



LIGN2TOIT

LE DIAGNOSTIC MULTICRITERE EN LIGNE POUR OPTIMISER LES PROJETS DE SURELEVATION



CERIB, CTICM, CTMNC, FCBA, quatre Centres Techniques Industriels membres de l'association MECD, le bureau d'études thermiques POUGET Consultants et le cabinet d'architecture AETIC se sont réunis pour mener l'étude Lign2toit dans le cadre de l'appel à projet « Vers des bâtiments responsables à l'horizon 2020 » lancé en 2014 par l'ADEME. L'objectif était de mettre au point une méthode d'analyse technico-économique multi-matériaux pour accompagner les maîtres d'œuvre et les maîtres d'ouvrages imaginant des projets de surélévation en zone dense, en leur proposant un choix de solutions constructives, en fonction, notamment, de la typologie du bâtiment existant.

Contexte

Relever le défi de la transition énergétique passe obligatoirement par la rénovation du parc existant. Cependant pour réussir, les aides publiques ne suffiront pas à financer ce chantier gigantesque. Il s'agit alors d'inventer des leviers de création de valeur dont construire sur les toits est l'un des plus pertinents ! En densifiant l'urbain avec un foncier intéressant, il est possible d'embarquer la performance, rénover et construire une ville responsable, attractive. En rupture avec les pratiques au cas par cas couramment utilisées, la finalité du projet Lign2toit est de mettre au point un nouveau modèle de démarche technico-économique permettant à la fois la création de logements en zones tendues et l'amélioration du bilan énergétique des bâtiments existants. Il s'agit de doter la filière construction d'un guide de prise de décision capable d'accélérer les résultats attendus par les politiques publiques. Le modèle vise à accroître l'efficacité de l'outil de production de la ville et à stimuler les échanges entre intervenants de l'acte de construire.

Pour ce faire, plusieurs outils méthodologiques ont été conçus et développés pour aider à la prise de décision du maître d'ouvrage :

- un outil de diagnostic structurel de la capacité portante du bâtiment,
- un catalogue de solutions constructives de surélévation multi-matériaux facilitant les choix et traitant les interfaces de la structure et de l'enveloppe,
- un outil d'évaluation des performances énergétiques et impacts environnementaux,
- un outil d'appréciation économique en coût global.

Ils seront diffusés, dans un second temps, sous forme d'un outil intégré au terme de la prolongation envisagée de l'étude.



Diagnostic de la capacité portante du bâtiment existant

Le projet Lign2toit se concentre sur les aspects technico-économiques de l'extension verticale des bâtiments. Les aspects du volet juridico-administratif ont été étudiés précédemment dans le cadre du projet "Freez-Financement de la réhabilitation par la surélévation ou l'extension", porté par l'ADEME et INEF4.

Afin d'étudier les solutions constructives de surélévation, il y a lieu d'analyser le contexte constructif existant prenant en compte :

- le type et la localisation des appuis verticaux pour la gestion des interfaces structurelles (façades porteuses, murs de refend, structure poteaux-poutres)
- le type de toiture existante (toit-terrasse, combles perdus, combles aménagés) et le scénario d'intervention (avec ou sans rénovation énergétique de l'existant) pour la gestion des interfaces d'enveloppes
- le déroulé du chantier suivant l'accessibilité ou non aux engins de levage et suivant l'occupation ou non des locaux durant les travaux de surélévation. Ceci aura également des incidences capitales sur la conception, les choix constructifs et l'organisation des travaux.

A l'occasion d'un projet de surélévation, la première étape de l'étude de faisabilité porte sur la reconnaissance de l'ouvrage existant et l'évaluation de sa capacité portante, déterminant pour définir la solution constructive et la stratégie d'exécution des travaux.

La démarche proposée pour la détermination de cette capacité portante s'appuie sur des données issues de recherches bibliographiques, en particulier les constatations historiques : selon l'appartenance à une typologie historique de construction, il est possible d'estimer la composition des murs porteurs et d'évaluer la résistance des matériaux constitutifs.

