de prendre en compte les données environnementales actuelles, sans pour autant imposer des matériaux en particulier et sans objectif performanciel précis autre que le respect de la règlementation RT 2012 en vigueur à ce moment-là.

2. Une volonté architecturale et une réponse volontariste avec le pisé et le bois-paille : une équipe engagée

Grâce à un budget correctement estimé en phase programmation, nous avons pu proposer un projet ambitieux dans la continuité de nos retours d'expériences d'écoles livrées précédemment en bois-paille + enduit terre, mais en mettant le curseur encore un peu plus haut : en mettant en œuvre de la terre en plus grande quantité grâce à la réalisation de murs en pisé porteur.
Ce mode constructif est très présent en région Rhône-Alpes et le savoir-faire des artisans est encore présent, mais principalement dans le cadre de rénovation du bâti ancien.
Construire un équipement public neuf, avec du pisé porteur, est bien moins courant et nécessite une équipe de Maîtrise d'œuvre très engagée pour porter cet objectif jusqu'au bout.

Celle-ci est composé de :

- Architectes : **agence GALLET ARCHITECTES**, mandataire et **ATELIER DES VERGERS**, architecte associé
- Bureau d'étude Fluides et environnement : **MAYA CONSTRUCTION DURABLE**
- Economiste : **ECONOMIA**
- Bureau d'études Structure Bois : **ARBORESCENCE**
- Bureau d'études Structure Béton : **TECTONIQUES ING**
- Bureau d'études Acoustique : **ECHO ACOUSTIQUE**
- Bureau d'études Cuisine : **STUDIS**
- Bureau d'études Terre : **BE TERRE**

Nous avons intégré en cours d'étude le bureau d'étude BE-TERRE situé à Grenoble, afin qu'il nous apporte son savoir et ses retours d'expérience sur d'autres projets similaires avec des murs en pisé porteur en France. Il a ainsi pu collaborer avec le bureau d'étude spécialisé bois Arborescence afin de travailler sur toutes les interfaces entre le bois et la terre.

3. Un dialogue constructif avec la Maîtrise d'Ouvrage, un projet qui s'est « complété » en cours d'étude

La mairie de La Talaudière étant à l'écoute et convaincue du bien-fondé de nos propositions constructives, avec du bois-paille en toiture et du pisé pour certains murs orientés plein Sud, nous avons décidé de leur proposer de réaliser l'ensemble des murs bois des autres façades, en bois-paille également pour servir de support à l'application d'enduit terre épais intérieur.

Fort d'une expérience sur un précédent projet d'école, nous sommes aujourd'hui convaincus que la botte de paille en isolation est un excellent support à la réalisation d'enduit terre intérieur épais de 40mm. L'enduit protège la paille du feu, remplace le frein-vapeur, et fait office de finition. Notre objectif avec ces enduits terre, en plus des murs en pisé, est d'apporter plus d'inertie à l'intérieur du bâtiment pour améliorer le confort thermique d'été.

La commune a également décidé de réaliser une centrale solaire photovoltaïque en toiture afin de profiter de cette grande surface disponible. L'électricité produite couvrira l'ensemble des besoins de l'école (bâtiment BEPOS), mais bien plus encore afin que l'électricité renvoyée sur le réseau vienne en déduction des consommations électriques des autres équipements de la commune.

La gestion des eaux de pluie sur ce projet est également exemplaire avec des revêtements de sols drainants, une rétention par tranchée drainante, mais aussi par la mise en œuvre de 2 cuves de récupération des eaux de pluie totalisant 60m3, qui pourront servir à l'arrosage des espaces verts de l'école bien sûr, mais aussi et surtout à l'arrosage des espaces verts des nouvelles voiries de l'éco-quartier.

4. Un savoir-faire d'équipe pour faire du « vrai » pisé porteur

Réaliser du pisé porteur en marché public n'est pas chose facile. Cette technique constructive est régie seulement par un guide des bonnes pratiques de la construction en terre crue et il est donc difficile de justifier les efforts structurels que peuvent reprendre les murs en pisé et les bureaux de contrôle sont souvent peu aux faits du matériau terre en général.
Pour ce projet, nous avions pu orienter le choix du bureau de contrôle afin d'avoir une personne qui connait bien ce matériau et nous nous sommes entourés de deux bureaux d'études spécialisés en construction bois et en terre. L'agence GALLET architectes avait déjà pratiqué les enduits terre sur bottes de paille sur un projet précédent, mais la construction de murs en pisé porteur était une 1ère expérience pour ce projet.
Grâce à BE-TERRE nous avons pu anticiper la plupart des questions techniques que posent ce type de construction : le type de terre à utiliser, la gestion du tassement, de l'étanchéité à l'air / raccord avec ossature bois et menuiseries extérieures, la consultation, etc.
Les architectes ont alors réalisé un carnet de détail très poussé afin de bien gérer l'ensemble de ces problématiques.
C'est grâce à ce travail d'équipe et grâce à un repérage de l'ensemble des entreprises de secteur susceptibles de pouvoir répondre à l'Appel d'Offre que nous avons réussi à convaincre un artisan maçon/piseur de travailler sur ce projet.

5. La terre pour un meilleur confort d'été

Concevoir un bâtiment performant est maintenant chose courante grâce à l'évolution des réglementations thermiques RT 2012, puis RE 2020. Elles visent à limiter les consommations d'énergie ce qui est une bonne chose vue l'évolution de toutes les sources d'énergies ces dernières années et qui ne vont cesser d'augmenter.

Cependant, la notion de confort d'été n'est pas encore très bien prise en compte, même si avec la RE 2020, un premier pas est fait en ce sens. L'Isolation Thermique par l'Intérieure (ITI), très répandu en France est une catastrophe pour cela car elle nous coupe de l'inertie des murs porteurs. Puis est arrivée l'Isolation Thermique par l'Exterieur (ITE), qui

permet de profiter de l'inertie des murs porteur, mais elle est majoritairement réalisée avec des isolants issus de la pétrochimie (Polystyrène, polyuréthane) sur des murs en béton armé. Résultat : on est loin d'une construction écologique mettant en œuvre des matériaux bio ou géo-sourcés ! Les lobbies du pétrole et du béton sont fortement implantés en France et en tant qu'architectes nous souhaitons montrer qu'il est possible de construire autrement tout en prenant en compte cette problématique du confort d'été.

L'ossature bois, bien plus vertueuse, n'est pas connue pour ses qualités d'inertie thermique puisqu'elle représente un système constructif léger et elle peut vite produire des bâtiments peu adaptés aux fortes chaleur l'été si l'isolation à l'intérieur de l'ossature ne possède pas une certaine densité pour créer ce que l'on appelle un déphasage thermique. C'est pour cette raison que nous proposons d'isoler avec de la botte de paille dans un 1er temps car la botte possède une densité d'environ 100kg/m3, ce qui est deux fois supérieur aux autres isolants biosourcés tels que la laine de bois ou la ouate de cellulose qui sont entre 50 et 60 kg/m3. Cette densité est très appréciable en toiture puisque l'été le soleil tape fortement sur les couvertures, mais l'avantage de la paille c'est qu'elle peut aussi servir de support à des enduits terre épais sur les murs côté intérieur.

L'enduit terre de 40mm d'épaisseur, est réalisé en 3 passes. Ce type d'enduit nécessite un réel savoir-faire car le mélange doit être ni trop solide, ni trop liquide afin de s'accrocher parfaitement aux tiges laissées visibles de la botte de paille. Cette épaisseur de terre apporte un complément d'inertie important au mur ossature bois et paille, si bien que l'ensemble est parfaitement capable de limiter la transmission de chaleur de l'extérieur vers l'intérieur. Mais l'autre avantage de l'enduit terre est surtout de pouvoir capter de la fraicheur et une grande quantité d'humidité la nuit si le bâtiment est ventilé naturellement. Cette humidité, en s'évaporant la journée avec la remontée des températures, crée de la fraîcheur par évapotranspiration, comme le fond les arbres à travers leurs feuilles. Nous cherchons donc à reproduire un phénomène très simple et complètement naturel, sans aucune dépense d'énergie. Enfin, la paille et la terre sont des matériaux capillaires, c'est-à-dire que la vapeur d'eau peu transiter d'un matériau à l'autre, si bien que la réalisation de ce type de mur permet une régulation hygrothermique naturelle et passive des espaces intérieurs. Cela participe grandement au confort d'été car la chaleur est bien moins supportable plus le taux d'humidité est élevé. Ainsi des murs bois-paille-terre participent à la création d'ambiances intérieures confortables car ils régulent les écarts de température, tout comme ils régulent l'hygrométrie.








Les murs en pisé, de 60cm d'épaisseur dans notre projet, sont présents seulement sur les façades Sud. Ainsi, il a été possible de ne pas les isoler côté intérieur afin de profiter pleinement de leur inertie thermique. En effet, les murs en façade Sud reçoivent le rayonnement du soleil l'hiver et sont par conséquent moins déperditifs que sur les autres façades. Ils représentent tout de même une faiblesse thermique l'hiver qui a été compensée par l'ensemble des autres murs fortement isolés en bois-paille et par la mise en œuvre de menuiseries extérieures avec triple vitrage. En revanche, l'été, ces murs très épais font en sorte que la chaleur mette longtemps à traverser le mur pour rentrer à l'intérieur du bâtiment. Cette masse au contact de l'ambiance intérieur met un certain temps à se réchauffer si bien qu'elle régule les écarts de température journaliers. Enfin, comme pour les enduits terre, les murs en pisé ont une capacité à absorber une forte quantité d'humidité et à se rafraîchir la nuit grâce à la ventilation naturelle. Ils génèrent donc, au même titre que les murs en bois-paille-terre, des ambiances d'autant plus confortables dès qu'il commence à faire très chaud.

Tout ce travail sur le confort d'été grâce à la mise en œuvre de terre dans les constructions en bois, n'est valable que si un travail complémentaire est réalisé sur la protection solaire des ouvertures et si possible par des éléments fixes. C'est le cas sur ce projet avec des brise-soleil en bois fixes qui viennent en complément de stores extérieurs amovibles.




6. Pisé et modernité

La construction en terre crue et en pisé notamment se développe fortement en région Rhône-Alpes. Pour autant, le pisé n'est pas toujours porteur dans les projets neufs, vue la complexité pour justifier la tenue de ses murs vis-à-vis du séisme notamment. Ce projet se situe en zone sismique 2 (faible) ce qui a limité les contraintes constructives. Néanmoins, nous avons pu constater que certaines entreprises ne voulaient pas réaliser ce type de projet où les murs ne sont pas stabilisés lors de la phase chantier, tant que la charpente n'est pas installée en tête des murs. L'élancement des murs pisé (le mur le plus haut fait 4,5m), qui s'alternent de manière régulière selon une trame de plein et de vide de 180cm de largeur, est un mode constructif avec une expression contemporaine qui change complètement d'une enveloppe continue et stable percée de petites ouvertures telle une grange traditionnelle. Le pisé est un matériau qui a ses propres caractéristiques et il convient de bien les connaître avant de vouloir construire avec ce matériau n'importe quel type de projet et n'importe où.





7. Conclusion

C'est grâce à une maîtrise d'ouvrage ouverte d'esprit que nous avons réussi à convaincre l'ensemble des élus de la commune de La Talaudière d'aller le plus loin possible dans la mise en œuvre de matériaux locaux et sains dans leur nouveau projet d'école. Les matériaux sont bruts et visibles à l'intérieur comme à l'extérieur afin que ce type d'équipement destiné aux enfants, puissent être le support à l'éveil des sens des générations futures. Voir, sentir et toucher le bois, la paille et la terre sont des expériences sensorielles qui marquent les mémoires toute une vie.

Enfin, ce type de construction favorise également le développement des savoir-faire locaux car elle fait appel à des compétences spécifiques assez techniques, et à une grande part de main d'œuvre. La paille et le terre ne coûte presque rien, mais le prix des murs est par conséquent principalement le travail local ce qui favorise une dynamique sociale bénéfique pour les communes. La visite de ce type d'équipement démonstrateur semble permettre de convaincre de nouvelles Maîtrises d'Ouvrage encore un peu réticentes à changer leurs habitudes.

La bois, la paille et la terre, sont des matériaux décarbonés par excellence, c'est pourquoi nous poussons au développement de ces filières constructives afin de répondre aux enjeux climatiques d'aujourd'hui et de demain.





Groupe scolaire terre, bois & béton damé recyclé à Châtenay-Malabry | 92

Samuel DELMAS
a+ samuel**delmas** architectes
Paris & Lyon, France



Le groupe scolaire terre, bois & béton damé recyclé à Châtenay-Malabry | 92

« L'École du Réemploi »





Perspective aérienne – Façades porteuses en béton sec damé

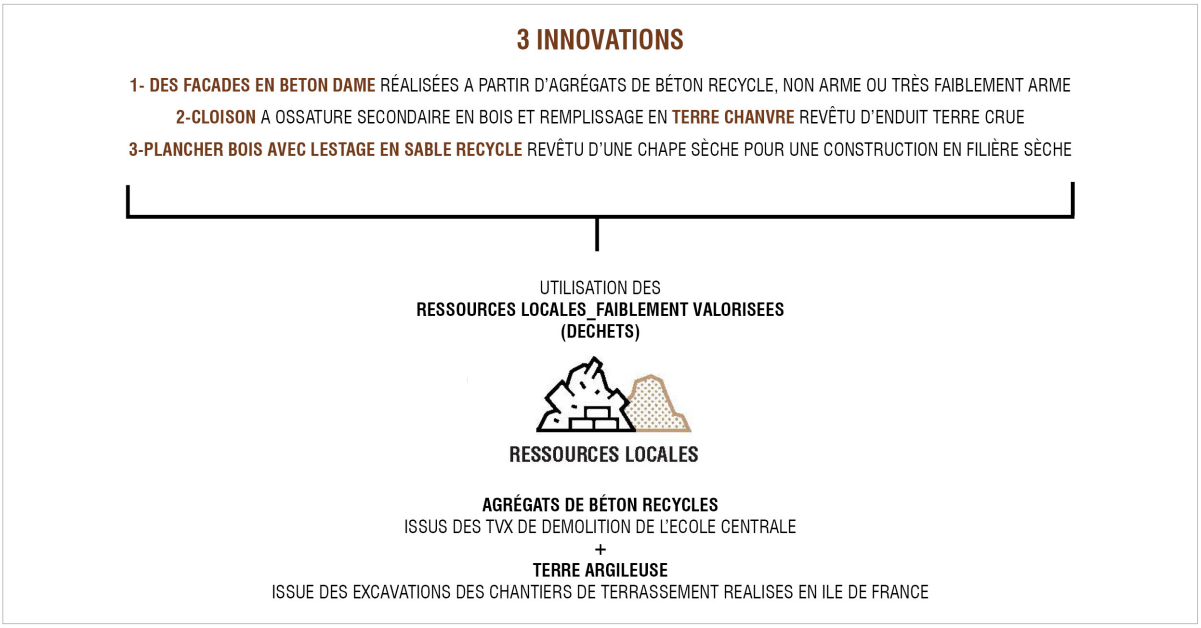
Situé entre le parc de Sceaux et une coulée verte, le bâtiment occupe tout un îlot de l'écoquartier LaVallée à Châtenay-Malabry. Les modes constructifs retenus permettent d'aboutir à un projet inspiré d'une conception frugale. Le bâtiment est un outil pédagogique au travers de l'utilisation de matériaux biosourcés, d'une lumière naturelle généreuse et de la mise en place de ventilation naturelle. **Le bois, la terre et le végétal y sont omniprésents.** Le projet répond aux **principes de biophilie** garantissant un cadre d'éveil idéal pour le bien-être des enfants (meilleures attention et concentration)… Le bâtiment est fertile : Le végétal s'étend sur les toitures-prairies et dans les cours arborées. Le jardinage est enseigné aux enfants à travers des potagers en lien direct avec la ferme urbaine voisine.

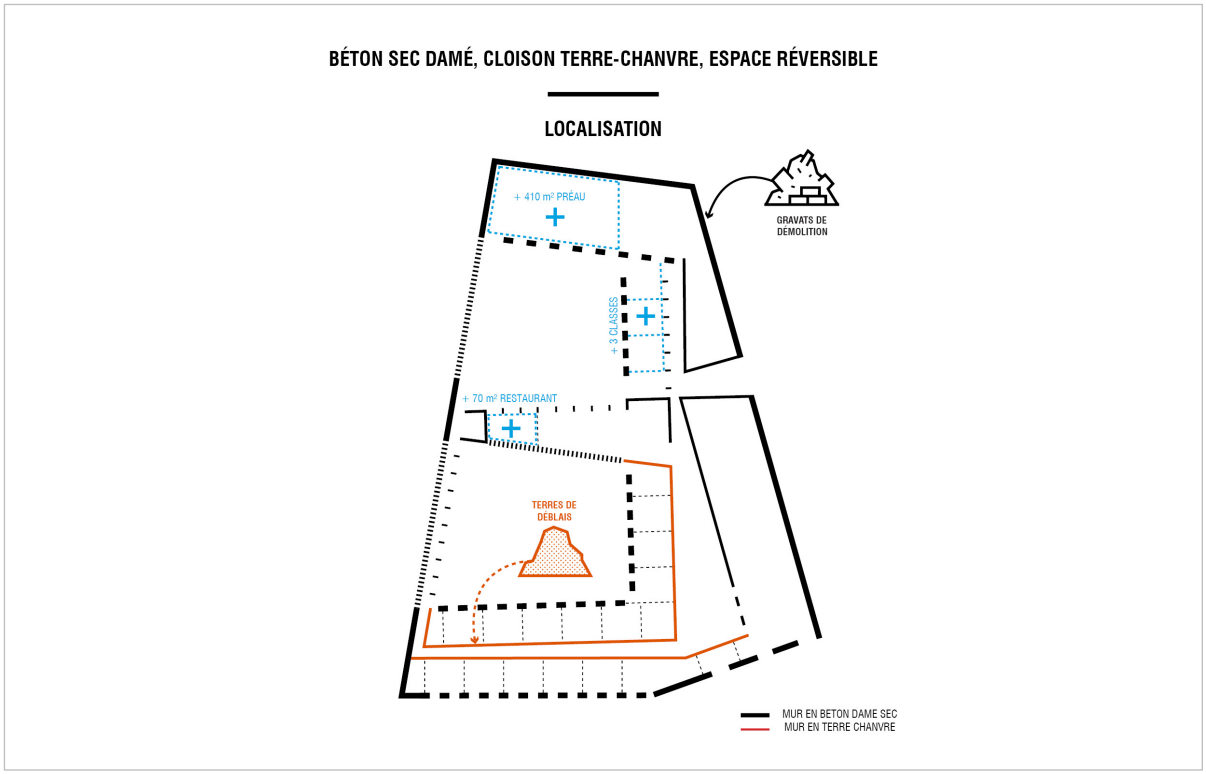
La conception frugale part des ressources disponibles sur le site. Les gravats de démolition sont utilisés en grande quantité dans le béton de site recyclé, damé en lits horizontaux. Les murs en terre crue, issus des terres de déblai, sont présents dans toutes les circulations principales et seront un fil directeur, procurant inertie et confort à chaque classe. La structure est épurée, façades porteuses et structure bois apparente à l'intérieur permettent une grande flexibilité des aménagements et une réversibilité du bâtiment.

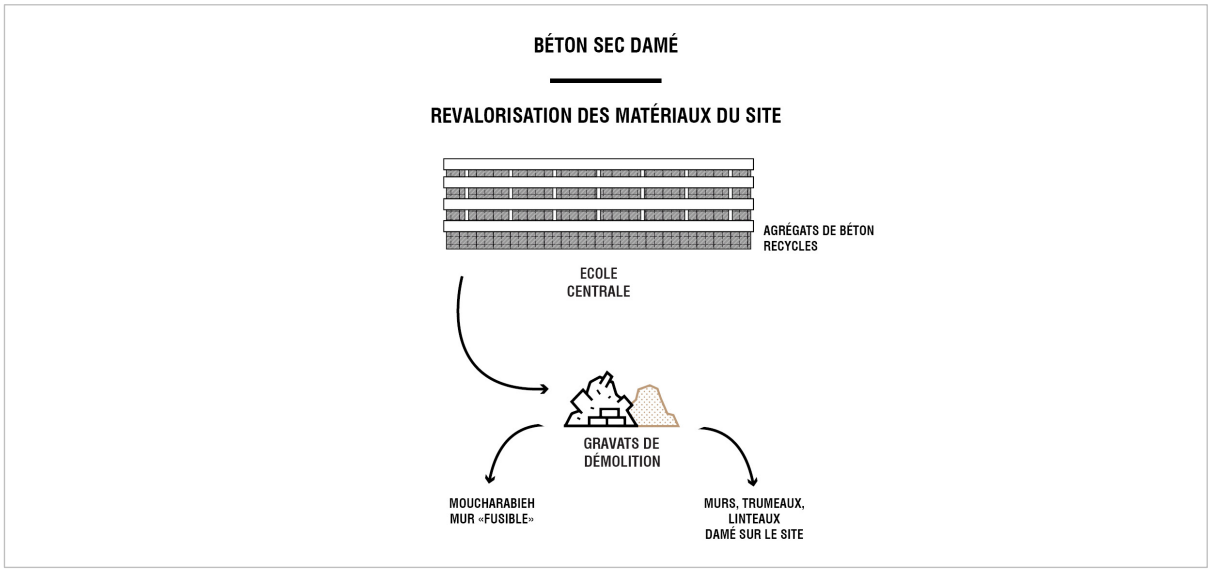
3 innovations avec l'ADEME :

Béton damé de site, charpente et planchers bois lestés, cloisons-terre-chanvre…

Le groupe scolaire LaVallée à Châtenay-Malabry se démarque par le caractère frugal de son enveloppe en **béton damé de site** composé à 100% d'agrégats de réemploi. Il s'agit là d'une première en France à cette échelle. En parallèle, dès qu'on pénètre à l'intérieur on se trouve dans une ambiance douce, saine et agréable due à la forte présence du bois. À l'intérieur la **charpente bois en épicéa** lamellé-collé (poteaux/poutres : 325 m3 et planchers en CLT/LVL/OSB (4 370 m²) a été laissée visible au maximum.

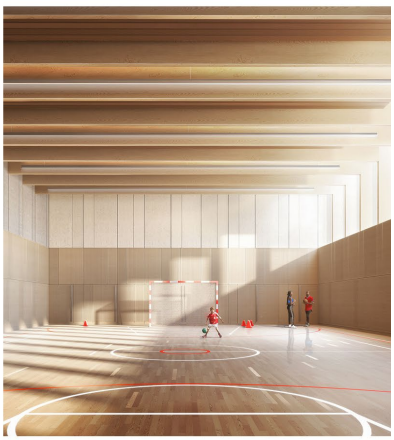



BÉTON SEC DAMÉ, CLOISON TERRE-CHANVRE, ESPACE RÉVERSIBLE
LOCALISATION
+ 410 m² PRÉAU
GRAVATS DE DÉMOLITION
+ 9 CLASSES
+ 70 m² RESTAURANT
TERRES DE DÉBLAIS
MUR EN BETON DAME SEC
MUR EN TERRE CHANVRE


BÉTON SEC DAMÉ
REVALORISATION DES MATÉRIAUX DU SITE
AGRÉGATS DE BÉTON RECYCLÉS
ECOLE CENTRALE
GRAVATS DE DÉMOLITION
MOUCHARABIEH MUR «FUSIBLE»
MURS, TRUMEAUX, LINTEAUX DAMÉ SUR LE SITE







Dans les salles de classe et autres locaux nobles, la présence de la charpente est complétée par d'autres éléments afin d'assumer un environnement réalisé presque entièrement en bois, notamment le parquet sur chants en chêne massif (1 705 m²), les menuiseries extérieures bois/alu en pin, les panneaux d'habillage et le mobilier en contreplaqué bouleau, les portes intérieures et autres ensembles menuisés avec bâtis en hêtre ou encore les dalles en fibre bois au plafond pour la correction acoustique, etc…

Plus particulièrement, le hall avec son plancher haut en CLT épicéa entièrement visible sur sa double hauteur se compose avec la présence d'un escalier monumental en chêne lamellé-collé qui relie l'école maternelle à l'école élémentaire. Enfin, la salle sportive, avec sa charpente bois visible aux sections fines et élancées, est habillée en partie basse par des panneaux acoustiques en contreplaqué bouleau perforé (543 m²).

