

# AAP 11.15 – Apport du BIM pour la mise en œuvre du référentiel E+/C-

Janvier 2019

## Table des matières

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

## Résumé exécutif

A la réglementation thermique en place, la RT 2012, succèdera prochainement la **réglementation environnementale** (RE 2020). Celle-ci aura pour ambition de répondre aux impératifs de durabilité requis par la transition écologique. A cette fin, en plus de la consommation énergétique du bâtiment, cette réglementation prendra en compte les émissions de gaz à effet de serre (GES) générées tout au long du cycle de vie, de l'extraction des ressources à la déconstruction, en passant par les phases de fabrication, de construction, d'usage et de maintenance. L'expérimentation E+/C- cherche précisément à préparer cette nouvelle réglementation, en fixant des niveaux d'ambition à la fois relatifs au niveau de performance énergétique du bâtiment (E1, E2, E3 et E4) et au niveau de performance environnementale de celui-ci (C1 et C2).

Le PTNB, à travers le présent appel à projets, cherche à encourager les acteurs du bâtiment à déployer la **démarche BIM afin de réaliser des évaluations énergétiques, environnementales et économiques** des bâtiments dans le cadre de l'expérimentation E+/C-, avec notamment l'objectif d'alimenter les bases de données de l'observatoire.

Les **technologies déployées** sont relativement identiques d'un projet à l'autre. Ainsi, les principaux logiciels utilisés pour la modélisation numérique sont **Revit** et **ArchiCAD**. Les bureaux d'études impliqués ont aussi déployé Revit et, parfois, d'autres logiciels spécifiques. En ce qui concerne les calculs liés au référentiel E+/C-, les logiciels Pléiades, Climawin, Elodie (eveBIM) et OneClick LCA ont été utilisés pour l'analyse du cycle de vie (ACV) ; Perrenoud et Climawin (module ClimaBIM) pour les calculs thermiques et JustBIM et DeviSOC pour les calculs des métrés et calculs économiques. Les échanges entre ces différents logiciels se sont majoritairement réalisés en **IFC**, avec l'utilisation d'autres formats, tel GBXML, à titre comparatif.

Les différents retours d'expériences mettent en avant les principaux intérêts du BIM qui sont : la **centralisation des données techniques** du projet en un seul et même fichier ; le **calcul de l'impact environnemental** du bâtiment plus **en amont** ; une meilleure **vision globale et holistique** du projet ; un **gain en temps et en fiabilité** grâce à l'automatisation et à l'élimination de la ressaisie ; la possibilité d'**anticiper les problèmes** et d'améliorer la **gestion des conflits** ; un gain en **collaboration, en communication** et en échanges entre partenaires ; et la mise en place d'un effort collectif pour atteindre une **interopérabilité** optimale.

La difficulté majeure, soulignée par l'ensemble des porteurs de projets, réside dans les **problèmes de compatibilité entre la maquette numérique et les logiciels de calculs thermiques et d'ACV**. Les principaux obstacles ont été : la non-compatibilité avec certains formats en entrée ; la non-compatibilité avec certains modeleurs, qui limite le choix des partenaires potentiels selon leur logiciel métier ; le besoin de passer par une saisie manuelle des paramètres techniques ; et le caractère chronophage des processus. Différentes solutions techniques ont été déployées pour surmonter ces obstacles d'interopérabilité : la mise en place d'une **methodologie** ; la **réalisation de tests systématiques** des imports lors des échanges suivie d'un **rapport des incompatibilités rencontrées** ; le développement et l'utilisation de **plugins** ; l'**ajout manuel de paramètres** dans les objets modélisés et la **création manuelle d'un jeu de propriétés** lors de l'export IFC. L'utilisation d'une **convention BIM** permettant la définition des **standards à suivre pour les échanges** et les mises à jour sont essentielles pour optimiser l'interopérabilité. La base de données INIES a aussi été source de limitations, notamment du fait du manque de données pour certains matériaux : des valeurs de références leur ont été affectées, ce qui a pu nuire à la **précision et la qualité** du calcul de l'impact environnemental.

Les retours d'expériences des projets montrent qu'il existe une étroite **corrélation** entre le **niveau de détail** de la maquette et la précision du **calcul ACV**. Des **échanges entre modélisateurs et spécialistes** sont nécessaires pour optimiser la modélisation en fonction des besoins des équipes du projet et du cas d'usage envisagé. Ces échanges doivent se produire **en amont** de la modélisation mais aussi **tout le long** de la réalisation du projet. En outre, les **défis technologiques** dans l'utilisation de la maquette numérique pour les calculs du référentiel E+/C- sont des obstacles importants, comme le montre le manque de compatibilité dans le projet de la Commune Des Eparres. *In fine*, si la démarche BIM permet d'encourager le **travail collaboratif** entre les différentes parties prenantes, il semble nécessaire d'associer les **éditeurs** à la démarche globale afin de faire évoluer les **logiciels**. La **diffusion de bonnes pratiques** permettrait aussi d'aider à la standardisation des procédures et à optimiser la compatibilité.

## Introduction

La réglementation environnementale en place, la RT 2012, sera bientôt remplacée par une réglementation qui prendra en compte l'impact environnemental des projets de construction, la RE 2020, en lien avec la volonté de limiter l'impact environnemental du secteur du bâtiment, particulièrement énergivore et polluant, tout en maîtrisant les coûts et soutenant une production de bâtiments abordables.

Afin d'aborder les différents aspects de l'ambition environnementale de la France, différents sujets sont abordés dans le contexte de l'expérimentation E+/C- :

- **Les consommations énergétiques** de tous les usages pendant la phase d'exploitation, ce qui correspond au E+ ;
- **Les émissions de gaz à effet de serre** du bâtiment tout au long de son cycle de vie, ce qui correspond au C- ;
- **L'évaluation économique des choix techniques** par la maîtrise de l'ouvrage pour atteindre les différents niveaux de performances énergie et carbone.

