



Bois, paille, terre, chanvre & Cie

Des matériaux d'avenir

Partenariat Lignum – Matilda, la matériauthèque

Cette brochure est le fruit d'un partenariat LIGNUM – MATILDA. Elle propose des solutions alternatives et bas carbone en présentant des réalisations visant une meilleure gestion des ressources. Elle a pour objectif de relayer des solutions pionnières en soulignant l'importance de la créativité et de l'expérimentation. L'interface entre bois et paille, ou entre bois et terre est encore marginale pour beaucoup d'acteurs de la filière bois. Susciter l'envie d'en savoir plus pourrait être le début d'une longue histoire. Nous sommes fiers d'y contribuer en apportant nos connaissances et nos valeurs.

L'association **MATILDA** a pour mission d'apporter une connaissance approfondie des matériaux et de leur mise en œuvre par la création d'une **matériauthèque**. Des solutions de niche innovantes et émergentes sont confrontées à des produits industriels présents depuis plus longtemps. En attendant que l'espace d'exposition prenne forme, avec ses échantillons et ses mock-ups, les initiateurs, tous professionnels du secteur de la construction, organisent des événements qui questionnent les matériaux de construction sous l'angle du climat et de l'énergie. Des retours d'expérience donnent la parole aux planificateurs et aux entreprises. Devenir membre, c'est adhérer à une communauté active et engagée en faveur de la neutralité climatique.

MATILDA, La matériauthèque
www.materiautheque.ch
021 543 43 60

Lignum, économie suisse du bois, est l'organisation faîtière de l'économie suisse de la forêt et du bois et réunit toutes les associations et organisations importantes de la filière, les instituts de recherche et de formation, les corporations publiques ainsi qu'un grand nombre d'architectes et d'ingénieurs.

Elle offre à ses adhérents le **Lignatec**, un bulletin périodique traitant de thèmes techniques sur la construction en bois, du matériau bois et de ses dérivés. Rédigé par des experts et des scientifiques, chaque numéro aborde un thème d'actualité.

Le **Bulletin bois**, cahier trimestriel, présente des réalisations récentes et démontre l'éventail des possibilités proposées aux architectes par la construction en bois. Il est offert aux adhérents.

Cedotec – Office romand de Lignum
Chemin de Budron H6 – CP 113
1052 Le Mont-sur-Lausanne
www.lignum.ch
Hotline, service technique 021 652 62 22

Sommaire

Introduction

Éditorial – Le pouvoir émotionnel du bois, de la terre et des fibres naturelles _____	4
Bio ou géosourcés, de quoi s'agit-il? _____	5
Bio ou géosourcés, quel impact pour le bâtiment? _	6
Plus-value environnementale _____	6
Moins chauffer et moins dépenser d'énergie grise _____	6
Des solutions aux multiples avantages _____	7
Isolation biosourcée _____	7
Structure biosourcée : le bois en chef de file _____	8
Terre et pierre _____	8
Enduits à base de matériaux naturels _____	8
Vers le développement des filières bio et géosourcées _____	9
Capacité de production _____	9
Ces produits amènent les mêmes fonctions _____	9
Coûts initiaux _____	9
Des solutions éprouvées _____	10

Réalisations

Hangar pour l'entretien des stades des Arbères, Meyrin (GE) _	12
Transformation d'une villa jumelle, St-Légier-La Chiésaz (VD) _	14
Immeuble plurifamilial, La Tour-de-Peilz (VD) _____	16
Maison à la Capite, Vézenaz (GE) _____	18
Transformation bât. agricoles en logements, Chouilly (GE) _	20
Maison de l'environnement (MEV), Lausanne (VD) _____	22
Maison Hennemann-Theurillat, Delémont (JU) _____	24
« La Recette », transformation d'un rural, Chavornay (VD) _	26
Maison Madame T, Valangin (JU) _____	28
Transformation de l'orangerie d'un château (FR) _____	30
Maison KREIS, projet de recherche, Feldbach (ZH) _____	32
Réaffectation d'un dépôt de tramways, Bâle (BS) _____	34
Halle aux herbes Ricola, Laufon (BL) _____	36
La maison vivante, Murist (FR) _____	38
Ecopolis, Les Plaines-du-Loup, Lausanne (VD) _____	40
Ensemble bâti « Im Vogelsang », Nänikon (ZH) _____	42
Gymnase Hacine-Cherifi, Rillieux-la-Pape (F) _____	44
Tane Garden House, Vitra Campus, Weil am Rhein (D) ___	46

