

# PRINTEMPS #5 DE L'ECO— CONSTRUCTION & de la rénovation durable



## Atelier: Eco-construction et budget, on en parle ?

13 juin 2024

### Intervenant.es

Parlons de la valeur d'un bâtiment éco-construit, comprenons ensemble la composition de son coût, cherchons des méthodes pour l'optimiser.

L'animation est assurée par **Quentin Guillet** de **Batylab**.

Avec la participation de :

- **Céline Lemasson**, Cheffe de projets économie aménagement bâtiment au **CEREMA**,
- **Jordane Bardani**, Économiste de la construction chez le cabinet d'architecture **faber**,
- **Léo Mauvy**, Chef de projet chez **Mayers**

### Intervention de Céline Lemasson du CEREMA

Tout d'abord un point sur la sémantique : vous avez choisi de parler de budget et non pas de coûts, c'est bien.

On a bcp parlé du coût des matériaux biosourcés, mais le plus gros problème que nous avons aujourd'hui, c'est que nous manquons de références.

Du côté des équipes de recherche, nous n'avons pas de grande base de données, avec l'ensemble des matériaux biosourcés existants, avec leurs coûts, en rapport avec leurs performances (résistance thermique, etc.)

On a aussi un manque de connaissance sur les opérations.

#### 1/ Les études

Pour pallier au manque de base de données, on a commencé un travail en se concentrant sur les isolants industriels donc depuis 10 ans, on suit le coût de certains isolants industriels. Focus sur 8 produits et étude des coûts auprès de 5 distributeurs. Exemple du relevé de mars 2024 : on constate que la ouate de cellulose en vrac est l'isolant le moins cher.

Sur 10 ans, on constate surtout que les prix se rapprochent pour les isolants industriels en coton / lin / chanvre / fibre de bois, que la ouate de cellulose est dans le trio de tête, et que le coût de la laine de verre augmente depuis 2022 (peut-être dû à l'augmentation du coût de l'énergie).

Pour les isolants industriels en coton / lin / laine de chanvre / fibre de bois, on note qu'on est sur des industries qui n'ont pas encore absorbé complètement le coût de leur R&D.

On est sur des marchés qui prennent de l'ampleur, mais du coup, les industriels doivent s'équiper. Cela peut expliquer que même en gagnant des parts de marchés, ces isolants n'atteignent pas le prix aussi concurrentiel que des isolants qui sont sur le marché depuis bien plus longtemps. En bref, les investissements ne sont pas encore amortis. Donc le prix de l'isolant en m<sup>2</sup> est effectivement un peu plus cher.

Il y a donc un surcoût, mais qu'est-ce que ça représente dans un projet de bâtiment ?

Voir étude réalisée par des Conseillers en énergie partagée du GAL Sud Mayenne, dans le but d'échanger avec les élus. Le travail date de 2018, c'est donc un peu ancien, il sera peut-être mis à jour cette année.

Travail d'analyse sur les offres de marché, comparaison entre le coût des matériaux isolants biosourcés et le coût des matériaux isolants conventionnels.

Une étude a été menée sur 5 chantiers avec des cas de figures différents.

On constate que les surcoûts sont entre 15% et 30% au m<sup>2</sup>.

Si on ramène ça au lot isolation (isolant + rail + placo + bandes...), les surcoûts tombent entre 2,5 ou 8%, selon les matériaux utilisés. Si on regarde le coût global de la rénovation, on tombe à 1%.

## **2/ Focus sur 2 opérations en Pays de la Loire**, une rénovation et une construction neuve.

Objectif: Analyser les leviers utilisés par le maître d'œuvre dans la conception, et dans son intelligence de conception, sur le budget.

### **Cité administrative de Laval : une rénovation d'un bâtiment d'ampleur (8000m<sup>2</sup>) avec des biosourcés.**

Date de 1972. Isolation thermique à réaliser. 4 lots : étanchéité toiture, électricité, isolation, menuiseries extérieures.

