

AAP 08.15 – Accompagnement d'entreprises du bâtiment pour l'utilisation du BIM et de la maquette numérique sur chantier

Novembre 2018

Table des matières

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Résumé exécutif | 2 |
| Introduction | 3 |
| 1. Objectifs de l'appel à projets | 3 |
| Approche méthodologique | 3 |
| 2..... | 3 |
| 3. Chiffres-clés..... | 4 |
| 4. Enjeux relatifs à l'intégration du BIM..... | 4 |
| Description de l'appel à projets et des travaux menés (aperçu des lauréats de l'appel à projet, contenu des projets et comparaison sur des critères définis, moyens mis en œuvre)..... | 6 |
| 5. Composition des lauréats..... | 6 |
| 6. Objectifs..... | 7 |
| 7. Type de bâtiment développé..... | 8 |
| 8. Etapes du bâtiment où le BIM est intégré..... | 9 |
| Intégration et implications des parties prenantes..... | 9 |
| 9..... | 9 |
| 10. Technologies déployées | 11 |
| 11. Mode de sauvegarde et de gestion des données et pérennisation des informations | 12 |
| Analyse de l'appel à projet..... | 14 |
| 12. Coûts de déploiement | 14 |
| 13. Intérêt perçu du BIM (coopération des acteurs / coûts des projets / etc.) | 14 |
| 14. Difficultés et leviers d'action | 14 |
| Conclusions et recommandations vis-à-vis de l'objet des appels à projet | 17 |
| 15. Analyse financière de l'intégration du BIM | 17 |
| 16. Succès de l'expérimentation | 17 |
| Conclusion générale..... | 19 |

Résumé exécutif

Le PTNB, à travers le présent appel à projets (AAP), cherchait à encourager les acteurs du bâtiment à déployer une démarche BIM en phase chantier. L'enjeu était double :

- **Observer les conditions réelles de mise en œuvre** de la maquette numérique et du BIM sur chantier ;
- **Généraliser la démarche** d'utilisation du BIM en phase Exécution à **partir des enseignements tirés** des opérations pilotes.

L'utilisation du BIM en phase chantier est en effet porteuse de nombreux usages, et donc de bénéfices potentiels importants. Par des outils de visualisation, de détection et d'analyse de conflits, de gestion de projet, de programmation etc., le BIM en phase chantier est vecteur de :

- Une **meilleure compréhension du projet** par tous les acteurs chantiers ;
- Une **collaboration facilitée et optimisée** entre les différents acteurs du projet ;
- Une **amélioration globale de la qualité** des ouvrages ;
- Un **gain de temps considérable**, dû à l'automatisation de certains processus.

Enfin, si les lauréats s'accordent sur l'existence d'**importants gisements d'économie** liés à l'intégration du BIM en phase chantier, cette **rentabilité est aujourd'hui difficilement quantifiable financièrement**. En effet, la maturité des entreprises vis-à-vis du BIM étant le principal levier de réduction des coûts, les retours sur investissement se feront progressivement, mais sont aujourd'hui difficiles à percevoir.

Le présent AAP est néanmoins **un succès** : il a su se positionner en **vecteur puissant de sensibilisation et de formation au BIM sur chantier**, et a permis de **recenser et d'expérimenter un certain nombre d'outils** très divers, tout en identifiant des facteurs de succès et points de vigilance. Cependant, des **points de rupture ont été identifiés**, pouvant mettre un frein à la généralisation du BIM en phase chantier :

- **D'un point de vue organisationnel**, un manque général de collaboration et d'intégration de l'ensemble des acteurs chantier, conjugué à un agenda traditionnel de construction peu adapté à l'intégration du BIM sur le terrain.
- **D'un point de vue technique**, une rupture entre la phase conception et exécution, engendrant une perte de temps considérable au niveau de la modélisation de la maquette, et des outils peu adaptés – difficiles à maîtriser et parfois peu pertinents pour la phase chantier.
- **D'un point de vue financier**, des budgets restreints, associés à des coûts d'entrée importants, freinant l'engagement en BIM de l'ensemble des acteurs chantier.

Au vu des difficultés identifiées, certaines recommandations d'ordre général peuvent être émises :

- **Prolonger l'investissement des pouvoirs publics** en BIM, notamment à l'égard des PME et TPE. Plus difficile à mettre en place, le processus BIM n'en est pas moins utile et effectif pour les PME du bâtiment. Il s'agira de soutenir un investissement impossible à mettre en place pour ses acteurs sans subventions publiques.
- **Développer des outils BIM adaptés** à la phase chantier **et simples d'utilisation**. Ce développement passera par un dialogue entre les entreprises utilisatrices et les entreprises créatrices de ses outils.
- **Adapter les processus organisationnels à l'intégration du BIM en phase chantier**, en adoptant notamment la durée accordée à chaque phase d'un projet. Les phases conception et pré-chantier sont les plus concernées.

Sensibiliser et former de manière conséquente tous les acteurs, afin de permettre une meilleure intégration au BIM de l'ensemble des parties prenantes de l'écosystème d'un chantier. Il est notamment nécessaire que les entreprises générales continuent à diffuser à leurs sous-traitants la maîtrise d'une démarche en BIM.

Introduction

Implanté progressivement en phase programmation et conception, le BIM est devenu un élément incontournable des projets de construction et de réhabilitation.

Néanmoins, la maquette numérique est encore très peu utilisée en phase chantier. Elle peut sembler complexe à mettre en œuvre, notamment pour les TPE et PME – qui sont majoritaires dans l'écosystème du bâtiment –, du fait de certaines contraintes budgétaires et techniques, et ce en dépit de la forte valeur ajoutée qu'elle est susceptible d'apporter.

Le Plan de Transition Numérique dans le Bâtiment a, dans le cadre de l'axe 1 de sa feuille de route opérationnelle, publié le 2 février 2017 un appel à projets. A destination des entreprises du bâtiment, notamment des TPE et PME, il vise à soutenir des projets d'expérimentation de la maquette numérique et du BIM en phase chantier.

1. Objectifs de l'appel à projets

Le PTNB, à travers le présent appel à projets (AAP), cherche à encourager les acteurs du bâtiment à déployer une démarche BIM en phase chantier. L'objectif était de sélectionner des entreprises du bâtiment souhaitant mettre en place des politiques BIM ambitieuses sur des chantiers réels, sur le territoire français, en y associant les parties prenantes du projet de construction, dans une logique collaborative. L'enjeu est double :

- **Observer les conditions réelles de mise en œuvre** de la maquette numérique et du BIM sur chantier ;
- **Généraliser la démarche** d'utilisation du BIM en phase Exécution **à partir des enseignements tirés** des opérations pilotes.

En effet, sans accompagnement méthodologique, à la fois technique, opérationnel et organisationnel, la généralisation des conditions de recours à la maquette numérique sur chantier risque d'être limitée. Le PTNB, par cet AAP, cherche à valoriser les expérimentations effectuées, et à tirer à terme des recommandations concrètes pour les entreprises souhaitant implanter un processus BIM en phase chantier.

2. Approche méthodologique

L'objectif était **d'identifier des opérations de BIM en phase chantier sur différents types d'ouvrages**. Le PTNB a donc défini une **typologie de chantiers recherchés**, permettant de représenter la diversité des opérations sur le terrain. Les types de chantiers souhaités étaient :

- Bâtiment collectif à usage d'habitation (maîtrise d'ouvrage publique) ;
- Bâtiment collectif à usage d'habitation (maîtrise d'ouvrage privée) ;
- Logement individuel ;
- Chantier de gré à gré avec un particulier ;
- Equipement public structurant réalisé par une collectivité (commune, intercommunalité, département ou région) ;
- Bâtiment tertiaire réalisé (maîtrise d'ouvrage privée).

