

Le coût des matériaux biosourcés dans la construction

Etat de la connaissance – 2016

Juin 2017

Crédit photo : Réseau Français de la construction en Paille



MINISTÈRE
DE L'ÉCOLOGIE,
DU DÉVELOPPEMENT
DURABLE
ET DE L'ÉNERGIE

MINISTÈRE
DU LOGEMENT
ET DE L'ÉGALITÉ
DES TERRITOIRES

Les coûts des matériaux biosourcés dans la construction

Etat de la connaissance 2016

Historique des versions du document

Version	Date	Commentaire
1.0	26/04/2017	
2.0	14/06/2017	

Affaire suivie par

Agnès POUILLAUDE - Département Villes et Territoires – Groupe Batiment- Energie
Tél. : 02.40.12.84.97 / Fax : 02.40.12.84.44
Courriel : Agnes.Pouillaude@cerema.fr
Site de Nantes : Cerema Ouest – MAN – 9 rue René Viviani – BP 46223 – 44262 Nantes cedex 2

Références

n° d'affaire : C16OV0043

Maître d'Ouvrage : DREAL de Bretagne (Mme Isabelle LE CORGUILLÉ)

Devis n° //

Rapport	Nom	Date	Visa
Établi par	Agnès POUILLAUDE	04/2017	
Contrôlé par	Isabelle LE CORGUILLÉ	05/2017	
Validé par	Sylvie LEVEAUX	06/2017	

Résumé de l'étude :

Cet état de la connaissance des coûts des matériaux biosourcés dans la construction dresse un panorama des coûts de construction connus, des comparaisons existantes entre matériaux classiques et matériaux biosourcés, dans leur diversité et des coûts de construction de projets réalisés. Il s'est appuyé sur une étude bibliographique à l'échelle de la France, une exploitation de l'observatoire des coûts de la construction du Cerema et sur des entretiens auprès de professionnels bretons, notamment issus du groupe-action. Il montre qu'intégrer des solutions biosourcées dans les projets de construction tout en maîtrisant financièrement le projet nécessite de dépasser la simple logique de remplacement d'un produit par un autre. C'est à l'échelle de l'opération que l'optimisation doit être trouvée. Il s'agit alors de déterminer le bon Mix « biosourcé-classique » compatible avec le budget du projet.

SOMMAIRE

PRÉAMBULE.....	4
INTRODUCTION.....	5
1 SOURCES MOBILISÉES ET ÉLÉMENTS DE MÉTHODE.....	6
1.1 Les matériaux biosourcés observés.....	6
1.2 Les sources mobilisées.....	6
1.3 Les coûts et les prix dans la construction : quelles approches ? pour dire quoi ?.....	10
2 LES COÛTS DES MATÉRIAUX BIO-SOURCÉS.....	14
2.1 Les prix déboursé secs.....	14
2.2 Les coûts des matériaux biosourcés en œuvre.....	15
3 LES COÛTS DES OUVRAGES INTÉGRANT DES MATÉRIAUX BIO-SOURCÉS.....	16
3.1 Comparaison de parois verticales, <i>par AE Bretagne</i>	17
3.2 Ouvrages en chanvre et murs en paille par les artisans et les particuliers.....	19
4 LES COÛTS DE L'ÉCO-CONSTRUCTION.....	21
4.1 Principes de maîtrise des coûts de l'éco-construction.....	21
4.2 Analyse de 28 éco-constructions en France.....	23
5 CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES.....	29

Préambule

Suite à l'état des lieux régional de la construction en matériaux biosourcés demandé par le Préfet de Région à la Cellule économique de Bretagne, et avec la volonté de la Région Bretagne de promouvoir les éco-matériaux dans la construction (action prioritaire du Plan Bâtiment Durable Breton), le Conseil régional et la DREAL de Bretagne ont lancé une démarche participative pour dégager des leviers d'action, avec l'appui du Réseau Breton Bâtiment Durable (RBBD).

Alors qu'étaient mis en place sept groupes-actions répondant aux besoins exprimés par les participants, le projet d'une étude sur les coûts voyait le jour parmi les pistes d'investigation envisagées. Dans ce cadre, un groupe action a été mis en place en réponse au besoin exprimé de pouvoir « parler des coûts des écomatériaux ». Réuni en janvier puis mars 2016, il a orienté et enrichi l'étude réalisée par le Cerema, au travers des contacts du groupe-action et des échanges qu'ils auront permis.

Le présent rapport restitue l'état de la connaissance des coûts des matériaux biosourcés dans la construction en 2016.

Introduction

En complément des leviers de la commande publique, de formation de la filière ou d'assurabilité, le développement des matériaux biosourcés dans la construction repose sur une meilleure approche du bilan financier de la construction, réalisée pour partie ou en totalité avec des matériaux biosourcés.

Face aux techniques non courantes associées à ces matériaux, la connaissance des différents coûts d'utilisation dans la construction est éparse et peu partagée tant auprès des ménages et des collectivités locales qui prescrivent les chantiers, qu'auprès des professionnels – architectes, maîtres d'œuvre, économistes de la construction, artisans non spécialisés dans la construction en biosourcés. Le discours d'un « surcoût » des matériaux bio-sourcés apparaît majoritaire en l'absence de mercuriales et de chiffrages financiers moyens de l'effet des matériaux biosourcés sur les projets. Il est donc important de disposer d'éléments de prix objectivés sur les différents matériaux biosourcés dans la construction, pour éclairer la situation en Bretagne.

L'étude menée par le Cerema éclaire la rentabilité de l'utilisation des matériaux biosourcés par rapport aux solutions classiques dans la construction. Elle se différencie des études de filières qui sont tournées vers la production de matériaux biosourcés et l'approvisionnement du secteur de la construction (volumes produits, capacité de production disponible régionalement, prix sortie d'usine, ...).

Cet état de la connaissance des coûts des matériaux biosourcés dans la construction dresse un panorama des coûts de construction connus, des comparaisons existantes entre matériaux classiques et matériaux biosourcés, dans leur diversité et des coûts de construction de projets réalisés. Il s'est appuyé sur une étude bibliographique à l'échelle de la France, sur une exploitation de l'observatoire des coûts de la construction du Cerema et sur des entretiens auprès de professionnels bretons, notamment issus du groupe-action. Le bureau d'études AE Bretagne, économiste de la construction, a réalisé les chiffrages des parois verticales en matériaux biosourcés.

Les enjeux économiques sont :

1. d'avoir une visibilité des prix pratiqués, en complément des dynamiques de marchés ou de filières ;
2. de situer les matériaux biosourcés dans la concurrence et d'apprécier le chemin à parcourir pour développer la construction en biosourcés.

Cette étude précise en outre, par type de matériaux, dans quelle mesure les coûts sont documentés ou non. L'ambition forte de disposer d'une approche en chiffres pour l'ensemble des matériaux biosourcés ne peut être atteinte à ce jour étant donné les informations disponibles.

Après un exposé des sources, les coûts recensés sont présentés pour les matériaux, les ouvrages puis les écoconstructions.

1 Sources mobilisées et éléments de méthode

1.1 Les matériaux biosourcés observés

Les « matériaux biosourcés » sont des matériaux d'origine végétale ou animale qui peuvent être utilisés pour la construction ou la rénovation de bâtiments.

Le présent état de la connaissance porte sur les matériaux biosourcés disponibles en Bretagne identifiés par l'étude sur « les filières des matériaux biosourcés de la construction en Bretagne », réalisée par la Cellule économique de Bretagne (mars 2015).

Des prix et des coûts ont pu être recensés pour le chanvre, le lin, le papier ou textile recyclés (ouate de cellulose), la paille et les produits connexes du bois, dans certaines de leurs applications. La recherche documentaire n'a pas réuni d'éléments économiques sur la laine de mouton, le roseau ou le chaume.

Ces matériaux couvrent une diversité de produits de construction, en particulier :

- les isolants (laines de fibres végétales ou animales, de textile recyclé, ouate de cellulose, chènevotte, bottes de paille, etc.),
- les mortiers et bétons (béton de chanvre, de bois, de lin, etc.),
- les briques à isolation répartie (chanvre, paille, etc.),
- les panneaux de cloison (particules ou fibres végétales, paille compressée, etc.).

L'intégration de composants biosourcés dans les matériaux composites et plastiques (matrices, renforts, charges) ou la chimie du bâtiment (colles, adjuvants, peintures, etc.) sont en dehors du périmètre de l'étude.

1.2 Les sources mobilisées

L'état de la connaissance se fonde sur une étude bibliographique réalisée à l'échelle de la France entière et sur des entretiens auprès de professionnels bretons, notamment issus du groupe-action. Les travaux existants en Bretagne ne sont pas suffisamment nombreux pour établir une étude régionalisée des coûts observés.

L'étude a permis :

- d'identifier les travaux majeurs existants ;
- de rechercher les coûts observés dans d'autres régions à titre comparatif ;
- de rechercher d'éventuelles analyses de filière produites présentant certains coûts déboursés de matériaux biosourcés.

1.2.1 Les études et données exploitées

En France, quelques acteurs professionnels ont produit des études de prix des matériaux biosourcés, donnant à voir les montants en jeu ou selon une approche comparative avec les matériaux classiques.

La plupart des travaux sur les matériaux biosourcés porte sur les filières de production, et de plus en plus sur les volumes produits, dans une perspective de capacité à approvisionner les marchés existants ou futurs des éco-matériaux (voir liste ci-dessous).

