

# HORS SÉRIE

Transition climatique et  
énergétique : matériaux  
de construction  
2<sup>e</sup> partie : le tournant

EDITORIAL	
Transposer les archétypes	3
SYNTHÈSE	4
Démesure, mesure, sur-mesure	
ÉCONOMIE CIRCULAIRE DANS LA CONSTRUCTION	6
Boucler la boucle pour la planète	
ÉCONOMIE CIRCULAIRE DANS LA CONSTRUCTION	8
Réemploi chez le fabricant	
Magali Nieto, Clestra Hausermann SA « Nous privilégions la récupération par rapport au recyclage »	
CONSTRUIRE AUTREMENT	10
Chantier du centre de formation des métiers de la construction à Échallens	
Réemploi, durabilité et éthique sociale	
CONSTRUIRE AUTREMENT	13
Atelier en molasse	
A la redécouverte des vertus de la pierre	
CONSTRUIRE AUTREMENT	14
Maison rurale	
L'efficace retour aux sources	
CONSTRUIRE AUTREMENT	17
Nouveaux matériaux et procédés	
Conjuguer les acquis et le futur	
RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT	20
Karen Scrivener, EPFL	
« Le LC3 pourrait remplacer la moitié du ciment Portland »	
RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT	22
Élise Bérodiér, Freyssinet SA	
« Il est nécessaire de créer une discipline pour la prévention en amont de la dégradation du béton »	
RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT	25
Réemploi	
Une passerelle en blocs de béton de réemploi	
RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT	26
Frédéric Pichelin, Haute école spécialisée bernoise, BFH, Bienne	
« Nous serons de plus en plus interdisciplinaires »	
FORMATION	30
Besoins futurs	
Le changement est en marche	
LITTÉRATURE, COURS ET CONFÉRENCES	
IMPRESSUM	34





JEAN-MARC DEMIERRE  
PRÉSIDENT  
FÉDÉRATION VAUDOISE DES  
ENTREPRENEURS

#### TRANSPOSER LES ARCHÉTYPES

Aujourd'hui, à l'image d'un ricochet dans l'eau, l'urgence climatique percute l'humanité de ses ressacs thermiques. Le monde entier s'interroge ; nous nous interrogeons : les prévisions des climatologues sont alarmistes, les médias, les réseaux sociaux, le monde politique s'en sont emparés. Face à cette effervescence de « news » et « fake-news », face aux désillusions et aux espoirs de la jeunesse, face à l'arbitraire des climato-sceptiques, on nous demande de rétropédaler, là, maintenant, urgemment. Les scientifiques multiplient les innovations dans le but de limiter le réchauffement, pour que la société à 2000 Watts que l'on nous propose soit vivable, et que l'économie circulaire, qui n'est autre qu'un retour au bon sens, remplace l'exacerbation consumériste du libéralisme occidental. Pendant ce temps, sur la corde raide des déséquilibres mondiaux, les pays pauvres souffrent de nos abus, paradoxalement en rêvant d'accéder à notre luxe superfétatoire.

Dans le secteur de la construction, ce sont les maîtres d'ouvrage, les architectes et les ingénieurs qui portent la responsabilité de concevoir des réalisations à faible empreinte écologique, et les urbanistes qui assument la configuration de nos territoires. Nos entreprises, elles, sont les exécutantes. Ce faisant, nous sommes mis au pied du mur avec un discours simpliste opposant par exemple ce bois vertueux à ce sale béton. La priorité est ailleurs, d'autant que les lois de la physique et de la chimie contredisent de tels a priori, qui mettent par ailleurs en danger de larges pans de nos activités.

Par-dessus tout, le législateur doit réviser rapidement le cadre légal ainsi que les normes afin que les constructeurs puissent bâtir plus local, éco-logiquement, sereinement, économiquement, dès demain. Et pour mieux faire encore, il faut un consensus entre tous les intervenants de la construction, sur des processus circulaires qui restent à imaginer. Plus de dialogue, plus de pluridisciplinarité, plus de transversalité, plus de créativité : décroisonnons nos modes de pensée et d'agir, tout en formant une relève digne des défis qui l'attendent.

### Démasure, mesure, sur-mesure

Huit milliards d'habitants peuplent aujourd'hui la Terre, dont plus de la moitié vivent en Asie. Selon les prévisions moyennes de l'ONU, nous serons 10 milliards en 2050, l'Afrique étant le continent le plus dynamique démographiquement. Ces chiffres à eux seuls révèlent l'ampleur des besoins vitaux auxquels il faudra répondre, alors que maintenant déjà, des humains manquent d'eau et de nourriture, subissent des aléas climatiques sans précédent, n'ont pas de toit pour s'abriter.

L'Occident des nantis que nous sommes, en comparaison avec les oubliés de la croissance économique, balance entre deux extrêmes: l'ouverture prodigue de ses frontières ou le rejet drastique des flux de migrants économiques, climatiques et de ceux que la guerre chasse de leur terre. Tout cela dans un contexte de crise environnementale et énergétique qui exacerbe les déséquilibres mondiaux.

Si pendant longtemps on a pensé que la prospérité économique pouvait justifier la suprématie géopolitique des grandes puissances – le modèle américain a fait long feu –, force est de constater, de nos jours, que le poids démographique des pays en voie de développement nous paraît être une menace pour notre propre bonheur de vie. Parce que ce « tiers-monde » devenu « moitié-du-monde » émerge de plus en plus bruyamment, qu'il doit se prendre en mains, sans en avoir les moyens – hormis la Chine –, pour combler son retard. Défi exorbitant pour lui, pour nous aussi, les Occidentaux.

Cela amène un premier postulat : nous devons partager nos ressources, par nécessité, si l'on veut que les efforts que nous devons faire pour préserver notre planète soient répartis entre tous, que chacun se sente concerné et puisse en profiter. Il est vain de viser un réchauffement de 1.5° seulement tandis que les pays émergents continuent à travailler au pétrole et au charbon par manque d'infrastructures ou par immaturité démocratique – le pétrole représente encore à l'heure actuelle 90 % des sources d'énergie sur terre. D'autant plus si personne, chez nous, ne veut d'éolienne dans son jardin ou n'aime les panneaux photovoltaïques sur les toits de son village, à ce point d'ailleurs, que le nucléaire est en train de se refaire une virginité, la guerre en Ukraine l'y aidant aussi. Sur la scène internationale, les gouvernements se rencontrent, co-signent des déclarations de bonnes

intentions, budgets colossaux à l'appui, mais peu ou pas tenus. Vu de loin, les choses n'avancent donc pas beaucoup, ni vite. Or, la transition mondiale vers une économie à faible émission de carbone requiert des investissements d'au moins 4 à 6 billions de dollars par an, un constat établi lors de la COP27 en novembre 2022. Dans un communiqué qui s'en est suivi, ONU Climat (CCNUCC) constatait que « De vives inquiétudes ont été exprimées quant au fait que l'objectif des pays développés de mobiliser conjointement 100 milliards de dollars par an d'ici 2020 n'a pas encore été atteint. » On est loin du compte.

Deuxième postulat : le partage requiert une refonte de nos modèles économiques et une redéfinition de nos besoins en vue d'une nouvelle éthique de vie. Alors oui, on en parle beaucoup, une ère nouvelle s'ouvre à l'économie circulaire, qui remplacerait le modus vivendi linéaire : acheter, consommer, jeter. Cela ne va pas sans un réaménagement des activités industrielles et leur rapatriement au niveau local. Cette relocalisation étant bien sûr doublée du bio-ressourcement pour tout ce qui nous permet de (bien)vivre, aliments, matières premières, etc., et d'un sage retour à une forme de sobriété consumériste.

« L'homme est la mesure de toute chose » disait Platon, or, depuis l'antiquité, nous, pays riches, avons multiplié nos besoins, incités en cela par le marketing et la publicité, vecteurs de nos économies libérales capitalistes. Une démesure dont on nous culpabilise, que l'on nous reproche, dont nos enfants ne veulent plus, tandis que les fanatismes prospèrent, religieux, survivalistes ou complotistes. Une crise sociétale creuse les fossés entre les couches sociales et éloigne les gouvernements des citoyens.

Troisième postulat : être proactif permet d'accélérer le mouvement. La stratégie énergétique 2050 (SE2050) de la Confédération table sur une société à deux mille watts, c'est-à-dire au niveau des années soixante, soit une baisse de 50 % de la consommation actuelle d'ici 2030. Anticiper en ce sens équivaut à préparer la population à ce tournant. Le Programme bâtiment encourage les rénovations énergétiques, sur la base de subventions fédérales et cantonales. En neuf années, le programme a versé environ 2,3 milliards de francs de subventions. Ce faisant, le taux de rénovation du parc immobilier suisse n'est que de 1 %. De plus, le mazout représente encore plus de 50 % de l'approvi-

### UNE REDÉFINITION DE NOS BESOINS EN VUE D'UNE NOUVELLE ÉTHIQUE DE VIE.



ANNIE ADMANE  
JOURNALISTE

sionnement en énergie du parc de logements, juste devant le gaz. Certaines recommandations visant une augmentation des rénovations émergent : l'établissement d'un cadastre public de tous les bâtiments avec leurs consommations d'énergie dans le but de rendre le CECB obligatoire, la mise en place d'une procédure d'autorisation accélérée, et le passage à un régime de délais et de pénalités. La première proposition permettrait d'interpeller les grands propriétaires quant à leur responsabilité locative. La deuxième est criante d'évidence, et la troisième proposition va dans le sens des dispositifs mis en place par la Confédération dans la SE2050. Parallèlement, le projet de nouvelle loi sur le CO<sub>2</sub> du Conseil fédéral prévoit une enveloppe de 2,8 milliards de francs pour la période 2025 à 2030, sans nouvelles taxes, destinée à l'assainissement des bâtiments et au remplacement des 900 000 chauffages à mazout ou au gaz en Suisse. Le projet mise sur des incitations, complétées par des encouragements et des investissements ciblés.

L'ensemble de tous ces considérants place le secteur de la construction dans la ligne de mire écologique, alors qu'il est loin d'être le plus polluant. La mobilité est la première cause des émanations de gaz à effet de serre et le restera encore longtemps, parce que dans ce domaine, l'industrie est très globalisée et que les solutions techniques sont complexes, dépendantes de multiples branches d'activité.

Il en est autrement dans le bâtiment et le génie civil. Mais le débat actuel autour des matériaux fausse le regard. Ne nous voilons pas la face, en Suisse aussi il faudra procurer un toit à tout le monde, les statistiques prédisent 10 millions d'habitants d'ici 2050, et dans la construction, le temps d'élaboration d'un projet jusqu'à sa réalisation est long. Une gageure ; en janvier cette année, le canton de Vaud confirmait des conditions critiques : « La situation de logements vacants dans le canton reste identique à celle qu'elle fut en 2022. Sur les dix districts, sept d'entre eux demeurent en situation de pénurie. » Et cela n'est qu'un pan du besoin primaire d'habiter quatre murs. L'autre pan est de pouvoir vaquer à nos occupations et conséquemment, les infrastructures doivent s'adapter – écoles, hôpitaux, et mobilité, par exemple.

Il est donc illusoire de vouloir ne plus rien construire. Economiser nos ressources naturelles, protéger nos paysages, préserver notre patrimoine bâti, ces valeurs-là imprègnent la culture helvétique et sont

UNE GUERRE  
DES CLANS NÉFASTE  
AUX PROGRÈS  
QUI AURAIENT PU  
ÊTRE FAITS.

également inscrites dans nos lois. C'est un luxe au regard de territoires dévastés, précieux évidemment, que nous devons peut-être mettre de plus en plus en balance avec l'intérêt public. Creuser la roche pour extraire des graves pour le béton, scier des arbres pour fabriquer du lamellé-collé, importer de l'acier puis le refondre : chaque geste est une agression contre notre environnement, au minimum compensable si l'on s'en donne les moyens, mieux encore remplaçable – la recherche fait des pas de géant. Chaque matériau tel qu'il est transformé vaut autant que les autres. Ils répondent tous au même besoin et nous ne pouvons pas nous en passer. Aujourd'hui, nous devons les produire localement ; il est dès lors besoin de bien les gérer et de les faire travailler ensemble, afin d'exploiter en complémentarité leurs qualités intrinsèques. Depuis que la notion de durabilité a fait son apparition, sévit une guerre des clans néfaste aux progrès qui auraient pu être faits, notamment dans les structures porteuses. Il en est de même pour l'architecture, sa non remise en question dans le choix des matériaux. Trop de béton systématique, et maintenant, trop de bois imposé. Trop lourd le poids du prix et des délais, des normes et de la sécurité. Le tournant, c'est maintenant. Les jeunes générations d'architectes, d'ingénieur-e-s et d'entrepreneur-euse-s sont prêtes à s'investir dans l'innovation et à s'y exprimer avec talent, car leur motivation est grande à vouloir soigner l'environnement. Il s'agit maintenant de les aider à créer des ponts entre eux.

## BOUCLER LA BOUCLE POUR LA PLANÈTE

**Le principe d'économie circulaire dans la construction remet profondément en cause la façon dont les immeubles sont conçus et construits actuellement. Le parc existant devient lui aussi l'objet d'une nouvelle approche quant à sa substance et sa subsistance.**

La Commission européenne, dans le cadre de son pacte vert, pose un constat sans ambiguïté quant à nos activités de construction : « Plus que jamais, nous devons appliquer les principes de l'économie circulaire et de l'efficacité des matériaux dans la construction, afin de réduire notre utilisation des ressources naturelles à l'avenir. »

L'économie circulaire est effectivement aujourd'hui le crédo qui prévaut dans le contexte du réchauffement climatique et de la préservation de notre environnement. Elle s'oppose à ce que nous avons pratiqué jusqu'à présent, l'économie linéaire : prélever des matières premières, fabriquer, consommer, jeter.

A l'occasion d'un cours donné sur le sujet, le CRB, Centre de compétence des standards pour la construction, en Suisse, donne la définition suivante : « La circularité est une approche qui permet d'utiliser les ressources le plus longtemps possible tout en maintenant la valeur la plus élevée possible. » Ce faisant, les produits et les matériaux sont maintenus en circulation, la régénération des systèmes naturels devient possible et les déchets et polluants sont exclus. Ce principe peut s'appliquer à tous les cycles de conception, de production et de consommation de biens, dans tous les secteurs de l'économie.

### Plus de gaspis

En résumé, rien ne se jette – le recyclage est le dernier recours parce que l'on perd la valeur ajoutée – ; les déchets ultimes, détruits, deviennent matières premières réintégrées dans un cycle de production, brûlées pour produire de la chaleur, compostées pour fertiliser le sol, etc.

Ce processus s'applique aussi au domaine de la construction. En France, l'association Alliance HQE-GBC qui regroupe ceux qui s'engagent pour le développement durable des bâtiments, des infrastructures et des territoires, ajoute : « Tout projet doit pouvoir être analysé et évalué à l'aune de ses objectifs et de ses conséquences. »

Plus facile à dire qu'à faire, ce que reconnaît la Commission européenne : « Rien n'est moins évident que d'implémenter les concepts d'économie des matériaux et de circularité dans la construction. Les acteurs impliqués font face à plusieurs dilemmes : résistance structurelle contre désassemblage facile, longévité contre flexibilité, simplicité contre produits composites, rénovation contre neuf, etc. » En tout état de cause, selon une estimation de 2016, le réemploi en

LA CIRCULARITÉ EST UNE  
APPROCHE QUI PERMET  
D'UTILISER  
LES RESSOURCES LE PLUS  
LONGTEMPS POSSIBLE  
TOUT EN MAINTENANT  
LA VALEUR LA PLUS  
ÉLEVÉE POSSIBLE.

