



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences
Département de Mathématiques

Mémoire de Master/Brevet Start-up

Domaine : Mathématiques et Informatique

Filière : Mathématiques appliquées

Spécialité : Recherche Opérationnelle

Thème

L'accompagnement pour la digitalisation du secteur du BTPH à
travers l'implémentation du BIM

Réalisé par :

BOUZOURENE LYNDA

DEHRI LILIA

SAIGH SABAH

Devant le jury :

DR. GOUBI MOULOUD

Président

DR. LESLOUS FADILA

Examinatrice

PR. OUKACHA BRAHIM

Rapporteur

DR. SEDIKI ABDERRAHMANE

Membre de l'incubateur

MR. BENAMOR LYAMINE

Cadre supérieur d'étude , Co-rapporteur

MR. AIT OUAHIOUNE LKRIM

Directeur technique de bureau d'étude BERHTO

Année universitaire : 2022/2023

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, nous remercions le bon **DIEU** de nous avoir accordé le courage et la santé pour réaliser ce travail.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à notre encadrant, le Professeur **OUKACHA Brahim**, ainsi que notre co-encadrant, Monsieur **BENAMOR Lyamine**, pour nous avoir encadré et guidé et surtout pour leurs judicieux conseils qui ont contribué à améliorer notre réflexion. Ainsi que l'équipe de l'incubateur d'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou pour leur précieuse aide dans la réalisation de ce projet dans les meilleures conditions.

Nous remercions chaleureusement les membres de jury pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant de juger notre travail.

Nos sentiments sincères vont à nos parents, qui ont sacrifié tant jusqu'à aujourd'hui et ont toujours été source d'encouragement tout au long de notre parcours.

Enfin, un grand MERCI à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin aux résultats de ce travail qui s'est avéré très enrichissant sur le plan personnel et pour notre avenir professionnel.

LILIA, LYNDA, SABAH

RÉSUMÉ

La numérisation, ou la transformation numérique, a profondément transformé de multiples facettes de notre société et de divers secteurs industriels. Dans le contexte actuel, où la technologie joue un rôle prépondérant, la numérisation est devenue un élément incontournable pour de nombreux secteurs, y compris le secteur de la construction.

Ce secteur, réputé pour ses défis complexes, exige désormais une expertise pointue et une gestion stratégique. L'un des défis majeurs réside dans la croissante complexité des projets, avec des exigences techniques et réglementaires de plus en plus rigoureuses. Face à ce labyrinthe de complexités, où les coûts excessifs et les retards chroniques guettent les imprudents, émerge le Building Information Modeling, mieux connu sous l'acronyme BIM, incarne cette révolution numérique dans l'industrie de la construction.

Le BIM, cette technologie révolutionnaire qui a redéfini la manière dont les projets de construction sont conçus, planifiés, exécutés et gérés, offrant un potentiel transformationnel considérable. En tant que système de modélisation intégrant des informations essentielles tout au long du cycle de vie d'un bâtiment, le BIM promet des avantages majeurs en termes d'efficacité, de précision, de collaboration et de durabilité. L'intégration du BIM est perçue comme une voie prometteuse pour répondre aux immenses besoins du marché des infrastructures.

Ce mémoire s'attache à explorer l'implémentation et l'intégration du BIM dans le contexte algérien. Son objectif est de démystifier le BIM, en mettant en lumière son potentiel et ses avantages dans le domaine de la construction, tout en élaborant un cadre pour son déploiement efficace dans notre pays.

Mots clés : BIM, BTPH, Implémentation, Accompagnement, Maquette Numérique, Algérie.

ABSTRACT

Digitization, or digital transformation, has profoundly transformed multiple facets of our society and various industrial sectors. In the current context, where technology plays a predominant role, digitization has become an essential element for many sectors, including the construction industry.

This sector, known for its complex challenges, now demands sharp expertise and strategic management. One of the major challenges lies in the growing complexity of projects, with increasingly stringent technical and regulatory requirements. Faced with this labyrinth of complexities, where excessive costs and chronic delays await the unwary, Building Information Modeling, better known by its acronym BIM, embodies this digital revolution in the construction industry.

BIM, this revolutionary technology that has redefined how construction projects are designed, planned, executed, and managed, offers considerable transformative potential. As a three-dimensional modeling system integrating essential information throughout a building's lifecycle, BIM promises major advantages in terms of efficiency, accuracy, collaboration, and sustainability. The integration of BIM is seen as a promising path to meet the immense needs of the infrastructure market.

This thesis focuses on exploring the implementation and integration of BIM in the Algerian context. Its objective is to demystify BIM, highlighting its potential and advantages in the construction field, while developing a framework for its effective deployment in our country.

Keywords : BIM, Implementation, Support, BPWH, Digital Model, Algeria.

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS

RÉSUMÉ

ABSTRACT

SOMMAIRE

Table des figures

Liste des tableaux

GLOSSAIRE

INTRODUCTION GÉNÉRALE

0.1 CONTEXTE

0.2 OBJECTIF DU PROJET

0.3 MÉTHODOLOGIE DU MÉMOIRE

1 LE SECTEUR DE LA CONSTRUCTION

1.1 INTRODUCTION

1.2 LE SECTEUR DU BATIMENT DANS LE MONDE

1.3 LES NOUVEAUX DÉFIS DANS L'INDUSTRIE DE LA CONSTRUCTION MODERNE

1.4 ANALYSE DE L'ETAT ACTUEL DU SECTEUR DU BTPH EN ALGÉRIE

1.5 LA PROBLÉMATIQUE

1.6 CONCLUSION

2 LA MODÉLISATION DES INFORMATIONS DU BÂTIMENT « BIM »

2.1 INTRODUCTION

2.2 QU'EST-CE QUE LE BIM ?

2.3 LES DIMENSIONS DU BIM

2.4 LES NIVEAUX DE MATURITÉ DU BIM

SOMMAIRE

- 2.5 LES LOGICIELS DU BIM
- 2.6 INTÉRÊTS, ENJEUX ET ATOUTS DU BIM
- 2.7 LE BIM DANS LE MONDE
- 2.8 LE BIM EN ALGÉRIE
- 2.9 LE BIM, UN MODÈLE ÉCONOMIQUE «GAGNANT-GAGNANT»
- 2.10 CONCLUSION

3 BUSINESS PLAN

- 3.1 CARTE D'INFORMATION
- 3.2 PREMIER AXE : PRÉSENTATION DU PROJET
- 3.3 DEUXIÈME AXE : ASPECTS INNOVANTS
- 3.4 TROISIÈME AXE : ANALYSE STRATÉGIQUE DU MARCHÉ
- 3.5 QUATRIÈME AXE : PLAN DE PRODUCTION ET ORGANISATION
- 3.6 CINQUIÈME AXE : PLAN FINANCIER
- 3.7 SIXIÈME AXE : PROTOTYPE EXPÉRIMENTAL

CONCLUSION GÉNÉRALE

MODÈLE D'AFFAIRES

WEBOGRAPHIE

Table des figures

2.1 Le BIM	18
2.2 Les niveaux de maturité du BIM	23
2.3 le stade Hocine Ait Ahmed	39
2.4 L'inflation des coûts de la réalisation du stade Hocine Ait Ahmed.	39
2.5 Stade du Juventus Football Club	40
2.6 La différence des coûts entre les deux stades.	40
2.7 Étude du cabinet PWC sur le gain généré par le BIM	42
2.8 Etude publiée dans Engineering News-Record sur le gain gé- néré par le BIM	43
3.1 Le logo	49
3.2 La matrice SWOT	55
3.3 L'aéroport de Singapour « Jewel Changi »	60
3.4 Le pont de la baie de Hangzhou en Chine « Grand pont trans- océanique de la Baie de Hangzhou »	60
3.5 Le processus de production	64
3.6 Modèle d'affaires	81

Liste des tableaux

1.1	les pertes résultant de la section de restauration	15
3.1	Planning du projet	50
3.2	Tableau de facteurs d'influence	53
3.3	Identification des risques associés aux Faiblesses	57
3.4	Identification des risques associés aux Menaces	57
3.5	Le matériel de travail	66
3.6	les logiciels	67
3.7	Montant des salaires mensuels et annuels	67
3.8	Tableau de charges	69
3.9	Le prix des projets	70
3.10	Chiffres d'affaires pour le cas optimiste	72
3.11	Chiffres d'affaires pour le cas pessimiste	73
3.12	Les Comptes de résultats escomptés	76
3.13	Le plan de trésorerie	77

GLOSSAIRE

AIE : Agence Internationale de l'Énergie.

AGEA : Association Générale des Entrepreneurs Algériens.

ANBT : Agence Nationale des Barrages et des Transferts.

ANEP : Agence Nationale de l'Équipement Public.

BTPH : Bâtiments, Travaux Publics et Hydrauliques.

BCA : Autorité de la Construction de Singapour.

BIM : Building Information Modeling.

CAO : Conception Assistée par Ordinateur.

COBie : Construction Building Information Exchange.

EJ : ExaJoules ; unité de mesure d'énergie du système international (SI), valant 10^{18} Joules.

EDC : Environnement d'Information Commun.

ENTP : Entreprise Nationale des Travaux de Puits.

GED : Gestion Electronique des Données.

GtCo2 : Gigatonnes de CO2.

IA : Intelligence Artificielle.

IFC : Industry Foundation Classes.

Ibim : Integrated Building Information Modeling.

IoT : Internet des Objets.

MHUV : Ministère de l'Habitat, de l'Urbanisme et de la Ville.

NBS : National Bureau of Standards.

ONA : Office National de l'Assainissement.

PIB : Produit Intérieur Brut.

PwC : PricewaterhouseCoopers

RATP : Régie Autonome des Transports Parisiens.

SETRAM : Société d'Exploitation des Tramways.

Statista : Portail de statistiques pour les données de marché.

SFI : Centres for Research-based Innovation (Norway).

PNUE : Programme des Nations Unies pour l'Environnement.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	iv
RÉSUMÉ	iv
ABSTRACT	iv
SOMMAIRE	iv
Table des figures	vi
Liste des tableaux	vii
GLOSSAIRE	viii
INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
0.1 CONTEXTE	1
0.2 OBJECTIF DU PROJET	1
0.3 MÉTHODOLOGIE DU MÉMOIRE	2
1 LE SECTEUR DE LA CONSTRUCTION	3
1.1 INTRODUCTION	3
1.2 LE SECTEUR DU BATIMENT DANS LE MONDE	3
1.3 LES NOUVEAUX DÉFIS DANS L'INDUSTRIE DE LA CONSTRUCTION MODERNE	7
1.4 ANALYSE DE L'ETAT ACTUEL DU SECTEUR DU BTPH EN ALGÉRIE	10
1.5 LA PROBLÉMATIQUE	15
1.6 CONCLUSION	16

2 LA MODÉLISATION DES INFORMATIONS DU BÂ-	
TIMENT « BIM »	17
2.1 INTRODUCTION	17
2.2 QU'EST-CE QUE LE BIM?	17
2.3 LES DIMENSIONS DU BIM	19
2.4 LES NIVEAUX DE MATURITÉ DU BIM	20
2.5 LES LOGICIELS DU BIM	23
2.6 INTÉRÊTS, ENJEUX ET ATOUTS DU BIM	24
2.7 LE BIM DANS LE MONDE	29
2.8 LE BIM EN ALGÉRIE	35
2.9 LE BIM, UN MODÈLE ÉCONOMIQUE «GAGNANT-GAGNANT»	37
2.10 CONCLUSION	43
3 BUSINESS PLAN	44
3.1 CARTE D'INFORMATION	44
3.2 PREMIER AXE : PRÉSENTATION DU PROJET	45
3.2.1 L'idée de projet	45
3.2.2 Les valeurs suggérées	45
3.2.3 L'équipe	47
3.2.4 Le nom et le logo	48
3.2.5 Emplacement et installation	49
3.2.6 Les objectifs du projet	49
3.2.7 Le planning de réalisation du projet	50
3.3 DEUXIÈME AXE : ASPECTS INNOVANTS	50
3.3.1 La nature des innovations	50
3.3.2 Les domaines d'innovation	51
3.4 TROISIÈME AXE : ANALYSE STRATÉGIQUE DU MAR-	
CHÉ	51
3.4.1 Le segment du marché	51
3.4.2 La mesure de l'intensité de la concurrence	52
3.4.3 L'analyse PESTEL et l'analyse SWOT	52
3.4.4 Les stratégies marketing	58
3.5 QUATRIÈME AXE : PLAN DE PRODUCTION ET ORGA-	
NISATION	64
3.5.1 Le processus de production	64
3.5.2 L'approvisionnement	64
3.5.3 La main d'œuvre	65
3.5.4 Les principaux partenaires :	65
3.6 CINQUIÈME AXE : PLAN FINANCIER	65

TABLE DES MATIÈRES

3.6.1 Aspect juridique	65
3.6.2 Source de financement	66
3.6.3 Les coûts et les charges	66
3.6.4 Le chiffre d'affaires	72
3.6.5 L'étude de rentabilité du projet	74
3.6.6 Les Comptes de résultats escomptés	76
3.6.7 Le plan de trésorerie	77
3.7 SIXIÈME AXE : PROTOTYPE EXPÉRIMENTAL	78
CONCLUSION GÉNÉRALE	78
MODÈLE D'AFFAIRES	80
WEBOGRAPHIE	82

0.1 CONTEXTE

Notre projet s'inscrit dans le cadre de Master/Brevet Start-up au niveau de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

Dans ce contexte, la problématique évoquée est liée aux défis auxquels le secteur du Bâtiment, Travaux publics et Hydraulique en Algérie doit faire face. En utilisant la technologie du Building Information Modeling (BIM) qui est une nouvelle façon de réalisations d'ouvrages permettant de prendre en compte ces défis et de les gérer pour améliorer l'efficacité et la rentabilité de tout le processus de construction.

0.2 OBJECTIF DU PROJET

Dans l'objectif de mettre en œuvre le processus du BIM en Algérie et démontrer à l'état l'importance de la digitalisation dans le secteur du BTPH pour améliorer la qualité, le coût et le délai de réalisation des projets du BTPH.

Notre projet s'intéresse d'abord à cette nouvelle technologie et vise à la démystifier en expliquant ses requis et ses fondements, et en analysant l'utilisation du BIM partout dans le monde et en Algérie pour identifier les facteurs affectant le processus de mise en œuvre, afin de trouver le plus court chemin possible pour assurer l'utilisation du BIM en Algérie dans les conditions idéales et pour aider les professionnels de la construction en Algérie à bénéficier de tous les avantages du BIM.

0.3 MÉTHODOLOGIE DU MÉMOIRE

Nous avons développé notre méthodologie de projet en trois parties :

Partie 1 : Elle est dédiée à l'analyse solide du secteur mondial de la construction et des recherches rigoureuses sur le secteur BTPH en Algérie, pour évaluer l'état actuel du pays par rapport au développement mondial.

Partie 2 : La deuxième partie sera consacrée au BIM. Nous expliquerons d'abord ce qu'est le BIM et nous démontrerons ensuite son potentiel et ses différents aspects.

Partie 3 : C'est la partie du business plan et une approche beaucoup plus pratique y sera développée. Sur base de nos recherches et nos études, nous poserons les points suivants :

- Présentation du projet.
- Aspects innovants.
- Analyse stratégique du marché.
- Plan de production et organisation.
- Plan financier.
- Prototype expérimental.

CHAPITRE 1

LE SECTEUR DE LA CONSTRUCTION

1.1 INTRODUCTION

L'industrie de la construction connaît actuellement une évolution majeure, en raison de la croissance démographique prévue par les Nations Unies, qui est estimée à atteindre 9,7 milliards de personnes d'ici 2050. Cette expansion démographique entraîne une hausse continue des besoins en termes d'infrastructures et de bâtiments.

Le présent chapitre se concentre sur le contexte à la fois local et mondial du secteur de la construction. Il explore la complexité intrinsèque de cette industrie et met en lumière les nombreux défis auxquels elle est confrontée.

1.2 LE SECTEUR DU BATIMENT DANS LE MONDE

Le bâtiment :

Définition 1 :

D'après le dictionnaire LAROUSSE, un bâtiment est :

1. Toute instruction d'une certaine importance servant d'abri ou de logement
2. Engin de navigation

Définition 2 :

Le bâtiment est un terme générique signifiant toute construction permanente construite par intervention humaine et destinée à assurer protection et isolement. Il peut être utilisé à diverses fins, allant d'un usage privé et les copropriétés à un usage commercial.

