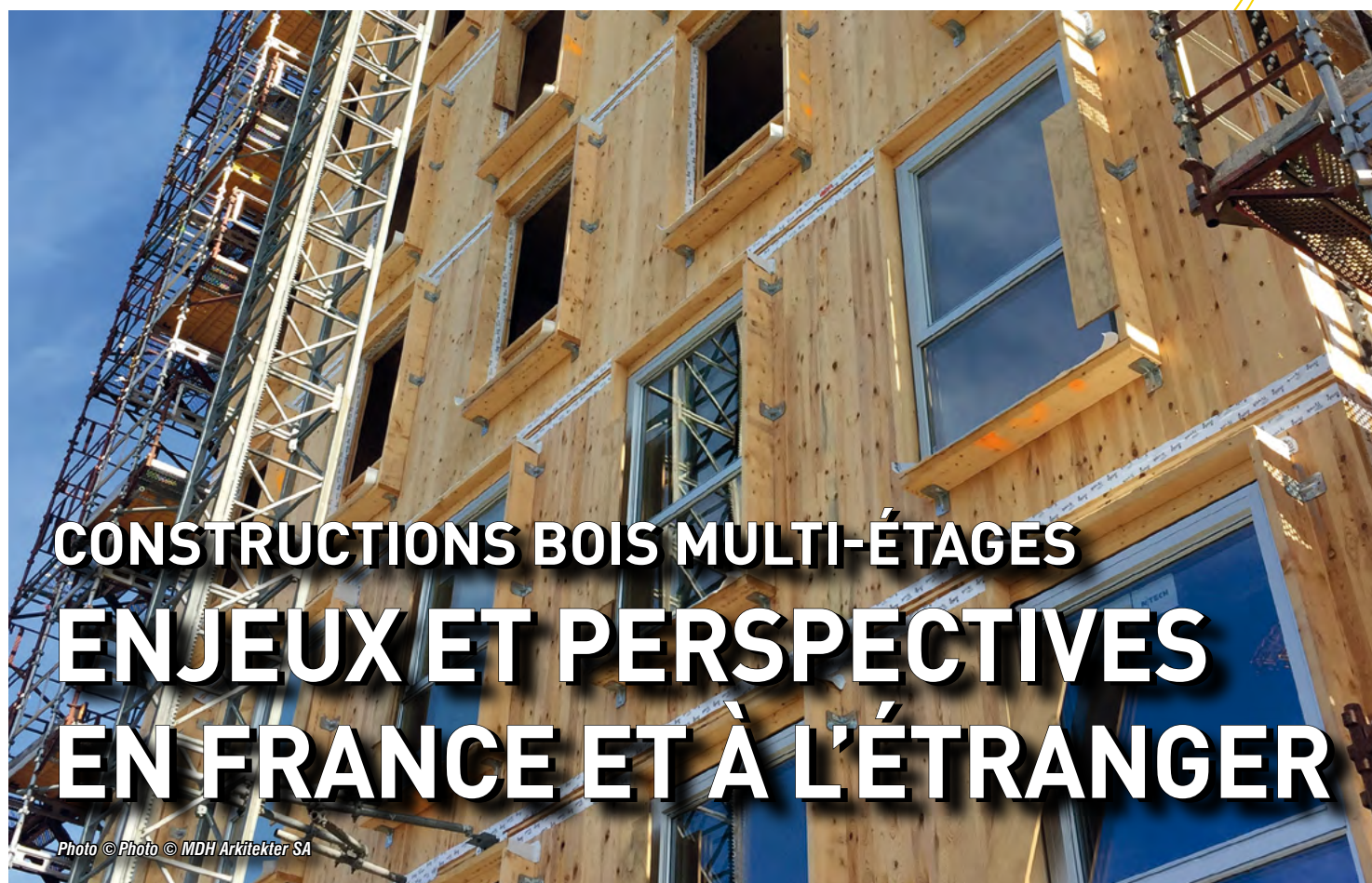




QUALITÉ CONSTRUCTION

REVUE DE L'AGENCE QUALITÉ CONSTRUCTION • 200^E ANNIVERSAIRE • SEPTEMBRE/OCTOBRE 2023 • 13 €



CONSTRUCTIONS BOIS MULTI-ÉTAGES ENJEUX ET PERSPECTIVES EN FRANCE ET À L'ÉTRANGER

Photo © Photo © MDH Arkitekter SA



QUALITÉ

JOP Paris 2024:
la future
Arena est
un modèle sur
le plan envi-
ronnemental

PRÉVENTION

**Bornes
de recharge
électrique :**
précautions
à prendre dans
le collectif

RÉNOVATION

**Bâtiments à
caractère
patrimonial :**
retour sur le
label Effinergie
Patrimoine

MISE EN ŒUVRE

**Isolants à base
de chanvre
et de lin :**
utilisation en
laines et bétons
végétaux

6 Questions/réponses • Toute l'actualité de la construction

QUALITÉ

10 **JOP Paris 2024 : la future Arena est un modèle sur le plan environnemental**