Éditorial – Le pouvoir émotionnel du bois, de la terre et des fibres naturelles

L'excellent bilan écologique d'une construction associant bois et fibres végétales est indéniable. Ces prochaines années, la pression pour réduire l'empreinte environnementale du bâti amènera de plus en plus d'acteurs à se pencher sur un panel de matériaux peu transformés. Parmi ceux-ci, les isolants issus de plantes participeront à la rénovation énergétique du bâti existant. Paille, chanvre, lin, liège, herbe, roseaux, etc. proviennent de coproduits agricoles ou sont récoltés hors zones cultivées. Ces matières biosourcées ne concurrenceront en aucune manière l'auto-suffisance alimentaire, même si leur développement s'amplifie.

Pour la plupart, elles étaient déjà largement employées et sont d'ailleurs encore visibles sur d'anciennes bâtisses. Autrefois, l'habitat était intimement lié à son environnement naturel, aux ressources disponibles et aux savoir-faire associés, avant que les particularismes régionaux ne soient effacés par la globalisation.

Aujourd'hui, une construction contemporaine en bois associée à des fibres naturelles réenracine l'humain, elle le reconnecte durablement au vivant et le détourne d'une vaine opposition entre culture et nature.

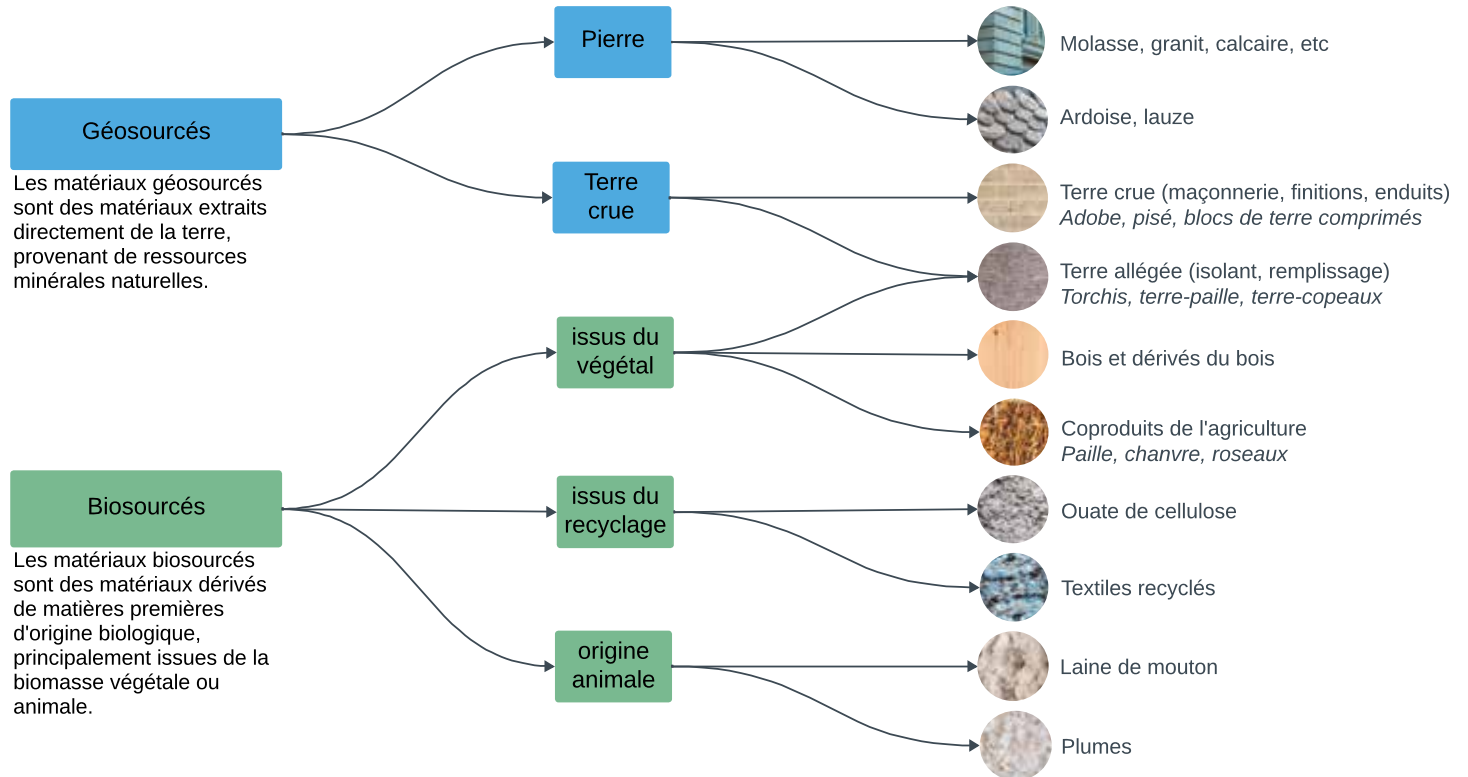
Les matières naturelles possèdent un atout indéniable, elles sont perspirantes. Sous forme d'isolation, elles laissent la vapeur d'eau migrer de l'intérieur vers l'extérieur. Par cette qualité, elles génèrent un confort hygrothermique et offrent un meilleur climat (la condensation hivernale dégage de la chaleur, l'évaporation estivale en pré-lève), limitant l'importance de la technique dans le bâtiment, libérant de l'espace et abaissant l'énergie grise. Et lorsque la construction en solution biosourcée intègre également de la terre crue, l'effet s'en trouve amplifié. La terre d'excavation récupérée sur le site peut être mélangée directement à la fibre de paille, comme c'est le cas pour les parois en torchis érigées dans la coo-