Suisse, encore peu pratiqué aujourd'hui, concernerait quelque 5 millions d'éléments. Voire même, l'Association asr recyclage matériaux construction suisse estime que « Théoriquement, il est possible de revaloriser jusqu'à 80 % des composants d'un bâtiment au lieu de les mettre bêtement en décharge. »

### Objectifs, durée de vie et conséquences

Avec les principes de circularité, le bâtiment devient le support de tous les futurs possibles. Cette circularité le transforme, sur l'échelle temporelle, en intermédiaire, parce qu'elle impose qu'on prenne en considération dès le départ tous les usages qu'on pourrait en faire, ainsi que son éventuelle mutualisation, puis son entretien et finalement, le réemploi de ses composants. Les profils et les besoins des utilisateurs premiers, s'ils en définissent la forme initiale, ne la fixent plus pour autant dans le temps. D'où la nécessaire flexibilité et évolutivité de la construction. Anticiper dès le départ les changements d'usage et la déconstruction permet ainsi de prolonger la durée de vie.

Dans cette optique, le CRB fixe trois principes préalables : concevoir pour une longue durée de vie, pour prolonger la durée de vie – entretien, réparation, modernisation –, et pour une refonte de la durée de vie – recontextualisation et modularité. C'est l'aspect matériel et matériaux, la longévité physique. D'un autre côté, le bâti doit être optimisé en fonction des attentes des utilisateurs. Le CRB évoque ici la longévité émotionnelle. Mais on pourrait ajouter la connectivité sociale ainsi que la proximité urbaine et de mobilité.

### De nouveaux modèles commerciaux

Si, dans l'économie linéaire, la priorité est à la vente, l'économie circulaire considère le bâtiment comme un stock de matériaux et d'éléments réutilisables à terme, tout en privilégiant préalablement le maintien de sa valeur. En ce sens, le CRB a conclu un partenariat avec la plateforme internationale Madaster, aujourd'hui présente en Suisse qui recense, en les évaluant et codifiant, tous les éléments des bâtiments construits. D'où l'idée de repenser le bâtiment en couches séparées, chacune ayant une durabilité et une durée propre et pouvant être réparée, renouvelée, et réemployée individuellement.

D'un autre côté, les espaces flexibles, coworking, par exemple, permettent d'augmenter le rendement,

« THÉORIQUEMENT,  
IL EST POSSIBLE DE  
REVALORISER JUSQU'À 80 %  
DES COMPOSANTS D'UN  
BÂTIMENT AU LIEU DE LES  
METTRE BÊTEMENT  
EN DÉCHARGE. »

L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE  
CONSIDÈRE LE  
BÂTIMENT COMME UN  
STOCK DE MATÉRIAUX  
ET D'ÉLÉMENTS  
RÉUTILISABLES À TERME,  
TOUT EN PRIVILÉGIANT  
PRÉALABLEMENT LE  
MAINTIEN DE SA VALEUR.

les actifs deviennent adaptables – le bâtiment peut faire face à l'évolution du marché et il est relocalisable. On peut en outre prévoir un contrat à terme en lien avec la valeur résiduelle de ses matériaux et éléments constitutifs au moment de sa déconstruction. En outre, à l'instar du leasing, l'idée d'acheter le service plutôt que le produit qui le fournit fait son chemin ; on peut, en ce sens, imaginer acheter des heures de chaleur ou de climatisation, plutôt que d'acheter l'installation.

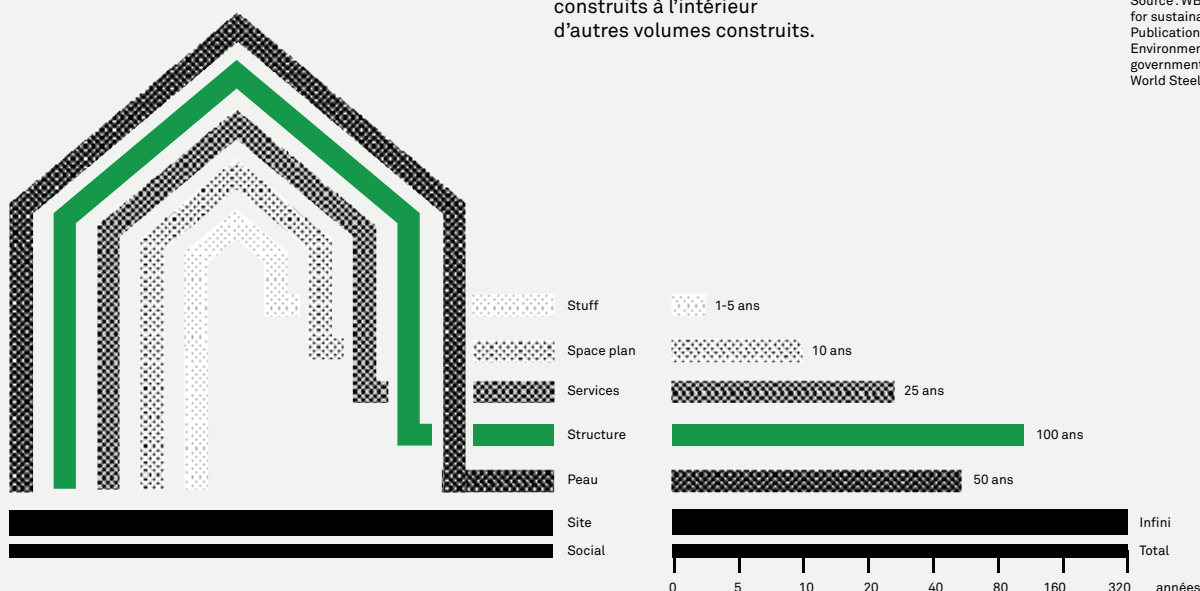
### Adapter les standards

Pour le CRB, «Dans l'optique de réduire les gaspillages et gérer le bâtiment comme gisement de matière, il semble indispensable d'adopter dès aujourd'hui une approche de collecte et de conservation des données aux échelles bâtiment, quartier et ville» ; outre la plateforme Madaster, l'outil de référencement évident est le BIM. Le Centre a adopté une stratégie sur dix années visant à donner toute sa place à la numérisation : «La pression croissante exercée sur les coûts, l'implication de plus en plus forte des mandants, les nouveaux besoins des clients, le manque persistant de main-d'œuvre et l'attention grandissante accordée au développement durable conduisent à une adaptation des processus, méthodes et matériaux, de même qu'ils conditionnent l'utilisation intensive des (nouvelles) technologies. Les acteurs les plus en phase avec la numérisation s'assurent des parts de marché (supplémentaires).» Dans les faits, cela se traduit par l'abandon progressif du CFC (Code de frais de construction subdivisé par catégories de travaux) – ce dernier n'a plus été révisé depuis 2017 –, au profit du référencement eCCC (Code de coûts de construction par éléments), sa subdivision par parties d'ouvrage étant compatible avec le BIM, et cohérente avec le principe de circularité.

<b>Stuff</b> Tout ce qui est déplaçable – meubles, équipements de nettoyage et de stockage, etc.	<b>Space plan</b> Tous les éléments qui ne sont pas inclus dans la structure, la peau et les services. Cela va des composants non-structurels comme les planchers et les murs intérieurs, aux escaliers, balustrades, revêtements de sols, cuisines et équipements sanitaires.	<b>Services</b> Toutes les installations mécaniques et électrotechniques.  <b>Structure</b> Les fondations, l'enveloppe du bâtiment – tout ce qui est référencé comme composant structurel.
---	---	---

<b>Peau</b> Les façades et le toit – tous les éléments qui séparent l'extérieur de l'intérieur. De plus, l'enveloppe inclut les façades entre les composants du bâtiment, tels que les atriums ou les composants d'espaces construits à l'intérieur d'autres volumes construits.	<b>Site</b> Tous les matériaux et produits tels qu'ils sont utilisés : pavement, structures, clôtures, installations techniques, ainsi que les diverses structures situées en façade et les limites de terrain.	<b>Social</b> Comment les occupants vivent, travaillent et utilisent le bâtiment ; comment leur comportement influence la circularité du bâtiment.
---	--	---

Source : WBCSD – World business council for sustainable development.  
Publication : Scaling their circular built Environment : pathways for business and government, décembre 2018.  
World Steel Association





## RÉEMPLOI CHEZ LE FABRICANT

Clestra Hauserman propose, depuis plus d'un siècle, des parois de séparation amovibles permettant de cloisonner les espaces intérieurs au gré des besoins des occupants. Philosophie d'entreprise: proposer le réemploi. Sa succursale suisse à Crissier, dirigée par Magali Nieto, est un fournisseur accoutumé des projets de construction. L'économie circulaire n'est pas un vain mot pour l'entreprise.

A photograph of a modern office interior. On the left, there are wooden shelves. The main part of the image shows a glass-walled office space. Inside, there is a desk with a computer monitor and a chair. A bright light fixture is visible on the ceiling. The text «Nous privilégions la récupération par rapport au recyclage» is overlaid in white on the glass partition.

«Nous privilégions la récupération  
par rapport au recyclage»





MAGALI NIETO  
DIRECTRICE  
SUISSE ROMANDE  
CLESTRA SA

A la succursale du groupe Clestra Hauserman à Crissier, Magali Nieto assume la direction de longue date. Dans le contexte actuel, où la flexibilité d'usage des bâtiments fait partie des principes de durabilité et d'économie circulaire, elle met en exergue l'engagement de son entreprise en termes de réemploi et de durabilité.

#### **Récupération, recyclage, réemploi : qu'est-ce que ces mots évoquent pour vous ?**

Ces mots évoquent un des fondements de notre écosystème, l'économie circulaire. Un modèle qui repose non seulement sur notre activité principale de conception, fabrication, installation de solutions d'aménagement de bureaux, mais aussi sur le réaménagement, la reconfiguration d'espaces de travail. A cela s'ajoute bien évidemment la création d'une filière de réemploi et de réutilisation. Cette démarche consiste à récupérer des produits sur des plateaux de bureaux en fin de bail et à les transporter vers des ateliers dédiés où ils sont triés pour être recyclés ou rénovés (nettoyage, découpe, transformation, peinture). Une fois remis à neuf, ils sont réinstallés chez des clients. Comme nous bénéficions d'un large parc de cloisons posées, nous privilégions la récupération par rapport au recyclage, plus lourd en impact carbone.

#### **En quoi votre processus de fabrication respecte-t-il les principes de l'économie circulaire ?**

Notre préfabrication en usine est basée sur des méthodes industrielles propres à nos équipes. Cela nous permet de livrer sur site des modules finis, peints en usine, testés et prêts à être installés, sans déchets. A travers cette chaîne de valeur, de la remise de l'offre à l'installation finale

sur site, chaque étape est identifiée et la coordination entre acteurs optimisée. Pour nos clients, cela se traduit par une totale visibilité des coûts de production, de mise en œuvre et un contrôle des délais. Nous avons adopté une logique «cradle to cradle» (\*) avec des modes de fabrication respectueux de l'environnement et des principes RSE (\*\*). De plus, les matériaux que nous utilisons sont majoritairement recyclables et permettent aux produits Clestra d'afficher des valeurs optimales de dégagement de microparticules dans l'air ambiant. Ils répondent ainsi aux plus hautes exigences en termes de bien-être au travail. Ces qualités se retrouvent non seulement lors de l'installation sur site, préservant ainsi la santé des monteurs, mais aussi lors des réaménagements en milieux occupés, avec les utilisateurs.

NOUS AVONS ADOPTÉ UNE LOGIQUE  
«CRADLE TO CRADLE» (\*) AVEC  
DES MODES DE FABRICATION  
RESPECTUEUX DE L'ENVIRONNEMENT  
ET DES PRINCIPES RSE

#### **Clestra Hausermann a développé des murs « intelligents » sur lesquels on peut écrire, on peut intégrer des écrans, etc. En quoi ces produits contribuent-ils à l'écologie du bâtiment ?**

Il s'agit davantage d'un principe de design fonctionnel, plutôt que d'un développement de murs «intelligents». Grâce à ces solutions, nous créons des surfaces de travail verticales qui se superposent et se déplacent selon les besoins des utilisateurs et leurs exigences esthétiques. Ces parois contribuent ainsi à l'économie du bâtiment à travers la rentabilité des surfaces de travail, mais aussi à l'écologie,

puisque ces solutions encouragent le développement d'une politique «zéro papier».

#### **Louer le produit ou le service est un autre principe de l'économie circulaire. Peut-on louer des produits Clestra Hauserman ?**

Des offres de leasing sont à l'étude en France. Afin de répondre aux incertitudes de nos clients, face à la généralisation du télétravail et au risque de diminution des surfaces de bureaux, nous proposons des solutions de financement mixtes, location avec option d'achat, le temps que l'entreprise s'installe et évalue concrètement ses besoins. Au terme de cette période, le client décidera de garder ou non nos produits.

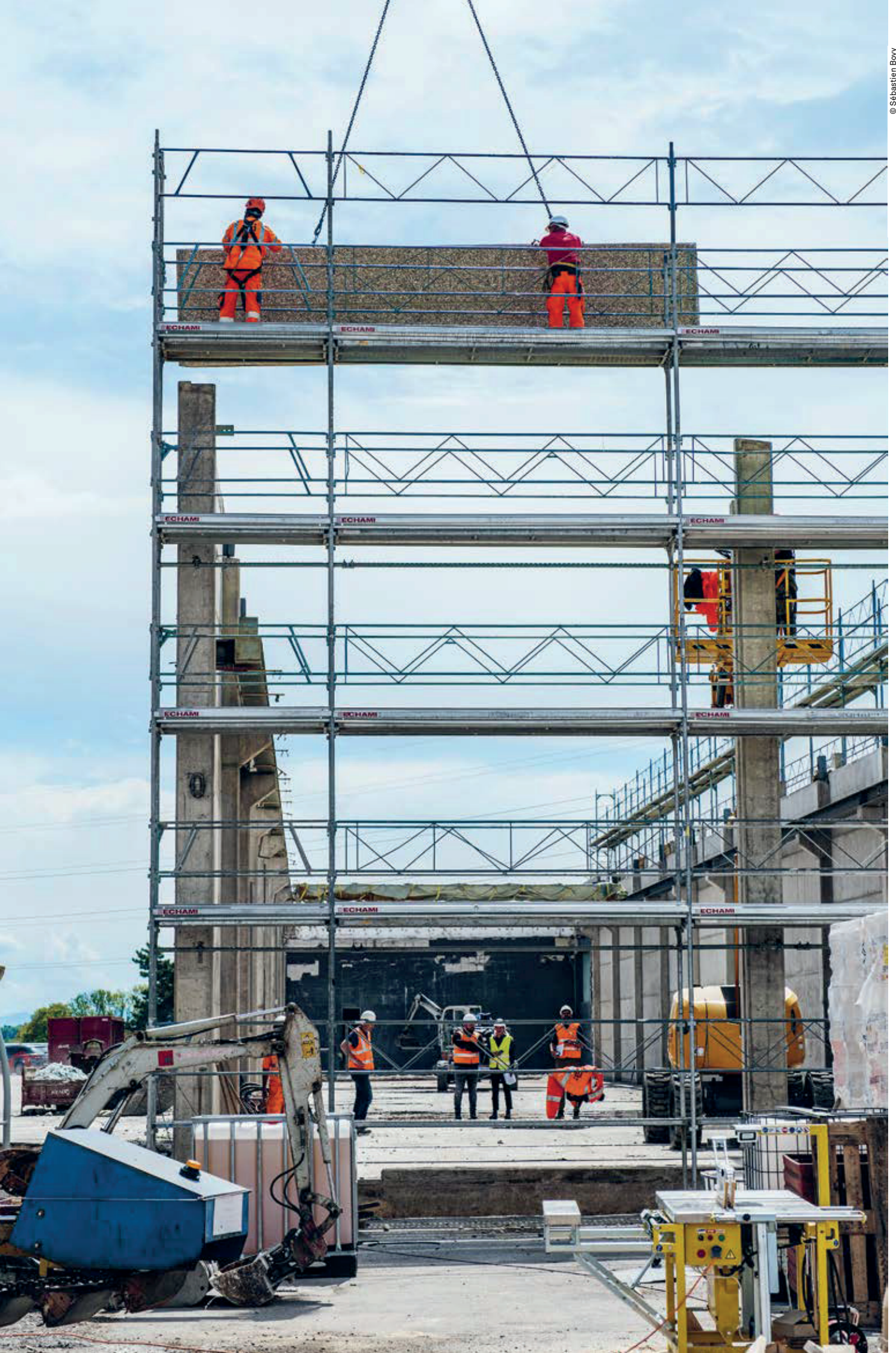
#### **Cela n'est-il pas contraire aux intérêts des fabricants comme Clestra ?**

Non pas forcément. Ce type de contrat permet de proposer à nos clients des services additionnels comme la maintenance, la gestion et la transformation des aménagements durant la période de location.