Le choix s'est porté sur une ITI. Certaines fenêtres étaient trop étroites pour faire une ITE, elles se seraient transformées en meurtrières ! Aussi, les ayants droits de l'architecte ne souhaitaient pas qu'on touche aux façades.

C'est le maître d'œuvre qui a proposé une **ITI préfabriquée**. Le bâtiment lui-même avait été construit sur une logique de préfabrication. Cette solution était faite pour éviter les coûts, car sur ce bâtiment, en site occupé, une ITI c'est un déménagement obligatoire pendant le temps du chantier, avec location de bâtiments pendant les travaux, pour 3 ans = un coût énorme !

En proposant une ITI préfabriquée, avec des modules bois isolés de laine coton/lin/chanvre, le temps d'intervention dans chaque bureau était réduit à 3 semaines.

Les agents déménageaient donc juste pour 3 semaines.

**Le coût du chantier est donc réduit, ce qui fait que le faible surcoût de l'isolant biosourcé n'est pas un sujet.**

Le maître d'œuvre a fait le choix d'un **prototype** : il a isolé 2 bureaux, pour étudier les jointures entre bureaux de l'ITI, quelle épaisseur il fallait, et ce prototype a servi d'information au moment du marché de travaux. Les entreprises qui voulaient répondre au marché pouvaient venir sur site. Avec ce prototypage, les risques pour l'entreprise sont levés, devis au plus près du coût réel. (cf devis faits avec une part de risque, pour d'autres projets). Au final, les 3 devis reçus étaient très proches.

En travaillant sur le prototype, le maître d'œuvre a aussi **simplifié le chantier**. Que 3 ou 4 interventions différentes sur le chantier. Donc moins d'interfaces entre artisans à gérer. Et donc, moins de difficultés potentielles.

## **Construction neuve en structure bois et isolation béton de chanvre aux Sables d'Olonne**

Lorsque l'agglomération a passé cette commande de bâtiment, elle avait une urgence pour loger dans de bonnes conditions ses salariés. Elle avait 12 mois et un budget assez serré. C'étaient les conditions, pas d'ambition particulière. C'est le maître d'œuvre qui a proposé une solution biosourcée, qui rentrait dans le calendrier et dans les coûts.

La préfabrication a été choisie là aussi. Normalement pour le béton de chanvre sur chantier, il faut prendre en compte le temps de séchage, ça prend du temps. Aussi il a opté pour une solution de préfabrication en atelier. Le temps du chantier est réduit, on réduit donc en même temps les coûts.

C'est une agence d'architecture nantaise qui a travaillé sur ce projet, il y a moins d'équipements : pas d'équipement de chauffage, il y a juste une VMC double flux. Pas de climatisation, gestion de la ventilation naturelle. Avec ce type de démarche, ils arrivent à des coûts similaires que d'autres réalisations conventionnelles.

### **3/ Leviers pour maîtriser les coûts.**

- Les filières doivent travailler sur leur cadre normatif (avoir des règles professionnelles).
- Il faut former les professionnels.
- La maîtrise d'ouvrage doit recruter des maîtres d'œuvre déjà formés, qui savent concevoir biosourcé, et que la commande, dès le début, passe par le biosourcé. Le biosourcé n'est pas un élément qu'on ramène après-coup.
- Organiser le chantier, Favoriser la préfabrication, Gérer les sites occupés.
- Penser global : coût global, sur la vie du bâtiment.
- Réaliser que les bâtiments énergivores vont probablement perdre en valeur, face à l'augmentation inéluctable du coût de l'énergie.

### **4/ Questions et/ou commentaires.**

Quentin de Batylab :

Une remarque sur la différence de notion entre le coût et le budget.

Quand on parle de coût, on va parler du coût du matériau. En parlant de coût et de budget, on risque effectivement de comparer 2 choses qui ne sont pas comparables.

Les matériaux biosourcés ont des avantages plus larges que simplement leur performance en termes de résistance thermiques si on parle des isolants. Il faut aussi penser au confort d'été. Des matériaux performants sur le confort d'été évitent aussi de potentiellement installer des équipements de rafraîchissement.