Ces constructions sont considérées comme étant des logements collectifs

(Appartements, hôtels...), des locaux commerciaux et industriels (Bureaux, usines...), des édifices publics (Écoles, mairies...) ou encore des centres de loisirs (Théâtres, stades...), ainsi que les travaux de rénovation et d'entretien.

Généralement, les bâtiments sont construits sur un terrain spécifique et déterminé, et peuvent être ordonnés selon leur usage, leur forme, leur emplacement géographique, leur environnement, leur conception architecturale et leur méthode de construction. Ils sont construits avec différents matériaux, tels que le béton, le bois, le métal ou la brique.

Le secteur du bâtiment :

Le secteur du bâtiment est une industrie importante en constante évolution. Il regroupe les entreprises impliquées dans la construction et l'aménagement de bâtiments en deux phases : gros œuvre et second œuvre.

Ce secteur se divise en deux domaines principaux : la construction non résidentielle, qui englobe trois sous-secteurs (construction industrielle lourde, construction institutionnelle et commerciale, et construction d'ouvrages d'ingénierie), et la construction résidentielle. Il s'agit d'une industrie dynamique à l'échelle mondiale qu'est souvent considérée comme un indicateur clé de la santé économique mondiale et dans la transition vers un avenir plus durable, il est également un important employeur, offrant des emplois dans des domaines tels que la conception, l'ingénierie, la construction, la gestion de projets et la maintenance.

Selon les données de la Banque mondiale, le secteur du bâtiment représente environ 7 % du PIB mondial et emploie près de 110 millions de personnes dans le monde. [<https://www.banquemondiale.org/fr/home>]

Le secteur de la construction est et a toujours été un secteur stratégique dont dépendent intrinsèquement le dynamisme et le développement de la société. L'accès à un logement adéquat et aux infrastructures de base, la durabilité des bâtiments, ainsi que la protection des écosystèmes, dans un contexte d'urbanisation galopante et d'une croissance démographique, conjugué aux enjeux liés aux changements climatiques, sont des défis substantiels que les états et les entreprises impérativement aborder.

L'évolution et les tendances dans le secteur du bâtiment varient constamment d'une région à l'autre, selon les conditions économiques et culturelles

locales.

Notamment :

- Dans les pays développés, il existe une demande croissante de bâtiments écologiques et économes en énergie. Tandis que les pays en développement donnent souvent la priorité aux infrastructures de base telles que les routes et les ponts.
- En Asie, la construction du gratte-ciel et d'autres bâtiments emblématiques sont en plein essor, tandis qu'en Europe, la rénovation énergétique des bâtiments existants est une priorité majeure.

Malgré un léger ralentissement de l'économie mondiale, le secteur de la construction est en pleine expansion dans le monde. Les perspectives à long terme sont particulièrement bonnes, l'industrie devant dépasser la croissance du PIB mondial au cours de la prochaine décennie. Selon Statista, le chiffre d'affaires mondial de ce secteur devrait croître de 4,5 billions de dollars américains de 2020 à 2030. Par conséquent, ce marché devrait atteindre 15,2 billions de dollars américains, dont 8,9 billions de dollars américains proviendront des marchés émergents d'ici 2030.

Cette croissance est tirée par une urbanisation croissante, une population mondiale croissante, une demande croissante de logements abordables, une demande de bâtiments écologiques et durables et une industrie du tourisme en pleine croissance. [<https://fr.statista.com/>]

Ce secteur a été impacté par la pandémie de COVID-19, qui a subi des perturbations et un changement dans le monde entier, et une diminution de 20 à 30 % en 2020 par rapport à 2019 des activités de construction et d'environ 10 % de tous les emplois perdus ou menacés dans le secteur du bâtiment, les programmes de relance de l'industrie de la construction peuvent créer des emplois, stimuler l'activité économique et activer les chaînes de valeur locale. Dans le cadre de son plan de relance durable, l'AIE estime que jusqu'à 30 emplois dans l'industrie de la fabrication et de la construction seront créés pour chaque million de dollars investi dans des mesures de modernisation ou d'efficacité industrielle dans de nouvelles constructions. Postérieurement à la chute historique d'activité en 2020 de 15 %, le rebondissement des activistes de la construction, hors effets prix de 12 % en 2021, soit 5 % en dessous des niveaux d'avant les perturbations.

Cependant, une hausse des prix de 5 % ramènerait le chiffre d'affaires 2021 à 149 milliards d'euros hors taxes, comme en 2019. Au total, 1 756 000 travailleurs, dont 1 245 000 salariés et 108 000 intérimaires ont un emploi équivalent temps plein. [<https://www.unep.org/fr>]

Selon le rapport " L'état mondial des bâtiments et de la construction 2022 ", les données sont produites par le Programme des Nations unies pour l'environnement ; les émissions du secteur du bâtiment ont connu une baisse d'environ 6 % par an jusqu'en 2030. De plus, une augmentation de 4 % par rapport à 2020 de consommation d'énergie, avec 135 EJ utilisé pour le chauffage, la climatisation, l'eau chaude, l'éclairage et la cuisine, etc.

Cette augmentation de consommation d'énergie s'accompagne d'une augmentation des émissions de CO₂ liées à l'utilisation du bâtiment, atteint un niveau-record d'environ 10 Gtco₂, soit environ 5 % de croissance, 2 % chacun jusqu'en 2020 par rapport au précédent pic de 2019. Cette dernière est due à l'arrêt de l'utilisation directe du système de charbon, de pétrole et de biomasse transmise pour passer à une électricité plus carbonée en raison de la forte utilisation d'énergies fossiles dans la production. Pour atteindre un parc immobilier net zéro carbone d'ici 2050, il faut réduire de moitié les émissions directes de CO₂ des bâtiments d'ici 2030.

[https://globalabc.org/sites/default/files/2022-11/FRENCH_Executive%20Summary_Buildings-GSR.pdf]

Le secteur du bâtiment est également responsable d'une grande part des émissions de gaz à effet de serre dans le monde. Selon le rapport 2022 du PNUE sur l'écart entre la nécessité et la perspective de réduire les émissions de gaz à effet de serre à révéler qu'une reprise verte post-pandémique pourrait réduire les émissions jusqu'à 25 % d'ici 2030, et apporter le monde se rapproche de l'objectif d'augmentation de 2°C prévu par l'accord de Paris sur le changement climatique. Il reste encore beaucoup à faire pour atteindre l'objectif de 1,5°C.

L'activité de construction dans la plupart des grandes économies est maintenant revenue au niveau d'avant la pandémie, associée à une utilisation intensive de l'énergie dans les bâtiments. Pourtant, la pandémie a également mis en lumière et en évidence l'importance des bâtiments sûrs et sains. De nombreuses entreprises de construction des bâtiments ont en-

tamé à intégrer des fonctionnalités telles que des surfaces antimicrobiennes et des systèmes de ventilation améliorés dans leurs projets. La pandémie a aussi accéléré la tendance au travail à distance, impactant la conception et l'utilisation des futurs bâtiments.

Voici quelques chiffres clés sur le secteur du bâtiment dans le monde :

- Selon les Nations unies, la construction représente environ 40 % de la consommation mondiale d'énergie et 30 % des émissions de gaz à effet de serre. [<https://www.un.org/fr/>]
- Le marché mondial de la construction est évalué à plus de 10 000 milliards de dollars américains en 2020 et devrait croître à un taux annuel de 4,9 % jusqu'en 2026. [<https://www.mordorintelligence.com/>]
- Le secteur de la construction est le plus grand employeur du monde, avec environ sept personnes dans la main-d'œuvre mondiale travaillant dans le secteur.
- Les principaux marchés de la construction dans le monde entier sont les États-Unis, la Chine, le Japon et l'Allemagne, suivie de près par la France, le Royaume-Uni et l'Italie.
- Les tendances émergentes dans le secteur de la construction comprennent la construction de bâtiments durables, l'utilisation de technologies intelligentes et la numérisation des processus de planification et de construction.

1.3 LES NOUVEAUX DÉFIS DANS L'INDUSTRIE DE LA CONSTRUCTION MODERNE

L'industrie de la construction moderne est confrontée à de nouveaux défis importants qui doivent être relevés pour assurer l'avenir de cette industrie majeure, notamment :

- **La durabilité et l'efficacité énergétique :**

L'un des principaux sujets de l'industrie de la construction moderne est la durabilité et l'efficacité énergétique. La durabilité concerne l'impact environnemental d'un bâtiment tout au long de son cycle de vie,

de la conception à la démolition.

Les bâtiments représentent une part importante de la consommation mondiale d'énergie et leur impact sur l'environnement est important, c'est pourquoi il faut construire des bâtiments plus durables et économes en énergie.

En effet, les professionnels cherchent à réduire leur empreinte carbone et à répondre aux préoccupations environnementales en adoptant des pratiques durables en matériaux de construction respectueux de l'environnement et résilience face aux catastrophes naturelles, en minimisant la consommation d'énergie et en maximisant les énergies renouvelables. Cela nécessite une prise de conscience et une évolution vers des techniques, telle que les matériaux recyclés, les panneaux solaires, les systèmes de récupération de chaleur et les systèmes de ventilation mécanique contrôlée.

- **La numérisation :**

La technologie a transformé de nombreux aspects de notre vie quotidienne, et le secteur du bâtiment ne fait pas exception. Le secteur du bâtiment est en constante évolution grâce à l'innovation technologique numérique, qui est utilisée pour améliorer l'efficacité de la conception, de la construction et de la gestion des bâtiments. Cela permet d'améliorer la collaboration et l'efficacité tout en réduisant les erreurs et en économisant du temps et de l'argent, afin d'assurer la réussite des projets de la construction.

Les nouvelles technologies telles que la modélisation en 3D, la réalité augmentée et les robots qui vont être utilisés pour effectuer des tâches dangereuses ou répétitives, réduisant ainsi les risques pour les travailleurs. Ainsi que les drones pour inspecter les toits et les façades, et les capteurs peuvent être placés pour surveiller les performances des appareils et identifier les problèmes potentiels avant qu'ils ne deviennent graves. Les données recueillies par ces capteurs peuvent être analysées pour identifier les tendances et les modèles qui peuvent aider à améliorer l'efficacité énergétique et à réduire les coûts de maintenance.

En résumé, la numérisation est l'une des questions clé dans l'indus-

trie de la construction moderne, les clients veulent des bâtiments plus agréables à vivre, plus confortables, plus intelligents, plus écologiques et plus esthétiques.

- **La sécurité :**

La sécurité est un aspect crucial de tout projet de construction. Pendant l'édification des bâtiments, les professionnels sont confrontés à de nombreux risques, notamment les chutes, les accidents mortels de glissades et de trébuchements, et même des maladies professionnelles. Ainsi, il est important de prendre toutes les mesures nécessaires pour assurer la sécurité des travailleurs.

En effet, la sécurité des occupants est une préoccupation majeure dans ce secteur. Les experts tentent de concevoir des bâtiments ignifuges, résistants aux tremblements de terre et aux tempêtes, et dotés de systèmes de sécurité avancés pour prévenir les attaques terroristes, en installant des systèmes de détection et d'extinction automatiques et des moyens d'évacuation efficaces. Par conséquent, les normes de sécurité sont renforcées pour assurer la sécurité des personnes, et pour servir des espaces de vie et de travail sûrs et fonctionnels et surtout pour améliorer le confort des résidents.

- **Le bien-être et la santé :**

Le bien-être et la santé des occupants sont un enjeu très important dans le secteur des bâtiments. La qualité de l'environnement intérieur a un grand impact sur cette dernière. La recherche montre que des bâtiments mal conçus peuvent avoir des effets néfastes sur la santé, tels que l'asthme, les allergies, les maux de tête et la fatigue.

Pour y remédier, les professionnels tentent de créer des espaces intérieurs plus sains et plus confortables pour leurs résidents. Cela comprend l'utilisation de matériaux non-toxiques, une meilleure qualité de l'air intérieure optimale, une lumière naturelle suffisante et une bonne acoustique tout en minimisant la pollution sonore. Des espaces verts sont également intégrés à la conception du bâtiment pour profiter d'une vie de haute qualité. Cela peut conduire à des choses comme l'utilisation de matériaux sains et naturels, la mise en place de sys-

tèmes de ventilation efficaces et l'installation de double vitrage pour améliorer l'insonorisation, etc.

- **L'adaptation au changement climatique :**

L'adaptation au changement climatique nécessite de repenser la façon dont les bâtiments sont conçus, construits et exploités pour relever les défis posés par ce phénomène extrême. Les constructions sont sensibles aux variations climatiques telles que les vagues de chaleur, les inondations, les tempêtes, les sécheresses et les incendies. Par conséquent, pour s'y adapter, il est important de concevoir et de construire des bâtiments plus résilients capables de résister aux effets d'événements météorologiques extrêmes. L'adaptation au changement climatique comprend également l'adoption de pratiques d'exploitation et d'entretien qui peuvent minimiser les risques et les dommages causés par des phénomènes météorologiques extrêmes. Cela peut inclure l'élaboration de plans d'urgence pour les inondations et les tempêtes, l'élaboration de stratégies de gestion de l'eau pour faire face aux risques de sécheresse et l'installation de systèmes de protection contre les incendies robustes pour minimiser les catastrophes.

Les bâtiments peuvent également être utilisés pour lutter contre le changement climatique en utilisant des énergies renouvelables telles que l'énergie solaire et éolienne.

Tous ces enjeux posent des défis aux professionnels du secteur de la construction, mais offrent de nombreuses opportunités d'innovation, de croissance économique et de création de solutions durables, techniques et performantes.

1.4 ANALYSE DE L'ETAT ACTUEL DU SECTEUR DU BTPH EN ALGÉRIE

BTPH est un acronyme utilisé en Algérie pour désigner le secteur de la construction, qui comprend le **B**âtiment, les **T**ravaux **P**ublics et l'**H**ydraulique. Il englobe la construction, la conception, la rénovation et la maintenance de bâtiments et d'infrastructures publiques ainsi que de systèmes hydrauliques.

Le secteur BTPH en Algérie est un secteur économique qui joue un rôle important dans le développement et la croissance économique et social du pays, représentant environ 8 % du PIB algérien, ainsi, il est en constante évolution avec une croissance annuelle moyenne de 5 % ces dernières années, selon les données du ministère de l'Habitat, de l'Urbanisme et de la Ville. Cette croissance est principalement due à l'augmentation des investissements dans le secteur public ainsi qu'à la demande croissante pour des logements abordables. Ce secteur est principalement géré par les gouvernements et les entreprises publiques telles que l'ENTP, l'ONA et l'ANBT. [<https://www.mhuv.gov.dz/fr/accueil/>]

Le secteur BTPH est divisé en plusieurs sous-secteurs tels que la construction de bâtiments résidentiels, commerciaux et industriels, la construction d'infrastructures routières et de transports, la construction de structures civiles telles que des ponts et des tunnels, et la construction d'installations hydrauliques telles que des barrages et des stations d'épuration et la construction des réseaux d'adduction d'eau et d'énergie.

Les entreprises du BTPH peuvent être des entreprises de construction générale, qui réalisent des projets de construction à grande échelle, ou des entreprises spécialisées dans des domaines tels que le génie civil, l'hydraulique, l'électricité, la plomberie, la menuiserie ou la maçonnerie.

Il existe plusieurs entreprises de BTPH, telles que : COSIDER, EMA, ANESRIF, BEREP, BEREG, ... Ces grandes entreprises ont participé à la réalisation de plusieurs grands projets en Algérie, comme l'autoroute Est-ouest, le barrage de Koudiat Acerdoune, la Grande mosquée d'Alger, le pont de Sidi Rached et le métro d'Alger.

Cependant, les entreprises du BTPH, de plus en plus, en manquent d'activité, poussent des centaines d'entre elles à déposer leur bilan faute de perspective de marché public, seule à même de les sauver. Alors que, durant mai 2021, l'AGEA a annoncé que le secteur de BTPH était au plus mal. Un porte-parole de ce dernier estime que ce secteur fournit plus de 1,5 million d'emplois, mais regrette que le secteur ait perdu environ 500 000 emplois et que 4 000 entreprises aient fermé. [<https://www.aps.dz/economie/>]

Le BTPH en Algérie fait face à des défis structurels qui doivent être

relevés pour se développer pleinement tels que la pénurie des matériaux de construction et de main-d'œuvre qualifiée, la mauvaise qualité des infrastructures, manque de réglementation et de transparence, la corruption et les contraintes budgétaires en particulier avec la chute des prix du pétrole en 2022 qui réduit les recettes publiques, sans oublier les procédures bureaucratiques pour l'obtention des licences et permis nécessaires aux projets de construction sont souvent complexes et chronophages, entraînant des retards et des coûts supplémentaires.