Parmi eux, une vingtaine comporte des prix ou un chiffrage permettant d'éclairer le coût des matériaux biosourcés dans la construction. Cette information apparaît peu synthétique fragmentaire selon les matériaux, avec une information mieux capitalisée pour les constructions bois. Plusieurs échelles sont prises en considération allant des matériaux aux bâtiments, en passant par les ouvrages grâce à la contribution de AE Bretagne.

En complément, l'observatoire des coûts de la construction du Cerema a permis d'exploiter dix-huit opérations d'écoconstruction renseignant certains coûts (voir liste p 21).

Les travaux engagés par les DREAL dans le domaine des matériaux biosourcés ont été examinés, mais la plupart n'ont pu être exploités car ils couvrent essentiellement la construction bois ou sont centrés sur la filière de production des matériaux sans apporter d'éléments de coûts fourniture ou de coûts fourniture et main d'oeuvre dans la construction.

Liste des études dépouillées

Etudes documentant les coûts des biosourcés dans la construction

1. Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie (DGALN / PUCA), Nomadéis, 2012, *Etude sur le secteur et les filières de production des matériaux et produits bio-sourcés utilisés dans la construction (à l'exception du bois). Partie 1 : Etat des lieux économique du secteur et des filières*, août 2012, <http://www.nomadeis.com/tag/materiaux-biosources/> 101 p.
2. Alliance Economie Bretagne, 2015, *Approche estimative du coût m² paroi de systèmes constructifs bio-sources*, non publié, 10 p.
3. Cerema, 2016, *Rapport d'audit de la réhabilitation des logements de Brigade de Gendarmerie des Transports Aériens*, 56 p.
4. DREAL Alsace, DRAC Alsace et Cerema, 2011, *Habitat ancien en Alsace*, 4 pages.
5. BRUDED, 2015, *Retours d'expériences de matériaux biosourcés*, 28 p, consulté sur http://www.bruded.org/tl_files/contenu/fichiers/Activites/ressources/Mutualisation_fiches_eco-materiaux_final.pdf.
6. DEGRIGNY U., FIA Habitat, 2008, *Comparatif maison écologique versus conventionnelle*, 49 p.
7. Pôle écoconstruction Limousin, 2007, *Quel coût pour la construction durable ? Comparatif maison écologique / maison traditionnelle*, consulté sur http://www.ecoconstruction-limousin.com/IMG/pdf/Comparatif_Maison_Ecologique-Conventionnelle-2.pdf, 2 p.

Fiches opérations de constructions mobilisant des matériaux biosourcés :

8. Réseau breton Bâtiment durable,
 - *La pépinière d'entreprises écopôle de Concarneau*
 - *Ekopol (tertiaire bureaux) de la Communauté de communes du Kreiz-Breizh (Rostrenen)*
 - *Le Corum (tertiaire bureaux) du Pays de Cornouaille à Quimper*
 - *Déchetterie SMICTOM du Pays de Fougères*
 - *Maison de la Consommation et de l'Environnement, à Rennes*
 - *École maternelle de Caulnes*
 - *Collège Lucie et Raymond Aubrac à Plouagat, Conseil Général des Côtes d'Armor*
 - *Maison de l'enfance les P'tites Pousses du Pays de Saint Briec, à Langueux*
 - *Multi-accueil en paille du Pays de Brocéliande à Mûel*
 - *Maison bioclimatique en Bretagne Sud*
 - *Maison bioclimatique et mur capteur en briques de terre*
 - *Maison bioclimatique et poutre en I à Bréhan*
 - *Maison octogonale de Minegu*
 - *Maison passive avec fibre de bois et ouate de cellulose Dubouyais*
 - *Maison passive de Muzillac*
 - *Maison passive en chanvre en Centre-Bretagne*
 - *Maison passive Coatleven*
 - *Habitat partagé « Le Fil », Le Bono*
 - *Habitat partagé « La Cie Rit », Saint-Germain-sur-Ille*consultées sur http://www.reseau-breton-batiment-durable.fr/retour_experience/
9. Afcobois, Agence départementale du Pays de Fougères, consultée sur <http://afcobois.fr/maisonbois/contact/fiches-techniques/immeuble-de-bureaux/>
10. BRUDED,
 - *Salle polyvalente de Mouais*
11. Cerema et DREAL des Pays de la Loire (opérations en Pays de la Loire),
 - *Maison de l'enfance et de la jeunesse de Craon (53)*
 - *Médiathèque de Saint Aignan Grandlieu (44)*
 - *Logements HQE de la communauté de communes de Ernée (53)*
12. Airéo énergies (opérations en Pays de la Loire),
 - *Base nautique – Abbaretz (44)*
 - *Maison d'accueil pour enfants « Félix Guillou » - Blain (44)*
 - *Espace jeunesse - La Montagne (44)*
 - *Espace jeunesse - S^t Hilaire de Riez (85)*
13. CAUE Observatoire, *Maison de l'enfance – Le Pellerin (44)*, consultée sur <http://www.caue-observatoire.fr/ouvrage/maison-de-lenfance-8/>
14. Université de Lausanne, 2014, *Bâtiment tertiaire passif – Poitou-Charentes*, consulté sur <https://villedurable.org/2014/05/05/1500-euros-ht-du-m2-pour-un-batiment-tertiaire-passif-et-positif-en-poitou-charentes/>

Construction bois : analyses technico-économiques de projets

15. Comité National pour le Développement du Bois (CNDB), 2012, *Crèches, écoles, collèges : Observation des coûts de construction de 10 réalisations sur le massif des Alpes*, 25 p.

16. Comité National pour le Développement du Bois (CNDB), 2012, *Salles multi-activités : Observation des coûts de construction de 7 réalisations sur le massif des Alpes*, 25 p.
17. Comité National pour le Développement du Bois (CNDB), 2013, *Logements collectifs bois : 8 opérations décryptées* ; Atlanbois, Etats généraux du bois, 2013.
18. Association Ingénierie Bois Construction, 2013, *Le coût de la construction bois* ; Atlanbois, Etats généraux du bois, 2013.
19. CeRCAD Midy-Pyrénées, *fiches opérations de bâtiments en bois*, précisant le plus souvent le coût du projet (et non les coûts de construction), non détaillés.
20. DRIEA Ile-de-France, 2014, *Le coût de la construction bois en Ile de France*, consulté sur <http://www.driea.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/coût-de-la-construction-bois-en-ile-de-france-a4626.html>, 12 opérations disponibles.

Absence d'information sur les coûts des matériaux biosourcés mis en œuvre :

ADEME, 2015, *Marchés actuels des produits biosourcés et évolutions à horizons 2020 et 2030 – synthèse publique*, 18 p, consultée sur <http://www.ademe.fr/marche-actuel-produits-biosources-evolutions-a-horizons-2020-2030>

C&B Constructions & Bioressources, 2015, *Les matériaux et produits de construction à base de bioressources : une réponse aux enjeux de la construction moderne* ; Présentation au séminaire DREAL Bretagne – Conseil Régional de Bretagne, 5 février 2015, « Les filières de matériaux biosourcés pour la construction en Bretagne », 51 p.

1.2.2 Les entretiens réalisés

Face à une information fragmentaire, les entretiens et les échanges au sein du groupe-action 4 « parler des coûts des éco-matériaux »¹ sont venus compléter la capitalisation des éléments de connaissance sur les coûts des matériaux biosourcés dans la construction.

Des entretiens ont été conduits avec :

- Gérard LENAIN de la Fédération Construire en Chanvre
- François RIOU, Enbô, bureau d'études en éco-construction
- Valéry LEHOUX, AE Bretagne, bureau d'études en économie de la construction
- Mikael LAURENT, Chargé de développement, de BRUDED en s'appuyant sur le diaporama BRUDED, 2015, *Présentation de Bretagne rurale et urbaine pour un développement durable* ; à l'Agence régionale pour l'environnement Provence-Alpes-côte d'Azur, Le Désert, octobre 2015.

¹ Piloté par la DREAL Bretagne, le groupe action réuni en janvier et mars 2016 a réuni 'Construire en chanvre', 2 économistes de la construction, un distributeur de matériaux, la Cellule économique de Bretagne et le Cerema Ouest.

1.3 Les coûts et les prix dans la construction : quelles approches ? pour dire quoi ?

En revenant brièvement sur les définitions et les différentes approches des coûts, il s'agit de clarifier ce que recouvre les différents coûts de construction, au travers d'une présentation schématique de leur décomposition et, aussi, d'exposer les approches en coût global qui permettraient de dépasser la seule vision de l'investissement pour prendre en compte le fonctionnement selon une vision de moyen/long terme, voire les externalités environnementales ou territoriales.

Les dimensions techniques de durabilité (vie du matériau en œuvre) ou de performance ne sont pas intégrées : les observations se font le plus souvent à performance thermique égales entre matériaux classiques et bio-sourcés.

A. La décomposition des coûts et les prix dans la construction

Les coûts et les prix, représentés par le schéma page suivante, correspondent à 3 échelles :

1. les prix des matériaux,
2. les coûts du bâtiment,
3. les coûts du bâtiment dans le temps

A un 1^{er} niveau, les études sur les filières des matériaux biosourcés informent sur les prix unitaires déboursé sec, en se focalisant sur les coûts cumulés des étapes de transformation depuis la production (agricole) des matériaux jusqu'à leur distribution. C'est un 1^{er} critère de compétitivité-prix des matériaux biosourcés, dans les cas comme l'isolation rapportée où un isolant biosourcé comme la ouate de cellulose remplace isolant classique - laine de verre ou laine de roche -, dans une structure de paroi inchangée.

Cependant, l'utilisation des matériaux biosourcés peut conduire à modifier les modalités de mise en œuvre – mur en paille, en blocs de béton de chanvre par exemple -. Le prix des matériaux en œuvre permet alors de mieux apprécier la rentabilité des biosourcés dans la construction.