\* L'expression «cradle to cradle», littéralement du berceau au berceau, signifie que tout peut être considéré comme une ressource et que la notion de déchet disparaît : les bons matériaux rentrent dans des cycles à l'infini, utilisés au bon endroit au bon moment. (source : [www.upcyclea.com](http://www.upcyclea.com)).

\*\*RSE, responsabilité sociétale de l'entreprise.





## RÉEMPLOI, DURABILITÉ ET ÉTHIQUE SOCIALE

Pour prendre le virage de la transition écologique dans la construction, il est important de former les générations à de nouveaux réflexes. Le projet de Centre de formation des métiers de la construction de la Fédération vaudoise des entrepreneurs à Echallens répond à ce besoin. Dans l'optique de se montrer exemplaire, l'institution a opté pour un chantier modèle à tous égards.

Echallens possède une zone industrielle « les Clopettes » dont l'origine remonte aux années 1970 à 1990, un peu excentrée mais suffisamment proche de son centre et bien desservie par la ligne de chemin de fer du LEB (Lausanne-Echallens-Bercher). Visant l'horizon 2040, la commune a prévu une amélioration de la mixité et de la qualité de ses quartiers d'activité ainsi que l'implémentation d'une écologie industrielle.

Un contexte idéal s'offrait donc au choix lorsqu'il s'est agi, pour l'Ecole de la construction et la Fédération vaudoise des entrepreneurs, de projeter un centre de formation axé sur l'évolution des métiers de la maçonnerie, dans un premier temps puis sur tous les métiers de la construction, ainsi que sur la formation continue. Les candidats à un permis de machiniste-grutier viendront également s'y exercer.

Les deux instances ont donc fait l'acquisition des anciens locaux d'une entreprise sis à l'entrée de la zone, la fédération étant maître de l'ouvrage et pilote du projet. Elles assurent conjointement le financement. A eux seuls, les travaux représentent un investissement de 20 millions de francs.

**Le réemploi en priorité**

Le fil conducteur du chantier est simple : sans viser de label de performance, tout a été mis en place pour répondre au mieux aux critères de durabilité actuels.

Par exemple, en plus de la déconstruction plutôt que de la démolition, le projet prend en compte le réemploi possible de certaines parties des ouvrages existants (voir QR code en fin d'article). Effectivement, le site offrait au sud-ouest un bâtiment pouvant abriter des locaux administratifs et de futurs ateliers, et au sud-est, un bâtiment qui ne proposait pas d'alternative suffisamment intéressante pour le conserver.

Les anciennes façades en béton lavé de ce bâtiment, dont les 80 panneaux en béton armés préfabriqués ont été démontés un à un pour être réinsérés entre les poteaux porteurs préexistants de la nouvelle enveloppe, auront ainsi une deuxième vie ; « C'est une solution encore très rarement utilisée, souligne Adrien Gilliand, architecte du bureau lausannois Dettling Pélérax. Certes, dans le cas présent, cela implique un allongement des délais d'exécution mais une plus grande efficacité dans la phase de reconstruction et un meilleur bilan carbone. » En outre, si l'investissement généré a été plus important lors du chantier, il s'avère moindre si l'on prend en considération l'énergie grise économisée sur la durée de vie totale de ces éléments.

Opération identique pour la charpente en bois et la couverture métallique du toit qui ont été elles aussi démontées et seront réutilisées pour le futur couvert destiné aux machines de chantier. On a également conservé les poutres DIN en acier qui servent de chemin de guidage pour les palans des ateliers, tout comme la structure et les cloisons de la partie administrative.

**Tout naturellement**

Par ailleurs, il était important que la technique soit adaptée aux fonctions et à l'usage précise Jean-François Prahin, chef du service conseils et assistance technique de la Fédération vaudoise des entrepreneurs, qui porte le projet : « Les installations de ventilation mécanique sont limitées, en évitant par exemple des solutions de refroidissement ou de ventilation double-flux qui ne seraient pas adaptées à l'usage. Afin de limiter la surchauffe estivale et assurer le renouvellement de l'air, nous avons misé sur l'aération naturelle ainsi que sur l'inertie thermique d'une partie centrale massive. Des sheds vitrés en toiture (voir QR code en fin d'article). participeront à l'éclairage naturel et une façade-rideau métallique isolée sera posée devant les anciens panneaux en béton afin de limiter les déperditions thermiques. »

EN PLUS DE LA  
DÉCONSTRUCTION PLUTÔT  
QUE DE LA DÉMOLITION,  
LE PROJET PREND  
EN COMPTE LE RÉEMPLOI  
POSSIBLE DE CERTAINES  
PARTIES DES OUVRAGES  
EXISTANTS.



Ces mesures contribuent simultanément à des économies d'énergies conséquentes, sachant, en outre, que les ateliers qui occupent un important volume, ne seront que tempérés.

Enfin, dans le contexte actuel de pénurie des matériaux et de hausses de prix extrêmement péjorantes, la fédération prend les surcoûts en charge; «Il en va de la responsabilité du maître d'ouvrage; ce n'est pas parce que les prix augmentent considérablement que nous n'avons pas, en Suisse, les moyens de les assumer», affirme le chef de service.

#### Une exemplarité recherchée

Somme toute, un chantier modèle comme on en fait peu, poursuit Jean-François Prahin: «Il n'a rien d'usuel par rapport à ce qui se fait aujourd'hui, tant dans les concepts architecturaux définis largement en amont, que dans les processus de construction – choix des matériaux et exclusivité pour les entreprises locales –, ou encore dans le respect des aspects sociaux. En outre, le maître d'ouvrage assume ici pleinement ses responsabilités.»

Dans les faits, cela se traduit d'abord au moment des appels d'offre et des soumissions: «Nous avons veillé au respect des règles dans les appels d'offres et dans les soumissions, en particulier dans la manière de noter les entreprises, en misant sur la qualité et pas seulement sur le prix. De façon expérimentale, nous avons introduit la notion de plausibilité du prix en utilisant un facteur de correction pour les prix jugés trop bas ou trop élevés.»

Cette réalisation est également un chantier-test pour la carte professionnelle imposée à toutes les entreprises participantes; mêmes celles qui ne sont pas coopératrices se sont vu imposer cette carte. «Mais cela n'est pas suffisant, ajoute le chef de service. La fédération assume son obligation de contrôle, en tant que maître de l'ouvrage, par le financement d'une entreprise de surveillance spécifiquement mandatée à cet effet, aidée en cela par la mise en place de dispositifs efficaces de clôture du périmètre.» Bien évidemment, des peines conventionnelles sont associées au processus.

Les travaux devraient durer dix-huit mois pour une ouverture à la rentrée scolaire 2023; entre-temps, le site a été partiellement ouvert de manière anticipée pour les cours de permis de machinistes, dès janvier 2022. À terme, environ 200 apprentis et 1750 personnes en formation continue fréquenteront les lieux.



© Sébastien Bovy

Vue générale du chantier. Sur la gauche, le bâtiment en cours de reconstruction avec les éléments de façade réemployés.



© Sébastien Bovy

Les éléments de la charpente en bois et de toiture en métal, démontés sont stockés sur place avant d'être réutilisés.



© Sébastien Bovy

Les éléments structurels intérieurs du bâtiment en cours de transformation ont été conservés.

Jean-François Prahin, chef du service conseils et assistance technique de la Fédération vaudoise des entrepreneurs, s'exprime sur le réemploi (1) et l'utilité des sheds (2).

FVE ARCHITECTE 4 V1



FVE ARCHITECTE 5 V2





## A LA REDÉCOUVERTE DES VERTUS DE LA PIERRE

Petit de taille mais héritier d'un savoir-faire séculaire, voici un ouvrage contemporain, un atelier, réalisé en molasse. Le matériau offre ici une belle surface bleu-vert, au toucher soyeux, avec toutes les qualités thermiques de la pierre.

Pierre tendre, potentiellement friable, délicate à travailler, la molasse a cependant été le matériau d'élection de nombreux ouvrages importants du canton de Vaud, ne serait-ce que la Cathédrale de Lausanne, achevée vers le milieu du 13<sup>e</sup> siècle. Abandonné depuis près d'un siècle, son usage est aujourd'hui essentiellement réservé à la restauration du patrimoine.

Il a donc fallu la détermination de l'architecte, Yannick Claessens, du bureau Ellipsearchitecture Sàrl à Lausanne, pour que le projet de construction d'une atelier en molasse prenne forme, mais aussi le choix délibéré du maître d'ouvrage d'en assumer le surcoût... Quand on aime, on ne compte pas!

**Un format précis**

Le territoire communal a été pendant longtemps un site important d'extraction de molasse, ce qui confère également au projet une aura historique. L'atelier a été construit en contrebas de la villa des propriétaires, au pied d'un talus sur lequel vient s'appuyer l'ouvrage. «Nous savions que la molasse locale était bleue parce qu'il y avait eu un sondage géologique sous la maison de nos clients, mais elle n'a pas été extraite sur le site car il aurait fallu ouvrir officiellement une carrière», précise l'architecte. Finalement, la carrière de Villarod (FR) a été retenue. Les discussions avec le carrier ont consisté à déterminer une dimension de bloc optimale pour limiter le coût en simplifiant la manutention dans la carrière et sur le chantier: 2 m sur 1,20 m, avec une épaisseur de 20 cm demandée par l'ingénieur pour assurer la résistance du mur. Huit modules ont été ainsi taillés pour la façade la plus longue et des demi-modules ont été prévus pour les faces latérales.

**Avec quelques précautions**

L'architecte ayant déjà travaillé avec de la terre crue, un matériau mou, a appris à prendre des précautions: «La première chose, avoir une fondation surélevée du sol pour éviter les remontées capillaires. Deuxièmement, avoir un bon avant-toit qui protège des intempéries et enfin, nous avons ajouté une forme de larmier en béton préfabriqué – des croix très fines – pour stopper l'écoulement de l'eau et son accélération sur la façade. Elles cachent aussi une barre d'armature horizontale et des barres d'armature verticales qui créent un maillage», solution parasismique suggérée par

l'ingénieur, faisant que les éléments de la façade réagissent ensemble. Des briques de verre en façade et des panneaux solaires contribuent à l'éclairage naturel et artificiel, tandis que la molasse, par ses qualités intrinsèques, garantit la fraîcheur en été et la chaleur en hiver.

Maître d'ouvrage	Privé
Architecte	ellipsearchitecture, Lausanne
Ingénieur civil	Compas Ingénieurs, Lausanne
Carrière	Molasse de Villarod.ch, Villarod (FR)
Entreprise de démolition et maçonnerie	Zhuniqi Rénovation SA, Chavannes-près-Renens



## L'EFFICACE RETOUR AUX SOURCES

Une maison entièrement biosourcée, comment ça ? À Schmitten, dans le canton de Fribourg, la partie habitat d'un corps de ferme a été reconstruite en misant sur des matériaux naturels et selon un mode constructif qui facilite le démontage en fin d'usage. Un concept innovant, pour ne pas dire exemplaire, du bureau Collectiflabo Architectes Sàrl, à Payerne.

À première vue, rien ne la distingue d'une construction traditionnelle, la toute fraîche et pimpante maison d'un corps de ferme dont les murs, eux, racontent toute une histoire. Cette réalisation de Collectiflabo Architectes Sàrl est pourtant remarquable à bien des égards, mais cette beauté-là est intérieure.

Alexandre Kehrli, cofondateur du bureau avec Rui Dos Santos, ne laisse planer aucun doute : « Nous essayons de travailler avec bon sens, de façon réversible, en utilisant des matériaux sains, durables, des alternatives aux plastiques et au pétrole. » L'expérience aidant, ces architectes se sont mis à travailler beaucoup avec le bois et des matériaux nobles. Si le frein reste le prix pour la majorité de leurs clients, ils ne lâchent pas pour autant leurs principes et ont développé une certaine force de conviction. Cela fait d'eux des architectes réputés pour leur engagement écologique.

Pour Rui Dos Santos, le processus initial prend du temps : « Si dans les premières séances on ne parlait que du prix, il est évident que nous n'irions pas dans la direction que nous privilégions. Au fur et à mesure du processus, nous amenons des matériaux peut-être plus chers, du bois pour une fenêtre au lieu de PVC, par exemple. Mais finalement, nous parvenons à garder l'enveloppe budgétaire de base et la différence de prix n'est plus significative. La plupart de nos clients y sont sensibles. Notre plus-value, à ce niveau, est que nous amenons des choix écologiquement favorables » ; c'est ainsi que le propriétaire de la ferme est venu les trouver.

**De paille, de bois, de terre, etc.**

« Il s'agit d'un corps de ferme avec une partie habitation, comme le veut la tradition. On a démolé cette maison parce qu'elle n'était vraiment pas viable, avec sa façade « décor de cinéma », et peu de vides d'étage. Nous avons reconstruit en incluant deux appartements », explique Alexandre Kehrli. Au départ, les architectes avaient prévu du béton de chanvre, selon le souhait du propriétaire. Mais la difficulté aurait été de concevoir une ossature conséquente pour un matériau assez lourd. « Après, si des fissures se forment, à qui la faute ? », questionne Alexandre Kehrli. C'est un autre frein. En utilisant des éléments normés, la réponse est réglée.

Dans la pratique, cela s'est traduit par l'emploi de modules Ecococon, imaginés et fabriqués en Lituanie, pour la structure porteuse : des éléments porteurs en bois avec de la paille compactée en remplissage. Pour l'heure, ces éléments ne se trouvent pas en Suisse ; toutefois, selon les architectes, les émissions de CO<sub>2</sub> provenant du transport sont largement compensées par celles qui ont pu être économisées au moment de la construction et celles qui le seront à l'utilisation. « Les murs ont une épaisseur de 40 cm, soit une dizaine de cm en plus qu'une façade ordinaire. Mais la maison est tellement performante énergétiquement, qu'il n'y a pas de chauffage. Il a suffi d'un poêle d'appoint – le thermicien a calculé que pour chauffer la maison toute l'année, un stère de bois ferait l'affaire. Nous avons mis en place une forme de ventilation contrôlée ; c'est une maison low-tech », précise Rui Dos Santos. D'ailleurs, complète Alexandre Kehrli, « En façade, nous avons prévu des boîtiers qui produisent les mouvements d'air, avec un échangeur. C'est-à-dire qu'on a un renouvellement passif de l'air. Et puis, pour les façades extérieures, nous avons appliqué de la chaux sur des panneaux en fibre de bois ; c'est perméable et respirant. Il n'y a pas de pare-vapeur. » À l'intérieur, les murs sont enduits d'un revêtement en trois couches : 2 cm de panneaux préfabriqués en terre crue (allégé avec du chanvre) afin d'avoir un peu d'inertie, fixés mécaniquement sur les éléments en bois, un enduit en terre (argile) posé sur un treillis en jute et lin, puis un enduit minéral comme crépi.