En fonction des performances observées ou prévues, différents niveaux de performances ont été définis :

- **Quatre niveaux de performance énergétique** : E1, E2, E3 et E4 ;
- **Deux niveaux de performance carbone** : C1, C2.

L'objectif de cette expérimentation visait notamment à montrer de quelle façon **le BIM (et plus largement le recours au numérique) peut faciliter la transition énergétique et environnementale du secteur de la construction**. En effet, la maquette numérique permet de stocker les données concernant les éléments de construction et les équipements techniques et peut être utilisée pour la réalisation d'ACV fiables ainsi que la conduite d'études d'optimisation technico-économiques qui précèdent les travaux de construction neuve. Il s'agit donc d'un outil avec un fort potentiel de maîtrise des coûts qui permet également une optimisation de la performance environnementale.

## 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 réaliser des évaluations énergétiques, environnementales et économiques des bâtiments au sens du label E+/C-. Et ce notamment pour alimenter les bases de données de l'observatoire. Les objectifs visent à :

1. **Permettre la montée en compétences** des acteurs du secteur du bâtiment en termes de calculs réglementaires, simulations et tests BIM dans le cadre de l'E+/C- ;
2. **Encourager l'automatisation** des procédures de calcul d'impact environnemental ;
3. **Mesurer les impacts** de la mise en place d'une telle démarche sur le projet ;
4. Favoriser **l'amélioration et la création de logiciels adaptés** ;
5. **Fournir des retours d'expériences** (REX) qui pourront être partagés et surtout analysés par l'ensemble des acteurs concernés ;
6. **Evaluer les coûts** de la démarche E+/C-.

## 2. Approche méthodologique

Afin de permettre l'expérimentation de l'exploitation d'une maquette numérique comme support à l'expérimentation E+/C-, les projets devaient mettre en œuvre une maquette numérique BIM et s'inscrire dans le fonctionnement de l'expérimentation défini au préalable par « Bâtiment à Energie Positive et Réduction Carbone ». Les porteurs des projets pouvaient être des maîtres d'ouvrage, des personnes morales publiques ou privées, avec différents niveaux d'expertise concernant le BIM et déjà engagés ou ayant prévu de s'engager dans l'expérimentation E+/C-. Cet appel à projet devait également être l'occasion de recourir aux données environnementales stockées sur la base INIES et a de ce fait constitué un critère important dans la sélection

des lauréats. Aucun type de bâtiment en particulier n'était imposé ; toutefois, les opérations de rénovation n'étaient pas éligibles dans le cadre de cet appel à projet.

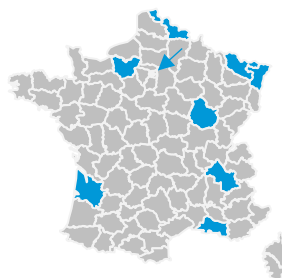
Tout au long de l'expérimentation, différents livrables transmis au PTNB par les porteurs de projets avaient pour objectif de faire état de l'avancement des projets et de formaliser les retours d'expériences technique, juridique et organisationnel. Les quatre livrables requis dans le cadre de l'AAP étaient :

- Un livrable technique qui évalue la  **faisabilité de la maquette numérique E+/C-**, en mettant en avant son apport, 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 également être passées en revue ;
- 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 fait mention des  **conclusions et recommandations** de la maîtrise d'ouvrage par rapport aux objectifs de l'AAP, ainsi que les points d'amélioration.

### 3. Chiffres-clés

---

Dix projets ont été subventionnés par le PTNB au terme de l'AAP dédié à l'expérimentation de la mise en œuvre du référentiel E+/C-. Les projets sélectionnés se déroulent dans les départements identifiés sur la carte de la *Figure 1*.



*Figure 1 – Couverture géographique des projets lauréats (la flèche pointe le département de la Seine-Saint-Denis)*

Le montant total accordé par le PTNB, en termes de subvention, s'élève à 173 859,64 €. La répartition du montant entre les différents projets s'échelonnait de 10 000 €, pour le projet le moins subventionné, à 22 771,39 €, pour les trois projets ayant bénéficié du montant de subvention le plus élevé. Cette hétérogénéité illustre la diversité des situations de financement des projets sélectionnés, et des moyens économiques mis en œuvre par ces derniers.

### 4. Enjeux relatifs à l'intégration du BIM

---

La réalisation du calcul de l'impact environnemental d'un bâtiment nécessite un travail important et de  **nombreux échanges** entre les parties prenantes (la maîtrise d'œuvre, la maîtrise d'ouvrage, les entreprises spécialistes, etc.) puisqu'elle suppose la connaissance d'un maximum de données techniques portant sur la structure et les matériaux employés. Avec le développement des outils BIM, la possibilité d'inclure les différentes caractéristiques des matériaux composant les murs, les toitures, les sols, etc., et de les modifier permet la  **centralisation des données sur le bâtiment** et offre ainsi la possibilité à l'économiste et au BET Environnement d'avoir un accès simplifié aux métrés et aux données nécessaires à la réalisation des études de coûts et aux études environnementales. Par ailleurs, la possibilité d'ajouter des  **liens vers la base de données INIES** présente aussi un potentiel non négligeable de centralisation de données et de simplification de leur gestion. Enfin, l'utilisation d'une maquette centralisée comprenant toutes les données, si elle suppose

d'un côté un **échange plus régulier et performant** entre les modélisateurs et les spécialistes, **facilite grandement le suivi du projet.**

## 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 relèvent du secteur public et privé, et sont présentés dans la liste ci-dessous :

- Lauréats du secteur public :
  - Conseil Départemental de la Côte-d'Or (CD21) ;
  - Conseil Départemental de la Gironde (CD33) ;
  - Famille&Provence ;
  - La Commune de Les Eparres ;
  - Lille Métropole Habitat (LMH) ;
- Lauréats du secteur privé :
  - Groupe Vivalys ;
  - ICADE ;
  - Linkcity ;
  - Logiest ;
  - SCCV Primméa Normandie Centre (filiale d'ADIM).