LA NATURE DES COÛTS OU DES PRIX

Éléments pris en compte dans les différents prix ou coûts

LES PRIX DES MATERIAUX



LES COÛTS DU BATIMENT



LES COÛTS DU BATIMENT DANS LE TEMPS



A un 2^{ème} niveau, à l'échelle du bâtiment, le coût de construction et le coût d'opération (hors foncier) rendent bien compte des **deux leviers d'action** majeurs pour intégrer davantage de matériaux biosourcés dans la construction :

- le projet peut introduire une part de matériaux biosourcés – et non 100 % de biosourcés – en ce concentrant sur certains ouvrages ou des espaces ciblés. De cette manière, l'équilibre financier peut être maîtrisé tout en apportant une amélioration de la qualité d'usage. Les économistes de la construction ont un rôle particulier à jouer pour trouver le juste « biosourcés - mix » ;
- le projet peut connaître une évolution programmatique afin de dégager les marges de manœuvre nécessaires à l'utilisation de matériaux biosourcés.

Le coût d'opération (hors foncier) **permet donc de sortir de l'approche du surcoût** dans laquelle les matériaux classiques sont simplement remplacés par des solutions biosourcées.

De plus, il permet d'intégrer les coûts de conception, qui augmentent puis diminuent progressivement quand on introduit des solutions moins mises en œuvre dans la profession (coût de l'apprentissage).

Enfin, dans une autre situation, le coût d'opération (hors foncier) peut traduire les ambitions d'un projet ou le coût d'un bâtiment démonstrateur.

Ces approches à l'échelle des matériaux et des constructions sont classiquement mobilisées par les praticiens, les maîtres d'œuvre, les artisans ou encore les économistes de la construction.

A un 3^{ème} niveau complémentaire, les maîtres d'ouvrage public, les gestionnaires de patrimoine immobilier ou les propriétaires-occupants s'appuient sur les approches en coût global afin de prendre en compte le temps long, au-delà du temps de la construction.

B. Les approches en coût global

Les approches en coût global permettent de prendre en compte les coûts différés d'un projet et ainsi de déterminer le coût total du projet sur la durée, comme le montre le schéma précédent. Il apporte donc une analyse économique à l'analyse du cycle de vie d'un bâtiment et au référentiel E⁺/C⁻ des bâtiments neufs à énergie positive et faible empreinte carbone.

A moyen terme, elles permettront d'éclairer les effets de durée de vie des matériaux et de performance du bâti dans la durée ; atouts de certains matériaux biosourcés aujourd'hui non intégrés à l'analyse économique. Toutefois, actuellement, l'analyse en coût global dans le domaine de la construction en matériaux biosourcés se heurte au manque de connaissance des coûts d'exploitation-maintenance, qui peuvent différer des bâtiments classiques.

Il existe plusieurs méthodes de calcul du coût global² (Cf. ci-dessous). Toutes intègrent dans la

² Références : Norme ISO 15686-5 ; Charlot-Valdieu, C., Outrequin P., 2013, *coût global des bâtiments et des projets d'aménagement*. Mode d'emploi, Paris, Le Moniteur, 315 p.

réflexion les coûts énergétiques, les coûts d'entretien, de remplacement des équipements. Certaines élargissent l'analyse aux coûts de déconstruction et aux externalités d'un projet (CO2, emplois locaux, ...).

Ainsi, la norme ISO 15686-5 distingue :

1. **Le coût global direct** (cf. schéma) qui comprend l'ensemble des coûts d'investissement (coût de conception et de construction), des coûts d'exploitation-maintenance, les coûts de déconstruction. Il est en lien avec l'analyse du cycle de vie du bâtiment ;
2. **Le coût global élargi** qui comprend le coût global direct ci-dessus, le coût du financement et de la fiscalité, les impacts sur la qualité d'usage, sur l'image, sur l'activité de l'organisation et les externalités positives ou négatives (valorisées en €). Il est en lien avec la performance énergétique et environnementale des bâtiments portée par le Label E⁺/C⁻.

Le coût global prend donc en compte les **baisses de charges et les gains futurs** au niveau de l'exploitation-maintenance pour le porteur de projet, voire du territoire, qui seront réalisés grâce aux **investissements d'aujourd'hui**. Cette approche permet notamment de savoir si les « sur-investissements » à la construction sont compensés par une baisse des coûts ou des bénéfices différés (avec un retour sur investissement partiel ou total).

Les maîtres d'ouvrage public, les gestionnaires de patrimoine immobilier ou les propriétaires-occupants sont les plus susceptibles de prendre leur décision en fonction du coût global puisqu'ils gèrent / occupent la construction livrée.

En appuyant leurs décisions sur le coût global, les collectivités locales peuvent :

- Justifier de l'usage des fonds publics et préserver l'intérêt général
- Favoriser une meilleure utilisation des fonds publics
- Contribuer aux choix de produits et d'équipements performants dans le temps (maintenance, fin de vie, externalités, ...)

Pour tous les acteurs, l'enjeu est d'évaluer et d'optimiser les opérations de construction ou de réhabilitation en prenant en compte les intérêts des utilisateurs finaux, de la collectivité et des professionnels de la construction.

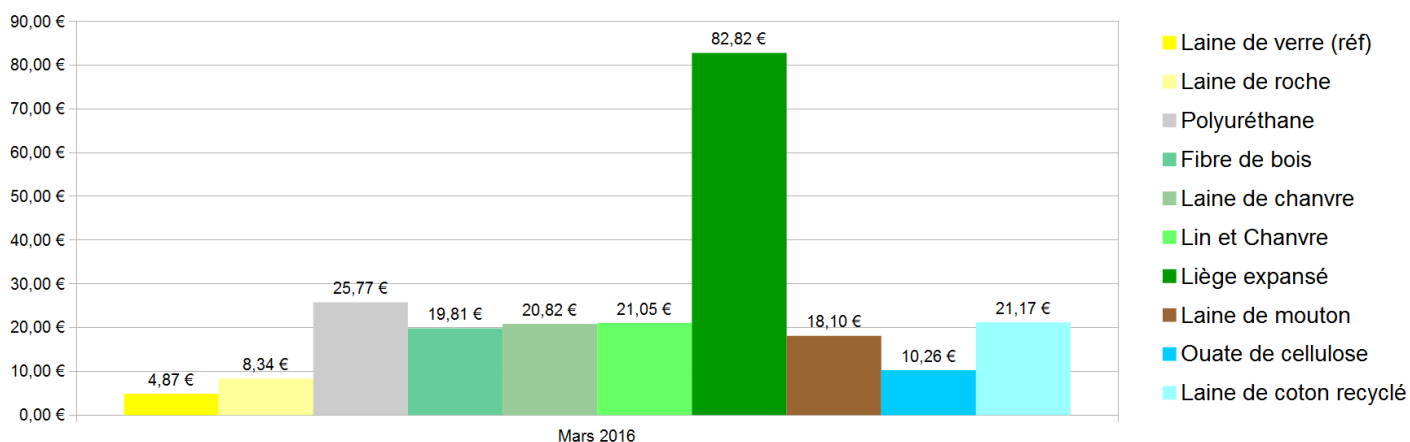
2 Les coûts des matériaux bio-sourcés

Des éléments de coûts des matériaux biosourcés ont pu être mobilisés – au travers d'études (France entière) ou de base de données - pour une partie des utilisations possibles. Globalement, l'isolation intérieure, extérieure ou répartie dans les murs ainsi que les enduits sont les mieux documentés.

2.1 Les prix déboursés secs

En matière d'isolants biosourcés, les prix distributeurs (déboursés sec) issus de l'observatoire des coûts de la construction du Cerema (cf. graphique) comparent, pour une résistance thermique équivalente ($R = 5$), la compétitivité-prix de la ouate de cellulose (vrac), de la laine de coton recyclé (vrac), de la fibre de bois, des laines de chanvre et de mouton, du liège expansé (panneaux isolants), à des solutions non biosourcées comme la laine de verre, la laine de roche ou le polyuréthane.

Comparaison des prix d'isolants à résistance thermique équivalente ($R=5$) selon le matériau
(prix distributeur € HT / m²)



Source : Observatoire des coûts de la construction, Cerema. Prix déboursé sec

Du point de vue financier (c'est-à-dire sans tenir compte des différences techniques des produits ni de la mise en œuvre), **seul le prix de la ouate de cellulose en vrac apparaît compétitif par rapport aux solutions minérales traditionnelles.**

En 2016, le prix de gros de la ouate de cellulose (de l'ordre de 4,50€) est quasiment égal à celui de la laine de verre, mieux positionnée que la laine de roche (7,50€ à 8€).

Pour une performance thermique de $R = 5$, les solutions bio-sourcées appliquées sous la forme de panneaux isolants apparaissent 2 à 3 fois plus chères, hors mise en œuvre.

La cherté des panneaux de fibres de bois était également constatée par le rapport Nomadeis,

avec une nuance entre panneaux rigides et semi-rigides. D'après ce dernier, la structure des coûts pour la commercialisation des panneaux en fibre de bois est différente selon qu'il s'agisse de panneaux semi-rigides ou rigides, car le transport pèse plus fortement dans le prix de vente des panneaux semi-rigides. Dans les deux cas, le coût du transport est important. Il représente ainsi en moyenne 25% du prix de vente dans le cas des panneaux semi-rigides, et environ 20% dans le cas des panneaux rigides³.