pérative d'habitation Ecopolis présentée en page 40.

Autre procédé, des briques de terre comprimées forment des cloisons de séparation, un produit proposé industriellement depuis 2011 en Suisse, visibles dans plusieurs des projets retenus. Au-delà de tout attrait expressif, la terre est un matériau complémentaire au bois. Elle dissipe par sa masse les énergies thermiques et acoustiques et comme ce dernier, régule l'hygrométrie. La multiplicité des mises en œuvre, terre compactée, empilée ou coulée, offre une multiplicité d'esthétiques qui est encore à explorer. Façonnée avec les mains, l'empreinte des doigts se fige dans la matière, lui donnant une âme et un relief. Le pouvoir émotionnel des matériaux biosourcés et géosourcés pourra-t-il réenchanter le monde ?

Audanne Comment

Bio ou géosourcés, de quoi s'agit-il?



Bio ou géosourcés, quel impact pour le bâtiment?

Plus-value environnementale

Ces matériaux ont en général un très bon écobilan avec très peu d'énergie nécessaire pour leur transformation en matériau de construction. De plus, les matériaux organiques et renouvelables captent le carbone du CO₂ lors de leur croissance par photosynthèse. C'est ce qu'on appelle le carbone biogénique. Ainsi, utilisés comme matériaux de construction, les biosourcés continuent à stocker le carbone du CO₂. Les bâtiments font alors office de « puits de carbone ». S'il faut à l'arbre une centaine d'années en moyenne pour atteindre une taille adulte, d'autres matériaux comme le chanvre, le lin ou la paille, présentant une récolte annuelle voire semestrielle, offrent un bilan encore plus favorable.

Moins chauffer et moins dépenser d'énergie grise

Dans le cas particulier des isolants, les besoins en énergie grise augmentent proportionnellement à leur épaisseur.

Parallèlement, cela a pour effet que les pertes de chaleur par transmission à travers l'enveloppe diminuent. Le résultat bénéfique est une réduction des besoins en énergie de chauffage. Il est donc très intéressant de comparer les gains énergétiques réalisés sur le chauffage avec la dépense énergétique en énergie grise

due à la fabrication d'un isolant donné. Le graphique de l'OFEN sur la figure 1 montre que la dépense totale d'énergie augmente à nouveau à partir d'une certaine épaisseur optimale d'isolant (environ 16-18 cm pour le verre cellulaire, 20-22 cm pour l'EPS et plus de 40 cm pour la ouate de cellulose).