16 dossiers de réponses à l'appel à projets ont été déposés et évalués par le comité de pilotage du PTNB. Les candidats devaient expliciter leurs démarches, en précisant notamment les **usages du BIM utilisés** sur le chantier, et en décrivant le **processus collaboratif BIM** mis en place auprès des acteurs du projet. Il était demandé d'étudier particulièrement les **modes de sauvegarde**, de **gestion** et de **pérennité des données** utilisées lors des projets.

Les dossiers ont été instruits selon quatre critères :

- **Qualité de la méthodologie** à mettre en place sur le chantier ;
- Compréhension de l'**expérimentation en vue d'une généralisation** ;
- **Calendrier** envisagé de l'opération, le PTNB demandant des résultats exploitables sur l'année 2017 ;

- **Compétences et expériences de l'équipe** projet et de l'expert.

Au terme de ce processus, le comité de pilotage du PTNB a retenu 10 projets, de nature très variée.

A l'issue de l'expérimentation, plusieurs livrables ont été demandés aux porteurs de projet. L'objectif consistait à détailler les retours d'expériences du projet. Les livrables requis étaient :

- **Un livrable technique** : il s'agissait de présenter la faisabilité du projet, les conditions de succès et conditions d'amélioration de l'opération, autant d'un point de vue technique qu'opérationnel. Les lauréats devaient analyser étape par étape l'intégration du BIM, en identifiant les points forts et les améliorations à apporter aux processus d'utilisation et d'enrichissement de la maquette numérique.
- **Un livrable organisationnel**, analysant les modifications organisationnelles générées par le recours à la maquette numérique, et au BIM de manière plus générale. Les lauréats devaient porter particulièrement attention à la manière dont les acteurs travaillaient en BIM et leur montée en compétence associée.
- **Un livrable financier**, comprenant une synthèse financière de l'opération, et plus particulièrement une analyse des coûts associés à l'utilisation du BIM sur chantier.
- **Un livrable final**, comprenant conclusions et recommandations, points à améliorer et solutions pratiques.

3. Chiffres-clés

Dix projets ont été subventionnés par le PTNB au terme de l'AAP dédié à l'expérimentation du BIM en phase chantier. Les projets sélectionnés se déroulent dans les départements d'Aisne, d'Hérault, de Seine-Saint-Denis, des Hauts-de-Seine, de Paris, du Haut-Rhin, des Bouches-du-Rhin, du Jura, du Val-de-Marne et de Seine-Maritime (*voir Figure 1*).

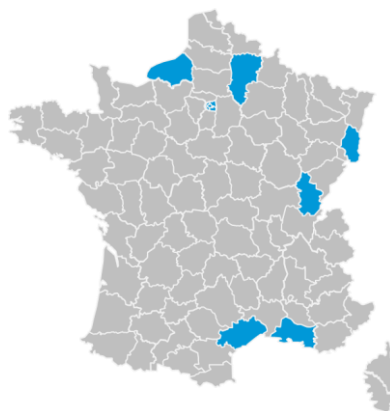


Figure 1 – Couverture géographique des projets lauréats

Le montant total d'aide accordé par le PTNB pour ces dix projets est de 664 868,26 €. Ces montants sont distribués de manière relativement hétérogène, les subventions accordées s'échelonnant entre 15 000 euros et 90 000 euros. Ces disparités s'expliquent généralement par la diversité des tailles des projets lauréats. La subvention accordée par le PTNB couvre en général environ 50% du coût de l'opération BIM.

4. Enjeux relatifs à l'intégration du BIM

L'usage traditionnel de plans papier est peu adapté aux conditions de chantier : compliqués à transporter, difficiles à manipuler et ardu à partager. Un support numérique permet un accès aisé à toutes les informations sur un support centralisé. Grâce au BIM, les plans et détails sont tous regroupés dans une seule et même maquette numérique, qui peut être mise à la disposition du chef d'équipe par l'intermédiaire d'une application présente sur tablette. La mise à jour de la maquette numérique est également aisément partageable à l'ensemble des acteurs du projet.

La phase chantier des projets de construction est également **accompagnée de processus manuels fastidieux**, qui laissent la place aux erreurs et qui sont souvent chronophages – ainsi de la détection de conflits entre ouvrages, ou du suivi de production. Le BIM permet de formaliser et d'automatiser certains processus, et ainsi optimiser la fiabilité, la rapidité et la maîtrise des coûts du chantier.

Trois enjeux généraux sont donc liés à l'intégration du BIM en phase chantier :

- Optimisation de l'**efficacité opérationnelle** ;
- Amélioration générale de la **qualité d'exécution** ;
- Optimisation de la **maîtrise des coûts**.

Description de l'appel à projets et des travaux menés (aperçu des lauréats de l'appel à projet, contenu des projets et comparaison sur des critères définis, moyens mis en œuvre)

5. Composition des lauréats

Les dix lauréats retenus sont :

- **Spie batignolles Nord**, pour le projet « Continuum » ;
- **SELVEA**, pour le projet « Neptune », et le projet « SNCF à Mitry » ;
- **SMAC**, pour le projet « Expérimentation d'un outil de suivi de chantier BIM » ;
- **VCF Habitat IDF**, pour le projet « BIM pour le contrôle qualité et le recalage « tel que construit » des ferraillements des balcons »
- **Claude Kesser Développement (CKD)**, pour le projet « Le clos des clarisses » ;
- **Eiffage Construction Provence**, pour le projet « Jardins de Galice » ;
- **Eiffage Construction Franche-Comté**, pour le projet « Juraparc » ;
- **Demathieu Bard Bâtiment Ile-de-France**, pour le projet « Construction d'un immeuble de bureaux et conseil des prud'hommes » ;
- **Demathieu Bard Construction Nord**, pour le projet « 32 logements et 1 crèche à Montville » ;
Design&Build, pour le projet « Conception/Construction d'un parking silo en superstructure », qui n'a pas pu démarrer comme initialement prévu.

En tant qu'appel à projets **dédié exclusivement aux entreprises**, les porteurs de projet sont tous des entreprises privées. Le PTNB a néanmoins sélectionné **un panel diversifié d'acteurs et de chantiers**, afin de profiter des retours d'expérience sur un champ d'action plus large. Les lauréats se distinguent par leur taille, leur statut au sein du chantier et le type de chantier sur lesquels ils travaillent. Si la plupart sont titulaires du marché travaux des opérations, certains n'ont qu'un rôle de prestataire (SMAC), tandis que d'autres utilisent les chantiers comme champs d'investigation (VCF Habitat IDF).

Spie batignolles, fort de 136 implantations en France et 8 à l'étranger, intervient dans 5 grands domaines : la construction et l'aménagement, les travaux publics, le génie civil et les fondations, l'énergie, l'immobilier et les concessions. **Signataire de la charte** d'engagement volontaire de la filière du bâtiment pour la construction numérique « **Objectif BIM 2022** », le groupe s'inscrit dans une démarche proactive pour la transition numérique dans le bâtiment. Le projet « Continuum », réalisé pour l'entreprise Le Creuset, constitue le **projet vitrine de la stratégie digitale** de Spie batignolles Nord. L'entreprise a fortement axé son projet BIM sur la dimension collaborative, et tout particulièrement l'accompagnement de la montée en compétences de ses compagnons.