2.2 Les coûts des matériaux biosourcés en œuvre

A. Ouate de cellulose - isolant

En isolation thermique par l'intérieur, le prix fourniture et pose de la ouate de cellulose en vrac (soufflage) est de **15 € HT/m² en 2016** d'après le bureau d'études AE Bretagne et le rapport Nomadéis, soit un montant légèrement supérieur à la laine de verre (11,70 € HT/m²).

Pour l'isolation des combles, viennent s'y ajouter le coût forfaitaire de réhausse des trappes (300 € à 500 € pour une maison individuelle de 100 m² SP, à dire d'experts au sein du groupe action) et, en rénovation, le coût d'enlèvement de l'isolation minérale (6 à 8 € HT/m², selon Batitel, voire davantage sur les petits chantiers⁴).

B. Matériaux de construction en chanvre

Par rapport à 2011 où Nomadéis observait une variabilité du coût de la matière première et du prix du produit déboursé sec selon la filière de production, la filière française des matériaux de construction en chanvre a pu stabiliser sa production tant en quantité qu'en qualité, selon la Fédération « Construire en chanvre ».

Le béton de chanvre peut être utilisé en **remplissage de toiture** à un coût mis en œuvre de **75 € HT / m²**, auquel s'ajoute dans le lot Couverture, la préparation du toit et la pose d'un pare-pluie⁵.

Les **enduits en béton de chanvre** sont utilisés en intérieur ou en extérieur, en construction neuve et en rénovation. Ils permettent notamment d'améliorer les confort thermique et acoustique. Les coûts des enduits en béton de chanvre mis en œuvre sont en 2016, d'après la fédération « Construire en Chanvre » :

1. **Enduit épaisseur 2 cm : 68 € HT / m² mis en œuvre** (dont matériaux 10 € HT/m²)

3 La différence de compactage possible pendant le transport entre les deux produits a un impact sur le volume transportable et le coût associé. Au niveau de la filière, le coût du transport particulièrement élevé explique le désavantage des importations par rapport à la production de panneaux semi-rigides sur le territoire français (le poids du chiffre d'affaires représentée par la France constituant également une raison importante). Les entreprises ont intérêt à rapprocher les usines de production des lieux de distribution.

4 La source Batitel reflète les prix de l'artisanat et non de la promotion immobilière. L'artisanat est davantage présent sur des chantiers de petits volumes, avec des coûts d'installation répétés et des prix unitaires plus élevés.

5 Source Fédération Construire en chanvre et dire d'experts (maitres d'œuvre contacts de la fédération).

2. **Enduit épaisseur 6 cm (réalisation manuelle) : 120 € HT/m² maximum mis en œuvre** (dont matériaux 32 € HT /m²)

Ces coûts varient selon les modalités de mise en œuvre manuelles ou projetées, et l'épaisseur appliquée (coût en volume 500 € HT /m³) ; l'un des intérêts de ces enduits est la possibilité de les appliquer en forte épaisseur pour des reprises de mur.

D'autres ratios de coûts sont présentés ci-dessous pour les murs, plancher et toiture (Cf. 3.2).

C. Paille en panneaux pour cloison intérieure

Les panneaux de paille peuvent être utilisés pour la réalisation de cloisons intérieures. La comparaison des solutions avec 3 matériaux - panneau de paille, fermacell et placoplâtre -, présentée ci-dessous, met en avant une position concurrentielle forte du placoplâtre, d'après Nomadéis.

Produit	Panneau de paille	Fermacell	Placoplâtre
Coût du produit	12 à 20 € HT/m ²	5 à 6 € HT/m ²	2 à 3 € HT/m ²
Coût du produit pour 100m ² de cloison	1 200 à 2 000 € HT	500 à 600 € HT	200 à 300 € HT
Coût de la mise en œuvre (fournitures + pose) en cloison intérieure	A partir de 38 € HT/m ²	23-43 € HT/m ²	20 à 40 € HT/m ²
Coût de la mise en œuvre (fournitures + pose) pour 100 m ² de cloison intérieure	A partir de 3 800 € HT	2 300 à 4 300 € HT	2 000 à 4 000 € HT

Source : DGALN - Nomadéis 2012

Les panneaux de paille industriels sont en 2012 un produit en développement : ils sont issus d'une seule usine en France et la croissance prévisionnelle du volume de production était une multiplication par 5 entre 2009 et 2012⁶. A terme, conformément au cycle de développement d'un produit de Vernon, on peut s'attendre à ce que l'augmentation de la part de marché de la paille en panneaux se traduise par des gains de productivité et une baisse du prix unitaire.

3 Les coûts des ouvrages intégrant des matériaux bio-sourcés

A l'échelle des ouvrages d'un bâtiment, la comparaison des coûts des différentes solutions pour réaliser un ouvrage « standard », comme une paroi verticale ou une toiture, donne une première indication théorique de l'impact financier des différentes solutions biosourcées par rapport à une solution classique courante.

En pratique, les économistes de la construction adoptent une approche à la fois technique et économique dans laquelle, par exemple, le choix de l'isolant doit également répondre à un

6 Nomadéis 2012.

classement au feu dans les établissements recevant du public ou intégrer les complémentarités techniques (ouate de cellulose en vrac + boîtiers électriques étanches ou poids des parois + fondations, etc.). Les coûts réels des ouvrages intégrant des biosourcés sont donc issus d'une analyse fine de la part d'un économiste de la construction ou d'un devis de l'entreprise de travaux ou du bureau d'études technique.

Il reste néanmoins utile de disposer d'ordres de grandeur ou de ratios indicatifs pour situer ce marché émergent. Les coûts mobilisés ici concernent les parois et les parois isolées. Le bureau d'économistes de la construction AE Bretagne a réalisé une étude financière sur des parois chanvre et paille dans la perspective d'une mise en œuvre par des promoteurs. Quelques compléments sur les ouvrages en Chanvre et les murs Paille sont apportés dans la perspective d'une mise en œuvre par des artisans et/ou des particuliers.

3.1 Comparaison de parois verticales, par AE Bretagne

L'étude sur les coûts de construction de systèmes constructifs, réalisée par AE Bretagne, fournit des éléments de coûts estimatifs des parois de différents systèmes constructifs biosourcés.

Les simulations de coûts de parois sont proposées pour **un bâtiment de référence R+4 avec 2 étages en attique**, de 16 m de largeur pour 46 m de longueur, représentant 3 970 m² de surface de plancher et 1 900 m² de façades dont **1 520 m² de parois**⁷.

Quatre systèmes constructifs biosourcés qui pourraient être mis en œuvre par des promoteurs sont comparés :

1. **la solution conventionnelle Mur béton + isolation thermique intérieure (ITI) minérale** : Revêtement extérieur (enduit monocouche) + Mur maçonné (béton ou parpaing enduit) + Isolant minéral + Pare-vapeur + Ossature métallique + Contre cloison BA13 ;
2. **Mur béton + ITI biosourcée** : Revêtement extérieur (enduit monocouche) + Mur maçonné (béton ou parpaing enduit) + Isolant biosourcé + Pare-vapeur + Ossature métallique + Contre cloison BA13 ;
3. **Panneaux préfabriqués en chanvre** : mur préfabriqué de béton de chanvre (43 cm d'épaisseur) + parement intérieur ;
4. **Construction Paille Caissons préfabriqués** : paille en remplissage isolant de caissons assurant la totalité des fonctions structurelles de l'ouvrage, caissons enduits sur les deux faces.

Les tableaux ci-dessous sont des approches estimatives des coûts de parois décomposés en fonction des matériaux. Les prix indiqués sont des prix comprenant la fourniture et la mise en œuvre des éléments, sur un marché en Ile de France.

Certaines techniques imposent d'avoir un parement extérieur plutôt qu'un enduit (pendant que certaines n'en ont pas besoin). Pour pouvoir comparer les techniques entre elles, ces enduits ou parements ont été pris en entrée de gamme (respectivement 30 et 60 €/m²).

⁷ Largeur, longueur de l'attique : 13 x 39,5 m. Dalle à dalle : 2,8 m (dalle 30 cm épaisseur). Hauteur Rez-de-chaussée : 3 m. Hauteur de charpente : 2,5 m

1- Mur béton + ITI minérale

DESIGNATIONS	PRIX m ² en € HT
Enduit monocouche	30
Mur en béton ou en parpaing enduit	Entre 90 et 120
Isolation minérale	Entre 10 et 15
Pare vapeur	12
Parement intérieur	30
Prix total	Entre 172 et 207 €

Source : AE Bretagne, 2015.

2- Mur béton + ITI biosourcée

DESIGNATIONS	PRIX m ² en € HT
Enduit monocouche	30
Mur en béton ou en parpaing enduit	Entre 90 et 120
Isolation biosourcée	Entre 25 et 35
Pare vapeur	12
Parement intérieur	30
Prix total	Entre 187 et 227 €

Source : AE Bretagne, 2015.

3- Panneaux préfabriqués en chanvre

DESIGNATIONS	PRIX m ² en € HT
Mur préfabriqué de 43 cm	Entre 220 et 250
Parement intérieur	30
Prix total	Entre 250 et 280 €

Source : AE Bretagne, 2015.

4- Construction Paille - Caissons préfabriqués

DESIGNATIONS	PRIX m ² en € HT
Parement extérieur	60
Pare pluie naturel en fibre de bois	15
Ossature bois de 35 cm d'épaisseur	Entre 50 et 60
Remplissage en bottes de paille pressée de 35 cm posées sur chant	40
Panneaux de contreventement en OSB (ép. 15 mm)	30
Pare vapeur	10
Parement intérieur en plaque de plâtre	30
Prix total	Entre 235 et 245 €

Source : AE Bretagne, 2015.

