

AAP 09.15 – Expérimentation du DCE numérique dans un contexte loi MOP

Décembre 2018

Table des matières

Résumé exécutif	2
Introduction	4
1. Objectifs de l'appel à projets	4
2. Approche méthodologique	4
3. Chiffres-clés	5
4. Enjeux relatifs à l'intégration du BIM	5
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	7
8. Etapes du bâtiment où le BIM est intégré	7
9. Intégration et implications des parties prenantes	7
10. Technologies déployées	8
11. Mode de sauvegarde et de gestion des données et pérennisation des informations	9
Analyse de l'appel à projet	10
12. Coûts de déploiement	10
13. Intérêt perçu du BIM (coopération des acteurs / coûts des projets / etc.)	10
14. Difficultés et leviers d'action	10
Conclusions et recommandations vis-à-vis de l'objet des appels à projet	11
15. Analyse financière de l'intégration du BIM	11
16. Succès de l'expérimentation	11
Conclusion générale	13

Résumé exécutif

Le PTNB, à travers le présent appel à projets (AAP), souhaite encourager les acteurs du bâtiment à déployer la démarche BIM pour expérimenter l'élaboration d'un dossier de consultation des entreprises (DCE) numérique. Les objectifs recherchés sont : l'**expérimentation** d'une démarche BIM pour élaborer un DCE ; l'**utilisation des remontées du terrain** concernant les difficultés rencontrées ; la **mesure des impacts** de la mise en place d'une telle démarche sur le projet ; et la production de **retours d'expériences** qui pourront être partagés et analysés par l'ensemble des acteurs concernés.

Les lauréats ont exploité le DCE numérique, entre autres, comme **vecteur de communication** et de **sensibilisation**. Le recours à la maquette virtuelle facilite l'**échange avec les acteurs concernés** par le projet mais non directement impliqués. Elle permet de **visualiser les rendus du projet** avant que celui-ci ne soit terminé et est donc un **moyen de légitimation des choix de conception** par la présentation comparative des alternatives. Un autre dispositif mis en œuvre par les trois projets pour intégrer les parties prenantes concerne le recours aux **plateformes collaboratives**, notamment **KROQI**. Un des intérêts majeurs de la numérisation du DCE est donc qu'il facilite les **échanges des documents** et l'**élaboration collaborative** d'une réponse aux appels d'offre.

Les **technologies déployées** par les différents projets sont similaires. Tous les architectes ont utilisé ArchiCAD ; d'autres logiciels ont été employés à des fins comparatives. Les bureaux d'études impliqués ont déployé **Revit** et, parfois, d'autres logiciels spécifiques. Les échanges entre ces différents logiciels se sont toujours produits en **IFC**, comme l'exigeait l'AAP.

Les différents retours d'expériences mettent en avant les principaux intérêts du BIM qui sont : une meilleure **vision globale et holistique** du projet ; la possibilité d'**anticiper les problèmes** et améliorer la **gestion des conflits** ; une **collaboration** et des échanges facilités ; l'encouragement d'un effort collectif pour atteindre une **interopérabilité** optimale. Un lauréat a aussi identifié dans le BIM un intérêt fort pour l'**économiste** qui peut présenter un **budget plus fiable** et qui contient un **risque d'erreur moindre**.

Néanmoins, la difficulté majeure, soulignée par l'ensemble des porteurs de projets, réside dans les **différences de maturité BIM** et donc dans la capacité des équipes à **s'approprier les différents outils et documents développés**. Cet obstacle est d'autant plus important que certains acteurs se montrent **réticents au changement** et d'anciens réflexes de travail demeurent. Du point de vue informatique, la **lourdeur du BIM** fait qu'en fonction de leur débit internet et de la puissance de leurs ordinateurs, les porteurs de projet ne disposent pas des mêmes capacités de déploiement du BIM et ne rencontrent pas les mêmes obstacles. L'**interopérabilité** est une autre difficulté majeure de cette démarche, qui a été abordée avec une attention particulière par tous les lauréats. En raison de la diversité des logiciels métiers utilisés, la **compatibilité avec le format IFC** a posé quelques problèmes. Les logiciels travaillent avec **différents formats**, disposent de différentes **définitions des objets à modéliser**, différentes classes d'objets, etc. Le **paramétrage des exports** est ainsi essentiel pour **limiter la perte d'informations** lors du passage en IFC. Sinon, une mauvaise **affectation des objets aux classes IFC** peut se produire. Différentes solutions ont été explorées, tels le développement d'un **add-in spécial pour Revit** et l'étude d'un **format d'échange alternatif**. L'utilisation d'une **convention BIM** permettant la définition des **standards à suivre pour les échanges** et les mises à jour est essentielle pour optimiser l'interopérabilité.