L'outil de diagnostic structurel permet de renseigner les caractéristiques du bâtiment existant étudié pour évaluer son poids : façades, pignons, refends, planchers et nombre de niveaux, nature et forme de la couverture. En comparant le nombre de niveaux constaté et le nombre de niveaux maximal de la typologie, on détermine le poids admissible supplémentaire à système constructif constant. Rapporté au poids total du bâtiment existant, un pourcentage de poids supplémentaire est calculé et suggéré selon trois catégories de complexité croissante du point de vue des dispositions constructives à prendre pour la surélévation:

- 0% à +5%
- +5% à +7%
- +7% à +10%

Solutions constructives et traitement de l'interface de structure et d'enveloppe

Lign2Toit présente l'éventail des possibilités d'interfaces structurelles et d'enveloppe entre l'existant et la surélévation et montre l'existence de solutions constructives et architecturales en les illustrant par un certain nombre d'exemples de détails constructifs. Ces derniers prennent en considération la mixité des matériaux : combinaisons entre existant et surélévation.

Lors de la conception d'une extension sur une construction existante, il est important d'avoir une bonne compréhension du mode avec lequel la structure fait face aux déplacements et sollicitations.

La configuration spatiale de la structure du bâtiment existant est aussi déterminante puisqu'elle transmettra les efforts à l'aide d'éléments linéaires (murs en maçonnerie par exemple) ou au travers d'appuis ponctuels (ossature poteaux-poutres). Le dispositif constructif utilisé pour les parties porteuses va conditionner directement les moyens de connexion et les détails techniques associés pour accueillir la structure de la surélévation

et limiter les contraintes localisées sur les murs de façade ou de refend, par exemple en maçonnerie ou en béton banché, ou encore sur les planchers.

Un catalogue de détails de principe, adapté aux divers matériaux et configurations, est ainsi proposé dans Lign2Toit.

Par ailleurs, le traitement des interfaces d'enveloppe entre la surélévation et le bâtiment existant est intimement lié à la stratégie de rénovation retenue qui doit s'effectuer en cohérence avec les textes applicables. Pour tenter de qualifier les traitements de pont thermique entre l'existant et la surélévation, les combinaisons de cas rencontrés ont été identifiées dans des tableaux distinguant les principes d'isolation thermique par l'intérieur (ITI) et par l'extérieur (ITE)

En fonction de la technique d'implantation sur l'existant (appuis et retraits sur la façade), de la pente de la couverture et de la nature des travaux possibles, quarante configurations ont ainsi été schématisées et évaluées.

Enfin, pour terminer le choix des procédés constructifs pour la réalisation de la surélévation, la démarche Lign2Toit comprend un premier catalogue de solutions industrialisées qui décrit sous forme de fiches pour chaque produit ou système les exigences sur la portée minimale, le poids maximal du système de surélévation issu du diagnostic structurel présenté précédemment ainsi que les contraintes éventuelles concernant l'accès au chantier (dimensions des éléments, levage,...).

A l'aide de ces fiches et du poids autorisé par l'outil de diagnostic, il est possible de composer une solution globale multi-matériaux pour le clos-couvert à partir d'éléments de structure et d'enveloppe compatibles qui remplissent les fonctions suivantes : structure verticale, structure horizontale, façade et couverture.

Du produit élémentaire à assembler sur site au module 3D assemblé en usine, une trentaine de fiches a déjà été recensée.


Dénomination	Panneau ossature bois avec isolation				Fiche descriptive	25	
Matériau(x) :	Acier	Béton	Bois	Terre cuite	Autres	D type : 1D (élément) 2D (composant) 3D (volumique)	
			x				
Fonction (s) :	Structure verticale	Structure horizontale	Façade	Couverture	Mode de validité	Illustration	
	x		x		DTU 31.2		
Filière :	sèche	humide	Système :		Ouvert		Fermé
	x		x				
Dimensions courantes	2500	1200	145	Poids typique	kg / ml		
	2800	6000	180		kg / m ²		
	3100	12000	220	Poids module	kg / m ³		
Portée maximale			m		31	kg / m ²	
Mode de levage			manuportable	Eval Atelier/Forain	3		
			x engin léger	FDES O/N			
			x grue				
Composition du module 6x12m	230m de montants 45*145mm, 82,5m ² OSB3				Eléments complémentaires à la fonction	revêtement extérieur et parement intérieur	
	12mm, 82,5m ² d'isolant (140mm LV à 60kg/m ³),				Systèmes incompatibles		

Schéma 1 : Exemple de fiche type

Performances énergétiques et impacts environnementaux

Dans la perspective d'une approche globale, Lign2Toit propose une démarche d'évaluation des performances énergétiques et une appréciation des impacts environnementaux, menée à l'aide des cinq scénarios d'intervention suivants :

- Scénario 1 : Bâtiment initial non rénové (utilisé comme référence),
- Scénario 2 : Bâtiment existant subissant une rénovation énergétique de l'enveloppe (isolation + menuiseries extérieures),
- Scénario 3 : Surélévation seule sans rénovation énergétique de l'existant,
- Scénario 4 : surélévation avec rénovation énergétique du bâti existant,
- Scénario 5 : mise en place de panneaux photovoltaïques en plus du scénario 4.