Synthèse comparative des solutions parois

Type de parois	coût m ² paroi (€ HT/ m ²)
1- Mur béton + ITI minérale	Entre 172 et 207 € HT
2- Mur béton + ITI biosourcée	Entre 187 et 227 € HT
3- Panneaux préfabriqués en chanvre	Entre 250 et 280 € HT
4- Construction Paille - Caissons préfabriqués	Entre 235 et 245 € HT

Source : AE Bretagne, 2015.

Ce tableau ne tient pas compte de la réduction des coûts liée à une éventuelle massification des commandes de la part des promoteurs immobiliers. A partir de discussions menées avec des fabricants de matériaux isolants biosourcés, pour les volumes concernés par une opération de 4 000 logements, cette réduction est estimée à 15 %.

Enfin, les écarts de coûts entre ces 4 solutions ne se traduisent pas directement par une hausse / baisse du coût total de la construction du même montant. En effet, les parois biosourcées et conventionnelles ne sont pas simplement interchangeables. Ce dernier tableau apporte donc **des ordres de grandeur et de comparaison de l'adoption de techniques biosourcées.**

En pratique, une étude d'incidence réelle des biosourcés sur le coût total de la construction (et non une simulation) prend en compte les réglementations feu, acoustiques (qui s'appliquent différemment en fonction des techniques), les complémentarités techniques (ouate de cellulose en vrac + boîtiers électriques étanches ou poids des parois + fondations, etc.), la part de parois porteuses et la part de cloisons parmi les parois verticales, une durée de chantier raccourcie, etc.

3.2 Ouvrages en chanvre et murs en paille par les artisans et les particuliers

A - Ratios de coûts d'ouvrages en béton de chanvre

La fédération « Construire en Chanvre » présente deux ratios de coûts de construction, en lien avec des maîtrises d'œuvre investies dans l'écoconstruction. Il s'agit de prix mis en œuvre⁸ :

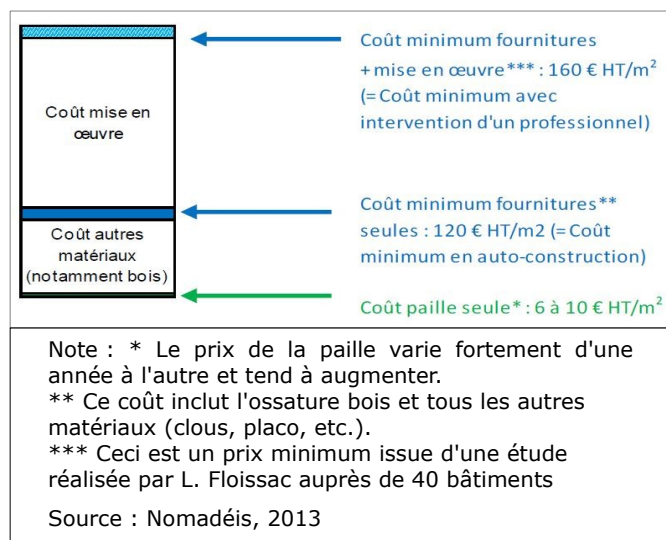
- **Mur en béton de chanvre : 150 € HT / m²** - (35 cm d'épaisseur, ossature bois, enduit extérieur/intérieur en béton de chanvre). Le béton projeté est favorable à la baisse du coût au m² ;
- **Plancher en béton de chanvre : 68 € HT / m²** - (12 cm d'épaisseur).

B – Murs en paille

Si à l'origine la construction en paille était principalement le fait de projets d'auto-construction ou de projets participatifs, elle se structure aujourd'hui autour d'artisans, d'architectes, avec la contribution du Réseau français de la construction en paille et de l'association bretonne Empreinte notamment. Le volume de marché était estimé à 500 bâtiments par an en 2015 par le Réseau français de la construction en paille.

La paille est utilisée en construction sous forme de murs en bottes de paille et ossature bois ou poteaux-poutres avec une ossature secondaire, ou de chaume pour la toiture.

8 Prix 2016



S'il est réalisé par un artisan, **le coût d'un mur en paille (fourniture et pose) débute à 160 € HT/m²** (minimum d'après Nomadéis 2013).

En autoconstruction, le **coût d'un mur paille s'établit autour de 120 € HT / m²** (voir graphe ci-contre). Ce point est souligné en raison de l'importance de l'autoconstruction dans les projets d'écoconstruction en paille.

En effet, dans les murs en paille, la paille représente une part minime du coût final du mur (prix fourniture de 6 à 10 € HT/m², avec de fortes variations d'une année à l'autre – source Nomadéis, 2013). Par conséquent, c'est une technique qui est financièrement très intéressante dans le cadre de l'autoconstruction qui va éviter les coûts de mise en œuvre tout en supportant le coût des autres matériaux, notamment l'ossature bois.

4 Les coûts de l'éco-construction

4.1 Principes de maîtrise des coûts de l'éco-construction

BRUDED a dressé en 2015 un retour d'expériences des constructions en matériaux biosourcés à partir de 13 opérations dans l'Ouest de la France (Bretagne et Loire-atlantique). Quatre leviers de maîtrise des coûts des projets en ressortent, qui sont partagés au-delà de l'éco-construction :

1. un projet bien défini en amont, c'est conforter la programmation des besoins d'usages du bâtiment (trop de couloirs, de portes, d'espaces inutiles, ...),
2. du temps d'ingénierie en phase de conception,
3. une vision systémique du projet : faire d'une pierre plusieurs coups,
4. de fortes économies possibles dans l'aménagement extérieur (voiries, parking, ...), dans le système constructif (compacité, hauteur, ...).

Si les matériaux biosourcés sont globalement plus chers que les solutions classiques, ils présentent toutefois des propriétés techniques favorables à la qualité d'usage (santé des occupants, hygrométrie, déphasage thermique améliorant le confort d'été/d'hiver, acoustique), une empreinte écologique plus faible (énergie grise, production de déchets, conséquences sur l'environnement) et sont ancrés dans l'économie locale pour certains approvisionnements, comme le souligne BRUDED.

Du point de vue du maître d'ouvrage, le choix d'introduire des matériaux biosourcés dans la construction ou la rénovation repose également sur des arbitrages budgétaires (évolution sur le coût total du projet). A l'échelle du projet, dans le but de maîtriser l'équilibre financier, le bâtiment peut introduire une part - et non 100 % - de matériaux biosourcés, comme le propose le Label « bâtiment biosourcé » et ses 3 niveaux. D'un point de vue technique, les espaces où la qualité d'usage sera particulièrement améliorée pourraient être ciblés (espaces occupés par les enfants pour les crèches, ...).

Les économistes de la construction ont un rôle particulier à jouer pour **déterminer le juste Mix « biosourcé-classique »**.

Le bureau d'études en économie de la construction, AE Bretagne, indique que « *le coût de construction d'un bâtiment dépend du projet lui-même et de son cahier des charges qui précise les objectifs à atteindre en terme de performances, de rentabilité et de rendement. En effet, la localisation, les développés de facade, les parties communes, les incidences de sol, etc. sont autant de paramètres qui peuvent influencer les coûts de construction* ».

En pratique, d'après AE Bretagne, une étude d'incidence réelle des biosourcés sur le coût total de la construction (et non une simulation) prend en compte :

- les réglementations feu, acoustiques (qui s'appliquent différemment en fonction des techniques),
- les complémentarités techniques (par ex. la ouate de cellulose en vrac est à mettre en œuvre avec des boîtiers électriques étanches ou 2^{ème} exemple, le poids des parois a une répercussion sur les fondations, etc.),
- la part de parois porteuses et la part de cloisons parmi les parois verticales, etc.

Enfin, « *quand bien même une majorité des dépenses ont d'ores et déjà été engagées avant la finalisation du plancher bas d'un bâtiment, les économies liées à une réduction de temps de chantier, [permises via les systèmes constructifs préfabriqués notamment], peuvent être importantes. Ces coûts liés au chantier peuvent se décomposer en frais de location et en frais de chantier à proprement dit* »⁹. « *Les chantiers de courte durée favorisent des retours sur investissement plus rapides. La capacité à commercialiser les logements peut être améliorée* ».

A l'échelle d'une société de promotion immobilière, une accélération des délais de commercialisation des bâtis est favorable à une baisse des frais financiers et une immobilisation de trésorerie par projet plus courte.

En somme, c'est **à l'échelle de l'opération que l'optimisation doit être trouvée** : les pratiques techniques des professionnels du bâtiment associent matériaux et réglementation, traitent les interfaces avec les autres ouvrages / les autres produits, apprécient les impacts technico-financiers sur les autres lots, et enfin, tiennent compte des durées de chantier et des volumes de déchets, des temps de conception. De plus, à l'échelle de l'opération, des marges de manœuvre peuvent être dégagées au niveau de certains lots. Il s'agit alors moins de promouvoir des écoconstructions exemplaires mais plutôt de trouver le bon Mix « biosourcé-classique » compatible avec le budget du projet.

4.2 Analyse de 28 éco-constructions en France

L'observatoire des coûts de construction du Cerema recense des opérations de construction, sur la base d'un repérage des fiches opérations disponibles dans les réseaux biosourcés ou sur internet.

La trentaine d'opérations ayant adopté des matériaux biosourcés est analysée ici afin de donner un premier éclairage de la diversité des situations, sans prétendre aboutir à des valeurs moyennes représentatives de l'ensemble de l'éco-construction. L'analyse économique porte sur les 20 opérations pour lesquelles le coût de construction est disponible.