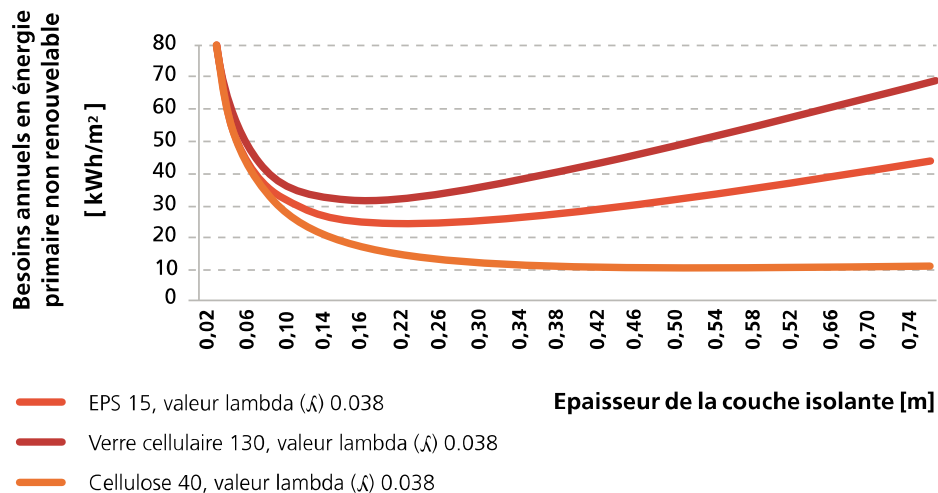


Figure 1: SuisseEnergie, Office fédéral de l'énergie OFEN

Des solutions aux multiples avantages

Les matériaux isolants nécessitant peu d'énergie grise pour leur fabrication peuvent être mis en œuvre avec des épaisseurs plus importantes que les matériaux demandant beaucoup d'énergie grise. Au passage, soulignons que l'optimum est atteint aux alentours de 17 cm pour des isolants issus de la pétrochimie, ce qui correspond à une épaisseur légèrement moins performantes que celles prônées dans la SIA 380/1 2016, avec une valeur limite de $U < 0.17 \text{ W/m}^2\text{K}$ pour les performances ponctuelles, soit 20 cm d'épaisseur pour ce type d'isolant. Au-delà de l'optimum, l'impact carbone global se trouve augmenté.

À l'inverse, pour des isolants minéraux et biosourcés, l'impact carbone continue de diminuer, même avec plus d'épaisseur. Cependant, avec 40 cm d'épaisseur de ce type d'isolant, on se situe au-delà de $0.1 \text{ W/m}^2\text{K}$ (correspondant à Minerergie-P), et l'avantage tend vers zéro.

<https://pubdb.bfe.admin.ch/fr/publication/download/8720>

Isolation biosourcée

Limiter l'énergie grise nécessaire à la fabrication des matériaux constituerait un pas de plus pour réduire notre dépendance aux énergies fossiles. Ainsi, les isolants biosourcés apportent une solution

d'avenir à cette problématique. Ils offrent un optimum très intéressant entre gain énergétique et dépense liée à leur fabrication. De plus, cet optimum est obtenu pour des épaisseurs d'isolant qui correspondent aux valeurs d'isolation thermique exigées dans les normes actuelles.

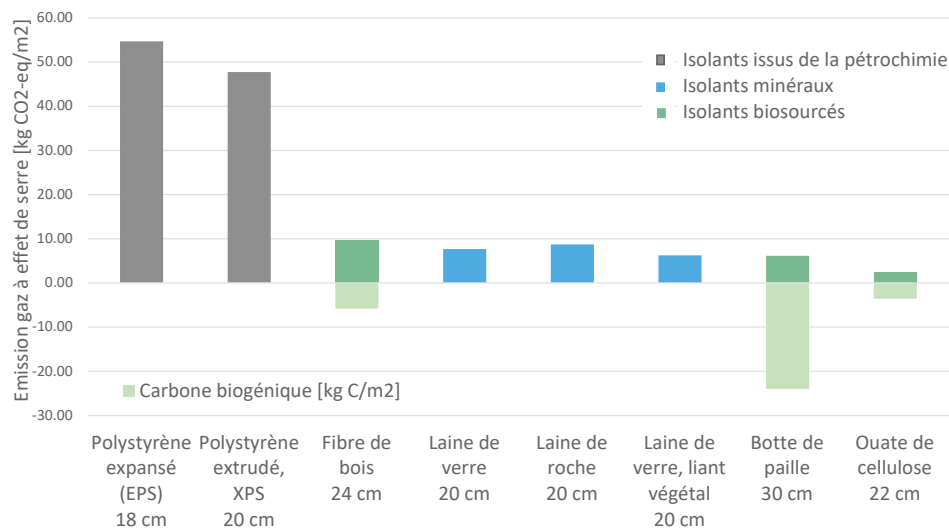


Figure 2: Comparaison des émissions de gaz à effet de serre et du carbone biogénique stocké/m² de paroi pour plusieurs isolants. Calculs réalisés pour une valeur U de 0.17 W/m²K, avec les épaisseurs du commerce, les données KBOB 2022 et l'adaptation des densités selon les usages.

