2016-2017

Thèse Professionnelle

Département Génie Civil et Construction

Mastère Spécialisé BIM, Conception intégrée et cycle de vie du bâtiment et des infrastructures

Sylvie Lechauve

Usages BIM et Métiers du Bois

Projet réalisé au sein de l'Ecole des Ponts Paris Tech

6 & 8 avenue Blaise Pascal

Cité Descartes – Champs sur Marne
77455 Marne-la-Vallée Cedex

21 Décembre 2017

Tuteur entreprise : Mr Eric Lalande

Tuteur Ecole : Mr Bernard Ferriès

Extrait de la thèse professionnelle réalisée dans le cadre du Mastère Spécialisé BIM de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées et de l'Ecole Supérieure des Travaux Publics – Décembre 2017

Résumé

Les travaux de recherche présentés dans « Usages BIM et Métiers du Bois » ont pour vocation d'ouvrir les potentialités du BIM, à travers ses multiples usages. La convergence des filières constructions, bois, forêts, a été prise comme support de réflexion, parce qu'elle caractérise les enjeux écologiques, économiques, sociaux et culturels du développement durable, qui pourraient s'appliquer indépendamment à d'autres filières du bâtiment. L'enjeu est ici de concevoir le BIM, au-delà de la maquette numérique, et des points de vue des acteurs déjà bien identifiés dans l'acte de construire. L'idée est de montrer les implications que le BIM pourrait avoir sur l'ensemble d'une filière, sur chacun des maillons qui constituent la chaine de valeur considérée, depuis l'analyse et la définition des besoins, la mise en œuvre, la fabrication et la transformation des composants bois utiles à la construction finale, en remontant jusqu'à l'exploitation de la ressource forestière disponible à proximité.

Mettre en perspective la double démarche BIM et filière bois, c'est donner du sens au BIM pour engager des démarches plurielles, en prenant en considération l'évolution des métiers, les exigences environnementales, les défis économiques et territoriaux, le respect de la biodiversité, et la satisfaction des besoins humains, en faisant converger innovation numérique et la valorisation des savoir-faire. Une approche, qui se veut systémique et durable, pour que chacun investisse ses champs d'applications et d'expériences.

Mots-clés : BIM, filière–constructions-bois-forêts, Maquette Numérique, chaine d'acteurs, chaine de valeur, savoir-faire, territoire.

Extrait de la thèse professionnelle réalisée dans le cadre du Mastère Spécialisé BIM de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées et de l'Ecole Supérieure des Travaux Publics – Décembre 2017

Abstract

The research presented in "Usages BIM and Métiers du Bois" aims to open up the potential of BIM, through its multiple uses. The convergence of the construction, timber and forest sectors, was taken as a reflection tool because it characterizes the ecological, economic, social and cultural issues of sustainable development, which could be applied independently of other sectors of the building. The challenge here is to design the BIM, beyond the digital model, and the points of view of the actors already well identified in the act of building. The idea is to show the implications that the BIM could have on the whole of a sector, on each link which constitutes the chain of value considered and the actors mobilized since the analysis and the definition of the needs, the implementation the manufacture and processing of wood components useful for the final construction, going back to the exploitation of the forest resource available nearby.

Putting into perspective the dual approach of BIM and the wood industry, is giving meaning to the BIM to engage in multiple approaches, taking into account the evolution of trades, environmental requirements, economic and territorial challenges, respect for biodiversity , and the satisfaction of human needs, by converging digital innovation and the valorization of know-how. An approach that is systemic and sustainable, so that everyone can invest their fields of applications and experiences.

Keywords : BIM, construction-wood-forest sector, digital model, actors chain, value chain, know-how, territory.

Extrait de la thèse professionnelle réalisée dans le cadre du Mastère Spécialisé BIM de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées et de l'Ecole Supérieure des Travaux Publics – Décembre 2017