La répartition du caractère privé ou public des acteurs est homogène, ce qui garantit une bonne représentativité des enjeux et techniques existantes dans le secteur de l'évaluation de l'impact environnemental du bâtiment. Les acteurs intéressés et concernés par cette démarche BIM sont effectivement divers.

L'ambition du CD21 visait à construire un bâtiment **performant, économe, durable et respectueux** de son environnement en utilisant une approche architecturale bioclimatique et en contrôlant l'impact carbone par **l'ACV**. La démarche BIM a été retenue par souci **d'exemplarité** puisqu'elle facilite la **communication** et le développement des **compétences entre acteurs**, et qu'elle constitue un moyen de **réduire les erreurs** de conception, de réalisation, de mieux **maîtriser les coûts** et d'initier une démarche **de gestion de patrimoine**. Dans le contexte de la **loi du 17 août 2015 relative à la transition énergétique** pour la croissance verte, ce projet avait notamment pour objet de répondre à l'impératif **d'exemplarité que doit tenir la commande publique**. Ces enjeux étaient d'autant plus prégnants que le collège est une **institution importante**, avec une forte visibilité.

Le CD33 avait exprimé, en 2016, son souhait de s'engager en faveur de la réduction de l'impact environnemental en ayant recours à **des outils et des méthodes de travail innovants**. Une particularité notable de ce projet concernait l'étude de cinq projets issus de cinq contributeurs divers, qui a notamment permis d'évaluer différents logiciels, hypothèses et méthodologies. Le projet s'inscrit dans le **plan départemental « Collèges 2024 »** qui vise à répondre aux exigences en matière d'augmentation de la **capacité d'accueil des établissements du second degré** – la population du département augmente de presque 20 000 habitants par an. D'ici 2024, **22 grands chantiers** sont programmés avec la construction de douze nouveaux collèges et la restructuration complète de dix établissements. Ces nouveaux collèges, « à taille humaine et ouverts sur les territoires », seront à « basse consommation » et chercheront à tirer bénéfice, dans la phase d'usage, de la démarche BIM qui aura été mise en œuvre dans le cadre du projet du CD33, qui fait donc figure d'opération pilote et préfigure la massification du recours au numérique dans le cadre des futurs projets de construction du département.

Famille&Provence est engagée, depuis mars 2009, dans un important **programme de Rénovation Énergétique**, afin d'anticiper les évolutions réglementaires et de poursuivre son effort pour maîtriser l'évolution des charges locatives. Depuis 2012, la société, sortie du contrat cadre avec Qualitel/Cerqual, engage une **labellisation de ses opérations**, et s'oriente vers la **labellisation soutenue par la Région**, Bâtiment Durables Méditerranéens, particulièrement adaptée à leurs projets. En tant que propriétaire bailleur, elle assure **un entretien régulier** et une **amélioration permanente** de son parc, constitué de plus de 7 200 logements en 2017. Ce projet a constitué l'occasion d'une **montée en compétences** pour le bailleur, dans une perspective d'amélioration des services rendus à ses clients et de la gestion de son patrimoine, ainsi que

## d'anticipation des évolutions et des changements de réglementations environnementale et énergétique.

La Commune de Les Eparres et la Communauté d'Agglomération Porte de l'Isère, à laquelle elle appartient, mènent une **politique de développement durable** à travers la démarche Nord-Isère Durable. Cette démarche est soutenue par la Région depuis dix ans et vise à développer le rôle pilote du territoire en tant que **laboratoire d'innovations et d'expérimentations**, l'objectif étant de faire du territoire une **référence en matière de transition numérique et énergétique du secteur local de la construction**. Dans ce cadre, le projet se présente comme un **démonstrateur** et un **bâtiment exemplaire**. La démarche BIM qu'il a proposée de mettre en œuvre avait notamment pour ambition d'**approfondir l'apport du BIM dans les calculs d'ACV**. En outre, l'implémentation des données de l'observatoire Bâtiment Durable vise, à terme, à faire bénéficier le territoire des différents retours d'expériences et apporte une visibilité à **l'engagement volontaire** des acteurs locaux.

Acteur majeur du **logement social avec un patrimoine riche de 33 000 logements** localisés sur la Métropole Européenne de Lille, LMH cherche à combiner le développement de l'offre de logements sociaux et l'amélioration de la qualité de services. **La prise en compte du carbone émis** est nécessaire pour limiter l'impact environnemental des bâtiments neufs, et LMH souhaite profiter des avantages de l'outil **BIM** dans l'analyse environnementale en le combinant à **l'ACV**. Depuis les lois « Grenelle » et la loi relative à la transition énergétique, une **évolution profonde du rapport au cadre bâti** a commencé. Après plus de trois décennies de réglementation thermique « monocritère », les travaux sur l'évaluation des qualités environnementales permettent d'envisager des **approches multicritères basées sur l'ACV**, et une **réflexion plus globale et systémique** en termes d'aménagement et d'urbanisme. LMH cherche justement à intégrer ces approches dans ses réflexions.

Le groupe Vivialys développe une stratégie BIM dans le cadre de ses **activités techniques** sur l'ensemble de ses marques, notamment sur le produit Carré de l'Habitat. En particulier, l'expérimentation BIM est l'occasion pour Vivialys de **créer des passerelles avec ses partenaires, dans une perspective d'optimisation de sa démarche** et de **mise en place** d'un socle commun pour la réalisation des études, intégrant une variable d'ajustement suivant les configurations spécifiques des sites. Un objectif essentiel du projet est donc celui de la **réplicabilité** de la démarche et des résultats de l'expérimentation. Le pôle R&D de Vivialys a cherché à répondre aux enjeux environnementaux sur les volets Energie et Carbone en collaborant avec ABM Energie Conseil.