Ces défis sont complexes et nécessitent des décisions urgentes de la part des gouvernements, des entreprises et des travailleurs pour améliorer la situation dans le secteur BTPH en Algérie.

Le gouvernement algérien continue à investir et à élaborer un plan quinquennal pour surmonter ces défis, prendre des mesures pour réglementer le secteur, encourager l'investissement privé, promouvoir la formation et la qualification des professionnels dans ce domaine, simplifier les procédures administratives et moderniser l'infrastructure du pays, dans des projets tels que la construction de nouvelles routes, de logements sociaux, de tunnels et d'hôpitaux sont en cours dans tout le pays, Afin de pouvoir se développer durablement et réaliser des projets louables. Compte tenu de la rareté des ressources en eau, la gestion des ressources hydrauliques est également une priorité des autorités algériennes. La construction de projets d'irrigation, de barrages et de stations d'épuration est en cours pour assurer l'accès à l'eau potable et renforcer la sécurité alimentaire. De plus, des investissements supplémentaires dans la recherche et le développement sont nécessaires pour soutenir l'innovation et l'avancement technologique de l'industrie. Cela donne des perspectives prometteuses pour l'avenir.

Voici quelques projets réalisés en Algérie dans le secteur du BTPH :

- **Unité de production pharmaceutique :**

Le projet de construction d'une unité de production pharmaceutique a été marqué par des dépassements de coûts et de délais. Au départ, le budget initial de ce projet était établi à 802 599 948,37 DZD. Cependant, au terme des travaux, les coûts totaux ont grimpé à 893 655

313,42 DZD, soit une augmentation de 11,34 % par rapport au budget initial. De plus, le projet a pris du retard et a été achevé avec un délai excédentaire de 16 mois.

Ces écarts sont dus à un certain nombre de facteurs, notamment des changements dans les exigences du projet, des problèmes de planification et des retards dans l'approvisionnement en matériaux. Ces variations ont eu un impact négatif sur l'ensemble du projet. En effet, ils ont engendré une hausse des coûts globaux et entraîné un report dans la date de finalisation.

- **La nouvelle ville de Sidi Abdallah :**

La réalisation de la nouvelle ville de Sidi Abdallah en Algérie, un projet d'envergure, a été entravée par des retards attribuables à des problèmes de financement, de coordination et de gestion. Initialement débuté en 2008, le projet aurait dû être finalisé en 2018, mais il demeure encore en cours de réalisation à ce jour.

Cette situation découle en grande partie des défis de coordination entre les parties prenantes clés, incluant le gouvernement, les entreprises privées et les communautés locales. Simultanément, le manque de financement ainsi que l'opacité dans la gestion du projet ont contribué à renforcer les allégations de corruption associées à ce projet.

[<https://www.aps.dz/economie>]

- **Le projet de l'autoroute Est-ouest :**

Le projet de construction de l'autoroute Est-ouest, amorcé en 1998 avec une date d'achèvement initiale en 2010, a été marqué par une série de retards conséquents, culminant finalement dans son achèvement en 2023. En 2013, les travaux avaient été annoncés comme étant achevés à hauteur de 85 %, avec un coût en fin d'année estimé à 11 milliards de dollars. Cependant, à une date ultérieure en 2015, un ajustement du coût total, portant celui-ci à 15 milliards de dollars.

La progression temporelle nous amène à fin 2022, où le projet avait atteint un coût approximatif de 20 milliards de dollars, révélant ainsi une augmentation significative par rapport aux estimations antérieures. Cette situation a abouti à une évolution du coût moyen par kilomètre

de l'autoroute Est-ouest, passant respectivement de 7 milliards de dollars à 11 milliards, puis à 20 milliards de dollars. Cette augmentation progressive du coût a engendré une progression similaire du coût par kilomètre, passant d'une moyenne de 6 millions de dollars à 9 millions, pour finalement culminer à 16 millions de dollars.

Malheureusement, l'état dégradé de l'autoroute, caractérisé par des détériorations du revêtement bitumineux lors des premières pluies, des nids-de-poule qui s'approfondissent et des glissements de terrain obstruant les voies, semble être le résultat tangible de divers problèmes. Parmi ceux-ci, la corruption, qui a imprégné la réalisation de l'autoroute Est-ouest, s'est avérée être un facteur déterminant dans l'état avancé de délabrement de l'infrastructure.

[<https://www.aps.dz/economie>]

- **L'hôtel 4 étoiles (Phase « post-exploitation ») :**

Après la mise en fonction de l'infrastructure, l'exploitant de l'hôtel a fait face à une gamme de problèmes, perturbant le fonctionnement de l'établissement et compromettant le niveau de confort offert.

Les dépenses engendrées pour rectifier ces problèmes se sont avérées significatives. Le coût estimé des travaux de mise à niveau s'est chiffré à 207 000 euros, et cette somme a été ajoutée à une autre dépense résultant d'un déficit en informations essentielles, nécessaires pour effectuer deux interventions de maintenance corrective.

Une panne du système de climatisation :

En raison de l'absence d'informations permettant une localisation directe de la panne, une section de l'hôtel a été rendue inopérante pendant trois jours, en attendant d'accéder à la pièce défectueuse et de procéder à sa réparation.

Les pertes occasionnées :

Un total de 45 chambres s'est trouvé indisponible, ce qui a occasionné une perte totale de 4 050 000,00 DZD, tenant compte du tarif de location par chambre de 30 000,00 DZD par nuit, incluant les commodités. En ce qui concerne la restauration, étant donné que 70 % des clients ont pris leurs repas à l'intérieur de l'hôtel, équivalant ainsi à la capacité de 31 chambres de l'aile en question, les pertes résultant de la

section de restauration ont été évaluées comme suit :

Prix Unitaire DZD/TTC	Nombre de Repas	Nombre de Nuitée	TOTAL DZD/TTC
4 100,00	31	03	381 300,00

TABLE 1.1 – les pertes résultant de la section de restauration

Le montant global des pertes, couvrant à la fois l'hébergement et la restauration, se chiffre autour de 4 431 300,00 DZD (TTC) sur une période de trois jours.

Dysfonctionnement du réseau d'alimentation en eau chaude :

Le manque d'accès à l'information nécessaire pour procéder à la réparation de ce réseau a également entraîné des pertes pour l'hôtel. Le délai nécessaire pour prendre en charge la réparation s'est étalé sur trois jours, entraînant des pertes évaluées à 4 437 450,00 DZD (TTC).

Le cumul total des pertes : 8 868 750,00 DZD (TTC).

1.5 LA PROBLÉMATIQUE

L'industrie de la construction a pris du retard dans l'adoption des outils numériques. En effet, l'industrie multi-entreprise souffre de transactions et de phases de vie de produits et de projets très fragmentées. Le grand nombre d'employés travaillant sur un même projet, souvent en interaction sur le terrain, et la séparation très nette entre la conception du bâtiment, la construction, l'exploitation, et même la démolition créent un environnement très complexe.

Le secteur de BTPH en Algérie est confronté à plusieurs défis qui entravent son développement et sa compétitivité sur les marchés nationaux et internationaux. Des réformes structurelles, des numérisations du secteur et des investissements accrus sont nécessaires pour résoudre ces problèmes et améliorer les performances de cette industrie, ainsi avoir un nouveau visage de nos habitations, quartiers et villes du demain.

En Algérie, l'heure est venue de coordonner tous les efforts pour mieux gérer le secteur et tenter de réduire les charges supportées par les entreprises et la sécurité sociale. Qu'en est-il des solutions technologiques à mettre en place, mais à rarement évoquer dans le débat public? Beaucoup de solutions existent déjà, mais le besoin d'innovation dans le secteur de la construction reste fort.

L'objectif de la problématique conduit à la formulation de ces deux questions :

Comment les entreprises du secteur de BTPH peuvent-elles gérer efficacement les problèmes pour éviter les troubles au sein de leur organisation et assurer le succès du projet dans les délais et budgets impartis ?

Comment répondre aux besoins en logement d'une population croissante tout en atteignant la neutralité carbone et en réduisant la consommation de ressources primaires ?

1.6 CONCLUSION

Le secteur de la construction occupe une place significative au sein de l'économie algérienne, bien qu'il demeure moins productif comparé à d'autres secteurs.

Cette disparité met en évidence les défis auxquels l'industrie de la construction est confrontée. Ces défis nécessitent des solutions adéquates et appropriées pour améliorer la productivité du secteur du BTPH afin de mener au développement de notre pays.

CHAPITRE 2

LA MODÉLISATION DES INFORMATIONS DU BÂTIMENT « BIM »

2.1 INTRODUCTION

Le secteur du BTPH en Algérie relève à plusieurs défis, ce qui nécessite une solution efficace pour y remédier, et pour parvenir à cela, c'est le secteur entier qui doit se transformer. Cette transition s'opère par l'adoption de la numérisation dans le secteur en utilisant la technologie BIM, qui offre une opportunité de transformation du domaine de la construction. Cela permet de mettre en œuvre une stratégie efficace, ouvrant la voie à un avenir plus lucratif.

Ce chapitre vise à établir les bases conceptuelles pour une meilleure appréhension du projet. Pour commencer, qu'est-ce que le BIM et comment cette approche révolutionnaire transforme-t-elle l'industrie de la construction à l'échelle mondiale ? Ensuite, examinons de plus près comment cette technologie spécifique pourrait améliorer et impacter le secteur du BTPH en Algérie. Quels sont les opportunités et les défis spécifiques liés à l'adoption du BIM dans le contexte algérien ?

2.2 QU'EST-CE QUE LE BIM ?

Le BIM est une expression qui vient de la langue anglaise : « **B**uilding **I**nformation **M**odeling » qui signifie en français « la modélisation des données du bâtiment » ou encore « la modélisation des informations de la construction », est l'explication la plus couramment utilisée de l'abréviation « BIM », car elle couvre complètement le processus de construction. La lettre « M » dans le BIM a été associée à différents mots au fil des ans,

tendant à chaque fois à souligner l'aspect qui semblait le plus distinctif. Les mots utilisés sont :

- Model : la maquette numérique elle-même.
- Modeling : la réalisation de maquettes numériques en général.
- Management : la gestion et l'échange d'informations sur les bâtiments.

[<https://www.siniat.fr/fr-fr/services-et-outils/bim/definition-bim>]

Il n'existe pas de définition mondialement approuvée du BIM. En effet, le BIM est l'ensemble du processus de création et de gestion des informations pour une ressource de construction, basé sur une maquette numérique proposée par un logiciel BIM. Il intègre des informations structurées et transversales pour créer une représentation numérique des ressources tout au long de son cycle de vie, de la planification à la conception, de la construction à l'exploitation. En effet, Le BIM est apte à gérer quand, qui fait quoi et comment.

Cette modélisation des informations sous forme d'un modèle numérique qui décrit systématiquement les murs, les sols, les luminaires, les fenêtres et toutes les structures du bâtiment. Aussi, tous les paramètres extérieurs, notamment toute la partie climatique, qui est une simulation thermique dynamique, font réagir le bâtiment en termes de consommation d'énergie, de rayonnement solaire, d'éclairage, etc.

L'objectif du BIM est d'effectuer une construction virtuelle, de construire plus rapidement et à moindre coût, et de fournir aux clients un modèle de bâtiment unique et intelligent pour assurer la réussite et la rentabilité des projets de construction dans les meilleures conditions.

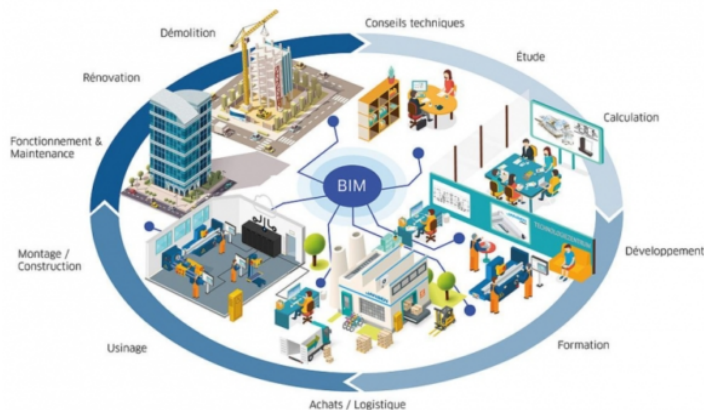


FIGURE 2.1 – Le BIM

Source : <https://baudet-sa.com/le-bim-au-service-de-vos-projets/>

2.3 LES DIMENSIONS DU BIM

Le BIM ne se limite pas au concept de simple construction de bâtiments en 3D. Cette technologie fait beaucoup plus, de la conception à la construction en passant par la maintenance. Chaque dimension dans le BIM correspond à un niveau d'informations ajoutées au modèle 3D.

BIM 3D : La modélisation tridimensionnelle (3D) inclut la longueur, la largeur et la profondeur, passant d'une multitude de plans papiers en 2D à une seule maquette numérique en 3D qui permet de visualiser le bâtiment de manière réaliste ainsi faciliter la coordination entre les équipes multidisciplinaires en offrant une vue complète et précise de tous les aspects du bâtiment, cela réduit le risque d'erreurs de conception et de construction.

BIM 4D : La 4D inclut la dimension du temps aux 3 dimensions géométriques, l'intégration de cette donnée dans la maquette permet d'indiquer combien de temps sera impliqué dans l'achèvement du projet et ses perspectives d'évolution au fil du temps. Cela offre une approche holistique de la gestion de projets de construction, permettant de planifier et de gérer les différentes étapes de construction de manière plus précise ainsi offrir une collaboration transparente entre les parties impliquées.

BIM 5D : La dimension 5D du BIM intègre la donnée " coût " aux 4 dimensions précédentes qui sert donc à estimer les coûts basés sur les quantités de matériaux primordiaux de construction notamment prix d'achat, coût de mise en œuvre, coût de maintenance, prix de remplacement, etc. En outre, il est possible d'avoir une vue d'ensemble de la situation financière à un instant T du projet, ce qui contribue à une meilleure gestion économique des projets de construction et à une prise de décision plus informée.

BIM 6D : L'évaluation de la durabilité en tant que sixième dimension du BIM aborde tout ce qui concerne le développement durable d'un bâtiment existant ou récemment construit ainsi son analyse énergétique. Cette intégration offre la capacité à améliorer le processus de prise de décision, d'optimiser la performance énergétique, de diminuer les impacts environ-

nementaux, de faciliter la conformité et de gérer de manière efficace le cycle de vie du bâtiment, cela aide à rendre la construction de bâtiments plus économes en énergie et respectueux de l'environnement.

BIM 7D : La septième dimension du BIM prend en compte la gestion et la maintenance de la construction et englobe les informations et les données nécessaires pour gérer de manière performante le bâtiment, de sa construction à sa démolition. Cette inclusion a simplifié les processus de maintenance, de réparation et de remplacement des pièces pour les parties prenantes, offrant ainsi une gestion optimale des actifs, des équipements, des installations, des systèmes de ventilation, de chauffage, etc.

BIM XD : Le X représente toutes les données supplémentaires qui pourraient être fournies dans les années à venir.

[<https://biblus.accasofware.com/fr/dimensions-du-bim/>]

2.4 LES NIVEAUX DE MATURITÉ DU BIM

Le BIM a plusieurs niveaux de maturité qui représentent des étapes pour aller vers la modélisation collaborative de l'information. Par conséquent, il est construit sur plusieurs niveaux d'organisation (voir figure 2.2), selon l'utilisation au cours du projet, de l'utilisation très spécifique à l'intégration complète de tous les éléments et phases du projet dans le processus.

BIM Niveau 0 : Collaboration faible

Le niveau 0 ou " PRE-BIM " représente la gestion de projets de construction traditionnels sans l'utilisation de la technologie BIM. À ce niveau, le travail se fait en deux dimensions à l'aide d'un logiciel de conception assistée par ordinateur CAO ou d'une documentation papier. Pratiquement, aucun degré de collaboration en temps réel entre les parties prenantes du projet et l'échange de données sont majoritairement électroniques ou papier et sans interopérabilité, ce qui entraîne souvent des informations dispersées.