## **Intervention de Jordane Bardani, économiste de la construction (faber)**

Le rôle de l'économiste au sein de la conception d'un bâtiment sur les études de maîtrise d'œuvre est assez important et intervient dès le début : de la conception du projet, notamment en phase programme, jusqu'en phase d'assistance du contrat de travaux. On a notre rôle en tant que concepteur et technicien pour permettre aussi la bonne réalisation de projet.

### **1/ Exemples de 3 opérations (2 en cours, 1 réceptionnée) de l'agence.**

Cela nous tient à cœur de travailler avec les biosourcés au sein de nos projets. Nous avons un rôle à jouer en tant que concepteur, que ce soit sur les matériaux ou la conception. Il faut rester humble et respecter le bâti ancien quand on est sur une opération de réhabilitation, mais également l'environnement urbanistique.

- **Projet de rénovation situé à Angers sur la faculté des sciences.**

Programme de rénovation énergétique, et de mise aux normes. Surface de 3600m2.

Objectif énergétique : BBC rénovation. Inscription dans le décret tertiaire.

7 bâtiments, années 1970. Objectif : Avoir une empreinte énergétique beaucoup plus sobre.

Je suis intervenu pour valider le budget de la maîtrise d'ouvrage.

A l'agence, nous avons retenu un principe avec les équipes de conception : isolation par l'extérieur par façade ossature bois. Objectif biosourcé assez important. Des garde-fous à respecter sur la résistance thermique (toiture, parois, sol), notamment pour l'obtention des CEE.

Au niveau du budget global, c'était une grosse enveloppe, et une grosse partie de l'opération. Il a fallu conforter cette idée-là.

Notre démarche a consisté au début à utiliser un comparatif global des isolants, pour regarder les caractéristiques isolantes et les autres caractéristiques techniques (ex : temps de déphasage). On a regardé plusieurs scénarios : 5 types de complexe à résistance thermique plus ou moins égale :

- Ossature bois + isolant en ouate de cellulose
- Ossature bois + isolant en bottes de paille
- Etc.

On devait respecter un  $R = 3,70$ .

Ensuite on a calculé les coûts de ces différents complexes.

On a ensuite prescrit un FOB (façade ossature bois) en épaisseur 145 mm avec un isolant en laine de bois. Pour atteindre un  $R = 3,80$  et un coût de 148 € HT du m<sup>2</sup> fourni/posé. Budget en phase concours sur ce projet : 4 458 000 € et on arrivait à conforter ce budget là avec notre solution.

Si on a choisi la façade ossature bois, c'est aussi parce qu'on était en site occupé, ce qui était une contrainte importante sur ce projet.

- **Réhabilitation d'un manoir ancien à Domagné (35).**

Réalisation de 4 logements dans l'ancien manoir. Surface habitable de 326m2. En phase de réception.

Les études ont démarré sur de la rénovation conventionnelle. Suite à des discussions au sein de l'agence, il a été proposé de partir sur une rénovation responsable, et de choisir des matériaux respectant le bâti ancien (notamment la pierre et la terre).

La 1<sup>ère</sup> phase : Démolir et curer intégralement le bâtiment, pour voir l'état du bâti. Les études ont pu être entreprises ensuite. Le bâtiment avait été agrandi au fil du temps, on a constaté plusieurs modes constructifs différents sur ce manoir.

Il a été décidé :

- Reprise structurelle de la charpente en chêne.
- Enduit extérieur traditionnel à la terre et à la chaux.
- Menuiseries en bois.
- Isolation en béton de chanvre (chaux chanvre projeté) à l'intérieur.
- Planchers en bois.
- Peinture à base d'algues.

L'objectif était la conservation du patrimoine ancien, utiliser des techniques traditionnelles, un bon confort d'usage (bon ressenti grâce à la régulation de l'hygrométrie)...

On a fait un comparatif entre la solution biosourcée et la solution conventionnelle, sans compter les travaux de curage et de démolition. Un ratio augmenté de 20% environ.

- **Restaurant scolaire à la Grignonaïs (44).**

Projet porté par la commune. Budget d'1,5 millions HT. Livré en 2021.