Les retours d'expérience montrent que, de manière générale, il existe une **corrélation entre la maturité BIM et le succès du projet**. Des formations sont nécessaires pour permettre la montée en compétences des acteurs. En termes de **structuration de données**, puisque les différents métiers requièrent des informations spécifiques sur un même objet, il convient, **en amont** de la modélisation, de mener une réflexion commune sur l'intégration des différentes exigences en termes d'attributs des objets, afin d'élaborer un cahier des charges de modélisation. La **convention BIM** joue ici un rôle clef ; une utilisation non satisfaisante limite l'appropriation des outils BIM et leur exploitation adéquate. *In fine*, la **maturité organisationnelle** des parties prenantes joue également un rôle déterminant et conditionne en partie la réussite des projets. Si aucun des projets ne conclut sur la pertinence et la faisabilité du DCE numérique, cette démarche s'inscrit dans la **logique actuelle de la numérisation des données** et du développement du **travail collaboratif**, et semble donc pertinente à cet égard, bien que l'**amélioration technique de l'interopérabilité des logiciels** et une **montée**

en compétences homogène et globale des acteurs de la construction constituent des préalables au développement du DCE numérique.

Introduction

Les **Dossiers de Consultations des Entreprises** (DCE) intègrent l'ensemble des documents élaborés par l'acheteur public à destination des entreprises désireuses de répondre à un appel d'offre dans le cadre d'un marché public. Avec le développement des outils BIM, il est désormais pertinent réaliser ce DCE de façon numérique, de telle sorte que les informations du DCE puissent directement être intégrées à la maquette numérique. L'élaboration du DCE numérique recouvre les phases suivantes :

- **Elaboration** (agrégation de spécifications techniques, détail quantitatif estimatif, métrés etc.) ;
- **Communication** (maquette utilisée comme support avec des liens vers les pièces contractuelles, des vues de modèles spécifiques, etc.) ;
- **Analyse des réponses à une consultation** (étude par le maître d'ouvrage des variantes à la conformité à l'appel d'offres).

Le périmètre de l'appel à projets dans le cadre du PTNB intégrait l'élaboration d'un DCE numérique jusqu'à la phase d'Assistance pour la passation des Contrats de Travaux (ACT), élément de mission défini par la loi MOP, et est axé sur les entreprises PME – TPE et artisans.

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 la démarche BIM pour expérimenter l'élaboration d'un DCE numérique. Les objectifs visent à :

1. **Expérimenter** une démarche BIM pour élaborer un DCE jusqu'à la phase ACT ;
2. **S'appuyer sur des remontées du terrain** quant aux difficultés rencontrées ;
3. **Mesurer les impacts** de la mise en place d'une telle démarche sur le projet ;
4. **Fournir des retours d'expériences** (REX) qui pourront être partagés et surtout analysés par l'ensemble des acteurs concernés.

2. Approche méthodologique

La méthodologie employée par le candidat devait être présentée dans le dossier de candidature. Celui-ci devait détailler les moyens humains, managériaux et matériels utilisés pour réaliser le projet. Pour chaque élément de mission abordé (études d'esquisse, études d'avant-projet sommaire, études d'avant-projet définitif et études de projet), la note méthodologique devait décrire l'élaboration de la maquette numérique ainsi que les modèles qui y étaient associés.

La convention BIM rédigée par la maîtrise d'œuvre, afin de la partager aux différentes équipes du projet, devait détailler la méthodologie retenue. Cette convention devait répondre au cahier des charges BIM défini en amont par la maîtrise d'ouvrage.

A l'issue de l'expérimentation, plusieurs livrables ont été rédigés par les porteurs de projet. L'objectif consistait notamment à détailler les retours d'expérience du projet.