SELVEA est une **PME spécialisée de la filière construction modulaire bois**, basée à Montpellier. Elle a réalisé deux projets avec les subventions accordées par PTNB, le projet Neptune, pour Montpellier Métropole, et le projet SNCF à Mitry, pour SCNF Réseau. L'objectif de SELVEA est de faire de ces projets sa référence BIM, et ainsi devenir **acteur de la transition numérique** à travers la spécificité de la construction modulaire bois.

SMAC est une **société pluridisciplinaire spécialisée dans l'étanchéité et l'enveloppe** du bâtiment. Répartie en 75 établissements sur le territoire français, l'organisation de l'entreprise est peu centraliste. Associée à une granulométrie de ses établissements, SMAC fait **face à des problématiques similaires aux PME dans l'intégration du BIM** au sein de ses chantiers. Pour pallier à ces difficultés, SMAC a créé en 2015 une **plateforme BIM interne** chargée d'assister les agences volontaires dans le déploiement du BIM. Dans le cadre de ce projet, deux chantiers ont expérimenté le suivi de chantier BIM, afin de maximiser le retour d'expérience : le chantier "Jaguar Network", et le chantier "SNC Rueil les Fontaines", subventionnés par le PTNB. SMAC y a un rôle de prestataire.

VINCI Construction France, fort de 300 implantations réparties sur le territoire français, intervient dans tous les métiers du bâtiment, du génie-civil, de l'hydraulique, des métiers de spécialités et du développement immobilier. **VCF Habitat IDF** est un **acteur de l'habitat francilien**, aussi bien en réhabilitation avec GTM Bâtiment qu'en construction avec SICRA IDF. Il a utilisé, au cours de ce projet, **deux**

chantiers dirigés par SICRA IDF comme champs d'investigation. L'objectif de VCF Habitat IDF est de **faire du BIM un outil permettant de réaliser des fonctions métiers.** Dans cette logique, VCF Habitat a mis en place un projet de recherche en vue d'une automatisation du contrôle qualité du ferrailage des balcons, par une comparaison entre le « tel que conçu » de la maquette numérique, et le « tel que construit », analysé grâce à un scan 3D.

Claude Kesser Développement (CKD) est l'entreprise de construction du groupe La Tour, et compte aujourd'hui une quarantaine de collaborateurs. L'expérimentation BIM a été réalisée dans le cadre de la construction de 3 bâtiments résidentiels, pour le maître d'ouvrage la Tour promotion, société appartenant au même groupe que CKD. Le groupe ambitionne de **se positionner en entreprise innovante en utilisant la maquette numérique comme fil conducteur** entre les trois étapes d'un projet de construction et **ses trois propres compétences** : Promotion, Construction et Exploitation.

Eiffage Construction Provence, filiale du groupe Eiffage Construction, réalise, en tant qu'entreprise générale, tout type d'ouvrages en travaux neufs ou réhabilitation. Forte de 325 collaborateurs, elle bénéficie de la réactivité et de la souplesse d'une PME, tout en bénéficiant de l'appui d'un groupe important. Le projet « Jardins de Galice » permet de **lancer le groupe Eiffage en région sur le BIM.** L'objectif de l'entreprise est de **monter la totalité de ses projets en conception/construction sous BIM d'ici 2020.**

Eiffage Construction Franche-Comté est l'équivalent bourguignon d'Eiffage Construction Provence. Si l'entreprise a pu expérimenter la maquette numérique au cours des deux dernières années, son utilisation se restreignait aux bureaux d'études, sans logique de collaboration. **Le projet permettait donc également de lancer le groupe Eiffage en région sur le BIM.** Le groupe considère le BIM comme un outil fiable, rapide et économique.

Demathieu Bard Bâtiment Construction Nord, filiale du groupe Demathieu Bard couvrant la zone géographique située au Nord de Paris, comprend 300 collaborateurs. Elle intervient dans la réalisation mais également dans le développement de projets immobiliers privés et publics. L'entreprise avait pour ambition, par ce projet pilote, de **se familiariser et se former au BIM en phase chantier**, tout en **accompagnant ses compagnons dans leur montée en compétence.**

6. Objectifs

Une typologie d'objectifs, répondant aux enjeux relatifs à l'intégration du BIM en phase chantier, a pu être identifiée :

- **Sensibilisation** : une partie des équipes sur chantier est encore réticente face à l'évolution des modes de transmission de l'information (papier vers numérique), et au BIM de manière plus générale. L'instauration progressive de la maquette numérique, via des outils simples, a permis sur certains chantiers de sensibiliser l'ensemble des acteurs chantier à l'intérêt du BIM. Dans le cadre du projet Continuum (Spie batignolles), la maîtrise d'œuvre et l'entreprise générale responsable de la phase exécution ont, dans cette optique, collaboré avec un éditeur de solutions de collaboration et de suivi de chantier, Resolving, afin de proposer aux acteurs chantiers une plateforme numérique collaborative simple d'utilisation et conviviale, adaptée aux usages chantiers.
- **Formation** : l'objectif « formation » n'est formalisé que dans le cas de Spie Batignolles, pour lequel accompagner la montée en compétence des acteurs chantiers au cours du projet est essentiel, afin de pouvoir par la suite généraliser le BIM chantier à l'ensemble de ses opérations. Néanmoins, la formation des acteurs est une composante nécessaire à chacun des projets, le déploiement du BIM chantier étant encore en phase pilote, avec des acteurs peu formés à ces nouveaux processus.
- **Communication** : la maquette numérique est utilisée sur chantier comme un outil de partage et de communication d'informations, et ultimement, d'aide à la décision. Cet aspect est développé pour les équipes travaux – la visualisation de la maquette en 3D leur permettant de comprendre plus

finement les attentes de la maîtrise d'œuvre –, mais aussi pour la maîtrise d'ouvrage. Le BIM est un outil puissant de communication client, permettant d'appréhender complètement les attentes du client, et de présenter pas à pas l'avancement des travaux de manière interactive.

- **Gestion** : la possibilité d'utiliser le BIM comme outil de gestion est propre à la phase chantier – et donc toujours dans les prémices de son développement. Cet objectif recoupe différents usages, tous intimement liés à la possibilité d'automatiser certains processus auparavant chronophages : suivi de production, gestion de chantier et économie de projet. Le suivi de production consiste à créer une planification 4D, en agrégeant des logiciels de gestion à la maquette numérique. Il s'agit d'ajouter une dimension temporelle à la maquette numérique : le porteur de projet associe les bases de données issues des maquettes numériques à des ratios horaires de production pour établir un planning. L'optimisation de la gestion de chantier recoupe différents aspects, mais il s'agit toujours d'automatiser des processus auparavant manuels, tel que la gestion des approvisionnements et des réserves. Enfin, l'économie de projet fait référence à l'optimisation de la gestion de trésorerie en liant les données budgétaires d'un projet à sa maquette numérique.
- **Déploiement technique** : le déploiement technique recouvre l'utilisation de la maquette en vue d'améliorer directement la qualité des ouvrages et leur utilisation. Il comprend notamment la synthèse des maquettes et la détection des conflits entre ouvrages, permettant en amont de la construction, d'analyser les conflits et de trouver une solution technique. Ce déploiement technique permet aussi de produire un DOE numérique en vue de la maintenance du bâtiment, permettant une exploitation du bâtiment plus aisée et efficace. Enfin, cet objectif recouvre un usage propre à un projet, celui de VCF Habitat IDF : l'objectif est, via la comparaison entre les maquettes numériques et le scan 3D du « tel que construit », de proposer *in fine* une automatisation du contrôle qualité du ferrailage des balcons lors de la construction d'un bâtiment.
- **Valorisation** : cet objectif concerne plus particulièrement Spie batignolles et VCF Habitat IDF. Le premier cherchait, par l'expérimentation du BIM sur chantier et de ses applications dérivées, à aboutir à des recommandations concrètes à valoriser en tant que signataire de la charte d'engagement « Objectif BIM 2022 ». Le second cherchait à aboutir à des recommandations techniques de recalage de la maquette BIM et proposer des pistes de travail en vue d'une automatisation du processus.