ICADE s'engage depuis plusieurs années dans une démarche BIM pour favoriser le **travail collaboratif**, garantir la **continuité du flux de données** entre les différentes phases, **maîtriser et réduire les coûts d'exploitation, d'extraction et de centralisation** de l'ensemble des informations. La maquette numérique est également vue comme un support de **garanties financières** et un **outil marketing**. L'utilisation de la maquette BIM constitue donc une **opportunité pour optimiser et fiabiliser les calculs énergétiques et environnementaux** liés au label E+/C-. Afin de diminuer l'impact carbone du bâtiment, il est important de **pouvoir calculer au plus tôt** dans la vie d'un projet l'impact des éléments structurels. En effet, ceci permettrait d'optimiser les matériaux choisis et les méthodes de construction employées avant que le chantier ne soit entamé.

Linkcity développe une **approche globale de l'habitat durable** qui vise à la fois une grande efficacité énergétique, la mise en œuvre de procédés constructifs innovants et l'optimisation de l'intégration du bâtiment au tissu urbain : il s'agit de l'ABC (« Autonomous Building for Citizens »). L'expérimentation a été précisément menée en tant que **Démonstrateur ABC** à Grenoble (projet d'habitat neuf composé de deux bâtiments, regroupant 62 logements sociaux et des espaces mutualisés). Il consistait en **l'application d'un modèle BIM à l'étude environnementale et énergétique** conduite dans le cadre de la construction d'un bâtiment exemplaire. L'objectif principal visait **l'objectivation de l'apport du BIM à ce type d'étude** à partir d'une comparaison avec les méthodes « classiques » d'analyse, c'est-à-dire des méthodes qui ne requièrent pas la mise en œuvre du BIM pour être mises en œuvre.

Dans le cadre de cet AAP, Logiest a réalisé une **première expérimentation BIM**. Le lauréat a notamment cherché à développer la maquette numérique afin de réduire **l'impact environnemental** de ses projets et d'améliorer le **confort fourni** à ses clients. L'outil BIM étant un mode de travail émergent, son utilisation lors



de la conception, de la construction, et de l'exploitation a nécessité un **apprentissage continu pour l'ensemble des acteurs**. Cette montée en compétences des différentes parties prenantes du projet a précisément constitué un des objectifs de la candidature de Logiest à l'AAP. Cette candidature avait également pour objectif de préparer les acteurs de la construction à deux tendances majeures auxquelles le secteur est aujourd'hui confronté : la croissance des exigences en termes de performances énergétiques et environnementales des projets (préparation de l'arrivée de la RE 2020) et la systématisation du recours au BIM exigé par les maîtres d'ouvrage dans les projets de construction.

ADIM a quant à lui cherché à utiliser la maquette numérique dans une optique de regroupement en temps réel des données relatives à l'avancement de l'opération, et notamment du chantier. La liaison à la base des données environnementales INIES a été envisagée dans l'optique **d'évaluer directement, dans l'outil REVIT, le poids carbone des matériaux et des équipements**, dont la connaissance dès la conception du projet constitue une étape essentielle à la préparation de la RE 2020. En effet, celle-ci prévoit la **prise en compte de la composante proprement environnementale liée aux émissions de gaz à effet de serre**, et notamment de celles générées par la **fabrication des matériaux de construction employés**. La maîtrise d'œuvre devra, dès lors que la RE 2020 s'appliquera, être en mesure de **comptabiliser toutes les quantités** de produits d'un projet et il conviendra qu'il soit en capacité de les **associer à des données environnementales** afin de calculer l'impact carbone global du bâtiment. En tant qu'acteur du développement immobilier, ADIM a jugé essentiel de préparer la RE 2020 en profitant des apports du BIM dans l'estimation de l'impact carbone des projets de construction.

## 6. Objectifs

---

Deux objectifs communs à l'ensemble des lauréats ont pu être mis identifiés :

- **La réalisation d'un état des lieux** de la maquette numérique en interne, permettant d'optimiser la capacité du porteur de projets à gérer et à participer à des projets utilisant des outils BIM ;
- **L'exploitation collaborative et interopérable** de la maquette numérique pour évaluer l'impact environnemental du bâti.

Le premier objectif rend compte de la volonté des lauréats de monter en compétence dans la gestion de l'outil BIM en interne ; et ce, particulièrement dans le contexte du changement de réglementation. Anticiper ce changement et s'y adapter en amont constitue une opportunité intéressante dans une perspective de limitation des coûts liés à une adaptation plus tardive. L'analyse de l'atteinte de cet objectif permet d'étudier la faisabilité et l'intérêt d'une **intégration de l'outil BIM dans les analyses énergétiques et environnementales** que les porteurs réalisent déjà par ailleurs, tant d'un point de vue **organisationnel**, que d'un point de vue **technique** et **financier**. La faisabilité et la pertinence du recours aux 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 nécessaire collaboration entre les différents acteurs dans le cadre d'une démarche d'évaluation de l'impact environnemental d'un bâtiment. L'atteinte de cet objectif requiert la participation de BET qui soient à la fois spécialisés dans les différents matériaux tels le béton et le bois pour les matériaux de structure, et spécialisés dans les transferts thermiques. **La coopération et la collaboration performantes** entre les différents modélisateurs et spécialistes constituent une condition nécessaire à **l'évaluation multicritère** de la durabilité du bâtiment. La démarche BIM étant relativement récente, les acteurs du BTP ne disposent généralement pas de toutes les compétences requises pour la mettre en œuvre avec succès.

## 7. Type de bâtiment développé

---



Les projets publics sont majoritairement des **collèges**, à l'exception des projets de Linkcity et de Famille&Provence. Quant aux projets privés, la plupart sont des projets **résidentiels**, à l'exception du projet de LMH, qui est mixte, et celui de ICADE. Tous les bâtiments sont des projets de bâtiments neufs.

