

Performances du procédé constructif réactualisées sur les quatre critères C, Q, F et D, en fonction des résultats des opérations réalisées

Nous nous appuyerons principalement sur le projet de la Résidence du Cèdre, la plus significative des 3 opérations aujourd'hui intégralement réalisées avec le procédé constructif bois lauréat CQFD : **Ligno Trend**.

Coûts, Qualité, Fiabilité, Délais

Le tableau ci-dessous récapitule le montant HT des travaux engagés dans chaque corps d'état. Cette présentation détaillée permet de mesurer l'impact relatif des choix constructifs et techniques dans cette réalisation innovante sur le territoire national.

Lot	Corps d'état	Montant HT	Prorata
01	Gros-œuvre	353 468,34	12,27%
02	Construction par composants bois	730 994,04	25,38%
03	Couverture – étanchéité – bardage zinc	134 301,21	4,66%
04	Menuiseries extérieures bois	137 000,00	4,76%
05	Charpente métallique	167 802,00	5,83%
06	Métallerie – Serrurerie	74 170,80	2,58%
07	Plâtrerie	121 308,55	4,21%
08	Menuiseries intérieures bois – Escaliers	88 507,21	3,07%
09	Echafaudages	13 986,00	0,49%
10	Chapes – ravoirages	75 888,56	2,63%
11	Réseaux extérieurs	93 612,00	3,25%
12	Chauffage – Ventilation	214 011,50	7,43%
13	Plomberie – Installations sanitaires	83 519,50	2,90%
14	Electricité – Courants forts – Courants faibles	101 224,60	3,51%
15	Photovoltaïque	26 903,60	0,93%
16	Sols souples	42 726,68	1,48%
17	Carrelage – Faience	7 690,30	0,27%
18	Peinture – Nettoyage mise en service	165 323,28	5,74%
19	Aménagements extérieurs – Terrassements	247 782,63	8,60%
	Totaux	2 880 220,80 € HT	100,00%

Soit, pour une **surface habitable** totale de **2025 m²**, un **coût définitif à l'achèvement des travaux**, en **octobre 2008**, de **1 422 € HT/m² habitable**, toutes prestations confondues, y compris les performances thermiques et acoustiques décrites ci-dessous dans la rubrique « Qualité ». Marchés établis en valeur mai 2007.

On constate que les lots 01 et 02, que l'on peut qualifier de "**gros-œuvre béton et bois**", présentent un montant cumulé de **37,65% du total des travaux**. Cette proportion n'est pas anormale, d'autant que le lot 02 met en œuvre des produits finis : les sous-faces de dalles sont finies d'usine et ne nécessitent plus aucune intervention. De plus le marché comprend l'isolation des pignons est et ouest, le bardage des pignons et des façades nord soit des postes de finitions que l'on retrouve ordinairement dans des lots du second-œuvre.

Par ailleurs, **le total des lots techniques 11 à 15 ne représente que 18,02% du total des travaux** contre 28 à 30% dans des opérations de taille équivalente telles qu'on les construit aujourd'hui. Ceci démontre bien que l'approche conceptuelle d'un bâtiment à basse consommation consiste en un déplacement des investissements à l'intérieur du budget, au profit des qualités d'enveloppe et au détriment des équipements techniques.

Le bon score de la Résidence du Cèdre en matière de coûts dépend sans nul doute pour partie de la recherche de compacité dont elle a fait l'objet et de la concentration des équipements du logement autour d'une gaine technique unique.

Coûts, **Qualité**, Fiabilité, Délais

La qualité du projet réside dans le choix des matériaux et composants qui le constituent :

- la structure du volume habitable et chauffé, qui comporte jusqu'à 4 niveaux droits, est en composants bois semi-massifs. Le bois employé, du **sapin blanc de Forêt Noire** est non traité car garanti à 9% d'hygrométrie $\pm 2\%$, ce qui le met à **l'abri des attaques biologiques**. Cette caractéristique particulière, liée à l'emploi de colle non émissive, en fait un **matériau aux qualités sanitaires élevées qui ont valu à Ligno Trend le label Nature Plus**. La proximité de la ressource et de la fabrication contribuent au bon bilan carbone du procédé.
C'est en outre le seul matériau de structure renouvelable.
- L'isolation extérieure est en panneaux de fibre de bois utilisant les propres liants du bois pour leur cohésion. Outre que ce matériau est issu d'une ressource renouvelable, **la fibre de bois, isolant dense à 160 kg/m³ compose avec les murs porteurs un complexe qui offre un déphasage supérieur à 12 heures, participant ainsi au confort d'été.**

La qualité du projet réside aussi dans la synthèse des prestations incluses, résultat d'une démarche de conception globale liant l'économique à l'environnemental :