Structure biosourcée : le bois en chef de file

Le bois est devenu bien plus qu'une ressource de proximité, naturelle et renouvelable. Ce matériau s'est transformé en un éventail de produits standardisés, performants et éprouvés, dont les qualités physiques et structurelles ont été aujourd'hui optimisées. Ainsi, les produits de grandes dimensions, comme les panneaux collés CLT ou OSB, ont ouvert de nouveaux marchés, disputant au béton sa prédominance.

Terre et pierre

De nombreux matériaux sont issus de notre sous-sol. Dans un contexte visant

une plus grande sobriété, la pierre taillée possède de réels atouts : elle ne subit pas de lourds processus industriels avant sa mise en œuvre et peut être employée de manière massive et structurelle, offrant une simplicité constructive inégalée. Ces constructions tirent potentiellement parti des ressources de proximité, réduisant ainsi les coûts de transport et minimisant l'empreinte carbone. Elles offrent une esthétique unique et s'intègrent parfaitement dans le paysage mais nécessitent de se réapproprier technique et savoir-faire.

40 à 60 millions de tonnes de terres excavées sont produites annuellement à l'échelle du pays. Ces déchets sont évacués et transportés parfois sur de lon-

gues distances. Pourtant, ils pourraient être facilement valorisés directement sur le chantier, devenant une ressource et adoptant différentes formes. Source : www.terraterre.ch

La terre peut par exemple se combiner, que ce soit en combinaison avec des fibres végétales comme le torchis ou être transformée en blocs de terre comprimée (BTC).

Enduits à base de matériaux naturels

Les enduits traditionnels peuvent être composés de matériaux naturels tels que la terre crue, l'argile, la chaux ou le chanvre. Ces matériaux sont respirants, régulent l'humidité et offrent des avantages en termes de durabilité, de confort et de performance thermique.

Grâce à leur capacité de sorption, les enduits en terre crue lissent les fluctuations d'humidité de l'air intérieur. L'inertie de la masse de terre ainsi que la régulation hygrothermique de l'air

Séquestration

La forêt capte le CO₂ de l'atmosphère par la photosynthèse.

Stockage

Le carbone reste stocké dans les produits bois utilisés alors que de la matière première se renouvelle naturellement en permanence.

Substitution

L'utilisation du bois en substitution à d'autres matériaux plus énergivores en énergies fossiles renforce la préservation des ressources et du climat.

Les trois prestations climatiques des forêts et du bois, appelées les « trois S ».

Vers le développement des filières bio et géosourcées



Immeuble pierre et bois la Coulouvrenière, Genève
(© Atelier Archiplein – Leo Fabrizio)

contribuent à réduire les écarts de température et contribuent significativement au confort d'été.

Capacité de production

La part des matériaux biosourcés dans la construction, que ce soit en structure ou



Mur en béton de chanvre avant enduit Maison Hennemann-Theurillat, Delémont (© Atelier Hennemann Kamber)

en isolation, continue d'être faible, alors qu'ils sont pour la plupart disponibles en quantité. Il s'agit des coproduits de la foresterie ou de l'agriculture, dont l'utilisation dans le bâtiment ne met en aucun cas en péril les fonctions de la forêt ou la sécurité alimentaire.