Les quatre livrables requis dans le cadre de l'AAP sont :

- Un livrable technique qui évalue la **faisabilité du DCE numérique**, en mettant en avant les conditions de réussite, les points de vigilance, notamment en termes d'interopérabilité, ainsi que les points d'amélioration. La méthode employée et la gestion des données (usage et stockage) devaient être analysées ;
- Un livrable organisationnel qui apprécie les **changements induits par la démarche BIM** et le traitement de l'information ainsi que les besoins de renforcement de la collaboration aux différentes étapes du projet ;
- Un livrable financier qui analyse le **financement du projet** et isole les coûts engendrés par l'utilisation de la maquette et des différents outils numériques ;
- Un livrable final qui contient les **conclusions et recommandations** de la maîtrise d'ouvrage par rapport aux objectifs de l'AAP ainsi que les points d'amélioration.

3. Chiffres-clés

Trois projets ont été récompensés par le PTNB au terme de l'AAP dédié à l'expérimentation du DCE Numérique. Les projets sélectionnés se déroulent dans les départements de Val-d'Oise, de Charente-Maritime et d'Isère (voir Figure 1).

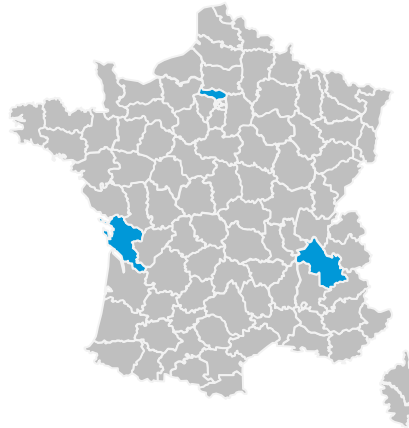


Figure 1 – Couverture géographique des projets lauréats

Le montant total accordé par le PTNB, en termes de subvention, pour ces trois projets est de 74 480€. La répartition de ce montant était relativement similaire. Quant au pourcentage des moyens économiques totaux déployés par les lauréats couvert par le PTNB, les valeurs sont relativement hétérogènes : 22,72% pour le Conseil Départemental de Val-d'Oise, 80% pour l'OPH et 41,05% pour AEA. Ceci permet d'illustrer la diversité des moyens mis en œuvre par les projets sélectionnés.

4. Enjeux relatifs à l'intégration du BIM

La production d'un DCE suppose un travail important et des **échanges nombreux** entre parties prenantes (la maîtrise d'œuvre, la maîtrise d'ouvrage et les entreprises candidates). Avec le développement des outils BIM, la possibilité de numériser des pièces du DCE comme le règlement de consultation, l'acte d'engagement, le cahier des clauses administratives particulières, le cahier des clauses techniques, les dossiers de prix, les éléments graphiques, les notes de calculs, les rapports géotechniques, peut constituer un moyen d'alléger la charge de travail. En effet, la numérisation permet **l'échange électronique des documents** en facilitant la **communication** entre les équipes d'une part et le **suivi de leur exécution** d'autre part.

Dans un souci de représentativité du contexte actuel de la démarche BIM, les parties prenantes des projets choisis disposent d'un **niveau de maturité BIM hétérogène**. Cette hétérogénéité constitue un enjeu majeur de l'intégration du BIM puisqu'elle requiert une grande collaboration entre les parties prenantes.

En effet, dans les parties suivantes cette hétérogénéité et ses conséquences dans le déroulement du projet, seront analysées en profondeur, lauréat par lauréat.

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 trois lauréats retenus sont :

- Le Conseil Départemental du Val-d'Oise ;
- L'Office Public D'Habitat (OPH) de la Communauté d'Agglomération de la Rochelle ;
- L'Atelier Espace Architecture (AEA).

Deux des trois lauréats sont des acteurs publics alors que le troisième est une entreprise privée, garantissant la **diversité du panel d'acteurs intéressés et concernés par la démarche BIM** dans le cadre de la mise en œuvre d'un DCE numérique.

Le Conseil Départemental du Val-d'Oise, en tant que **maître d'ouvrage public**, voulait évaluer la pertinence et la faisabilité du DCE Numérique pour l'élaboration des futurs appels d'offres d'une part, et évaluer les mutations organisationnelles qui devront être mises en œuvre au sein de ses équipes d'autre part. La nécessité de montée en compétence et de formation au BIM des équipes internes a constitué une des spécificités du processus BIM mis en œuvre dans le cadre de ce projet. C'est pour cette raison qu'une **formation** des équipes du Conseil Départemental a été l'objet de la première phase du projet. Les équipes qui ont collaboré dans ce projet avaient elles aussi des niveaux de connaissances différents :

- Les architectes Atrium Architecture 95 et YCA et Studio 4 ont déjà expérimenté la mise en œuvre d'un processus BIM ;
- Les bureaux d'études et autres maîtres d'œuvre ont des niveaux d'expérience plus hétérogènes mais nettement inférieurs aux précédents ;
- Le BIM manager, quant à lui, a une connaissance poussée de l'outil BIM.