**Démontable aisément**

Dans la même logique, le bois massif équarri a primé sur le lamellé-collé pour les poutres : « Ce que nous préférons pour tous nos projets, souligne Alexandre Kehrli. Nous travaillons avec un charpentier qui va même jusqu'à utiliser du bois coupé dans une phase de lune favorable... Et que l'on y croie ou pas, même le plancher a été posé selon le calendrier lunaire. » Plus encore, Rui Dos Santos ajoute que « Même les châssis ont été posés dans le sens de la pousse de l'arbre ». Les assemblages sont purement mécaniques : entre deux éléments modulaires, des tourillons permettent des emboîtements. Quant au bois équarri, la queue-d'aronde est un assemblage très facile : « Ça se démonte comme ça se monte. »



Les modules Ecococon ont été utilisés pour la structure porteuse. Ces éléments, avec leurs revêtements en surface, ont une épaisseur de 40 cm, ce qui n'est pas un inconvénient lorsque le bâtiment offre de grands volumes. La dalle est supportée par des poutres en bois massif équarri, une solution possible ici en raison de portées modestes.





Enfin, comme les architectes ont voulu exclure les panneaux OSB (particules de bois agglomérées par une résine ou une colle, ndlr), des planches ont été utilisées, contreventées au moyen d'une lamelle métallique clouée. Un assemblage basique, facile à démonter en enlevant simplement les clous.

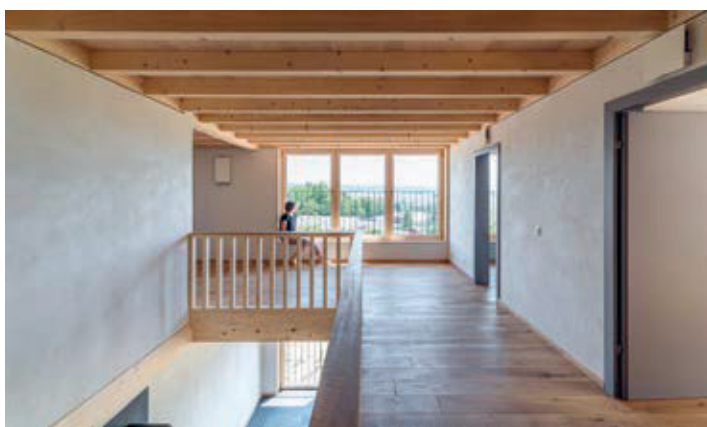
Tous deux s'accordent à apprécier une collaboration de proximité avec des artisans passionnés; «Nous on aime ça; nous allons beaucoup sur le chantier et nous discutons avec eux parce que finalement, ce sont eux les spécialistes; ils ont notre âge, ces artisans – 40 ans – et pour nous, c'est hyper-enrichissant.»

Le propriétaire a reçu les clés le 1<sup>er</sup> juillet 2022. L'été caniculaire n'a pas eu d'effets calorifiques intramuros: la température intérieure n'a jamais dépassé les 21 degrés. Le test définitif sera probant après que l'hiver 2022-2023 aura sévi; les deux architectes sont confiants.



↑ © Brian Scott Adkins

La maison est tellement performante énergétiquement, qu'il n'y a pas de chauffage. Placé dans un espace commun double hauteur, un seul poêle d'appoint, et un stère de bois uniquement, suffisent pour chauffer les deux appartements toute l'année.



↑ © Brian Scott Adkins

#### Une construction jusqu'au-boutiste

- Sous-sol : béton recyclé pour les fondations. Isolation en granulats de verre et en verre cellulaire en sous-œuvre. Soubassement isolé en liège.
- Modules de paille préfabriqués Ecococon: le procédé industrialise la technique du GREB, soit la préfabrication de l'ossature bois et compression de la paille pour obtenir une isolation constante et viable dans l'ensemble du bâtiment.
- Toit : tuiles en terre cuite et ferblanterie en inox (récupération des eaux de pluie, lesquelles sont traitées par le propriétaire pour les transformer en eau potable).
- Grands avant-toits : en partie pour la protection des façades mais aussi pour respecter l'esthétique traditionnelle de l'ensemble.
- Caissons de stores : rapportés en façade afin d'éviter de creuser la paille, ce qui créerait des points faibles. Une solution adoptée au début du projet, par anticipation et choix volontaire bien plus que subi.
- Fenêtres : conventionnelles; tout bois avec triple-vitrage.
- Sanitaire : toilettes sèches.
- Matériaux biosourcés : paille, bois équarri, terre crue, liège, jute et lin (pour les treillis d'enduits), laine de mouton dans les joints des encadrements de fenêtre.

#### Les intervenants

Architectes : Collectiflabo Architectes Sàrl, Payerne  
Ingénieur civil : Giacomini & Jolliet Ingénieurs SA, Lutry  
Ingénieur thermique : Shift Energie, Cully  
Charpente et pose des modules Ecococon : Vonlanthen Holzbau AG, Schmitten  
Enduits et peintures : Ludo Peinture, Grandcour  
Façade isolée en paille : système Ecococon représenté par Shift, Cully  
Fenêtres : Menuiserie Pascal Quillet, Missy  
Cuves eau : Alain Delplanque

La dalle est supportée par des poutres en bois massif équarri, une solution possible en raison de portées modestes.



## CONJUGUER LES ACQUIS ET LE FUTUR

Il faut de tout pour faire un monde : à l'ère nouvelle de la construction, l'adage n'a jamais été aussi vrai, car des plus pertinentes aux plus balbutiantes, des innovations voient le jour et les procédés pour les utiliser sont parfois encore expérimentaux, voire très artisanaux. Quelques mots révélateurs : éco-responsable, économique, durable, adaptable, modulaire.

Pour évoquer la nouveauté, au sens littéral du terme, il faudrait en toute logique que la chose n'ait jamais existé auparavant. Dans la construction, à de rares exceptions près, on ne peut pas parler de nouveautés, mais d'innovations à partir de matériaux recyclés ou existants dans la nature, redécouverts après un long oubli – la terre crue par exemple –, ou que l'on associe entre eux pour de nouveaux usages – des panneaux sandwich en bois avec de la paille, autre exemple.

On reste donc en pays de connaissance, mais avec des adaptations. Cet aspect doit être souligné car il impactera la façon de travailler aujourd'hui, d'une part parce qu'avec la résurgence de matériaux naturels, les savoir-faire séculaires réapparaissent, et d'autre part, parce que certains réflexes bien ancrés commencent à être remis en question.

**De partout et pour tout**

Les matériaux peuvent être « biosourcés », c'est-à-dire issus de la nature, d'origine animale ou végétale, et peu transformés : hormis les grands classiques comme la terre, la pierre et le bois, citons la laine, la paille, le chanvre... Cette tendance, encore marginale dans le bâtiment, est souvent le graal des auto-constructeurs.

Mais ils peuvent aussi venir du recyclage, concassés, broyés, déchiquetés, fondus, puis réintroduits dans un cycle de production par amalgamation, collage, vibrage, etc. À ce stade, les plastiques entrent en scène : PET et PVC sont malléables et adaptables à merci, mais aussi les résidus industriels telles les scories, sciures, boues, que l'on peut compacter, agglutiner, ou brûler comme alternatives aux combustibles ordinaires. Tout cela est moins bucolique, mais c'est efficace pour réduire les déchets et l'exploitation des ressources naturelles.

Par ailleurs, dans le domaine de la recherche et du développement, on intervient sur les spécificités intrinsèques des matériaux pour leur conférer plus de résistance, plus de souplesse, plus de dureté, bref, une meilleure usabilité.

**Imagination et technologie**

Vu cette diversité, les équipements se sont aussi émancipés. Expérimentaux ? Une machine à projeter de la chaux sur les murs, un jet articulé et monitoré servant à pulvériser de la peinture... Ou lancés récemment sur le marché, à l'image d'éléments de parois à monter comme des Lego. Mais aussi en voie de se généraliser, à l'instar des imprimantes 3D pour le béton, ou moins répandues, les mêmes pour le métal. Toute la sphère de la robotique est également concernée, ainsi que celles des équipements de manutention, de logistique industrielle, de l'informatique et logicielle – BIM est devenu usuel –, etc.

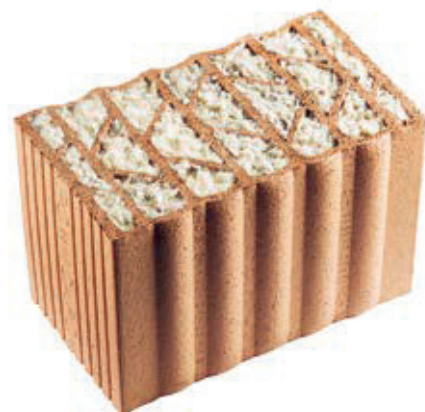
Autre facette de cette évolution, les procédés destinés à construire différemment, afin d'économiser de la matière, de résoudre une problématique particulière, ou visant à faciliter la modularité, le démontage et le remontage d'éléments. Par exemple, la soudure sur métal se voit remplacée par des systèmes d'assemblage mécaniques tandis que pour éviter la colle, le bois se réassemble selon des techniques anciennes remises à l'honneur ou via des éléments d'assemblage spécifiques. Sur ce plan, grandes écoles, fabricants et entrepreneurs collaborent étroitement.

Il est ainsi plaisant d'imaginer que les plus récents développements technologiques pourraient côtoyer un artisanat traditionnel de haut niveau, de toute évidence, l'un n'allant plus sans l'autre.

**UNE INNOVATION****Brique monolithique Capo 425, de Gasser Ceramic****1<sup>re</sup> brique isolante au monde remplie de laine de mouton**

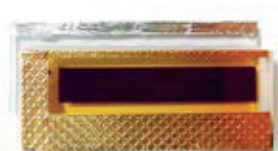
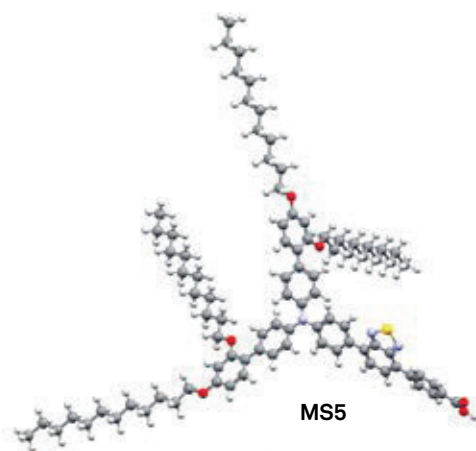
Ils sont 420 000 en Suisse, les moutons, à se faire tondre pour que leur laine serve à autre chose que du tricot ! Depuis deux ans, cette laine-là sert à remplir les briques Capo 425 Lana, de l'entreprise Gasser Ceramic. Cette dernière a dû adapter son parc de machines afin d'industrialiser le procédé, une nécessité pour automatiser le remplissage. A ce stade, elle est la seule au monde à utiliser la laine de mouton en guise d'isolant en maçonnerie, ce qui l'a amenée à déposer un brevet.

La combinaison terre cuite et laine ovine – deux produits biosourcés suisses – permet de mettre en projet des enveloppes de bâtiments écologiques; selon le fabricant, la laine renforce notamment les propriétés de la brique sur le plan de la régulation de la température (protection thermique en été, accumulateur de chaleur en hiver). Cette brique est surtout recommandée en maçonnerie légère. Elle est appropriée pour Minergie-ECO. Le produit existe en plusieurs dimensions ; son prix départ usine est d'environ 230 francs/m<sup>2</sup>



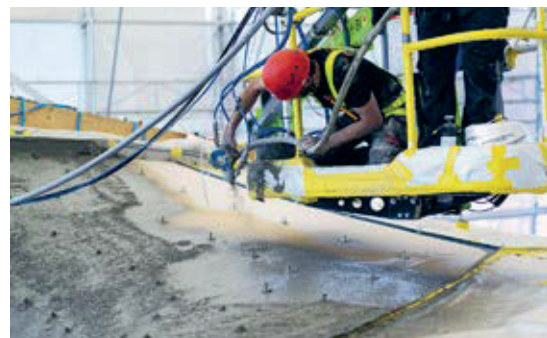
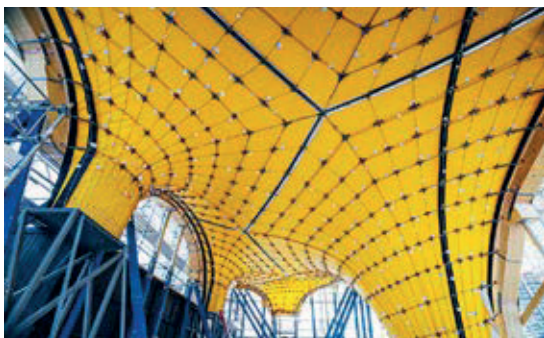
© Gasser Ceramic

Une exclusivité mondiale, la brique Capo 425, remplie de laine de mouton.

**DANS UN LABORATOIRE DE L'EPFL**

Dan Zhang et Marko Stojanovic, doctorants au sein du Laboratoire de photonique et interfaces de Michael Grätzel de la Faculté des Sciences de Base de l'EPFL, ont dirigé la conception et la fabrication d'un colorant simple pour les cellules DSSC, appelé MS5. Ce pigment permet un rendement élevé. Il est également très performant dans des conditions de faible luminosité, ce qui est indispensable pour les appareils autonomes et à faible alimentation.

Testé dans des conditions de lumière ambiante, le colorant a montré des performances impressionnantes, ce qui est primordial pour l'efficacité des cellules photovoltaïques par temps nuageux, ou dans des applications en intérieur pour alimenter les appareils électroniques utilisés par exemple pour l'Internet des objets. Enfin, MS5 est facile à synthétiser jusqu'à l'échelle du gramme à l'aide d'une procédure à une seule étape.



## UN NOUVEAU PROCÉDÉ

### NEST HiLo

**Plafond léger en béton, à double courbure, autoportant**

HiLo – «High Performance – Low Emissions» – est le huitième module du bâtiment expérimental NEST sur le campus des deux institutions Empa (Laboratoire fédéral d'essai des matériaux et de recherche) et Eawag (Institut fédéral suisse des sciences et technologies de l'eau) à Dübendorf. Avec cette unité, les chercheurs testent comment la construction et l'exploitation des bâtiments peuvent être conçues aussi efficacement que possible en termes d'énergie et de ressources, tout en offrant une architecture attrayante et un niveau élevé de confort.

En ce qui concerne le toit à double courbure de HiLo, les principes de construction du Moyen-Âge ont été conjugués avec les méthodes de construction de l'avenir : pour ce plafond voûté léger, planifié et construit selon les méthodes de conception et de fabrication les plus modernes, les chercheurs de l'EPFZ se sont inspirés des structures autoportantes érigées par les anciens bâtisseurs de cathédrales.

Le plafond tire sa capacité de charge de sa géométrie et de sa structure à double coque. Il se compose de deux couches de béton reliées par une grille de nervures en béton et d'ancrages en acier. Il a été construit à l'aide d'un coffrage flexible composé d'un filet de câbles tendus et d'une membrane sur laquelle le béton a été projeté. Cette méthode a permis d'économiser plus de 70 % de béton et 90 % d'acier par rapport aux plafonds traditionnels, grâce à la géométrie intelligente des plafonds : la voûte avec nervures de raidissement confère aux plafonds minces leur capacité de charge. Les méthodes de fabrication numérique utilisées ont permis d'intégrer la ventilation, le refroidissement et le chauffage à basse température dans le plafond voûté nervuré. Voir tout le déroulé du projet et de la construction : [www.empa.ch/web/nest/hilo](http://www.empa.ch/web/nest/hilo)



De haut en bas : montage du filet d'armature, pose de la membrane, projection du béton, double coque, vue de l'extérieur (HiLo se trouve sur l'étage supérieur).