7. Type de bâtiment développé

Les bâtiments supports au déploiement des dix projets sont :

- **Trois bâtiments tertiaires privés** :
 - Dans le cadre de la construction du nouveau complexe de production de Le Creuset, Spie Batignolles réalise l'« Administrative and Welcome Building » de l'entreprise ;
 - SMAC participe à la construction du nouveau centre de Jaguar Network à Marseille et du nouveau siège social de Novartis à Rueil Malmaison, dans le cadre de son projet « Expérimentation d'un outil de suivi de chantier BIM sur deux affaires SMAC ».
- **Quatre bâtiments tertiaires publics** :
 - SELVEA construit une salle de musculation au centre nautique Neptune pour Montpellier Métropole, dans le cadre de son projet « Neptune ».
 - SELVEA réalise des ateliers et bureaux à la gare SNCF de Mitry-Claye, pour le compte de la SNCF Réseau, dans le cadre de son projet « SNCF à Mitry » ;
 - Eiffage Construction Franche-Comté réhabilite une partie du parc d'exposition Juraparc après l'incendie du 15 mai 2015, pour la ville de Lons-le-Saunier ;
 - Demathieu Bard Bâtiment Ile-de-France réalise un immeuble de bureaux et le conseil des prud'hommes pour la ville de Villeneuve-Saint-Georges.

- **Quatre bâtiments résidentiels sociaux :**
 - Dans le cadre du projet de VCF Habitat sont construits 117 logements sociaux et une micro-crèche en Seine-Saint-Denis, ainsi que 78 logements sociaux à Paris ;
 - Demathieu Bard Construction Nord réalise dans le cadre de son projet 32 logements et une crèche ;
 - Eiffage Construction Provence réalise, dans le cadre de son projet « Jardins de Galice », 94 logements, dont un bâtiment (bâtiment D) social.
- **Deux bâtiments résidentiels privés :**
 - CKD construit 3 bâtiments résidentiels privés, dans le cadre de son opération « Le clos des clarisses ».
 - Eiffage Construction Provence réalise 94 logements, dont trois bâtiments sont privés (Bâtiments ABC).

Tous les bâtiments supports sont des bâtiments neufs, excepté pour le projet Juraparc, qui vise à réhabiliter une partie des bâtiments dégradés par un incendie. Cette différence induit une problématique de plus lors de la phase exécution : la gestion des occupants restants lors des travaux.

8. Etapes du bâtiment où le BIM est intégré

Le BIM peut être intégré à différentes phases de vie du bâtiment, comme l'illustrent ces dix projets. Les phases de vie concernées sont :

- La **programmation/conception** (pour tous les projets) ;
- Le **chantier** (pour tous les projets) ;
- L'**exploitation** (pour trois des dix projets).

La programmation/conception est nécessairement associée à l'utilisation du BIM en phase chantier, puisque celle-ci nécessite l'utilisation de maquettes numériques préalablement modélisées. Néanmoins, dans cet AAP, certaines entreprises titulaires ont été obligés de remodeler ou modéliser leurs maquettes exécution à partir de 0, sans la maquette architecte. Ce manque de coordination est généralement dû à une décision tardive d'intégration du BIM en phase chantier, ou des problèmes d'interopérabilité. Après la modélisation des maquettes d'exécution, celle-ci sont utilisées en amont du chantier pour la détection et l'analyse des conflits entre les différents lots.

L'appel à projets étant centré autour de la phase chantier, il est logique que tous les projets soient concernés par cette phase.

Enfin, la maquette utilisée et optimisée en phase chantier est employée dans certains projets pour produire un DOE numérique en vue de la maintenance du bâtiment : les projets concernés sont Eiffage Construction Franche-Comté, CKD et Spie Batignolles.

9. Intégration et implications des parties prenantes

L'intégration des parties prenantes évolue en fonction des phases du projet. Des phases similaires, qui peuvent évoluer en fonction du type d'opération, se retrouvent au sein des projets : la définition du protocole BIM, le développement BIM, le déploiement sur chantier, et enfin, en fonction des projets, la valorisation des données et/ou retours d'expérience.

- **Définition du protocole BIM**

Cette phase de projet est commune à tous. Elle passe par l'identification des besoins du maître d'ouvrage et la réponse apportée par la maîtrise d'œuvre, sous la forme de réunions. Une convention BIM est produite, puis signée par l'ensemble des acteurs du chantier. Créée en réponse au cahier des charges du client, la convention définit le protocole BIM utilisé lors de l'ensemble du projet, notamment les objectifs BIM,

les termes techniques nécessaires au travail collaboratif, et les ressources et exigences informatiques utilisées pendant l'opération.

Une convention claire et respectée par l'ensemble des signataires est essentielle au bon déroulement du chantier : son respect garantit une interopérabilité optimisée, et de manière plus générale, une plus grande efficacité d'exécution. Le maître d'ouvrage, le maître d'œuvre et l'entreprise générale et/ou les entreprises sous-traitantes sont toujours signataires de cette convention. Dans certains cas, un BIM manager extérieur au maître d'œuvre aide à la rédaction de la convention.

- **Développement BIM**

Les étapes du « développement BIM », en amont du déploiement sur chantier, diffèrent en fonction des projets. Trois phases se recoupent cependant :

- Une **phase modélisation** : en amont de la phase exécution, des maquettes architectes ont été produites. Ces maquettes sont généralement utilisées comme support pour créer les maquettes des différents lots. Néanmoins, réalisées avec des conventions de modélisation propre à l'architecture, il est parfois nécessaire de modifier la maquette pour la rendre exploitable d'un point de vue structurel. Pour chaque maquette d'un lot particulier, un acteur est responsable de sa modélisation – bureau d'études ou entreprise. Ceux-ci doivent répondre aux demandes du BIM manager et de la maîtrise d'œuvre.
- Une **phase synthèse technique** : cette synthèse entre les différentes maquettes numériques est essentielle au bon déroulement de l'opération. Si la forme la plus aboutie du BIM permet aux différents ouvrages de travailler sur une unique maquette numérique commune, dans cet AAP, chaque lot modélisait sa propre maquette. Un travail de synthèse est alors à effectuer, afin de détecter et analyser les possibles conflits entre ouvrages. L'utilisation du BIM permet de détecter en amont les « clashes », ce qu'une approche traditionnelle n'aurait pu faire qu'au moment de l'exécution des travaux. Ce travail concerne en général le BIM manager interne à la maîtrise d'œuvre, ou une entreprise spécialisée en BIM employée par la MO.
- Une **phase formation** : elle est particulièrement nécessaire dans cet AAP. Si certaines entreprises sont déjà habituées aux processus BIM en phase conception et programmation, peu sont formées à l'utilisation de logiciels propres à la phase chantier. Par ailleurs, nombreuses sont les entreprises du bâtiment, particulièrement les TPE/PME, à n'avoir aucune expérience de modélisation. Cette phase de formation réunit généralement les partenaires sous-traitants, la maîtrise d'œuvre, l'entreprise générale (si entreprise générale il y a) et le BIM manager. Les ateliers de formation, allant de deux jours à une semaine, sont conduits par le BIM manager. On y distingue les formations générales au BIM, et les formations spécifiques à un logiciel, comme Revit. Certains projets, comme CKD ou SELVEA, utilisent des logiciels de formation. D'autres, comme SMAC, ont édité des manuels d'utilisation des logiciels pour aider les parties prenantes à les maîtriser.