Par ailleurs, d'autres éléments bois sont présents dans la construction du groupe scolaire, même s'ils ne sont plus visibles, dont notamment les plancher bois lestés et les ossatures des cloisons en terre-chanvre intérieurs (enduit argile).

Les **cloisons terre-chanvre** sont structurées par une ossature double en pin douglas qui tient une canisse (550 m² x 2 faces) servant de coffrage pour la projection du remplissage terre-chanvre et de surface d'accroche pour les parements en enduits terre. Les terres proviennent toutes de moins de 50km du site.

Concernant les **planchers bois « lestés »**, qui ont fait l'objet d'essais au CSTB, afin de leur donner de l'inertie et ainsi répondre aux exigences acoustiques, il a été réalisé au-dessus de ces derniers un réseau de lambourdes rempli par un lestage en sable de site fermé par une chape sèche avec isolant en laine de bois.

CC. : Le projet se livrera au printemps 2024, sans atex malgré ces nombreuses innovations reproductibles.

MISE EN OEUVRE DU BÉTON DAMÉ



1 Granulat du site



2 Mélange
Formulation du béton damé:
Granulats recyclés de la ZAC
+ Ciment blanc + Pigment +
faible quantité d'eau



3 Coffrage



4 Deplacement du mélange granulat ciment par grue dans les coffrages
Dammage tous les 15cm



5 Dammage avec fouloire pneumatique



6 Décoffrage

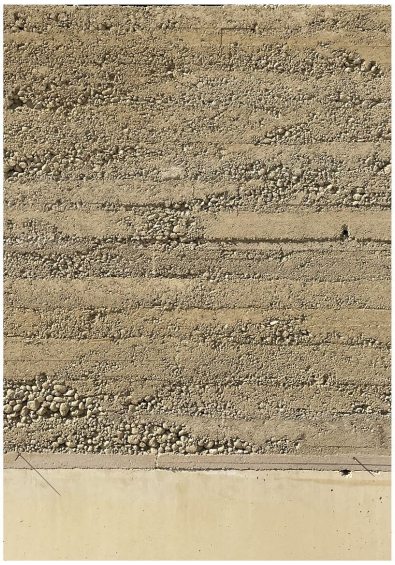


7 Mur en béton damé sur son socle en béton teinté ocre poli



8 Décoffrage des mannequins des moucharabiehs

MISE EN OEUVRE DU BÉTON DAMÉ ET DU BÉTON TEINTÉ OCRE

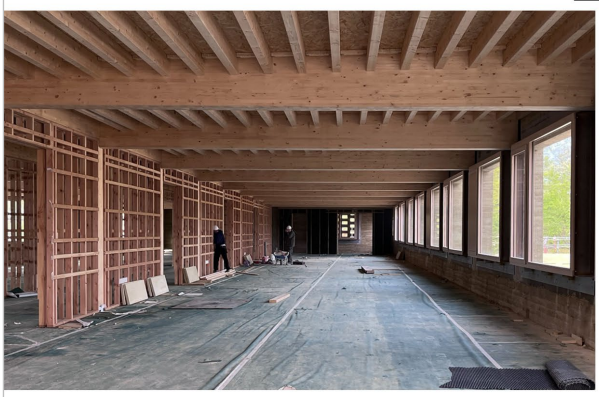




REMPLISSAGE TERRE-CHANVRE



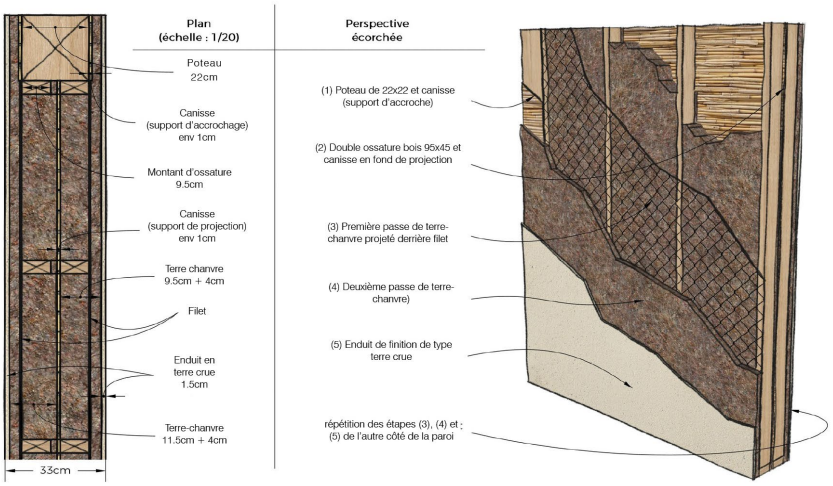


CLOISON TERRE-CHANVRE - ESPACE MODULABLE




COMPOSITION

OSSATURE BOIS + MÉLANGE TERRE-CHANVRE + ENDUIT TERRE



EXTRAIT CCTP LOT 14 POTEAU 22CM ÉP_ECOPERTICA

PROVENANCE DE LA TERRE:

TERRE DE REMPLISSAGE: STOCK INEXPLOITÉ, PRÉSENT DEPUIS
10 ANS EN RÉGION PARISIENNE.
CARRIÈRE DU BOULONNAIS

ENDUIT TERRE : CARRIÈRE DE SANDOUVILLE



CHENEVOTTE = DEFIBRAGE DU CHANVRE
GATICHANVRE

TECHNIQUE ANCESTRALE TORCHIS

PROPRIETE PHONIQUE
CORRECTION ACCOUSTIQUE
INERTIE THERMIQUE
MATERIAUX NATURELS ET LOCAUX
PERFORMANCES HYGROTHERMIQUE
IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX FAIBLES (ABSENCE DE CHAUX)
DEVELOPPEMENT FILIERE LOCALE DE CHANVRE (PARC DU GATINAIS)
CLOISON LEGERE
VALORISATION ECONOMIE CIRCULAIRE
(VALORISATION DES TERRES DE REMBLAIS ET DE REEMPLOI)
RECYCLABILITE ET BIO-DEGRADABILITE



TERRE CRUE=TERRE LOCALE

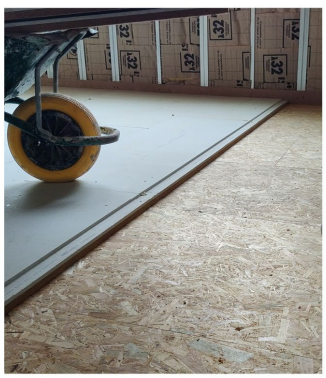
LESTAGE ACOUSTIQUE VIBRATILE ET THERMIQUE

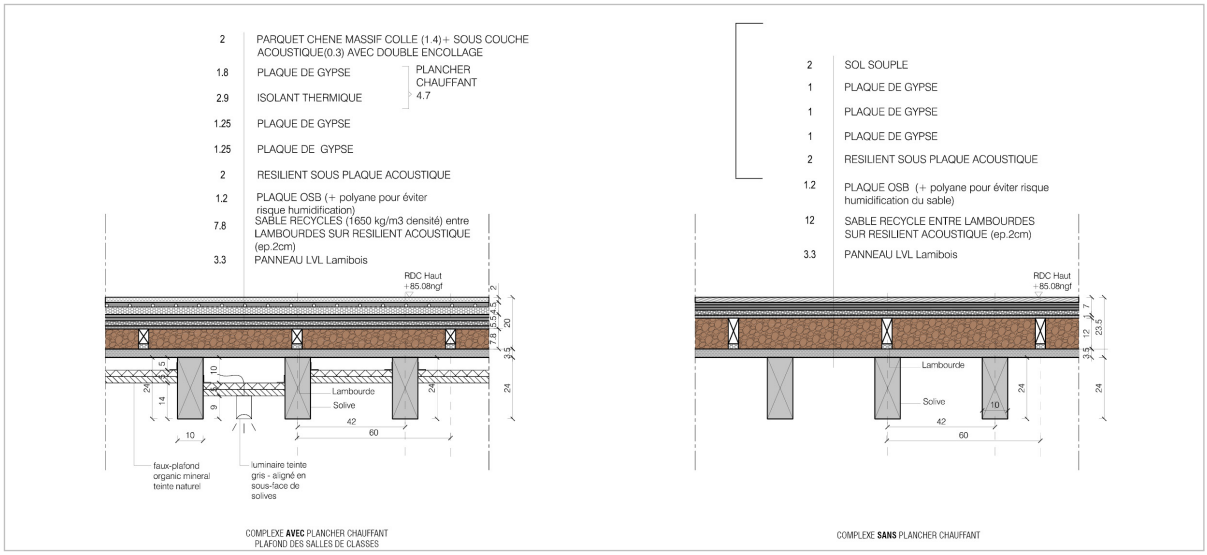












FICHE TECHNIQUE

Maître d'ouvrage
Ville de Châtenay-Malabry

Maître d'œuvre
a+ samuel**delmas architectes**

Durée
études : 16 mois
chantier : 28 mois + 6 mois de préparation et prototypage

Livraison
Printemps 2024

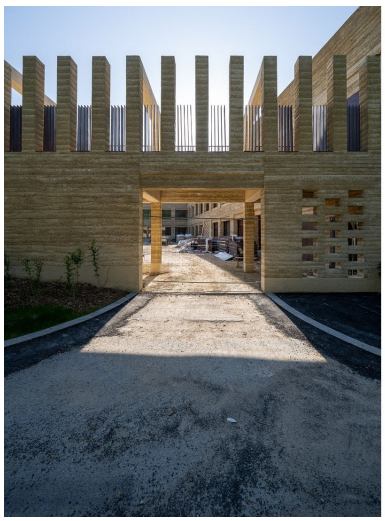
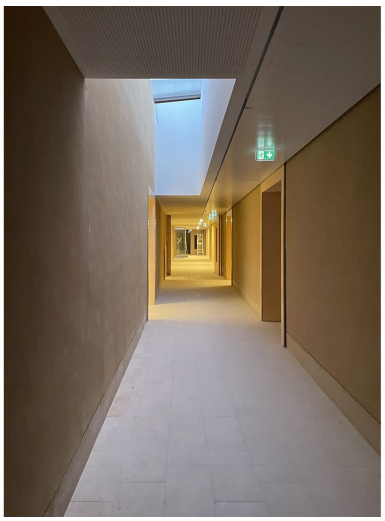
Surface totale
5 940m² sdp + 4 000m² cour et espaces sportifs extérieurs

Montant des travaux
19,8 M€ HT

+ bâtiment bas-carbone
+ réemploi
+ label E3-C1
+ Innovations et partenariat avec l'ADEME
+ béton porteur damé sec à base de 100% d'agrégats de recyclage
+ plancher bois lesté de sable recyclé
+ cloisonnement terre-chanvre & enduit argile

Liste des BET
Batiserf, structure bois & béton
Ecopertica, spécialiste terre crue
Meta, acoustique
Amoes, Fluides & HQE
Cabinet Mathieu, cuisiniste
LTA, économiste
Via Infra, VRD
BTP Consultant, bureau de contrôle

Entreprises
Donato, gros œuvre
LCA, charpente bois
AKTA Béton Végétal Projeté, cloison terre et enduits
Diter, menuiseries extérieures
JPV, menuiseries intérieures


FORUM
BOIS
CONSTRUCTION
FRANCE

13e Forum International Bois Construction (FBC)
3 avril 2024
Campus Bois ENSTIB à Épinal
4 et 5 avril 2024
Centre Prouvé à Nancy

Partenaires
Sponsors
Exposants

LORRAINE INP Enstib ÉPINAL

L'**École Nationale Supérieure des Technologies et Industries du Bois**, implantée à Épinal, au cœur des Vosges, est la seule école nationale publique à délivrer **un diplôme d'ingénieur**, habilité par la Commission des Titres, mais également des diplômes de **Licence, Master, Ingénieur spécialisé et Doctorat**.

Depuis près de 40 ans, l'ENSTIB forme des générations d'**ingénieurs et de cadres occupant des responsabilités de tout premier plan**, dans les domaines de la valorisation industrielle du bois et notamment dans la construction.

L'ENSTIB est **jeune, dynamique, créative et pleine d'enthousiasme**. Elle mène une aventure humaine autour d'un projet passionnant : **la place du matériau bois dans le futur technologique**. Construction bois, logistique, bioéconomie, bioraffinerie, robotique, usine 4.0… ces projets, cœur de cible de l'école, sont au centre des préoccupations de l'école et des entreprises. L'employabilité des diplômés de l'école, toutes formations confondues, n'est plus à démontrer, avec **un taux d'emploi de 100%, à trois mois du diplôme**.

L'activité de recherche de l'école fait référence en France comme à l'étranger, sur un spectre large, allant des adhésifs au génie-civil, en passant par l'énergie et la thermique des bâtiments.

L'ENSTIB, une école au cœur de la filière bois

École Nationale Supérieure des Technologies et Industries du Bois
27 rue Philippe SÉGUIN - BP 21042 - 88051 Épinal Cedex 9
enstib-contact@univ-lorraine.fr
www.enstib.univ-lorraine.fr

envirobat GRAND EST

REJOIGNEZ LE RÉSEAU DES ACTEURS DU BÂTIMENT ET DE L'AMÉNAGEMENT DURABLES DU GRAND EST !



©SCI Espace et Nature| RRA|ASP Architecture

Nous rejoindre, c'est :

- **Monter en compétences** (webconférences, fiches Rex, visites d'opérations, partage de connaissances).
- **Rencontrer vos pairs** et des partenaires potentiels.
- **Être informé** des dernières actualités du secteur.
- **Valoriser votre travail** et vos engagements.

Annuaire des pro : inscrivez-vous !





©SAS Rives du Bohrie|Weber&Keiling

Nos prochains évènements

- **Colloque franco-allemand sur les biosourcés** : chanvre, miscanthus, paille et roseau. Le 16 avril 2024 de 13h30 à 17h30, à Strasbourg.
- **Journée sur les matériaux bio-géosourcés**, le 13 juin 2024 au BTP CFA de Reims. Retenez la date !

Infos et inscription

Rejoignez-nous !

Avec le soutien de :

climaxion anticiper • économiser • valoriser

Financé par : RÉPUBLIQUE FRANÇAISE, ADEME, La Région Grand Est

FFB GRAND EST

INSA STRASBOURG

ENSEMBLE, INNOVONS ET CONCEVONS DES SOLUTIONS À FAIBLE IMPACT ENVIRONNEMENTAL

avec le bois et les matériaux biosourcés

Collaborer avec l'**ESB, École d'ingénieur·e** en sciences et technologies du bois et des matériaux biosourcés, c'est accéder au **recrutement de jeunes talents** (stage, emploi, alternance) et la possibilité de mener des **expérimentations avec nos étudiant·es** dans le cadre des projets école-entreprise.

Véritable **centre de compétences et de ressources,** l'ESB a mis en place plusieurs dispositifs pour travailler au développement de projets industriels, projets de recherche, chaires industrielles etc.









ESB
Sciences et technologies des matériaux biosourcés

esb-campus.fr

ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR PRIVÉ D'INTÉRÊT GÉNÉRAL

CONFÉRENCE DES GRANDES ÉCOLES

Cti

INTERPROFESSION

FIBOIS
GRAND EST

FILIÈRE FORÊT-BOIS

LA TRADITION DE CONSTRUIRE L'AVENIR

www.fibois-grandest.com

Rejoignez-nous sur nos réseaux sociaux

fibois_grandest

FIBOIS Grand Est

ibc

Ingénierie Bois Construction

Partenaire FBC 2024

20 ANS D'HISTOIRE au service de la construction bois



Charpente traditionnelle / Lamellé-collé / Ossature bois / Structures en plaques : CLT, LVL / Structures courantes / Structures exceptionnelles / Structures spéciales / Procédés industriels / Génie civil – Passerelles courantes / Ponts routes – Passerelles exceptionnelles / Réhabilitation – Renforcement / Patrimoine ancien Conseil / Expertise / Formation / Dessin Seul

www.ingenierie-bois-construction.fr

Association professionnelle sans but lucratif (loi du 1er Juillet 1901 et décret du 16 Août 1901), réunissant les bureaux d'études techniques et experts, tous indépendants, à compétence construction bois (bâtiment et génie civil)

FCBA

INSTITUT
TECHNOLOGIQUE

Le centre technique des filières forêt-bois et ameublement

Pour vous accompagner dans vos projets

- Conception & Innovation
- R&D
- Essais & laboratoires
- Normalisation
- Diagnostic & expertise
- Certification & évaluation
- Formation









fcba.fr

Architectures bois au quotidien

Pourquoi construire en bois est-il de plus en plus crucial ?

La construction participe à 40 % de la production des déchets et des émissions de gaz à effets de serre tout en consommant 60 % des ressources naturelles. Pour réduire cet impact, la construction bois - dès lors qu'elle est issue de forêts gérées durablement - s'avère incontournable, puisqu'elle permet de stocker du carbone au lieu d'en rejeter, au contraire de toutes les autres filières (béton, métal, …) : la construction bois constitue donc une solution optimale, quasi inespérée, pour répondre à l'objectif bas-carbone désormais réclamé par toutes les instances nationales et internationales.

Pourquoi les architectes sont-ils en pointe sur la construction bois ?

Conscients de leurs responsabilités et des enjeux climatiques et sociaux, à l'échelle de la planète comme au plan local, beaucoup d'architectes se sont emparés de ce matériau pour réaliser des projets de grande qualité. Tous ces projets, qui répondent à des contraintes urbaines, techniques, économiques et culturels particulièrement diversifiées, démontrent, grâce à l'inventivité de leurs concepteur, les capacités quasiment illimitées de ce matériau exceptionnel.

Pourquoi une telle exposition ?

Une des premières qualités de la construction bois tient à la fois dans son aspect familier et séculaire (l'homme construit en bois depuis des millénaires) et dans la souplesse et la simplicité du matériau : pour construire avec lui, on peut tout aussi bien utiliser des machines d'une grande sophistication qu'utiliser des outils quasi rudimentaires : autant de solutions qui permettent pourtant à chaque fois d'aboutir à des solutions constructives d'une grande élégance. Le bois est capable de s'adapter naturellement à tous les processus de construction, à toutes les échelles et par ce fait, devient un vrai couteau suisse pour les architectes comme pour les entreprises et les maîtres d'ouvrage. C'est cette diversité au quotidien de la construction bois pensée par les architectes que veut rappeler ou démontrer cette exposition.

FORUM BOIS CONSTRUCTION FRANCE

2024 partenaires

Unsfa L'UNION DES ARCHITECTES
• UNSFA LS
• U.S.A.G.E

ORDRE DES ARCHITECTES
• CROA-GE
• CROA-BFC

MINISTÈRE DE LA CULTURE
Liberté Égalité Fraternité
• Grand-Est
• Bourgogne Franche-Comté

maison de l'architecture de lorraine

MAB Maison de l'Architecture de Bourgogne

FRUGALITÉ HEUREUSE & CRÉATIVE

CODIFAB

Développement des Industries Françaises de l'Ameublement et du Bois

#INTÉRÊTGÉNÉRAL

#ACTIONSCOLLECTIVES

#AGIRENSEMBLE

Le CODIFAB,

Comité Professionnel de Développement des Industries Françaises de l'Ameublement et du Bois, a pour mission de conduire et financer des actions d'intérêt général en faveur des fabricants français.

Au service de L'INTÉRÊT COLLECTIF

Le CODIFAB offre la possibilité aux entreprises de mutualiser leurs moyens pour réaliser des actions ambitieuses qu'elles ne pourraient pas financer à titre individuel.







Outils, études, événements... retrouvez toutes les actions collectives sur www.codifab.fr

Le CODIFAB est aussi sur Linkedin, rejoignez le réseau !

Le CODIFAB est administré par des **chefs d'entreprises** mandatés par les **organisations professionnelles** qui décident des actions à mener en faveur de la profession :

l'Ameublement français · ufme · UICB Union des Industriels et Constructeurs Bois · UIPC Union des Industries du Panneau Contreplaqué · FFB Union des Métiers du Bois · CAPEB L'Artisanat du Bâtiment · UNAMA Union Nationale de l'Artisanat des Métiers de l'Ameublement

Nos CHIFFRES

14M€
PAR AN

pour financer des actions collectives au profit des entreprises de la filière bois et ameublement

20 000
ENTREPRISES PME/ETI ET ARTISANS

cotisent au CODIFAB et bénéficient en retour des actions collectives

200
ACTIONS COLLECTIVES

sont menées et financées par le CODIFAB en moyenne chaque année



La construction bois, filière d'avenir de notre territoire.

COMMUNAUTÉ D'AGGLOMÉRATION ÉPINAL

épinal la belle image



DÉPARTEMENT MEURTHE & MOSELLE

L'EXCELLENCE ENVIRONNEMENTALE

AU CŒUR DE LA STRATÉGIE BÂTIMENTAIRE DU DÉPARTEMENT DE MEURTHE-ET-MOSELLE

NIKI-DE-SAINT-PHALLE
EXEMPLE D'UN COLLÈGE À ÉNERGIE POSITIVE À NANCY

par MU Architecture

Avec le soutien de climaxion, La Région Grand Est

Le Département de Meurthe-et-Moselle agit en faveur du développement durable et de la transition écologique.

Cela se traduit notamment par des réalisations concrètes dans la gestion de son patrimoine immobilier. Bâtiment emblématique et préfigurateur de la Politique Collèges Nouvelles Générations, Niki-de-Saint-Phalle, inauguré en 2022, atteint ainsi des performances énergétiques optimales par la sobriété de conception, le choix des matériaux et le recours aux énergies renouvelables.

Le bois, matériau phare

- Structure verticale poteaux-poutres
- Murs de façade
- Planchers en panneaux de bois massif lamellé croisé (CLT)
- Habillage des plafonds
- Menuiseries extérieures

Matériaux **biosourcés**

- Système constructif en bois
- Isolation en paille
- Sol en caoutchouc
- Isolation de la toiture en ouate de cellulose

Gestion intégrée des **eaux pluviales** sur 3 000 m²

- dont 700 m² de toiture végétalisée
- Perméabilité de tous les sols réduisant le phénomène d'îlot de chaleur








PAO et photos CD54 DIRCOM Y. Husson

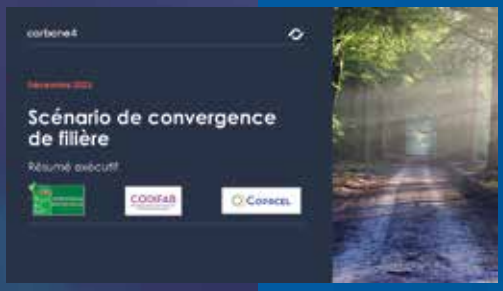

FORêT
L'EFFET VOSGES
RÉVEILLEZ
VOTRE VRAIE NATURE !
Vivez des expériences inoubliables dans les Vosges
LE RESSOURCEMENT PAR LA FORÊT
LA VIE EN VOSGES le Département
Plus d'informations sur foret.vosges.fr

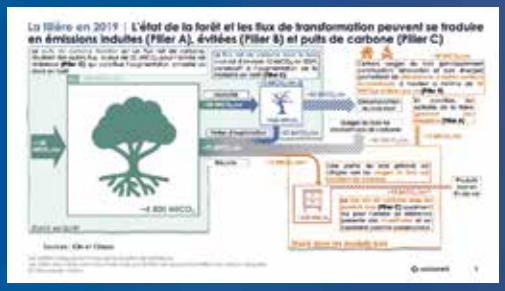
2030 - 2050

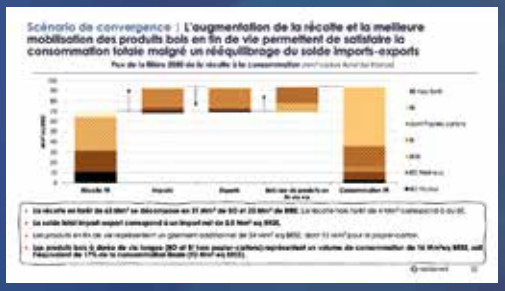
Quel scénario carbone pour la filière forêt-bois ?

Dans le cadre de la préparation de la Stratégie Française Energie Climat (SFEC) de la planification écologique et dans le but d'engager un dialogue éclairé avec les pouvoirs publics, la filière forêt-bois a réalisé une modélisation de l'ensemble de ses flux physiques de matières (intégrant les imports et exports ainsi que le recyclage et le réemploi) à partir de laquelle elle a construit un scénario commun pour le futur.