Dans ce contexte, la maquette sera principalement utilisée par le Conseil Départemental afin de **présenter le projet aux acteurs**.

L'OPH, également **maître d'ouvrage public**, adoptait une perspective similaire mais en se concentrant sur des aspects spécifiques : en tant que gestionnaire technique du patrimoine, ce lauréat était particulièrement intéressé par l'optimisation de la phase de conception à travers une **meilleure gestion** et une **résolution de conflits**, permises par la maquette numérique. Ainsi, le DCE numérique permet de constituer un dossier pour l'exploitation, l'entretien et la maintenance de l'ouvrage qui soit à la fois fiable, exhaustif et en cohérence avec les attentes du maître d'ouvrage. Ce projet était le moyen pour ce lauréat d'expérimenter, à travers un projet pilote, sur les avantages de la démarche BIM dans le **développement d'un système de gestion technique efficace et pérenne**. L'OPH est davantage initié au processus BIM et son partenaire (TIPIE) est expérimenté. L'OPH est habitué à l'**externalisation**, ce qui lui permet de trouver les partenaires adéquats et d'éviter ainsi d'éventuels problèmes d'organisation internes.

L'entreprise AEA, quant à elle, cherchait à **se préparer aux évolutions des appels d'offre publics**, dans le cadre de la **systématisation du DCE Numérique**. Le choix d'un bâtiment ancien qui intègre des enjeux pluridisciplinaires est lié à la volonté d'AEA d'anticiper les possibles changements dans les appels d'offre, en développant un modèle BIM **pluridisciplinaire**. En effet, les difficultés techniques qu'un projet de ce type génère ont permis à AEA de développer des compétences poussées. Ce lauréat déploie au maximum ses compétences numériques ; il possède une grande maîtrise des outils et l'expérience de l'**économiste** BIM montre que le DCE numérique est effectivement utile et que l'entreprise a intérêt à le mettre en œuvre. Le BIM permet non seulement un gain en **fiabilité**, mais il permet également de limiter le **risque d'erreurs**. Il devient dès lors possible d'accorder davantage de temps à la **définition des matériaux** en gagnant sur le calcul des quantités (celles-ci étant directement intégrées à la maquette).

6. Objectifs

Malgré la diversité des lauréats, des objectifs globaux communs peuvent être mis en avant :

- Evaluation de la **pertinence de la démarche numérique** reposant sur le BIM pour l'ensemble des opérations du lauréat ;
- **Montée en compétence** des acteurs.

Le premier objectif rend compte de la volonté des lauréats d'étudier la faisabilité d'une **intégration du DCE numérique dans leur fonctionnement**, tant d'un point de vue **organisationnel**, que d'un point de vue **technique** et **financier**. La faisabilité et la pertinence des outils BIM doivent être évaluées avant que ne débutent les investissements puisque la mise en place de cette démarche numérique s'avère coûteuse (besoins en logiciels, en matériel informatique, en formation et sensibilisation du personnel, etc.).

Le deuxième objectif est lié à la différence de maturité des acteurs face au BIM et à la nécessité d'une meilleure coopération pour que le projet réussisse. La démarche BIM étant récente, les acteurs du BTP ne disposent pas nécessairement de toutes les compétences requises pour la mettre en œuvre avec succès.

7. Type de bâtiment développé

Les bâtiments supports au déploiement des trois projets sont :

- Un bâtiment public dans le tertiaire : le collège 700 Les Bois Rochefort (Conseil Départemental Val-d'Oise) ;
- Un ensemble de logements publics : des logements en construction au Port Louis (OPH) ;
- Un bâtiment public dans le tertiaire : un monument historique du XIX^e siècle transformé en pôle médical (AEA).

Les enjeux relatifs à la mise en œuvre du BIM dans ces bâtiments ainsi que les défis techniques à relever diffèrent. Dans le cas d'un bâtiment ayant vocation à recevoir du public, par exemple pour un collège et un pôle médical, le porteur de projet et les équipes partenaires doivent **échanger avec les riverains**, afin d'expliquer, entre autres, de quelle manière le bâtiment **s'insère dans leur territoire**, ainsi que les **choix de conception retenus**. Dans le cas d'un bâtiment résidentiel, par exemple lorsqu'il s'agit de logements publics ; les futurs propriétaires ou locataires pourront bénéficier de l'outil BIM pour participer au processus de conception afin d'adapter le logement à l'usage qu'ils voudront en faire.