Objectif: bâtiment BEPOS E3C2 et Bâtiment biosourcé niveau 3 (36 kg par m<sup>2</sup>).

Structure en ossature bois préfabriquée, isolation en bottes de paille, y compris la toiture avec des caissons préfabriqués.

Choix de la commune d'avoir des matériaux locaux, donc les ossatures et le bardage bois ont été débités dans la commune avec des entreprises locales.

Au niveau du comparatif économique par rapport à un mode constructif conventionnel, on a un écart d'environ 10%.

Une note d'attention sur l'utilisation des biosourcés sur des zones techniques ou sur les bâtiments à fort taux d'hygrométrie, il faut savoir bien utiliser les matériaux biosourcés et ne pas le mettre à toutes les sauces. (cf sinistrabilité)

## **2/ Questions et/ou commentaires.**

Quentin de Batylab :

Effectivement, pour reprendre les mots de Yoann Boy ce matin, il faut mettre « le bon matériau, au bon endroit ».

Le béton et les matériaux conventionnels ont leur utilité dans certains cas. Les matériaux biosourcés peuvent être plus indiqués, dans d'autres cas.

Sur le bâti ancien, les matériaux biosourcés ont un avantage. C'est la capacité à gérer l'hygrothermie.

Dans une logique d'approche du coût global, si on avait utilisé un isolant conventionnel sur une maçonnerie qui a joué avec l'eau, l'isolant n'aurait probablement pas duré aussi longtemps, en comparaison de la solution chaux-chanvre utilisée dans l'exemple de Domagné.

Question du public :

On parle beaucoup du coût global, c'est une notion parfois assez floue. Qu'est-ce qu'on inclut dedans ? Qu'est-ce qu'on n'inclut pas dedans ?

Comment dans votre travail vous faites, avec cette approche de coût global, quand il faut défendre du + 10% ou du + 20 % ?

Réponse de Jordane Bardani: On n'a pas forcément de gros retour d'expérience chiffré. On sait qu'un bâtiment bien conçu avec les bons matériaux à la bonne place aura forcément une meilleure pérennité. L'optimisation des consommations d'énergie et du confort y fait aussi beaucoup. On parlait tout à l'heure du confort d'été. C'est une des nouvelles priorités à intégrer sur la conception de nouveaux bâtiments.

Céline Lemasson :

C'est une notion qui va intéresser les maîtres d'ouvrage qui utilisent le bâtiment.

C'est plus difficile, avec des promoteurs, de parler coût global.

**On estime que le coût global c'est l'ensemble des coûts inerrants sur un bâtiment, à l'aune de sa vie.**

**On peut parler de coût global à 20 ans, 30 ans, 50 ans...** Cela concerne donc aussi l'ensemble des travaux de maintien, de remplacements...

L'ADEME a fait pas mal d'études, il y a une 10aine d'année, sur cette question du coût global.

Léo Mauvy :

Effectivement, dans le cas du privé, l'investisseur va s'intéresser moins au coût global qu'à d'autres critères, par ex certaines certifications environnementales. Il faut avoir tout le monde autour de la table, à savoir l'exploitant aussi.

Quentin de Batylab : Sur l'approche coût global, les bailleurs sociaux ont bcp de ressources. En effet ils sont à la fois maîtrise d'ouvrage et gestionnaire du parc. Ils l'intègrent dans leurs opérations.

## Intervention de Léo Mauvy, chef de projet chez Mayers

Focus sur l'approche Construction bas carbone de Mayers.

- Présentation de Mayers :

1 architecte partenaire, 3 expertises intégrées (environnement et énergie, ingénierie de la construction, industrie : usine près de Rennes pour des murs ossature bois et modules 3D près à assembler). Cela nous permet une approche clé-en-main.

Le principal sujet sur lequel on a envie de travailler, c'est le bas carbone. Le biosourcé est l'outil qui nous sert pour décarboner le bâtiment.

- Présentation de la préfabrication.

10 modules 3D sortent par semaine actuellement, bientôt 20.