BIM Niveau 1 : Collaboration partielle

Le niveau 1 de maturité du BIM est un véritable premier pas vers le BIM partagé collaboratif. Ce niveau est également appelé " BIM isolé ", " BIM

solitaire " ou encore " lonely BIM ".

Cette première étape du processus collaboratif se caractérise par une combinaison de CAO 2D pour le dessin des plans et l'utilisation de maquettes numériques 3D pour la partie conception.

La coopération est ici partielle, car elle se déroule principalement en interne, uniquement au sein de l'entreprise de construction. Il consiste, entre autres, à l'utilisation d'un EDC, une plateforme de collaboration en ligne utilisée dans la phase 1 du BIM principalement pour communiquer des informations et généralement distribuer des plans 2D entre les parties prenantes. Ainsi que l'échange électronique de données se fait par l'intermédiaire d'un GED, souvent géré par une entreprise de construction. Il n'y a pas de collaboration interdisciplinaire, mais chaque profession maintient ses propres données ce qui produit des informations fractionnées et réinsérées.

BIM Niveau 2 : Collaboration complète

Le niveau 2 est le premier véritable niveau du BIM axé sur l'échange de données, qui se concrétise à travers l'utilisation des maquettes numériques. Il introduit deux nouvelles dimensions, à savoir la 4D par rapport à la gestion du temps et la 5D en rapport à l'analyse des coûts.

Il se caractérise par la mise en place de processus de travail collaboratif. Tous les participants au projet travaillent sur des modèles 3D distincts qui représentent différentes parties du projet qui se rejoignent finalement en un seul modèle composite. De cette manière, ils ont une vue d'ensemble de toutes les informations disponibles et peuvent ajuster les informations en conséquence, ainsi identifier les écarts éventuels à un ou plusieurs modèles et recevoir des mises à jour en temps réel. Cela permet de créer un modèle BIM unifié.

De plus, le travail se fait avec des objets " intelligents ". Ce ne sont plus de simples formes géométriques, mais de véritables composants de structures (portes, murs, fenêtres, escaliers, etc.) qui s'élaborent intelligemment ensemble. Par exemple, si vous placez le toit plus haut, les murs se développeront en conséquence. Outre la géométrie des composants, la base de données intègre des informations sur chaque composant qui ne sont pas visibles en 3D, telles que : modèle, identification, configuration, caractéristiques techniques, fournisseur, prix, etc.

À ce niveau, l'échange et le partage d'informations et de données s'effectuent par l'EDC dans un format de fichier commun afin que chaque organisation puisse combiner ces données avec ses propres données pour créer un modèle BIM centralisé et fédéré qui peut être interrogé. Par conséquent, le logiciel CAO/BIM utilisé par les deux parties doit pouvoir exporter vers l'un des formats de fichiers courants tels qu'IFC ou COBie.

BIM Niveau 3 : Intégration totale

Appelé " Integrated Building Information Modeling " (iBIM) ou encore "openBIM", il s'agit d'un processus de conception intégré basé sur une maquette numérique unique et évolutif hébergée sur un serveur central, accessible en temps réel par tous les acteurs du projet avec des droits d'accès individuels. Un modèle intègre ainsi toutes les dimensions d'un projet, y compris les informations commerciales, les principes durables, les objectifs de construction durable, les analyses de cycle de vie et les coûts des travaux pendant sa durée.

Le niveau 3 se caractérise par le partage d'un modèle unifié pour prendre en charge l'information et la collaboration. Cette collaboration peut se faire via le réseau d'une même entreprise ou via des réseaux distants d'entreprises différentes grâce aux deux serveurs. Il s'agit du serveur BIM (Archicad) ou du serveur Revit (Revit). Cela peut également être fait avec des plateformes CLOUD spéciales (Nuage BIM ou A360 COLLABORATION pour Revit). Dans ce cas, les services de partage de modèles incluent souvent des outils de collaboration avancés (communication, historique des changements, etc.), qui dans ce cas rapprochent le BIM du PLM (Product Lifecycle Management).

Le BIM de niveau 3, actuellement en phase expérimentale, est testé par une poignée d'entreprises dans de grands projets à travers le monde.

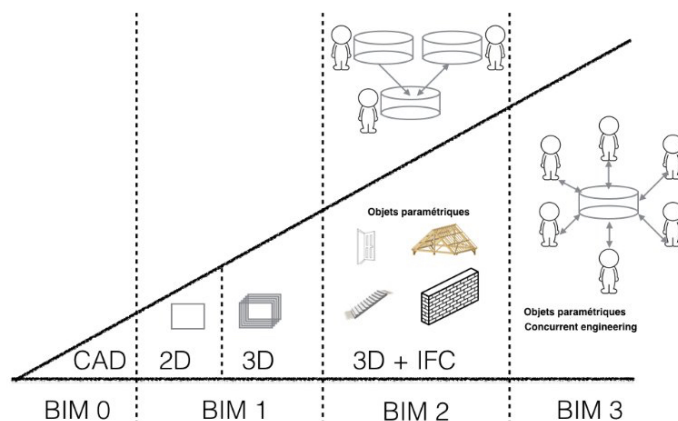


FIGURE 2.2 – Les niveaux de maturité du BIM

Source : <https://www.maquetenumerique.co/single-post/2016/04/15/le-bim-oui-mais-quel-niveau>

2.5 LES LOGICIELS DU BIM

Un logiciel compatible BIM permet de regrouper toutes les informations importantes et de les analyser ultérieurement. Les incohérences et les erreurs sont rapidement reconnues et corrigées au début de la phase de conception. Le résultat est une conception optimisée donnant la priorité au processus de construction et aux phases opérationnelles. Ces logiciels BIM sont classés en différentes catégories ;

- **Les logiciels de modélisation numérique BIM 3D :** La création d'un modèle numérique nécessite l'utilisation d'un logiciel de modélisation qui peut non seulement dessiner en 3D, mais aussi utiliser une variété d'informations pour identifier et caractériser l'objet créé. Certains couvrent une seule discipline, tandis que d'autres sont pluridisciplinaires, couvrant tous les métiers de la construction, tels que Revit, Vectorworks, etc.
- **Logiciels de coordination BIM :** Ces logiciels permettent de coordonner les modèles BIM des différentes disciplines (Architecture, structure, MEP) pour identifier les éventuels conflits et les affrontements entre les éléments de construction. Ils facilitent la collaboration et la résolution des problèmes avant la construction réelle. Navisworks d'Autodesk et Solibri Model Checker sont des exemples couramment utilisés.

- **Logiciels d'analyse BIM** : Ces logiciels permettent d'effectuer des analyses et des simulations avancées de modèles BIM, telles que des analyses énergétiques et environnementales, des simulations d'éclairage, des calculs de charges structurelles, etc. En effet, ils évaluent les performances et les caractéristiques d'un bâtiment avant sa construction. Certains logiciels d'analyse BIM populaires incluent Autodesk Insight, IES VE et DesignBuilder.
- **Logiciels de gestion de projet BIM** : Ces logiciels aident à gérer les informations et les flux de travail associés aux projets BIM. Ils peuvent inclure des fonctionnalités pour gérer les documents, les calendriers, les coûts, les ressources, la collaboration, etc. Les exemples courants incluent Autodesk BIM 360, Trimble Connect, Procore et Aconex.
- **Logiciels de visualisation BIM** : Ces logiciels permettent de créer des rendus réalistes, des animations et des visites virtuelles à partir des modèles BIM. Ils facilitent la communication et la présentation visuelle du projet aux clients, aux investisseurs et au grand public. Certains logiciels de visualisation populaires incluent Lumion, Enscape, Twinmotion, et Autodesk 3ds Max.

2.6 INTÉRÊTS, ENJEUX ET ATOUS DU BIM

Le BIM est une technologie qui est en train de révolutionner le secteur de la construction en raison de ses nombreux avantages. Cette approche innovante offre plusieurs intérêts pour les différents acteurs de l'industrie de la construction, en particulier les architectes, les ingénieurs, les entrepreneurs et les propriétaires de bâtiments. Les intérêts du BIM sont multiples, notamment :

- **Collaboration transparente** : Le BIM est une nouvelle méthode de travail collaborative et une excellente planification, qui permet à ces acteurs de travailler simultanément sur le même modèle numérique complet et précis, en améliorant la communication, la compréhension et la coordination des efforts. Toutes les informations du projet sont stockées dans un emplacement centralisé, ce qui facilite l'accès et le

partage d'informations et de conseils en temps réel, afin de prendre des décisions plus éclairées. En intervenant simplement dans le modèle, les modifications sont automatiquement appliquées sur le projet, évitant ainsi les divergences et les conflits.

- **Visualisation 3D** : Les modèles numériques créés par le BIM permettent aux clients et aux parties prenantes de mieux visualiser le projet et comprendre le plan, c'est comme s'ils marchaient dans le bâtiment réel, afin de faciliter le travail d'imagination. Cela permet de mieux contrôler la qualité de la construction et d'assurer le respect des normes et des réglementations applicables. Par exemple, les ingénieurs peuvent simuler les différentes contraintes techniques liées au bâtiment, telles que les charges et les études du sol. Ainsi que les propriétaires de bâtiments peuvent également bénéficier de modèles en trois dimensions pour gérer leur patrimoine immobilier.
- **Gain de temps et d'argent** : Le BIM est de plus en plus utilisé dans l'industrie de la construction pour assurer les conditions idéales de la réussite d'un projet, d'une manière rentable. Il peut détecter plus facilement les erreurs et les incohérences dans le projet, avant même le début de la construction, pour éviter les retards et les coûts supplémentaires. Il peut estimer très précisément la quantité de matériel essentiel, pour obtenir un projet parfait. Il est capable d'optimiser les ressources nécessaires, afin de réduire les coûts, les délais et les risques d'interruption d'activité, tout en améliorant la qualité du projet final.
- **Gestion du cycle de vie d'un bâtiment** : Cette technologie intelligente permet de mieux planifier les opérations de maintenance, d'une façon plus efficace et économique, de la conception à la réalisation. Grâce à la disponibilité des données pour tous les composants du bâtiment, le BIM a permis de gérer de manière optimale l'entretien et l'exploitation du bâtiment après la construction. En effet, le BIM peut aider à accroître la durabilité des projets, et prolonger la durée de vie des bâtiments et des infrastructures.

L'avenir du BIM est prometteur. Il s'agit d'un nouveau paradigme dans l'industrie de la construction, passionnant et enrichissant pour toutes les personnes impliquées. Dans de nombreux pays développés, les gouvernements imposent l'utilisation du BIM pour les projets publics. Mais malgré les avantages croissants en termes de productivité, de collaboration et d'économies, les implémentations du BIM sont confrontées à des défis importants, tels que :

- **Formation** : Le BIM n'était généralement pas enseigné dans le cadre du programme d'études. Pour utiliser efficacement les outils et techniques associés au BIM, les professionnels de la construction doivent suivre une formation et une éducation approfondies aux outils et aux processus du BIM, car il nécessite des connaissances spécifiques, tant au niveau technique que méthodologique, pour qu'ils puissent utiliser le BIM de manière optimale.

La formation est donc un enjeu très important en BIM, et doit être prise en compte dès le début du projet. Cela dotera toutes les personnes impliquées des compétences nécessaires pour tirer le meilleur parti de la maquette numérique, profitant ainsi de tous ces avantages.

- **Standardisation** : La standardisation du BIM est une étape importante dans son développement. Elle permet de définir des normes et des protocoles communs pour gérer et créer des données. Cela garantit la qualité et la cohérence des informations, et la compatibilité avec d'autres outils et systèmes utilisés dans l'industrie de la construction. En effet, cette technologie nécessite une standardisation et une adoption généralisée pour être efficace à grande échelle, en visant à améliorer l'interopérabilité entre les différents logiciels et dispositifs utilisés dans la construction. Il facilite également la transition vers le BIM pour les entreprises qui n'ont pas encore adopté cette façon de travailler.
- **Compatibilité des logiciels** : Les systèmes du BIM sont interopérables et intègrent avec d'autres technologies de construction, telles que les logiciels de planification de projet, les outils de gestion de la chaîne d'approvisionnement, les systèmes de gestion des coûts et les logiciels

de suivi de la qualité. Grâce au BIM, diverses nouvelles technologies déjà existantes ou à inventer peuvent être directement intégrées dans la maquette 3D.

Cette interopérabilité des systèmes BIM facilite la collaboration entre les différents participants au projet, pour créer un processus de construction efficace et rentable. L'interopérabilité est essentielle au succès de tout projet de construction, permettant aux entreprises de choisir la meilleure solution technologique pour leurs besoins spécifiques.

- **Coût et investissement** : Le BIM va générer des lourds investissements et entraîner de nombreux changements dans les habitudes des professionnels de la construction. Il est important d'encourager les entreprises et les gouvernements à utiliser le BIM pour mettre en œuvre la technologie et former les professionnels. Les avantages du BIM peuvent l'emporter sur ces coûts d'acquisition. Alors que l'industrie de la construction continue d'évoluer, les entreprises doivent suivre les dernières tendances et investir dans la technologie.
- **Sécurité** : L'utilisation du BIM peut être un outil efficace pour améliorer la sécurité des bâtiments et pour protéger la vie et la santé humaines. Les travailleurs devraient continuer à explorer les moyens d'utiliser le BIM pour améliorer la sécurité et réduire les risques d'accidents de chantier.
De plus, le BIM peut être utilisé pendant la phase de conception d'un bâtiment pour planifier l'emplacement des caméras de surveillance, des détecteurs de fumée et des alarmes, ainsi que des mesures préventives et interventionnelles pour atténuer ces risques. Cela augmente la couverture de sécurité du bâtiment et des utilisateurs finaux.
- **Respect de l'environnement** : Avec le BIM, les bâtiments peuvent être mieux conçus tout en respectant les normes environnementales. En outre, le BIM joue un rôle énorme dans la transition vers une économie plus durable et verte, en permettant une meilleure gestion des ressources, en minimisant l'impact environnemental des projets de construction, en identifiant les inefficacités énergétiques et en pro-

posant des solutions pour les corriger. Par exemple, l'orientation du bâtiment peut être optimisée pour maximiser l'apport de lumière naturelle et minimiser le besoin de climatisation, ainsi qu'en intégrant des systèmes de récupération des eaux pluviales ou de recyclage des eaux usées.

La modélisation des informations du bâtiment est un progrès, la complexité de l'espace de construction a été facilement gérée à l'aide du BIM, pour répondre aux défis actuels et futurs de l'industrie de la construction.

De plus, le BIM offre effectivement de nombreux atouts aux personnes impliquées dans la construction, comme : optimiser significativement le triptyque qualité/coût/délai, faciliter la communication et la collaboration entre les parties prenantes et gérer efficacement les données et les informations. Il est donc une méthode de travail incontournable pour ces professionnels qui veulent rester compétitifs sur un marché de plus en plus exigeant. Aussi, il est beaucoup plus rapide et beaucoup plus facile d'accéder à l'information, pour mieux prévoir et contrôler les flux de matériaux pour la gestion de la construction. Tout le monde peut être plus détendu et considérer ce qui peut et ne peut pas être changé. Nous améliorons les conditions de travail en réduisant les déplacements humains, réalisant le travail et la gestion à distance de manière parfaite et homogène et augmentant l'efficacité et la qualité. La technologie numérique n'a que des avantages.

En effet, avec le BIM, il y a énormément de dynamique dans la modélisation, mode de travail différent et respectueux, grand changement. Quoi qu'il en soit, les idées, la vision et l'ambition guident tout le travail, y compris les petits travaux de démantèlement que nous pourrions envisager demain, pour atteindre un niveau supérieur dans votre quête de sites de premier ordre et aller de l'avant pour viser des bâtiments prestigieux. Le BIM est une opportunité de se développer, c'est la valeur ajoutée pour le secteur de la construction.

2.7 LE BIM DANS LE MONDE

L'industrie de la construction, comme d'autres secteurs (Aéronautique, automobile, etc.) vit actuellement sa propre " révolution numérique " en pleine hype technologique. La modélisation numérique, la réalité virtuelle, l'IoT, l'IA et de nombreuses autres applications et innovations révolutionnent de plus en plus les outils et les processus de construction.