8. Etapes du bâtiment où le BIM est intégré

Dans le cadre du DCE numérique, le BIM peut être intégré à différents niveaux, comme l'illustrent ces trois projets. Les phases de vie concernées sont :

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

En effet, un appel d'offre public peut porter sur un bâtiment existant et l'élaboration de la réponse au DCE portera plutôt sur l'exploitation, alors que s'il s'agit d'un bâtiment neuf, c'est la phase de conception qui sera visée.

Ceci illustre la diversité des types d'acteurs et de bâtiments que couvre la mise en œuvre du DCE numérique dans le cadre des marchés publics.

9. Intégration et implications des parties prenantes

Les trois projets visent à montrer l'intérêt du DCE numérique comme **vecteur de communication** et de **sensibilisation**. Le recours à la maquette virtuelle permet **l'échange avec les acteurs concernés** par le projet

mais non directement impliqués. Elle constitue un **outil clé dans la réussite des réunions d'information** puisqu'elle rend possible une **communication claire et efficace** qui ne suppose pas la compréhension complète du fonctionnement des outils techniques. En outre elle permet de visualiser les rendus du projet avant que celui-ci ne soit terminé. Dans le cadre d'une construction ou réforme d'un bâtiment public, elle est un moyen de légitimation des choix de conception du projet à travers la présentation comparative des alternatives.

Tous ces aspects ont été déployés par les lauréats comme l'illustrent les différents exemples listés ci-dessous :

- Le Conseil Départemental de Val-d'Oise met en place des **réunions d'information** pour expliquer la démarche BIM aux **acteurs du BTP** de Val-d'Oise et de l'Ile-de-France. Celles-ci comprennent des **visualisations des maquettes** afin d'améliorer la réceptivité des participants et optimiser ces processus de **sensibilisation** ;
- Dans la même logique, l'OPH réalise une **réunion publique d'information**, via des **maquettes numériques**, pour expliciter **les processus BIM** aux **acteurs du BTP ayant collaboré avec eux** ;
- Finalement, l'AEA réalise une **présentation de la maquette numérique** et explication des **choix de conception** auprès des **riverains**.

Un autre dispositif mis en œuvre par les trois projets pour intégrer les parties prenantes était les **plateformes collaboratives**, notamment **KROQI**. Un des intérêts majeurs de la numérisation du DCE est qu'il facilite les **échanges des documents** et l'**élaboration collaborative** de la réponse, ce qui suppose par ailleurs une mise à jour des documents et un partage de ces derniers en continu.

L'utilisation d'une **convention BIM** permet la définition des **standards à suivre pour les échanges** et les mises à jour. Le partage de documents entre les différentes parties prenantes se heurte à l'obstacle de la **compatibilité** entre les différents logiciels métiers. Ceux-ci travaillent avec **différents formats**, disposent de différentes **définitions des objets à modéliser**, etc. La mise en place et utilisation de standards est donc un point crucial pour rendre possibles les échanges entre différents métiers et donc permettre l'élaboration commune d'une réponse à l'appel d'offre. Les **réunions de cadrage** entre les équipes du projet permettent de faire le point sur l'avancement et de s'accorder sur les prochaines étapes.

10. Technologies déployées

Les **technologies déployées** par les différents projets sont similaires.

Les logiciels métiers étaient communs aux différents projets :

- Tous les architectes ont utilisé **ArchiCAD**, avec une expérimentation supplémentaire avec **Allplan** pour le Conseil Départemental Val-d'Oise et avec **BIM Office** pour AEA ;
- Les bureaux d'études impliqués, dans le cadre de la modélisation et de l'étude de la structure et des fluides, ont tous utilisé **Revit**, le format natif étant RVT, avec le déploiement d'autres logiciels spécifiques (EveBIM, Solibri, Acoubat pour Conseil Départemental Val-d'Oise et Allplan, Planca Nova pour AEA).

Les échanges entre ces différents logiciels se sont toujours produits en **IFC**, comme l'exigeait l'AAP.