« La forêt, bien que fragilisée par le changement climatique, et les produits en bois qui en sont issus jouent un rôle majeur dans la lutte contre le changement climatique. Pour continuer à lutter contre le changement climatique et répondre aux attentes de la société, la filière forêt-bois doit s'engager vers un scénario volontariste »







Retrouvez le scénario de convergence du bouclage bois-biomasse à horizon 2050 sur le site : *franceboisforet.fr*

Crédits photo : Adobestock - Création graphique : KEEP DESIGN

France Bois Forêt Interprofession Nationale
CODIFAB Développement des Industries Françaises de l'Ameublement et du Bois
COPACEL L'industrie papetière française

GRÂCE À LA RÉGION GRAND EST...



« ... j'ai pu moderniser les équipements de ma scierie pour optimiser la matière première et être plus efficace dans le travail du chêne ! »

Cyril Hazemann
Dirigeant de la scierie
AVIWOOD
à Chavelot
(Vosges)

Service de la Communication - 1991 - Mars 2024 - Crédit photo : Christian Creutz / Région Grand Est

La Région soutient une filière d'avenir de plus de 50 000 emplois et 9 600 entreprises tournées vers l'innovation et la performance.

Pour tout savoir sur ce dispositif, scannez-moi !

#DEFI Emploi d'Avenir
#DEFI Territoire Attractif

www.grandest.fr

La Région Grand Est
ALSACE
CHAMPAGNE-ARDENNE
LORRAINE

CONSTRUCTION21

IMPULSER LA VILLE DE DEMAIN



LA MISSION DE CONSTRUCTION21 :

Diffuser gratuitement les bonnes pratiques du secteur du BTP pour des bâtiments et villes durables. Plus qu'une association, c'est un réseau de professionnels engagés qui collaborent régulièrement sur des dossiers thématiques, des études de cas ou même des concours. De l'information qualifiée et utile à tous ! En France comme à l'international, Construction21 donne toujours plus de visibilité à la construction durable.

Rejoignez
la communauté sur :
construction21.org

Média | **Événements** | **International** | **Com by C21** | **Concours**

GREEN SOLUTIONS AWARDS
POWERED BY CONSTRUCTION21

binderholz



INTRO, Cleveland | USA



'Curve' Business Centre, Saint-Denis | FR



The Bond, Norwest | AUS



The Community Foundation of Middle Tennessee, Nashville | USA

Full-range supplier of solid wood products and innovative mass timber solutions

With our solid wood products and innovative building solutions, buildings of various use are being built worldwide by customers and partner companies. Latest CNC technology enables any kind of handling of our massive wood construction products. The competent binderholz technical department supports you in the development of various building concepts and technical planning. For well thought-out solid wood construction solutions our engineers advise you with well-grounded specialist knowledge.

Sawing products | Timber construction products: CLT BBS, glulam, solid structural wood, solid wood panels | DIY products | Pressboard pallets and pressed pallet blocks | Densified biofuels | Horse litter | Wooden pallets

bbs@binderholz.com

www.binderholz.com



Réduction des coûts, gain de temps, fiabilité de la planification et qualité supérieure – voilà le projet. Grâce à nos constructions testées et certifiées, ce rêve devient réalité. Il vous suffit de télécharger les composants éprouvés dans les formats de données numériques appropriés et de les intégrer dans votre système BIM ou CAO. **Votre projet devient réalité avec l'aide à la planification d'EGGER.**

MORE FROM WOOD.

Bien plus que du bois

EGGER

Focus

HASSLACHER NORICA TIMBER

From **wood** to **wonders.**



Qualité & Innovation

BIENVENU sur le stand **A 26**

St. Edward's School

Oxford | UK

Contact
HASSLACHER group
T +43 4769 22 49-0
info@hasslacher.com

hasslacher.com

Design: UPPERCUT.at | Photos: © Duncan McNichol; Adobe Stock



ISOCELL

ISOCELL FRANCE
170 Rue Jean Monnet
ZAC de Prat Pip Sud
29490 GUIPAVAS | France
Tel: +33 2 98 42 11 00
contact@isocell-france.fr
WWW.ISOCELL.COM

RUBAN ADHESIF AIRSTOP SOLO: 50% DE GAIN DE TEMPS ET PAS DE DECHETS

L'adhésif AIRSTOP SOLO est légèrement élastique et idéal pour le collage étanche à l'air. Le support spécial dispose d'une colle acrylate d'excellente qualité.



COULEUR HARMONIEUSE QUI RAPPELLE LE BOIS

LES AVANTAGES

- SUPPORT BREVETE
  Déchirable à la main grâce à son treillis
- BANDE ADHESIVE SPECIALE
  Se déroule sans à-coups
  Pose facile
- SANS PAPIER TRANSFERT
  Pose plus rapide
  Gain de temps et de coûts d'élimination des déchets
- TRES BONNE ADHERENCE



Facilement déchirable



Sans papier transfert



Pose rapide

- POUR UN HABITAT SAIN
- SANS SOLVANT
- QUALITÉ D'AIR INTÉRIEUR TESTÉ

DOMAINES D'APPLICATION

- Collage d'écrans frein-vapeur et pare-vapeur
- Collage d'OSB et de DWD à térieur et à l'extérieur
- Transition et raccord au bois, aux métaux et à la maçonnerie



CONFORT D'UTILISATION

- DIN 4108-11 y compris vieillissement
- DIN 4108-7
- ÖNORM B 8110-2
- SIA 180



WWW.ISOCELL.COM

ThermaSoft natura

Produit Biosourcé +

ISOLANT INTÉRIEUR BIOSOURCÉ ET RECYCLÉ

FABRIQUÉ EN FRANCE





KNAUF

Knauf ThermaSoft® natura est composé de **3 fibres végétales biosourcées** : le COTON et le JUTE issus du **recyclage** de chutes textiles, le LIN, issu de **l'agriculture locale**.

Cet assemblage lui confère des performances uniques : **confort thermique été/hiver**, **performances acoustiques** naturelles et **confort de pose** remarquable.



En savoir +

knauf.fr

MURS PLAFONDS

COMBLES

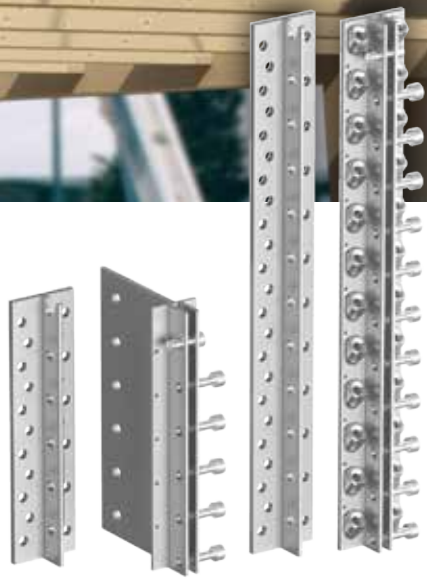
CLOISONS

ENTREZ DANS LE FUTUR, AVEC ALUMEGA VOUS POUVEZ



Le connecteur à charnière poteau - poutre de Rothoblaas, certifié ETA 23/0824, se distingue par sa résistance exceptionnelle dans toutes les directions. La tolérance axiale allant jusqu'à 8 mm (+/- 4 mm) s'adapte aux imprécisions d'installation comme jamais auparavant.

Concevez avec plus de sécurité, liberté et créativité, en surmontant les limites traditionnelles de la construction en bois.



FORUM BOIS CONSTRUCTION FRANCE	**Découvrez ALUMEGA en personne au Stand B25** Forum International Bois Construction (FBC) 3 avril Campus Bois ENSTIB d'Épinal 4 - 5 avril Centre Prouvé de Nancy

rothoblaas.fr

rothoblaas

Solutions for Building Technology

STEICO

Le système constructif par nature

STEICO – Le système constructif par nature

La performance biosourcée

Des isolants en fibre de bois en passant par les poutres en i ou le lamibois, STEICO offre un système constructif complet pour toute l'enveloppe du bâtiment. Forts de plus de 30 ans d'expérience, nous vous proposons une large gamme de produits naturels et performants, ainsi qu'un degré d'intégration unique.



Quand la nature prouve sa force



Ampatex® Eco 5 extra

Pare-vapeur et couche d'étanchéité à l'air durable, avec renfort antidéchirure

- >Avec renfort antidéchirure : idéal pour les isolations par soufflage
- >Matériau souple, agréable à travailler
- >Collage facile
- >Conforme à la norme ISCC : composé à 62 % de matières premières renouvelables ou PCR (recyclage post-consommation)

eco
eco.ampack.biz

ISCC
International Sustainability & Carbon Certification

Apprenez-en plus sur notre stand
A0

Ampack SARL
2, rue Thomas Edison
FR-67450 Mundolsheim

T +33 4 50 83 70 54
ampack@ampack.fr
www.ampack.biz

@ampackfr

best wood® SCHNEIDER

SOLUTION INNOVANTE POUR LA CONSTRUCTION EN BOIS MULTI-ÉTAGES

Vos avantages pour la **„best wood CLT BOX - DALLE FS"**

- **ATEx en cours**
- **Isolation acoustique** renforcée, particulièrement au niveau des basses fréquences
- Protection incendie jusqu'à **F90/REI90**
- **Grandes portées**
- **Gain de temps** sur le chantier

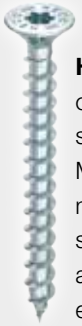


Intéressé ?
Au plaisir de vous rencontrer personnellement sur notre **stand C18**.

www.schneider-holz.com



HECO-TOPIX®-plus et MULTI-MONTI®-plus: les incontournables de la fixation.



HECO-TOPIX®-plus la vis idéale pour toutes les applications dans le bois: elle offre de nombreux avantages grâce à ses caractéristiques innovantes HECO-Drive, GripFit, MagicClose, PerfectPitch, un nouveau concept d'entraînement uniforme ainsi que de nombreux accessoires système. Vous bénéficiez non seulement d'une grande avance technologique, mais aussi d'une facilité d'utilisation et d'une performance optimale.

Pour plus d'informations sur la gamme HECO-TOPIX®-plus



MULTI-MONTI®-plus est l'ancre béton autotaraudeur qui ne nécessite aucune cheville et offre de nombreux avantages: avec de faibles couples de vissage, il est homologué* pour le béton fissuré et non-fissuré ainsi que les différentes briques de construction. Disponible dans de nombreuses variantes, MULTI-MONTI®-plus devient le choix idéal pour pratiquement tous les domaines d'application.

Pour plus d'informations sur la gamme MULTI-MONTI®-plus

heco-schrauben.fr

LOCTITE®



WE ACCELERATE SUSTAINABLE TIMBER CONSTRUCTION

CONTACT US

Discover our first bio-based adhesives for Structural Mass Timber.

Henkel

Henkel Adhesive Technologies

NOS SOLUTIONS POUR LES APPLICATIONS BOIS

Insert, perçage, chevillage, clouage coupe feu / topographie, vissage.











Pierre Cayzac - Trade Manager Bois
pierre.cayzac@hilti.com - 0650237378

Pierre Cayzac
Trade Manager Bois

www.hilti.fr

KLH®





Le Hope - complexe de bureaux à Villeneuve d'Ascq (59) - 11000 m² de panneaux KLH® en murs, planchers et supports de toitures
MO : AVENTIM - MOE: AVANTPROPOS - BET bois: INGÉBOIS - Entreprise bois: ARBONIS - photos: AVENTIM/ Jonathan Alexandre

LE PANNEAU STRUCTUREL EN BOIS MASSIF

Sous Avis Technique du CSTB depuis 22 ans

Panneau KLH®CLT et panneau KLH®CLT nervuré
en mur, plancher, support de couverture et support d'étanchéité

LIGNATEC
KLH®

Tél.: 03 29 56 27 27
contact@lignatec.fr
www.lignatec.fr

Le pionnier du CLT en France - plus de 5000 références depuis 2001

L'avenir de la **construction en bois**

MMcross**lam – le CLT écologique, individuel et immédiatement prêt à l'emploi**

La tendance à la construction écologique incite de plus en plus les architectes et les ingénieurs à utiliser le bois comme élément architectural dans les projets les plus divers; le CLT est recommandé de la maison individuelle aux bâtiments de grande envergure.

Les défis statiques sont facilement surmontables. Le haut degré de préfabrication permet un montage rapide, simple et sans poussière sur le site de construction.

Ce qui est bon pour le climat est bon pour nous tous !



MAYR MELNHOF HOLZ

brettsperrholz@mm-holz.com • www.mm-holz.com

WHERE
IDEAS
CAN
GROW.

© Paul Ott

Pitzl®

Systèmes de connexion bois innovants
pour les exigences les plus élevées.



LA GAMME DE CONNECTEURS EN BOIS AVEC UN SUPPLÉMENT DE PRÉCISION ET DE QUALITÉ

PIEDS DE POTEAUX | CONNECTEURS | PILIERS DE BALCON ET CLÔTURES | OUTILS | VIS ET ACCESSOIRES | INSONORISATION

WWW.PITZL-CONNECTORS.COM

rubner.com/construction-bois

Better with wood



GROUPE SCOLAIRE CONFLANS

Vous avez un projet de construction bois ?



REFLECTO - ROSNY-SOUS-BOIS

Une production locale en Île de France

Une prestation globale : ingénierie, préfabrication, montage, assistance

Un partenaire responsable et engagé

Leader de la construction bois en Europe

Rencontrons-nous

direction.france@rubner.com
+33 1 30 94 58 08

RUBNER





NOU-
VEAU

Wetguard:
La membrane anti-humidité transparente de SIGA

Wetguard est la nouvelle membrane autocollante pleine surface de SIGA, destinée à la protection contre l'humidité. Elle peut être pré-montée en usine, montée dans le cadre de la préfabrication ou être installée directement sur le chantier.

SIGA Wetguard 200 SA protège les éléments préfabriqués en bois contre l'humidité et les dommages avec efficacité durant le stockage, le transport, le montage et la phase de construction, et prévient ainsi les dégâts susceptibles d'être causés par l'humidité comme par exemple, des phénomènes de décoloration visibles ou encore des tensions et des imprécisions de mesure en raison du gonflement des éléments.

À propos de Wetguard

SIGA Wetguard est perméable à la vapeur d'eau et équipée d'un revêtement spécial antidérapant et étanche à l'eau. Le non-tissé robuste protège des dommages mécaniques, et la colle haute performance SIGA appliquée sur toute la surface garantit une bonne adhérence sur les surfaces en bois. Grâce à la qualité transparente du SIGA Wetguard, non seulement les marquages et les pénétrations exécutés sur l'ouvrage restent visibles, mais la structure caractéristique de la surface du bois également.

Antidérapant, même en cas de pluie, le film résiste aux charges mécaniques. Indéformable, le support permet une pose facile, rapide et sans pli, et se colle immédiatement de manière étanche. SIGA Wetguard est disponible dans trois dimensions (1560 mm / 780 mm / 390 mm x 50 m). Différentes dimensions et variantes peuvent être créées pour les applications spéciales sur demande du client.

SIGA Wetguard veille à une sécurité maximale tout au long de la durée du chantier et évite à l'artisan des opérations supplémentaires, lui permettant ainsi de gagner du temps. Cette membrane est donc la solution d'étanchéité idéale dans le cadre de la construction, que ce soit pour des projets de construction en bois simples ou complexes.

Avec des connexions qui durent, on s'offre de nouvelles perspectives.



Leader sur le marché des connexions, fixations, assemblages bois et béton, Simpson Strong-Tie vous apporte des solutions durables sans équivalent.

Les produits Simpson Strong-Tie, conçus par les meilleurs experts, anticipant les normes et fabriqués en France, vous offrent une sécurité et une tranquillité inégalables. Avec le conseil technique et l'accompagnement de ses clients, Simpson Strong-Tie ajoute l'expérience sur chantier pour vous offrir des perspectives illimitées.

Simpson Strong-Tie : des connexions et fixations sans équivalent ≠

Retrouvez notre catalogue de solutions sur **www.strongtie.eu**

SIMPSON
Strong-Tie®

WÜRTH



RENTREZ DANS LE MONDE DU DIMENSIONNEMENT DES ASSEMBLAGES BOIS AVEC WÜRTH

Toute l'expertise Würth
au service de la filière bois.

PÔLE INGÉNIERIE
WÜRTH FRANCE

HTTPS://PROFIX.WURTH.FR

VOTRE CONSEILLER COMMERCIAL

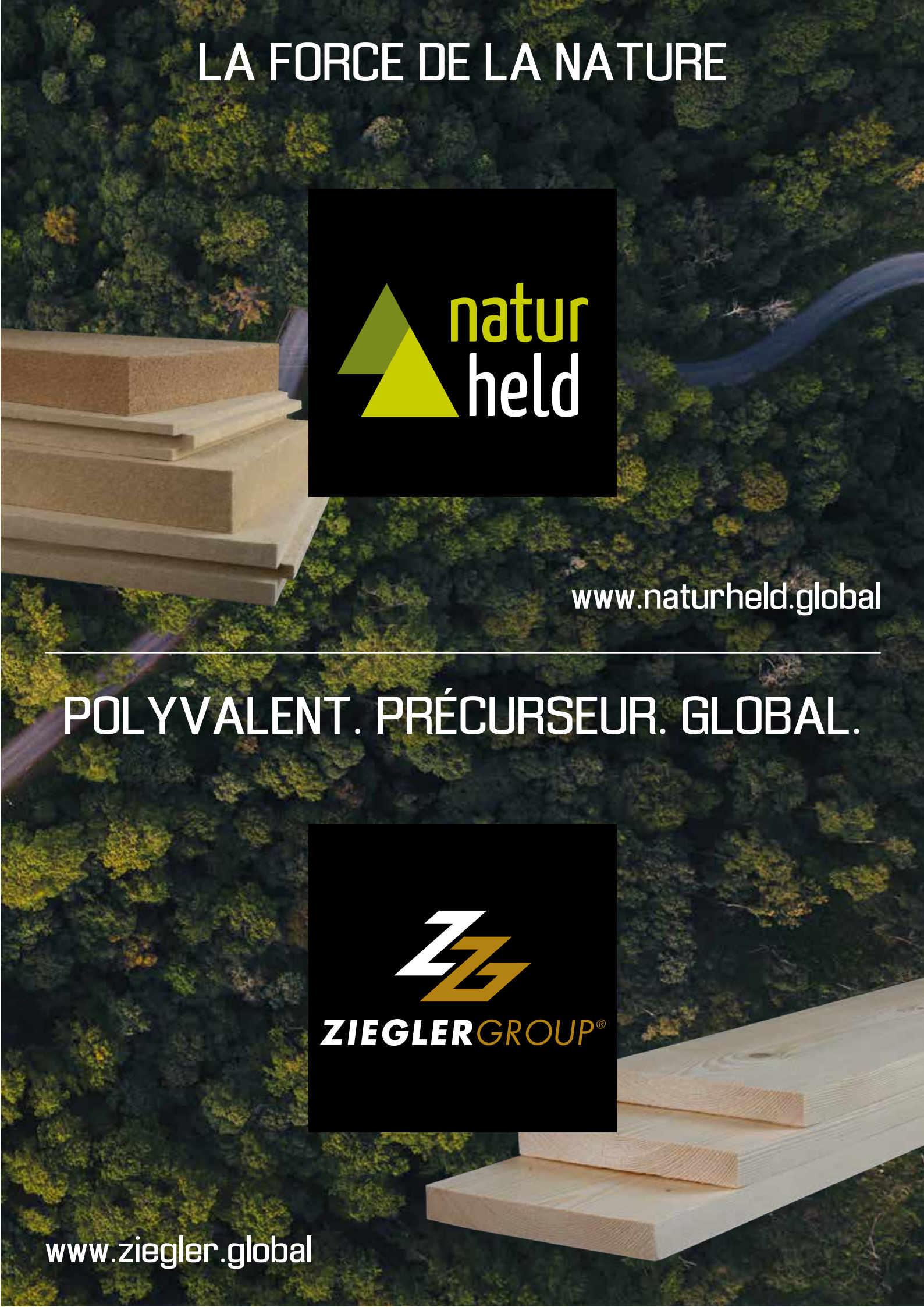
VOTRE E-SHOP
wurth.fr

VOTRE PROXI SHOP
magasins.wurth.fr

LE SERVICE RELATION CLIENTS
relation.clients@wurth.fr
03 88 88 12 12

WÜRTH FRANCE
ZI Ouest – Rue Georges Besse –
Boite Postale 40013 – 67158 Erstein
Cedex. Tél. 03 88 64 53 00

© Würth France Mark./Com. : J.F. - Studio : D.R. SAL_02.24_ANNONCE_FORUM_BOIS_CONSTRUCTION_A4


LA FORCE DE LA NATURE
natur held
www.naturheld.global
POLYVALENT. PRÉCURSEUR. GLOBAL.
ZIEGLERGROUP®
www.ziegler.global

le bois au Cœur de nos réalisations



Avec WeWood, Bouygues Bâtiment France inscrit la construction bois et biosourcée au cœur de sa stratégie. Favoriser le bois dans nos réalisations participe à réduire l'empreinte carbone de notre activité et à offrir des bâtiments plus vertueux avec un meilleur confort de vie. Construire en bois, c'est aussi construire autrement, en poussant la construction hors site, en nouant des partenariats durables pour favoriser l'industrialisation, en imaginant des solutions constructives innovantes avec les acteurs de la filière bois. WeWood regroupe l'ensemble de notre promesse de valeurs, de la conception à l'exécution, pour donner vie aux projets bois de tous nos clients.

WeWood

BOUYGUES BATIMENT FRANCE

agence RJS | Crédit photo : © MARS architectes - © Julien Cresp

30 ans d'innovation bois !

Plus d'ingénierie, moins de matière

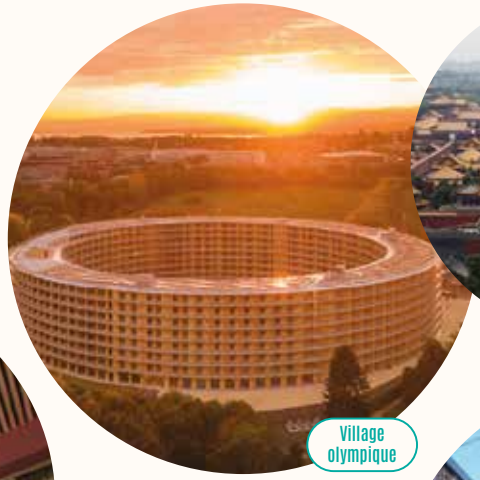

Piscine de l'INSEP


Record de portée


Record de hauteur


Record de portée


Ecole en paille

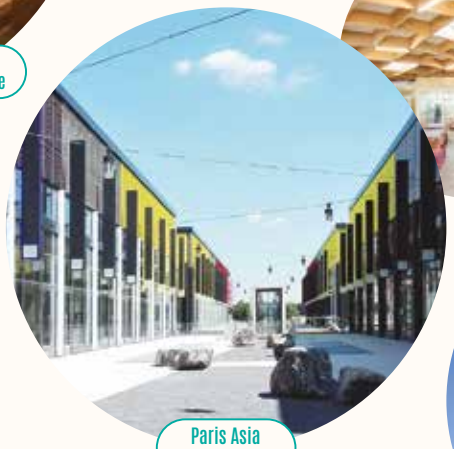

Village olympique


Expertise cité interdite


Record de portée


Record de portée


1er bâtiment en hêtre


Paris Asia Bisiness center


Record offshore


Bepos


Surélévation


Logement de standing

GROUPE CBS-LIFTEAM
CBS-CBT • ECOTIM • LIFTEAM

Nos adresses

CBS SARL
118 Avenue d'Alfortville
Parc d'Activités "Les Gondoles"
F-94600 Choisy-le-Roi

CBT SA
Jordils Park
Rue des Jordils 40
CH-1025 Saint-Sulpice

ECOTIM SA
404 Routes des Bons Prés
P.A. du Héron
F-73110 La Rochette

LIFTEAM Savoie SAS
404 Routes des Bons Prés
P.A. du Héron
F-73110 La Rochette

LIFTEAM Choisy SAS
118 Avenue d'Alfortville
Parc d'Activités "Les Gondoles"
F-94600 Choisy-le-Roi

CBS Guyane SARL
2291 Route des Plages
F-97354 Rémire-Montjoly

LIFTEAM Romandie SA
Jordils Park
Rue des Jordils 40
CH-1025 Saint-Sulpice

CBS Lisbonne SARL
Rua da Voz do Opérario,
48 – 2E 1100-621 Lisboa

CNDB

LE BOIS AVANCE

INFORMER
suivre les actualités
de la filière forêt-bois

COMMUNIQUER
visiter des réalisations
exemplaires en bois

FORMER
se former à la
construction bois

Retrouvez nos actualités et plus de 150 documents techniques sur **www.cndb.org**

Inspirez-vous en suivant nos réseaux sociaux

DESIGN GRAPHIQUE BURO-GDS



PROJETSBOIS

NOTRE EXPERTISE AU SERVICE DE VOS PROJETS BOIS



Atelier artisanale bioclimatique, Vigny (95). Architecte : ALR Architecture.