JURIDIQUE

21 **Constructeur non réalisateur (CNR) : quelles sont ses responsabilités et ses garanties assurancielles ?**

EXPERTISE JUDICIAIRE

25 **Fiches pratiques**

TECHNIQUES

PRÉVENTION

27 **Installations de bornes de recharge électrique : les précautions à prendre dans le résidentiel collectif**

RÉNOVATION

38 **Bâtiments à caractère patrimonial : retour sur trois ans de label expérimental « Effinergie Patrimoine »**

MISE EN ŒUVRE

50 **Matériaux biosourcés : chanvre et lin, une utilisation en laines et bétons végétaux**

RÉGLEMENTATION

60 **Tuiles en béton : révision du NF DTU 40.24**

68 **Fiche pathologie bâtiment**

EUROPE

71 **Tendances & prévisions : le rush de fin d'année en attendant les élections en 2024**

PRESCRIPTION

73 **Constructions bois multi-étages : enjeux et perspectives en France et à l'étranger**



TERRE CRUE EN GRANDE HAUTEUR

Photo © Cycle Terre

La mise en œuvre de matériaux bas carbone sur le chantier de l'Arena – seul site bâti à Paris – passe aussi par le recours à des produits géosourcés. L'entreprise Cycle Terre a fourni à Bouygues Bâtiment Île-de-France de l'ordre de 175 m² de BTC/S (Briques de terre compressée stabilisée) et le mortier en terre associé pour réaliser du remplissage de cloisonnement. Les briques fournies de format carré (220 x 220 x 95 mm) ont une résistance moyenne à la compression du bloc de 5 MPa et sont laissées brutes. La structure béton est en poteaux-poutres et la terre crue est utilisée en remplissage pour la paroi de la circulation de la grande salle située en périphérie du

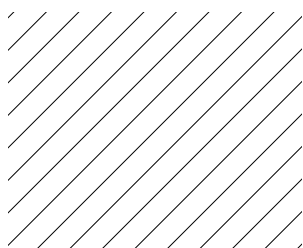
hall d'accueil. Cette paroi est construite en double hauteur face aux baies vitrées de la façade. « Nous sommes producteur et fournisseur de produits à base de terre d'excavation récupérée. Actuellement nous sommes en train de changer de gisement. La matière première est homogène par gisement. Son usage est validé par une ATEx (Appréciation Technique d'Expérimentation) de type A avec des caractéristiques qui ont été définies par une campagne d'essais et qui sont vérifiées par un contrôle qualité du process. Comme notre usine est à Sevran (93) et que l'Arena est située dans Paris, il s'agit d'un circuit local », détaille Élodie Wallers, architecte à Cycle Terre. D'autres produits sont proposés par la jeune entreprise comme de l'enduit, de

la terre pour le pisé, des panneaux de terre... Un conseil donné à l'entreprise de maçonnerie est d'effectuer une formation en amont de deux jours afin d'apprendre les gestes spécifiques au montage d'un mur en BTC. « Parmi les points de vigilance, notamment en conception, ajoute Élodie Wallers, il est préférable que l'architecte dessine en fonction du calepinage sinon il faut découper certains blocs sur le chantier. Et pour la pose, les maçons ont pris l'habitude de poser les parpaings sur le mortier horizontal mais sans mortier vertical, et de remplir verticalement les joints une fois les parpaings mis en place. Avec les BTC, il est vraiment important d'ajouter le mortier vertical avant de poser la brique. » ■

urbaine qui répond aux différents besoins en chaud et froid du territoire. Ce système vertueux et assez inédit sera quasiment à 100 % en EnR (énergie renouvelable) en froid et en chaud lorsqu'il atteindra son régime de croisière avec les clients supplémentaires prévus en froid», se réjouit Christophe Rosa. D'autres équipements sont attendus dans les sous-sols de l'Arena dont un nœud du réseau d'assainissement de Paris avec des électrovannes du réseau.