A - Présentation de l'échantillon

L'échantillon se compose de bâtiments résidentiels (10 opérations) et les bâtiments tertiaires (18 opérations). Ces opérations combinent trois ambitions portant sur la performance énergétique, la qualité de construction et la minimisation des impacts sur l'environnement.

Ont été réalisées en Bretagne toutes les opérations résidentielles et dix opérations tertiaires (liste en encadré).

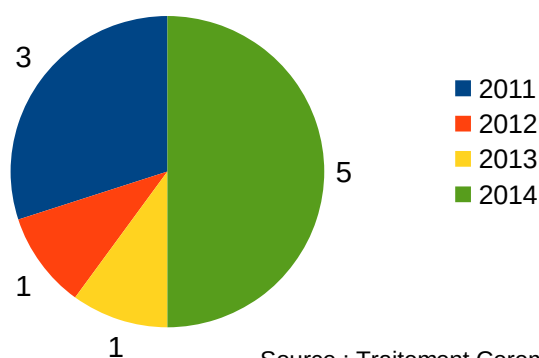
Les 28 opérations biosourcées dans l'observatoire de la construction du Cerema (juin 2016)

Base nautique – Abbaretz
Maison de l'enfance – Le Pellerin
Bâtiment tertiaire passif – Poitou-Charentes
Maison d'accueil des enfants « Félix Guillou »
Espace jeunesse - La Montagne
Espace jeunesse -St Hilaire de Riez
Salle polyvalente – Mouais
École primaire – La Chevallerais
en Bretagne
La pépinière d'entreprises de Concarneau
Ekopol - tertiaire bureaux – à Rostrenen
Le Corum – tertiaire bureaux – à Quimper
Déchetterie SMICTOM du Pays de Fougères
Agence départementale du Pays de Fougères
La Maison de la Consommation et de l'Environnement de Rennes
École maternelle de Caulnes

Collège Lucie et Raymond Aubrac, à Plouagat
Maison de l'enfance de Langueux
Multi accueil en paille à Müel
Maison bioclimatique et mur capteur en briques de terre
Maison bioclimatique et poutre en I à Bréhan
Maison octogonale de Minegu
Maison bioclimatique en Bretagne Sud
Maison passive Dubouyais
Maison Passive de Muzillac
Maison passive Coatleven
Maison passive en chanvre en Centre-Bretagne
Habitat partagé « Le Fil », à Le Bono
Habitat partagé « La Cie Rit » à S^t-Germain-sur-Ille

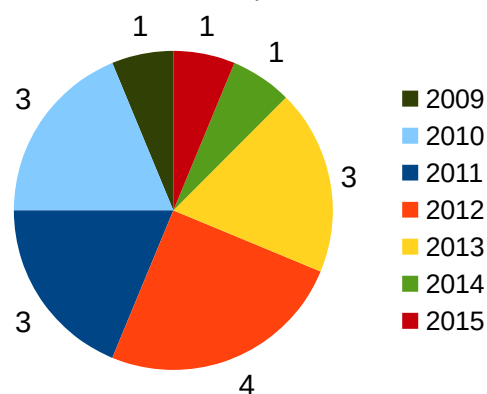
Leur construction s'est achevée entre 2009 et 2015. Selon leur année de livraison, les opérations respectent la RT2012 ou la RT2005 (cf. graphiques).

Année de livraison des opérations résidentielles



Source : Traitement Cerema 2016

Année de livraison des opérations tertiaires



Source : Traitement Cerema 2016

Allant au-delà, certains projets novateurs sont plus performants que les obligations imposées par la RT en vigueur à la date du projet. Certaines opérations ont reçu un label ou une certification, témoin de leur performance : BBC, HQE, PassivHaus ou même Suisse Minergie. Les données sur la performance énergétique ne sont pas toujours précisées.

Pour pouvoir atteindre ces performances énergétiques, au moins la moitié des opérations s'est dotée d'énergies renouvelables. Les équipements installés sont le plus souvent des chauffe-eaux solaires puis des panneaux photovoltaïques et parfois des systèmes géothermiques pour le froid ou le chaud. D'autres systèmes ou procédés innovants sont présents tels que des murs capteurs en briques de terre.

En termes de procédé constructif, **l'ossature bois est systématiquement privilégiée dans les 28 bâtis étudiés** dont 3 bâtiments tertiaires mixant ossature bois-béton, bois-métallique (à une opération près).

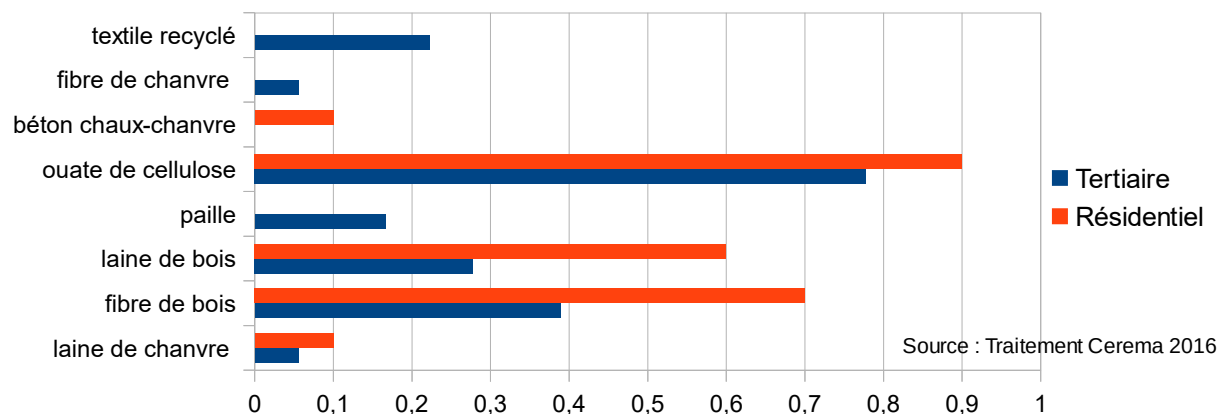
B - Utilisation des matériaux biosourcés dans les 28 constructions

Sur les 28 opérations étudiées, les matériaux biosourcés mobilisés sont : le chanvre, la ouate de cellulose, le bois, la paille, ainsi que l'argile, le textile recyclé et, dans une acception plus large des écomatériaux, la terre crue, la chaux et le fermacell.

Comme le montre le diagramme suivant, **les matériaux biosourcés les plus utilisés, que ce soit dans le tertiaire ou dans le résidentiel sont la ouate de cellulose, la fibre de bois et la laine de bois**. Le textile recyclé est utilisé dans moins d'une opération sur 5 (pas en résidentiel sur l'échantillon).

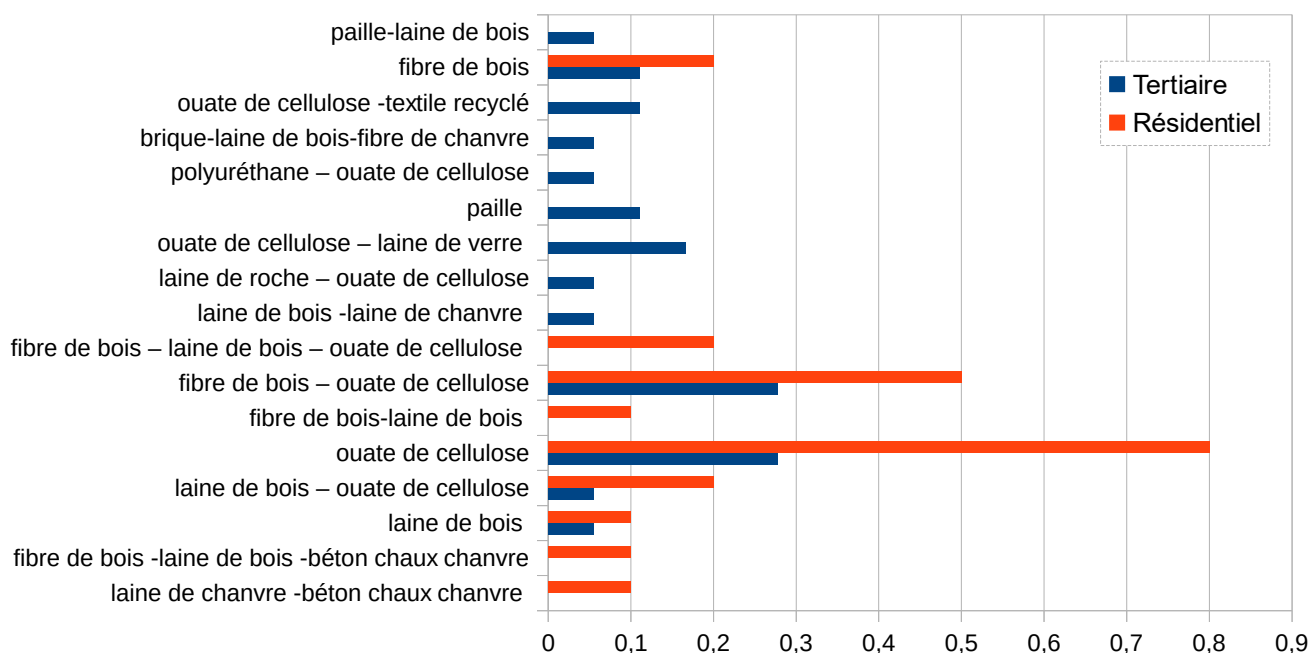
Hors diagramme, la chaux est utilisée pour 2 opérations sur 28, en enduit extérieur ou intérieur, ou bien dans les murs sous la forme de béton chaux-chanvre. L'argile est utilisée en enduit intérieur dans une opération. Le fermacell est utilisé en cloisons internes sur un tiers des opérations, tandis que la brique de terre est présente exceptionnellement (2 des 28 opérations, dont un bâtiment tertiaire passif – Poitou-Charentes).