Table des matières

Remerciements ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Résumé 2
Abstract 3
Table des matières 4
Liste des tableaux 7
Liste des figures 8
Introduction 10
PARTIE 1 / Le BIM à l'échelle d'une filière : Du composant bois à la ressource. **Erreur ! Signet non défini.**
1.1 Comprendre le contexte, la démarche, les enjeux d'une filière **Erreur ! Signet non défini.**
1.1.1 Support d'analyse : le contexte ..... **Erreur ! Signet non défini.**
1.1.1.1 Matériau indigène : état de l'art de la filière bois en France **Erreur ! Signet non défini.**
1.1.1.2 Fabrication artisanale / Fabrication industrielle ..... **Erreur ! Signet non défini.**
1.1.2 Le BIM dans la filière bois : la double démarche ..... **Erreur ! Signet non défini.**
1.1.2.1 La démarche Bottom Up : Du produit bois jusqu'à la ressource **Erreur ! Signet non défini.**
1.1.2.2 Approche holistique ..... **Erreur ! Signet non défini.**
1.1.2.3 La systémique du BIM ..... **Erreur ! Signet non défini.**
1.1.3 Le BIM et le développement durable opérationnel : les enjeux **Erreur ! Signet non défini.**
1.1.3.1 Les 4 piliers du développement durable ..... **Erreur ! Signet non défini.**
1.1.3.2 Les enjeux ..... **Erreur ! Signet non défini.**
1.2 Le bois dans la construction : quelles potentialités ? ..... **Erreur ! Signet non défini.**
1.2.1 Comparer les habitats multi-matériaux ..... **Erreur ! Signet non défini.**
1.2.1.1 Chiffres clés ..... **Erreur ! Signet non défini.**
1.2.1.2 Des matériaux pour des habitats ..... **Erreur ! Signet non défini.**
1.2.1.3 Comparer le neuf et la rénovation ..... **Erreur ! Signet non défini.**
1.2.2 Les indicateurs ..... **Erreur ! Signet non défini.**
1.2.2.1 Par acteur ..... **Erreur ! Signet non défini.**

1.2.2.2 Par famille ..... **Erreur ! Signet non défini.**
1.2.2.3 Etat des lieux du BIM dans la filière bois ..... **Erreur ! Signet non défini.**
1.2.3 Les 7 vies du bois ..... **Erreur ! Signet non défini.**
1.2.3.1 Définir les cycles de vie et de transformation, d'usage et de recyclage. **Erreur ! Signet non défini.**
1.2.3.2 Concevoir des cycles de vie des composants bois .. **Erreur ! Signet non défini.**
1.2.3.3 La traçabilité ..... **Erreur ! Signet non défini.**
1.2.4 Une alternative : le feuillus ..... **Erreur ! Signet non défini.**
1.2.4.1 Une ressource disponible ..... **Erreur ! Signet non défini.**
1.2.4.2 La normalisation ..... **Erreur ! Signet non défini.**
1.2.4.3 La R&D ..... **Erreur ! Signet non défini.**
1.3 Le BIM et l'amont de la filière ..... **Erreur ! Signet non défini.**
1.3.1 Le BIM ..... **Erreur ! Signet non défini.**
1.3.2 Projection dans l'IFC ..... **Erreur ! Signet non défini.**
1.3.3 Relation aux SIG ..... **Erreur ! Signet non défini.**
1.3.4 L'économie circulaire : la clé de voute du modèle BIM et filière bois ..... **Erreur ! Signet non défini.**
PARTIE 2 / Les usages du BIM dans l'acte de construire en bois . **Erreur ! Signet non défini.**
2.1 La maquette numérique comme support pédagogique ..... **Erreur ! Signet non défini.**
2.1.1 L'usager à la recherche de sens ..... **Erreur ! Signet non défini.**
2.1.1.1 Des cultures, des architectures ..... **Erreur ! Signet non défini.**
2.1.1.2 Le consomm'acteur ..... **Erreur ! Signet non défini.**
2.1.1.3 De l'architecture vernaculaire à l'UX Design : Antinomique ? **Erreur ! Signet non défini.**
2.1.2 Economie de la fonctionnalité : associer le produit au service **Erreur ! Signet non défini.**
2.1.2.1 Mise à jour des données de la maquette : un service pour des usages ... **Erreur ! Signet non défini.**
2.1.2.2 Economie de la connaissance : accéder à la base de données des connaissances qui contient l'intelligence du produit ..... **Erreur ! Signet non défini.**
2.1.2.3 ACV : La réutilisation des bois dans la construction… Les différents usages du bois dans une volonté de préservation, de renouvellement, de retransmission .. **Erreur ! Signet non défini.**