En raison de la diversité des logiciels métiers utilisés, la **compatibilité avec le format IFC** a posé quelques problèmes, notamment lors des exports avec Revit. Le **paramétrage des exports** est essentiel pour **limiter la perte d'informations** lors du passage en IFC, notamment du fait d'une mauvaise **affectation des objets aux classes IFC**. Différentes solutions ont été explorées par les lauréats :

- Dans le cadre du projet du Conseil départemental Val-d'Oise, **Graphisoft** (ArchiCAD) a développé un **add-in spécial pour Revit** afin d'essayer de surmonter cette difficulté.
- AEA a adopté une autre approche et a étudié le **format BIMX** comme alternative. Si cette solution s'est avérée intéressante car elle permettait d'éviter la perte d'informations, elle n'était compatible qu'avec **ArchiCAD** et donc qu'avec une seule des maquettes (avec celle d'« Architecture », et pas avec celles développées par les BET).

Un dernier logiciel n'a été utilisé que par AEA. Il s'agit de **BIM Office**, déployé par l'économiste BIM. Ce logiciel est **compatible avec ArchiCAD** et rend possible la réalisation des **calculs budgétaires à partir des maquettes**. C'est grâce à ce dernier aspect du logiciel que le lauréat AEA voit en la démarche BIM un gain de **fiabilité**, qui garantit la **limitation du risque erreurs**. Il est donc possible de passer plus de temps sur la **définition des matériaux** pertinent que sur le calcul quantités.

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

Tous les lauréats ont eu recours à une plateforme collaborative pour sauvegarder et gérer les données. Parmi eux, deux ont utilisé KROQI, outil qui présente les fonctionnalités suivantes :

- **Reconnaissance des intervenants** par un identifiant et un mot de passe ;
- Existence d'un **outil de versionning** qui permet d'éviter la surcharge des dossiers avec différentes versions du même fichier ;
- Existence d'un **connecteur KROQI drive** qui rend possible l'utilisation de la plateforme comme un dossier Windows ;
- Export des activités donnant accès un **historique des actions** ;
- **Gestion des droits d'accès aux répertoires et aux documents** par un manager, la maîtrise d'œuvre peut utiliser la plateforme comme un **espace de travail** sans que la maîtrise d'ouvrage y ait accès ;
- **Paramétrage des notifications** par mail afin d'être prévenu lors d'un nouveau dépôt de document ;
- **Mise à disposition des données** sous 24h en cas de faille du serveur.

La **pérennisation** des données a été abordée par tous les lauréats, notamment à travers le souci de garantir une interopérabilité maximale, qui permette la mise à jour des informations de la maquette. Les processus mis en place sont :

- Dans le cadre du projet du Conseil Départemental du Val-d'Oise, **création d'un add-in spécial pour Revit** de la part de Graphisoft pour garantir l'interopérabilité des logiciels et faciliter les mises à jour ;
- Dans le cadre du projet AEA, déploiement de BIM Office pour gagner en **fiabilité et pérennité** des données par le **lien bidirectionnel** (import et export) existant entre BIM Office et ArchiCAD.

Analyse de l'appel à projet

12. Coûts de déploiement

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

- 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.)

Tous les lauréats s'accordent sur les principaux intérêts du BIM :

- **Vision globale et holistique** du projet ;
- Possibilité d'**anticiper les problèmes** et améliorer la **gestion des conflits** ;
- **Collaboration, communication** et échanges facilités ;
- Effort collectif pour atteindre une **interopérabilité** optimale.

Le maître d'œuvre privé AEA perçoit un grand intérêt de l'apport du BIM dans de nombreux domaines. Comme énoncé précédemment, ce lauréat considère que le BIM présente notamment un intérêt fort pour **l'économiste** qui peut présenter un **budget plus fiable** et qui contient un **risque d'erreur moindre**. En outre, les **quantités et métrés** étant inclus dans la maquette, celui-ci peut consacrer davantage de temps au **choix des matériaux**. Pour les architectes, les intérêts perçus du BIM sont le **gain de temps** lors des modifications du projet, la **réduction du risque d'erreurs** et la **création rapide de vues** et de perspectives pour la compréhension du projet.

Ainsi, le BIM est un garant d'une meilleure **compréhension du projet dans sa globalité**.