Le principal avantage de la construction hors site, c'est le temps. On réduit de moitié les délais de construction. On va être capable de monter un bâtiment R+4 en une semaine, on a un premier projet près de Rennes qui le démontre.

On peut poser jusqu'à 10 modules par jour. Il y a donc une réduction de temps, de coûts du chantier. Il y aussi une réduction de l'impact carbone du chantier. C'est aussi un avantage, notamment pour le promoteur immobilier qui a acheté le terrain : réduction du coût de temps d'immobilisation du terrain.

Ces éléments sont à prendre en compte quand on veut faire une analyse complète de combien coûte la construction en modulaire.

Le travail en usine permettant de limiter les défauts et/ou dégradations sur le chantier, on optimise aussi l'utilisation de la ressource. Dans l'usine, il y a aussi une automatisation de certains procédés, ce qui évite du danger et les risques pour les collaborateurs (moins de manipulations à la main).

- Exemple de réalisations modulaires.

Premier chantier modulaire bois de grande envergure pour Mayers : la résidence étudiante pour la Rennes Business School. 520 chambres dont 480 en modules 3D. Chaque module correspond à une chambre. L'assemblage avec la grue, c'est comme une sorte de Lego. C'est très rapide : cela a été posé en 10 jours.

Autres exemples : 28 maisons individuelles produites en modules 3D, une maison d'enfance avec des ailes en modules 3D et des murs ossatures bois, etc.

- Présentation des modules 2D et des modules 3D.

Pour les modules 2D, on n'est pas fixé sur un seul type de mur ossature bois. On propose des combinaisons. 3 grandes familles de murs, avec des épaisseurs variables, avec différentes finitions. Isolant : ouate de cellulose ou laine de verre. A partir de 48€ en sortie d'usine. Puis compter le prix du transport puis le prix de la pose.

Présentation de l'automatisation dans l'usine avec l'insufflation de la ouate de cellulose en vrac dans un mur ossature bois. La différence avec les panneaux, c'est qu'il faut mobiliser de la main d'œuvre pour les poser dans l'ossature. Donc économiquement, c'est intéressant cette automatisation avec la ouate de cellulose.

Pour les modules 3D, cela va du T1 au T5. Il y a quelques contraintes côté transport, on est en train de travailler sur la mixité des matériaux côté R&D (métal, acier) pour réduire ces contraintes.

Côté coûts et performances, on a fait un exercice de projection : en partant d'un bâtiment traditionnel, et avec pour objectif d'améliorer sa performance pour atteindre un des différents niveaux du label Biosourcé. On part d'un bâtiment traditionnel en R+3, et on fait des tests : changement charpente, façade... Le modulaire 3 D que l'on produit nous permet d'atteindre les 3 niveaux.

- Questions et/ou commentaires :

Quentin de Batylab : Quel est l'impact de la livraison sur le bilan économique et sur le bilan carbone ?

Léo Mauvy : En termes de distance : jusqu'à 400 km. Ça rajoute 10€ du m<sup>2</sup> environ.

Sur le bilan carbone, je n'ai pas les chiffres même si on avait commencé une réflexion pour une livraison envisagée dans le Grand Est.

Questions du public :

Pouvez-vous nous en dire plus sur le type de bâtiment concerné par votre étude ?

Léo Mauvy : C'était un R+3, une vingtaine de logements. Cette évaluation nous a permis de dresser une tendance, évidemment cela peut changer selon le type de bâtiment concerné. Et il y a toujours des cas particuliers.

## Conclusion

### **Que retenir dans l'économie du projet sur un projet biosourcé ?**

Céline Lemasson : Il faut se donner toutes les bonnes conditions de réussite d'un projet biosourcé. Référence à ce qui a été dit ce matin lors de la plénière « Recettes pour un projet biosourcé réussi » avec des exemples bretons. Prévoir notamment plus de temps en conception, qui sont rattrapés ensuite sur le temps du chantier.

Jordane Bardani : Effectivement, plus on anticipe les phases de conception, plus on maîtrisera les délais de chantier, et l'optimisation des coûts.