Lorsqu'il s'agit d'innovation dans la construction, il y a une réalité mondiale. Divers acteurs de cet espace se précipitent pour adopter le BIM comme outil stratégique. Cependant, l'adoption du BIM ne progresse pas au même rythme dans différentes parties du monde. Le Royaume-Uni, Singapour et les pays scandinaves apparaissent comme les plus avancés dans la mise en place de cette technique de collaboration disruptive, la rendant déjà obligatoire dans leurs projets, se limitant à émettre des guidelines. D'autres pays, en revanche, se limitent à publier des lignes directrices pour promouvoir et faciliter l'utilisation du BIM.

Retour sur la diffusion du BIM dans le monde, en se basant sur les différents pays des cinq continents.

Les pays européens :

- **France** : La France s'est engagée dans la digitalisation du secteur de la construction en utilisant des standards BIM pour les travaux de projets d'infrastructures. Depuis son apparition en 2010, le BIM, connaît un intérêt croissant des exploitants pour le bâtiment français et le gouvernement français qui n'a cessé d'encourager les entreprises du secteur à utiliser cet outil.

En 2014, ils ont commencé à développer 500 000 logements en utilisant le BIM. Il promet également un financement d'environ 20 millions d'euros pour améliorer pleinement l'industrie de la construction numérique. Puis, en 2016, le premier permis de construire BIM de France a été déposé pour un programme de logements de plus de 100 appartements locatifs sociaux. Enfin, en 2017, le recours au BIM est obligatoire pour les chantiers publics de plus de 100 millions d'euros. Cette obligation a été progressivement étendue à tous les projets publics depuis 2022. De plus, de nombreux acteurs de la construction utilisent le BIM

dans leurs projets, notamment les architectes, les ingénieurs et les entreprises de construction.

Malgré la forte croissance du marché de la construction, le gouvernement n'a pas encore mis en place de lois concernant son utilisation. En d'autres termes, les acteurs de la construction, qu'ils soient du secteur privé ou public, sont libres de développer ou non ce processus numérique au sein de leurs opérations. Le potentiel de développement de la modélisation des informations du bâtiment en France n'a pas encore atteint son apogée, car selon le PTNB, la mise en œuvre du BIM progresse relativement, lentement.

À l'avenir, tous les regards seront tournés vers les architectes, les bureaux d'études indépendants et les TPE-PME du bâtiment, car ces entreprises utilisent encore très peu le modèle d'information. Cependant, la France accuse un retard dans l'utilisation de la modélisation de l'information.

En matière de formation, des masters spécialisés en BIM proposés par de grandes écoles françaises (École des Ponts, ESTP, etc.) et plusieurs modules ont été intégrés dans d'autres formations généralistes (Centrale, Polytech, INSA, etc.).

- **Allemagne** : Les conflits et la mauvaise communication entre les autorités allemandes lors du processus décisionnel ont retardé la transformation numérique de l'industrie allemande de la construction. Le problème fondamental auquel ils sont confrontés est que la dernière décennie a vu une baisse de la rentabilité et une baisse du nombre de projets de construction. En 2015, les états avaient pour objectif de rendre le BIM obligatoire d'ici à 2020, mais comme l'Allemagne est un état fédéral composé de 16 états autonomes/semi-autonomes et des autorités locales, il a été difficile d'atteindre cet objectif. L'accent est désormais mis sur l'approche collaborative qu'offrent les nouvelles technologies à toutes les étapes de leur mise en œuvre et de leur construction. En 2016, ils ont lancé un projet pilote BIM pour numériser les projets de transport et depuis 2017, la méthodologie BIM est devenue obligatoire au niveau national pour les projets d'une valeur

plus de 100 millions d'euros.

Aujourd'hui, l'Allemagne est devenue une référence pour les méthodologies BIM en Europe. Environ 70 entreprises de construction allemandes utilisent le BIM. La plupart d'entre eux sont des cabinets d'architecture et de design qui utilisent principalement le BIM lors de la phase de conception de leurs projets.

Les pays scandinaves :

- **Danemark** : Le Danemark est l'un des pays les plus avancés au monde en matière de diffusion du BIM. En 2006, 50 % des spécialistes de la construction utilisaient le BIM sur leurs projets. Puis, en 2007, il a été le premier pays à légiférer sur le BIM et un premier règlement a été publié (Régulation 1365 votée à l'initiative de l'agence étatique Bygningsstyrelsen.) introduisant la collaboration des modèles 3D et la détection numérique des erreurs dans les projets de construction.

Ensuite, en 2008 et 2009, un projet de rénovation financé par l'état et un projet de logements sociaux sont passés chacun au BIM, et en 2011, le parlement danois étendra sa législation BIM à tous les projets locaux et régionaux d'une valeur ou égal à 2,7 millions d'euros ainsi les bâtiments gouvernementaux d'un volume d'au moins 677 000 d'euros. Enfin, en 2013, le Danemark a inclus les exigences de construction numérique dans ses « Réglementations TIC » désormais juridiquement contraignantes 118 et 119.

Quant à l'enseignement, les universités jouent également un rôle en ouvrant la voie et en enseignant aux étudiants le processus. L'université danoise de technologie propose un cours d'introduction au BIM dans le cadre de son master en génie civil, et propose désormais une formation sur les concepts avancés. Il en va de même pour l'école de design et de technologie de Copenhague, où des ateliers de formation pratique sont proposés.

- **Norvège** : La Norvège a été l'un des premiers pays d'Europe à adopter le BIM, ils l'ont rendu obligatoire dans tous les projets en 2009 et ont exigé des modèles BIM conformes à la SFI depuis 2010. Depuis 2010, elle utilise le BIM dans ses projets, notamment le format

de fichier IFC. Le protagoniste de ces avancées est l'organisation buildingSMART Norway, qui représente 25 % de l'industrie norvégienne de la construction.

Depuis 20 ans, l'organisation travaille sur une campagne de vulgarisation de la maquette numérique et de digitalisation du métier d'ingénieur. En 2015, la cellule a piloté la mise en ligne d'une base de données répertoriant les différents usages du BIM dans l'industrie. En matière de marchés publics, l'intégration du BIM était un élément clé de la feuille de route de l'agence Statsbygg. L'agence gouvernementale responsable de la gestion immobilière a été l'une des premières à développer le BIM en Norvège, faisant d'IFC la référence du projet. Elle a également été la première à mandater le BIM dans tous les contrats publics de maîtrise d'ouvrage en 2010. Et en 2013, l'agence a supervisé la publication d'un "manuel" (version 1.2.1) répertoriant les exigences et les formats recommandés qui s'appliquent à chaque activité.

Les Pays anglo-saxons :

- **États-Unis :** Les États-Unis ont été les pionniers du développement du BIM. C'est le seul pays au monde où ce mode de construction fait partie de l'architecture traditionnelle. En fait, bien qu'il ait été initialement développé et introduit dans les années 1970 dans l'industrie de la construction, mais sa véritable adoption a eu lieu dans les années 90 et ce n'est qu'en 1997, avec la première version du format IFC, que l'industrie américaine a pris pleinement conscience de l'importance d'utiliser cette modélisation de l'information. Certainement, tous les états ne l'exigeaient pas, mais il sera introduit au fil du temps. En 2010, le Wisconsin était le premier état à exiger le BIM pour tous les projets publics avec un budget total d'au moins 5 millions de dollars et toutes les nouvelles constructions avec un budget de 2,5 millions de dollars ou plus.

Cependant, ce n'est qu'au cours des trois dernières années que l'application des modèles de données est devenue plus efficace. Aux États-Unis, la mise en œuvre de la numérisation dans le secteur de la construction a été lente, car elle est sous une forme expérimentale. Des solutions et des correctifs à long terme attendent toujours. Alors que les

entrepreneurs, les architectes et les développeurs explorent le concept de BIM et les processus impliqués, le terme lui-même a été remis en question et débattu, et des alternatives telles que l'environnement virtuel du bâtiment ont également été envisagées.

Les États-Unis sont les uns des plus grands marchés de la construction au monde, avec plus de 1,1 milliard de dollars de dépenses en 2017.

L'augmentation des populations urbaines et l'augmentation des dépenses publiques créent de grandes perspectives pour l'industrie de la construction, en particulier celle qui se spécialise dans les dernières avancées technologiques.

- **Royaume-Uni** : Le Royaume-Uni restera le leader incontesté de l'adoption du BIM dans la construction en 2021 par rapport aux autres pays européens, selon le dernier classement de Plan Radar sur l'adoption du BIM en Europe.

Le Royaume-Uni compte le plus grand nombre d'entrepreneurs utilisant le BIM au niveau 2 ou supérieur. Il demeure un chef de file dans l'utilisation précoce et la mise en œuvre du BIM dans les projets de construction. Tout a commencé par la reconstruction de l'aéroport d'Heathrow dans les années 1980 et a vu une augmentation progressive de l'adoption du BIM dans divers projets, à la fois en nombre et en complexité. En 2007, des normes ont été élaborées pour minimiser l'intégration du BIM dans l'industrie de la construction.

En 2011, le conseiller en chef de la construction du gouvernement britannique, Paul Morrell, a appelé à l'introduction du BIM dans les projets de construction gouvernementaux. Puis en 2016, le gouvernement a mandaté le BIM niveau 2 pour tous les projets publics. Toutes les constructions gouvernementales doivent utiliser le BIM et inclure toutes les informations sur les actifs, la documentation et les autres données du projet. L'utilisation du BIM est recommandée, mais pas obligatoire, pour les projets privés.

Selon une enquête du National Bureau of Standards, 73 % des entreprises de construction connaissent la technologie BIM et l'utilisent dans leurs projets.

- **Singapour** : Depuis 2015, l'autorité de la construction de Singapour " BCA " a débuté par vulgariser le BIM dans tous les projets publics. Notamment, le gouvernement a alloué un budget de 250 millions de dollars pour sa mise en œuvre. L'organisation BCA a rendu le BIM obligatoire pour tous les projets de plus de 5 000 m² et depuis lors, la productivité a considérablement augmenté pour tous les projets de construction.

En 2010, la même institution a lancé une application électronique pour les demandes de permis de construire. Singapour est le seul pays au monde avec une acquisition 100 % automatisée des permis de construire pour les projets de plus de 5 000 m².

- **Australie** : L'industrie de la construction contribue de manière significative à la croissance économique de l'Australie. Environ 7,8 % du produit national brut provient de l'industrie de la construction. Pour rendre les processus de construction plus efficaces, les professionnels appliquent la modélisation des données. L'utilisation du BIM reste irrégulière en raison de l'absence d'une approche cohérente. Peu d'entreprises privées appliquent le modèle d'information. Cependant, il n'y a pas de cohérence. En 2016, le gouvernement a demandé à un groupe de travail sur les infrastructures intelligentes de mettre en œuvre avec succès un modèle de données pour tous les projets publics d'une valeur supérieure à 50 millions de dollars.

Chaque département en Australie a son propre processus et sa propre stratégie qui fonctionne indépendamment des autres départements. Par exemple, depuis 2019, l'état du Queensland a rendu l'approbation obligatoire pour tous les projets publics de plus de 31 millions d'euros.

Cependant, la confusion règne dans la chaîne d'approvisionnement alors que les entreprises ont du mal à comprendre les différentes approches, processus et exigences d'information de chaque département et état.

Quelques autres pays :

- **Émirats Arabes Unis :** L'EAU, connaît une forte croissance en termes d'urbanisation ou d'économie en général. Beaucoup de grands projets sont construits en mode BIM sans que ce soit obligatoire. En 2014, le gouvernement a rendu l'initiative obligatoire pour tous les projets de plus de 40 étages. La mise en œuvre du modèle d'information est lente, mais la volonté de le mettre en œuvre est grande.
- **Chine :** Le BIM a été introduit en Chine en 2001, mais son adoption n'a augmenté de manière significative que depuis 2016. Les professionnels de l'AEC et plusieurs organisations ont adopté des pratiques avancées de mise en œuvre du BIM pour promouvoir la croissance et la numérisation. Le BIM est devenu un élément clé et est désormais utilisé dans la plupart de leurs projets. Même le gouvernement chinois est très intéressé par la politique de mise en œuvre des modèles de données. Ils ne l'ont pas encore exigé, mais son utilisation est positivement encouragée. La Chine est une grande économie, mais l'industrie de la construction est très fragmentée au niveau régional. Malgré l'enthousiasme du gouvernement pour le BIM, aucun mandat BIM n'a encore été formulé.

Le monde qui nous entoure évolue technologiquement chaque jour. Avec la dynamique croissante de l'urbanisation et des villes intelligentes, tous les grands pays du monde commencent à prêter attention au modèle d'information. En adoptant le BIM, un pays peut construire une base d'infrastructure solide et donner l'exemple aux autres pays. Le marché du BIM est évalué à 8,89 milliards de dollars en 2020, il a donc encore une marge de croissance et devrait atteindre 23,2 milliards de dollars d'ici 2026.

[https://www.lodj.ma/Le-BIM-entre-obligation-et-encouragement-un-etat-des-lieux-du-BIM-dans-le-monde-15-pays_a41644.html]

2.8 LE BIM EN ALGÉRIE

Le BIM est de plus en plus utilisé dans le monde entier et les entreprises qui maîtrisent cette technologie ont un avantage concurrentiel évident. Mais en Algérie, le BIM n'est pas d'actualité et il reste encore peu répandu, alors

qu'il est déjà utilisé dans certains projets de construction, sauf que les entreprises qui l'utilisent sont généralement celles qui ont des partenaires étrangers qui leur imposent cette méthode de travail, notamment :

- Le centre commercial Bab Ezzouar a été conçu par l'architecte Philippe Weber, créateur du centre commercial et des loisirs genevois "La Praille", en collaboration avec Olivier Poupard, gérant algérien de la société française BEG Ingénierie. La construction a été réalisée par le groupe Valartis.
- Le projet de tramway d'Alger a été créé par SETRAM, une société algérienne pour gérer et exploiter le réseau de tramway algérien. La SETRAM a été créée dans le cadre d'un partenariat entre l'Algérie et la France impliquant plusieurs sociétés françaises telles que la RATP et Alstom.

Bien que son utilisation en Algérie soit encore limitée en raison de la disponibilité restreinte de logiciels et d'outils BIM, ainsi que de la persistance des méthodes traditionnelles, les perspectives d'avenir sont encourageantes. De nombreux événements, conférences et séminaires ont été organisés à Alger et dans d'autres wilayas du pays pour sensibiliser et former les professionnels du secteur à cette méthodologie innovante. Ces initiatives ont été marquées par la participation d'experts nationaux et internationaux, soulignant l'intérêt croissant pour le BIM en Algérie.

Parmi ces événements, le premier BIM événement à Alger en 2010 a ouvert la voie en rassemblant des experts locaux et en introduisant cette méthodologie novatrice dans le secteur de la construction en Algérie. Les années qui ont suivi ont été marquées par une série d'événements cruciaux.

En 2015, un événement BIM majeur a été organisé par URBAN ALTERNATIVES, en partenariat avec l'institut de formation IP-FIG Archimed Concept et le magazine VIES DE VILLES. Cette année a été un tournant, mettant en lumière l'intérêt croissant pour le BIM en Algérie, tandis qu'en 2016, le Salon BATIMATEC a été l'occasion de présenter la maquette numérique du BIM au secteur du bâtiment en Algérie. Les avantages po-

tentiels du BIM dans la réduction des coûts et l'amélioration de la gestion de projet ont été mis en évidence lors de ce salon.

L'année 2018 a été marquée par l'événement BIM EL-DJAZAÏR, qui a joué un rôle essentiel en stimulant les discussions et en présentant les perspectives du BIM. Enfin, en 2021, lors de la conférence au Salon BATIMATEC, les progrès réalisés dans l'adoption du BIM ont été consolidés, permettant aux acteurs du secteur de partager leurs connaissances et leurs expériences. Parallèlement, l'engagement manifeste de l'université algérienne envers le BIM, avec son intégration dans le cursus d'architecture dès 2017, témoigne d'un avenir prometteur pour l'efficacité et la qualité des projets de construction en Algérie. [<https://prescripteur.info/site/3918/les-bim-day-s-font-leur-entree-en-algerie>]

L'Algérie a un fort intérêt à adopter le BIM dans tous les projets, qu'ils soient publics ou privés, offrant un véritable outil d'aide à la décision pour le secteur du BTPH, ainsi, il peut être un département véritablement compétitif et productif. L'utilisation du BIM est susceptible d'augmenter en Algérie dans les années à venir. De plus, le développement du BIM a le potentiel de positionner l'Algérie comme un acteur majeur de l'industrie africaine de la construction.