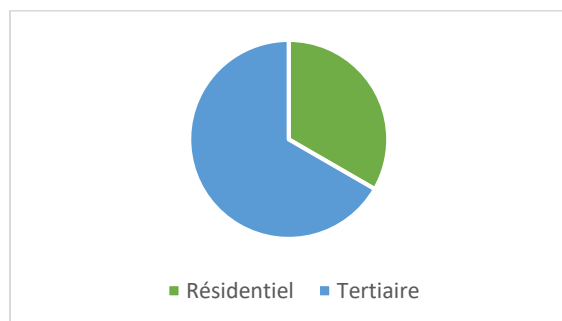


Figure 1 - Bâtiments publics

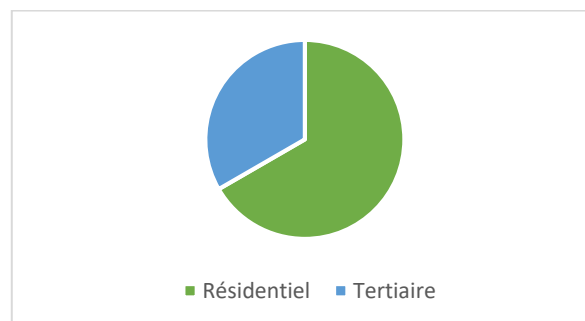


Figure 2 - Bâtiments privés

Les enjeux relatifs à la mise en œuvre du BIM au sein de ces projets diffèrent selon le type de bâtiment. Par exemple, un collège a notamment vocation à illustrer l'exemplarité d'une institution publique en matière de performance énergétique et environnementale, dans les matériaux employés, dans les choix de systèmes constructifs, etc. En revanche, dans le cas d'un bâtiment résidentiel privé, le principal enjeu de l'intégration du BIM relève plutôt de l'optimisation du service fourni aux clients ou de la gestion du parc patrimonial par le groupe propriétaire, le cas échéant.

## 8. Etapes du bâtiment où le BIM est intégré

Dans le cadre de cet AAP, et en lien avec le fait que celui-ci fixait le caractère neuf du bâtiment comme critère d'éligibilité, le BIM a été principalement intégré à partir du niveau de la phase de **conception**. Cependant, il est tout à fait envisageable d'imaginer l'évaluation de l'impact du bâtiment tout au long de cycle de vie, en effectuant des mises à jour des calculs prenant en compte l'évolution de l'état de la construction. Il serait donc possible d'utiliser le BIM pour évaluer l'impact carbone dans la phase du **chantier** et dans la phase de **usage et de la maintenance**, par exemple lorsqu'une rénovation est envisagée.

## 9. Intégration et implications des parties prenantes

Les projets visent à évaluer l'intérêt du recours à l'outil BIM comme **vecteur de collaboration et de précision** dans le cadre du calcul de l'impact environnemental tel que préconisé par l'expérimentation E+/C-. Le recours à la maquette virtuelle permet **l'échange et la centralisation des données techniques concernant les matériaux et la structure**. Les nombreux échanges inter-métiers issus de cette démarche nécessitent des **réunions préalables entre les équipes**, avec pour objet d'élaborer une **convention BIM** qui fixe les méthodologies de modélisation, les données à inclure, la nomenclature à employer, etc. Cette séquence préparatoire vise à optimiser l'interopérabilité entre les différents logiciels métiers et, *in fine*, à garantir une meilleure précision du calcul. En effet, le partage de fichiers entre les différentes parties prenantes se heurte fréquemment à l'obstacle de la **compatibilité** entre les logiciels métiers, dans la mesure où les partenaires travaillent avec **différents formats** et disposent de **définitions des objets à modéliser** qui leur sont propres. La mise en place et l'utilisation de **standards** constitue donc un point crucial afin de rendre possibles les échanges entre différents métiers et la centralisation des données techniques et le calcul de l'impact environnemental.

La moitié des lauréats ont eu recours à des **plateformes collaboratives** pour faciliter les échanges entre les équipes, tandis que l'autre moitié a préféré se limiter à des échanges *via* mail. A l'inverse des autres AAP « DCE numérique » et « BIM-GEM », la plateforme **KROQI**, bien qu'elle ait été utilisée, n'a pas constitué le principal choix des lauréats. L'utilisation d'une plateforme collaborative présente l'avantage de faciliter les **échanges**

de documents et l'**élaboration collaborative** de la maquette centralisée, et elle permet au BIM manager d'avoir accès à l'ensemble des documents du projet.

## 10. Technologies déployées

---

Les **technologies déployées** par les différents projets sont globalement les mêmes d'un projet à un autre, notamment les logiciels employés pour la réalisation des calculs ACV et thermiques. Les logiciels les plus utilisés par les lauréats sont :

- Pour la modélisation de la maquette architecture : **ArchiCAD** ou **Revit** ;
- Pour l'ACV : **Pléiades**, **Climawin** ; **Elodie** (eveBIM) ; **OneClick LCA** ;
- Pour les calculs thermiques : **Perrenoud** et **Climawin** (module ClimaBIM) ;
- Pour les études de structure et autres, les BET impliqués ont souvent utilisé **Revit** ;
- Pour les calculs des métrés et économiques : **JustBIM** et **DeviSOC**
- Pour la vérification et la visualisation, certains lauréats ont utilisé **Solibri Model Checker**.

D'autres logiciels comme Allplan, ArchiWIZARD, ATTIC +, Cadwork, Nova équerre, et Plancal ont été utilisés de façon ponctuelle par certains lauréats pour la conduite d'études spécifiques.