- **Déploiement sur chantier :**

Plusieurs usages sur chantier déterminent le niveau d'intégration des parties prenantes au projet.

- **Contribution au BIM via la plateforme collaborative** : dans certaines opérations, les entreprises de construction, porteuses d'un niveau BIM suffisant, participent à la modification des maquettes numériques en fonction de l'évolution du chantier. Néanmoins, la plupart étant novices en la matière, elles n'ont pas été intégrées à ce processus, qui concernent alors le BIM manager et la maîtrise d'œuvre.
- **Visualisation/observation des données** : cette étape concerne généralement l'ensemble des acteurs chantier. Cependant, les compagnons n'ont parfois pas accès à la maquette.

10. Technologies déployées

Les **technologies déployées** par les différents projets **évaluent en fonction des usages BIM** prévus par la convention. Si certains se cantonnent à l'utilisation de la maquette comme outil de communication et de synthèse technique, d'autres porteurs de projets se sont intéressés aux usages de gestion que peut apporter le BIM sur chantier, autant en suivi de réception des supports, de production, ou d'économie de projet.

De nombreux logiciels ont été utilisés tout au long des projets, mais les logiciels de conception et études d'exécution étaient relativement similaires :

- Les architectes, quand ils étaient mentionnés, ont tous utilisé **ArchiCAD**, excepté **Autodesk Revit Architecture 2017** pour Eiffage Construction Provence (projet Jardins de Galice), et **AutoCAD** pour Eiffage Construction Franche-Comté et VCF Habitat IDF.
- Les bureaux d'études, dans le cadre des études d'exécution, ont utilisé en grande majorité le logiciel **Autodesk Revit**. D'autres logiciels ont aussi été déployés pour la modélisation de lots spécifiques : ainsi de **3D Dietrich** par CKD et SELVEA, de **Cadwork** par Eiffage Construction Franche-Comté (projet Juraparc) et de **Autodesk Revit Structure 2017** par Eiffage Construction Provence (Jardins de Galice) pour les lots charpente bois. **Tekla Structure** a été utilisé par Spie batignolles pour la charpente métallique. Enfin, Eiffage Construction Provence mentionne utiliser **Autodesk Revit MEP** pour les lots Mécanique, Electricité, Plomberie.

Les échanges entre ces différents logiciels se sont toujours produits en **IFC**.

En phase chantier, plusieurs usages différents ont été déployés :

- **Visualisation de la maquette** : Les visualiseurs 3D les plus utilisés sont **Tekla BIM Sight** (Eiffage Construction Provence, Spie batignolles, CKD) et **Navisworks**, notamment Navisworks Freedom 2017 (SELVEA, Eiffage Construction Provence). Néanmoins, **ATTIC+** et **GoodBIM** ont aussi été déployés, par SELVEA et SMAC. Ceux-ci sont utilisés par les acteurs chantier comme outil de collaboration et de suivi d'avancement des travaux.
- **Simulation/gestion de conflits** : les logiciels adoptés pour la gestion de conflits entre les ouvrages sont spécifiés dans les projets d'Eiffage Construction Franche-Comté, CKD et Spie Batignolles. **Navisworks** est utilisé par Eiffage Construction Franche-Comté. CKD s'est servi à la fois de **Navisworks** et **Tekla BIM Sight**. Spie batignolles, quant à lui, a utilisé **Arche de Graitec** pour les simulations de structure et **ClimaBIM** pour les simulations thermiques.
- **Gestion de projet** : trois logiciels ont été déployés pour la gestion de projet par les lauréats : **Navisworks Manage 2017**, par Eiffage Construction Provence, **Wizzcad**, par la SELVEA, et **GoodBIM**, par SMAC. Ces logiciels permettent un suivi de production par **une planification 4D** des projets.
- **Gestion des réserves** : CKD a été le seul lauréat à employer un logiciel spécifiquement pour la gestion des réserves : **FinalCad**. Utilisé pour les réceptions de chantier avec réserves et levées de réserves en 2D, l'utilisation de FinalCad en 3D a permis d'y ajouter de nouvelles fonctionnalités, comme la vérification des éléments et de leur type, ou le contrôle de finalisation ou d'état d'avancement des corps d'état. Globalement, son utilisation sur maquette numérique 3D permet un suivi des réserves et de localisation plus précis.
- **Economie de projet** : deux projets ont mentionné utiliser des logiciels pour l'économie de projet : Spie batignolles et CKD. Spie batignolles a eu recours au logiciel **Winquant d'Attic+**. Winquant est utilisé pour des analyses économiques : il permet d'établir des estimations et métrés par saisie graphique 3D. Il permet notamment d'éditer automatiquement des plans de repérage et de tableaux récapitulatifs par corps d'état ou par localisation. CKD, quant à lui, s'est servi du **logiciel de comptabilité SAGE**, compatible avec le BIM, pour le calcul de ses métrés.

- **Programmation** : le logiciel Dynamo a été utilisé par SELVEA et Eiffage Construction Provence, afin d'optimiser et d'automatiser des tâches récurrentes dans Revit. C'est une plateforme permettant aux utilisateurs de Revit de créer des outils et d'automatiser des processus que le logiciel ne contient pas nativement. Il a notamment été utilisé par les lauréats pour :
 - Fluidifier les rotations sur Revit, pour un pointage sur chantier ;
 - Automatiser la pose des tableaux sur feuille, utilisés pour pointer quotidiennement les tâches réalisées, et planifier à la veille les réalisations du lendemain.
- **Communication** : Spie batignolles utilise Lumion comme outil de communication commerciale. C'est un logiciel 3D Temps Réel permettant de simuler un environnement réaliste à partir des modèles numériques 3D issus des logiciels de conception.

Les technologies déployées lors du projet **VCF Habitat IDF** sont particulières. En tant que projet de recherche, en vue d'une automatisation du processus de contrôle qualité du ferrailage des balcons, VCF Habitat IDF a utilisé des technologies propres à ses besoins :

- **Scan 3D** : acquisition macroscopique photogrammétrique via des **caméras sur grue**, acquisition macroscopique laser par **topographe**, acquisition microscopique photogrammétrique par **drone** ;
- **Visualisation** : Pix-4D ;
- **Traitement des données** : logiciel 2D LaserControl ; logiciel Leica Cyclone Truview ; logiciel 3DReshaper.