14. Difficultés et leviers d'action

La difficulté majeure, soulignée par l'ensemble des porteurs de projets, réside dans les **différences de maturité BIM** et donc dans la capacité des équipes à **s'approprier les différents outils et documents développés**. Cet obstacle est d'autant plus important que certains acteurs se montrent **réticents au changement** et d'anciens réflexes de travail demeurent : le changement dans la manière de travailler est profond et requiert un effort important. Ce problème est d'autant plus visible pour le Conseil Départemental du Val-d'Oise qu'il s'agit du lauréat le moins expérimenté en matière de processus BIM. Les points de vigilance mis en avant par ce lauréat montrent un besoin plus important d'adaptation au BIM. En particulier, il convient de souligner les deux points de vigilance suivants :

- La **lourdeur du BIM** fait qu'en fonction de leur débit internet et de la puissance de leurs ordinateurs, les porteurs de projet ne disposent pas des mêmes capacités de déploiement du BIM et ne rencontrent pas les mêmes obstacles ;
- La **réticence au changement** de certains acteurs complexifie les échanges et la collaboration.

L'interopérabilité, déjà mentionnée auparavant, est une autre difficulté majeure de cette démarche, dont les réponses et solutions proposées ont été traitées ci-dessus (cf. 10. Technologies déployées).

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 ne couvrait que les **dépenses en personnel**, et non en équipement. Les équipes possédaient déjà les équipements informatiques nécessaires pour leur projet pilote. Ainsi toutes les dépenses concernaient les **moyens humains déployés et les formations**.

L'intégration du BIM requiert des **investissements** élevés, ce qui est notamment souligné par l'OPH : **l'utilisation encore trop peu répandue de la démarche BIM dans les chantiers existants** ne permet pas d'**amortir le coût des logiciels de dessin et de vérification** qui représentent un budget conséquent.

AEA met aussi en avant l'importance des investissements requis, comme le montre le point de vigilance relatif à la gestion de son projet pilote : la mise en œuvre du BIM suppose un **investissement financier conséquent**, pour lequel un **retour sur investissement** n'est pas toujours effectif puisque le secteur de la construction n'a pas encore atteint un stade de numérisation suffisamment élevé, qui garantisse l'amortissement des logiciels, des équipements et des formations.

16. Succès de l'expérimentation

Les retours d'expérience montrent que, de manière générale, **la montée en compétences des acteurs a été effective**. Cependant, pour le lauréat OPH, l'utilisation de la convention BIM n'a pas été satisfaisante puisque le cahier des charges n'a pas été respectée dans sa totalité. Ceci a limité la montée en compétences en termes d'exploitation du format IFC. Cependant, le projet pilote a bien permis d'identifier **l'opportunité existante pour développer les capacités nécessaires** afin d'atteindre une **meilleure maîtrise des outils BIM**.

D'un autre côté, aucun des projets ne conclut sur la pertinence et la faisabilité du DCE numérique. En effet, les trois lauréats mettent en avant le besoin de poursuivre les expérimentations afin de pouvoir se prononcer sur la pertinence de la démarche DCE numérique. Les prochaines étapes envisagées par les lauréats sont :

- Pour le Conseil Départemental Val-d'Oise, le **renouvellement de l'expérimentation** avec la construction d'un nouveau collège au Plessis-Bouchard où il continuera de tester le processus BIM de l'APS (Avant-Projet Sommaire) au DOE (Dossier des Ouvrages Exécutés) ;
- Pour l'OPH, la mise en place d'une **analyse interne et un développement de compétences** afin de :
 - Bien évaluer le propre niveau BIM pour estimer les besoins en AMO ;
 - Adapter et améliorer le cahier des charges BIM en intégrant le retour sur expérience ;
 - Compléter les formations BIM des chargés d'opération ;
 - Prendre en main le rôle de MOA BIM et être en capacité d'échanger sur la convention et la qualité des maquettes.
- Le lauréat AEA présente une conclusion légèrement différente puisqu'il considère que l'expérimentation a fourni des **résultats satisfaisants** (notamment avec la franche réussite pour l'économiste BIM) mais désire **continuer l'expérimentation**.

Si les objectifs BIM définis par les lauréats n'ont pas été atteints dans leur totalité, les objectifs de l'AAP l'ont presque tous été. Pour rappel, les objectifs consistaient à :

1. Expérimenter une démarche BIM pour élaborer un DCE jusqu'à la phase ACT ;
2. S'appuyer sur des remontées du terrain quant aux difficultés rencontrées ;
3. Mesurer les impacts de la mise en place d'une telle démarche sur le projet ;
4. Fournir des retours d'expériences (REX) qui pourront être partagés et surtout analysés par l'ensemble des acteurs concernés.

En termes de complexité à atteindre les objectifs fixés, il semble que le troisième objectif soit celui qui a présenté le plus de difficultés, comme mentionné en début de cette partie.