Pourcentage d'utilisation des matériaux biosourcés par type de bâtiment



De plus, on observe que les écomatériaux sont souvent associés avec d'autres matériaux ou entre eux, probablement dans le but de maîtriser les coûts de construction, d'obtenir une qualité environnementale du bâti ou une performance énergétique.

Modalités d'utilisation des matériaux biosourcés



Ces différents matériaux sont utilisés selon un large éventail d'application : 26 modalités d'application différentes sont présentes dans l'échantillon étudié dont le détail est présenté pour la ouate de cellulose, le chanvre, la paille et les dérivés du bois (cf graphique ci-dessus).

Les modalités qui ressortent le plus sont celles utilisant la ouate de cellulose qui est souvent utilisée en même temps que des dérivés du bois.

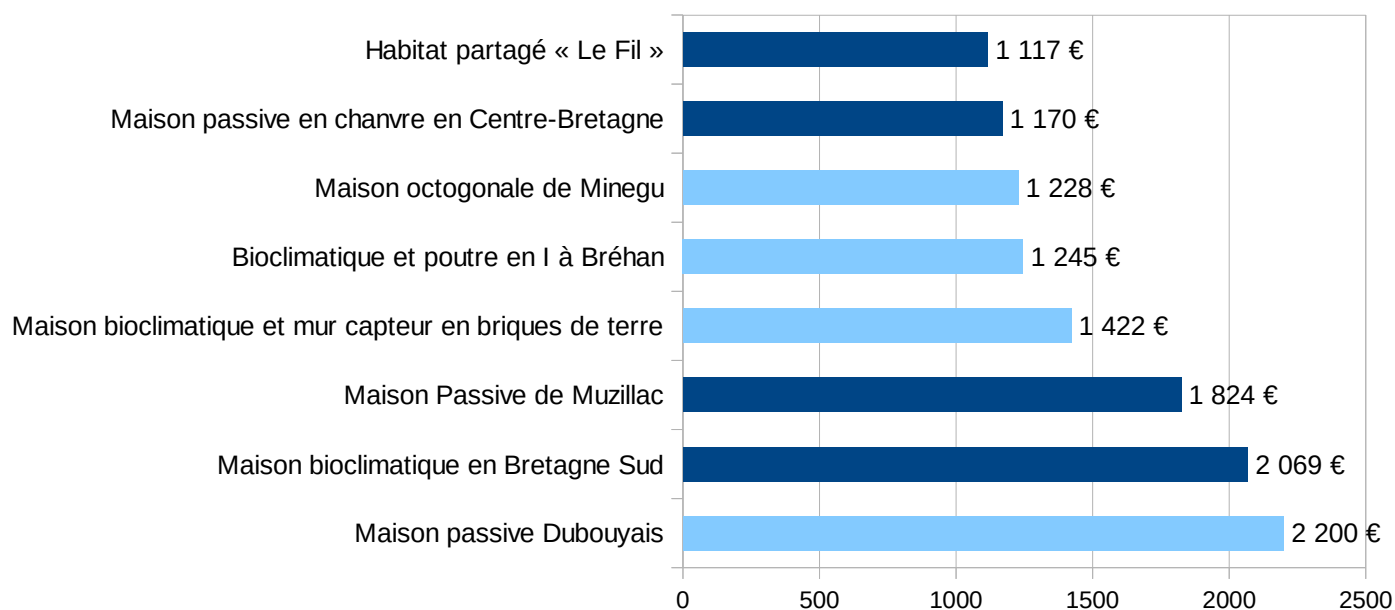
C – Les coûts d'opération observés

Sur les 28 opérations précédentes, le coût de construction en € HT/m²SHON est disponible pour 20 opérations. Dans cette partie, les analyses sont nuancées selon l'année de construction en euros courants¹⁰.

Opérations résidentielles

Ces coûts de construction concernent 7 maisons individuelles, certaines avec une mitoyenneté dans des lotissements d'habitat individuel groupé. Le bâtiment d'habitat partagé « Le fil » est un petit collectif résidentiel de 4 appartements.

Coût de construction pour un échantillon de bâtiments résidentiels en € HT/m²SHON



Source : Traitement Cerema 2016

En comparant aux coûts de construction conventionnels¹¹ en HT/m² SHON, seulement 3 opérations se distinguent par leur coût élevé. Les autres opérations proposent même des coûts en dessous de la valeur conventionnelle de construction.

En économie de la construction, la répartition type des coûts d'un projet classique est :

- 30 % pour le gros-œuvre,
- 30 % pour le second-œuvre,
- 30 % pour les lots techniques,
- 10 % pour les abords.

En fonction de la qualité technique, écologique et esthétique du bâtiment, le second œuvre et les lots techniques peuvent prendre une part plus importante.

¹⁰ Les années de mise en chantier des bâtiments n'étant pas connues et la durée des chantiers étant variables, il n'est pas possible de faire des comparaisons corrigées des évolutions temporelles de l'indice du coût de la construction

¹¹ Au 1er janvier de l'année de livraison, variable dans l'échantillon entre 1 371 €/m² en 2011 et 1 411 €/m² en 2014 (cf. CSTB – Réglementation Thermique des Bâtiments Existants – Fiche d'application : Calcul de la valeur d'un bâtiment)

La plupart des maîtres d'ouvrage ont recours à une main d'œuvre locale.

Le coût de construction de la maison passive de Dubouyais peut s'expliquer par une qualité haut de gamme et respectueuse de l'environnement des matériaux mis en œuvre et par l'adaptation de la maison à la configuration particulière du site en pente, selon le Réseau Breton Bâtiment Durable. Le coût de la maison bioclimatique en Bretagne Sud, pourrait provenir d'un choix de matériaux d'origine locale (briques de terre). La maison passive de Muzillac a été conçue dans le cadre d'un projet-pilote « maison du futur économe en énergie », en partenariat avec le cluster Habitat durable. Le projet vise une haute performance énergétique ; l'estimation du coût du projet a fait partie de l'étude avec une volonté de contenir des coûts tout en finançant l'innovation.

En termes de matériaux choisis, ces 8 opérations de logement disposent toutes d'une isolation qui est toute ou partie en ouate de cellulose. Six logements sur 8 utilisent la ouate de cellulose en isolant toiture ou plancher, associé à un isolant en laine de chanvre ou béton chaux-chanvre, en fibre de bois ou laine de bois sur les murs. Le coût par m² de la maison en chanvre et des 2 opérations qui isolent exclusivement en ouate de cellulose (Minegu et Bréhan) se situent en deçà du coût de construction conventionnel.

Il est intéressant de remarquer que les maisons les moins chères sont aussi celles adoptant une architecture simple qui permet une efficacité énergétique. De même, l'utilisation d'énergies renouvelables ne semble pas justifier des écarts de coûts de construction.

En conclusion, les matériaux biosourcés n'engendrent pas systématiquement un surcoût des opérations. D'une part, la majorité des habitations étudiées n'ont pas un coût d'opération supérieure à un maison sans matériau biosourcé. D'autre part, lorsque le coût d'opération est supérieur, les matériaux biosourcés sont l'une des causes de la hausse du budget d'opération, aux côtés des ambitions du projet.

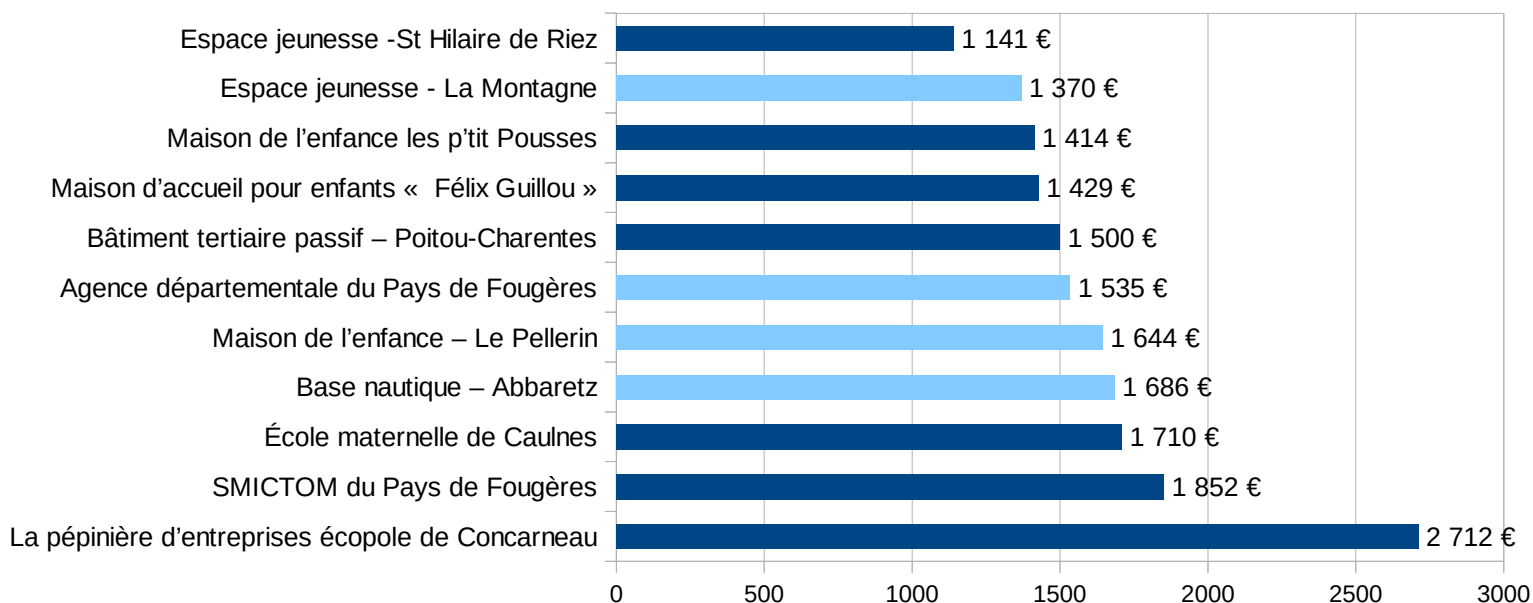
Opérations tertiaires

Les opérations tertiaires ont des caractéristiques techniques et une réglementation de la construction spécifique. Les résultats ne peuvent donc pas être lus globalement mais par typologie.