11. Mode de sauvegarde et de gestion des données et pérennisation des informations

Tous les lauréats ont eu recours à une plateforme collaborative pour gérer et sauvegarder les données, excepté VCF Habitat. Les différentes solutions utilisées sont :

- **GoodBIM Krusty Resolving** pour Spie Batignolles. Resolving, éditeur français de solutions numériques à destination des secteurs de l'immobilier et de la construction, propose une **plateforme collaborative et mobile** couvrant toutes les phases de vie d'un bâtiment. En tant que partenaire de Spie batignolles, Resolving a participé activement au projet, en mettant à disposition la solution **GoodBIM Resolving** et ses modules existants. Une méthode agile de gestion de projet, nommée SCRUM UX, a été mise en place, permettant de faire évoluer la plateforme au fur et à mesure du retour des usagers, dans le but d'optimiser leurs expériences et de leur donner envie d'utiliser la plateforme. Dans un premier temps, le développement de l'interface s'est concentré sur le volet fonctionnel : elle était donc uniquement élaborée pour interagir avec les fonctionnalités. Une fois les fonctionnalités éprouvées, l'interface a évolué afin de correspondre aux attentes utilisateurs : une simplicité d'utilisation accompagnée de fonctionnalités puissantes.
- **Autodesk BIM 360 Docs**, pour SELVEA sur le projet Neptune, Eiffage Construction Provence sur le projet Jardins de Galice, et Eiffage Construction Franche-Comté sur le projet Juraparc. BIM 360 docs est une plateforme d'échanges développée par Autodesk, société d'édition de logiciels de création et de contenu numérique, et créatrice du logiciel de modélisation Revit. Les lauréats ont choisi cette plateforme pour des raisons d'efficacité et de commodité. Elle permet d'héberger plans et autres documents administratifs, mais aussi une visualisation de la maquette. Eiffage Construction Provence regrettait néanmoins l'absence d'une fonction de cotation sur la maquette elle-même, même s'il est possible de coter sur les plans issus de celle-ci. Eiffage Construction Franche-Comté **a évolué vers VisioBIM** en changeant de BIM manager. Le lauréat a rencontré des difficultés à s'appropriier la première plateforme, plus compliquée à utiliser qu'elle ne le semblait au premier regard. VisioBIM était plus simple d'utilisation ; néanmoins, un des bureaux d'étude, CETEC, ne pouvait pas déposer sa maquette structure car le BIM Manager a tardé à créer le fichier de dépôt lié au bureau d'étude.
- **Dropbox**, puis **Axeobim** en fin de projet, pour SELVEA sur le projet SNCF à Mitry. SELVEA avait choisi d'utiliser Dropbox comme plateforme d'échange, un service de stockage et de partage de copies de fichiers locaux en ligne. Cela posait néanmoins des problèmes de gestion des droits d'accès et de

sécurisation du transfert de données : le processus d'échange n'y est pas sécurisé et les maquettes pouvaient être supprimées ou visionnées sans autorisation. En tant qu'outil non spécialisé, Dropbox ne proposait pas de fonctionnalités propres au BIM que SELVEA aurait bien aimé retrouver, comme la gestion des conflits entre maquettes. La plateforme collaborative Axeobim a donc été introduite en fin de projet, afin de remédier à ces problématiques. Si l'expérience se révèle concluante, SELVEA compte l'utiliser sur ses prochains projets.

- **Owncloud**, pour CKD. L'équipe du projet développé par CKD travaillait sur OwnCloud, un logiciel offrant une plateforme de services de stockage et partage de fichiers, au mode de fonctionnement similaire de Dropbox. Si la plateforme s'est avérée suffisante pour l'expérimentation, CKD regrettait/ laissait entendre d'autres plateformes proposent des fonctionnalités indispensables pour la gestion de projets en BIM, qu'un logiciel non spécialisé ne peut pas fournir.
- Une **plateforme FTP** pour SMAC. Un serveur File Transfer Protocol permet de transférer des fichiers par internet ou par le biais d'un réseau informatique local. Toute personne autorisée peut télécharger et envoyer des fichiers sur un ordinateur distant faisant fonctionner un tel serveur. SMAC n'a pas précisé quel type de serveur il utilisait lors de son projet.

Analyse de l'appel à projet

12. Coûts de déploiement

Les principaux coûts liés au déploiement des projets sont relatifs à :

- L'**investissement en équipement** (matériels et logiciels) ;
- La **formation** des équipes ;
- Les **inégalités de maturité** des acteurs vis-à-vis du BIM, qui nécessite souvent des efforts supplémentaires en termes de formation, sensibilisation et organisation.

13. Intérêt perçu du BIM (coopération des acteurs / coûts des projets / etc.)

Les lauréats ont identifié, suite à la réalisation de leurs projets, les intérêts associés à l'intégration du BIM en phase chantier :

- Une **meilleure compréhension du projet** par tous les acteurs chantiers ;
- Une **collaboration facilitée et optimisée** entre les différents acteurs du projet ;
- Un **gain de temps considérable**, dû à l'automatisation de certains processus : processus techniques (détection et gestion des conflits entre ouvrages), autant que processus managériaux (suivi de production automatisée, planning 4D, économie de projet etc.) ;
- Une **amélioration globale de la qualité** des ouvrages.

Si les lauréats s'accordent sur l'existence d'**importants gisements d'économie** liés à l'intégration du BIM en phase chantier, cette **rentabilité est aujourd'hui difficilement quantifiable financièrement**. C'est cependant une des attentes majeures de tous les acteurs du projet.

14. Difficultés et leviers d'action

Les mêmes difficultés se retrouvent généralement au sein des projets, permettant de pointer du doigt les améliorations concrètes possibles. D'un point de vue organisationnel, les grandes difficultés rencontrées sont :

- **Un manque de collaboration** : le grand défi du changement de méthodologie est d'intégrer de nouveaux processus de travail et d'échanges. Chaque chantier a ses propres fonctionnements issus d'un compromis entre les différentes parties prenantes du projet. Or, si le BIM essaie de standardiser ces échanges, il est lui-même en pleine construction. Cette construction conduit parfois à des changements de logiciels ou de formats d'échanges au cours du projet, engendrant des problèmes d'interopérabilité, et ralentissant de manière générale le bon déroulement de l'opération. Les lauréats notent, suite à ces difficultés, la nécessité de réaliser une convention détaillée, claire et efficace avant le commencement du projet. Cette problématique de collaboration se retrouve également au sein des différents niveaux d'intégration des parties prenantes. Bien qu'au centre de l'appel à projets, cette notion n'a parfois pas trouvé d'écho : si le projet de Spie batignolles est centré autour de l'intégration de l'ensemble des parties prenantes de la phase chantier, y compris les compagnons, par la création d'une plateforme collaborative simple d'usage, cette dimension a parfois été peu prise en compte dans d'autres projets. En outre, même si les porteurs de projet incitaient les entreprises sous-traitantes à s'approprier le BIM et ses applications dérivées, peu d'entre elles en percevaient l'utilité et les ont utilisés. Cela s'explique notamment par une réticence générale face au numérique et des budgets restreints pour certains acteurs. Or, SELVEA rappelait que la généralisation du BIM en phase chantier ne pourrait se faire que par l'intégration de tous les acteurs.
- **Une culture numérique atrophiée au sein des entreprises** : la culture numérique des entreprises du bâtiment est relativement insuffisante, malgré le travail engagé par les organisations professionnelles (FFB et CAPEB). De nombreuses entreprises ont, au cours des diverses opérations, exprimé leur méfiance et leur réticence au changement du format papier vers le format numérique.