PIVETEAUBOIS repousse les limites du bois dans la construction avec des solutions techniques pour répondre avec le meilleur système constructif, que ce soit en CLT Hexapli ou en bois collés Lamwood fabriqués avec des bois locaux, usinés et taillés dans notre usine de Vendée.

Découvrez en vidéo
PROJETSBOIS :

FORÊT FRANÇAISE
bois-de-france
BF0019
FABRICATION FRANÇAISE

PROJETSBOIS
02 51 66 74 60
projetsbois@piveteau.com

PRESCRIPTION
02 51 66 09 76
prescription@piveteau.com

PIVETEAUBOIS.COM

PIVETEAUBOIS
L'INNOVATION AU CŒUR DU BOIS

UN PRODUIT BOIS VRAIMENT FRANÇAIS

C'EST UN PRODUIT BOIS DE FRANCE



BOIS DE FRANCE EST LE SEUL LABEL QUI GARANTIT L'ORIGINE FRANÇAISE DU BOIS, LA TRANSFORMATION ET LA FABRICATION DES PRODUITS EN FRANCE.

Plus de 220 entreprises sont labellisées BOIS DE FRANCE et tous les produits existent en BOIS DE FRANCE.

DEMANDEZ DU BOIS DE FRANCE

Contact : Jérôme MARTINEZ - 07 57 45 51 94
jerome.martinez@bois-de-france.org

bois-de-france.org

C'est signé *Billette & Cie* | 18156 | février 2024 | photos : collection privée, iStock.

REI HABITAT

Dès l'origine,
le choix du bois.
15 ans d'avance sur la
transition bas-carbone.

Wood Up
Rei Habitat + LAN



PEFC
10-31-0550
Promouvoir la gestion durable de la forêt
www.pefc-france.org

bois-de-france
BFD052

+33 1 43 60 22 20
contact@reihabitat.com

@REI_Habitat
www.reihabitat.com

TAYLUX

Spécialiste français des finitions pour l'industrie du bois avec une forte implication dans la sécurité incendie.

Grâce au **TEKNOSAFE**, vernis intumescent pour le bois devenu une référence sur le marché, **TAYLUX** collabore à tous les niveaux de la filière construction bois.

LE TEKNOSAFE = B,s1-d0 / M1

- **TOUS SUPPORTS BOIS**
- **TOUS MONTAGES**
- **TOUS COLORIS**
- **INTÉRIEUR & EXTÉRIEUR PROTÉGÉ**
- **APPLICATION FACILE**

À PARTIR DE 200 G/M²



TEKNOS
OFFICIAL DISTRIBUTOR

Bâtiment ODYSSEE RENAULT TECHNOCENTRE à GUYANCOURT (78) par NEXITY, Architecte Art & Build. 2021

Crédit photo : © Tristan Deschamps

9 agences
Paris - Lille - Rennes - Limoges - Lyon
Clermont-ferrand - Agen - Marseille - Nice

www.teknosafe.fr
tel : 06 08 95 87 55

Vous faire partager notre passion pour le bois, notre mission chez Savare



©Agence SCAU

Porte-Sud, Montrouge (92)

- BBCA, Biodiversity, HQE BD 2016 Excellent, WELL Gold, LEED Gold, WireScore Gold
- MOA : GECINA
- 3363 m² de façades à ossatures bois réparties sur 7 niveaux
- Architecte : Agence SCAU
- Livraison : septembre 2023

De la conception à la pose, notre bureau d'études interne et nos experts de la construction bois vous accompagnent !



© Guillaume Satre

Tour Galliéni, Angers (49)

- MOA : Soclova
- Fourniture et pose de 17 balcons 3D bois en 4 jours
- Architecte : Virtuel Architecture
- Livraison : septembre 2023

Bâtiment Tertiaire, nouveau CHU de Rennes (35)



© Bruno Astorg

- BBCA
- MOA : Eiffage Construction Grand-Ouest
- Fourniture de 320m3 d'ossature en poteaux et poutres bois lamellé collé, 6531m² de planchers bois en CLT et 3770 m² de façades à ossatures bois
- Architecte : CRR Architecture
- Livraison : 1ère tranche premier trimestre 2024



© AL

La coconnière, Laval (53)

- Promotelec HPE Rénovation
- MOA : Meduane Habitat
- Fourniture et pose de murs à ossatures bois, planchers bois et charpentes traditionnelles
- Architecte : Latitude architectes
- Livraison : premier trimestre 2024

EIFFAGE SAVARE

Eiffage Construction Savare
ZI Route de Saint Pierre sur Dives - 14370 MOULT
Tel : 02 31 39 72 73
www.eiffage-savare.fr

Euro Lamellé Bois

www.eurolamelle.com



Le n°1 français de la poutre Lamellé-collé & Contre-collé









www.eurolamelle.com

Groupe ISB

STRUCTURE PANNEAUX

AMÉNAGEMENT INTÉRIEUR

MENUISERIE CHARPENTE

AMÉNAGEMENT EXTÉRIEUR

CRÉATEUR & FABRICANT DE SOLUTIONS BOIS

RDV STAND A12

ENTREPRISE FRANÇAISE

RÉPONSES SUR-MESURE AUX PROJETS

HAUTES PERFORMANCES FAIBLES IMPACTS

Demain sera bois et bas carbone

Immeuble PULSE Saint-Denis (93) - ©Frédéric Delangle Photographe- Maîtrise d'ouvrage : Icade Tertial - Maîtrise d'œuvre : BEV Architectes

SILVERWOOD
La griffe du bois

SINBPLA
Depuis 1959



OBM
CONSTRUCTION
Entreprise Générale
de Construction Bois



Une vocation d'entrepreneur général

- Bureau d'études intégré
- Equipes de pose et d'encadrement intégrées
- Fabrication française
- Démarche environnementale



ENSEIGNEMENT - PETITE ENFANCE - BUREAUX - SANTÉ - SPORT, CULTURE & LOISIRS

Contact : info@obm.fr
www.obmgroupe.net

SIMONIN
Wood Solutions

COMPOSANTS BOIS



LAMELLÉ
La structure d'exception



RÉSIX
L'assemblage invisible



NLP NELIPAN®
Le panneau large isolant sur mesure



SAPISOL
Le panneau isolant



DALFEU
Le madrier bois coupe feu



DALLE-BOIS
La dalle sèche manuportable



OPENLAM
Le bardage bois style ajouré



FUNLAM
Le bardage bois

CHARPENTES ET STRUCTURES







www.simonin.com

22 ZA des épinottes - 25500 MONTLEBON - FRANCE
Tél. + 33 (0)3 81 67 01 26 - simonin@simonin.com

Constructions SOCOPA

Constructeur ossature bois depuis 1967
www.constructions-socopa.fr

CONFIEZ LA RÉALISATION DE VOS PROJETS EN OSSATURE BOIS À UN SPÉCIALISTE DE LA CONSTRUCTION HORS-SITE !









NOS PRESTATIONS

- **Construction de programmes résidentiels :** immeubles collectifs, béguinages, maisons individuelles ou plurifamiliales groupées...
- **Construction de bâtiments d'activités :** bureaux tertiaires, maisons de santé, entrepôts de stockage...
- **Construction d'espaces commerciaux ou de loisirs :** commerces de proximité, supermarchés, résidences de plein air...

NOS SYSTÈMES CONSTRUCTIFS

- Ossature bois
- Mix bois lamellé croisé / Ossature bois
- Mix poteaux-poutres / Ossature bois

RÉGIONS D'INTERVENTION

- Auvergne-Rhônes-Alpes
- Bourgogne-Franche-Comté
- Centre-Val de Loire
- Grand Est
- Hauts-de-France
- Ile-de-France

UN PROJET ? CONTACTEZ-NOUS :

+33 (0)3 29 24 78 31 • travaux@constructions-socopa.fr

AGENCE LORRAINE
3 route de Crosery
88120 VAGNEY

AGENCE RHÔNE-ALPES
411 allée des Noisetiers
69760 LIMONEST

Woodeum x Pitch immo

Ensemble vers un immobilier bas carbone

Pour répondre aux enjeux de la transition climatique et contribuer à l'accélération du déploiement de la construction à faible impact carbone à travers toute la France, le groupe Altarea, leader de la transformation urbaine bas carbone, fusionne ses marques : Woodeum et Pitch Immo.



Synapses - Courbevoie



Corylus - Cergy-Pontoise



Hosta - Paris 15



KI - Lyon

Contactez-nous : **0800 123 123**

woodeum.com - **pitchimmo.fr**

GROUPE ALTAREA

W-PI PROMOTION - Société par actions simplifiée au capital de 38.100 euros - 87 rue de Richelieu 75002 Paris -450 042 338 RCS Paris - Programmes : Synapses – Courbevoie – Architectes Atelier Alfonso Femia – © Hill in blue ; Corylus - Cergy-Pontoise – Architectes : Leclercq Associés et Studio Sanna Baldé © Woodeum ; KI – Lyon – Architectes : Architectes Sou Foujimoto Atelier Paris – Dream et Exndo – © Jigen ; Hosta – Paris 15ème – Architectes : Hardel Le Bihan Architectes © Woodeum. Agence Homère.



Le futur du bois **est déjà là !**

Professionnels du bois construction,
nous simplifions votre conformité réglementaire pour gérer la fin de vie de vos produits :

- **Délivrance** d'un numéro d'identifiant unique (IDU),
- **Intégration** de l'éco-participation dans vos tarifs,
- **Conseil** en éco-conception,
- **Communications** auprès de vos clients.

Adhérez sur
ecomaison.com

0 801 908 108
(appel gratuit)

13 000
entreprises nous font déjà confiance !

ecomaison

réemploie et recycle
les objets et matériaux de la maison et du bâtiment

Ecomaison - SAS au capital de 273 500 € - Siège social : 50, avenue Daumesnil 75012 Paris - 538 495 870 RCS Paris -
Crédits photographiques et illustrations : Shutterstock - Conception : MacaSar - Février 2024

Jowat | Fidèles à nos promesses



Jowapur® 681.xx

- **Colles mono-composant réactives à l'humidité à base de prépolymère de polyuréthane pour la construction portante en bois lamellé-collé**
- **Rapport temps ouvert / temps de pressage optimisé jusqu'à 1:1**
- **Temps ouvert variable de 10 à 60 minutes**
- **Adhésif renforcé avec de la fibre pour une autoportance élevée pendant le durcissement**
- **Certifiée selon EN 15425:2017**

www.jowat.fr

Jowat Colles

IRABOIS

LA RECHERCHE & DÉVELOPPEMENT
au service des professionnels, charpentiers et menuisiers bois

L'institut de Recherches Appliquées au Bois (IRABOIS), est une association au service des professionnels de la structure, de l'enveloppe et de l'aménagement intérieur bois

IRABOIS en bref

- **Association** à but non lucratif créée le 23 avril 1959
- **Président** : Edouard Magdziak
- **Membres fondateurs** :
  Union des métiers du Bois (UMB-FFB)
  Chambre des professionnels du bois (CPB)

Nos missions

- Apporter, en lien avec ses partenaires, une aide directe aux entreprises de la filière bois en mettant en œuvre tout **programme de R&D** à même de contribuer au développement des utilisations du bois dans la construction
- Assister les organisations professionnelles dans les **domaines techniques et réglementaires**
- Accompagner les entreprises engagées dans des démarches qualités à travers l'animation et la promotion des **Chartes 21** (Fenêtres bois 21, Charpentes 21, Maisons bois 21, Constructions bois 21, Agencement 21)
- **Publier tout ouvrage technique** contribuant à la diffusion et à l'appropriation des savoirs









Et bien d'autres publications à découvrir sur :
www.irabois.fr

IRABOIS ■ 7/9 rue La Pérouse ■ 75784 PARIS CEDEX 16 ■ Tél. 01 40 69 57 40 ■ contact@irabois.fr

ossabois,

spécialiste français de la construction hors-site en bois

Ossabois imagine depuis plus de 40 ans des solutions destinées à bâtir un immobilier plus vertueux et plus agréable à vivre.

L'entreprise réalise des logements, de l'hôtellerie, des résidences, des bâtiments tertiaires, scolaires et de santé.

Son approche constructive hors-site lui permet de maîtriser la qualité, les coûts, de raccourcir la durée des chantiers, de réduire les nuisances et de minimiser l'empreinte carbone sur le chantier et l'environnement.

Ossabois, construire durablement.

ossabois.fr



Internat en modulaire bois pour le lycée Urugay à Avon (77)
Architectes : Leclercq Associés et Anne Carcelen

©Takuji Shimmura

Compétence et innovation

SCHILLIGER BOIS



PANNEAU CLT LABÉLISÉ BOIS DE FRANCE

- ENCOLLÉ À CHANT
- INNOVANT ET PERFORMANT POUR UNE CONSTRUCTION MODERNE

bois-de-france

www.schilliger.fr



THEBAULT GROUPE

CONSTRUCTION BOIS

CONTREPLAQUÉ & LVL

VENEZ NOUS RETROUVER dans le village BOIS DE FRANCE ▶ **STAND A 22**

✓ TEBOPIN, 100% PIN MARITIME



- Large gamme de contreplaqués 100 % Pin Maritime, Bois de France et PEFC, usages structurels
- Nombreuses applications en construction traditionnelle ou système constructif bois : plancher, dalle de sous-toiture, contreventement, menuiserie & agencement intérieur

◀ TEBOPIN III en structure de voute - Cité des vins, Bordeaux (33)
Agence XTU Architectes, Anouk Legendre, Nicolas Desmazières

✓ LVL-LAMIBOIS FABRIQUÉ EN FRANCE

SAPIN PECTINÉ

- Produit d'ingénierie bois, léger et optimisé, hautes performances en structure - Fabriqué selon EN 14374
- Applications en construction et rénovation bas-carbone : plancher, mur, charpente et ossature bois, renforcement, contreventement, construction hors-site
- Poutres (plis parallèles) et panneaux (plis croisés) de très grandes dimensions

1ère unité de fabrication de LVL en France ▶
Sapin Pectiné, Bois de France et label environnemental



FABRICANT FRANÇAIS

Labels* & Règlementations

Le Groupe THEBAULT propose des contreplaqués fabriqués à partir de 3 essences de bois : Pin Maritime, Okoumé et Peuplier.

NF EXTERIEUR CTB-X · ÉMISSIONS DANS L'AIR INTÉRIEUR A+ · bois-de-france CERTIFICAT BFO103 · EPA TSCA Title VI TFC 029 Certified ULEF - USA · PEFC 10-31-663 · FSC www.fsc.org FSC® C051251

** Détail des produits certifiés sur le site internet*

www.groupe-thebault.com
info@groupe-thebault.com

Acord

Logiciel de calcul
structures & assemblages

kerto

bois métal béton

interopérabilité CAO

C-FASTER

formations

CLT

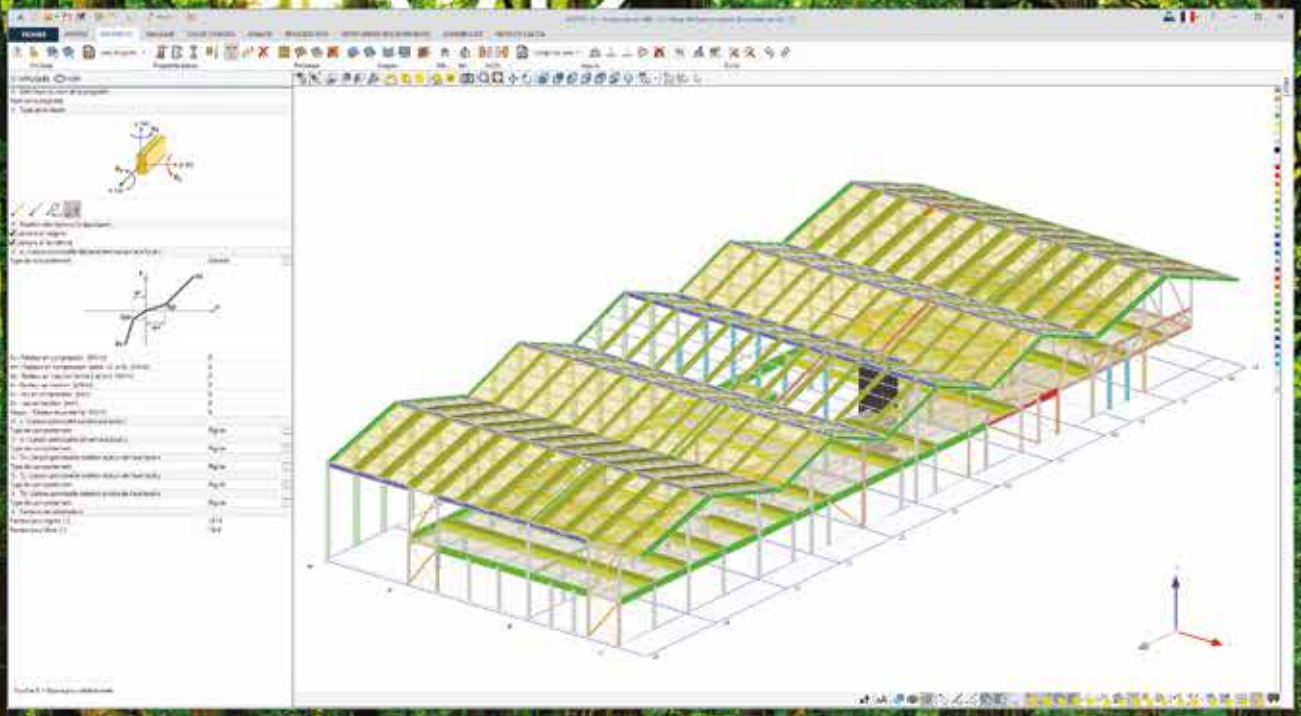
ferrures

broches autoforeuses

3D

LVL

ossature bois



eurocodes

2D

calcul au feu

M12-6.8

mixité

sismique

lamellé-collé

support technique

licences éducation

poutres en I

La solution de référence pour tous vos projets

itech

Editeur et distributeur du logiciel
Votre formateur exclusif à l'utilisation
Support technique avancé pour tous

8 quai Bir Hakeim
F-94410 Saint-Maurice
Tél.: +33 (0) 1 49 76 12 59

www.acord.io

ALKERN

BLOC NATUR R1





BLOC BIOSOURCÉ

RÉSISTANCE THERMIQUE	RÉSISTANCE AU FEU	ENDUIT	POSE
R=1	REI 90	OC3	COLLÉE

LA SOLUTION BIOSOURCÉE AUX ARGUMENTS EN BÉTON

Bâtiments collectifs, tertiaires et maisons individuelles

Vous pouviez déjà compter sur les blocs béton isolants et bas carbone d'Alkern pour atteindre la sobriété énergétique et carbone de vos constructions neuves.

Désormais, le bloc Natur R1 vous permet d'aller encore plus loin dans la réduction de l'empreinte carbone de vos projets !

STOCKAGE CARBONE :
10 kg de CO_2 (ou 2.73 kg de C)
d'origine biogénique piégé par m² de maçonnerie



- ✓ **Résistance mécanique élevée :** fb = 8,9 MPa, fk = 5,1 MPa en B60
- ✓ **Isolant biosourcé intégré** pour une performance thermique optimisée, été comme hiver
- ✓ **Conforme aux exigences réglementaires feu,** y compris pour les bâtiments de 3ème famille
- ✓ **Confort de l'habitat :** performance acoustique et qualité de l'air classée en **A+**
- ✓ **Le bloc béton Natur R1** a fait l'objet d'une demande d'Avis Technique.

FABRIQUÉ EN FRANCE

FDES VÉRIFIÉE inies

SOLUTIONS 100% RECYCLABLES

DTA EN COURS
DEMANDE D'AVIS TECHNIQUE EN COURS

BREVET DÉPOSÉ

PEFC 10-31-3583
Promouvoir la gestion durable de la forêt
pefc-france.org

RE 2020
RÉGLEMENTATION ENVIRONNEMENTALE

UNE RÉPONSE AUX EXIGENCES DE LA RE2020 POUR DES CONSTRUCTIONS ALLÉGÉES EN CARBONE

ALKERN
www.alkern.fr

CHANGEONS DURABLEMENT L'AVENIR DE LA CONSTRUCTION AVEC LES CLOUS EN BOIS

LIGNOLOC®



FIXATIONS TOUT BOIS AVEC CE - EN BOIS DE HÊTRE - PARFAITS POUR LE BARDAGE

SANS PRÉ-PERÇAGE - RAPIDES ET ÉCOLOGIQUES

ALSAFIX® 30 ANS

www.alsafix.com

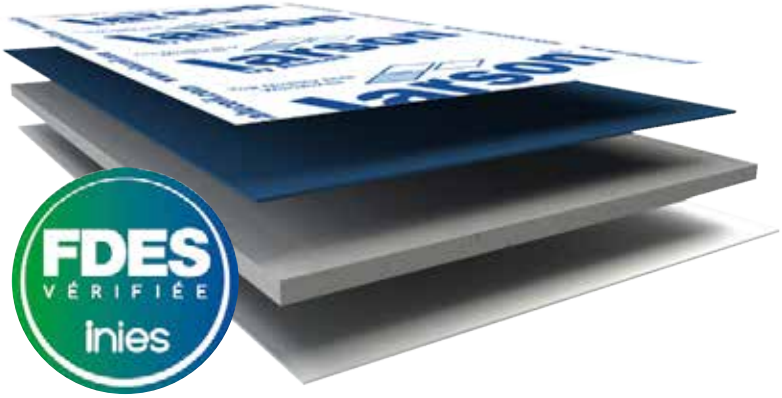
Distributeur exclusif pour la France

Alucoil®
Grupo Alibérico

Revêtements de **FAÇADES DURABLES** en **ALUMINIUM** sur **SUPPORT BOIS**

larson®

Panneaux Composites en Aluminium
Pose sur COB sous Avis Technique



larson® est un produit destiné au revêtement de façade architecturale. Il se compose de **deux feuilles d'aluminium, liées entre elles par un noyau minéral FR ou A2**. Il peut se mettre en œuvre via 2 systèmes sous **Avis Technique**, Riveté/Visse pour une fixation apparente et Cassette pour une fixation cachée, tout 2 disposants d'un domaine d'emploi sur COB (Construction à Ossature Bois).

De plus, sa face laquée dispose d'une **large gamme de coluleurs et de finitions** permettant de s'adapter à toutes les tendances.

Pour plus d'infos :

Recyclable

Large gamme de finitions

75 m²
Disponible à partir de 75 m²

Durable

larcore® A2

Panneaux Nid d'Abeille en Aluminium
Pose sur COB sous Appréciation Technique d'Experimentation de Cas a

larcore® A2 est un produit destiné au revêtement de façade architecturale. Il se compose de **deux feuilles d'aluminium, liées entre elles par un noyau en nid d'abeille en aluminium.**

Il se met en œuvre grâce à un **système à fixation cachée, Hidetech® PRO**, sous Appréciation Technique **d'Expérimentation de cas a** et dispose d'un domaine d'emploi sur COB (Construction à Ossature Bois).
Il permet la réalisation de très grands éléments de bardage, d'optimiser la sous-structure et par conséquent, de minimiser le temps d'intervention sur site. Composé principalement d'aluminium, il est 100% recyclable.

De plus, sa face laquée dispose d'une **large gamme de couleurs et de finitions** permettant de s'adapter à toutes les tendances.

Pour plus d'infos :



VINCI CONSTRUCTION

arbonis

CONCEPTEUR - CONSTRUCTEUR

DE SOLUTIONS BOIS

ArcelorMittal Construction France

ArcelorMittal

D2B® Canopée
Balcon-terrasse préfabriqué

D2B® Canopée est une solution de balcon préfabriquée intégrant tous les éléments nécessaires à son installation. De conception légère, D2B® Canopée ne nécessite pas d'ossature intrusive et peut facilement être mis en œuvre, et ce également en site occupé.
Les garde-corps, choisis par l'architecte, seront montés au sol, avant que le balcon ainsi fini soit levé grâce aux anneaux prévus à cet effet et mis en place sur ses points d'attaches définitifs.
D2B® Canopée est doté d'ossature auto-stable en acier galvanisé à chaud issue d'acier entièrement recyclé, tandis que la terrasse est agrémentée d'un platelage en bois issu d'une gestion forestière durable et garantie classe IV.