2.1.2.4 La maquette numérique : quels usages pour l'artisan ?**Erreur ! Signet non défini.**
2.2 Intégrer le savoir-faire à l'IFC ..... **Erreur ! Signet non défini.**
2.2.1 Si la 8D était la compétence ? ..... **Erreur ! Signet non défini.**
2.2.2 Qu'est-ce que la cartographie numérique d'activité ? **Erreur ! Signet non défini.**
2.2.3 Comment intégrer la compétence à l'IFC ?..... **Erreur ! Signet non défini.**
2.3 Quand la maquette numérique devient un support de formation**Erreur ! Signet non défini.**
2.3.1 Former sur l'acte de construire, via les outils de formation innovants ..... **Erreur ! Signet non défini.**
2.3.2 Créer des postes dans le bâtiment : quand l'innovation systématique devient une source d'attractivité ..... **Erreur ! Signet non défini.**
2.3.3 Améliorer la qualité dans la fabrication et la pose ..... **Erreur ! Signet non défini.**
2.4 La formation dans l'artisanat..... **Erreur ! Signet non défini.**
2.4.1 La 8D : préservation et capitalisation des savoir-faire ... **Erreur ! Signet non défini.**
2.4.2 Une bibliothèque numérique pour les objets artisanaux **Erreur ! Signet non défini.**
Conclusion..... **Erreur ! Signet non défini.**
Bibliographie..... **Erreur ! Signet non défini.**
Annexes..... **Erreur ! Signet non défini.**

Liste des tableaux

Tableau 1- Liste des indicateurs par acteur pour comprendre les usages possibles du BIM ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Tableau 2- Indicateur BIM selon les 4 composantes du développement durable ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Liste des figures

Figure 1 - Répartition des essences bois sur le territoire national ... **Erreur ! Signet non défini.**
Figure 2 - Approche systémique du BIM ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Figure 3 - Les 4 piliers du développement durable opérationnel .... **Erreur ! Signet non défini.**
Figure 4 - Evolution du chiffre d'affaire du bâtiment par activité en France - CERC ... **Erreur ! Signet non défini.**
Figure 5 - Schéma ordinaire de la transformation et de la consommation du bois dans la construction, issu de l'analyse des Etats Généraux du Bois en Massif Central, MACEO 2012 ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Figure 6 - Extrait du logiciel COCON BIM, sur les Gaz à Effet de Serre consommés . **Erreur ! Signet non défini.**
Figure 7 - Les 7 vies du bois ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Figure 8 - Les principales données sur les feuillus et les résineux en France **Erreur ! Signet non défini.**
Figure 9 - Le BIM à l'échelle du territoire et d'une filière ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Figure 10 - IFC d'un produit métal intégrant une URL ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Figure 11- Les composantes de la compétence ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Liste des annexes

Annexe 1 Workshop BIM&WOOD……..p 20
Annexe 2 EU Hardwood……...p 28
Annexe 3 Les savoir-faire et les hommes de territoire…… p 34
Annexe 4 Un paradoxe français, une forêt sous-exploitée et un risque d'envol des constructions en bois importés…..…….p 37
Annexe 5 Projet OBA …….……..p 69

Introduction

Le BIM, considéré dans ce sujet d'étude comme un ensemble d'applications et d'usages variés de la maquette numérique du bâtiment, est le support de toute une réflexion portée à partir d'une des filières qui constituent celles du bâtiment : la filière construction, bois, forêt[1]. Les enjeux environnementaux liés à la construction durable des bâtiments ; ceux économiques, des entreprises de la transformation et de la construction bois ; et enfin les défis sociétaux, relatifs aux hommes de savoir et de savoir-faire qui agissent dans les deux filières, poussent à porter un regard croisé sur l'intérêt que le BIM et la filière bois, peuvent susciter l'un pour l'autre. De nombreux acteurs sont déjà mobilisés dans les convergences entre le BIM et le bois, à l'échelle Internationale, Européenne et Nationale. Cette mobilisation forte est le reflet d'une préoccupation collective, en lien avec de nombreux engagements environnementaux pris à travers le monde, pour répondre à la nécessaire préservation des ressources primaires utiles à l'homme : l'eau, l'air, la biodiversité. Le bois est au cœur de ces éléments essentiels et ne peut être considéré comme une ressource inépuisable, en réponse à des besoins établis par l'homme, pour réguler ses excès ou en réponse aux nouvelles normes environnementales du bâtiment. Le sujet d'étude n'a pas vocation à promouvoir une attitude socio-écologique, ni éco-numérique, mais bien à élever la réflexion sur les enjeux que nous offre le BIM à travers sa dimension numérique et sur ceux que nous offre une forêt aujourd'hui mature et disponible, pour répondre aux besoins des constructions humaines. La filière bois qui comprend les filières construction, bois et forêt, sont les chaines d'acteurs, positionnées de manière contiguë autour des produits et dérivés du bois, qui assurent leur survie économique, par l'utilisation directe de la ressource. Plusieurs filières forêt-bois coexistent, celle de l'exploitation qui gère et prélève la ressource, celle de la première transformation qui la débite et la transforme en produits manufacturés pour l'industrie, celle de la seconde transformation utile aux marchés de la construction et bois d'œuvre, la filière du bâtiment, celle de l'emballage, palette, papier/carton, et enfin la filière bois-énergie. Les multiples usages du matériau bois génèrent un tissu économique actif, qui agit de manière cloisonnée pour tenter de répondre à une demande exigeante, dans une concurrence de marché très forte. Le BIM à l'aube de ses potentialités, est considéré ici comme étant une technologie et une méthode de travail innovantes, par l'élaboration d'un langage informatique et transversal commun à tous. Il intègre bien en amont, des prescriptions pertinentes pour