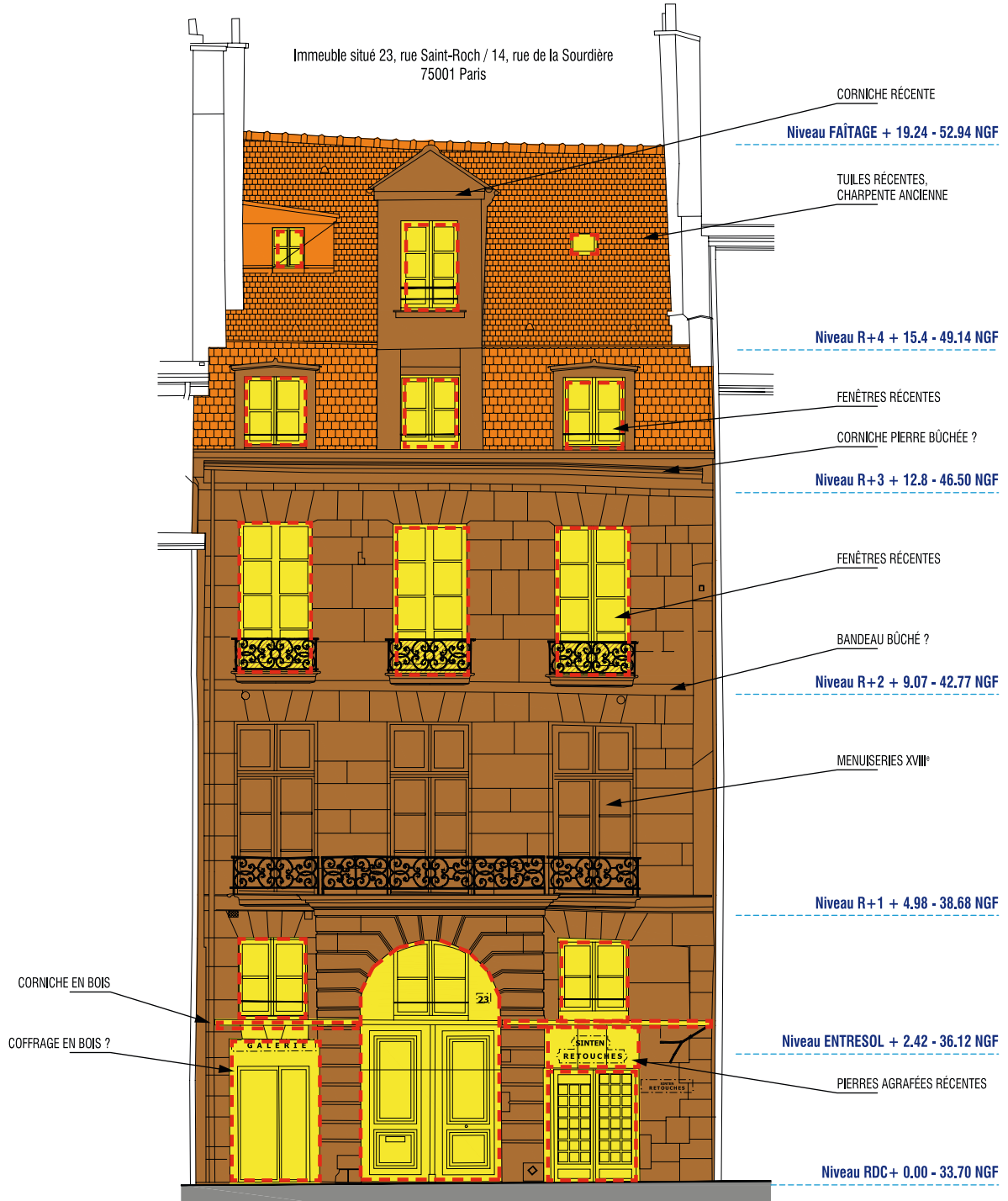
Pour les autres besoins (chaleur, eau chaude et chauffage), la consommation estimée est à moins de 30 kW/m² SDP/an avec un travail sur l'enveloppe architecturale. Elle descend à 22,5 kW/m² SDP/an grâce à la pile urbaine. Pour le bilan carbone de l'Arena lié à l'énergie, moins de 50 kg eq CO₂/MW (3) seront consommés en énergie primaire pour les besoins en chaud et froid;