Dans le domaine de la recherche sur le béton, la professeure Karen Scrivener, à l'EPFL, est en train de finaliser l'élaboration d'un ciment qui pourrait réduire de 40 % les émissions de CO<sub>2</sub> du béton.

## « Le LC3 pourrait remplacer la moitié du ciment Portland »

En la matière, c'est la production de clinker, un composant essentiel du ciment, qui est à la source des émissions de CO<sub>2</sub> que l'on reproche au béton. Les activités de recherche scientifique se concentrent donc pour beaucoup sur le remplacement du clinker par d'autres composants ou par la mise en place d'autres processus pouvant contribuer à faire du béton un matériau le plus neutre possible. A la tête du laboratoire des matériaux de construction (LMC) à l'EPFL, la professeure Karen Scrivener a développé un béton – le LC3 – particulièrement prometteur, puisqu'il pourrait réduire de 40% les émissions de CO<sub>2</sub> liées à la production de ciment.

### Les critiques que l'on fait aujourd'hui à l'encontre du béton vous semblent-elles justifiées ?

Non, pas du tout. Pour positionner le sujet, il faut considérer le contexte général. Soyons réalistes, par exemple, à l'égard des quantités de bois que l'on peut produire: si l'on voulait remplacer, à l'échelle mondiale, le quart du béton fabriqué par du bois, il faudrait une forêt une fois et demie plus grande que la surface de l'Inde. En fait, le béton est intrinsèquement un matériau à faible impact, avec des émissions de CO<sub>2</sub> et une énergie par tonne plus basses que d'autres matériaux tels que le fer, l'acier, ou même la brique. Mais à cause des énormes volumes qu'on utilise, il représente environ 8% des émissions humaines de CO<sub>2</sub>. D'un autre côté, en Suisse, le béton dans le bâtiment est très massif; on en utilise deux fois

plus qu'en France ou en Allemagne. Il suffirait de l'employer de façon plus intelligente, ce qui pourrait le placer au même niveau que le bois. Et surtout, l'argument que le béton nuit au territoire et à la biodiversité n'est pas fondé.

SI L'ON VOULAIT REMPLACER,  
À L'ÉCHELLE MONDIALE, LE QUART  
DU BÉTON FABRIQUÉ PAR DU BOIS,  
IL FAUDRAIT UNE FORÊT UNE FOIS  
ET DEMIE PLUS GRANDE QUE LA  
SURFACE DE L'INDE.

### Un nouvel engouement pour le bois fait qu'on le privilégie de plus en plus, notamment dans les marchés publics. Comment analysez-vous cette tendance ?

Cela n'a pas de sens. L'importation du bois et l'utilisation de beaucoup de colle entraînent des émissions de CO<sub>2</sub> et des coûts énergétiques. Il faut également prendre en compte l'énergie nécessaire pour bâtir, mais aussi l'exploitation du bâtiment: par sa masse, le béton contribue à une bonne stabilité thermique et le besoin en chauffage ou en refroidissement est moindre.

### Dans le même ordre d'idée, qu'en est-il du métal ?

Il n'existe pas de bâtiment purement en métal. En tout état de cause, l'utilisation de ce matériau contribue à des émissions très élevées de CO<sub>2</sub>. Mais il peut contri-

buer à des structures intelligentes; il faut en diversifier les usages.

### On entend de plus en plus parler de béton textile et de béton de terre. Sont-ils des alternatives intéressantes ?

Pas vraiment; le béton de terre, n'en est pas vraiment un; il faut un peu de ciment dans un béton. Quant au béton textile, il utilise des polymères (fibres naturelles ou plastiques).

### Dans le béton, c'est surtout le clinker qui pèse le bilan carbone. Pourrait-on le remplacer par d'autres composants comme le laitier de haut fourneau ou les cendres volantes ?

Oui, mais nous n'avons pas en Suisse les composants que vous citez. En revanche, nous avons du schiste et il est intégré sous forme calcinée dans la plupart des ciments utilisés dans le pays. Dans nos travaux de recherche, nous travaillons d'ailleurs sur les argiles, en particulier la kaolinite.

### Justement, le béton fabriqué à partir de ciment LC3 est le fruit de vos recherches. Qu'a-t-il de particulier ?

Il s'agit d'une nouvelle sorte de béton à faible empreinte carbone. Basé sur un mélange d'argile et de calcaire, le LC3 pourrait remplacer la moitié du ciment Portland utilisé traditionnellement, réduisant ainsi jusqu'à 40% les émissions de CO<sub>2</sub> dues à ce matériau. L'efficacité de ce nouveau ciment vient de sa composition chimique. Baptisé LC3 pour «Limestone Calcinated clay and Clinker Cement», il est constitué d'argile





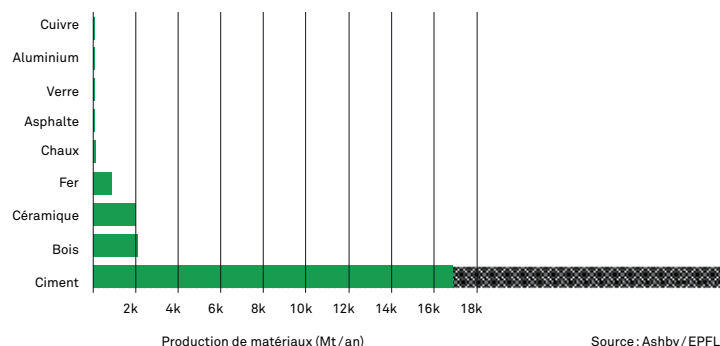
KAREN SCRIVENER  
PROFESSEURE ORDINAIRE ET CHEFFE  
DU LABORATORY OF CONSTRUCTION  
MATERIALS (LABORATOIRE DES MATÉRIAUX  
DE CONSTRUCTION) À L'INSTITUT  
DES SCIENCES ET DE L'INGÉNIERIE  
DES MATÉRIAUX DE L'EPFL

calcinée et de calcaire broyé, assemblés en une pâte moins poreuse et donc plus résistante, sans altérer la performance du produit final.

#### Trouvera-t-on bientôt du LC3 en Suisse ?

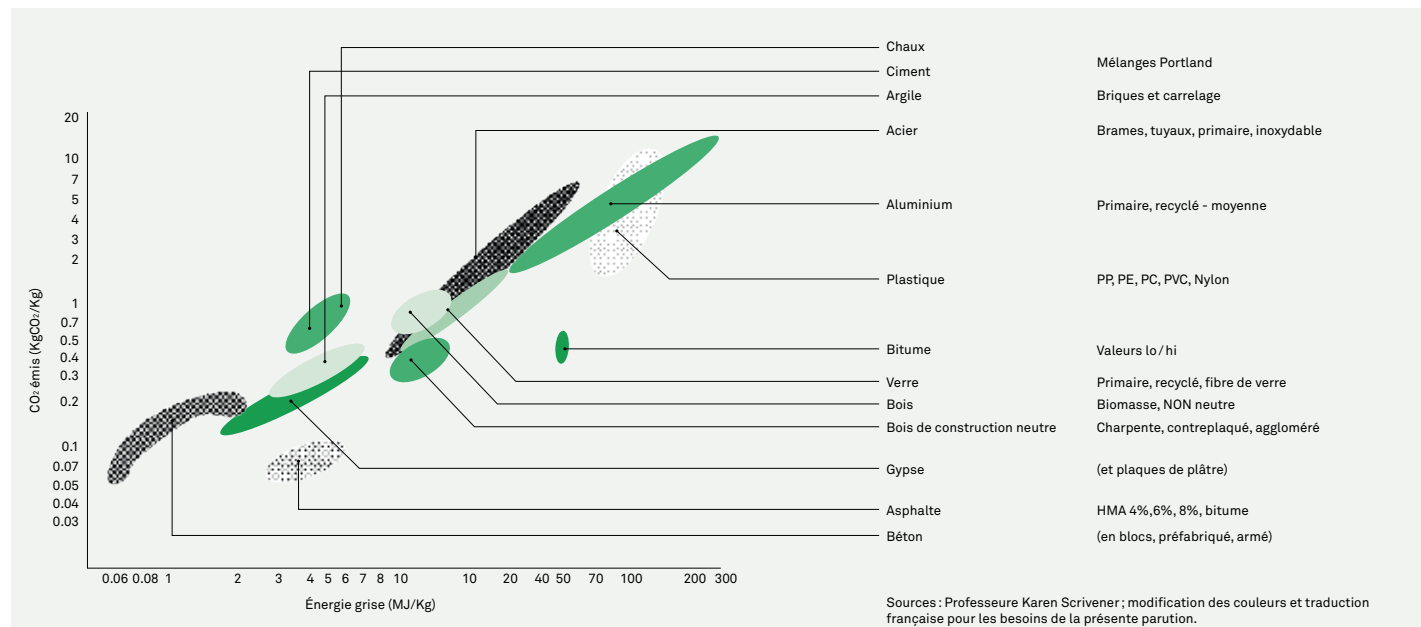
Aujourd'hui, deux sites, l'un en Colombie et l'autre en Côte d'Ivoire, produisent et commercialisent du LC3, et beaucoup d'autres usines sont en cours de cons-

truction. Récemment, les fabricants Vicat ainsi que Holcim ont annoncé qu'ils allaient produire ce type de ciment dans les années à venir et nous avons connaissance d'au moins dix autres projets en cours mais ils sont encore sous le sceau de la confidentialité.



Le béton ne peut pas être remplacé. Les matériaux contenant du ciment contribuent à 50% de tout ce que nous produisons. Vu sous cet angle, le taux des émissions de CO<sub>2</sub> entre 5 et 10% est très bon. Pour remplacer 25% de ces matériaux par du bois, il faudrait planter une forêt d'une surface représentant 1,5 fois celle de l'Inde.

■ Production cumulée de ciment à la capacité maximale (sur la base des réserves)  
▨ Production supplémentaire si autorisation des projets d'extension faisant l'objet d'une demande (sur la base des ressources, projets classés dans le plan directeur en coordination réglée)



BÉTON : ÉLISE BÉRODIER, DOCTEURE EPFL EN SCIENCE DES MATÉRIAUX, SPÉCIALITÉ BÉTON – FREYSSINET SA, MOUDON

Le béton, Élise Bérodière en a fait sa spécialité, pour ne pas dire sa passion. Elle l'a ausculté lors de ses travaux de recherche, est allée à l'étranger pour voir comment on l'utilise ailleurs. Aujourd'hui experte pour l'entreprise Freyssinet, la scientifique se consacre aux solutions de réparation du béton.

## « Il est nécessaire de créer une discipline pour la prévention en amont de la dégradation du béton »

### Quelles sont actuellement les activités de Freyssinet ?

Notre métier de base est constitué de différents domaines, comme la précontrainte, les haubans, et les équipements d'ouvrages. Mais aujourd'hui, nous sommes aussi mobilisés autour d'activités dont le but est d'assurer la pérennité des structures existantes en béton. Nous les réparons par divers procédés de renforcement avec des fibres de carbone, un tissu qui épouse les formes et qu'on colle en le tendant. Il joue le rôle d'une armature qu'on applique sur les murs qui ont des défaillances du point de vue résistance et parasismique; cette résine durcit et empêche une déformation. Dans ce champ d'activité, nous utilisons également le béton fibré projeté ou un béton classique dans le but de former une sorte de coque, de carapace de soutien. On nous demande beaucoup ce procédé pour des ponts qui ne sont plus en très grande forme.

### Pourquoi a-t-on tant utilisé le béton au cours du 20<sup>e</sup> siècle ?

On ne se pose pas assez cette question; rappelons-nous qu'au début du 20<sup>e</sup> siècle, en Europe, il y avait encore beaucoup de pauvreté et les guerres ont aggravé les choses. Dans l'urgence, on se tourne facilement vers le béton, et c'est encore le cas aujourd'hui dans de nombreux pays. J'ai travaillé en Haïti, une île dévastée par les catastrophes naturelles; on voit du béton partout. Avoir un toit solide pour s'abriter, protéger ses biens, c'est le premier pas vers des conditions de vie

tenables. La construction y est majoritairement informelle, sans ingénieurs ni architectes. A l'époque, je venais des Etats-Unis où tout est standardisé. Cela m'a interpellée mais m'a permis de comprendre l'engouement historique pour ce matériau : c'est un élément sécuritaire et symbolique de modernité. Toutes les ressources se trouvent facilement sur place et cette construction ne demande que peu d'outils, juste une pelle et un seau, et pas d'électricité – il y a tout le temps des coupures là-bas. Cette expérience m'a beaucoup questionnée sur l'importance du savoir-faire et de la formation dans le secteur du béton.

### DANS L'URGENCE, ON SE TOURNE FACILEMENT VERS LE BÉTON

### Un ouvrage en béton peut-il durer un siècle ?

S'il est bien fait, oui, absolument. Comme je suis très impliquée dans les diagnostics et les réparations, j'ai pu constater que le problème aujourd'hui est que la conception des ouvrages ne capitalise pas suffisamment sur le savoir lié au vieillissement des structures. Nombre de ponts subissent des problèmes structurels récurrents, par exemple, mais leur conception n'évolue pas en conséquence. Il n'y a pas assez de dialogue entre les concepteurs et les spécialistes des structures vieillissantes;

du coup, les mêmes erreurs sont souvent répétées. Pour moi, il est nécessaire de créer une discipline pour la prévention en amont de la dégradation du béton, en se basant sur les retours d'expérience.

### Est-ce aussi lié à l'idée que le béton est indestructible – il y a cette expression « c'est béton » pour qualifier une solidité à toute épreuve ?

Tout à fait; cela a porté préjudice au matériau et justement, les reproches qu'on fait au béton viennent certainement d'attentes très élevées. On nous a longtemps dit que l'on construit une bonne fois pour toute mais aujourd'hui, on sait que le béton présente des pathologies, qu'il peut être malade, même si, en Suisse, la plupart des bâtiments démolis ne le sont pas parce que le béton est mauvais, mais juste parce qu'il y a un changement de fonction de l'ouvrage. Veut-on encore construire pour 100 ans? Une étude menée à Zurich indique que l'âge moyen de démolition des bâtiments est de 70 ans. Au lieu de transformer, on fait table rase et c'est la raison pour laquelle les quantités de déchets de construction et donc de granulats de béton recyclé sont si importantes.

### Un béton recyclé est-il vraiment durable ?

Le béton recyclé donne l'avantage de préserver les ressources naturelles; il est préférable d'aller chercher du granulat dans une décharge plutôt que dans une carrière. Son bilan carbone n'est pas forcément meilleur qu'un béton ordinaire aujourd'hui mais je pense que cela



ÉLISE BÉRODIER,  
DOCTEURE EPFL EN  
SCIENCE DES MATÉRIAUX,  
SPÉCIALITÉ BÉTON –  
FREYSSINET SA, MOUDON

va s'améliorer. Si le béton recyclé était davantage utilisé en Suisse, il y aurait plus de moyens pour l'améliorer.