2.9 LE BIM, UN MODÈLE ÉCONOMIQUE «GAGNANT-GAGNANT»

Sans repenser fondamentalement à la façon dont nous concevons et construisons, notre industrie aura de plus en plus de mal à inverser la courbe de productivité et à améliorer ses performances. Heureusement, une solution de travail est déjà disponible pour les personnes intéressées : le BIM.

Cette solution est utilisée très tôt dans le projet, avant même que le bâtiment sorte de terre, le bâtiment et ses composants techniques sont virtuellement incarnés dans une maquette numérique 3D. En adoptant une approche BIM, les sources d'erreurs peuvent déjà être identifiées lors de la phase de conception et corrigées plus facilement.

Un processus BIM n'a de sens que si tous les acteurs du projet en béné-

ficient. Chaque partie prenante travaille pour atteindre des objectifs communs dans la planification, la construction et l'exploitation du bâtiment. Chaque acteur veut atteindre non seulement les objectifs communs du projet, mais aussi les objectifs spécifiques de son domaine d'expertise.

Les outils et le processus BIM offrent un large éventail de possibilités. Ils facilitent la collaboration ainsi que les méthodes et la recherche. De nombreuses applications ont pertinentes pour toutes les personnes impliquées dans la conception, la construction et l'exploitation des bâtiments, telles que les mesures laser des bâtiments existants, les visites virtuelles, les comparaisons d'offres concurrentielles, l'analyse thermique, l'industrialisation, la gestion des actifs, etc.

L'absence du BIM peut avoir plusieurs conséquences négatives pour les projets de construction, notamment :

- Une conception moins précise ; les conceptions doivent utiliser des dessins 2D, ce qui peut conduire à des erreurs et à des incohérences dans les plans de construction.
- Manque de détails et d'informations (pas de travail collaboratif).
- Augmentation des coûts et des délais grâce à la mauvaise planification et à la gestion de projet moins efficace.
- Retards importants dans le calendrier des travaux.
- La coordination plus difficile entre les différents corps de métier sur un chantier.
- Échec du calendrier d'achèvement et échec de l'atteinte de l'objectif.
- Des risques peuvent être mal évalués, ce qui peut entraîner des accidents de sécurité.
- La difficulté de suivre les modifications apportées au bâtiment au fil du temps.
- Coûts supplémentaires pour la démolition et la reconstruction.
- Une mauvaise gestion énergétique du bâtiment

En somme, l'absence du BIM peut entraîner des coûts importants à toutes les étapes du cycle de vie d'un bâtiment ou d'une infrastructure, de la

conception à la maintenance. C'est pourquoi de plus en plus de professionnels de la construction adoptent le BIM pour assurer le succès du projet dans son ensemble.

Pour mieux comprendre ces conséquences négatives, nous avons donné l'exemple d'un projet réalisé en Algérie sans l'utilisation du BIM ; le stade Hocine Ait Ahmed de Tizi-Ouzou.

Le stade Hocine Ait Ahmed de Tizi-Ouzou :

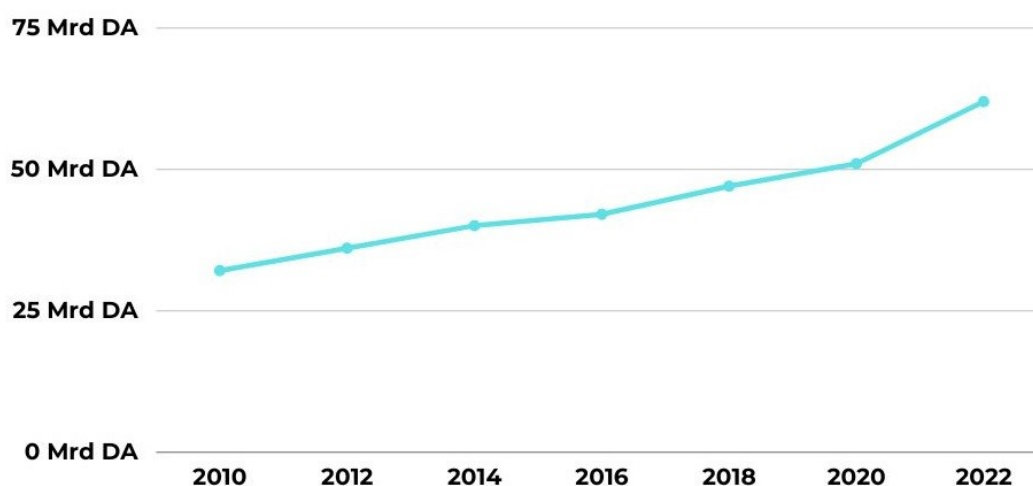
Le stade Hocine Ait Ahmed aura d'une capacité de 50 000 places. L'estimation initiale était de 32,4 milliards de DZD. Les travaux de construction ont commencé le 15 mai 2010 et se poursuivent à ce jour, avec un achèvement était prévu pour 2014. Plus de 9 ans plus tard,



FIGURE 2.3 – le stade Hocine Ait Ahmed

le stade n'est toujours pas achevé en raison de retards. Le coût final de construction est estimé à 62 milliards de DZD, une augmentation de 91,35 % par rapport au coût initial.

[<https://lagazettedufenne.com/nouveaux-stade-de-tizi-ouzou->]



L'inflation des coûts de la réalisation du stade de Tizi-Ouzou

FIGURE 2.4 – L'inflation des coûts de la réalisation du stade Hocine Ait Ahmed.

Source : <https://www.reporters.dz/le-nouveau-stade-de-tizi-ouzou/>

Voici un exemple d'un projet réalisé en utilisant le processus BIM ; stade du Juventus Football Club en Italie.

Stade du Juventus Football Club :

Allianz Stadium a été construit en juin 2009 et inauguré le 8 septembre 2011, selon les principes de construction les plus modernes et a été conçu pour assurer aux spectateurs une expérience unique. Il dispose d'une capacité de plus de 41 500 places, dont 4 000 places Premium à haut niveau de confort.



FIGURE 2.5 – Stade du Juventus Football Club

L'utilisation du BIM a permis de réduire le coût de la réalisation jusqu'à 155 millions d'euro, environ 16 milliards de DZD à l'époque.

[www.juventus.com]

Remarques :

- Le coût initial estimé du stade Hocine Ait Ahmed est le double du coût de construction du stade Juventus, considéré comme l'un des plus beaux stades d'Europe.

L'histogramme ci-dessous montre la différence des coûts entre les deux stades.

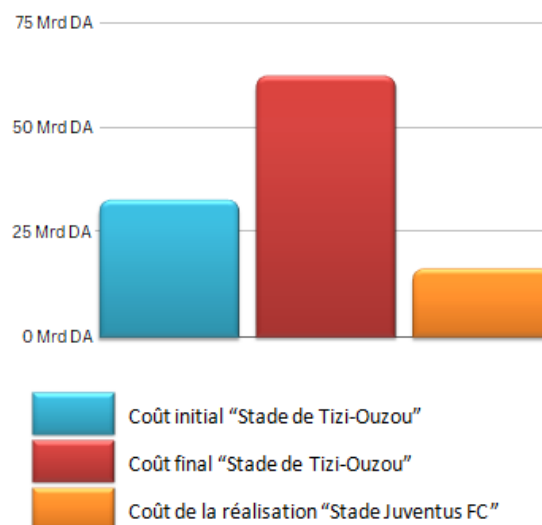


FIGURE 2.6 – La différence des coûts entre les deux stades.

- Le stade Juventus FC a mis exactement 2 ans et 4 mois à construire, tandis que le nouveau stade Tizi-Ouzou en est déjà à sa treizième année de construction et n'est pas encore achevé.

Selon **Christophe Lheureux**, le directeur délégué à l'Innovation et au Bâtiment Intelligent Top 10 BIM Influencer 2019 : « Le BIM est un investissement d'avenir. Construire est compliqué, et construire sera de plus en plus compliqué. Face aux objectifs légitimes fixés à un horizon somme toute très proche (zéro émission de GES à horizon 2050 dans le bâtiment selon les orientations fixées dans la Stratégie Nationale Bas Carbone), la meilleure construction est celle qu'on ne construit pas. Pour autant, les besoins existent, il faut donc " cocher toutes les cases " pour des bâtiments performants : carbone, qualité de l'air intérieur, biodiversité, performance d'hiver, confort d'été, qualité d'usage, sobriété énergétique... et bien d'autres encore et tout cela évidemment, en maintenant un coût de construction raisonnable. Construire est un jeu à exigences multiples, parfois complémentaires, parfois contradictoires. L'intelligence humaine seule ne peut trouver la bonne réponse, ni même la moins pire.

Dans ce contexte, je milite pour l'émergence d'un " Environnement Intégré de Conception Numérique ", un système dans lequel les maquettes numériques du projet, base de données du projet, seront injectées, bien modélisées et bien renseignées, cela va de soi, et qui offrira au maître d'ouvrage, un tableau de bord de son ouvrage : surfaces, coût de construction, coût global, poids carbone, coefficient de biotope, taux de COV... »

[<https://fr.linkedin.com/pulse/le-bim-est-il-rentable-christophe-lheureux>]

Il est difficile de dire combien coûtera la mise en place du BIM, mais le BIM est obligatoire pour les bâtiments gouvernementaux au Royaume-Uni. Le cabinet de conseil PwC a mené une étude sur les bénéfices du BIM dans le secteur public, pour le compte du gouvernement britannique. Ils ont interrogé toutes les parties prenantes, comparées leurs activités avec BIM et sans BIM, et calculé le gain financier du BIM.

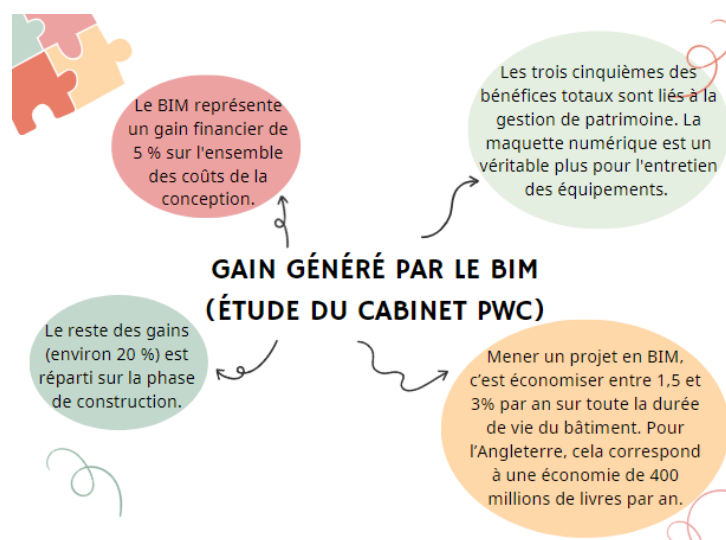


FIGURE 2.7 – Étude du cabinet PWC sur le gain généré par le BIM

Source : <https://www.lesechos.fr/industrie-services/immobilier-btp/le-bim-2022-demarre-la-numerisation-de-la-construction-236357>

Si le coût de l'implémentation du BIM n'a pas été intégré au calcul, l'étude met en avant les bénéfices du BIM sur le long terme. Pour le marché des infrastructures anglaises, qui a représenté 31 milliards de livres en 2017, le gain de 400 millions de livres est significatif! [<https://www.biminnovation.fr/le-blog-bim/combien-le-bim-vous-fait-il-gagner>]

L'étude publiée dans Engineering News-Record est portée sur les directeurs de travaux, les entreprises spécialisées et les entreprises générales dont les projets représentent une valeur annuelle d'au moins 50 millions de dollars. Cela met en évidence les avantages que ces entreprises ont réalisés en intégrant le BIM dans leurs processus. Les résultats sont agrégés comme suit :

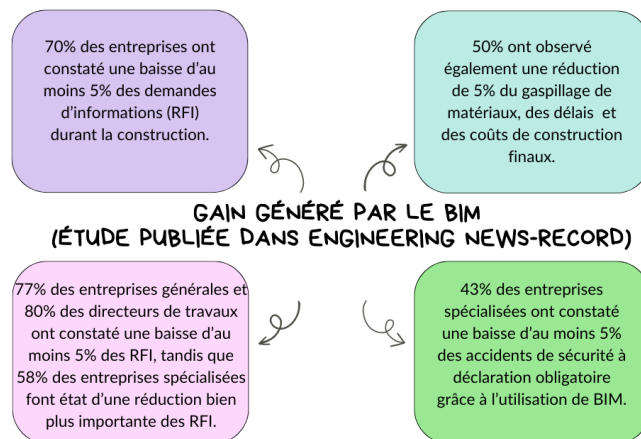


FIGURE 2.8 – Etude publiée dans Engineering News-Record sur le gain généré par le BIM

Source : <https://construction.trimble.com/fr/resources>

Les données ci-dessus montrent clairement que le processus BIM contribue à améliorer les phases d'estimation, de planification et de conception détaillée d'un projet, on permettant de créer des modèles 3D efficaces et extrêmement détaillés utilisés pour la planification et l'exécution des projets de construction difficiles. Afin de générer des gains d'efficacité et d'augmenter les bénéfices et la rentabilité.

Pour résumer, le processus BIM peut donc être considéré comme un modèle économique « GAGNANT-GAGNANT ».

2.10 CONCLUSION

Le BIM est une solution révolutionnaire qui est capable de résoudre une grande partie de secteur de construction en Algérie grâce à ses nombreux bénéfices liés à l'adoption de cette technologie innovante. Malheureusement, l'Algérie accuse toujours un retard dans l'adoption du BIM malgré son essor dans le monde entier.

Dans un monde où rien n'est figé. Tout est en constante évolution donc il est nécessaire de s'adapter sans cesse.

3.1 CARTE D'INFORMATION

1. Équipe d'encadrement :

Encadrant : Pr OUKACHA Brahim.

Spécialité : Recherche opérationnelle

Co-encadrant : Mr BENAMOR Lyamine.

Spécialité : Architecture

2. Équipe de projet :

Équipe de projet	Faculté	Spécialité
Étudiante 01 : DEHRI Lilia	Sciences	Recherche Opérationnelle
Étudiante 02 : BOUZOURENE Lynda	Sciences	Recherche Opérationnelle
Étudiante 03 : SAIGH Sabah	Sciences	Recherche Opérationnelle

3.2 PREMIER AXE : PRÉSENTATION DU PROJET

3.2.1 L'idée de projet

Le secteur de la construction en Algérie est en mauvais état et confronté à de multiples défis, tels que la pénurie de matériaux de construction, la mauvaise qualité des infrastructures, le manque de réglementation et de transparence exacerbe la situation, la corruption et les pratiques néfastes, les contraintes budgétaires, etc.

De là, l'idée est venue à l'un des professionnelles de construction en Algérie, notre co-encadrant Monsieur BENAMOR Lyamine, un cadre supérieur d'étude et un ingénieur en architecture qui a partagé son idée avec notre encadrant Professeur OUKACHA Brahim pour la développer et puis il nous l'a proposé pour la réaliser.

En tant qu'étudiantes en recherche opérationnelle, compétentes en modélisation et en optimisation, nous avons trouvé que cette idée est parfaite, car c'est la meilleure solution pour le domaine de la construction.

En effet, l'idée de notre projet est de digitaliser le secteur du BTPH à travers l'implémentation du BIM. Ainsi qu'offrir un service complet et unique aux professionnels de la construction en Algérie.

Le BIM est la solution révolutionnaire pour tous les problèmes de construction en Algérie, en offrant une approche intégrée de la conception, de la construction et de la gestion des bâtiments.

3.2.2 Les valeurs suggérées

Il s'agit d'une large gamme de services liés au BIM qui apportera de la valeur aux professionnels de la construction en Algérie.

La technologie BIM apporte une valeur ajoutée significative à tous les niveaux, car elle constitue une source d'information unique qui peut être mise à profit tout au long de la durée de vie du bâtiment. Cette valeur réside dans sa capacité à coordonner toutes les données d'un projet, depuis sa conception à sa mise en œuvre, ainsi que dans sa capacité à programmer les opérations de maintenance associées. En effet, L'ensemble du processus de création d'un ouvrage est contrôlé numériquement et de manière cen-

tralisée, en utilisant une approche qui favorise une interaction efficace et un échange de données transparent et automatisé entre toutes les parties prenantes d'un projet.

Passer à un modèle de données dans le cadre de notre projet offre un avantage majeur, pour toutes les parties prenantes impliquées. Cette approche a des implications et des rendements positifs pour l'ensemble de la chaîne dans le cadre de la réalisation du projet, nous soulignons avant tout la plus-value qu'apporte la politique du modèle d'information aux bureaux d'études et divers maîtres d'ouvrage.