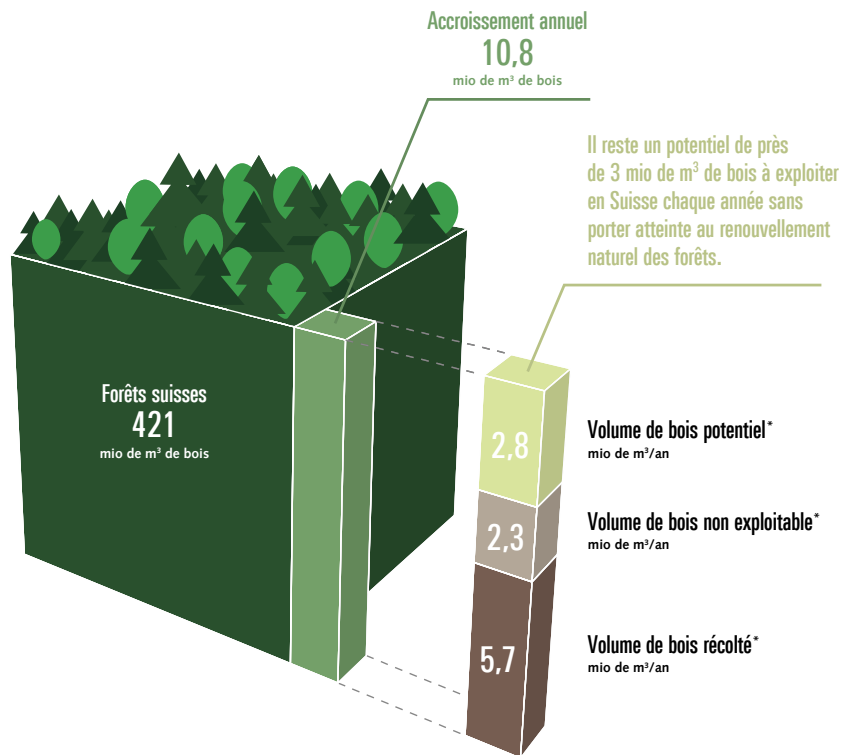
Ces produits amènent les mêmes fonctions

L'industrie de la construction a souvent été conservatrice, préférant rester fidèle aux matériaux traditionnels dont l'utilisa-

tion est établie et les propriétés testées. Il peut être difficile de changer les pratiques existantes mais facile de se réfugier derrière une absence normative sans considérer l'état de la technique. Les produits biosourcés mis sur le marché sont majoritairement développés afin de se substituer à leurs équivalents non biosourcés et sont donc conçus pour répondre aux mêmes caractéristiques fonctionnelles, voire en amener de nouvelles. La recherche, le développement et les tests pratiqués en amont de leur commercialisation permet d'assurer les propriétés techniques avant leur mise sur le marché.

Coûts initiaux

Il est souvent nécessaire de comparer au cas par cas et préférer une analyse multicritères et globale. Avec l'augmentation récente des coûts de l'énergie, une laine d'herbe est devenue aussi concurrentielle qu'une laine de pierre par exemple. Par ailleurs, la préfabrication pourrait faire gagner en compétitivité ces matériaux en diminuant l'impact de la main-d'œuvre.



Représentation des volumes de bois dans les forêts suisses. *Valeurs et facteurs d'adaptation des volumes selon *Annuaire La forêt et le bois 2021* OFEV (Schéma: Cedotec / cadwork®, graphisme Valérie Bovay)

Des solutions éprouvées

De plus en plus de produits à base de biosourcé arrivent sur le marché, possèdent des fiches techniques détaillées et peuvent être préfabriqués. L'organisation et le regroupement progressif des professionnels spécialisés dans des filières bio ou géosourcées va permettre la mise à disposition de formations et améliorer la connaissance des règles professionnelles.

La filière bois est quant à elle active depuis de nombreuses années et structurée à travers, entre autres, l'association Lignum. www.lignum.ch



Modules préfabriqués bois/paille EcoCocon (© SHIFT)

D'où viennent les matériaux avec lesquels nous construisons? Quels processus industriels ont-ils subi? Ont-ils une longue durée de vie? Sont-ils faciles à réemployer, réutiliser, voire à recycler?

Autant de questions auxquelles il conviendra désormais de répondre. À l'heure où les défis sociétaux n'ont jamais été aussi grands – réchauffement climatique, ressources limitées et dégradation de l'environnement – les usages dans la construction pourraient rapidement évoluer.

Heureusement, la conscience croissante des enjeux environnementaux, l'innovation technologique et les efforts pour promouvoir le développement durable conduisent à la redécouverte des propriétés uniques des matériaux biosourcés. Des changements réglementaires, des incitations financières et une meilleure sensibilisation contribueront sans aucun doute à une adoption plus large de ces matériaux auprès de tous les acteurs.



ECO-46 en chantier: pose des bottes de paille.