Les échanges entre ces différents logiciels ont généralement été réalisés en **IFC**. En raison de la diversité des logiciels métiers utilisés, et notamment de la nécessité d'importer des données issues de la maquette centralisée dans les logiciels calculant l'impact environnemental, la **compatibilité du format IFC** a posé quelques problèmes. De façon générale, le **paramétrage des exports** Revit 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**. Par ailleurs, les logiciels spécifiques à l'expérimentation E+/C- ont rencontré les difficultés suivantes :

- La non-compatibilité avec certains **formats en entrée** (Pléiades n'est compatible qu'avec IFC4 et GBXML) ;
- La non-compatibilité avec certains **modeleurs**, ce qui peut potentiellement nuire à certains partenariats (par exemple, Climawin n'est compatible qu'avec ArchiCAD et Revit et le module ArchiWIZARD qu'avec Revit) ;
- La nécessité de passer par une **saisie manuelle** des paramètres techniques ;
- Des processus **chronophages** (notamment l'importation du module IFC pour ArchiWIZARD et la nécessité d'exporter la totalité l'étude pour saisir les données E+/C- dans Climawin).

Les solutions techniques déployées afin de surmonter ces obstacles ont été :

- La mise en place d'une **méthodologie** par Izuba, éditeur de Pléiades ;
- **La réalisation de tests systématiques** des imports lors des échanges, suivie d'un **rapport des incompatibilités rencontrées** (processus itératif) ;
- L'utilisation d'un **plugin Revit** pour faire l'import IFC dans Perrenoud pour le calcul d'ACV. Le lauréat ayant été confronté à quelques obstacles dans la réalisation de cette étape, il a finalement décidé d'opter pour un **passage direct** de ArchiCAD à Perrenoud afin d'éviter la perte de données que suppose l'utilisation de Revit ;
- Le développement de plusieurs **plugins**, tels des plugins d'extraction Excel à partir de Revit, des plugins d'importation et exportation IFC ou des plugins de synchronisation entre les données issues des BET et celles qui se trouvent sur la maquette Revit ou Archibald ;
- **L'ajout manuel de paramètres** dans les objets modélisés et **création manuelle d'un jeu de propriétés** lors de l'export IFC.

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

---

Certains lauréats ont eu recours à une **plateforme collaborative** pour gérer les données, tandis que d'autres ont préféré conserver le recours aux courriels. La sauvegarde des données ne s'est pas avérée être un point de vigilance particulièrement complexe à gérer dans le cadre de cet AAP. Quant à la **pérennisation** des données, elle s'est révélée essentielle pour permettre la mise à jour des informations de la maquette, notamment les données issues de la **base INIES**. Un point de vigilance notable a d'ailleurs été mis en exergue, en lien avec le caractère incomplet de cette base : des **valeurs de référence** ont parfois dû être affectées à certains équipements, ce qui a pu nuire à la précision et à la qualité du calcul environnemental.

## 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 ;
- L'obtention **des logiciels et des licences** correspondantes ;
- **L'insuffisance de maturité** des acteurs dans la mise en œuvre du BIM, ce qui nécessite souvent des efforts supplémentaires en termes de formation, de sensibilisation et d'organisation ;
- **Le manque de compatibilité** avec les logiciels de calcul thermique et d'ACV, impliquant la recherche relativement chronophage de solutions ou d'alternatives.

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

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

- **Centralisation des données techniques** du projet en un seul et même fichier ;
- **Calcul de l'impact environnemental** du bâtiment qui peut être réalisé **en amont** ;
- **Vision holistique** du projet ;
- **Gain en temps et en fiabilité** grâce à l'automatisation et à l'élimination de la ressaisie de données ;
- Possibilité d'**anticiper les problèmes** et d'améliorer la **gestion des conflits** ;
- **Collaboration, communication** et échanges facilités ;
- Mise en œuvre d'efforts collectifs pour atteindre une **interopérabilité** optimale.

D'autres avantages ont été mis en avant par certains des lauréats, notamment la possibilité de mieux estimer le **prix de la construction** et donc d'apprécier avec plus de finesse le prix proposé par les entreprises lors d'une consultation. La démarche BIM permet aussi **d'étudier les variantes** avec une facilité accrue. Toutefois, il convient de noter le fait que la Commune de Les Eparres ne partage pas cette vision, dans la mesure où les difficultés techniques ont empêché le lauréat d'affecter à la maquette les données issues des fiches de déclaration environnementale et sanitaire (FDES) et de générer une maquette énergétique. Pour ce lauréat, l'intérêt du BIM dans la mise en application du référentiel E+/C- a donc été moins déterminant. Néanmoins, le BIM est majoritairement considéré comme un outil qui garantit une meilleure **compréhension du projet dans sa globalité** et une meilleure **maîtrise des coûts** associés.

### 14. Difficultés et leviers d'action

La difficulté majeure, soulignée par l'ensemble des porteurs de projets, réside dans les **problèmes de compatibilité de la maquette BIM avec les logiciels de calculs**. Les leviers d'action face à cet obstacle ont été précédemment passés en revue (cf. 10. Technologies déployées).

En outre, l'absence de certaines **données dans la base INIES** rend difficile l'atteinte du niveau de précision souhaité pour le calcul thermique et environnemental, puisque certains matériaux se voient affecter des valeurs de référence. De surcroît, l'éventuelle production de données nouvelles en cours de projet – données environnementales relatives aux **produits biosourcés ou aux matériaux recyclés**, par exemple – peut induire une modification des résultats du calcul et par conséquent, rendre caduques les premières estimations réalisées plus en amont. La complétion de la base de données INIES apparaît donc comme une attente forte, et une clé de réponse aux difficultés induites par le caractère encore relativement imprécis des calculs environnementaux réalisés avec la maquette numérique.

Une autre difficulté rencontrée dans le cadre des analyses énergétique et environnementale, notamment dans le calcul d'ACV, concerne l'évolution de la **complétude de la maquette**. Comme la maquette s'enrichit progressivement au cours de l'avancement du projet, le résultat du bilan carbone est susceptible de connaître des évolutions notables d'une phase à l'autre. En effet, le **niveau de modélisation** de la maquette a une forte influence sur la précision des calculs. En outre, les liaisons entre les différentes couches de la maquette, rarement modélisées et exportées, sont essentielles pour une bonne analyse de la performance thermique.