Concernant les bureaux d'études :

- Gagner en productivité et en délais.
- Visualiser ses projets plus facilement.
- Améliorer la qualité de la prestation.
- Élargissement du capitale expérience des ressources humaines.

Concernant les différents maîtres d'ouvrage :

- Démarrer le projet sur de bonnes bases.
- Réduire les coûts et les délais de réalisation.
- Contrôle optimisé de la qualité et des risques.
- D'aider à la gestion, l'exploitation et la maintenance.
- Diminuer les retards et les erreurs.
- Économie d'énergie d'un bâtiment.

En plus de ces aspects, le BIM offre des atouts considérables lors de la phase « exploitation » du bâtiment. Par exemple, l'optimisation du fonctionnement des systèmes techniques à travers plusieurs mesure telles que :

- Suivre les températures.
- Suivre les charges électriques d'équipements.
- Gérer la régulation prédictive.
- Mettre en place une maintenance prédictive.

- Préparer les spécifications et les derniers manuels techniques pour chaque appareil.
- Émettre des alertes lorsque des seuils (température, consommation, etc.) sont franchis.

3.2.3 L'équipe

L'équipe du projet est composée de trois étudiantes en Master 2 Recherche Opérationnelle

Le rôle des membres est :

1. **Mlle DEHRI Lilia** : BIM Manager.
 - Définir et mettre en œuvre la stratégie BIM.
 - Gérer le changement et encadrer une équipe.
 - Assurer la qualité des livrables et des échanges.
 - Échanger et transmettre des informations.
 - Détection et contrôle des conflits.
 - Veiller à la veille technologique et réglementaire.
2. **Mlle SAIGH Sabah** : Responsable de la gestion interne.
 - Gestion des ressources humaines.
 - Contrôle interne des processus.
 - Planification stratégique.
 - Gestion financière.
 - Gestion des fournisseurs et des partenaires.
 - Communication interne.
3. **Mlle BOUZOURENE Lynda** : Responsable de la gestion externe.
 - Relations clients.
 - Partenariats stratégiques.
 - Veille concurrentielle.
 - Marketing et communication.
 - Gestion des contrats.
 - Gestion de la réputation.

3.2.4 Le nom et le logo

Le nom :

" VisuBuild " est un nom judicieusement choisi pour notre start-up spécialisée dans l'accompagnement de la mise en œuvre du BIM. Cette appellation combine habilement les termes " VISUAL " (Visuelle) et " BUILD " (Construire) pour créer un nom à la fois descriptif et mémorable.

La présence du mot " VISUAL " dans le nom suggère immédiatement l'importance accordée à la dimension visuelle dans le domaine de la construction. Cela indique que la start-up se consacre à la création de représentations visuelles détaillées et précises des projets de construction, ce qui est essentiel dans la mise en œuvre du BIM.

De plus, l'inclusion du mot " BUILD " dans le nom renforce encore cette idée et affirme clairement que la start-up est profondément impliquée dans le secteur de la construction, en offrant un accompagnement essentiel pour intégrer avec succès les principes du BIM dans les projets.

En résumé, " VisuBuild " est un nom de start-up qui communique efficacement l'objectif principal de l'entreprise : fournir une expertise en matière de mise en œuvre du BIM avec une attention particulière à la visualisation, ce qui en fait un choix attrayant pour les acteurs de l'industrie de la construction en quête d'une assistance précieuse dans cette transition technologique clé.

Le logo :

Notre logo, qui met en scène un graphe composé d'arcs en rouge et gris, est une représentation visuelle qui évoque notre engagement envers le BIM. Les arcs, avec leurs connexions complexes, symbolisent la structure interconnectée des données et des informations dans le domaine du BIM. La couleur rouge symbolise la vitalité et l'enthousiasme que nous investissons dans notre travail tandis que le gris symbolise la robustesse, la précision et la stabilité intrinsèques au BIM.

Ces choix de couleurs reflètent notre détermination à apporter une touche d'innovation et de fiabilité au secteur de BTPH.

Notre logo est ainsi le reflet de notre dévouement envers l'efficacité, la précision et l'innovation, et témoigne de notre volonté de révolutionner le secteur de la construction grâce à la mise en œuvre du BIM.



FIGURE 3.1 – Le logo

3.2.5 Emplacement et installation

VISUBUILD aura son siège social à Tizi-Ouzou, où le coût d'exploitation d'une start-up est relativement faible par rapport à d'autres grandes villes.

3.2.6 Les objectifs du projet

- Introduire et promouvoir l'utilisation du BIM dans le secteur de BTPH en Algérie.
- Devenir les leaders pour la promotion du BIM dans le pays.
- Développer des solutions spécifiques à l'Algérie en utilisant le BIM.
- Démontrer à l'état que le BIM est une obligation pour développer le domaine de la construction en Algérie.
- Rester toujours les premiers et les meilleurs qui offrent ce service dans le marché algérien en accompagnant les bureaux d'études, les maîtres d'ouvrage et les entreprises de réalisation à maîtriser le BIM perfectionnement.
- A moyen terme, nous visons à avoir trois BIM managers.
- Notre start-up a pour ambition de développer plusieurs filiales à l'échelle nationale et internationale.
- À l'avenir aider d'autres pays qui n'ont pas encore adopté la technologie BIM, en numérisant leurs secteurs de construction. Tels que : Tunisie, Vietnam, Nigeria, Pakistan. . .

3.2.7 Le planning de réalisation du projet

Phase du Projet	Durée estimée	Date de début	Date de fin
Études préalables avancées	5 mois	01/11/2023	01/04/2024
Formation (BIM Manager)	1 an	01/02/2024	01/02/2025
Location d'un local et création d'un site web	1 mois	01/04/2024	01/05/2024
Signature des contrats pour les consultants	9 mois	01/04/2024	01/01/2025
Achat de matériel de travail	1 mois	01/01/2025	01/02/2025
Acquisition de logiciels BIM	1 semaine	01/02/2025	06/02/2025
Mise en place de l'infrastructure informatique	1 mois	08/02/2025	08/03/2025
Développement des normes et des processus BIM	1 mois	09/03/2025	09/04/2025
Pilote du projet BIM	3 mois	09/03/2025	09/06/2025
Évaluation et ajustements	7 semaines	10/06/2025	01/08/2025
Suivi et maintenance	-	01/08/2025	-

TABLE 3.1 – Planning du projet

3.3 DEUXIÈME AXE : ASPECTS INNOVANTS

3.3.1 La nature des innovations

La nature d'innovation de notre projet réside dans son caractère innovant sur le plan du marché. Il présente des services innovants qui tirent parti d'une technologie de pointe, en l'occurrence le BIM, une avancée complètement absente du paysage local jusqu'à maintenant. Notre innovation réside dans notre approche axée sur le marché, qui repose sur deux piliers majeurs :

- Premièrement, notre engagement inébranlable est de répondre de manière exhaustive aux besoins spécifiques du marché algérien grâce à une gamme de services inédite. Notre démarche s'appuie sur une compréhension approfondie des réalités locales, permettant ainsi de proposer des solutions sur mesure pour nos précieux partenaires.
- Deuxièmement, nous traçons la voie vers l'avenir en proposant un programme de formation avancé dédié à la modélisation des informations du bâtiment. Conçu avec une précision exquise pour les entreprises en Algérie, ce programme représente une occasion unique pour développer des compétences pointues dans le domaine du BIM, renforçant

ainsi la compétitivité de nos partenaires sur la scène nationale.

Notre start-up se distingue par sa spécialisation dans l'accompagnement de la mise en œuvre du BIM en Algérie, une démarche pionnière qui remodèle les normes de l'industrie locale de la construction. En fusionnant une expertise technique inégalée, une vision prospective et une adaptation sur mesure aux besoins spécifiques du marché algérien, nous sommes déterminés à jouer un rôle moteur dans la transformation et la modernisation de ce secteur clé.

3.3.2 Les domaines d'innovation

Les aspects innovants de notre projet résident dans les points suivants :

- Il s'agit du premier projet en Algérie basé sur l'utilisation de la technologie BIM dans le processus de construction.
- Cette technologie est une nouvelle manière de travailler qui augmente l'efficacité et la rentabilité des projets de la construction.
- L'adoption du BIM en Algérie apporte une renaissance au secteur du BTPH.
- Nouvelles fonctionnalités en fournissant des services uniques, innovants et intelligents.

3.4 TROISIÈME AXE : ANALYSE STRATÉGIQUE DU MARCHÉ

3.4.1 Le segment du marché

Marché potentiel : C'est toute personne qui souhaite construire un bâtiment en utilisant le BIM, comme les propriétaires d'immeubles.

Marché cible : Le secteur du BTPH ; ce sont tous les professionnels de la construction en Algérie qui auront besoin du BIM dans leurs projets pour les réaliser dans des conditions idéales, en profitant des avantages de cette technologie innovante. Tels que : les maîtres d'ouvrage (COSIDER, EMA, ANESRIF...), les bureaux d'étude (CNIC, BEREP, BEREG...) et les entreprises de réalisation.

3.4.2 La mesure de l'intensité de la concurrence

Le seul concurrent sur le marché algérien fournit des services secondaires : INTTELISOLUTIONS.

- Leurs points forts : Leur ancienneté sur le marché algérien.
- Leurs points faibles : Ils n'apportent aucun accompagnement, l'absence d'un BIM Manager et l'implémentation seulement chez les bureaux d'étude pour une durée de 3 mois.

Remarque :

- L'implémentation dépend de niveau d'expertise du client (entre 3 et 6 mois).

3.4.3 L'analyse PESTEL et l'analyse SWOT

L'analyse SWOT (Strengths - Weaknesses - Opportunities - Threats) est un outil très utile lors de la phase de diagnostic stratégique. Son avantage réside dans sa capacité à synthétiser les atouts et les vulnérabilités de l'entreprise par rapport aux opportunités et aux menaces présentes dans son environnement.

L'analyse PESTEL (Politique - Economique - Sociologique - Technologique - Environnemental - Légal) est un outil d'analyse stratégique qui permet d'identifier les facteurs externes (opportunités et menaces) qui peuvent avoir un impact, positif ou négatif, sur l'entreprise. Elle offre une vue d'ensemble globale de l'environnement.

Dans le cadre de l'analyse SWOT, la première étape consiste à effectuer un diagnostic du contexte externe, qui découle de l'analyse PESTEL, ainsi que du contexte interne spécifique à la start-up.

La deuxième étape implique une analyse croisée des forces, des faiblesses, des opportunités et des menaces. Cette phase permet de combiner l'ensemble des facteurs identifiés pour dégager les actions à entreprendre en vue de la réalisation du projet.

Enfin, la troisième et la dernière étape consiste à formuler des recommandations précises qui orienteront la stratégie à adopter, en élaborant un plan d'action concret inséré dans notre projet.

Analyse du contexte externe (PESTEL) :

Facteurs	Descriptions	Influence	Degré d'influence
Politiques	La MHUV n'a pas encore imposé la mise en œuvre du BIM.	Négative	Moyen
	Désir du ministre en charge de la réglementation de l'habitat de moderniser le secteur de BTPH.	Positive	Fort
Économiques	Taux de croissance du PIB : la croissance économique estime est 3.4 % en 2022.	Positive	Faible
	Évaluation des prix (inflation) : 9,3 % en janvier 2023.	Négative	Faible
	Taux de chômage en 2022 atteint 11,6 %.	Positive	Faible
	Baisse du plan de charge en raison de la crise économique (suspension ou gel de certaines opérations.).	Négative	Moyen
Socioculturels	La société exige de plus en plus la durabilité, la prise de conscience, les normes et les valeurs vont dans ce sens.	Positive	Fort
	La croissance démographique entraînera une demande accrue de logements d'écoles, d'établissements hospitaliers,... Ce qui conduira à un développement accru du secteur BTPH.	Positive	Moyen
	Résistance de certains professionnels du domaine aux changements.	Négative	Fort
Technologiques	Taux de transfert technologique qui reste faible malgré la présence des entreprises et bureaux d'études étrangers de renommée mondiale.	Négative	Moyen
Environnementaux	Vers l'expansion des énergies renouvelables : présence de la volonté de l'autorité publique avec certaines initiatives dans le secteur de BTPH (le segment d'activité n'est pas encore développé.)	Négative	Moyen
	Manque de maîtrise de la réglementation thermique Algérienne.	Négative	Moyen
Légaux	Absence de cadre juridique spécifique pour le BIM.	Négative	Fort

TABLE 3.2 – Tableau de facteurs d'influence

Références :

- Taux de croissance du PIB : <https://www.banquemondiale.org/fr/country/algeria/overview>

- Évaluation des prix : <https://www.donneesmondiales.com/afrique/algerie/inflation.php>
- Taux de chômage : <https://donnees.banquemondiale.org/indicateur/SL.UEM.TOTL.ZS?locations=DZ>

Synthèse des opportunités et menaces :

Les opportunités :

- Désir du ministre en charge de la réglementation de l'habitat de moderniser le secteur de BTPH.
- La société exige de plus en plus la durabilité, la prise de conscience, les normes et les valeurs vont dans ce sens.
- Évolution technologique dans le domaine du BIM.
- La croissance démographique entraînera une demande accrue de logements d'écoles, d'établissements hospitaliers, . . . ce qui conduira à un développement accru du secteur BTPH.
- Les professionnels du domaine ont du mal à gérer les coûts et les délais.

Les Menaces :

- Absence de cadre juridique spécifique pour le BIM.
- Manque de maturité BIM pour une adoption complète dans les projets.
- Résistance de certains professionnels du domaine aux changements.

Analyse du contexte interne :

Les Forces :

- Avoir trois profils de Master 2 en Recherche Opérationnelle (procéder des audits informatiques de haute qualité qui vont permettre aux clients de cerner les carences en matière de moyens et de réseaux informatique.).
- Expertise technique dans la mise en œuvre du BIM.
- Capacité à offrir des solutions innovantes et personnalisées pour les projets de construction en Algérie.
- Possibilité de développer des partenariats stratégiques avec des acteurs clé de l'industrie algérienne.
- Capacité d'offrir une gamme complète de services liés au BIM (implémentation et accompagnement).

Les Faiblesses :

- Manque de sensibilisation de l'industrie et de compréhension du BIM.
- L'entrepôt informatique n'est pas mis à jour.
- Absence de flux de travail basé sur le BIM.
- Manque de compétences techniques spécifiques dans le domaine du BIM en Algérie.