[1] On appelle « la filière construction, bois et forêt » pour faire exister le lien entre le produit bois, comme élément de la construction et la transformation de la ressource forestière utile.

satisfaire les besoins d'un programme donné, via un partage d'informations utiles aux acteurs, au cours des différents cycles de vie des composants du bâtiment.

L'objectif de cette thèse professionnelle est donc de considérer le BIM comme un vecteur d'informations numériques utiles à l'ensemble des acteurs qui constituent la chaine de production du bâtiment, et comme l'opportunité de repositionner tout un tissu économique, déjà mobilisé autour du matériau bois, à des fins d'optimisation et de valorisation.

Cette approche vise à rendre l'exploitation forestière soutenable, économiquement pertinente et socialement valorisante, et à promouvoir des produits à forte valeur ajoutée, dans des bâtiments soumis à la standardisation, tant par leurs composants normalisés que par leur mise en œuvre. L'idée ici, est aussi de prendre en considération les deux approches industrielle et artisanale, sans les opposer mais en les faisant coexister, car elles répondent à des besoins complémentaires et différents et utilisent la ressource bois en quantité, en qualité et en essences variées. Enfin, l'ambition de ces travaux de recherche est de définir une nouvelle approche du BIM, comme un moyen de transmettre les savoir-faire liés à la mise en œuvre, afin d'accompagner la montée en compétences des opérateurs et de préserver un patrimoine matériel et immatériel propre à notre richesse architecturale.

La présente étude fera dans un premier temps l'analyse d'un BIM orienté sur l'optimisation de la ressource bois, nécessaire dans le bâtiment. Quels usages du BIM pourraient répondre à la pluralité des exigences des acteurs qui constituent l'ensemble de la chaine de construction, depuis l'usager jusqu'à l'exploitant forestier. La démarche bottom-up[2] choisie, consistera à montrer la pertinence d'une réflexion issue du marché, pour remonter jusqu'à la ressource bois et assurer la cohérence de l'information à transmettre à travers l'approche numérique du BIM. L'étude sera réalisée volontairement en s'appuyant sur une essence feuillue, courante et emblématique en France, qui est source d'un plus grand nombre de défis, relatifs au développement durable.

Une seconde partie détaillera l'intérêt du BIM sur le plan du patrimoine matériel et immatériel, deux éléments fondateurs des métiers du bois. L'analyse permettra de répondre à la question de la transmission du savoir-faire, en rénovation ou en construction neuve, par le partage des connaissances et des compétences, comme une réponse à la réalisation des ouvrages et

[2] La démarche Bottom-up est une démarche ascendante, c'est-à-dire qu'elle procède à l'analyse depuis le produit en remontant jusqu'à la ressource. Elle s'oppose à une démarche plus conventionnelle dite Top-down, ou descendante, qui consiste à partir de la ressource en redescendant jusqu'au produit final.

interventions de qualité. L'exemple du menuisier/charpentier, permettra d'étudier la diversité des produits finis, variés, complexes par les caractéristiques techniques qu'ils transmettent (performance énergétique, thermique, structurelle, architecturale) et les savoirs nécessaires à la mise en œuvre traditionnelle ou moderne, qui font appel à l'expertise des hommes de métier. A l'issue de cette seconde partie, nous verrons comment le BIM peut répondre à cet enjeu de la connaissance et du savoir-faire, et imaginer comment il pourrait, au-delà de l'information qu'il véhicule, devenir un support à l'architecture vernaculaire, aux matériaux et aux gestes professionnels qui s'y rattachent.

« La solidité maximale d'une chaine repose sur son maillon le plus faible. Cet adage issu du monde artisan aurait peut-être pu être inventé par les arbres ». Lorsque l'on connait les remarquables échanges de nutriments et d'informations que les arbres échangent entre eux, on peut supposer que « c'est parce qu'ils ont la connaissance intuitive (de l'existence de cette chaine), qu'ils s'aident les uns les autres sans condition ».

Peter Wohlleben, La vie secrète des arbres