Contact :
amcfcommercial@arcelormittal.com

Inspiring Smarter Building



batiactu

www.batiactu.com

Restez connecté à l'actualité !

Actualités, Produithèque, Offres d'emploi, Formations, Conférences

PLONGEZ DANS L'UNIVERS DU BOIS AVEC BOISmag



Abonnez-vous dès maintenant pour accéder en exclusivité à une source inestimable d'informations. Ressentez la qualité du papier entre vos mains à chaque édition et rejoignez notre communauté d'experts en vous abonnant dès aujourd'hui !

Je m'abonne à **BOISmag**	8 numéros par an	
☐ France métropolitaine	115 €	**Version papier + numérique**
☐ UE+Suisse+Dom-Tom	140 €	
☐ Reste du monde	170 €	

Société : . . . . . .

Adresse : . . . . . .

. . . . . .

Ville : . . . . . .

Code postal : . . . . . Pays : . . . . . .

Nom : . . . . . .

Prénom : . . . . . .

Fonction : . . . . . .

Domaine d'activité : . . . . . .

Téléphone principal : . . . . . .

Téléphone destinataire : . . . . . .

E-mail destinaire du magazine : . . . . . .

E-mail de facturation : . . . . . .

Mode de règlement :

☐ Par virement : **Société générale**

IBAN : **FR76 30003 03327 00020618454 82** - BIC : **SOGEFRPP**

☐ Pour payment par carte bancaire ou Paypal

Rendez-vous sur notre site internet : **eshop.boisnewsmedia.com**

☐ Par chèque bancaire ou postal à l'ordre de SPC Éditions

Signature :

Numéro de TVA

En application de l'article 27 de la loi du 6 janvier 1978, vous bénéficiez d'un droit d'accès et de rectification des données qui vous concernent. Si vous ne souhaitez pas qu'elles soient utilisées par des tiers, merci de le signaler par écrit au service abonnements.

Coupon à renvoyer accompagné de votre règlement à :
SPC EDITIONS - 41 rue du Télégraphe – 75020 Paris - Tél. : 01 40 33 33 30 - E-mail : infos@boisnewsmedia.com

BOUQUEROD *INDUSTRIE*

le métal au service du bois

Ferrures de charpente et assemblages métalliques







Des produits sur mesure, techniques et de qualité,

répondant aux exigences de la norme NF EN 1090-2 -EXC2





19 Rue du Moulin 39320 GIGNY

Tel : 03 84 85 42 33

contact@bouquerod-industrie.com

www.bouquerod-industrie.com



BTP Consultants

Vous êtes convaincus par la construction bois ? Ça tombe bien, **nous aussi.**

Bureau de **contrôle technique** et **coordination SPS** à l'échelle nationale, **BTP Consultants** vous accompagne dans vos projets de **transformation environnementale et d'innovation** : bois, géosourcé, biosourcé ou encore hors-site.

À travers son expertise et son sens du service, **BTP Consultants** permet la bonne intégration des réglementations techniques aux spécificités des ces constructions.

+25 ans d'expertise	+30 Agences en France	+500 Collaborateurs	+12 000 Projets/an	9,5/10 Satisfaction client

www.btp-consultants.fr

Nouveau produit

Écran de protection pour bois
SOLID PROTECT BS

L'écran SOLID PROTECT BS a été développé afin de protéger les bois de construction de l'humidité et des intempéries durant la phase de chantier, de stockage ou de transport. SOLID PROTECT BS est composé d'une épaisseur d'intissé protégeant une membrane fonctionnelle frein-vapeur. La sous-face est adhésive sur toute la surface.

12 semaines de protection	Sous-face adhésive	260g/m²	Transparent
Antidérapant et abrasion	Résistance aux UV 3 mois	Frein-vapeur	Résistant aux alcalis



- Pas d'interruption de chantier
- Pas de dégâts sur le bois liés à l'humidité
- Pas de réparation des dégâts des eaux
- Pas de coûts liés aux réparations
- Marquage pour faciliter la pose



BWK France
contact@bwk-france.com
0033 (0)3 87 28 14 97

www.bwk-france.com

cadwork 04.

A WORK4CAD COMPANY W4C

solutions logicielles pour la construction, la menuiserie & l'agencement



Vous accompagner aujourd'hui dans la réalisation de vos projets de demain

CHARPENTE COUVERTURE

Raccord de comble, épuré, métré de couverture... Avec cette solution nous répondons aux besoins actuels et futurs d'une entreprise de charpente/couverture.

CONSTRUCTION

Quoi que vous imaginiez, vous pouvez le dessiner. Sortez des sentiers battus et du formatage : cadwork est votre outil, et c'est vous qui le maîtrisez.

MENUISERIE AGENCEMENT

D'un côté, un outil de conception libre, et de l'autre, la possibilité de paramétrer vos meubles standards, alliant rapidité et créativité.

Votre éditeur de logiciels 3D CFAO,
spécialiste de la construction bois,
de la planification à la production







OPTI PANNEAUX

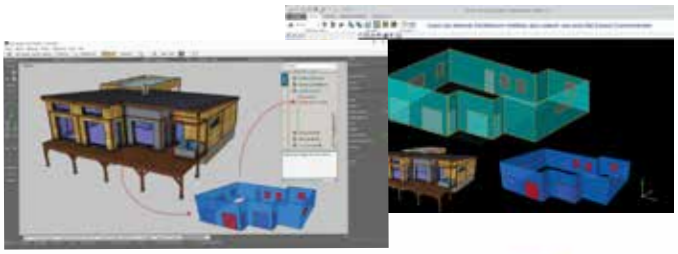
Optimisez vos panneaux en seulement 4 étapes.

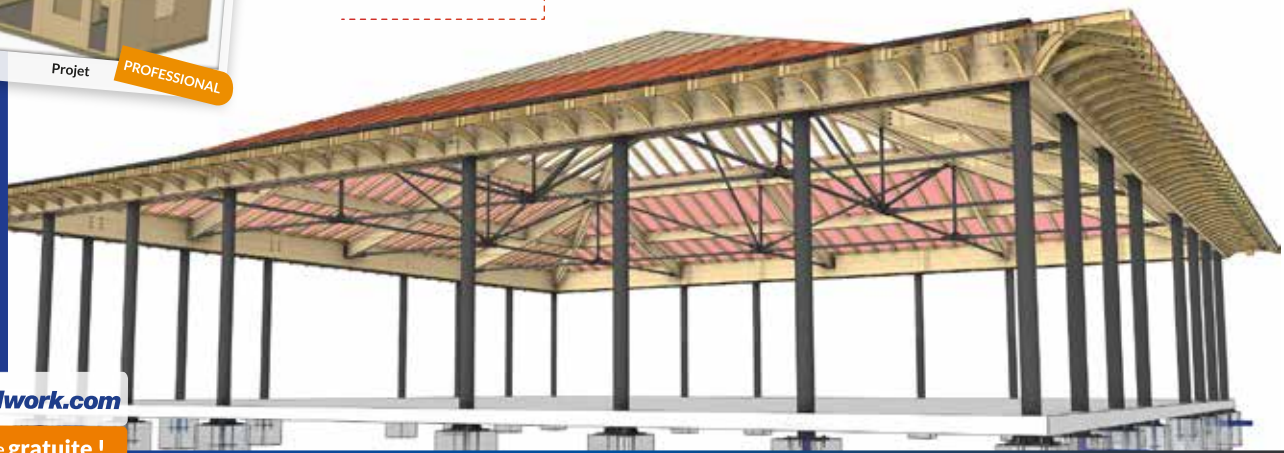
Gagnez du temps !
Calculez vite, calculez juste !

C·FASTER

Dimensionner vos structures n'a jamais été aussi rapide !

De votre 3D cadwork à votre note de calcul en 1 clic !





Toutes nos solutions sur **cadwork.com**

Démonstration personnalisée gratuite !

cadwork francophone | Cadwork-04 | cadwork_francophone | Cadwork SA

cadwork 04 | www.cadwork.com | admin@cadwork-04.ch

+41 21 943 00 40 | +33 3 63 21 99 20 | +39 085 909 6910 | +32 2 320 55 11

L'ACCÉLÉRATEUR PÉDAGOGIQUE DU BTP

pour propulser la formation aux métiers du BTP



IDÉER, TESTER, EXPÉRIMENTER ET DÉPLOYER DES PROJETS INNOVANTS

RENDEZ-VOUS SUR

accelerateur-ccca-btp.com

ÉQUIPEMENTS, MATÉRIELS, CERTIFICATIONS ET MÉTHODES PÉDAGOGIQUES

L'accélérateur pédagogique du BTP, créé par le CCCA-BTP, repère et accueille des projets novateurs et vous accompagne pour les déployer facilement au sein de votre organisme de formation aux métiers du BTP.

ACCÉLÉRATEUR PÉDAGOGIQUE DU BTP
Un temps d'avance

CCCA BTP

Crédit photo : fotografixx/piranka/iStock - Conception : www.kazoar.fr

CERIB
Centre d'Essais au Feu

Retrouvez-nous sur le stand

C 11.

Laboratoire agréé.
Votre spécialiste feu pour vos ouvrages et vos produits en bois et bio-sourcés.





Études et essais - Documents réglementaires - Modélisations

Procès-Verbaux, avis de chantier, appréciations de laboratoire (APL), avis sur étude, études ISI, désenfumage, façades, structures (bois, mixtes...), assemblages (type tige, ferrures...), parois à ossatures bois (MOB, FOB, planchers), maçonneries (biosourcées, géosourcées...), protection passive, calfreutements.

www.cerib-feu.com contact@cerib-feu.com CEF - Centre d'Essais au Feu

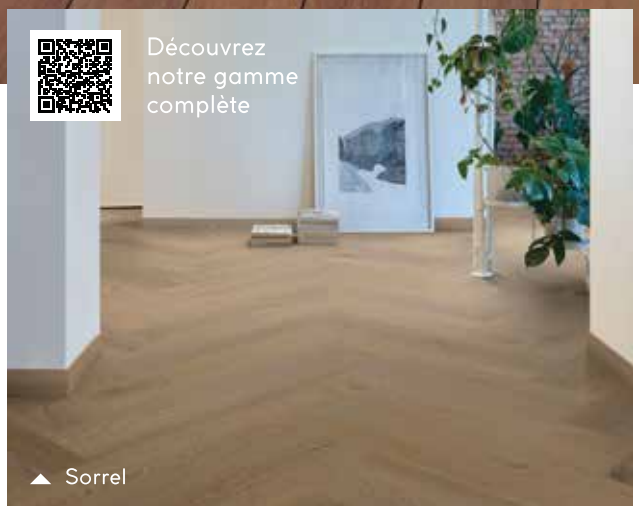
Crédit photo : ©CERIB

COREtec®
FLOORS



▲ Navytec 47

Découvrez
notre gamme
complète



▲ Sorrel

Un vrai sentiment de **certitude** !

COREtec® Floors, véritable révolution dans le domaine du revêtement de sols. Venez découvrir nos SOLutions.

stand D11

Suivez-nous pour plus d'inspirations: **@coretecfloors.eu**

www.coretecfloors.com



COSYLVA

DEPUIS 1982 NOUS RÉALISONS LE BOIS DU FUTUR...

les structures



MAITRISEZ VOS COUTS CHANTIER

30 ANS D'EXPERIENCE
DANS LA FABRICATION
DE LAMELLE-COLLE EN BOIS

FRANÇAIS

bois-de-france
BF0054

PEFC
PEFC/10-31-1492
Promouvoir la gestion durable de la forêt
www.pefc-france.org

ROUTE DE BÉNÉVENT - 23400 BOURGANEUF - FRANCE • TÉL : +33 (0)5 55 64 28 28 • E-MAIL : COSYLVA@COSYLVA.COM
WWW.COSYLVA.COM

ecoscale

UNE ÉVALUATION DU CSTB

MATIÈRE RECYCLÉE & RENOUVELABLE
DÉMONTABILITÉ
RECYCLABILITÉ
RÉEMPLOYABILITÉ








Mars 2024. Document et photos non contractuels. ©CSTB - Adobe Stock.

Les nouveaux enjeux environnementaux et réglementaires ainsi que les pénuries de matières premières, les coûts de production associés à la hausse de l'énergie et les difficultés d'approvisionnement, amènent les acteurs de la construction à revoir les modèles économiques et industriels.

ecoscale.cstb.fr
ecoscale@cstb.fr

L'évaluation environnementale de la circularité du CSTB permet de caractériser les produits de construction* selon quatre indicateurs qui couvrent l'ensemble du cycle de vie.

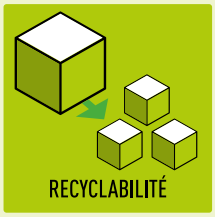
*familles de produits concernées: revêtements de sols, bardages, menuiseries, isolants, murs préfabriqués, plafonds suspendus, éléments de couverture. Tenez-vous informés via ecoscale.cstb.fr pour connaître les nouvelles familles à venir.



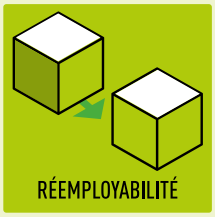
Évaluation de la quantité de matières recyclées et renouvelables dans le produit.



Capacité d'un produit à être démonté sans endommagement afin de faciliter son réemploi ou son recyclage.



Capacité d'un produit à intégrer une filière de recyclage en fin de vie afin d'être effectivement recyclé.



Capacité d'un produit à être utilisé de nouveau à l'issue d'une première vie en œuvre pour un usage identique à celui pour lequel il a été conçu.

Le CSTB, établissement public tiers de confiance et impartial, met son expertise à votre disposition, afin de valoriser vos efforts d'éco-conception auprès de l'ensemble des acteurs de la construction.



Pour plus d'information, contactez Karine Hecquet :
Tél. : 06 58 03 97 62
karine.hecquet@cstb.fr

CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BÂTIMENT
84 avenue Jean Jaurès - Champs-sur-Marne - 77447 Marne-la-Vallée cedex 2
Tel.: +33 (0)1 64 68 82 82 - www.cstb.fr
MARNE-LA-VALLÉE / GRENOBLE / NANTES / SOPHIA ANTIPOLIS

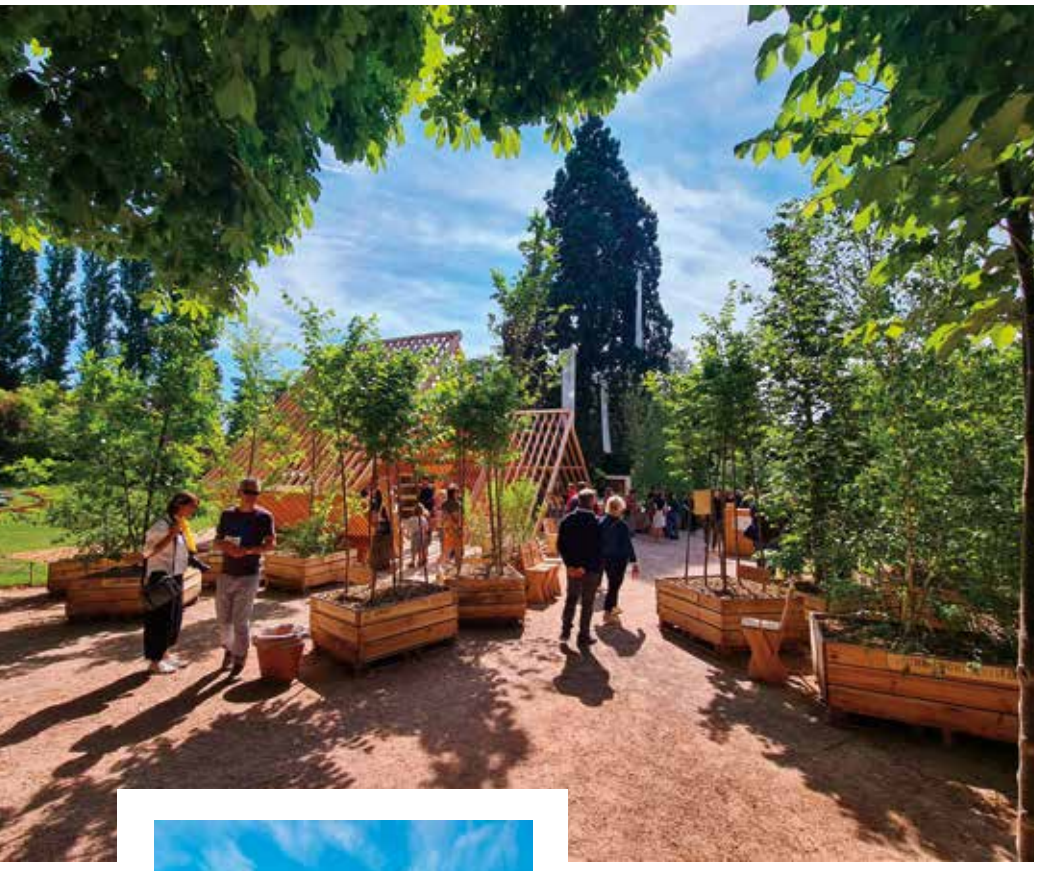
CSTB
le futur en construction

DES HOMMES & DES ARBRES

collectif hybride et audacieux

Implanté dans le Grand Est et labellisé “Territoire d'Innovation”, le collectif Des Hommes et des Arbres identifie, encourage et fait émerger des projets innovants qui valorisent et cultivent la place des arbres dans notre société. Des acteurs venus de secteurs variés apportent leurs ressources, connaissances et expertises pour développer ensemble de nouvelles solutions avec et pour les arbres, au service du territoire.







Vous êtes prêt à rejoindre un écosystème d’acteurs audacieux et engagés comme vous pour l’avenir de nos territoires ?

Vous portez un projet innovant avec ou pour les arbres ?

Nous sommes faits pour vous entendre !

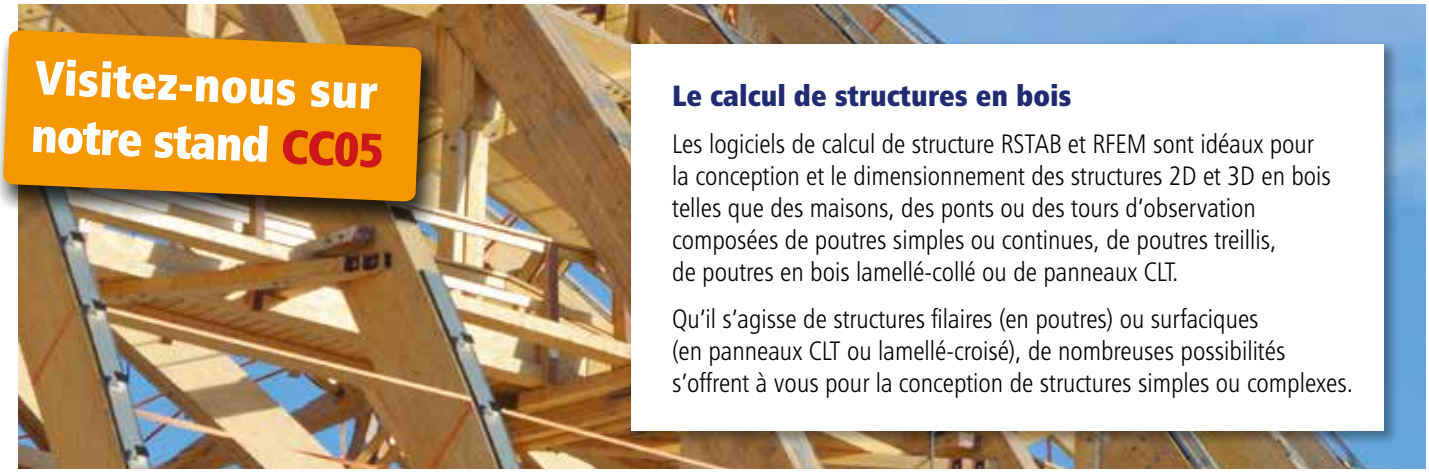
Retrouvez-nous sur le Forum International Bois Construction !

STAND D27

ou sur notre site
deshommesetdesarbres.org

Logiciels pour le dimensionnement de structures en bois

À l'heure du BIM nous sommes des Experts (échange avec Cadwork, SEMA, HSB-Cad, S&S Abbund)



Le calcul de structures en bois

Les logiciels de calcul de structure RSTAB et RFEM sont idéaux pour la conception et le dimensionnement des structures 2D et 3D en bois telles que des maisons, des ponts ou des tours d'observation composées de poutres simples ou continues, de poutres treillis, de poutres en bois lamellé-collé ou de panneaux CLT.

Qu'il s'agisse de structures filaires (en poutres) ou surfaciques (en panneaux CLT ou lamellé-croisé), de nombreuses possibilités s'offrent à vous pour la conception de structures simples ou complexes.



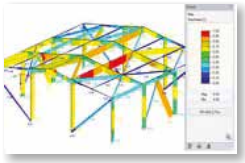
Conception et calcul de structures aux éléments finis

La famille de programmes RFEM est basée sur un système modulaire. Le logiciel de base permet de modéliser les structures et de définir les types de matériaux ainsi que les charges pour des modèles plans et spatiaux composés de plaques, voiles, coques et charpentes. La création de structures multi-matériaux ainsi que la modélisation de solides et d'éléments de contact sont également possibles.



Conception et calcul de structures filaires

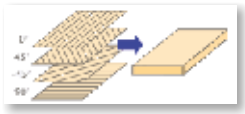
Le logiciel de calcul de structures filaires RSTAB offre un fonctionnement similaire à RFEM. Destiné au calcul des structures de charpente, il est très facile d'utilisation et demeure depuis des années le premier choix pour le calcul de charpente bois.



Vérification des barres selon différentes normes

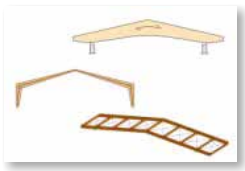
Les modules additionnels ci-dessous permettent la vérification à l'État Limite Ultime (ELU) et à l'État Limite de Service (ELS) ainsi que la vérification de la résistance au feu des poutres en bois.

- RF-/TIMBER Pro (vérification de la résistance au feu possible) selon EN 1995-1-1 (Eurocode 5) et SIA 265 (norme suisse)
- RF-/TIMBER AWC (vérification de la résistance au feu possible) selon ANSI/AWC NDS-2012 et ANSI/AWC NDS-2015 (normes américaines)
- RF-/TIMBER CSA selon CSA 086-14 (norme canadienne)
- RF-/TIMBER NBR selon NBR 7190:1997 (norme brésilienne)
- RF-/TIMBER SANS selon SANS 10163-1:2003 et SANS 10163-2:2001 (normes sud-africaines)



Vérification de murs panneaux CLT

Le module additionnel RF-LAMINATE permet d'effectuer les analyses des déformations et des contraintes pour les panneaux bois en CLT.



Programmes autonomes RX-TIMBER

Les programmes autonomes de la famille RX-TIMBER permettent la vérification à l'État Limite Ultime, à l'État Limite de Service et de la résistance au feu de différents éléments structurels selon l'Eurocode 5.

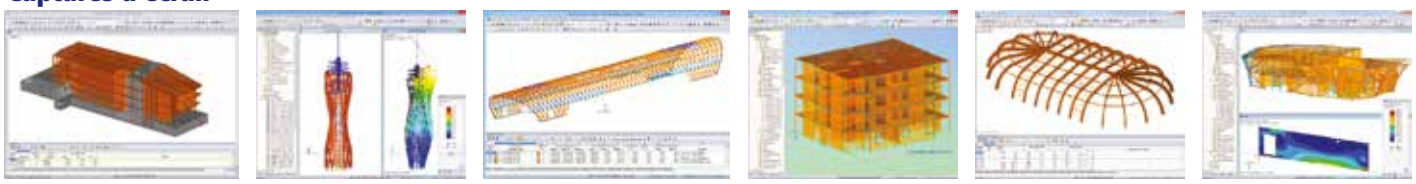
- RX-TIMBER Glued-Laminated Beam - Vérification des poutres en bois lamellé-collé
- RX-TIMBER Continuous Beam - Conception et vérification des poutres à une ou plusieurs travées
- RX-TIMBER Column - Vérification des poteaux en bois
- RX-TIMBER Purlin - Vérification des pannes couplées et des poutres continues
- RX-TIMBER Frame - Vérification des portiques à trois articulations avec assemblages à entures
- RX-TIMBER Brace - Calcul des contreventements en treillis
- RX-TIMBER Roof - Calcul de charpentes à chevrons porteurs

Dlubal

Dlubal Software SARL
11 rue de Cambrai
75019 Paris
Tél: 01 78 42 91 61
E-Mail: info@dlubal.fr
www.dlubal.fr

TÉLÉCHARGEZ GRATUITEMENT UNE VERSION D'ESSAI VALABLE 90 JOURS SUR www.dlubal.fr

Captures d'écran



Retrouvez-nous
sur le stand

A42

DELTA®

Bien plus qu'un pare-puie !