#### Comment le béton se dégrade-t-il ?

Parmi les principales pathologies, la plus connue est la réaction alcali-granulat (RAG) qui provient de la réaction de la silice du granulats avec les infiltrations d'eau et les éléments chimiques contenus dans le ciment; le granulats gonfle, ce qui provoque des fissures. C'est un des problèmes majeurs du béton en Suisse, notamment sur les gros ouvrages. Autrement, quand le béton n'est pas bien conçu ou que les armatures sont mal mises en place, les causes climatiques peuvent dégrader les structures; le gel et dégel de l'eau dans le béton, par exemple, le font éclater, mettant à nu l'armature qui se corrode, phénomène amplifié par le chlorure des sels de déverglaçage. Cela peut aussi se produire parce qu'on n'a pas respecté l'épaisseur d'enrobage; les fers sont trop proches de la surface. Le ruissellement de l'eau provoque tout autant de dégâts par infiltration s'il y a des fissures; des stalactites se créent en se chargeant en calcite à travers le ciment. Cela devient préoccupant quand c'est de grande ampleur, l'étanchéité n'est plus très bonne. Vient ensuite la carbonatation naturelle du béton, sujet à controverse. Des produits dans le béton se carbonatent avec le CO<sub>2</sub> et reviennent à l'état de calcite; c'est ce qu'on appelle le cycle de la chaux. En présence d'humidité, si le béton est armé, la carbonatation est un problème pour la pérennité de l'ouvrage.

#### Un mur en béton peut-il capter du CO<sub>2</sub> ?

Oui; le CO<sub>2</sub> pénètre juste en surface et durcit le matériau. Certains utilisent d'ailleurs cet argument quand ils parlent du béton qui s'autorépare. En réalité, de

petites bactéries aident à produire du calcaire à l'intérieur, remplissant ainsi les vides. Techniquement, cela rend le béton effectivement plus dur mais ce qu'on n'aime pas du tout, c'est que le processus laisse aussi des vides qui permettent à l'eau et à l'oxygène d'atteindre l'armature. Donc, en soi, la carbonatation ne serait pas un problème s'il n'y avait pas les armatures.

EN SOI, LA CARBONATION  
NE SERAIT PAS UN PROBLÈME  
S'IL N'Y AVAIT PAS LES ARMATURES.

#### Dans la recherche actuelle pour rendre le béton plus écologique, certaines entreprises testent la capture du CO<sub>2</sub> d'une façon artificielle. Quelle est votre idée sur le sujet ?

En capturant le CO<sub>2</sub> dans le sol afin d'aboutir à une consolidation calcaire, beaucoup de prédictions affirment que le problème serait résolu, mais c'est utopique. De plus, les stratégies CCS (Carbon Capture and Storage) utilisées demandent beaucoup d'énergie et d'argent; cette stratégie cache le problème pour que l'on continue comme avant. En revanche, une startup, Neustark à Berne, propose d'accélérer la carbonatation naturelle en injectant du CO<sub>2</sub> dans du granulats associé à d'anciens ciments hydratés; le résultat donne une coque de calcaire autour de l'ancien granulats. Les résultats sont encourageants, même à grande échelle, mais le coût est encore élevé. A mon sens, ce procédé est bien plus convaincant que la capture dans le sol, et la technologie a le mérite de déjà

exister. De petites entreprises l'on déjà mis en service, c'est un investissement qu'elles arrivent à supporter, aspect à prendre en considération.

#### Est-il vrai qu'un béton concassé laissé à l'air libre peut capturer autant de CO<sub>2</sub> que celui émis lors de sa fabrication ?

Pas à ce point! Mais ce serait tout de même bien de laisser le béton concassé à l'air libre, sachant qu'on ne parviendra jamais à capter l'équivalent de ce qui a été émis en amont. Le mieux serait de ne pas démolir. J'ai à l'esprit le projet de recherche Re:crete développé par des chercheurs du laboratoire Structural Exploration Lab (SXL) de l'EPFL qui ont fait l'expérience de découper le béton d'un bâtiment, en vue de son réemploi au lieu de le recycler. Ils en ont fait des blocs utilisés en maçonnerie soutenus par de la précontrainte pour la construction d'une passerelle. Présentement, pour monter une telle filière, il manque des laboratoires, des experts pour diagnostiquer l'état du béton. Toutefois, à moyen terme, le BIM facilitera les choses puisqu'il nous donnera accès à toutes les informations relatives aux composants d'un objet, y compris sur les types de bétons utilisés.

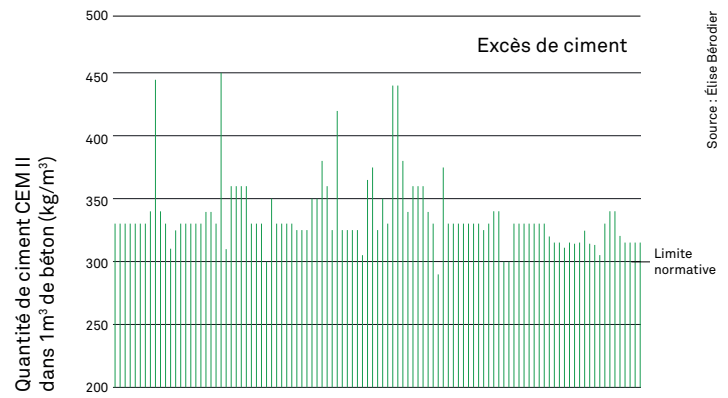
#### Va-t-on vers une décarbonation complète du béton à l'horizon 2050 ?

Aujourd'hui, on met un peu tout et n'importe quoi derrière le terme décarbonation. N'y aura-t-il plus de CO<sub>2</sub> émanant de la production de ciment ? Cela est impossible parce que chimiquement, dès qu'on chauffe du calcaire, on a une émission de carbone. La capture et le stockage du CO<sub>2</sub> sont un moyen en cours d'étude pour ne pas relâcher de CO<sub>2</sub> et avoir un bilan de production neutre. Dans le domaine des ciments, tout dépend de la manière dont ils sont fabriqués.



Port-au-Prince, Haïti, en 2017. L'habitat en béton dans sa plus dense expression, une nécessité vitale sur l'île.

© Élise Béroder



Source : Élise Béroder

Observation de 80 sites construits en Suisse. Seuls trois ouvrages respectent la norme et un seul autre se trouve au dessous. Les autres la dépassent largement.

Il en existe de nombreux, parmi lesquels certains remplacent une grande partie du clinker par d'autres matières, avec une réduction subséquente des émissions de CO<sub>2</sub>. En Suisse la norme régit la quantité de liant par type de béton, avec toute la marge de sécurité nécessaire; or, on est très souvent plus haut (voir graphique ci-dessus). C'est plus solide mais inutile; les ingénieurs et les entreprises de construction devraient pouvoir respecter la limite vers le bas. A leur décharge, on s'intéresse trop peu à ce qui se passe sur les chantiers et à l'amélioration de la mise en place du béton sur le terrain.

Il n'en reste pas moins vrai que des efforts doivent être entrepris au niveau des exigences normatives car elles ne laissent que peu de portes ouvertes à des alternatives. Pour ma part, je vois le matériau comme un processus socio-technique: en cherchant des solutions purement techniques, on n'arrivera pas à un béton durable. Il faut se préoccuper de la partie savoir-faire et formation. Le Panthéon à Rome a plus de 2000 ans d'âge; il est toujours debout, fait en béton. Comment se fait-il qu'aujourd'hui on n'arrive pas à construire des structures capables de durer aussi longtemps?

#### Y-a-t-il une « nouvelle race » de béton ?

De nouveaux ciments et de nouvelles formes d'utilisation du béton voient le jour dans les universités, HES et entreprises suisses. Le secteur est très dynamique, on sent qu'une transformation est en train de s'opérer. Une innovation qui m'a interpellée est celle du Professeur Mutoni, de l'EPFL : le béton renforcé par du textile. Cette approche bouscule le statu quo de l'armature en fer, droite, figée et sensible à la corrosion. Dans le béton textile, un tissu (en carbone ou verre) très résistant prend le rôle de l'armature.

On obtient ainsi des structures très fines et légères, sans corrosion potentielle. Mais si nous ne réussissons pas à définir de nouveaux bétons, j'espère au moins que nous trouverons de nouvelles façons de le mettre en place. A ce titre, l'entreprise Mobbott, spécialisée dans la fabrication digitale de béton projeté, a dû faire face à des difficultés qu'elle a résolues en élaborant un béton approprié. Ce type de combinaison constitue une nouvelle voie. Le fait d'avoir des contraintes permet d'innover. Je pense que la filière se heurte à quelques murs qu'elle n'a pas vu venir et cela va faire changer les choses.

#### AUJOURD'HUI, ON MET UN PEU TOUT ET N'IMPORTE QUOI DERRIÈRE LE TERME DÉCARBONATION

#### Dans cet ordre d'idée, quel est l'apport des imprimantes 3D ?

On se trouve dans le domaine des bétons non armés, pour lesquels on commence à aller dans des zones non explorées d'optimisation. C'est une forme moins traditionnelle mais le tout digital est encore loin. Cependant, on a fait d'énormes progrès dans la chimie du béton avec les adjuvants parce qu'il fallait que le matériau soit en même temps à prise rapide et fluide. Ce qui a un peu bousculé les principes de base de la construction en béton, justement parce qu'il n'y a plus d'armature; qui plus est, l'esthétique est complètement différente. L'autre aspect vraiment innovant de l'impression 3D, c'est qu'on peut mettre la matière seulement là où on en a besoin, ce qui n'est pas possible avec un coffrage traditionnel.

Alors, si on veut économiser du CO<sub>2</sub> en épargnant de la matière, ce procédé est une très bonne réponse.

#### Finalement, quelle est la morale de l'histoire ?

Les gens doivent comprendre que le béton est un matériau pluridisciplinaire, pas seulement un matériau d'ingénierie. Si l'on ne prend pas en compte cette pluridisciplinarité, nous ne parviendrons pas à ériger des constructions écologiques et durables.

La durabilité prend en compte trois facteurs : économie, social et environnement. Par conséquent, il ne suffit pas de se contenter de produire un ciment bas carbone. Le débat qui a émergé sur le béton en Suisse est une bonne chose. Jusqu'à présent, peu de gens prenaient le temps de s'interroger sur les matériaux utilisés dans la construction. De ce point de vue, il y a eu une véritable prise de conscience. Maintenant, il faut réfléchir de façon rationnelle.

En Suisse, nous avons vraiment les moyens de baisser ce bilan, juste en améliorant les recettes et la façon dont on le met en place. C'est un travail pour les ingénieurs, les architectes, les concepteurs et les entreprises de construction; nos métiers en seraient valorisés. Il faudrait que les producteurs de béton aussi y soient sensibilisés et surtout, il est primordial de transmettre tout cela aux jeunes générations.



## UNE PASSERELLE EN BLOCS DE BÉTON DE RÉEMPLOI

C'est peut-être une première mondiale, mais à coup sûr une réalisation exceptionnelle, une passerelle piétonne construite à partir de blocs de béton de réemploi, conçue par le campus associé du Structural Xploration Lab (SXL) de l'EPFL Fribourg et du Smart living Lab, sur le site de Blue Factory, à Fribourg. Un travail de recherche supervisé par Corentin Fivet, directeur du SXL.

Lors de l'inauguration, en octobre 2021, du prototype RE:CRETE, appellation donnée au projet de cette passerelle, Martin Gonzenbach, directeur opérationnel du Smart Living Lab, a rappelé les principes fondateurs de la démarche: «C'est une arche qui paraît classique avec un matériau très familier, le béton. Et pourtant, il s'agit là d'une innovation majeure qui préfigure une bonne pratique, voire une nouvelle technologie, qui est appelée à se généraliser dans l'industrie de la construction – le réemploi d'éléments de structures – en mettant à profit leurs propriétés structurales encore intactes. La motivation de cette démarche s'inscrit dans les efforts que nous avons faits pour limiter le réchauffement climatique et pour cela réduire les émissions de GES\* issus de la construction.»

**La réalisation**

Les laborants ont collaboré avec l'entreprise Diamcoupe pour obtenir les éléments devant composer l'ouvrage, soit 25 blocs de 20 cm d'épaisseur. Ces blocs ont été découpés sur un chantier à moins d'une heure de route du laboratoire, puis transportés dans l'atelier de l'entreprise pour forer les trous latéraux destinés à passer la précontrainte. Livrés au laboratoire, les blocs ont été montés sur un cintre en bois, assemblés un à un, en passant en même temps les barres de précontrainte. Les tolérances indiquées ont été comblées avec des mortiers aux joints, pour combler les différences dimensionnelles et assurer le bon contact entre les différents blocs. L'entreprise Freyssinet est ensuite venue faire la mise en précontrainte: les deux câbles qui traversent toute la passerelle servent essentiellement à reprendre la charge.

**Ce qu'on en déduit**

«Ensuite, explique Maléna Bastien Masse, chercheuse, nous avons réalisé un essai de charge; nous avons pu placer 1,8 tonne de sacs de sable et mesuré la flèche résultante: 1,13 mm, juste pour démontrer que la passerelle avait un comportement fidèle au modèle de calcul.» En outre, des essais au scléromètre ont permis de contrôler la résistance en compression et une entreprise spécialisée en tribologie a fait des mesures au géo-radar pour vérifier qu'il n'y avait pas de problème de durabilité dans le béton. Une analyse de cycle de vie a démontré que la passerelle en béton réemployé



L'ouvrage a une portée de 10 m. Lors de l'inauguration, 25 personnes sont montées dessus.



Mortiers aux joints pour combler les différences dimensionnelles et assurer le bon contact entre les différents blocs.

a une émission de CO<sub>2</sub> à environ 1/3 de celle d'une identique en nouveau béton. Son impact environnemental est plus faible que des solutions similaires en béton armé (-63%) ou en acier (-75%) et environ semblable à celui d'une solution en bois neuf (+9%).

\* GES: gaz à effet de serre



INTERVIEW: FRÉDÉRIC PICHELIN, HAUTE ÉCOLE SPÉCIALISÉE BERNOISE - BFH -, BIENNE

Frédéric Pichelin dirige des travaux sur le collage et les adhésifs dans les technologies du bois, avec une orientation biologique. Il fait le point sur l'état de la recherche aujourd'hui.



«Nous serons de plus en plus  
interdisciplinaires»





FRÉDÉRIC PICHELIN, DIRECTEUR  
DE LA DIVISION RECHERCHE ET DE  
L'INSTITUT DES MATÉRIAUX ET DE LA  
TECHNOLOGIE DU BOIS, HAUTE ÉCOLE  
SPÉCIALISÉE BERNOISE À BIENNE,  
ET CHARGÉ DE COURS À L'EPFL

**Lors des rencontres romandes du bois à l'automne passé, vous avez dit :**

**« Combiner le bois avec les autres matériaux, c'est de là que naît l'innovation. » En quoi cela est-il vrai ?**

Il y a deux approches; l'une, purement ingénierie, part de l'idée que, dans une démarche de développement, on ne doit pas utiliser le bois à tout prix pour remplacer d'autres matériaux qui auraient des propriétés plus avantageuses. Mais en le combinant, il est possible de mettre en avant certaines de ses qualités. Un bel exemple, les dalles mixtes bois-béton pour lesquelles on utilise toutes les particularités du bois en tension; le matériau est fait de longues fibres, il résiste en flexion, et l'on coule dessus une dalle de béton qui garantit une meilleure protection incendie tout en conférant de la masse à l'ensemble.

D'un autre côté, dans le contexte du développement durable et de l'économie circulaire, le recyclage des matériaux et l'approvisionnement en matières premières ainsi que l'énergie utilisée dans les procédés de fabrication ont bien sûr un impact sur les émissions de carbone. De nouveau, l'idée de combiner des matériaux, par exemple un produit recyclé avec du bois, pourrait être plus judicieuse qu'un matériau tout bois parce qu'on a obtenu ce produit avec moins d'énergie.

**Avez-vous un exemple concret ?**

Si l'on fait un bilan carbone du papier, de grandes quantités d'énergies sont utilisées dans la production des fibres; selon la source d'énergie, en Allemagne avec du charbon par exemple, le résultat sera catastrophique. En revanche, si le bois est utilisé simplement sous forme de placage, avec un film plastique pour le renforcer – je pense à une application concrète, des gobelets développés par

une société –, le bilan écologique est bien plus favorable. Ce n'est pas parce qu'on utilise du bois qu'on a forcément un bon bilan, et plus on le transforme, plus le bilan énergétique est impacté.