ECO-46, une construction qui abrite l'administration des parcs et domaines de la Ville de Lausanne. De l'extérieur, rien ne la différencie visuellement des autres bâtisses, malgré une construction en bottes de paille porteuse. (© 2014 Noé Cauderay)

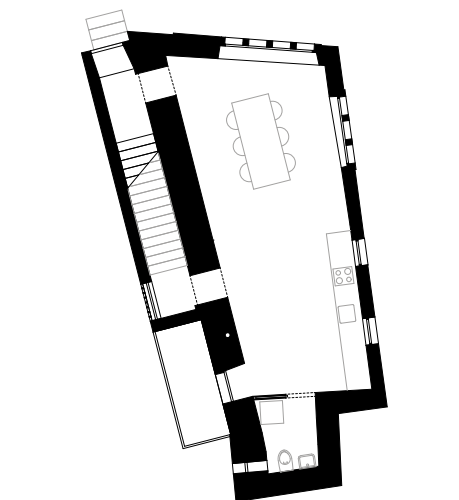


L'entreprise Terrabloc récupère des déblais d'excavation terreux issus de différents chantiers, évitant leur mise en décharge. Elle les transforme en blocs de terre compressée stabilisée. (© Atelier Hennemann Kamber)

Maison Madame T, Valangin



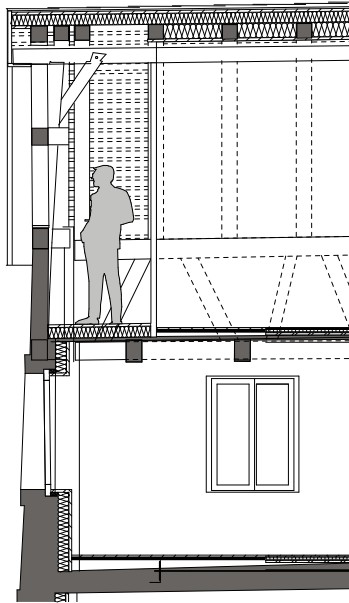
© Serge Crard



Plan

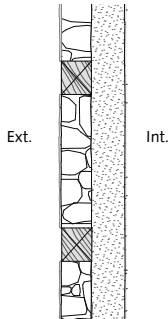


Volume bâti SIA 416	624 (existant)
	+ 78 (extension) = 702 m ³
Surface de plancher SIA 416	228 m ²
Coûts CFC 1-9	CHF 940 000.– HT
Coûts CFC 2	CHF 845 000.– HT
Prix/m ³ SIA 416 (CFC 2)	CHF 1 200.– HT
Prix/m ² SIA 416 (CFC 2)	CHF 3 700.– HT
Mandat	direct
Durée et fin des travaux	22 mois – novembre 2019



Paroi extérieure en colombage

- enduit minéral rustique 10 mm (sauf colombages)
- colombage sapin du XVI^e siècle ~180 x 200 mm / appareillage tuf et pierre existant ~180 mm
- isolation chaux-chanvre 200 mm
- crépi à la chaux 10 mm

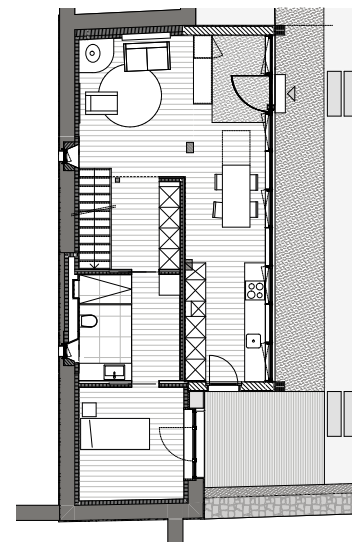


Détail constructif

Face à la Collégiale du Vieux-Bourg de Valangin, la bâtisse classée du XVI^e siècle marque l'accès du Vieux-Bourg. Pour sa reconversion, son propriétaire, sensible à l'écologie et aux techniques anciennes, s'est entouré d'artisans qui ont travaillé en collaboration avec le Service des bâtiments historiques. Des méthodes constructives ancestrales et naturelles telles que le crépi de chaux, l'isolation en chanvre et le bois naturel sans couche de protection ont été utilisées. Ainsi, le colombage et la charpente ont été mis à nu, restaurés, consolidés et les ouvertures requalifiées sans altérer l'existant. La circulation verticale a été replacée à l'extérieur, comme à son origine, faisant bénéficier l'intérieur de toute la surface disponible. Les essences d'épicéa/sapin et chêne sont régionales. L'intervention générale revitalise la bâtisse tout en restant simple, modeste et authentique.