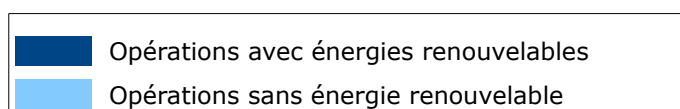
Comme le montre le graphique ci-dessous, le coût de construction des espaces jeunesse ou les maisons de l'enfance éco-construites varie de 1 150 € à 1 650 € HT par m² de SHON, une école atteignant 1 710 €/m² de SHON.

Une étude réalisée par le CNDB en 2012 sur les coûts de construction de réalisations bois (crèches, écoles, collèges), relève un coût compris entre 1 160 € HT et 2 500 € HT/m² SHON. La seule maison de l'enfance recensée atteint un coût de 1 851 €HT/m²SHON bien plus élevé que celui des opérations analysées ici.

Coût de construction pour un échantillon de bâtiments tertiaires en € HT/m²SHON
(en euros courants)



Source : Traitement Cerema 2016



Ces études de cas complémentaires confortent les premiers résultats observés pour la France entière, en se situant néanmoins dans une fourchette basse.

Dans l'ordre décroissant des coûts, on retrouve :

- les bâtiments d'accueils pour la petite enfance (crèche, garderie, maison de l'enfance) entre 1 851 et 2 503 € HT/m² SHON
- puis les groupes scolaires (collèges, écoles) entre 1 164 et 1 571 € HT/m² SHON. L'école maternelle de Caulnes a un coût supérieur à l'échantillon fourni par le CNDB.

La pépinière d'entreprises se démarque par un coût de construction élevé (les éléments disponibles ne permettent cependant pas d'éclairer ce point).

Les deux espaces jeunesse les moins chers ont un écart de coût de construction de 229 € / m². La part des matériaux biosourcés semble la proche, mais les surfaces totales vont de 430 m² à 650 m² environ. Les économies d'échelles sont probablement la source de cette différence de coût au m².

Pour réaliser des économies, les bâtiments sont souvent conçus avec une forme simple.

5 Conclusions et perspectives

Le présent état de la connaissance des coûts des matériaux biosourcés dans la construction est fondé sur les résultats de 18 études et de 28 fiches opérations neuves en France et des entretiens avec les membres du groupe-action.

Ce premier jalon a permis de mieux connaître les prix des matériaux biosourcés qui sont disponibles en Bretagne (ouate de cellulose, chanvre, paille, produits connexes du bois). Il montre, tout matériau confondu, que le coût des biosourcés est de mieux en mieux connu pour l'isolation et l'isolation répartie (remplissage de structures porteuses). Les autres applications font l'objet de documentation ponctuelle (enduit en béton de chanvre, ...). Des ratios moyens de coûts au m² de mur commencent à émerger pour certains matériaux biosourcés, sans que les différences selon le type de bâti soit aujourd'hui suffisamment documentées (maison individuelle, collectif, tertiaire).

Enfin, sur ce marché des biosourcés où des produits et des modes constructifs sont aujourd'hui dans le domaine de la Recherche et développement (construction paille porteuse, intégration des composants biosourcés dans les peintures, solvants, liants des matériaux de construction, etc.), les prix de cette phase d'innovation n'ont pas été présentés : ils ne sont pas stabilisés (pas de production à moyenne échelle source d'uniformisation et de baisse des prix).

Pour parler des coûts des matériaux biosourcés, il apparaît important de distinguer trois échelles :

i) **le prix des matériaux.** Les prix des matériaux mis en œuvre permettent d'intégrer le coût des modes de réalisation spécifiques au matériau biosourcé considéré. Ils sont plus adaptés que les prix unitaires déboursé sec pour comparer les solutions classiques et les éco-constructions. En effet, les prix unitaires déboursé sec sont utiles, « à technique de mise en œuvre identique ou proche », pour éclairer les possibilités de remplacer un matériau classique par un biosourcé ou pour décrire la filière de production du matériau ;

ii) **le coût d'ouvrages simples ou complexes intégrant des matériaux biosourcés**, tels qu'une paroi ou un plancher. Ils sont le plus souvent chiffrés par les bureaux d'études ou les entreprises de travaux dans le cadre d'opérations au cas par cas ou de réponses à des appels d'offre (par lot). Les ordres de grandeurs apportés dans ce rapport ne peuvent pas rendre compte du gisement d'optimisations techniques possibles selon la nature du bâtiment et sa destination (ERP, ERT, sécurité incendie, etc.) ni de l'impact financier des exigences techniques de construction. C'est plutôt un exercice théorique ;

iii) **le coût de construction ou le coût d'opération d'un bâtiment.** C'est l'échelle pertinente du point de vue des maîtres d'ouvrage de bâtiment qui disposent de davantage de leviers de maîtrise du projet pour optimiser tant la technique, la programmation que l'économie du projet.

Les études de cas existantes présentent le coût d'opération, éventuellement le coût de construction, voire le coût de conception sur des opérations comportant des matériaux biosourcés en Bretagne et en France. Cependant, la typologie de ces opérations neuves

apparaît hétérogène. Les cas disponibles sont donc difficilement comparables ou utilisables pour établir des ratios moyens - tertiaire public de destination différente (11 cas), résidentiel (8 cas dont 7 maisons individuelles et 1 logement collectif).

Au regard de l'état de la connaissance en 2016, les principales conclusions sont les suivantes :

1. La maturité des marchés de matériaux varie fortement selon les produits biosourcés. On retient que la nette baisse de prix de la ouate de cellulose, associée à une augmentation du volume produit (économie d'échelle) est favorable à une généralisation de son utilisation en remplacement de la laine de verre ou de roche classique. Les coûts de ces derniers et de la ouate de cellulose se rapprochent ;
2. Une mise en œuvre financièrement 'rentable' des solutions biosourcées apparaît aujourd'hui limitée. Cette situation peut évoluer sous l'effet de la progression des volumes vendus par produit biosourcé, d'où un besoin de poursuivre l'industrialisation des filières. Le contexte mondial de prix du pétrole bas affaiblit toutefois l'avantage économique comparatif des matériaux biosourcés.
3. Dans ces conditions, intégrer des solutions biosourcées dans les projets de construction tout en maîtrisant financièrement le projet nécessite de dépasser la simple logique de remplacement d'un produit par un autre.

C'est à l'échelle de l'opération que l'optimisation doit être trouvée : les pratiques techniques des professionnels du bâtiment associent matériaux et réglementation, traitent les interfaces avec les autres ouvrages / les autres produits, apprécient les impacts technico-financiers sur les autres lots, et enfin, tiennent compte des durées de chantier et des volumes de déchets, des temps de conception.

De plus, à l'échelle de l'opération, des marges de manœuvre peuvent être dégagées au niveau de certains lots. Il s'agit alors moins de promouvoir des écoconstructions exemplaires mais plutôt de trouver le bon Mix « biosourcé-classique » compatible avec le budget du projet.

Suite à cet état de la connaissance 2016, le développement de l'éco-construction gagnerait à disposer d'une approche chiffrée des coûts des opérations et des effets de levier possibles, en affinant les observations selon qu'il s'agit de projets neufs ou de rénovation, et de bâtiment résidentiel ou tertiaire. L'analyse d'opérations comparables permettrait de conforter les premiers ordres de grandeur de l'incidence de l'intégration de biosourcés sur le coût de l'opération, et de capitaliser les leviers d'optimisation du Mix « biosourcé-classique » en termes de qualité d'usage, de performance et d'économie du projet.

A moyen terme, les analyses en coût global permettront d'éclairer les effets de durée de vie des matériaux et de performance du bâti dans la durée, atouts de certains matériaux biosourcés aujourd'hui non intégrés à l'analyse économique. Actuellement, ces approches en coût global se développent dans le cadre de la gestion du patrimoine immobilier menées par les

propriétaires ou les bailleurs mais, dans le domaine de la construction en matériaux biosourcés, l'analyse en coût global se heurte au manque de connaissance des coûts d'exploitation-maintenance. Des études de cas de projet, avec un relevé des données économiques en exploitation, seraient éclairantes.

De manière générale, l'intégration des matériaux biosourcés est un levier de réalisation des bâtiments à énergie positive et faible empreinte carbone, promus par l'expérimentation du référentiel E⁺ / C⁻ conduite par le Ministère de la transition écologique et solidaire. Les matériaux biosourcés contribuent à atteindre un niveau de performance environnementale élevé en termes d'émissions de gaz à effet de serre du projet entier sur tout le cycle de vie du bâtiment.



Cerema Ouest

MAN – 9 rue René Viviani – BP 46223 – 44262 Nantes cedex 2
Tel : 02 40 12 83 01 – Fax : 01 30 50 83 69 – mel : DTerOuest@cerema.fr

www.cerema.fr