La première, et la seule, membrane de protection à l'eau de façade sous Avis Technique.



La qualité technique libère votre créativité

La gamme de membranes de protection à l'eau DELTA®-FASSADE a obtenu le premier (et seul) Avis Technique du CSTB permettant d'aller plus loin que les dispositions du DTU 31.2 pour la pose sur COB ou les Avis Techniques pour la pose sur CLT :

- Ajourations jusqu'à 50 mm / 50 % :
  DELTA®-FASSADE 50 ou DELTA®-FASSADE 50 PLUS
- Ajourations jusqu'à 20 mm / 20% :
  DELTA®-FASSADE 20 ou DELTA®-FASSADE 20 PLUS
- Bardages bois, métal, composite, minéraux ...
- Claire-voie verticale ou horizontale, métal déployé ou perforé
- Hauteur de bâtiment jusqu'à 28 mètres (selon type constructif)
- Réaction au feu : Classe B

N° 2.2/22-1837_V1

CC FAT AVIS TECHNIQUE

DÖRKEN – Découvrez l'expertise.

www.**doerken**.fr


dynea®
WE are
DEDICATED
to WOOD
ADHESIVES
www.dynea.com
dynea@dynea.com

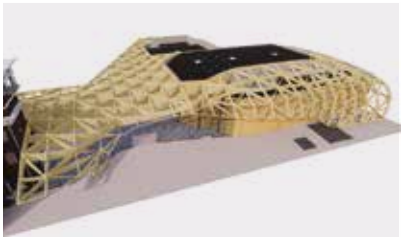
Eckersley O'Callaghan

Ingénieurs structure et façades



Black and White Building
Londres, Royaume-Uni





Black and White Building
Londres, Royaume-Uni

Trinum | Médiathèque
du numérique à
Lomme, France

Retrouvez-nous à la 13e édition du Forum International Bois Construction sur notre stand A8



Atlassian Central
Sydney, Australie
SHoP | BVN

Eckersley O'Callaghan
7 Boulevard de Magenta
75010 Paris
France

+33 (0)1 49 29 76 26
paris@eocengineers.com
www.eocengineers.com

Bois Ingenierie Structure et Enveloppe

Efectis
FIRE SAFETY EXPERTS

70 ans d'expérience en sciences du feu

- Etudes d'ingénierie
- Essais feu
- Modélisations incendie
- Appréciations de laboratoire & Avis de chantier
- Expertise

SECURITE INCENDIE & CONSTRUCTION BOIS





Des Experts Feu au service de vos exigences

www.efectis.com

france@efectis.com

Eléman Bois

PRÉFABRICATION CONSTRUCTION RÉNOVATION



Taillage structure

Taille C.N. sans limite de section
Charpente, dalle KLH, ossature...
Massif, lamellé-collé, abouté KVH
Rabotage, traitement, finitions
Pré-montage ferrures



Pré-fabrication avancée

Murs & Façades à ossature bois
Caissons plancher / toiture
Isolation matériaux bio-sourcés, insufflation
Intégration menuiseries et occultations
Vêtures bois, métal, composite...
Grandes dimensions possibles

Selon maquette fournie ou étude par notre BE

Eléman Bois
www.elemanbois.com

04 50 71 63 61 • contact@elemanbois.com



elka®
Produits de marque

Bois de sciage et matériaux à base de bois

la perfection depuis 1906





Tribune des Innovations 4. 4. 2024 - 10 heures: esb PLUS - panneau de construction en bois à faible impact environnemental


Aménagement des combles


Fabrication de meubles


Aménagement intérieur


Rénovation du grenier

elka® Holzwerke GmbH · Hochwaldstraße 44 · D-54497 Morbach · Allemagne · www.elka-holzwerke.eu

Follow on:

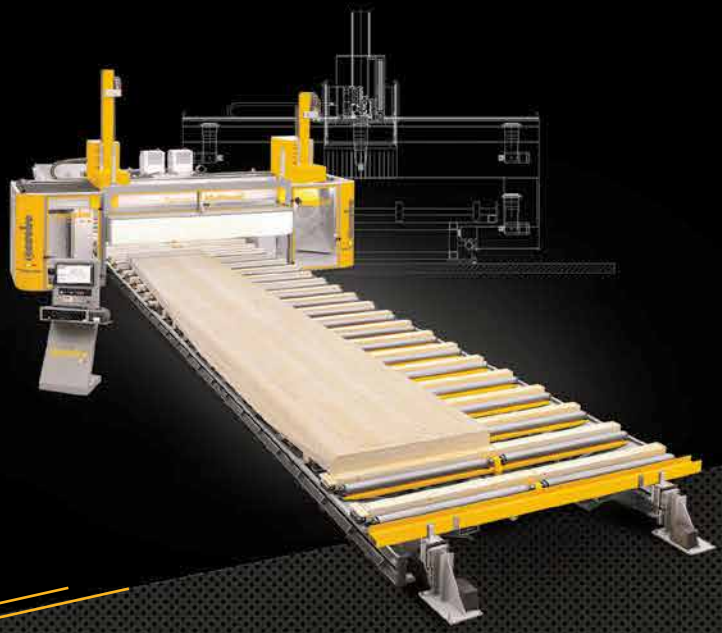
100% ITALY

OFFICIAL PARTNER WEINIG

essetre®

WOODWORKING TECHNOLOGY EVOLUTION

essetre.com



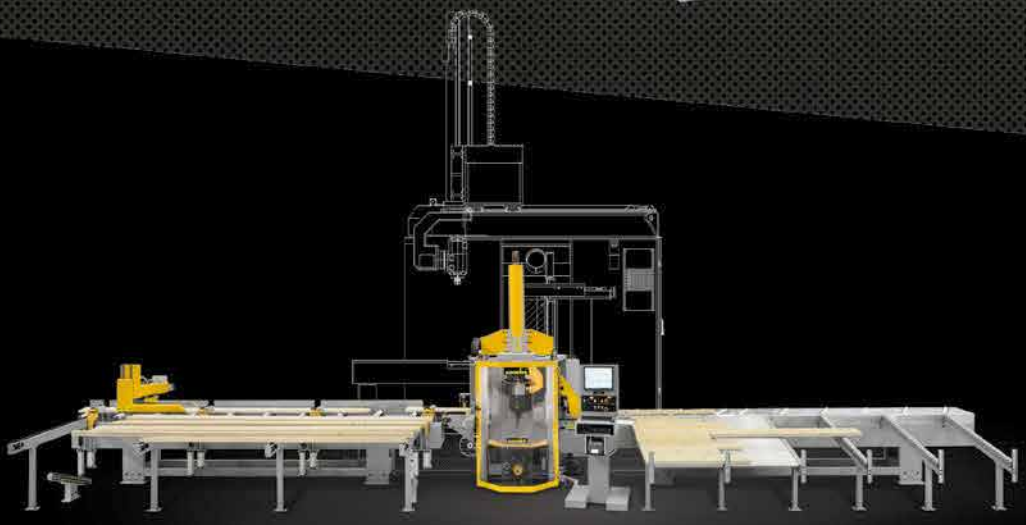
Techno Multiwall

Centre d'usinage à CN pour l'usinage de poutres courbées, de panneaux X-LAM/CLT, de panneaux structuraux isolants et de panneaux à ossature bois



Techno Fast

Centre d'usinage à CN pour l'usinage de poutres adaptées à toutes exigences.



Techno Saw

Centre d'usinage à CN pour le débit d'éléments des murs maisons ossature bois, fermettes et petites charpentes.

Essetre S.r.l. | Via della Repubblica Serenissima, 7 | 36016 Thiene (VI) - Italy | T. +39 0445 365 999 | **info@essetre.com**

EUGEN DECKER
Holzindustrie



ED LC |
Bois lamellé-collé

ED CC |
Bois massif reconstitué

BMA | KVH ®

ED BSP |
Panneaux constructifs contrecollés

épicéa, douglas,
pin sylvestre, mélèze

we create WOOD

1983 2023 40

Hochwaldstraße 31
D - 54497 Morbach

www.hochwald.com
info@hochwald.com

euroTECH HANDLING



Composants du vide



Appareils de levage



Construction d'équipements

euroTECH propose des solutions de manutention et de transport orientées vers l'avenir dans le domaine de la technologie du vide. euroTECH développe et produit des systèmes de vide et des composants personnalisés pour les tâches de manipulation automatisées provenant d'une source unique.

Une adaptation flexible des composants, des applications et des systèmes aux exigences respectives des clients est possible grâce au système modulaire euroTECH. Le service étendu garantit entre autres un remplacement rapide et économique des pièces de rechange.

Maybachstr. 7
72348 Rosenfeld | Allemagne
Tél. +49 7428 93912-0
info@et-handling.de
www.et-handling.de

la façon intelligente de soulever des charges

FAÇADEBOIS.com

ACTUS - PRODUITS - MÉDIATHÈQUE

1ÈRE PLATEFORME PROFESSIONNELLE DES FAÇADES AVEC LE BOIS



- RECHERCHEZ UN PRODUIT PAR FAMILLE OU MOT-CLÉ
- FAITES VOTRE VEILLE AVEC LA MÉDIATHÈQUE
- SUIVEZ L'ACTUALITÉ ET PARTICIPEZ OU RÉECOUTEZ LES WEBINARS

Venez-nous rencontrer stand D16

Protac WOOD FOR LIFE

Fundermax For you to create

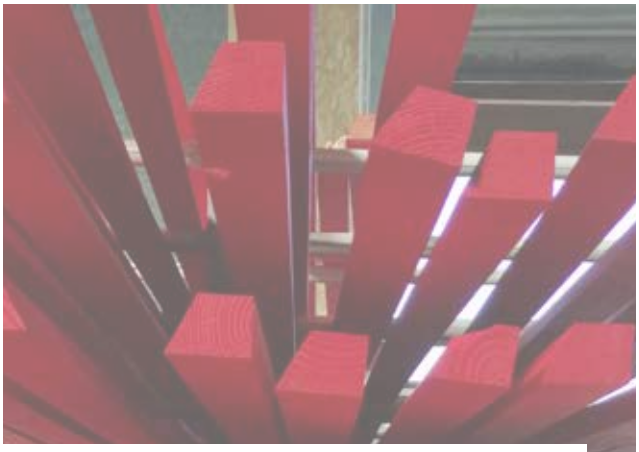
LOGELIS SOLUTION BOIS

UNE RÉALISATION DE FAÇADEBOIS

09 70 26 12 25
info@facadebois.com

L'EXPERTISE DANS LA FINITION ET LA PROTECTION DU BOIS

fibex.



Application industrielle



- Ignifugeants
- Saturateurs
- Peintures
- Vernis
- Anti graffiti



Fourniture de produits



FRANCE DOUGLAS

L'ASSOCIATION INTERPROFESSIONNELLE POUR LA PROMOTION ET LA CONNAISSANCE DU DOUGLAS

france-douglas.com

Trouver des produits Douglas
Consultez les fiches de nos adhérents

Médiathèque
Catalogues produits, études techniques, outils collectifs, vidéos

Galerie des réalisations
Présentation de projets architecturaux

ADHÉREZ À L'ASSOCIATION POUR ACCÉDER AU CONTENU TECHNIQUE

RÉSULTATS D'ESSAIS TECHNIQUES, OUTILS COLLECTIFS, CERTIFICATIONS SANITAIRES, ÉTUDES DE MARCHÉS…



France Douglas
https://www.france-douglas.com
Tél. 05 87 50 41 99
contact@france-douglas.com

SUIVEZ-NOUS

Conception : kurtzdev.com - Crédit photographique : Luc Boégly

UNION EUROPÉENNE

La Région Auvergne-Rhône-Alpes

RÉGION BOURGOGNE FRANCHE COMTE

RÉGION Nouvelle-Aquitaine

La Région Occitanie Pyrénées - Méditerranée

INTERPROFESSION NATIONALE

Le programme d'actions de France Douglas est cofinancé par l'Union européenne. L'Europe s'engage dans le Massif Central avec le fonds européen de développement régional.

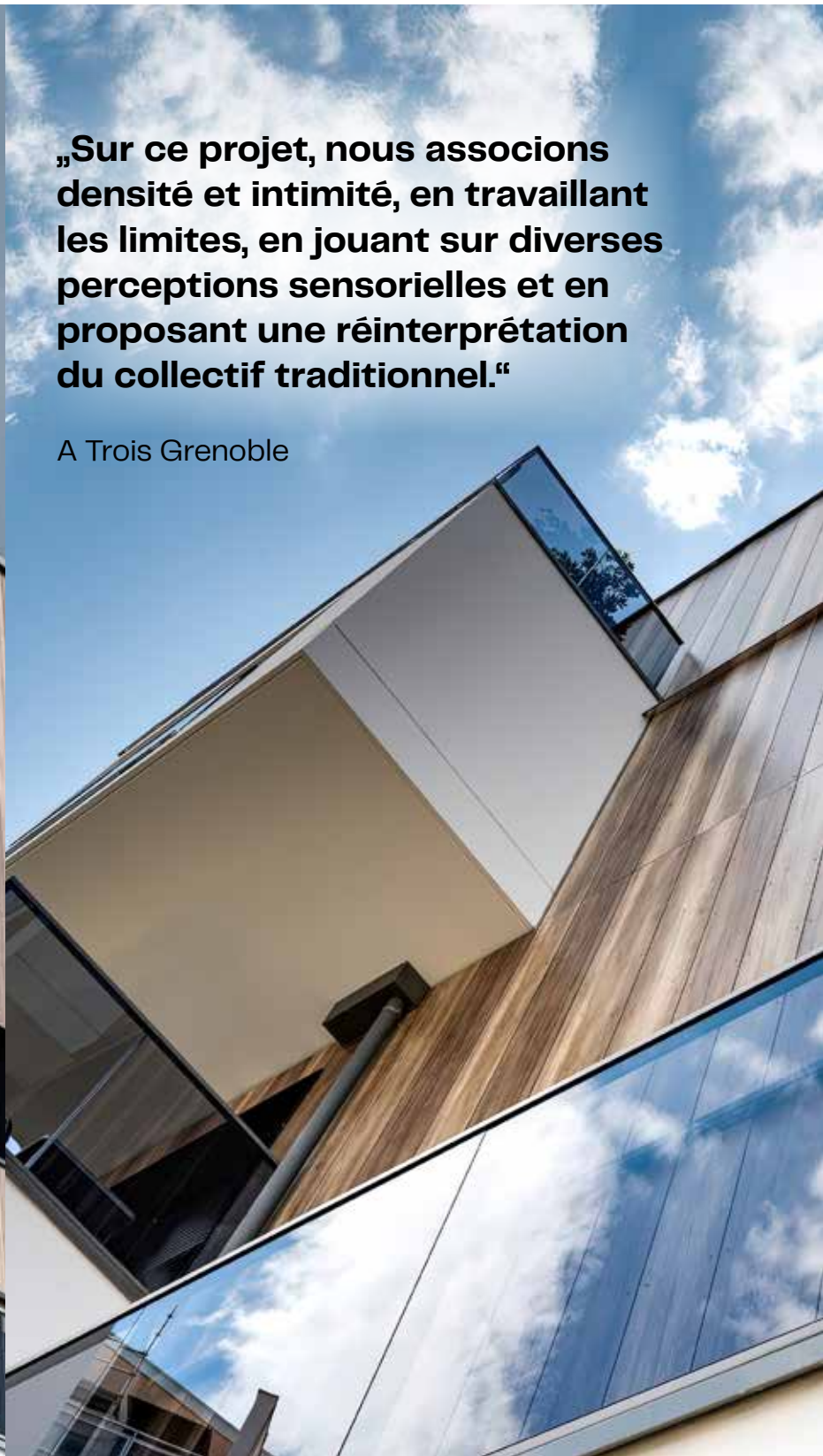
Solutions architecturales design et durables, les panneaux Fundermax label produit bio sourcé offrent des possibilités infinies.

For you to create

Fundermax
accueil@fundermax.biz
www.fundermax.com

Fundermax





„Sur ce projet, nous associons densité et intimité, en travaillant les limites, en jouant sur diverses perceptions sensorielles et en proposant une réinterprétation du collectif traditionnel.“

A Trois Grenoble

Groupement Technique Français contre l'Incendie

Nos missions pour la protection passive contre l'incendie

Avec plus de 50 adhérents, le GTFI représente les professionnels de la protection incendie.

Nos missions :

⇒ Participer à l'élaboration des textes réglementaires et normatifs.

⇒ Accompagner le marché de la construction par la création de « règles professionnelles » ou « guide de mise en œuvre ».

⇒ Communiquer à nos adhérents les évolutions en cours.

⇒ Nouer des liens étroits avec d'autres organisations françaises comme européennes.

⇒ Participer à des projets nationaux autour de la Protection Passive Incendie.

⇒ Organiser des groupes de travail sur des thématiques bien précises.

Notre priorité en 2024—Le projet SAFETI

Soutien à l'innovation dans la construction matériaux bois, biosourcés et géosourcés

Projet Safeti : lauréat de l'appel à projet de l'ADEME « Soutien à l'innovation dans la construction matériaux bois, biosourcés et géosourcés de France 2030 »

Le projet Safeti a pour vocation le développement de solutions bois optimisées en cas d'incendie répondant pleinement à la sécurité des occupants et des services de secours et en garantissant autant que possible la sauvegarde des biens.

Participez à cette grande aventure de 42 mois, en prenant contact avec le GTFI pour étudier les modalités de votre collaboration .

Groupement Technique Français contre l'Incendie - 10 rue du Débarcadère - 75852 Paris Cedex 17
GSM : 0033 6 83 19 36 08 - Email : fabrice.chauvin@gtfi.org - Site : www.gtfi.org

GRAMITHERM®

Sustainable Grass Insulation

PLUS DE BIEN-ÊTRE AVEC MOINS DE RESSOURCES: LE CHOIX DE L'HERBE !

#isolerautrement





Naturel

Bien-être

Biosourcé

Économie circulaire

$-CO_2$

Carbone négatif

RE 2020

RE2020

www.gramitherm.eu
info@gramitherm.eu

Solutions pour la préservation des bois de construction



TRAITER CONTRE
LES AGENTS BIOLOGIQUES

PROTÉGER CONTRE L'EAU,
LE SOLEIL, LE FEU

DÉCORER ET ENTRETENIR

À DESTINATION DES INDUSTRIELS DE LA 1RE ET 2E TRANSFORMATION DES BOIS

Solutions Biosourcées

© Janvier 2024 / Groupe Berkem / Toute reproduction interdite / Crédits photos : Groupe Berkem - stock.adobe.com

Utilisez les produits biocides avec précaution. Avant toute utilisation, lisez l'étiquette et les informations concernant le produit.

groupe berkem

construction.groupeberkem.com

WEISROCK

Fabricant de solutions bois pour la construction.
Conseil, étude et usinage.
4 sites de production en France et plus de 150 ans d'expérience à votre service.

www.weisrock.fr



#Structures en bois lamellé-collé



#Construction hors site - Modules 3D



#FOB #MOB



#Murs rideaux

MORLOT CONSTRUCTION

Spécialisée dans les domaines de la construction bois, de l'enveloppe du bâtiment et de l'entreprise générale.
#solutions éco-construites
#construction biosourcée

www.morlot-construction.com



#Stade Olympique Yves du Manoir (92)



#Gymnase Alice Milliat(70)



#Nancy Thermal (54)



#Caserne SDIS (95)

GROUPE MORLOT

Spécialistes de la construction durable, notre objectif est de favoriser l'innovation et l'efficience énergétique et de développer des projets fidèles à nos valeurs : économie circulaire, circuits courts et matériaux biosourcés. Conscients de l'impact du secteur du bâtiment sur l'environnement, nous nous engageons résolument en faveur de la construction «Bas Carbone».

Laurent MORLOT - Président Fondateur
www.groupe-morlot.fr - contact@groupe-morlot.fr



Toute cette ambition, vous pouvez la percevoir depuis plus de 90 ans – dans votre maison isolée avec les fibres de bois GUTEX. Implantée en bordure de la Forêt-Noire, notre société déploie chaque jour toute son énergie pour développer et fabriquer, hier comme aujourd'hui, une isolation innovante en fibres de bois de qualité supérieure. Nous proposons des solutions personnalisées et parfaitement adaptées pour répondre à chaque exigence.

Découvrez l'effet GUTEX sur le site www.gutex.fr

GUTEX Holzfaserplattenwerk
Gutenburg 5 | D-79761 Waldshut-Tiengen | Tél: + 49 7741 6099-0 | www.gutex.fr

GUTEX

HabitatNaturel

Le magazine de la performance du bâtiment
et du confort de ses occupants

TOUT SUR :

- **La performance énergétique - Le passif**
- **Les matériaux biosourcés - réemploi**
- **Les énergies renouvelables**
- **En neuf & rénovation**

www.habitatnaturel.fr

En kiosque
et sur
abonnement



Immeuble tertaire réversible ERP à Cesson Sévigné - R+05 - HOBOA © préfabriqué - MOE Architecture Pluielle



Stand C15

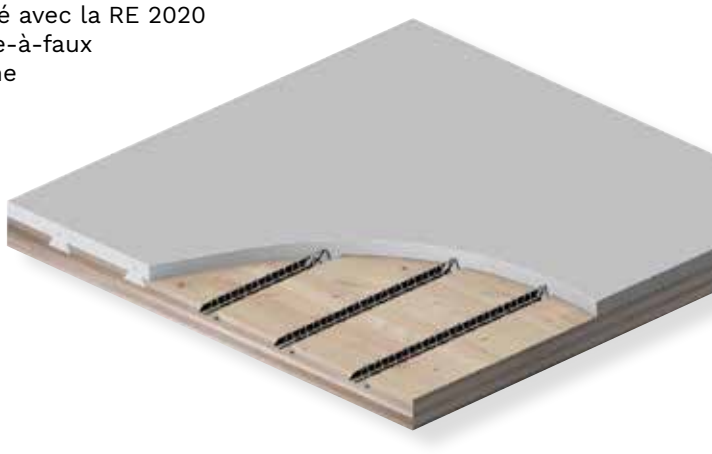
HORIZONS BOIS

Systèmes constructifs bas-carbone

Système constructif
poteau-plancher
HOBOA©

Plancher HOBOA©
mixte bois-béton
sans connecteurs

- Profitez des qualités du bois associées à l'inertie et la rigidité du béton
- Un atout pour réduire l'impact de votre projet en conformité avec la RE 2020
- Plancher, support d'étanchéité en pente nulle, balcon, porte-à-faux
- Le plancher HOBOA préfabriqué : un chantier en filière sèche
- Le plancher HOBOA coulé sur site : plus économique



Venez découvrir nos solutions !

Développées pour vos opérations : logements, bureaux et équipements publics bas-carbone

Visitez notre nouveau site !

en savoir plus : www.horizons-bois.com • +33 (0)2 99 31 49 03 • contact@horizons-bois.com

HUNDEGGER ROBOT-Compact

Petit format, grande puissance !



hundegger.com

Hundegger ROBOT-Compact 650

Flexibilité et performance
réunies dans une version compacte.

- **Pour des sections de 20 x 60 mm à 300 x 650 mm.**
- **Maximise flexibilité au minimum d'espace requis**
- **L'élément central est l'agrégat Robot à six axes breveté**
- **Chargeur d'outils pour jusqu'à 28 outils différents**

HUNDEGGER
Innovationen für den Holzbau

HYBRIDAL
Plancher Bois-Béton Collé

HYBRIMUR
Façade Bois-Béton Collé

L'ALLIANCE BOIS-BÉTON RÉSOLUMENT DURABLE !