Cette culture numérique atrophie complexifie la collaboration entre les différents acteurs du projet, dont le niveau de maturité BIM est souvent hétérogène, et dessert les utilisateurs de la maquette. Ainsi, SMAC s'est aperçu en fin de projet que certaines fonctionnalités disponibles sur la maquette numérique étaient inconnues des utilisateurs, comme l'accès à certains plans de détails – des fonctions utiles au bon déroulement du chantier. Cette incapacité à s'approprier les différents outils et documents développés demande donc un engagement approfondi des acteurs du BIM, afin de proposer davantage d'actions de sensibilisation, de formations et d'outils simples d'utilisation.

- **Un agenda de construction prévisionnel inchangé** : les plannings auxquels doivent se soumettre les lauréats sont aujourd'hui peu pertinents pour des chantiers menés en BIM. Le délai de conception est toujours de six mois, alors que la logique du BIM demande des études plus poussées avant l'acte de construire. Demathieu Bard Construction Nord constate, comme d'autres lauréats, que le manque de temps en phase conception nuit à la qualité des maquettes numériques, et contraint certains acteurs à abandonner leur participation en BIM, par manque de temps pour acquérir les compétences nécessaires. Les délais de démarrage et de préparation de chantiers restent également inchangés : ils sont aujourd'hui de deux mois maximums. Les lauréats n'ont pas le temps de former leurs équipes travaux, poussant à la fois au recours aux sous-traitants, et au désintéressement du BIM par les équipes travaux. Cette méthode favorise le développement d'un nouveau secteur d'ingénierie spécialisé en BIM, et décourage la maîtrise du processus par les entreprises.

D'un point de vue technique, les difficultés communes à tous les projets sont :

- **Une mauvaise coordination entre études d'exécution et études de conception** : dans certains projets, une mauvaise coordination entre les études de conception et les études d'exécution a obligé ces derniers à remodeler les maquettes, ou à les modéliser à partir de 0, engendrant une perte de temps et de gain considérables. Ce manque de coordination est parfois dû à une décision tardive d'intégration du BIM en phase chantier : les bureaux d'études architecte n'avaient donc pas produits de maquettes 3D en vue d'une utilisation en phase d'exécution. Mais cette rupture est souvent due à un problème de conception de la maquette architecte, ou d'interopérabilité. Eiffage Construction Provence a notamment dû modifier la maquette architecte pour la rendre exploitable d'un point de vue structurel, les niveaux n'étant pas à la bonne altimétrie.
- **La multiplicité et la complexité des outils proposés** : liée à une culture numérique à ses prémices dans le secteur du bâtiment, la multiplicité des outils numériques utilisée en phase chantier les rend difficiles à maîtriser, notamment au niveau des plateformes collaboratives et applications de gestion de projet. SMAC a notamment dû annuler un de ses objectifs BIM au cours de la mission. Il visait à optimiser le suivi de production, grâce au logiciel GoodBIM. Le logiciel étant trop difficile d'utilisation, et ayant déjà dû s'approprier le logiciel de modélisation Revit, l'entreprise n'a pas pu aller au bout de son objectif, pourtant important dans le cadre de son opération. SELVEA note par ailleurs la complexité à créer des gabarits ou programmes Dynamo, nécessitant beaucoup de temps et de recherches sur des sites d'entraide. Cette multiplicité d'outils à maîtriser ne facilite pas l'appropriation du BIM, et demande une phase de formation et d'apprentissage des méthodes plus important.
- **Un manque de fiabilité et de pertinence des outils** : certains lauréats ont constaté un manque de fiabilité et de pertinence des outils présents en phase chantier. Eiffage Construction Franche-Comté a ainsi remarqué des problèmes d'interopérabilité entre certains logiciels : certains bureaux d'études, utilisant CadWork, sont obligés de passer leurs fichiers en format IFC, pour être à nouveau exporter en format REVIT – le logiciel utilisé par le BIM manager. Néanmoins, cette manœuvre engendre des pertes de données. SELVEA considère la bibliothèque des objets BIM trop peu fournie pour réaliser des maquettes au niveau de détails élevé. Les objets pourraient être créés par l'entreprise, mais c'est un processus trop coûteux et fastidieux. Certaines fonctionnalités pourraient donc être adaptées à l'utilisation sur chantier. Enfin, si le projet de VCF Habitat n'a pas pu aboutir à la création d'un processus effectif d'automatisation de contrôle qualité du ferrailage des balcons, c'est en particulier

à cause du manque de fiabilité des outils utilisés pour le scan 3D : soumis aux intempéries météorologiques et aux problèmes techniques, les caméras et scans étaient parfois inutilisables.

Enfin, les entreprises ont fait face à des **difficultés financières**, notamment les PME lauréates : les coûts d'entrée sont importants, d'autant plus que les dépenses d'investissement ont en général été plus importantes que prévu. Cette difficulté sera développée plus en avant, dans l'analyse financière de l'intégration du BIM.

Conclusions et recommandations vis-à-vis de l'objet des appels à projet

15. Analyse financière de l'intégration du BIM

Dans le cadre de cet AAP, la subvention BIM couvrait à la fois les **dépenses d'équipements** (matériel, logiciels) et les **dépenses en personnel** (moyens humains déployés, formations). L'arrivée du BIM sur chantier étant à ses prémices, les équipes ne possédaient pas les équipements nécessaires à l'utilisation du BIM sur chantier.

La répartition des coûts équipement/personnel a été assez homogène sur l'ensemble des projets : pour la plupart, les dépenses en équipement représentaient environ 20% des coûts BIM, excepté pour SMAC et Eiffage Construction Provence, pour lesquels ces coûts représentaient 8 et 9% du budget BIM.

Les contraintes budgétaires n'étaient pas les mêmes pour les différents porteurs de projet : **si l'investissement en BIM est assez important de manière général, il ne représente pas les mêmes contraintes** pour des grands groupes de la construction, comme Eiffage Construction ou Vinci Construction, et pour des PME comme SELVEA ou SMAC, aux budgets plus restreints. CKD, filiale du groupe La Tour, considère notamment que le **coût engendré** par l'intégration du BIM était **une des difficultés majeures** de la mise en place du projet. Des demandes d'honoraires supplémentaires leur ont été adressé, émanant de la maîtrise d'œuvre, et certaines prestations ont été deux fois plus coûteuses. SELVEA note, de même, que le financement du PTNB était indispensable à son investissement dans le BIM.

Le manque de budget a également pu impacter le bon déroulement des opérations : SMAC n'a pu investir dans une tablette numérique, permettant la visualisation de la maquette numérique sur chantier par le chef des travaux, qu'à la moitié du projet. Or, la visualisation des maquettes sur le terrain est un des aspects essentiels du BIM sur chantier.

Les **retours sur investissement sont encore difficiles à percevoir** par les entreprises, toujours dans une logique d'apprentissage (des logiciels, des nouveaux processus). La mesure de l'impact du BIM est encore difficile à évaluer, car dépendante de facteurs humains, organisationnels et techniques en développement. La plupart des acteurs sont cependant **confiants sur des retours d'investissement positifs** sur le long terme, lorsque l'habitude, la prise en main des différents logiciels et la généralisation du processus BIM permettra de réduire les dépenses de fonctionnement.

CKD témoigne cependant d'un **certain scepticisme** : le retour sur investissement ne sera pas effectif qu'en cas de généralisation du processus BIM dans toutes les instances du secteur du bâtiment ; et si cette évolution est proche pour les architectes, bureaux d'études et entreprises générales, elle lui semble encore très éloignée pour les artisans.