“Pour le bilan carbone de l'Arena lié à l'énergie, moins de 50 kg eq CO₂/MW seront consommés en énergie primaire pour les besoins en chaud et froid”



du fait de la pile urbaine et de la récupération de chaleur fatale, la consommation estimée est à moins de 10 kg eq CO₂/MW en énergie primaire. Un autre objectif sur le périmètre des postes de consommation de la RT 2012 est d'être à moins de 150 kW/m² SDP/an. Le contrat indique un objectif de 147 qui n'est pas facile à atteindre car les consommations sont hétérogènes avec des appels de puissance très variables. ■

Carte des valeurs patrimoniales d'un immeuble parisien



Valeur patrimoniale forte : composition architecturale de qualité, éléments qui nécessitent une restauration soignée.

Valeur patrimoniale relative : espaces ou éléments qui accompagnent une valeur patrimoniale forte.

Pas de valeur patrimoniale : éléments qui peuvent être remplacés ou modifiés, en maintenant une certaine cohérence constructive en relation avec l'ensemble du lieu.

Éléments dégradant la valeur patrimoniale : à déposer.

Source : © Giuliani Architectes



Photo © Philippe Houzé

L'EXPÉRIENCE DU BÉTON DE CHANVRE EN RÉHABILITATION

Premier bailleur social des Hauts-de-France avec plus de 64 000 logements en location, Maisons & Cités a une longue histoire avec le béton de chanvre. Il y a une dizaine d'années, l'organisme HLM a décidé d'expérimenter des solutions d'isolation alternatives pour réhabiliter son parc ancien, en partie composé d'anciennes cités minières en briques, inscrites au patrimoine mondial de l'Unesco.

«L'idée était de répondre à un certain nombre de problématiques notamment d'humidité, constatées dans des logements rénovés de manière plus conventionnelle, tout en restant sur une logique d'isolation intérieure afin de préserver les façades d'origine», explique Alexandre Defrance, chargé d'expertise Énergie chez Maisons & Cités. En partenariat avec le CD2E (N.D.L.R. : voir la note [2] en page 52), centre technique régional spécialisé sur les questions de transition écologique, le bailleur social lance alors «Réhafutur 1» (2015) : la réhabilitation d'une ancienne maison d'ingénieur des mines en bureaux. Le projet s'accompagne de la mise en œuvre de plusieurs isolants biosourcés – béton de

chanvre, laine de mouton, laine de lin, liège et textile recyclé – et d'une instrumentation par le Laboratoire de génie civil et géo-environnement de l'Université d'Artois (LGCgE). Les résultats vont profondément transformer la stratégie du bailleur. Dans le cadre de l'expérimentation, ils montrent que le béton de chanvre est le plus stable vis-à-vis des fluctuations d'humidité mais aussi par rapport aux fluctuations de chaleur dans les locaux.

Massifier l'emploi du béton de chanvre

Un second projet intitulé «Réhafutur 2» est lancé (2017) sur six logements représentatifs du parc de Maisons & Cités. Deux logements sont alors isolés

par l'intérieur avec des blocs de béton de chanvre de 10 cm d'épaisseur, tandis que les autres font appel à différents matériaux biosourcés. Si l'instrumentation confirme le très bon comportement du béton de chanvre, le chantier pose la question de l'appropriation par les entreprises de ces nouvelles techniques. Le maître d'ouvrage poursuit sa démarche expérimentale en développant la formation professionnelle sur ses chantiers. Dans la cité Barrois de Pecquencourt (59), 115 logements sont en cours de rénovation avec du béton de chanvre, les uns par voie sèche avec des blocs préfabriqués, les autres par voie humide par projection *in situ*. Au programme

également : 135 logements supplémentaires. Dans sa lancée, le bailleur social a répondu à un appel à projets pour montrer que l'on pouvait massifier l'emploi du béton de chanvre. «Cela nous amène à réfléchir sur différents enjeux : comment réduire les transports, mais aussi comment évaluer le béton de chanvre pas seulement sur la thermique mais aussi sur la qualité de l'air intérieur, en prenant en compte, par exemple, son influence sur le système de VMC. Et surtout comment développer une filière en région qui sera demain créatrice d'emplois», témoigne Alexandre Defrance. À travers cette approche innovante, ce sont tous les acteurs qui bénéficient de l'avancée des connaissances sur le matériau. ■

ILLUSTRATION N° 4

Exemple de faîtage scellé avec embarrures au mortier

Avec ventilation par tuiles chatières ou autres dispositifs de ventilation : les faîtières sont posées avec recouvrement minimum de 6 cm entre elles et un appui d'au moins 5 cm sur les tuiles inférieures.