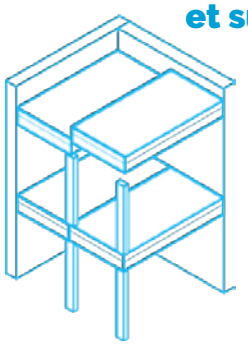
RETROUVEZ-NOUS AU STAND A31

VENDREDI 5 AVRIL ATELIER B5 - 12H40
Table ronde : « L'actualité des planchers mixtes français »



PLANCHERS INTERMÉDIAIRES ET SUPPORTS D'ETANCHÉITÉ

« Un système de plancher mixte bois-béton collé, intermédiaire et support d'étanchéité, préfabriqué en usine et prêt à poser »



- Une solution constructive à hautes performances
- Support d'étanchéité
- Un plancher pour bâtir durablement
- 3400m² d'atelier de préfabrication
- Process maitrisé et audité

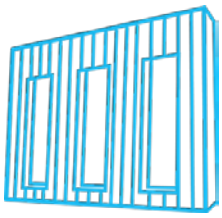
AVIS TECHNIQUE CSTB — Planchers Intermédiaires

ATEx de cas a n° 3124-V1 CSTB — Support Etanchéité

LES AVANTAGES

THERMIQUE · PROTECTION AU FEU · DURABLE · ESTHETIQUE · RAPIDE · ACOUSTIQUE · LEGER · CHANTIER PROPRE

FAÇADES PRÊTES A POSER



- Une façade testée à toute épreuve
- Des murs en métakaolin
- Une finition minérale aux motifs infinis
- Une réelle barrière au feu
- De l'inertie apportée au biosourcé



CONTACTEZ-NOUS !

contact@hybridal.fr

hybridal

hybridal.fr

CRUARD CHARPENTE CONSTRUCTIONS BOIS · JOUSSELIN Préfabrication · BOSTIK

Des expertises complémentaires pour une offre globale engagée.

À vos côtés

Ingérop propose un accompagnement sur-mesure qui intègre l'optimisation des ressources et la performance énergétique. Fort de son réseau de marques et filiales spécialisées, Ingérop s'appuie sur la puissance d'un grand groupe et sur l'agilité de ses filiales pour offrir une solution complète. Cette approche globale permet d'assurer une prise en charge intégrée de chaque projet, combinant les expertises spécifiques de chaque entité pour garantir une solution adaptée aux besoins du client. Avec cette approche, Ingérop s'engage à fournir une offre complète, harmonisant les compétences variées de ses filiales pour assurer une excellence opérationnelle.

Groupe engagé, Ingérop se distingue par son implication dans de nombreux projets publics et privés intégrant le matériau bois : commerces, bureaux, santé, éducation, équipements sportifs, en construction neuve ou en réhabilitation.

Ingérop maîtrise ces expertises, avec notamment :

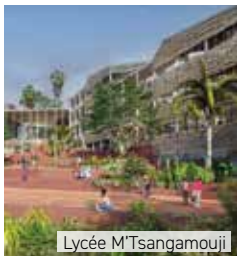
- Acoustique
- Construction en zone sismique
- Enveloppe / façade
- Expertise feu
- Panneaux bois et bois nervuré
- Mixte bois / béton
- Structure bois, ossature, charpente complexe
- Solutions préfabriquées

Expertise bois


Parking-relais Mermoz


Piscine municipale de Blanquefort


Bureaux rue Cuvier


Lycée M'Tsangamouji


Groupe Scolaire Coupvray


Cité scolaire Parentis en Born


Ateliers de maroquinerie à Isle d'Espagnac


Conservatoire Botanique National de Brest


Aménagement du Port de la Tour Fondue

Arcora - Evolution continue vers un avenir décarboné

Un savoir-faire historique

Ingénierie fondée en 1976, Arcora a rejoint le groupe Ingérop en 2009, en tant que filiale spécialisée. Arcora accompagne le client de la conception à la livraison. Arcora s'engage à fournir des solutions de conception tenant compte des enjeux architecturaux, économiques et réglementaires.

Très impliqué dans l'innovation et soucieux d'une conception responsable, Arcora est engagé dans de nombreux sujets de R&D. En 2022, Arcora a lancé ecale, outil ludique d'évaluation carbone de l'enveloppe, accessible à tous, afin de faire évoluer les pratiques constructives vers davantage de sobriété avec des façades décarbonées.

Nos expertises :

- Accompagnement à l'innovation technique
- Diagnostic réhabilitation, réemploi
- Bas carbone, ressources et matériaux
- Entretien
- BIM et prototypage
- Géométrie
- Conceptualisation technique
- Physique de l'enveloppe


Enjoy - Green Office

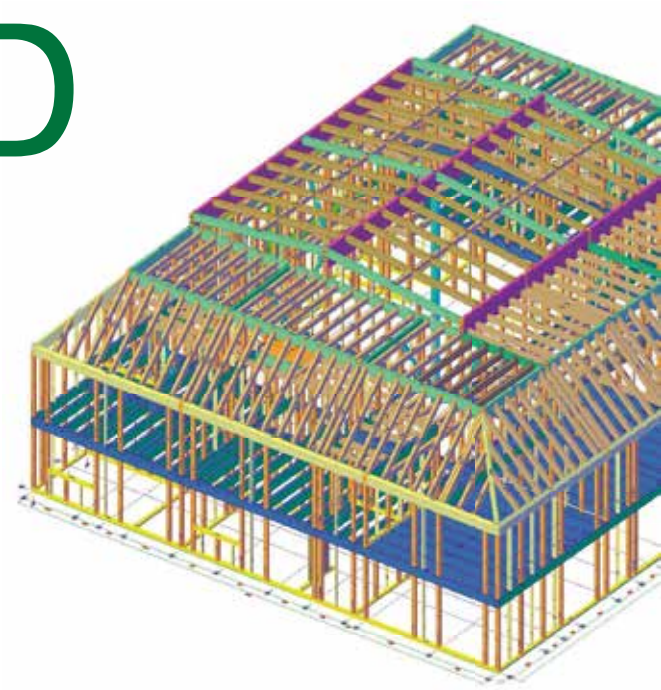

École de management Wood E


Deloitte University EMEA


Wood Grenoble

KIWOOD

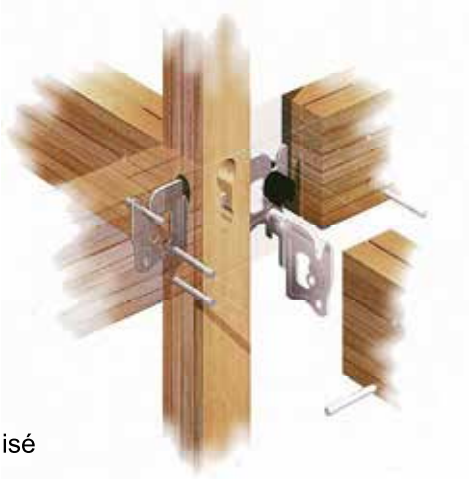
Solutions intelligentes pour vos constructions bois



Assemblage de **poteaux-poutres en bois lamellé-collé** et connecteurs en acier invisibles pour des **structures jusqu'à R+10 et +**

Rapide
Sans pré-montage et montage rapide sur site

Simple
Un maillet suffit pour assembler les poteaux-poutres



Démontable
Toutes les constructions sont pensées pour être démontables

Durable
Bois issu de forêts européennes certifiées pour leur gestion durable

Économique
Rapidité de mise en oeuvre et optimisation de la quantité de bois utilisé

Le bureau d'études Kiwood étudie vos projets et propose des **solutions adaptées BIM**.



- EXTENSIONS
- SURÉLÉVATIONS
- STRUCTURES DÉMONTABLES
- IMMEUBLES (jusqu'à R+10 et +)
- MAISONS INDIVIDUELLES NEUVES

Vidéo Ki Wood

www.kiwood.eu
info@kiwood.eu
Tél. : + 33 (0)1 48 73 00 72

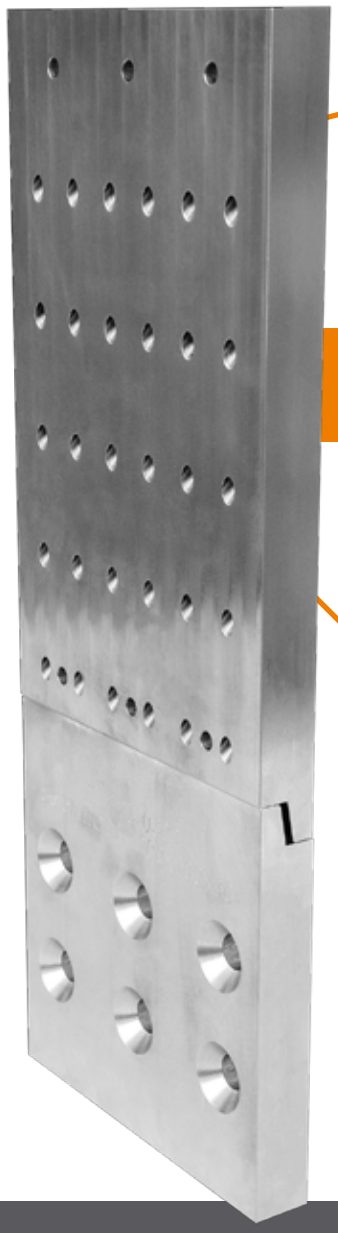
CSTB CE ETA

ETA 14/0216
ETA 22/0770

Connecteurs invisibles pour la construction bois

- Connecteurs grandes capacités jusqu'à 950 kN
- Connecteurs pour la construction hybride bois
- Connecteurs pour maisons modulaires
- Connecteurs pour murs rideaux
- **NOUVEAU :** Connecteur articulé MEGANT®S !





Pré-montage en atelier

Agréments

Invisible

Résistant au feu

Assemblage bois

Assemblage acier

Assemblage béton

Démontable Réemployable Recyclable

MEGANT® S
patented by KNAPP®







CE made in Germany

KNAPP GmbH I Distribution France et pays francophones I 20 rue des Fleurs I F-67880 Innenheim
Tél. : +33 (0)3 88 48 17 87 I E-Mail : france@knapp-connectors.com I www.knapp-connectors.com/fr

YouTube ▸▸▸ online-store

KNAPP® connectors.com

la
maison
du passif

Devenez expert en Bâtiment Passif
auprès des pionniers du secteur

Vous cherchez à approfondir vos compétences en sobriété énergétique ?

CEPH

Acquérez les principes fondamentaux de la conception de bâtiments passifs. Des sessions interactives et pratiques pour développer les compétences nécessaires pour optimiser les consommations énergétiques des bâtiments.

PHPP Expert+

Prenez en main les fonctions avancées du logiciel PHPP et optimisez les performances énergétiques de vos projets via calcul d'ombrages 3D et ponts termiques.

CEPH-D (Formation Décideur Bâtiment Passif)

Conçue pour donner autant de bases que de clés aux décideurs pour arbitrer des choix éclairés en matière de sobriété énergétique appliqués au label Bâtiment Passif.

Intra-Entreprise

Besoin d'une formation sur mesure pour vos équipes sur des points techniques, chantier ou encore de sensibilisation ? Nous proposons des sessions 100% personnalisées adaptées à vos besoins spécifiques pour atteindre vos objectifs.

Architectes, MOE, MOA, BEThermiques, décideurs, promoteurs, bailleurs, collectivités territoriales, nous avons une formation pour vous.

Tél : 07 68 07 14 44 • Email : formation@lamaisonpassive.fr

Consultez notre catalogue de formations sur
lamaisondupassif.fr/toutes-les-formations/

70 ANS DE SAVOIR-FAIRE !

la qualité des hommes et du travail



GYMNASE JEAN LAMOUR - NANCY



ÉGLISE SAINT-RÉMI DE MOGNEVILLE



ALDI - METZERVISSE



NOTRE-DAME DE PARIS - FLÈCHE



HACKER HOUSE - PALAISEAU



GYMNASE - CLERMONT EN ARGONNE



GARENNE COLOMBES



GEDIMAT - LONGEVILLE EN BARROIS

LE BRAS FRÈRES

COUVERTURE CHARPENTE ET PATRIMOINE

DEPUIS 1954

BOIS du RIED Eschbach

FAÇONNEUR DE STRUCTURES BOIS

Externalisez le taillage sur centre d'usinage Hundegger robot drive 1250



Grande flexibilité d'usinage :
agrégats robot 6 axes

Façonnage de bois Mini : 20 x 60mm
Max : 300 x 1250 mm







LES BOIS DU RIED
6 rue des Roseaux
Parc Economique de la Sauer
67360 ESCHBACH

info@lesboisduried.fr

BOIS du RIED Eschbach

cadwork Bois SEMA

LIGNO® : Configurable et efficace

Bois lamellé-croisé économe en matière première – pour la construction et l'aménagement intérieur acoustique.







Capacité de charge

Hauteur variable pour des portées jusqu'à 18 m, statique avec vérification des vibrations

Face apparentes

Faces apparentes en bois véritable – fermé ou avec différents profils acoustiques

Acoustique intérieur

Absorbeur acoustique intégré en fibre de bois naturelle

Protection contre les incendies

Résistance au feu jusqu'à REI 90, Inflammabilité réduite

Isolation

Isolation phonique élevée - également à basse fréquence, isolation thermique intégrée

Installations

Passage de graines dans l'élément : longitudinale et / ou transversale

Biologie de la construction

Construction biologique impeccable – certifié par natureplus®

LIGNO TREND®

Pour une construction bois durable.

Steinbachstr. 41 | 79809 Weilheim | Allemagne
Tel.: +49 77 55 92 00 0 | Fax: 92 00 55
E-Mail: info@lignotrend.fr

Plus d'informations et conseil gratuit pour votre projet : **www.lignotrend.fr**

LOGELIS



CONCEPTEUR & FABRICANT DE

MURS & FAÇADES

OSSATURE BOIS

Murs structurels

Façades rideaux

Murs manteaux



Composé de :

> Bois massif abouté :
NF EN 15497
NF EN 335-2
NF EN 350



> Voile de contreventement :
Type OSB 12mm



> Différents types d'isolants :
Minéraux
Biosourcés
A haute performance thermique



26100 Romans-sur-Isère
solutionbois@logelis.com
www.logelis.com

LOUINEAU
SYSTEMES DE FIXATION

A découvrir
au Forum Bois
Construction
STAND B11

CONSTRUCTION BOIS

ENCADREMENT DE BAIE MONOBLOC

PRECWOOD 1400 : LA GARANTIE D'UN PRODUIT CONFORME, À COÛT MAÎTRISÉ

#Technique

Assure une étanchéité jusqu'à 1400 PA* et convient parfaitement aux maisons indviduelles et IGH < 60m.

#Personnalisation

Offre une liberté créative maximale aux architectes tant en termes de forme que de choix de couleur.

#Décarbonation

Répond aux exigences de décarbonation pour les projets de construction neuve et de rénovation énergétique, avec une empreinte carbone réduite**.

#Sécurité

Conforme aux normes de sécurité de l'IT249 (norme feu), avec facilité d'intégration des garde-corps.

#Rapidité de pose

Sa concept monobloc «prêt-à-poser» simplifie le montage et répond aux plannings serrés.

#Coût optimisé

Industrialisation poussée et standardisation produit.

** Certification CTB Composants & Systèmes Bois par FCBA*
*** FDES en cours*

CTB
COMPOSANTS & SYSTEMES BOIS

© Photo : ROBERGEAU / Chantier : Les Gradins - Village des Athlètes - Seine-Saint-Denis (93) / Aménageur : SOLIDEO
Maître d'ouvrage : Icade / Maître d'oeuvre : ECDM - EGIS / Constructeur Hors-site : GA Smart Building / Entreprise de pose : Lucas Reha

www.louineau.com contact@louineau.com 02.51.29.10.05

Manubois
Groupe Lefebvre

www.groupe-lefebvre.fr

POTEAU
FAÇADE RIDEAU

Élégant
Résistant
Testé au feu

HÊTRE



LE
BOIS
QUI SE VOIT



Marioff SAS
Parc Kléber
165, boulevard de Valmy
92700 Colombes
info.marioff.france@carrier.com

Marioff est leader de la protection contre l'incendie par brouillard d'eau haute pression dans le monde entier.

Nous sommes concepteur, fabricant, installateur et mainteneur de nos solutions HI-FOG®.

Notre technologie est une alternative durable aux systèmes de sprinkler traditionnels. Les micro-gouttelettes contrôlent et suppriment les incendies en toute sécurité, tout en limitant le volume d'eau utilisé.

Grâce aux caractéristiques compactes et discrètes de nos équipements, ils sont également plus facile à mettre en œuvre.

Plus d'information sur notre site internet www.marioff.com

MASQUELACK

WOOD COATINGS

INDUSTRIAS QUÍMICAS MASQUELACK





Depuis 1978, Industrias Quimicas Masquelack développe et fabrique des vernis et peintures pour la protection et la décoration du bois.

Nous avons basé notre évolution sur:
l'engagement de qualité, le développement de produits respectueux de l'environnement et l'innovation continue.

Le FCB Lille 2023 est l'occasion de mettre en avant la gamme MASQUELACK NET. Une gamme complète de produits à base de matières premières biosourcées avec les mêmes prestations et garanties que des produits traditionnels. Egalement le MASQUESAFE, un vernis transparent de protection contre le feu avec le classement Bs1d0.

Produits exposés au FCB 2024 (Stand D20)

MASQUELACK NET

Gamme de produits BIO BASED pour éléments extérieurs en bois

Exterlack
NET



Saturateurs
NET



MasqueTop
1000 NET / 5000 NET



Formulés à partir de résines, solvants, huiles, cires et additifs d'origines biologique, les produits MASQUELACK NET contribuent à réduire la dépendance aux matières premières d'origine fossile.

Notre dernière contribution pour réduire l'empreinte carbone.

Caractéristiques générales

- Produits à base d'eau
- Facilité d'application
- Séchage rapide
- Produits sans odeurs
- Formation d'un film transpirable, souple et étanche
- Protection contre l'humidité
- Contient des filtres UV qui offrent une grande protection contre les effets des rayons du soleil responsables du vieillissement prématuré du bois.
- Produit avec 100% d'énergie renouvelable

MasqueSafe

Protection contre le feu d'éléments intérieurs en bois





MasqueSafe translucide pour les éléments intérieurs en bois

Les produits ignifuges translucides MasqueSafe sont conçus pour fournir le plus haut niveau possible de protection contre le feu pour les murs, toits et panneaux décoratifs intérieurs en bois. Ils portent la classification de sécurité incendie

B-s1, d0

la meilleure classification de sécurité incendie possible pour les matériaux en bois selon la norme EN 13501-1:2007+A1:2009.

MASQUELACK FRANCE SARL

Bât 6A - Parc D'Activité R. Algayon. 2 Route Robert Algayon. 33640 Ayguemorte les Graves - France
Téléphone de contact: **06 75 67 58 82**
masquelackfrance@masquelack.com - www.masquelack.fr

AZURTEC®

SYSTÈME CONSTRUCTIF GLOBAL

IMMEUBLES BOIS DE 3 À 15 NIVEAUX



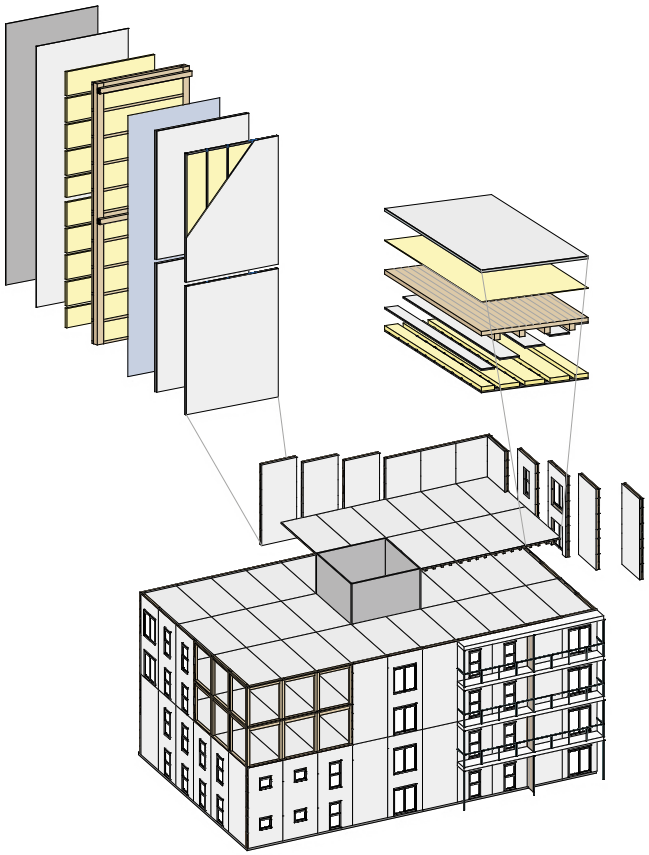
AVIS TECHNIQUE CC FAT

Les produits nervurés AZURTEC® sont des éléments alvéolaires constitués de nervures et de panneaux collés structurellement.



AVANTAGES DU SYSTÈME

- Rapidité de mise en œuvre
- Plateaux libres et modulables
  Planchers de 10 m de portée
- Répond à la doctrine incendie avec la gamme AZURTEC®/Placo® développée avec Saint-Gobain
- FDES vérifiées
- Optimisation de la matière
- Maîtrise du processus complet par Mathis : conception, fabrication et pose



mathis

Construction Bois

www.mathis.eu | 03 68 08 00 08



SYSTÈME POSI®

Optimisez vos coûts, délais et matières avec *la poutre mixte bois métal*

- La fabrication industrielle assure maîtrise et constance de la qualité.
- Léger et sur mesure pour une mise en œuvre rapide.
- Le vide technique permet le passage des réseaux.
- De grandes portées offrant plus de liberté de conception.
- Durable par l'utilisation optimisée du bois.

MITEK.FR/POUTRE-POSI

MiTek®

+33-1-43-39-60-85 | imitek@mitek.fr



RÉDUIRE LE PLASTIQUE

**C'est l'un des défis que nous nous sommes lancés.
Avec l'aide de nos partenaires nous avons développé
des membranes pare-vapeur base papier, résistantes et efficaces,
les COCON éco.**

NUUK

Une marque française, innovante, experte de l'étanchéité à l'air et à l'eau des bâtiments.

NUUK

Engagée sur des valeurs humaines, sociétales et environnementales.

NUUK

Une équipe proche de ses partenaires, qui a à coeur de les accompagner.

SCANNEZ CE QR CODE
POUR EN SAVOIR PLUS
OU RENDEZ-VOUS
STAND D14

PLANÈTE
INNOVATION
DURABILITÉ
ENGAGEMENT
NUUK®

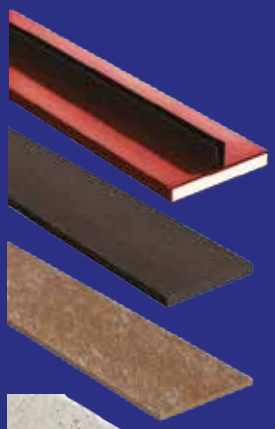
odice
PASSIVE FIRE PROTECTION

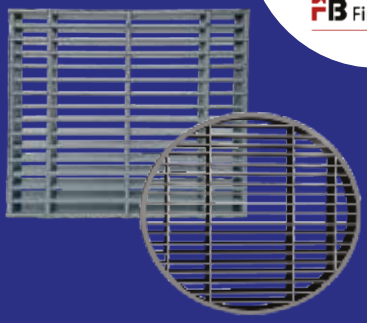
40 ans de solutions pour la protection passive contre le feu

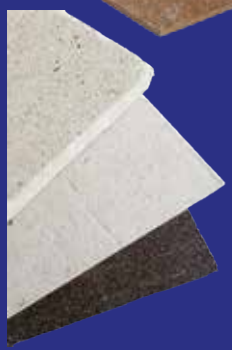
FB® CAVITY BARRIER

Dispositif d'obturation de la lame d'air d'une façade ventilée. Bloque instantanément la propagation des flammes, résistance au feu jusqu'à 90 minutes.