- dalles en composants bois semi-massifs non traités, hygrométrie 9% $\pm 2\%$,
- façades porteuses en composants bois semi-massifs non traités, hygrométrie 9% $\pm 2\%$,
- menuiseries extérieures bois avec double vitrage isolant à basse émissivité et haute transmission $U_w = 1,10$,
- isolation thermique extérieure en fibre de bois épaisseur 160mm avec membrane pare-air + pare-pluie sous bardages bois,
- enduit sur isolant (façades Sud) / bardage mélèze non traité / bardage trois plis douglas,
- façades perspirantes offrant une bonne gestion des flux hygrothermiques,
- toitures-terrasses végétalisées, contribuant aux qualités thermiques et acoustiques du bâtiment mais aussi à la réduction de la surcharge des réseaux d'assainissement collectifs en cas de fortes précipitations,
- structures métalliques indépendantes pour les balcons, séchoirs, coursives et escaliers extérieurs, mesure coûteuse mais indispensable à la maîtrise des ponts thermiques,
- caillebotis bois pour les balcons (7,5m²) avec bac métallique de récupération des eaux accidentelles en sous-face,
- coffrage acier collaborant avec dalle béton pour les coursives - mesure acoustique,
- chaufferie collective avec chaudière gaz à condensation,
- ventilation double flux avec récupération à 90% des calories sur l'air extrait,
- production d'eau chaude solaire, mutualisée avec la production de la chaufferie gaz,
- production d'électricité par panneaux photovoltaïques
- protection solaire : avancée raisonnée des balcons pour gestion des apports solaires,
- occultation : équipement des pièces à vivre : stores vénitiens extérieurs à lames alu 80mm, à commande électrique pour optimiser l'étanchéité à l'air des parois.

La qualité du projet réside également dans ses valeurs d'usage et l'attention apportée au confort et à la santé des habitants :

- logements traversants à deux, voire trois orientations,
- accès indépendants par coursives donnant, selon les locataires, un fort sentiment d'individualité dans cet ensemble collectif,
- variété des logements, du T2 au T5, avec 9 duplex dont 3 attiques sur 24 logements,
- séchoirs individuels ventilés en façades sud,
- local spécifique machine à laver,

- jardins privatifs à rez de chaussée, grands balcons aux étages,
- grand espace vert central justifié par l'étude des masques solaires, pour une optimisation des apports gratuits,
- mise en œuvre d'une quantité significative de bois apparent dans l'espace de vie. Selon des études initiées par le VTT, Institut de Recherche Finlandais en partenariat avec plusieurs pays européens représentant des zones climatiques diversifiées, cette disposition crée une zone de confort où les risques d'infection et les risques allergiques sont minimisés,
- accessibilité des rez de chaussées et du sous-sol du bâtiment Nord aux personnes à mobilité réduite,
- trois logements équipés pour handicapés.

Au titre des **performances acoustiques**, point critique des structures bois en logement collectif, le projet a fait l'objet de campagnes de **mesures effectuées** l'une par Ingemansson France, l'autre **par Cerqual, certificateur du label Habitat & Environnement qui a été décerné à la Résidence du Cèdre.**

Les mesures acoustiques ont donné les résultats suivants :

- **bruits aériens :**
objectif $D_{nT,A} \geq 53$ dB / **moyenne des mesures : 54,4 dB : le projet est conforme.**
- **bruits de chocs :**
objectif $L'_{nT,W} \leq 55$ dB / **moyenne des mesures : 46,7 dB : le projet est conforme.**

Au titre des **performances énergétiques**, ce projet conçu en 2004 sous régime d'application de la **RT 2000**, affiche les performances suivantes :

- **consommation conventionnelle C : moyenne estimée : 98 kWh/m²/an par simulation thermique dynamique.**
réf : RT 2005 130 kWh/m²/an / THPE 2005 104 kWh/m²/an / BBC 65 kWh/m²/an.
- **consommation chauffage seul : moyenne estimée : 32kWh/m²/an par simulation thermique dynamique.**
réf : RT 2005 80 kWh/m²/an / THPE 2005 72 kWh/m²/an / BBC 15 kWh/m²/an.

Les performances thermiques peuvent facilement être améliorées et à moindre coût car la mise en œuvre d'isolants plus épais - facilitée par l'apparition au catalogue Ligno Trend des montants "écarteurs de façade" type U*psi - n'implique qu'un complément de fournitures, la main d'œuvre restant la même.

Coûts, Qualité, **Fiabilité**, Délais

- **Les capacités de production sont relativement peu sollicitées par le procédé de construction par composants bois Ligno Trend** et c'en est même un argument majeur .

la rubrique qui suit, qui traite des délais, montre que, **pour une première opération de logements collectifs de 2025 m² de surface habitable** édifiée - en zone sismique - sur 3 et même, localement, **4 niveaux droits en deux bâtiments** distincts, le temps de réalisation du **“hors d'eau - hors d'air” a demandé 19 jours ouvrables** à une équipe constituée principalement de 4 charpentiers + un grutier.