Lieu Pl. de la Collégiale 3, Valangin (NE) **Maître d'ouvrage** Luc & Camille Rollier, Boudevilliers **Architecte** maison d'art'chitecture serge grand sa, Fenin **Ing. civil** Pascal Stirnemann SA, Couvet **Entreprises** ADR, Fontaines (toiture); Liabeuf & Gerussi, Cernier (structure, annexe); Pittet Artisans Sàrl, Chavannes-sur-Moudon (chaux-chanvre) **Matériaux** Sapin: structure réutilisée; BLC, trois plis; épicéa: cage escalier; chêne: parquet, marches; chaux-chanvre: isolation

Transformation de l'orangerie d'un château, canton de Fribourg



Plan



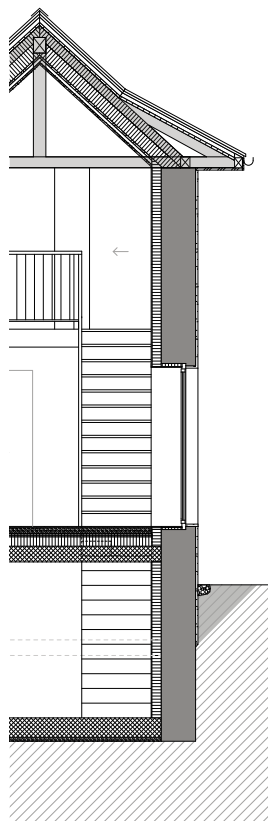
Volume bâti SIA 416	755 m ³
Surface de plancher SIA 416	90 m ²
Volume de bois	7 m ³
Coûts CFC 1-9	CHF 1,1 millions TTC
Coûts CFC 2	CHF 1 million TTC
Prix/m ³ SIA 416 (CFC 2)	CHF 1325.– TTC
Mandat	direct
Durée et fin des travaux	14 mois – juin 2022

Toiture

- Tuile terre cuite 30 mm
- Contre-lattage bois 30 mm
- Lattage bois 50 mm
- Lambris 30 mm
- Isolation fibres de cellulose 310 mm
- Panneau OSB 22 mm
- Plafond chauffant 25 mm
- Plaque de plâtre 12.5 mm

Paroi extérieure

- Crépi intérieur à la chaux 5 mm
- Isolation projetée chaux-chaivre 120 mm
- Maçonnerie de moellons (exist.) 440 mm
- Crépi 30 mm



La transformation de l'ancienne orangerie du château sert à lui redonner sa matérialité et son volume d'origine. La maçonnerie a été recrée et une verrière réalisée selon les détails d'origine mais avec une performance actuelle. Une boîte en bois, insérée dans le volume, accueille une salle de bain et des armoires au rez-de-chaussée. À l'étage, une mezzanine offre une seconde chambre et un bureau. Le séjour et la cuisine prennent place dans l'espace en double hauteur. Pour isoler les murs, une isolation chaux-chaivre a été projetée sur les moellons. Cette mise en œuvre efficace a permis de combler facilement les irrégularités du support. En finition, des crépis à la chaux aux teintes naturelles contrastent harmonieusement avec les poutres en bois d'origine et les parquets en chêne huilés, conférant à l'ensemble une certaine élégance.

Lieu Confidentiel (FR) **Maître d'ouvrage** Privé
Architecte Lutz Architectes, Givisiez **Ingénieur civil** DMA Ingénieurs SA, Fribourg **Entreprises** Vonlanthen Holzbau AG, Schmitten (construction bois); Pittet Artisans, Chavannes-sur-Moudon (chaux-chaivre) **Matériaux** Sapin: massif (lattage, lambris), BLC (structure), OSB (toiture); Douglas (bardage)

Brochure N° 28 – décembre 2023



Éditeur
Lignum, Économie suisse du bois
Office romand
Le Mont-sur-Lausanne

Conception et rédaction
Ariane Joyet et Lucie Mérigeaux,
Cedotec-Lignum
Le Mont-sur-Lausanne

Mise en page
Valérie Bovay, Yverdon-les-Bains

Impression
Impression Groux Arts Graphiques SA,
Le Mont-sur-Lausanne

Couverture
Halle aux herbes Ricola, Laufon.
Architectes : Herzog & de Meuron Ltd, Bâle



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de l'environnement OFEV
Plan d'action bois

Cette brochure a été réalisée avec l'aide
de l'Office fédéral de l'environnement OFEV
dans le cadre du plan d'action bois.

© Markus Bühler-Rasom



Lignum Économie suisse du bois – www.lignum.ch

Cedotec Centre dendrotechnique – www.cedotec.ch

Matilda La matériauthèque – www.materiatheque.ch