- A l'échelle de cet AAP, des critères particuliers avaient été formulés en ce qui concerne le **degré de maturité dans l'utilisation du BIM**. Ceci a permis de montrer qu'il existe une **corrélation** / une

dépendance entre cette maturité et le succès du projet. Des formations sont nécessaires pour permettre la montée en compétences des acteurs ;

- Des enseignements ont été tirés en termes de **structuration de données**. Les différents métiers requérant des informations spécifiques sur un même objet, il convient, **en amont** de la modélisation, de mener une réflexion commune sur l'intégration des différentes exigences en termes d'attributs des objets, afin d'élaborer un cahier des charges de modélisation. Comme le montre l'exemple de l'OPH, le respect du cahier des charges est essentiel afin que l'appropriation du format IFC et donc de la démarche BIM soient un succès. Cette granularité nécessaire peut, par exemple, être structurée de façon à partir du **maximum de précision** requis qui permette, par des **extractions successives**, d'obtenir le niveau de détail désiré ;
- *In fine*, la **maturité organisationnelle** des parties prenantes joue également un rôle déterminant et conditionne en partie la réussite des projets. A titre d'exemple, le choix entre **l'externalisation** et **l'internalisation** doit être réalisé sur de bonnes bases : expérience des partenaires, besoin de développer une compétence donnée de façon interne, etc. L'exemple d'AEA, qui était très au point au niveau numérique, permet d'illustrer en quoi **l'internalisation du processus développe les compétences** nécessaires et fluidifie les échanges et futurs projets en simplifiant l'organisation. Cependant, lorsque les compétences de l'équipe en question ne sont pas suffisantes, le recours aux partenaires experts peut permettre d'apporter d'importants bénéfices.

Conclusion générale

Les différents retours d'expérience des lauréats montrent l'utilité de l'AAP lancé par le PTNB. En effet, **tous les acteurs s'accordent sur l'utilité du BIM**, notamment pour développer un **projet plus cohérent, complet** et qui permette aux acteurs d'acquérir une **vision holistique de l'avancement** de celui-ci. La maquette numérique est un **outil essentiel pour communiquer** avec l'ensemble des parties prenantes.

Cependant, de nos jours, certaines technologies liées aux outils BIM ne sont pas encore suffisamment au point, comment le montrent les **problèmes d'interopérabilité** entre les différents logiciels métiers, et même **l'absence de traducteurs gratuits et performants entre différents formats**. L'intérêt porté par les éditeurs de logiciels laisse cependant espérer que ces différents obstacles seront bientôt surmontés.

Une fois les difficultés techniques de développement relatives aux *software* surmontées, la question qui se pose concerne la justification du déploiement du DCE numérique : justifie-t-il les investissements consentis ?

En premier lieu, il est nécessaire que les équipes disposent d'un **niveau de maturité élevé** afin d'assurer une **exploitation correcte et efficace** des outils BIM et du format IFC. Pour cela, des **formations** doivent être proposées, ce qui suppose un **investissement important**. En outre, **l'équipement technique** (ordinateurs puissants, logiciels et licences) est un autre poste de dépenses à prendre en compte, car une exploitation efficace et optimale de la démarche BIM nécessite précisément un équipement technique de qualité suffisante. Une autre compétence essentielle est celle relative à la **structuration des données**. Il s'agit d'établir une **définition adéquate des attributs des différents éléments** à inclure dans la modélisation afin de **rendre exploitable la maquette numérique** dans les différentes étapes du cycle de vie du bâtiment (conception, construction, chantier, maintenance, location, etc.).

En deuxième lieu, cette montée en compétences et l'amélioration technique de l'équipement **devra s'accompagner d'une augmentation du nombre d'opérations qui ont recours aux DCE numériques**. Ceci devra se produire en **synergie** avec la montée en compétence des acteurs de la maîtrise d'œuvre (architectes, corps d'Etat, etc.).

Le DCE numérique est donc un **outil pertinent et à développer** puisqu'il s'inscrit dans la **logique actuelle de la numérisation des données** et du développement du **travail collaboratif**, à condition que l'interopérabilité soit garantie et que la montée en compétences des acteurs de la construction se poursuive. Le DCE numérique pourrait se présenter comme la **garantie d'une continuité entre la maquette de conception et d'exploitation**. Le développement en cours des logiciels et traducteurs pourra contribuer à contenir les dépassements de budget constatés sur les projets étudiés.