CE N'EST PAS PARCE QU'ON  
UTILISE DU BOIS QU'ON A FORCÉMENT  
UN BON BILAN

**En Suisse on n'utilise pas la ressource forestière de façon optimale. Comment pourrait-on mieux utiliser notre bois ?**

Il faut se replacer dans le contexte géographique de la Suisse. Nous avons une topographie certes favorable, offrant de bonnes conditions de croissance pour les arbres, mais aussi beaucoup de régions de montagne où l'exploitation est plus compliquée, donc plus chère. L'impact est direct sur le coût de la matière première. De plus, la sylviculture est différente en zone montagneuse, produisant des essences qui ont grandi sous des conditions climatiques rudes. Les bois auront donc plus d'imperfections, comme des nœuds, qui déplaisent à une part de la clientèle et que les constructeurs n'apprécient pas car ils sont à l'origine de zones faibles dans les bois de tension. En outre, qui dit imperfections dit ne pas pouvoir utiliser toute la matière

première. Par conséquent, les professionnels ont tendance à se tourner vers des bois scandinaves, qui ont grandi dans des conditions stables et constantes.

La réponse serait de trouver de nouvelles applications, des solutions innovantes de détection de nœuds. Nous y réfléchissons – passer par l'automatisation, entre autres – et la digitalisation peut nous y aider. Cette technologie commence à se développer. L'autre alternative serait d'accepter que le bois ait des défauts et de trouver des utilisations dans lesquelles ils n'auront pas un grand impact, comme les panneaux de particules.

**Est-ce à dire qu'une industrie de ce type devrait se développer en Suisse ?**

Nous importons encore beaucoup de l'étranger alors que nous maîtrisons tout le savoir-faire pour produire du bon lamellé-collé, avec des technologies modernes, qui pourraient permettre d'enlever des nœuds, de prendre les bonnes sections, d'utiliser des résineux et peut-être plus de hêtre.

Fagus Suisse est un exemple-type où l'on accepte la qualité du hêtre qui pousse dans le Jura. Tout un processus a été mis en place pour trier et suivre le fil du bois, éliminer les nœuds, le coller, en faire un produit de très haute qualité. Mais il faut maîtriser les coûts d'exploitation pour aller chercher la ressource en forêt, les coûts de transformation, puis en fin de chaîne, faire accepter ces nouveaux matériaux, au monde de la construction et aux consommateurs. Il s'agit d'expliquer qu'acheter ou investir dans du bois suisse, des produits élaborés avec des circuits courts et peu de transport – même avec un petit surcoût, on parle de quelques pourcents –, c'est aussi entretenir et utiliser la ressource locale.



**Au laboratoire Ibois de l'EPFL, le Professeur Weinand a entrepris des travaux de recherche visant à utiliser le bois rond – scannage du tronc sur pied, bibliothèque de données numérisées, robotisation de production. Selon vous, est-ce prometteur ?**

C'est une démarche impliquant un minimum de transformation du tronc, tout à fait possible mais pas pour un large marché, plutôt réservée à des bâtiments-phares. Ma vision et mon expérience s'orientent plus vers une coupe en planches. Cela implique de devoir assembler avec des moyens de collage de plus en plus respectueux de l'environnement, ce qui permettra de prospecter le domaine de la construction individuelle, de l'extension de bâtiments existants, et de stocker plus de carbone.

**Donc, quand on parle de construction en bois, c'est quand même en général avec du lamellé-collé ?**

Oui, mais il faut observer l'évolution du marché et voir comment les « gourous » réagissent. En l'occurrence, Losinger Marazzi en Suisse et Bouygues en France ont pour objectif de prendre une part de 30% du marché du bois. À l'origine, ce sont des pros du béton; ils connaissent la facilité du coffrage sur place; nous devons réussir à les approcher avec des technologies qui s'apparentent à celles de la construction. Cela signifie préfabriquer de manière sèche en usine, avec du lamellé-collé et des bois recollés. Nous ne pourrions pas séduire ces acteurs formés à construire avec des éléments pré-fabriqués en arrivant avec une technologie demandant plus de temps d'adaptation, mais plus sûrement avec une stratégie de substitution de produits existants. Il faut aussi que les architectes et les ingénieurs puissent bien dimensionner leurs projets avec ces matériaux-là. Donc, plus le matériau sera standardisé, normé, plus ce sera facile et justement, le lamellé-collé et le CLT ont le vent en poupe. (CLT: Bois lamellé-croisé. Les planches sont empilées en couches croisées. Ces panneaux sont destinés à la réalisation d'ouvrages de planchers, murs porteurs et de toitures.)

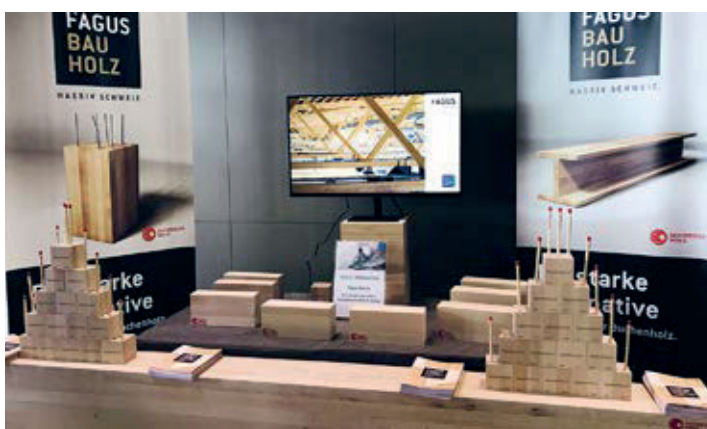
**Le CLT est un produit relativement récent. Il se positionne comme un concurrent du béton ?**

Oui; les architectes l'apprécient parce qu'ils peuvent l'utiliser en faisant du prédimensionnement; on peut intégrer les portes et les fenêtres, tout peut être



© Haute école spécialisée bernoise à Bienne

Des travaux de recherche sur l'utilisation du tanin de l'écorce du bois pourraient aboutir à l'élaboration d'une colle biosourcée afin d'éliminer l'inconvénient des colles issues de la chimie pour l'assemblage du bois lamellé-collé.



© Annie Admane

Lors des Rencontres romandes du bois à l'automne 2021, Fagus a présenté ses travaux ouvrant de nouvelles perspectives pour l'usage du hêtre dans la construction.

fait en usine; il est facilement transportable jusqu'aux chantiers par camion ou hélicoptère. Les extensions de refuges en montagne en sont des exemples. C'est un matériau prédestiné pour les bois de résineux. Tous les grands projets se font avec lui en Norvège, en Finlande, et en Autriche.

**L'un des inconvénients du bois lamellé-collé est la colle, qui pèse le recyclage. Où en sont vos recherches dans ce domaine avec le tanin ?**

Les colles utilisées actuellement sont des polyuréthanes qui travaillent à froid, vraiment prédestinées au CLT et au lamellé-collé. La colle issue du tanin est une autre technologie qui nécessite de la chaleur pour durcir, raison pour laquelle on l'utilise surtout pour les panneaux de particules ou des applications avec presses chauffantes.

Un produit sans apport externe de chaleur demande plus de recherche au niveau de sa formulation. Si on les fait réagir à froid, ces colles nécessiteront beaucoup de temps. Au niveau de la résistance, nous devrions être en mesure

PLUS LE MATÉRIAU SERA STANDARDISÉ,  
NORMÉ, PLUS CE SERA FACILE  
ET JUSTEMENT, LE LAMELLÉ-COLLÉ ET  
LE CLT ONT LE VENT EN POUPE.

d'apporter des colles concurrentielles, mais sur le plan économique, nous devons encore trouver des formulations permettant aux producteurs de les adopter sans devoir doubler ou tripler les temps de pressage. Il faut mettre en balance l'avantage écologique et le coût économique: à la fin, c'est toujours le porte-monnaie qui parle ! Pour Fagus Suisse, nous avons élaboré un durcissement par micro-ondes; cet apport de chaleur est une alternative qui permet de durcir cette colle. Nous en sommes vraiment au début; nous avons aussi un autre composant sur lequel nous travaillons beaucoup: la lignine, un résidu de l'industrie papetière; on en trouve beaucoup en Suisse et à l'étranger. Elle est intéressante car elle a des vertus comparables à celle du tanin, c'est-à-dire qu'on peut la transformer et l'utiliser comme polymère pour en faire des colles.

**Pour rendre le bois imputrescible et résistant aux agressions extérieures, on utilise des vernis, des lasures, des peintures... qui prétendent également le bilan écologique. Comment y remédier ?**

Il y a d'abord le choix de l'essence, par exemple le mélèze, le chêne, le châtaignier ont par nature une très bonne résistance aux agents externes, champignons et insectes. Il suffit d'aller voir les anciennes constructions en Valais, avec des bois en façade datant de 200 à 300 ans, sans vernis.

L'autre possibilité est de modifier le bois, comme le sapin ou l'épicéa, en l'imprégnant de substances minérales. Nous travaillons avec des sels minéraux qui viennent recouvrir les cellules du bois. On a fait des tests qui démontrent que le bois n'est quasiment plus dégradé par des agents et qu'il est devenu quasiment incombustible. On a un bois un peu transformé, mais sans substance à base de pétrole. On pourra toujours le recycler, sans émission nocive. Je ne peux pas en dire plus, cette technologie étant protégée. Une troisième piste réside dans le concept architectural: penser à des avant-toits généreux ou construire autrement, en ne mettant jamais un bois en contact direct avec le sol. Il faut aussi accepter que le bois change de couleur.

**Changeons d'échelle avec la construction de tours tout en bois, objets d'un antagonisme récurrent avec les autres matériaux de construction. Comment appréhendez-vous cette thématique ?**

Nous suivons le débat actuel de très près. Nous sommes d'ailleurs membres

d'un réseau international de partage des savoirs – Woodrise –, dans lequel des collègues de Lignum et moi-même représentons les intérêts suisses. Nous suivons ces avancées mais en menant une politique des petits pas, préférant consolider nos acquis sur quatre à cinq étages avant de se lancer dans la grande dimension. Il serait dommageable de se précipiter en négligeant des aspects importants, comme les risques d'incendie ou de mort d'homme, juste pour le prestige. Néanmoins, l'avantage de Woodrise est de repousser les limites pour amener en douceur de nouvelles technologies et de nouvelles normes. Le but est que la communauté scientifique raisonne les architectes.

**L'AUTRE POSSIBILITÉ EST DE MODIFIER LE BOIS, COMME LE SAPIN OU L'ÉPICÉA, EN L'IMPRÉGNANT DE SUBSTANCES MINÉRALES.**

**La dynamique de la recherche dans le domaine du bois est remarquable.**

**Comment les différents métiers du bois devraient-ils évoluer pour suivre toutes les traces qui se dessinent ?**

Maintenant, les grands groupes cherchent des spécialistes «hybrides» qui connaissent le langage du béton et celui du bois, qui pourront s'adapter et utiliser des techniques de préfabrication pour gagner des parts de marché et parvenir à ces 30% dont j'ai parlé précédemment. Ces personnes seront généralistes; c'est en ce sens que nous travaillons sur le contenu de nos filières de formation. Finalement, on pourra enseigner des technologies de base sur tous les matériaux – métal, béton, bois – puis passer sur une spécialisation dans le domaine du bois. Nous serons de plus en plus interdisciplinaires; l'enjeu est que l'architecte communique bien avec l'ingénieur en génie civil ou un ingénieur actif dans une production de CLT ou de lamellé-collé. Les métiers liés, menuiserie et charpenterie, existeront toujours.

Nous avons lancé au mois de septembre 2022 un nouveau master «Circular innovation and sustainability» dans lequel je suis impliqué et au cœur duquel l'économie circulaire et l'innovation ont leur place, en tenant compte des défis environnementaux. Ces domaines vont reprendre certains métiers du bois et les combiner avec tout le savoir-faire du recyclage, de la construction, et des plastiques. C'est une démarche très généraliste et holistique.

**L'ultime défi ?**

Il faut montrer au monde politique et aux citoyens que la forêt a certes un rôle de protection et qu'elle peut séquestrer beaucoup de carbone, mais qu'une forêt saine implique que l'on doive couper des arbres, les extraire, pour la régénérer; il vaut mieux couper du bois chez nous que de le faire venir du Brésil par bateau. Nous sommes dans un débat un peu dangereux où tout le monde veut sauver la planète en plantant des arbres et ne plus y toucher; il ne faut pas passer d'un extrême à un autre. Enfin, il faut que nous nous attachions à prolonger la vie de tout ce que nous avons construit en bois, et il est nécessaire de développer une technologie pour pouvoir réparer, réemployer et recycler tout ce patrimoine. Ce sont de grands enjeux.

## LE CHANGEMENT EST EN MARCHÉ

Avec l'émergence du concept d'industrie 4.0 ou quatrième révolution industrielle, est également née l'idée de l'éducation 4.0, qui doit préparer les générations futures à évoluer aisément dans un monde du travail en pleine mutation.

Dans son rapport *The future of jobs Report 2020*, le World Economic Forum (WEF) prévoit que des postes demandant des compétences humaines, comme le conseil, la prise de décision, le raisonnement, la pensée analytique seront de plus en plus proposés aux personnes actives. Autrement dit, l'être humain et la machine feront toujours bon ménage, mais, pour nous à un niveau d'implication personnelle plus poussé – on remarque déjà que la frontière entre sphère privée et monde du travail a tendance à s'estomper, les compétences s'imbriquant les unes dans les autres –, alors que l'intelligence artificielle rendra les machines toujours plus performantes, censément au profit des employé·e·s qui pourront se fier à elles. En toute logique, l'éducation doit suivre le mouvement afin que les individus puissent raisonnablement espérer réussir leur carrière professionnelle et s'y épanouir, tout en rendant à la société et à l'économie le service de leur être utile.

**Le cadre suisse s'adapte**

En septembre 2018, le Conseil fédéral a lancé le Programme national de recherche PNR 77 «Transformation numérique», doté d'un budget de 30 millions de francs, dont l'objectif principal consiste à étendre les connaissances sur les opportunités et les risques de la numérisation pour la société et l'économie. Les projets de recherche s'étalent sur cinq ans, autour de trois modules, dont un intitulé «Formation, apprentissage et tournant numérique». Le but est de cerner l'impact de la numérisation sur la formation, l'apprentissage tout au long de la vie, et sur les écoles à tous les échelons.

Parallèlement, le Secrétariat d'Etat à la formation à la recherche et à l'innovation (SEFRI) déploie son projet *Formation professionnelle 2030*, avec une priorisation de plusieurs lignes d'action, parmi lesquelles l'orientation de la formation professionnelle vers l'apprentissage tout au long de la vie, la flexibilisation des offres de formation, et l'utilisation de la numérisation et des nouvelles technologies d'apprentissage sur tous les lieux de formation et dans l'administration de la formation.

En outre, la Confédération et les cantons ambitionnent d'ajuster l'enseignement de la culture gé-



Le robot Thymio a trouvé sa place dans les écoles vaudoises.

nérale dans la formation professionnelle initiale aux exigences de la société et du marché du travail de demain. Le projet, nommé *Culture générale 2030*, est porté par le SEFRI et la CSFP (Conférence suisse des offices de formation professionnelle).