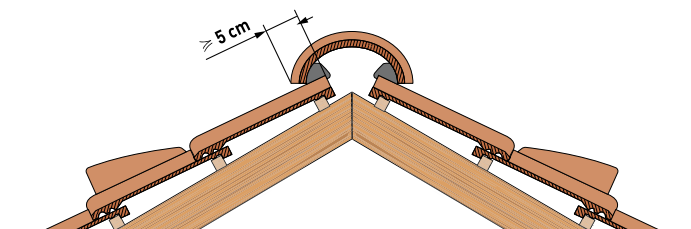
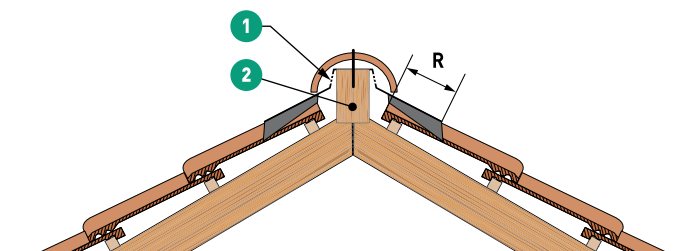


ILLUSTRATION N° 5

Exemple de faîtage à sec avec closoir ventilé

Le recouvrement sur les tuiles R est au moins égal au recouvrement de la tuile et dans tous les cas supérieur ou égal à 10 cm pour les pentes jusqu'à 45 % et à 8 cm pour les pentes supérieures.



1 Closoir ventilé 2 Lisse de rehausse R Recouvrement

Source : NF DTU 40.24 Couverture en tuiles en béton à glissement et à emboîtement longitudinal – Partie 1-1 : Cahier des Clauses Techniques types (mars 2023)

“En faîtage, les sorties d'air sont constituées par des chatières, orifices en tuiles faîtières ou closoirs ventilés”

et sous-face de couverture, entre écran et sous-face de couverture, ou bien entre isolant et sous-face d'écran. Les sections totales des orifices de ventilation sont déterminées en fonction de la surface de la couverture projetée horizontalement (hors débords). Notées «S», «S1» ou «S2», elles sont calculées en appliquant un rapport de 1/5000 ou 1/3000. Ces sections se répartissent à parts égales entre les entrées d'air en partie basse et les sorties d'air en partie haute.

La ventilation s'effectue par des ouvertures ponctuelles ou linéaires implantées en couverture, tant en égout qu'en faîtage ou arêtier, voire en pignon. La distance

entre les murs doit alors être inférieure ou égale à 12 m sans recouvrement. Dans le cas de combles isolés en rampant, les entrées d'air en pignon sont associées à un espace libre sous le faîtage de 50 cm minimum. En faîtage, les sorties d'air sont constituées par des chatières, orifices en tuiles faîtières ou closoirs ventilés (voir illustrations n° 4 et 5 ci-contre). En égout, les entrées d'air sous forme de chatières ou autres dispositifs de ventilation doivent plus particulièrement prévenir le passage de nuisibles. Le NF DTU précise que, dans le cas de fentes sous débord de toit, «la plus petite dimension des orifices est au minimum de 1 cm», et lorsque «cette dimension est supérieure à 2 cm, il doit être disposé un grillage à mailles fines destiné à s'opposer à l'intrusion des petits animaux».

Pente faible à partir de 25 %

La présence d'un écran de sous-toiture impacte également le profil de la couverture. Il intervient à la fois sur la pente admissible et sur le recouvrement minimal des tuiles inférieures par les tuiles supérieures. Spécifiées dans deux tableaux, ces limites sont fixées en fonction de la situation locale des bâtiments (concomitance vent-pluie) afin d'optimiser l'étanchéité.

Le NF DTU 40.24 identifie différentes configurations d'implantation avec risques d'exposition progressifs :

- les situations protégées : fonds de cuvette bordés de collines (protégé du vent) ;
- les situations normales : plaines ou plateaux étendus avec dénivellation peu importante ;
- les situations exposées au voisinage de la mer : bandes littorales sur 5 km, sommets des falaises, îles ou presqu'îles étroites ;
- les situations exposées cette fois en terrain accidenté : vallées où le vent s'engouffre, montagnes isolées ou élevées et certains cols.