16. Succès de l'expérimentation

Cet AAP se positionnait en **vecteur puissant de sensibilisation et de formation au BIM** sur chantier. L'expérimentation est un succès : elle a permis de recenser et d'**expérimenter un certain nombre d'outils très divers**, allant d'une simple visualisation de la maquette sur chantier, à l'utilisation du BIM comme outil d'automatisation et de suivi de production. Des facteurs de succès et points de vigilance propres à l'utilisation du BIM sur chantier ont pu être identifiés. Ces retours sont d'autant plus riches que le PTNB a pris soin de sélectionner des chantiers et acteurs divers, permettant de réunir un panel d'expériences variées.

L'utilisation du BIM sur chantier n'a pas toujours été concluante, et les **objectifs BIM définis par les lauréats n'ont pas toujours été atteints**. Néanmoins, chaque difficulté rencontrée par les lauréats permet de faire avancer la discussion sur la généralisation du BIM sur chantier, et est porteuse de retours d'expériences enrichissants, notamment d'un point de vue technique. Ainsi de ces exemples :

- CKD, qui cherchait à optimiser la gestion chantier et le suivi de production par une planification 4D, a utilisé **un logiciel inadapté** à la taille de son chantier : Navisworks Manage. La démarche, trop

détaillée, était chronophage. Ce retour a permis d'identifier les points de vigilance à prendre en compte lors de l'utilisation de certains logiciels pour les chantiers de tailles relativement modestes.

- L'expérimentation de VCF Habitat cherchait à automatiser, à l'aide de scan 3D et de la maquette numérique, le **processus de contrôle qualité du ferrailage des balcons**. Elle a démontré que les technologies actuelles ne permettent pas de contrôler en temps réel le positionnement et le dimensionnement structurel des balcons. Cependant, le porteur de projet a proposé de mettre en place **une cellule technique spécialisée** sur le sujet, afin d'identifier à terme le bon diagnostic pour contrôler les armatures des balcons sur chantier.
- SELVEA, sur le projet SNCF à Mitry, a utilisé **Dropbox comme plateforme collaborative**. L'entreprise a pris conscience du **manque de fiabilité et de sécurité** de cette méthode, une plateforme où les maquettes peuvent être supprimées ou visionnées sans autorisation. SELVEA a démontré qu'il est pertinent d'utiliser des **plateformes collaboratives spécialisées**, permettant la sécurisation des échanges, ainsi que l'utilisation de certaines fonctionnalités BIM, non présentes sur une plateforme non spécialisée en BIM.

Ces aspects négatifs ont été en général très utiles dans **l'identification de points de vigilance** à prendre en compte par les entreprises intéressées, et ont permis d'exprimer un certain nombre de **recommandations**. C'est peut-être dans les difficultés rencontrées par les lauréats que se trouvent la force et le succès de cette expérimentation.

L'expérimentation a également **favoriser l'adaptation progressive de certains outils à la phase chantier**. Spie batignolles s'est associée avec Resolving, éditeur de solutions, afin de collaborer pour l'amélioration de la plateforme collaborative GoodBIM. Les deux acteurs ont œuvré à l'élaboration d'une **plateforme simple d'utilisation**, afin de pouvoir intégrer l'ensemble des partenaires sous-traitants au processus BIM. Les résultats obtenus ont été concluants, et répondent aux attentes et frustrations souvent exprimées par les autres projets de l'AAP : des outils peu adaptés au niveau de maturité BIM de certains acteurs chantier.

Enfin, ces différents projets ont permis de **faire connaître l'utilisation du BIM** sur chantier, et de **sensibiliser à son utilité**. Certains acteurs hors du projet ont témoigné de leur intérêt pour ces nouvelles méthodes et ont cherché à les développer à leur tour : ainsi de l'agence SMAC de Bordeaux, qui, depuis septembre 2018, expérimente le BIM sur le chantier CŒUR GINKO.

Conclusion générale

Le PTNB, par ce présent AAP, souhaitait **encourager les acteurs du bâtiment à déployer le BIM en phase chantier**. Il a permis d'expérimenter de façon concrète le BIM sur le terrain, en apportant des retours d'expérience nécessaires, notamment au niveau des outils utilisés et de leur adaptabilité à la phase chantier. Ces différents projets ont pu évaluer la pertinence de certains outils, et les améliorations qui pourraient y être apportés, ainsi que la pertinence de l'utilisation du BIM en phase chantier de manière générale.

Les **retours effectués démontrent l'utilité du BIM en phase chantier**, notamment pour les grandes entreprises – les retours des PME étant plus mitigés, notamment d'un point de vue financier. Les entreprises témoignent cependant d'une forte inertie, une telle transformation demandant un changement complet de la méthodologie de travail. La maturité des entreprises vis-à-vis du BIM étant le principal levier de réduction des coûts, les retours sur investissement se feront progressivement. Si les bénéfices financiers sont encore difficiles à percevoir, l'ensemble des lauréats s'accordent sur la rentabilité du BIM en phase chantier, notamment en termes de gain de temps, d'efficacité et de qualité.

Cependant, des points de rupture ont été identifiés, pouvant mettre un frein à la généralisation du BIM en phase chantier :

- **D'un point de vue organisationnel**, un manque général de collaboration et d'intégration de l'ensemble des acteurs chantier, conjugué à un agenda traditionnel de construction peu adapté. Les lauréats ont exprimé leur volonté d'impliquer les partenaires sous-traitants et leurs équipes. Le processus reste néanmoins peu effectif. Ce manque d'intégration des entreprises sous-traitantes s'explique selon plusieurs facteurs : manque de formation, réticence face au changement, outils trop complexes, budgets restreints, délais de préparation de chantiers trop courts... Ce dernier point relève d'un agenda traditionnel de construction peu adapté au BIM, impactant à la fois la phase conception, et la phase pré-chantier de formation.
- **D'un point de vue technique**, une rupture entre la phase conception et exécution, ainsi qu'un manque d'outils adaptés. Ce manque de coordination entre la phase conception et exécution conduit souvent à une remodelisation ou une modélisation à partir de zéro des maquettes numériques des différents lots, et *in fine*, à une perte considérable de temps. A cela s'ajoute des outils trop complexes et difficiles à maîtriser, et parfois peu pertinents en vue d'une utilisation sur chantier.
- **D'un point de vue financier**, des budgets restreints, associés à des coûts d'entrée importants. Ces contraintes budgétaires peuvent affecter l'effectivité de l'investissement en BIM, et retarder - sinon empêcher – l'engagement de tous les acteurs chantier.

Au vu des difficultés identifiées, certaines recommandations d'ordre général peuvent être émises :

- **Prolonger l'investissement des pouvoirs publics** en BIM, notamment à l'égard des PME et TPE. Plus difficile à mettre en place, le processus BIM n'en est pas moins utile et effectif pour les PME du bâtiment. Il s'agira de soutenir un investissement impossible à mettre en place pour ses acteurs sans subventions publiques.
- **Développer des outils BIM adaptés** à la phase chantier **et simples d'utilisation**. Ce développement passera par un dialogue entre les entreprises utilisatrices et les entreprises créatrices de ses outils.
- **Adapter les processus organisationnels à l'intégration du BIM en phase chantier**, en adoptant notamment la durée accordée à chaque phase d'un projet. Les phases conception et préparation e chantier sont les plus concernées.
- **Sensibiliser et former de manière conséquente tous les acteurs**, afin de permettre une meilleure intégration au BIM de l'ensemble des parties prenantes de l'écosystème d'un chantier. Il est notamment nécessaire que les entreprises générales continuent à être vecteurs de sensibilisation au BIM pour leurs sous-traitants.