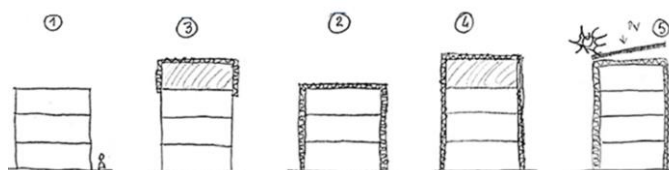


Schéma 2 : Présentation des scénarios d'intervention

Les simulations énergétiques¹ et environnementales² conduites dans le projet ont été éprouvées sur deux typologies spécifiques : bâtiment ancien (faubourien) et bâtiment récent (avant 1974).

Pour les dispositions constructives du cas d'étude, l'isolation thermique par l'extérieur a été ici privilégiée, sauf pour la façade rue du bâtiment faubourien, et croisant les possibilités des différents matériaux, deux configurations d'extension ont été retenues : un niveau + combles ou deux niveaux + combles. Les résultats sont ensuite exprimés en indices relatifs à de grandes tendances obtenues à partir de moyennes des résultats de nombreuses simulations.

L'évaluation environnementale combine les solutions constructives en associant bois et terre cuite d'une part et acier et béton d'autre part. A l'image du nouveau label d'Etat E+ C-, l'étude s'est d'abord concentrée sur les émissions de CO₂, avec un découpage par lots traités forfaitairement ou en détail pour les parties d'ouvrage directement visées par l'étude Lign2toit.

Les résultats confirment qu'une extension sera de manière générale moins émettrice de carbone qu'une construction neuve « classique », non assujettie aux émissions des lots « Infrastructure » et « Voiries et réseaux de distribution ».

Les émissions de gaz à effet de serre n'illustrant que l'indicateur « changement climatique », une analyse multicritère complémentaire a aussi porté sur les impacts suivants :

- Consommations en énergie primaire (kWh) : Utilisation

totale des ressources d'énergie primaire renouvelable et non renouvelable utilisées comme matière première.

- Consommation d'eau (L) : Utilisation nette d'eau douce
- Déchets (kg) : Inclut les déchets dangereux, non dangereux et radioactifs éliminés
- Changement climatique (kg éq.CO₂) : Réchauffement climatique

Les résultats obtenus ont les mêmes impacts sur le changement climatique et les consommations en énergie primaire pour les deux cas d'étude, mais on observe des disparités sur la production de déchets et les consommations d'eau.

Pour prendre en compte le contexte de l'étude et les priorités des décideurs, une analyse multicritère est absolument nécessaire pour avoir une réflexion plus large et pertinente.

Estimation des coûts et valorisations économiques potentielles

La capacité portante une fois évaluée, les premières options de choix constructifs peuvent être envisagées. Toutefois, dès la faisabilité d'un projet de surélévation, il convient de pouvoir estimer les coûts à engager et les valorisations économiques potentielles pour confirmer la pertinence de l'opération visée.

Les partenaires de Lign2Toit proposent ainsi la première version d'une méthode d'évaluation économique fondée sur les paramètres clés utiles à la conduite d'une estimation financière lors des premières étapes d'un projet :

- les coûts relevant du domaine de la construction : démolition, construction neuve ou en réhabilitation énergétique de l'enveloppe, photovoltaïque,
- la valeur à la vente des biens immobiliers selon leur destination et leur localisation géographique,
- les surfaces à créer,
- les frais liés à l'exploitation énergétique au cours de la vie de l'ouvrage en relation avec le type d'énergie.

Les notions économiques sont toujours délicates à aborder dans le domaine de la construction. C'est particulièrement vrai lorsqu'il s'agit de travaux sur un bâti existant placé en cœur de ville : l'état de conservation de l'ouvrage en place, les conditions de l'opération sont autant de facteurs complexes qui influent souvent énormément sur les coûts opérationnels de démolition et de construction.