FLEXILODICE®, INTERDENS® & PALUSOL®

Joints intumescents assurant l'étanchéité au feu et aux fumées roides

VENTILODICE®

Grilles coupe-feu, assurant une ventilation naturelle et une résistance au feu EI 30 – EI 60 – EI 90 – EI 120

ODIBOARD

Panneaux légers isolants thermiques et incombustibles

PYROCOL®

Colles incombustibles



NOTRE LABORATOIRE D'ESSAIS AU FEU « FIRELAB DE MARLY »

Nous conseillons et accompagnons nos clients et partenaires pour le développement réussi de leurs solutions résistantes au feu

FIRELAB de Marly

www.firelabdemarly.com

ODICE S.A.S – ZAE Les Dix Muids – Rue Lavoisier – F-59770 Marly
Tel : +33 3 27 19 32 32 – www.odice.com

DEPUIS 1952

PARQUETERIE de Bourgogne

IMAGINEZ VOTRE PARQUET,
NOUS LE FABRIQUONS POUR VOUS

Fabrication de parquets massifs & contrecollés

Massifs



Contrecollés



Aspect de surface & finition des lames à la carte



Une multitude de choix de couleurs





100 % Français



PFEIFER



CLT –
Bois lamellé croisé



Bois lamellé collé





Panneaux en bois massif





Photo du projet: Walter Frisart FOTOwerk

We connect people,
nature and technology.
For better wood solutions.

pfeifergroup.com

placo
SAINT-GOBAIN

VOTRE **PARTENAIRE EXPERT**
POUR VOS PROJETS DE
CONSTRUCTION
BOIS



Glasroc® X 13

La plaque de plâtre 3 en 1 pour l'extérieur en construction bois



Écran thermique

Pare-pluie rigide

Voile de stabilité

- Écran thermique garantissant une stabilité au feu Eo > i30 (conformément à l'appréciation de laboratoire CSTB n°AL23-350)
- La plaque est étanche à l'eau (W1) tout en étant perméable à la vapeur d'eau
- Assure la stabilité des façades à ossature bois
- Solution légère et facile à découper

placo.fr

SAINT-GOBAIN

Protac

WOOD FOR LIFE



Pôle environnemental

©Architecte[s] Romain VIAULT & David Colinet



protecflam



Verniflam®

Finition de protection contre le feu

Vernis et peintures Euroclasse B & C

Retarde le vieillissement du bois

Améliore la réaction et la résistance au feu

Isolation thermique intumescente

Nos produits présentent des rapports de classement de réaction au feu **B-s1,d0** et des procès-verbaux de résistance au feu issus des laboratoires agréés par le **ministère de l'Intérieur** (FCBA & CSTB). Nous avons à votre disposition de nombreux matériaux et solutions afin de protéger du feu l**es infrastructures et les œuvres**.

Pour plus d'informations sur nos produits,
rendez-vous sur www.protecflam.com

FABRIQUÉ EN FRANCE

Fédération Nationale sapeurs-pompiers de France

GTFI

STAND
B-8

ProtectWood

Solutions d'avenir pour ouvrages bas carbone

Construction
Bardage
CLT
Oil
Vernis
Saturateur
Intumescent
Lasures
Antifeu
Aqua
Epicéa
Hydro
ignifuges







www.protectwood.fr

RANDEK™



INNOVATIVE MACHINERY & SYSTEMS

We are the industry leader in innovative production systems and high-performance equipment for efficient offsite house production. With our wide range, we offer semi-manual to fully automated, advanced, scalable production lines for the manufacturing of wall, floor, roof elements and rooftrusses.

Regardless of the size of your company, we have solutions that suit your needs.

We strive to build the future together with our customers and have been doing so since the 1940s!

With our extensive experience in international projects, we can offer advice and support to help you achieve your goals. Our products not only streamline the construction process but also enhance product quality and increase production.

Contact us to find out more.

Randek
sales@randek.com
+46 (0)346-55 700
www.randek.com

RANDEK PRODUCTS & SERVICES

- Prestudy
- Butterflytables
- Multifunctional portals
- 5-axis saws with loading and stacking functions
- Full and semi-automatic systems for roof truss manufacturing
- Wall, roof, and floor element systems
- Customer support & Service



TRADITION • AMBITION • VISION



Salle de spectacle « La Boiserie », Mazan (Vaucluse) - Agence DE-SO - crédit Hervé Abbadie

Osez la paille

Naturellement **Isolante**
Naturellement **Performante**
Naturellement **Confortable**
Naturellement **Résistante**
Naturellement **Durable**

Formez-vous.

comme plus de **5375 constructeurs et concepteurs**
» https://www.rfcp.fr/lagenda/



Julien, ingénieur à Pau (64)
« La formation tant attendue était à la hauteur de mes attentes. Je suis sur plusieurs projets où la paille intervient. »

Vincent, charpentier à Maubeuge (59)
« Même connaissant déjà la construction paille, même déjà bien au fait de la conception en tant qu'ingénieur bois, j'ai beaucoup appris de cette formation. Un vrai contenu, avec de vrais formateurs expérimentés. J'en ressors très satisfait. »

RFCP
RÉSEAU FRANÇAIS DE LA CONSTRUCTION PAILLE

Renseignements | bureau.formation@rfcp.fr | 07 55 64 09 70

Le **bois** et la **laine de roche**, l'union **naturellement** parfaite

INSPIRED BY NATURE.





Mb Rock Premium

Mb Rock Premium est conçu pour l'isolation entre montants des constructions à ossature bois. Il garantit un calme absolu à l'intérieur du logement et protège des nuisances sonores extérieures.

- Excellentes performances thermiques et acoustiques : λ32
- Excellent confort d'été
- Installation facile : pas de découpe, bord flexible
- Adapté aux espaces courants entre montants
- Forte densité : masse volumique nominale : 65 kg/m^3
- Réaction au feu : Euroclasse A1 (incombustible)
- Respecte les recommandations DTU 31.2

λ32

ÉMISSIONS DANS L'AIR INTÉRIEUR A+

Nouveaux essais de résistance au feu !

Conformité à la réglementation incendie en ERP et Habitation (arrêtés du 7 août 2019) :

- Contribution à l'indice C de la paroi (IT 249)
- Rôle d'écran thermique 30 minutes en configuration « Rockfaçade Premium » (habitation 3ème famille)
- Rôle de protection EI30 en configuration « Ecorock Mono » (habitation 4ème famille)

ROCKCYCLE®



ROCKWOOL®

www.rockwool.fr

SALOLA
ENVIRONNEMENT

100% GAÛLE
ENTREPRISE FRANÇAISE



Réno!

NOTRE SOLUTION **SYSTÈME RÉNOVATION** POUR
L'**OPTIMISATION ÉNERGÉTIQUE** DE L'**HABITAT**

SOLUTION SYSTÈME
PRODUITS ASSOCIÉS
PARE-VAPEUR
ADHÉSIF
ACCESSOIRES
ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

SOLUTION SYSTÈME
PRODUITS ASSOCIÉS
PARE-PLUIE
ADHÉSIF
ACCESSOIRES
FAÇADE - BARDAGE

SOLUTION SYSTÈME
PRODUITS ASSOCIÉS
SOUS-TOITURE
CLOSOIR
ACCESSOIRES
COUVERTURE

TOITURE - COMBLES PERDUS ET AMÉNAGÉS - MURS - MENUISERIES

Répond à vos exigences.

De hautes performances, à grande vitesse



*technologie pour l'usinage du bois **et pas seulement







Oikos xs est le centre d'usinage de **charpente**, avec un encombrement et un coût contenus, qui offre un **débit très élevé**, une **haute précision** et **polyvalence** pour les sections allant jusqu'à **240x450mm**.

Avec, entre autres, une alimentation précise et rapide par **pince à course intégrale**, un excellent maintien et **support des bois lors de l'usinage**, une tête revolver très rapide sur bras basculant capable **d'usiner les 6 faces de la pièce en un seul passage** et avec la très haute et exclusive précision du **palpage laser** SCM. Oikos xs est également équipé du logiciel **Maestro beam&wall**, développé par SCM en lien avec ses clients de la filière bois.

SCM propose une gamme complète de solutions novatrices pour la construction bois qui comprend des centres d'usinage à CN pour les poutres et poteaux (jusqu'à 1.250x610mm de section) et pour les panneaux CLT (jusqu'à 3.600x400 mm) et également des calibreuses-ponceuses pour les parois CLT (jusqu'à 500x3700mm).

FORUM BOIS CONSTRUCTION FRANCE

3-5 avril 2024
Nancy I France

SCM France
tél.: 04 72 66 23 23
scmfr@scmgroup.com
www.scmgroup.fr

POUR EN SAVOIR PLUS

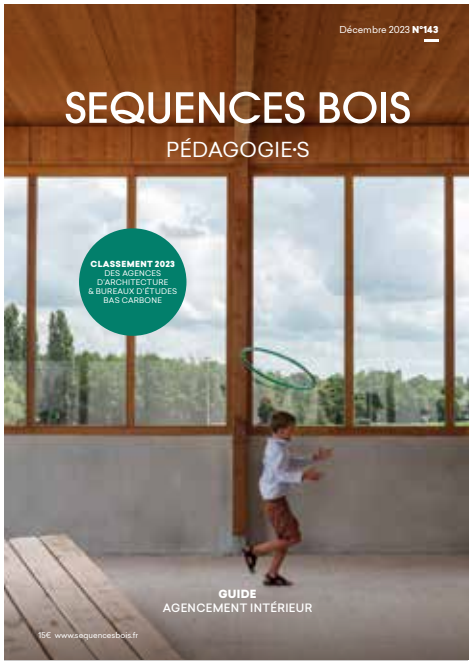
scm woodworking technology *

is more**

PROFITEZ
DE NOTRE OFFRE COUPLÉE



+



d'a + SEQUENCES BOIS

L'OFFRE COUPLÉE (D'ARCHITECTURES + SÉQUENCES BOIS)

1 an - 13 numéros : 199 € TTC - *(UE / DROM-COM / étranger) : 284 € TTC*

2 ans - 26 numéros : 349 € TTC - *(UE / DROM-COM / étranger) : 430 € TTC*

L'abonnement annuel comprend 4 n° de Séquences Bois et 9 n° de d'architectures

RENDEZ-VOUS SUR
WWW.INNOVAPRESSE.COM/BOUTIQUE/ABONNEMENTS

abonnement@innovapresse.com

siniat

NOUVEAU

Système sous DTA
DTA N° 3.2/22-1074_V1
Publié le 20 Janvier 2023

Defentex®

Panneau multifonction
pour la construction bois des bâtiments jusqu'à R+3



- **Contreventement** (Validé par le DTA)
- **Pare-pluie** (Validé par le DTA)
- **Résistant aux termites** (Rapport d'essai FCBA)
- **Perméable à la vapeur** (Sd ≤ 0,20 m)
- **Support de finition** (bardage ventilé et ETICS collé)

Retrouvez-nous sur le stand Construction B32

www.siniat.fr

Siniat, une marque du groupe etex
inspiring ways of living



SIGNEZ VOTRE EMPREINTE ARCHITECTURALE

Lumipod - Architecte -MO /Lumicene - Photographe / Maudit Salaud

SOLUTIONS ECO-RESPONSABLES
FAÇADE ET LAMBRIS

sivalbp®
bois, technologie & design



Construction bois :
un process fluide pour des solutions bois clé en main





1 Conception 3D

2 Industrialisation

3 Réalisation

Structures bois lamellé-collé • Murs et planchers bois • Structures mixte bois acier • Enveloppes de bâtiments • Architecture paramétrique • Projets sur mesure



NO CO2 LOW ENERGY

Pour en savoir plus :
www.smc2-construction.com
contact@smc2-construction.com
Tél. 04 78 67 60 56

SMC2
Concevoir et construire

Et l'espace prend **forme**

weber SAINT-GOBAIN

SOPREMA

techniwood L'innovation nous construit

1ÈRE SOLUTION D'ISOLATION BIOSOURCÉE

R+4*



Important déphasage thermique

Impact carbone réduit

Fabriquée en France

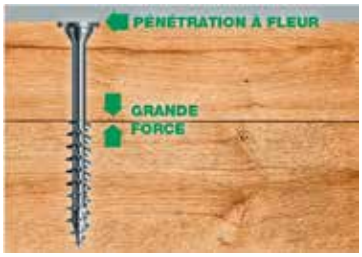
RETROUVEZ-NOUS STAND D31

*En cours d'évaluation technique ATEX de cas A



Kilden Performing Arts Centre, construit avec SPAX
avec l'aimable autorisation du
©Iwan Baan







TÊTE PLATE | **UNIVERSELLE** | T-STAR *plus*

LA VIS PARFAITE POUR LES IDÉES CRÉATIVES

Pénétration à fleur, grande force, plus vite en place

Les avantages de SPAX :

- Empreinte T-STAR *plus*
  Ajustement sûr de l'embout et meilleur guidage,
  p. ex. pour les travaux réalisés au-dessus de la tête
- Tête plate et large
  Enfoncement affleuré Forces de pression et de traction élevées
- Longueur de tige
  Adaptée aux épaisseurs de bois les plus courantes
- Filetage partiel optimisé
  Adapté à la force portante élevée de la tête disque
- Profil ondulé
  Vissage rapide sans avant-trou (selon le bois)
- Pointe *4CUT*
  Repousse les fibres du bois et réduit l'effet de fissuration

SPAX France S.A.S.
GROUPE ALTENLOH, BRINCK & CO - DEPUIS 1823
7 rue Paul Henri Spaak - Parc de l'esplanade Bat T7
77400 Saint-Thibault-des-Vignes · France
Tel.: 0164126767 · Fax: 0164306688
service.client@spax.com · www.spax.com

MADE IN GERMANY

L'OSB : UN COMPAGNON TECHNIQUE AU SERVICE DE VOS CONTRAINTES RÉGLEMENTAIRES

Le domaine de la construction est soumis à des contraintes techniques et réglementaires permettant de garantir la pérennité des structures et la sécurité des utilisateurs. Focus sur trois d'entre elles :



Le risque incendie, une réaction au feu exigée :

La réaction au feu définit le comportement d'un matériau mis en œuvre qui, en présence d'une flamme ou d'une élévation de température, apporte ou non un aliment au foyer d'incendie et à sa propagation.

Le test SBI (Single Burning Item) reproduit un feu dans un angle de pièce avec un effet de cheminée. Des capteurs mesurent la température à différents endroits et des sondes analysent les fumées dégagées et les gouttes ou débris qui tombent au sol.

Le classement Euroclasse donne trois critères : le comportement du feu (de A à F), le dégagement de fumée (smoke s de 1 à 3) et la présence de gouttelettes (droplet d de 0 à 2). Les classes de réaction au feu requises pour les produits d'aménagement intérieur de décoration et de mobilier sont précisées dans les arrêtés du 31 janvier 1986 pour les bâtiments d'habitation et du 25 juin 1980 pour les ERP.

Swiss Krono a développé un OSB spécialement conçu pour résister à l'inflammation en situation d'exposition à la flamme. Il s'agit de l'OSB Stop-Fire classé C-s2,d0 que l'on peut par exemple utiliser en décoration des murs des circulations horizontales protégées des ERP.



Le risque sismique, des matériaux adaptés :

En zone sismique, des dispositions particulières s'appliquent. Les éléments de structure doivent permettre d'écouler sans rupture l'énergie sismique vers des zones conçues pour la dissiper.

L'Eurocode 8 (NF EN 1998-1) donne l'ensemble des règles de calcul s'appliquant lors du dimensionnement des ouvrages en zone sismique, le code définit également des règles de moyen sur les panneaux de voiles travaillants des murs de contreventement à savoir une masse volumique caractéristique ⩾ 650 kg/m3 et une épaisseur ⩾ 13mm.

L'OSB parasismique de SWISS KRONO répond à cette règle de moyen obligatoire en zone sismique.



Le risque termite, des produits durables :

La loi « termite et autres insectes à larves xylophages » exige des précautions constructives concernant les bois participant à la stabilité de l'ouvrage dans les zones concernées par le risque termites.

Ces bois doivent :

- *Soit être naturellement résistants aux termites*
- *Soit avoir fait l'objet d'un traitement adapté afin qu'ils résistent aux attaques de termites. Ce traitement doit être efficace pendant une durée minimale de 10 ans,*
- *Être mis en œuvre de manière apparente dans un local aménageable ou accessible afin de permettre leur examen visuel, et si nécessaire leur traitement et/ou leur remplacement s'ils ne sont ni naturellement résistants ou traités, .*

Cette mesure n'est pas autorisée dans les départements d'outre-mer.

Swiss Krono propose un OSB anti-termite traité dans la masse permettant de répondre aux exigences réglementaires des départements couverts par un arrêté préfectoral délimitant les zones infestées par les termites.

SWISS KRONO SAS, Route de Cerdon, F-45600, Sully-Sur-Loire, +33(0)2 38 37 37 37
Nos fiches techniques et certificats sont consultables sur : **www.swisskrono.com/fr**

L'habitat
bas carbone
pour tous



La qualité industrialisée

- Production hors-site **industrialisée**
- Finitions **100%** en fabrique
- **Sans aléas et défauts** à la livraison

Une offre complète de solutions TH







Crédit illustration - moonarchitectures







techno PIEUX







SUPPORTE TOUS VOS PROJETS

FONDATIONS SUR PIEUX VISSÉS

- **SIMPLE ET RAPIDE**
- **AUCUNE EXCAVATION**
- **FAIBLE EMPREINTE ÉCOLOGIQUE**
- **SERVICE D'INGÉNIERIE**
- **CONFORME AUX NORMES**

LES PIEUX VISSÉS TECHNO PIEUX SONT GARANTIS ET CERTIFIÉS.

06 34 61 21 72 | INFO.NANCY@TECHNOPIEUX.FR

AVIS TECHNIQUE CCFAT

ISO 9001 BUREAU VERITAS Certification

CE



Terlian
Bâtir
avec la terre

Terlian Mur Préfa Bois

LE MUR AUGMENTÉ
POUR CONSTRUIRE PLUS DURABLE

**Solution préfabriquée hors site
à destination des constructeurs,
simple et rapide à mettre en œuvre,
pour un habitat RE2020.**

À découvrir
stand
D17

D&B

POINT.P
VOTRE RÉUSSITE COMMENCE ICI

türmerleim

Experience in Adhesives



Türmerleim GmbH
Arnulfstraße 43
D-67061 Ludwigshafen am Rhein
Allemagne
Téléphone : +49 (0) 621 56 107-0
Courriel : info@tuermerleim.de

Türmerleim AG
Hauptstrasse 15
CH-4102 Binningen
Suisse
Téléphone : +41 (0) 61 271 21 66
Courriel : info@tuermerleim.ch

Vous trouverez de plus amples informations sur nos colles pour l'industrie de transformation du bois ainsi que tous les interlocuteurs ici :

www.tuermerleim.de

ubbink

Build smart.



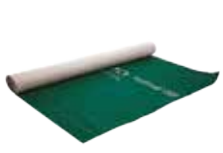
L'EXPERTISE ET LE SAVOIR-FAIRE

LE SPÉCIALISTE DE LA PROTECTION DE L'ENVELOPPE DES CONSTRUCTIONS À OSSATURE BOIS

UBBINK, L'EXPERT DE L'ENVELOPPE DU BÂTIMENT

Pour chaque besoin, Ubbink propose une gamme complète permettant de traiter efficacement l'étanchéité à l'air, l'étanchéité à l'eau et la ventilation de la structure. Des produits certifiés et des solutions pour toutes les configurations (façade, toit en pente et toit plat).





Écrans pare-pluie Multivap®



Membranes pare-vapeur Protec'Vap®



Manchons d'étanchéité pour câbles/ conduits traversants



Bandes adhésives certifiées CTB par FCBA

Tous nos produits sont : conformes aux DTU en vigueur

Ubbink France @ ubbink@ubbink.fr • www.ubbink.com/fr

BÂTIMENT

valobat

ICI

Vos déchets de chantier commencent leur *Nouvelle vie !*

Valobat, l'éco-organisme agréé sur la filière REP PMCB, propose 3 solutions de reprise sans frais* des déchets triés du bâtiment :

Collecte en point de reprise avec Valodéôt pour les chantiers générant **moins de 50m³ de déchets**

Téléchargez Valodépôt



Collecte sur chantier lorsque ces derniers génèrent **plus de 50m³ de déchets**

Collecte en entrepôt pour les entreprises pouvant massifier leurs déchets de chantier au sein de leur entrepôt

Adhérez dès maintenant !

*La collecte des déchets triés du bâtiment sans frais est **financée grâce aux éco-contributions reversées par les metteurs sur le marché de produits et Matériaux de construction du Bâtiment (PMCB).** Vous fabriquez, importez ou vendez à votre marque des produits de construction ? **Adhérez dès maintenant à Valobat !***

www.valobat.fr

L'hybride Bois/Béton de Chanvre

Construction hors site de bâtiment bas carbone à haute valeur d'usage

Présentation Générale

WALL'UP est issue des synergies des collectifs des filières bois/chanvre en île de France, conscients qu'une réponse commune aux enjeux de la préfabrication biosourcée répondait d'une part au marché actuel et à venir de la construction, mais également qu'elle consolidait les débouchés des ressources extraites sur le territoire francilien. Pour émerger, l'entreprise s'est appuyée sur la connaissance de ses fondateurs, liant expertise de la construction bois et expérience de la culture et de la transformation du chanvre.

Active depuis la mi-Juillet 2021 Wall'up a pour objectif de production de 70 000 m² de façades/an et la possibilité de fonctionner en 3/8. En bref, wall'up détient toutes les clés pour répondre et fournir des marchés d'envergures (logement collectif, ERP ...).



Description du produit

Le panneau Wall'up en bref,

WALL'UP c'est un panneau préfabriqué ultra performant sur base ossature bois et isolée de béton de chanvre. Le béton de chanvre est un matériau de construction isolant composé de chènevotte et de chaux aérienne. Utilisable selon la demande en tant que mur, caisson de toiture ou encore caisson de plancher. Sans aucune limite de format, notre étude s'adapte au calepinage architectural des différents projets.



Le chanvre, RSE par nature

La préfabrication Wall'up Préfa apporte également une réponse aux enjeux environnementaux et sociaux :

- Culture sans intrants ni pesticides, ne nécessite pas d'irrigation
- Défibrage sans produits chimiques
- Planté/récolté à 30kms en moyenne de la chanvrière
- Stockage $C0^2$ (1ha de chanvre stocke 15T de $C0^2$)
- Absence de déchet de production
- Réindustrialisation du territoire
- Fixation d'un savoir-faire d'excellence
- Confort et sécurité des salariés et des sous-traitants

WALL'UP PREFA -RD 402 Bellevue - 77120 AULNOY
contact@wallup.fr

S.A.S au capital de 1 689 335 € - R.C.S Meaux 851 454 926 -APE 7112B – TVA : FR 61 851 454 926

WOODENHA

BIME®

Procédé exclusif d'ignifugation
des bardages extérieurs en bois

Résidence M. Duras - Saint-Denis (93)
Douglas ignifugé BIME® Euroclasse B
Architectes : A. Roubaud & Antonini-Darmon
Photo : Luc Boegly

Ignipli®

Panneau 3 plis massifs perforés
ignifugés Euroclasse B

Hôtel d'entreprises - Paris 18ème
Ignipli® épicéa perforé, ignifugé et vernis
Architectes : AZC I Photo : S. Grazia

woodenha.com

FABRIQUÉ EN FRANCE

La FRENCH FAB

Fédération Nationale sapeurs-pompiers de France

GTFI



woodsurfer

LE FORUM DU BOIS ET DE LA CONSTRUCTION

woodsurfer, VÉRITABLE PARTENAIRE DE LA FILIÈRE FORÊT-BOIS-CONSTRUCTION, PERMET D'APPRÉHENDER TOUS LES ENJEUX LIÉS À L'UTILISATION DU BOIS DANS LE BÂTIMENT



actualités



Chantier bois de A à Z



marché



nouveautés



Tous les deux mois, Wood Surfer vous apporte les réponses aux questions que vous vous posez.

Abonnez-vous sur www.woodsurfer.com

ÉDITIONS DES HALLES



xylo met à votre service sa manufacture de préfabrication bois, équipée des dernières technologies d'usinage : une ligne entièrement numérisée et le savoir-faire qui l'accompagne permettent une précision des éléments préfabriqués hors du commun.

Notre philosophie nous amène à nous positionner exclusivement comme fabricant afin d'accompagner tous les types d'acteurs, du charpentier à l'architecte et du contractant général au promoteur-constructeur.

Nous offrons la synergie d'un matériau millénaire, d'un savoir-faire centenaire et de la technologie du futur.

100% fabricant

charpente
éléments préfabriqués
usinage complexe

xylo
by andré sa