En l'absence d'un écran de sous-toiture, la pente admissible la plus faible est de 29 % dans les situations normales et protégées, mais de 35 % dans les situations exposées, avec respectivement un recouvrement minimal des tuiles de 12,5 cm et 10 cm. Lorsque la pente atteint ou dépasse 50 % le recouvrement peut être réduit à 7,5 cm.

Plus la pente augmente, plus le recouvrement diminue. Cette logique est illustrée au travers de neuf couples pente/recouvrement. La présence d'un écran de sous-toiture atténue les risques d'infiltration. La pente admissible la plus faible est alors de 25 % dans les situations normales et protégées, mais de 29 % dans les situations exposées, avec pour ces deux cas un recouvrement minimal de 12,5 cm. Lorsque la pente atteint ou dépasse 43 %, le recouvrement peut être réduit à 7,5 cm.

De son côté, la fixation des tuiles exige de tenir compte de la carte des vents définie dans le cadre de la norme NF EN 1991-1-4/NA. Quatre zones de vent sont établies avec des valeurs de base de la vitesse de référence : 22 m/s pour la région 1 ; 24 m/s pour la région 2 ; 26 m/s pour la région 3 ; et 28 m/s pour la région 4. Elles sont découpées au regard des situations de vents locales, normales ou exposées. >>>





Photo © KameI Khalfi

5



Photo © Jens Edgar Haugen - Antl

6



Photo © Jens Edgar Haugen - Antl

7

5 L'empreinte carbone du campus de bureaux Arboretum à Nanterre (92) est de 663 kg de CO₂/m², soit à peu près la moitié de celle d'un bâtiment classique récent. Cet ensemble tertiaire de 125 000 m² est le plus grand d'Europe (labellisé BBCA niveau « Excellent » et niveau « E2C2 » du label E+C-).

6 et 7 L'immeuble Mjostårnet a été construit entre 2017 et 2019, sans échafaudage extérieur : des grues à l'extérieur et un échafaudage intérieur associé à des ascenseurs. La structure en glulam a d'abord été assemblée au sol, puis levée jusqu'à sa position finale. Les planchers ont ensuite été installés.

est composé de France Bois Forêt et du Codifab. C'est donc depuis une bonne dizaine d'années que la filière bois s'organise pour répondre à des enjeux à la fois écologiques, techniques et économiques.

Quels enjeux techniques pour la massification ?

Quid de la faisabilité technique ? Que l'on considère l'enveloppe du bâtiment ou sa structure, les deux pouvant parfois se confondre, Serge Le Nevé liste quatre grands systèmes constructifs : « les Murs à ossatures bois (MOB), les systèmes poteaux-poutres avec façades non porteuses, le CLT (6) et les systèmes mixtes » (mixité intra-filière bois ou intégrant du béton ou de l'acier). Concernant l'acier, il est mobilisé non seulement pour les attaches des pièces en bois mais aussi pour réduire les sections, gérer des réservations ou répondre à des cas complexes comme une grande portée ou un porte-à-faux (7).

(6) Cross Laminated Timber.

(7) Lire l'article « Construction bois moyenne et grande hauteur : des premiers retours d'expérience précieux » publié dans le n° 176 de Qualité Construction (septembre-octobre 2019, pages 43 à 53).

Antoine Fouchier, ingénieur calculs chez Mathis, estime qu'il convient d'« utiliser le bon matériau au bon endroit. Pour le contreventement et la sécurité incendie, le béton reste un matériau de choix mais pas obligatoire. Au-delà de cinq étages, la déformation du bois se calcule et on dimensionne en conséquence. Idem pour les planchers : le rapport portée-poids d'un plancher CLT n'est pas optimal pour des portées de 4 à 7 m. Des solives en sous-face permettent d'optimiser les quantités, mais cela augmente les exigences au niveau de la synthèse, pour le passage des réseaux par exemple. Autre sujet associé : l'assemblage des solives sur le CLT, qui peut être fait par collage, moins cher et sous Avis Technique, ou par vissage, mais c'est plus onéreux. »

La dernière enquête nationale de la construction bois précise que « l'ossature bois reste la technique constructive la plus utilisée, quel que soit le marché ». « C'est pour la construction de bâtiments de logements collectifs que le recours aux panneaux massifs contrecollés >>>