Toutefois, les éléments économiques disponibles et recueillis permettent de déterminer quelques ratios de prix indicatifs pour la construction neuve, la rénovation énergétique, la démolition ou encore la valeur d'achat au mètre carré.

A ces ratios d'ordre général sont associées les données particulières du projet : surface de plancher et de façade de l'existant, surface envisagée pour la surélévation, voire pour l'installation de panneaux photovoltaïques, durée d'exploitation visée.

¹ *Hypothèses simulations énergétiques : méthodes (Th Ex pour existant, Th BCE 2012 pour extension) avec 3 zones climatiques (H1, H2b et H3), 2 énergies de chauffage (électricité, gaz),.

² simulations environnementales effectuées à l'aide du logiciel ELODIE du CSTB

La méthodologie de Lign2Toit permet d'exploiter l'ensemble de ces informations pour une série de calculs comparatifs fondés sur les cinq scénarios d'exploitation précédemment cités.

Par l'application de ces divers scénarios, il est possible alors de fournir une estimation des frais engagés sur toute la durée d'exploitation fixée, les coûts énergétiques annuels et par extension d'estimer le nombre d'années avant un possible retour sur investissement considérant les dépenses énergétiques et la valorisation patrimoniale du bien.

Vers un Lign2toit 2.0

Lign2toit ouvre des perspectives prometteuses en matière de création de surfaces comme en termes de réponses aux enjeux énergétiques et environnementaux grâce à sa position charnière entre construction et rénovation. Pour les concrétiser, les partenaires envisagent de prolonger l'étude Lign2toit, qui a permis le développement d'un éventail d'outils et d'éléments d'analyse, par un projet qui se concentrera sur la conception et le développement d'un outil intégré plus ergonomique et accessible en ligne.

Lign2toit met en lumière cette opportunité décisive de participer à la massification de la rénovation du parc en générant aussi de la création de valeur (surface, amélioration énergétique,...) propice à la décision d'engagement de travaux. Pour cette nouvelle étape, l'équipe Lign2toit envisage de collaborer avec des acteurs du secteur sur des projets concrets.

Surélévations et construction bois

Le marché de la surélévation représente un vrai potentiel pour la filière bois qui peut faire valoir des avantages tels que la rapidité de mise en œuvre, le chantier sec et la relative légèreté du matériau face à des systèmes constructifs plus traditionnels. Selon l'Observatoire national de la construction bois, on estime aujourd'hui à plus de 20% la part de marché du bois sur les opérations de rénovation/surélévation.

Pendant longtemps plutôt cantonnée à la maison individuelle, la surélévation intéresse de plus en plus les maîtres d'ouvrage, privés ou publics, en charge d'un patrimoine important (logements collectifs, bureaux,...).

Ces dernières années, de plus en plus d'opérations de surélévation d'envergure, tout bois ou avec de la mixité de matériaux, ont vu le jour. On peut notamment citer l'hôtel IBIS de Nemours (création de 17 chambres), le foyer de travailleurs migrants rue Tolbiac (création de 71 chambres, Paris 13^e), La Nef à Tours (création de 10 maisons individuelles en toiture) ou encore le centre d'Incendie et de secours du Vésinet (surélévation bois sur portiques métalliques) et la Cité Glacière (création de 72 appartements sur deux niveaux, Paris 13^e).

Cette tendance devrait se confirmer dans les années à venir, en réponse notamment aux politiques de rénovation et de densification des zones urbaines.

Pour en savoir plus

✓ [Freez-Financement de la réhabilitation par la surélévation ou l'extension](#)

✓ [Rapport de synthèse de l'étude Lign2toit est téléchargeable gratuitement sur le site de FCBA](#)

✓ [prochainement les sites ARBRE qui hébergeront des détails de surélévation et retour d'expérience](#)

Etude réalisée en partenariat avec



Avec le soutien financier de



Contacts

Florence BANNIER ●
florence.bannier@fcba.fr
Tél. 05 56 43 64 66



Pôle Industries Bois Construction
Section CIAT IBC
Allée de Boutaut – BP 227
33028 Bordeaux Cedex

Stéphane HERBIN, CTICM / Céline VINOT, CERIB
Céline DUCROQUETZ & Olivier DUPONT, CTMNC
Gérard SENIOR, AETIC / André POUGET, POUGET Consultants