Les estimations précoces de celle-ci se révèlent donc assez souvent différentes des actualisations réalisées dans les phases ultérieures du projet. Une façon d'optimiser la précision et la qualité des calculs consiste à bien établir, en amont, les données qui seront modélisées, ce qui suppose *in fine* que le BET dispose d'une **vision détaillée** du projet dans son ensemble, y compris en termes de matériaux utilisés, et qu'il anticipe les éventuelles modifications qu'il pourra subir, par exemple au travers de la formulation d'hypothèses. Dans ce cadre, une **standardisation et une optimisation des paramètres** à modéliser permettraient non seulement d'améliorer la précision des calculs, mais également de faire gagner du temps sur les problèmes de compatibilité.

## 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 accordée par le PTNB couvrait les **dépenses en personnel et en équipements**. Les projets pilotes subventionnés ont surtout porté leur effort sur la réalisation de maquettes numériques, la centralisation des données et la réalisation des analyses énergétique et environnemental par sous-traitance (les dépenses de sous-traitance sont intégrées aux dépenses de personnel). Ceci explique que dans seulement trois des dix projets (CD33, Famille&Provence et ADIM) la partie « équipements » du budget soit non nulle : en général, les porteurs de projets et leurs partenaires possédaient déjà les équipements informatiques nécessaires pour leur projet d'expérimentation. Ainsi la majorité des dépenses concernaient les **moyens humains déployés et les formations** (voir *Figure 4*).

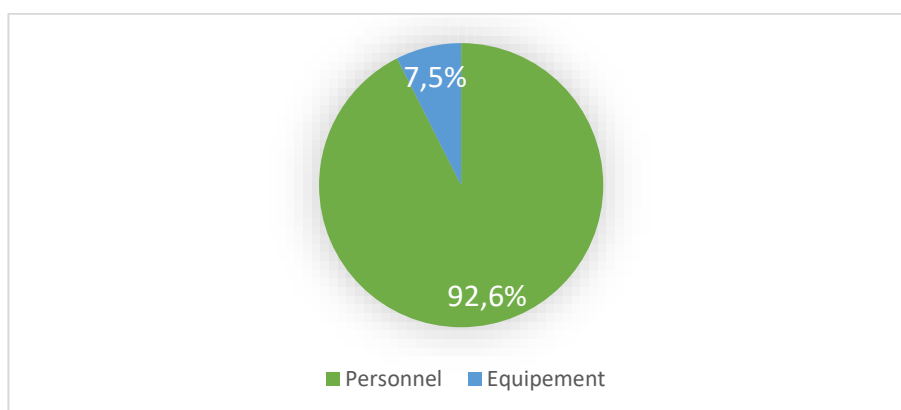


Figure 3 – Composition des dépenses des lauréats

Il convient de noter que l'intégration du BIM requiert parfois des **investissements** en termes **d'équipement informatique et de logiciels**. De plus, la plupart des lauréats possèdent déjà des méthodes d'évaluation énergétique et environnemental fonctionnelles qu'ils doivent adapter voire changer pour assurer la compatibilité avec les outils BIM. Ceci constitue une source de dépenses notable, et qui doit parfois être renouvelée dans le cas où des mises à jour significatives des outils BIM doivent être faites.

### 16. Succès de l'expérimentation

Les retours d'expériences montrent que, de manière générale, la réalisation d'un **état des lieux de la maquette numérique en interne** permet d'optimiser la capacité du lauréat à gérer et à participer à des projets mettant en œuvre l'outil BIM. L'identification des données disponibles et de leur niveau de détail et la connaissance du fonctionnement de l'export et de l'import de la maquette permettent de mieux cerner les besoins et se présente donc comme atout dans la planification des projets. En termes d'apport au processus d'ACV existant, le résultat est relativement mitigé. Certains lauréats affirment que les outils BIM n'apportent **pas de bénéfice direct** au calcul environnemental. C'est le cas par exemple du CD33 et de la Commune de Les Eparres. En revanche, d'autres lauréats sont plus optimistes et affirment qu'une **solution hybride** (des prestations traitées en BIM et d'autres par le biais de saisies manuelles dans les logiciels d'ACV) permet de fiabiliser l'ACV. Par exemple, ADIM envisage le développement d'un outil de **commissionnement de carbone** à partir du BIM. Cet outil aura vocation à donner une estimation intermédiaire de l'ACV à partir de la maquette, même dans le cas où celle-ci ne serait pas très détaillée, en attendant l'augmentation du niveau de précision de la maquette. Le groupe Vivalys a quant à lui validé l'exploitation systématique, dans l'ensemble de ses projets, de la maquette numérique comme support interopérable pour **l'ACV et la simulation « dynamique » des coûts**.

En ce qui concerne l'**exploitation collaborative et interopérable de la maquette numérique pour évaluer l'impact environnemental du bâti**, les lauréats s'accordent sur le fait que l'outil BIM se pose comme un moyen de collaboration et d'optimisation des échanges entre les spécialistes et les modélisateurs. Cependant, **l'interopérabilité** entre les différents logiciels métiers n'est pas encore totale, ce qui explique la réserve du

lauréat LMH. Le caractère parfois relativement **chronophage** de la démarche BIM (du fait des allers-retours avec les éditeurs de logiciels, de la nécessité parfois de procéder à des saisies manuelles, des corrections des problèmes d'interopérabilité, etc.) a aussi été mis en avant par la majorité des lauréats, pour lesquels cette expérimentation était l'occasion d'une première utilisation de l'outil BIM.