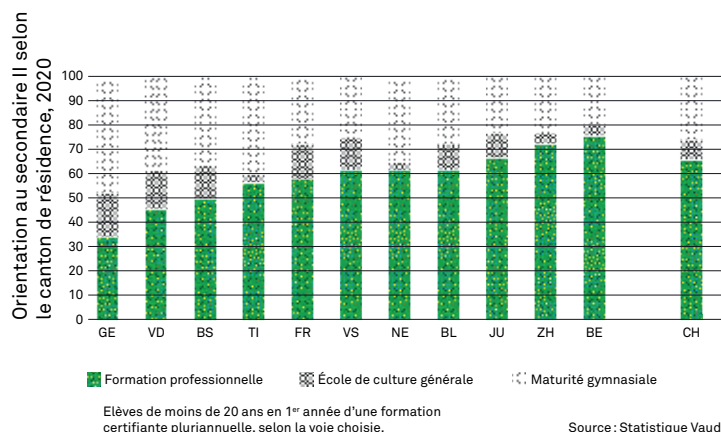
**Les Vaudois prévoyants**

Près de 95 000 élèves suivent l'enseignement obligatoire dans le canton de Vaud. L'introduction d'une éducation au numérique de tous les élèves, lancée en 2019, a permis, jusqu'à présent, la formation de plus de 2 000 enseignant·e·s à la numérisation qui ont pu en faire bénéficier quelque 21 000 élèves.

Un budget de 60,7 millions de francs a été consacré à cette réponse, dont l'éducation numérique a été l'un des grands chantiers, à côté du renforcement de l'enseignement des mathématiques et du français. Le plan prévoyait qu'à la fin de 2022, 4 000 enseignant·e·s, soit 40 % de l'effectif, seraient formés et que 36 000 élèves répartis dans 52 établissements scolaires sur un total de 93 profiteraient de la mesure. L'ambition est que toutes les classes soient équipées à l'horizon 2025-2026.

Dans ce but, l'école vaudoise a innové en se dotant de ses propres moyens d'enseignement pour l'ensemble des cycles qui intègrent notamment les dimensions de la citoyenneté numérique (impacts sur la société et les individus, risques d'addiction liés aux écrans, etc.).





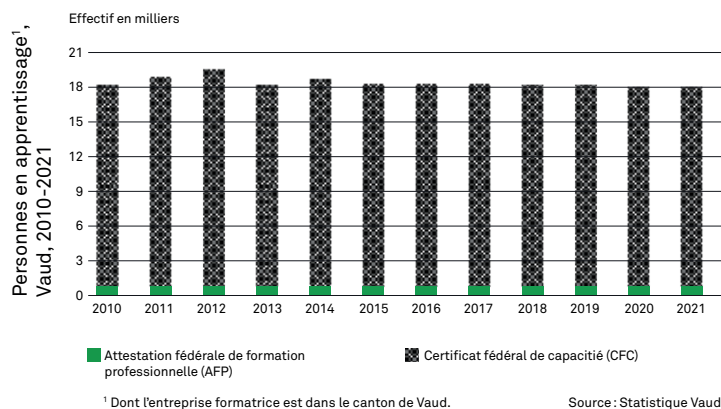
Le travail avec le robot éducatif Thymio (développé en collaboration avec l'EPFL et l'ECAL) et le robot blue-bot (introduction à la programmation, au pilotage et au vocabulaire directionnel pour jeunes enfants) s'est répandu.

En décembre dernier, le conseil d'Etat a annoncé avoir soumis trois décrets au Grand conseil totalisant un budget de 48 millions de francs pour la formation des enseignants, le déploiement des infrastructures nécessaires et l'achat de matériel. Ces crédits doivent permettre de financer l'éducation numérique sur cinq années, jusqu'au terme prévu pour l'année scolaire 2027-2028.

### Renforcer l'apprentissage

Frédéric Borloz, chef du DEF, Département de l'enseignement et de la formation professionnelle du canton de Vaud, a confirmé, à la rentrée d'août 2022, sa volonté de poursuivre la stratégie mise en place au besoin en l'adaptant mais aussi en mettant l'accent sur la formation professionnelle – le canton compte actuellement 18 000 apprenti·e·s en formation. Si ce chiffre est stable depuis environ dix ans, le constat n'est pourtant pas positif, selon Statistique Vaud dans sa dernière publication *Numerus* en décembre 2022 : comme le nombre de jeunes croît dans la population, la part des jeunes se tournant vers la voie professionnelle après l'école obligatoire diminue chaque année au profit de la voie gymnasiale. A vrai dire, Statistique Vaud insiste en précisant que « le canton de Vaud a connu un bouleversement en passant de 74 % de jeunes s'orientant vers la voie professionnelle en 1990 à 45 % trente ans plus tard, soit la plus forte baisse de toute la Suisse. »

Ce faisant, tandis que l'informatique et la santé connaissent un élan de faveur, l'industrie de transformation et le bâtiment sont en perte de vitesse. Pour rendre l'apprentissage plus attractif, les stages en entreprise ont été assouplis quant à leur durée (de 1 à 5 jours au lieu de 3 jours obligatoires) et pour les élèves en dernière année de secondaire, des stages de 10 jours sont possibles. Il est également prévu que le département, en collaboration avec les associations professionnelles, travaille sur les ordonnances



de formation afin que les métiers collent vraiment aux besoins de la société, et parallèlement, de faire que tous les métiers soient connus, en donner le goût aux jeunes, et conséquemment, aider ces derniers à faire un choix.

### La Fédération vaudoise en action

À la Fédération vaudoise des entrepreneurs, on agit à deux niveaux : la promotion des métiers de la construction auprès des jeunes, et la formation continue. Pour les enfants en école primaire, des après-midis d'activités, et pour les ados, des stages découvertes à l'École de la construction ou en immersion en entreprise, sont des opportunités pour mettre en valeur les savoir-faire et faire le lien avec leur évolution et tous les développements liés à la durabilité et l'économie circulaire.

Dans le domaine de la formation continue, il s'agit de permettre aux personnes déjà titulaires d'un CFC ou d'une AFP de mettre à jour leurs connaissances. Pour être efficace, il serait imaginable que des nouveaux modules introduits en formation initiale soient repris pour tous les professionnels déjà actifs. En ce sens, des synergies entre les différentes formations seraient nécessaires, mais cela demande du temps : les ordonnances de formation sont révisées tous les cinq ans, car cela requiert un consensus des associations professionnelles de tous les cantons.



CHRISTIAN WÜRMLI,  
DOYEN À L'ÉCOLE DE LA CONSTRUCTION,  
TOLOCHENAZ

A chaque rentrée scolaire, l'Ecole de la construction vit l'effervescence de l'enclassement, en cours interentreprises, de quelque 430 jeunes visant un CFC ou une AFP. Le bon moment pour interpeller le doyen, Christian Würmli, sur le contenu de l'enseignement dispensé ici.

**Les cours interentreprises permettent aux apprenti·e·s de se confronter à toutes sortes de pratiques et de matériaux.**

**Dans ce cadre, avez-vous déjà intégré des nouveautés ?**

En ce qui concerne l'Ecole, nous avons équipé nos ateliers avec des machines d'usinage à commande numérique pour l'usinage du bois, et une installation de découpe au plasma pour les constructeurs métalliques. Les ateliers de ces derniers vont par ailleurs bénéficier d'un investissement financier conséquent pour compléter leur équipement.

Pour le reste, en fait, c'est le marché qui fait évoluer les choses, parce que les fabricants qui ont développé un nouveau produit le promeuvent auprès des entreprises et les apprentis le découvrent par le biais de cette commercialisation. Nos enseignants s'informent aussi, évidemment, et sont à l'affût des nouveaux produits, pour les présenter pendant leurs cours, dans la mesure du possible. De plus, la Commission de formation technique (CFT), composée essentiellement de professionnels actifs et qui se réunit quatre fois par an, veille à ce que le contenu des cours interentreprises soit en adéquation avec les techniques du moment.

**Le geste artisanal est très lié au matériau utilisé. Nouveau matériau, nouveau geste ? Comment va-t-on travailler avec cela ?**

La formation initiale est réglementée par une ordonnance de formation qui dicte quels sont les éléments qu'un maçon, par exemple, doit connaître pour être certifié ;

cette ordonnance est révisée tous les cinq ans. En parallèle, les nouveautés qui arrivent sont promues par les fournisseurs et fabricants auprès des entreprises pour qu'elles l'achètent, ou par le biais des architectes ou des maîtres d'ouvrage. Mais ces nouveaux matériaux et techniques innovantes ne changent pas fondamentalement le métier ; ils sont juste plus performants au niveau énergétique et/ou écologique, et parfois plus simples dans leur application.

**Il semble justement qu'une revalorisation des métiers traditionnels se dessine : c'est une opportunité pour les artisans ?**

A la sortie de l'apprentissage, les jeunes maîtrisent tout le savoir-faire de la profession qu'ils ont choisie, d'une part, et d'autre part, ils sont en phase avec les innovations du moment en termes de matériaux et de techniques. La vraie opportunité, en fait, est que les métiers de la construction sont clairement les acteurs principaux de la transition énergétique et les jeunes qui s'engagent dans nos formations contribueront à ce changement.

« C'EST LE MARCHÉ QUI FAIT  
ÉVOLUER LES CHOSES »



GAËLLE BUJARD,  
DIRECTRICE DU SERVICE  
DE LA FORMATION  
À LA FÉDÉRATION VAUDOISE  
DES ENTREPRENEURS

Responsable du Service prestations ressources humaines (PRH) au profit des coopérateurs de la Fédération vaudoise des entrepreneurs, Gaëlle Bujard a été nommée directrice du Service formation au 1<sup>er</sup> janvier 2023. Son parcours et sa connaissance des entreprises sont des atouts qui la prédestinaient à cette fonction. Avec elle, une nouvelle dynamique se met en place.

**Le tournant sociétal qui se dessine ainsi que les innovations dans les produits et les processus impactent les métiers de la construction. Au service de la formation de la fédération, comment ces nouvelles tendances ont-elles été prises en compte ?**

Jusqu'à présent, le service s'est concentré sur la formation continue, la promotion des métiers et la surveillance de l'apprentissage; cela ne changera pas, puisque ce sont des domaines fondateurs. Mais les jeunes doivent être préparés à un marché du travail en pleine transformation numérique et la formation professionnelle est capable de le faire. Ensuite, la formation continue doit évoluer avec le temps, créer l'interface entre la fin de la formation professionnelle et toutes les mutations sociétales. En ce sens, la fédération a dégagé deux grands axes essentiels: digitalisation et durabilité qui animeront notre futur centre de formation à Echallens.

**Comment cela se traduit-il dans la pratique ?**

Pour ce qui concerne notre fonctionnement interne, notre site de Tolochenaz et celui du futur Centre de formation des métiers de la construction à Echallens doivent se montrer exemplaires. D'ailleurs, grâce au réemploi après démontage, le chantier d'Echallens est un modèle. Du côté du Service de la formation, nous avons lancé un processus de labellisation EduQua 2021 pour le service, mais aussi pour Echallens. La nouveauté de ce label est qu'il donne du poids au management de la qualité ainsi qu'à la numérisation et à la flexibilisation dans la formation continue.

**Êtes-vous aidée en la matière par les conditions-cadres de la formation professionnelle en Suisse ?**

L'ensemble de la formation professionnelle est réglementé au niveau fédéral, donc uniformisé et standardisé, faisant appel à de nombreux acteurs, ce qui favorise le compromis. Formuler des plans de formation avec des objectifs ouverts, flexibles, sensibles aux nouvelles technologies est possible. En l'occurrence, il me paraît utile d'accentuer la valorisation des compétences transversales en communication, en résolution de problèmes, en créativité et en innovation. Elles peuvent être transposées au cadre professionnel.

« LA FORMATION CONTINUE  
POUR CRÉER L'INTERFACE ENTRE  
FORMATION PROFESSIONNELLE  
ET MUTATIONS SOCIÉTALES »

**Savoir-faire traditionnel, digitalisation, nouveaux produits et processus : le geste artisanal va-t-il disparaître ?**

Le savoir-faire traditionnel et la digitalisation ne sont pas contradictoires. En effet, alors qu'il était impossible de créer un processus sur le savoir-faire traditionnel sans avoir un enseignement pratique entre le formateur et l'apprenti, aujourd'hui les nouvelles technologies – digitalisation, images de synthèse, visu-

alisation en 3D, réalité virtuelle, par exemple – rendent possibles la conservation des savoir-faire et leur pérennité au fil des années. Il s'agit de notre patrimoine culturel immatériel dont la transmission est un enjeu sociétal, c'est notre identité.

**Combien de temps vous donnez-vous pour concrétiser vos ambitions ?**

Avec tous les changements intervenus et à venir, ma priorité est d'organiser le service et son fonctionnement sur les deux sites, à Tolochenaz et à Echallens. Les cours de formation continue progressent bien et il faudra les faire évoluer au plus près des besoins. Puis je vise un renforcement de la promotion des métiers en utilisant notamment les forces mises en place à Echallens. Ma vision serait que nous y parvenions d'ici à fin 2024.



## Littérature

- Inrap, Institut national de recherches archéologiques préventives, Dossier chronologie générale
- Économie et sociétés rurales du Haut Moyen-âge occidental : lecture dynamique des sources, compréhension dynamique de la société – Jean-Pierre Devroey, Bulletins de l'Académie Royale de Belgique. 1996.
- *Le bois, matière première des panneaux de particules* – J.-L. Jaudon, Centre technique du bois, Paris.
- Manuel du bois lamellé, adaptation française du Glulam Handbook, Volume 1 – Portail du bois lamellé-collé.
- Bétonsuisse, Connaissances sur le béton.
- Dictionnaire historique de la Suisse, Construction – Armand Brulhart.
- *Le béton, un principe universel*. Entretien avec Salvatore Aprea – magazine Tracés, novembre 2021 – Marc Frochoux.
- *Architecture, les matériaux d'une histoire*. Résumés. Livraisons d'Histoire de l'Architecture, OpenEdition Journals. 2010.
- *L'architecture métallique sous le Second Empire* – Revue du Souvenir napoléonien no. 309, janvier 1980.
- *Histoire de béton armé. Patrimoine, durabilité et innovations* – Publications FEBELCEM, Bruxelles.
- Histoire de la construction, Wikipedia.
- Construction métallique, Wikipedia.
- KBOB: données écobilans dans la construction KBOB/ecobau/IPB 2009 / 1 : 2022.
- Centre d'évaluation et de développement de politiques publiques & Industrie du bois suisse : *Diversification et développement des entreprises de sciage dans le canton de Vaud* : cinq mesures – Rapport du 5 janvier 2021.
- *Matières premières nécessaires à la fabrication du ciment – Besoins et état de l'approvisionnement en Suisse* : Rapport du Service géologique national – Auteurs : Swisstopo et OFEV.
- Récolte de bois en Suisse – OFS- Statistique forestière suisse.
- WBCSD, World Business Council for sustainable development: *Scaling the circular built environment – pathway for business and government* – novembre 2018.
- Rapport du Conseil fédéral du 11 mars 2022 en réponse au postulat 18.3509 « Pour une levée des obstacles à l'utilisation efficace des ressources et à la mise en place d'une économie circulaire ».
- Communiqués Eurofer, Arcelor Mittal, SSAB, Hybrit

## Cours et conférences

- CRB – Académie d'été 2021 : CircularHub : économie circulaire dans la construction.
- Matériauthèque Matilda : série de conférences automne 2021 et conférences / visites de sites, printemps et automne 2022.
- Woodrise – Rencontres romandes du Bois, février 2019 et octobre 2021.
- Assises européennes de la transition énergétique, Genève – 2018 et 2022.

## EDITEUR

Fédération vaudoise des entrepreneurs, Tolochenaz  
Service Communication

## AUTEURE

Annie Admane, journaliste

## PHOTOGRAPHE

Photographisme.ch, Sébastien Bovy, Apples

## GRAPHISME

Horde SA, Lausanne

## IMPRESSION

Cavin SA, Grandson

## PARUTION

Mars 2023