Encore faut-il préciser que cette première s'est déroulée en Alsace, à la plus mauvaise saison, c'est-à-dire en novembre et décembre, contraignant l'équipe de montage à des heures répétées de bâchage et débâchage des ouvrages en cours de montage.

Retenons toutefois que les aléas climatiques feront toujours partie du contexte de la construction et que l'on ne peut compter systématiquement sur une période sans intempéries.

En conclusion, on retiendra que les performances en matière de mise en œuvre ne mobilisent pas des entreprises de grande taille, ce qui autorise une diffusion à grande échelle de ce procédé si performant.

- **Le management de la qualité est facilité par le pré-assemblage et la taille en atelier des éléments de façades et de dalles** du projet dont l'essentiel est produit sur le site même de fabrication des composants. **Leur grande stabilité dimensionnelle, due à leur mode de fabrication par plis croisés et la précision millimétrique de l'usinage du bois réduisent la phase de chantier à une phase de pur assemblage.**
- Les références présentées ici, qui n'auraient pas vu le jour sans l'engagement professionnel des concepteurs et des entreprises impliqués ni l'aval des divers Bureaux de Contrôle qui ont eu à se prononcer sur la validité des solutions proposées, témoignent de **la confiance que l'on peut accorder à ces composants qui, pour innovants qu'ils soient sur le territoire national, sont cependant formellement reconnus comme un mode constructif traditionnel.**
- Les brevets ou propriétés intellectuelles sont ceux et celles qui relèvent de la conception et de la fabrication de ces composants par la firme Ligno Trend.
- Les projets d'architecture sont quant à eux protégés par les règles de propriété intellectuelle qui s'y appliquent légalement.

Coûts, Qualité, Fiabilité, **Délais**

- Le montage « **hors d'eau – hors d'air** » du **bâtiment Nord** a été effectué **entre le 12 et le 27 novembre 2007** par une équipe principalement constituée de 4 personnes. Soit en **12 jours ouvrés pour 1 200 m² de SHON** représentant **14 logements sur 4 niveaux**.
- Le montage « **hors d'eau – hors d'air** » du **bâtiment Sud** a été effectué **entre le 13 et le 21 décembre 2007** par une équipe principalement constituée de 4 personnes. Soit en **7 jours ouvrés pour 800 m² de SHON** représentant **10 logements sur 3 niveaux**.

En amont, la phase de conception de la Résidence du Cèdre a demandé plus de temps que pour des opérations classiques, principalement en mise au point technique avec la transposition ardue de méthodes allemandes éprouvées à des règles de construction françaises qui ne les reconnaissent pas. Mais il faut admettre qu'aujourd'hui les architectes et leurs partenaires sont confrontés à une remise en cause fondamentale de leurs savoirs pour répondre aux attentes environnementales et énergétiques qui prennent d'ailleurs une tournure réglementaire.

En vérité, ce qui revient purement au procédé dans la phase de conception architecturale porte surtout sur une bonne connaissance du matériau, des capacités structurelles des composants figurant au catalogue Ligno Trend et la maîtrise du projet basé sur une trame. Ce qui constitue plus un guide qu'une contrainte.

La **(pré)fabrication** en usine des structures bois de la Résidence du Cèdre représente **8 jours**.

Le **pré-assemblage en atelier des façades** de la Résidence du Cèdre représente 22 jours à 3 personnes. **On constate que ces temps sont aisément masqués par les temps de réalisation des terrassements, réseaux enterrés, fondations et soubassement béton.**

Malgré un suivi hors normes de ce chantier, justifié par les nombreuses innovations qu'il porte, le reste de l'opération s'est déroulé dans des conditions de **délais ordinaires, avec les aléas inhérents à toute opération de construction**, aggravés par le **manque de formation des corps d'état du second-œuvre** qui ne possèdent pas encore, en 2007-2008, et malgré les efforts d'information qui leur ont été prodigués, les connaissances spécifiques à la mise en œuvre de bâtiments à basse consommation (étanchéité à l'air, interventions dans une structure bois, etc.)

Il est évidemment possible d'améliorer ces délais, par la formation initiale et continue des corps d'état du bâtiment en insistant sur les gains de productivité qui pourront découler d'une plus grande intégration des éléments de construction : pose de façades incorporant dès l'atelier les menuiseries extérieures, l'isolation, le doublage intérieur, le bardage, les réseaux etc., ainsi que des entreprises allemandes, même de faible effectif, le pratiquent quotidiennement.

On retiendra principalement la grande performance que ce procédé confère à la mise "hors d'eau - hors d'air de la construction, en n'oubliant surtout pas que l'édification de l'enveloppe habitable se fait intégralement à sec.

Outre que le procédé contribue en cela à la gestion de l'eau, il rend aisée la conduite d'un chantier à faibles nuisances.

Sans étaieement nécessaire et sans temps de séchage, il permet une coordination accélérée des interventions des corps d'état du second-œuvre qu'il limite aussi en temps et en coûts par la fourniture de composants finis d'usine.