Tous les projets soulignent le besoin d'une **montée en compétences** du secteur en général, de même qu'une nécessaire amélioration de l'interopérabilité des logiciels par des **prises à jour de la part des éditeurs**. Une **standardisation nationale** des méthodologies de calcul ainsi que la création d'une **norme** définissant les prestations mises en œuvre dans le bâtiment permettraient l'utilisation des outils BIM pour l'ACV de façon plus efficiente. Logiest a proposé la mise en place d'un nouveau critère, celui de la **performance documentaire** : celle-ci viserait à évaluer les maquettes en prenant en compte le critère relatif à la disponibilité des données nécessaires au calcul environnemental, afin d'en garantir la précision et la viabilité.

Si les objectifs BIM définis par les lauréats n'ont pas été atteints dans leur totalité, les objectifs de l'AAP peuvent être considérés comme assez largement complétés. Pour rappel, les objectifs consistaient à :

1. Permettre la montée en compétence des acteurs du secteur du bâtiment en termes de calculs réglementaires, simulations et tests BIM dans le cadre de l'E+/C- ;
2. Encourager l'automatisation des procédures de calcul d'impact environnemental ;
3. Mesurer les impacts de la mise en place d'une telle démarche sur le projet ;
4. Favoriser l'amélioration et la création de logiciels adaptés ;
5. Fournir des retours d'expériences (REX) qui pourront être partagés et surtout analysés par l'ensemble des acteurs concernés ;
6. Evaluer les coûts de la démarche E+/C-.

Les principaux enseignements tirés des expérimentations sont résumés ci-dessous :

- Il existe une étroite **corrélation** entre le **niveau de détail** de la maquette et la précision du **calcul ACV**. Des **échanges entre modélisateurs et spécialistes** sont nécessaires pour optimiser la modélisation en fonction des besoins des équipes du projet et du cas d'usage envisagé. Ces échanges doivent se produire **en amont** de la modélisation mais aussi **tout le long** de la réalisation du projet ;
- Les défis technologiques relatifs à l'utilisation de la maquette numérique pour les calculs liés au référentiel E+/C- sont dans certains cas des obstacles majeurs, comme le montre le manque de compatibilité dans le projet de la Commune de Les Eparres qui a nui à la conduite de l'analyse environnementale ;
- *In fine*, si la démarche BIM permet d'encourager le **travail collaboratif** entre les différentes parties prenantes, il semble nécessaire d'associer plus massivement les **éditeurs de logiciels** afin qu'ils fassent évoluer leurs produits pour que ceux-ci répondent mieux aux attentes des différents acteurs. La **diffusion de bonnes pratiques** permettrait, de manière générale, de renforcer la standardisation des procédures et d'optimiser les procédures de compatibilité.



## Conclusion générale

L'AAP portant sur l'utilisation du BIM dans le cadre de l'expérimentation E+C- a permis de mettre en exergue les principaux intérêts du BIM dans la conduite des analyse énergétique et environnementale, dans une optique de **l'amélioration globale** de l'outil. L'intérêt majeur du BIM réside notamment dans le fait qu'il rend possible le développement d'un **projet plus cohérent, complet** et qu'il permet aux acteurs d'acquérir une **vision plus holistique** de celui-ci. La maquette numérique est un **outil essentiel pour améliorer la collaboration** entre l'ensemble des parties prenantes.

Cependant, de nos jours, certaines technologies liées aux outils BIM nécessitent encore d'être améliorées, ainsi qu'en témoignent certains **problèmes d'interopérabilité** entre les logiciels métiers, ou **l'absence de traducteurs gratuits et performants entre différents formats**. Un défi majeur auquel l'ensemble des lauréats a été confronté a précisément concerné l'intégration de la maquette numérique au processus de calcul de l'ACV. Les différents logiciels utilisés par les lauréats ont présenté quelques problèmes d'interopérabilité, soit en termes de formats en entrée, soit en termes de modélisation des éléments pour la création de la maquette 3D. Le développement de **nouveaux formats** ou d'un **traducteur commun** pourrait permettre, à terme, d'optimiser le fonctionnement de l'outil.

Le succès du recours au BIM dans le cadre des analyses énergétique et environnemental supposent que soient réunies plusieurs conditions.

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, il convient que des **bonnes pratiques soient largement diffusées**, afin d'améliorer l'interopérabilité entre les différents métiers. Il est notamment intéressant de considérer la proposition de Logiest portant sur la **performance documentaire** : les équipes doivent être en mesure d'adapter les maquettes au cas d'usage envisagé. En effet, les **spécifications actuelles** du niveau de performance des maquettes **visent tous les objectifs** – calculs énergétiques, empreinte carbone et thermiques ; calcul des métrés, etc. – et se heurtent donc à des problèmes pour des cas d'usages précis. Cette généralisation se fait au détriment de la **précision nécessaire** aux différents cas d'usage. Une évaluation exigeante des maquettes en amont semble donc nécessaire. La montée en compétences peut aussi se produire grâce à des **formations**, ce qui suppose un certain **investissement**.

En deuxième lieu, la **base de données INIES** doit être complétée afin de permettre la fiabilisation du calcul de l'ACV. Il convient de chercher à la déployer de façon qu'elle encourage l'utilisation de matériaux biosourcés ou de produits recyclés. La possibilité d'**intégrer des fiches FDES aux maquettes numériques** doit aussi être développée, afin de favoriser une meilleure définition des caractéristiques des matériaux.

L'AAP a donc révélé un véritable intérêt de la démarche BIM dans le cadre du référentiel E+/C-. Toutefois, si elle s'inscrit dans la **logique actuelle de la centralisation des données** et du développement du **travail collaboratif**, les problèmes d'interopérabilité sont encore relativement nombreux et de fait, nuisent à l'exploitation du potentiel total de l'outil BIM, notamment en ce qui concerne le calcul de l'ACV. Il apparaît dès lors important de chercher à favoriser la montée en compétences des acteurs de la construction et d'associer les **éditeurs de logiciels** à la démarche globale de co-amélioration de l'outil, dans une optique d'adaptation des technologies aux attentes du secteur, et de diffusion des **bonnes pratiques**.