La matrice SWOT :

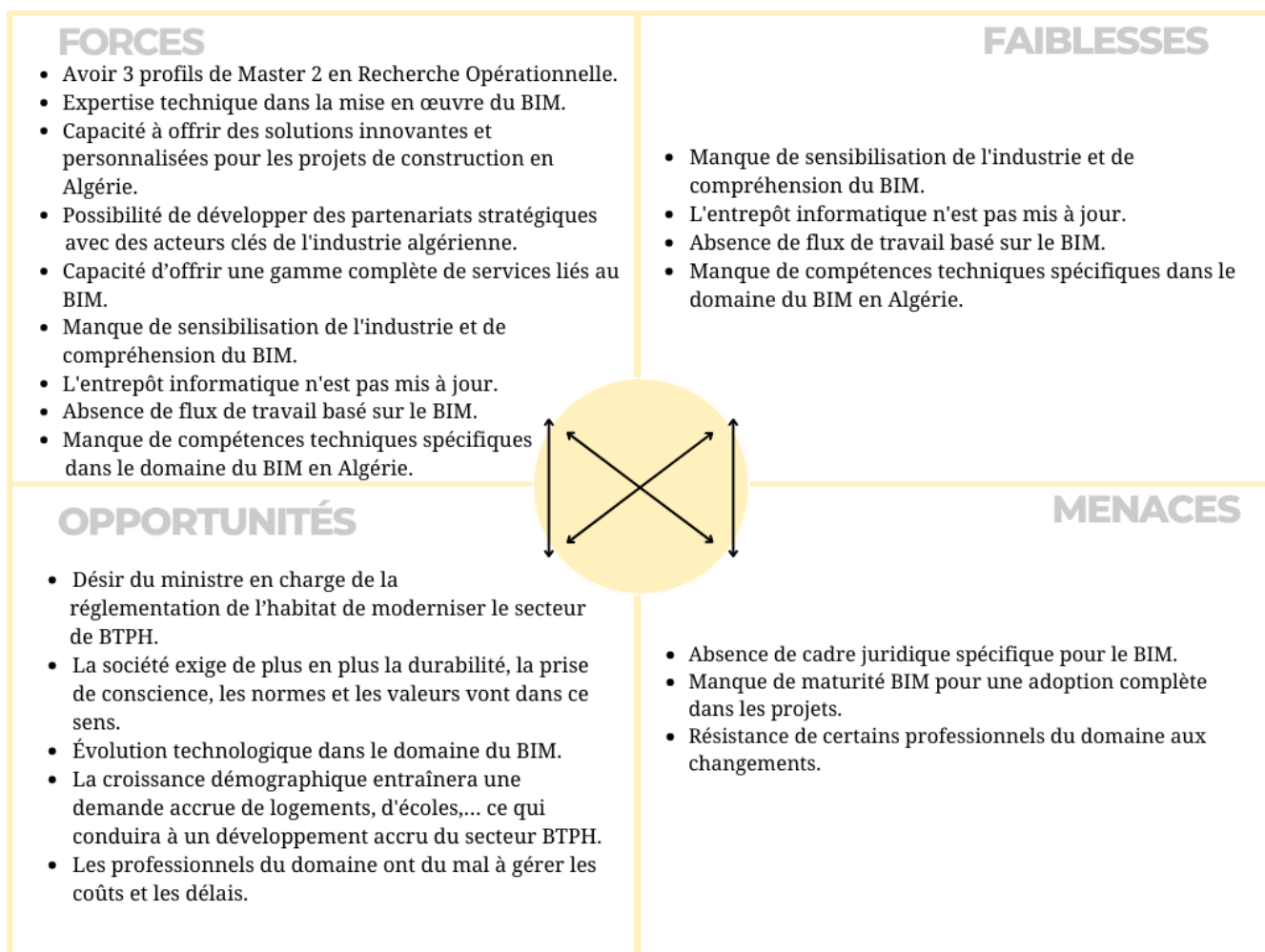


FIGURE 3.2 – La matrice SWOT

Analyse de la matrice SWOT :

L'analyse croisée est une technique d'analyse stratégique qui permet de mettre en relation les forces, les faiblesses, les opportunités et les menaces d'une entreprise. En identifiant les synergies et les contradictions entre ces facteurs, elle permet d'élaborer un plan d'action efficace et ciblé.

- L'analyse croisée S/O :

En exploitant notre expertise technique dans la mise en œuvre du BIM, nos compétences pour accompagner et former les parties prenantes du projet et notre capacité à fournir des solutions innovantes et sur mesure pour les projets de construction en Algérie, on va aider à moderniser et renforcer la productivité du secteur du BTPH en respectant les normes et les exigences de la société (la sécurité, les bâtiments durables et intelligents...).

De plus, en établissant des partenariats stratégiques avec des acteurs clé de l'industrie algérienne, nous renforçons notre présence sur le marché et augmentons nos chances de succès.

- L'analyse croisée S/T :

Notre entreprise s'engage à offrir une gamme complète de services liés au BIM, ainsi qu'un accompagnement complet durant les premières phases du projet pour assurer une adoption totale dans les projets. Nous utilisons nos compétences en matière de BIM pour convaincre les professionnels du domaine aux changements et pour démontrer à l'état la valeur ajoutée que le BIM apporte au secteur du BTPH.

- L'analyse croisée W/O :

La combinaison entre les faiblesses et les opportunités fait ressortir qu'on doit faire des sensibilisations aux clients pour qu'ils puissent comprendre les valeurs qu'apportent l'introduction et l'adoption du BIM au secteur du BTPH.

- L'analyse croisée W/T :

Pour cette partie, nous prendrons les mesures nécessaires pour remédier aux faiblesses, éviter l'impact des menaces et mettre en œuvre notre projet.

Identification des risques associés aux Faiblesses et Menaces :

Faiblesses	Risques
Manque de sensibilisation de l'industrie et de compréhension du BIM.	Rejet et réticents l'idée de changer la méthode de travail chez les clients.
Parc informatique non mis à niveau.	Non maîtrise du processus BIM.
Absence de flux de travail basé sur le BIM.	Non maîtrise du processus BIM.
Manque de compétences techniques spécifiques dans le domaine du BIM en Algérie.	Non maîtrise du processus BIM.

TABLE 3.3 – Identification des risques associés aux Faiblesses

Menaces	Risques
Absence de cadre juridique spécifique pour le BIM.	Difficultés à rencontrer pour convaincre les maîtres d'ouvrage à adopter le BIM.
Manque de maturité BIM pour une adoption complète dans les projets de construction.	Résistance au changement ; intégrer le BIM à un projet peut nécessiter des changements culturels et organisationnels importants pour les personnes impliquées. Certains clients peuvent être réticents à adopter le BIM, car ils s'en tiennent aux méthodes de travail traditionnelles. Cela peut entraîner un ralentissement de l'adoption du BIM.
L'acquisition et l'installation des logiciels et du matériel nécessaire coûtent cher.	Les clients sont réticents à adopter le BIM, principalement parce qu'ils pensent que la transition nécessitera un investissement financier important.

TABLE 3.4 – Identification des risques associés aux Menaces

Plan d'action :

Actions à mettre en œuvre pour les Faiblesses/ Menaces :

1. Faire des publicités en ligne, des médias sociaux et participer à des évènements pour clarifier l'idée du projet, ainsi sensibiliser et favoriser la compréhension du BIM et ses avantages pour les professionnels du secteur.
2. Établissement de procédures de travail propres au BIM.
3. Prévoir la formation des ressources pour maîtriser l'utilisation du BIM.
4. Être une force de proposition et initier le projet au niveau de la MHUV pour aboutir à un cadre législatif régissant le BIM.

5. Nous nous assurerons de fournir une assistance complète afin que les clients puissent comprendre et utiliser correctement le BIM, et nous fournirons de manière optimale un support technique pour résoudre tous les problèmes et répondre aux besoins des clients.
6. Mettre en place une stratégie permettant de minimiser les coûts de matériel nécessaire.

Actions à mettre en œuvre pour les Forces/Opportunités :

1. Proposer nos offres de services à plusieurs professionnels du domaine dans divers secteurs.
2. Mettre en place une stratégie opérationnelle pour l'implémentation du BIM au niveau des bureaux d'étude, maître d'ouvrage et les entreprises de réalisation. Cette stratégie consiste à communiquer ce que le BIM offre comme avantage aux professionnels en termes de coûts et de délais.
3. Profiter lors des opérations d'audit du parc informatique (Ils peuvent nous appeler pour une mission d'audit pour agrandir le parc informatique par exemple.), et lors de ce travail, nous pourrions proposer le BIM comme une solution de système d'information innovante.

3.4.4 Les stratégies marketing

En tant qu'entreprise de services B2B, nous favorisons le bien-être des employés au travail et réduisons la volatilité. Nous sommes les seuls en Algérie à pouvoir fournir ce service et réaliser une vente directe aux clients pour les accompagner à intégrer le processus du BIM dans leurs projets. Pour proximité avec les maîtres d'ouvrage notamment en leurs expliquant l'avantage du BIM et ces bénéfices dans leurs projets, nous mettons en place plusieurs stratégies des publicités en ligne sur les médias sociaux et les sites web pour atteindre notre public cible et leur transmettre des informations clés sur le BIM ainsi participer activement à des événements de l'industrie tels que des séminaires, des salons professionnels et des conférences. Cela nous permet de partager notre expertise, d'organiser des sessions de sensibilisation et de démonstration du BIM et d'engager des discussions avec les professionnels du domaine.

Nous établissons également des partenariats avec des entreprises locales

du secteur de la construction et de l'ingénierie. Ces partenariats nous permettent de collaborer étroitement avec les acteurs de l'industrie, d'offrir des solutions adaptées à leurs besoins spécifiques et d'encourager leur participation active dans l'adoption du BIM.

Nous serons en mesure de dresser le profil de la psychologie dominante de nos clients, pour finalement étayer la décision d'achat avec les bons arguments de vente.

Les stratégies marketing utilisées sont :

Argument de vente : « CAP » : (Caractéristiques Avantages Preuves)

Caractéristiques :

Notre service exceptionnel, haut de gamme est caractérisé par :

- Modélisation 3D avancée; une création des modèles 3D détaillées et précis des constructions, pour permettre une excellente visualisation du projet.
- Intégration Multidisciplinaire; une coordination et une collaboration transparente et efficaces entre les acteurs du projet.
- Données enrichies; la possibilité d'inclure des données (les informations, les matériaux, les quantités, les coûts...) dans le modèle BIM pour faciliter la prise de décision informée.

Avantages :

Notre large gamme de services liés au BIM vous permet de personnaliser votre construction à votre guise et de profiter des dernières technologies de pointe. Notre service vous procurera une sensation unique de puissance et de contrôle de votre projet de construction et une parfaite maîtrise de la technologie BIM, elle impressionnera votre entourage à coup sûr.

Les avantages et les bénéfices que nos services apportent ont de plus le potentiel de changer la manière de faire des professionnels de construction. En intégrant le processus BIM dans votre entreprise vous aurez plus besoin de dépenser de l'argent ni de perdre du temps pour des méthodes traditionnelles, car il est temps de changer, de progresser et d'avancer pour améliorer la qualité des bâtiments et des infrastructures et maîtriser des coûts et des délais, ainsi que renforcer la sécurité et faciliter la gestion de l'exploitation et de la maintenance.

Preuves :

Études de cas : Le BIM est vraiment utile et pour le prouver, nous avons fourni des exemples de projets qui ont été réalisés dans le monde entier en utilisant le BIM.

L'aéroport de Singapour « Jewel Changi », qui a été réalisé avec la technologie BIM, a été construit en 5 décembre 2014 et inauguré le 7 mars 2019. C'est le dernier d'une série de futurs projets d'aéroport. Des outils BIM ont été utilisés pour simuler l'interférence visuelle entre les grandes grues utilisées pour construire le toit et la tour de contrôle de l'aéroport. La conception, la réalisation et la gestion de bâtiments, en particulier la construction de toitures complexes, ont été rendues possibles grâce à l'utilisation du BIM.



FIGURE 3.3 – L'aéroport de Singapour « Jewel Changi »

En effet, le BIM nous a donné un contrôle total sur l'ensemble du processus de construction de ce spectaculaire aéroport. [<https://biblus.accasoftware.com/fr/jewel-changi-le-spectaculaire-aeroport-de-singapour/>]

Le pont de la baie de Hangzhou en Chine « Grand pont trans-océanique de la Baie de Hangzhou », le processus BIM a été utilisé pour la construction du plus long pont maritime dans le monde entier (36 km relie les villes de Jiaxing et Ningbo.) a commencé en 2003 et pris fin en 2008. Il y a 6 voies de large plus 2 voies de sécurité, plus 2 petites routes supplémentaires réservées à l'utilisation d'urgence. Un fait unique, c'est cette aire de service de 10 000 m²

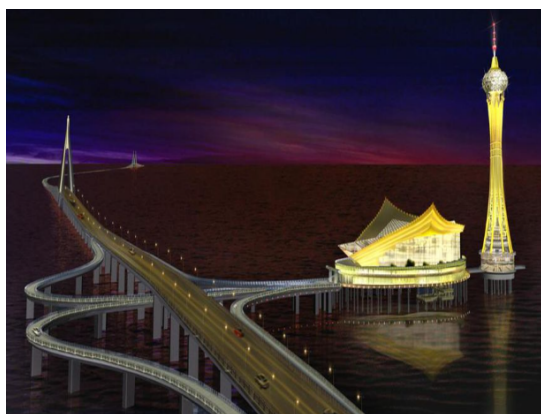


FIGURE 3.4 – Le pont de la baie de Hangzhou en Chine « Grand pont trans-océanique de la Baie de Hangzhou »

juste au centre du pont qui comprend un poste d'essence, un restaurant, un hôtel, des salles de conférences, etc. [<http://quilaztli.over-blog.com/2014/10/le-pont-de-la-baie-de-hangzhou-chine.html>]

Témoignages :

- **Karim TIGRINE** qui travaille depuis plus de 30 ans dans le domaine de la construction et est impliqué dans le BIM depuis 15 ans a annoncé : « Avec le BIM, on sait ce qu'on va construire. La 3D associée aux données renseignées dans la maquette permet de rassembler l'ensemble de l'ouvrage dans un seul fichier : volumétrie et informations. C'en est fini des fiches techniques et multiples plans AutoCAD. Il faut que tout le monde s'y mette. Ce n'est pas si cher et c'est rentable. En effet, cela évite des erreurs sur le chantier. Le coût du BIM est très largement amorti par les erreurs qu'on ne fait pas, sans compter la réduction des délais d'étude et de travaux. » [<https://atlancad.fr/clients/bim-axe-2/>]

- Selon **Thierry GAY**, responsable recherche chez Lapeyre Industrie :
« Demain, le BIM sera une nouvelle façon de travailler et de manager un projet en bâtiment pour que tous les acteurs gagnent du temps et que la construction soit livrée plus rapidement aux clients finaux. »

[<https://www.saint-gobain.com/fr/le-bim-avec-saint-gobain/temoignages-autour-du-bim>]

- **Marc Lyszczkowicz**, coordinateur BIM : « De plus en plus de maîtres d'ouvrages publics requièrent l'utilisation du BIM pour des projets de grande ampleur. Dans ce contexte, la maquette numérique est en train de modifier les méthodes de travail des différents intervenants du bâtiment. Pour nous autres, économistes de la construction, elle offre une opportunité de réinterpréter notre rôle au sein de l'équipe de maîtrise d'œuvre. Le BIM nous permet de faire la promotion de nos compétences d'expertise technico économique, tout en nous délestant des tâches les plus laborieuses et répétitives. Il est également beaucoup plus facile de visualiser un projet sur une maquette numérique 3D que sur des plans en 2D, de le modifier et de le vérifier. Finalement, il y a beaucoup moins de marge d'erreur dans les études et les analyses

techniques des projets. Celles-ci sont plus précises et plus efficaces. »

[<https://www.opqt.ec.c.fr/temoignage-pourquoi-et-comment-les-economistes-de-la-construction-devraient-adopter-le-bim/>]

Méthode SONCAS : (Sécurité Orgueil Nouveauté Confort Argent Sympathie)

Sécurité :

- Notre service garante la réussite et la durabilité des projets de construction, en détectant les problèmes et les conflits pour permettre une excellente gestion des risques.
- Le BIM rassure l'amélioration de la sécurité des bâtiments et la protection de la vie et la santé humaines (les travailleurs dans le chantier et les utilisateurs finaux).
- Nous avons un diplôme BIM Manager.
- Travailler pour obtenir le Brevet et le Label.

Orgueil :

- Valoriser nos clients avec un accompagnement unique et premium qui offre des avantages exclusifs du BIM.
- Un accompagnement limité : " Soyez les premiers à bénéficier de notre service ".
- Les trois premiers clients sont considérés comme des clients VIP, car grâce à eux, notre entreprise va grandir.
- Nous apprécions nos clients et nos partenariats et assurons une reconnaissance sociale sur nos réseaux sociaux et notre site web.
- Accorder des remises pour nos clients fidèles.

Nouveauté :

- La technologie BIM est innovante, moderne, originale et parfaite, permettant une construction virtuelle du projet.
- Cette technologie de pointe transformera la façon dont les professionnels travaillent, évoluera pour le meilleur et le nouveau et conduira à la redynamisation du secteur du BTPH.

Confort :

- Fournir un soutien complet pour accompagner et former nos clients à comprendre et à utiliser le BIM correctement et de manière simple et optimale.
- Offrir une assistance technique pratique pour faciliter à nos clients à résoudre leurs problèmes rapidement.

Argent :

- Il est considéré comme un projet d'investissement sûr et rentable qui permet d'économiser et d'optimiser le temps et l'argent sans sacrifier la qualité.
- Notre service est un investissement sur le long terme, car nos clients pourront toujours utiliser le BIM après la fin de notre contrat de support.
- Les clients peuvent payer en plusieurs fois (paiement par tranche).

Sympathie :

- Nous sommes toujours prêts à aider nos clients à bénéficier de ce service et à gagner leur confiance à travers notre accompagnement parfait.
- Nous offrons la meilleure solution à nos clients pour répondre à leurs besoins et garder une relation caractérisée par une attitude positive et souriante, des conseils personnalisés, le respect et l'humilité.
- Nous restons toujours en contact avec nos clients pour assurer leur satisfaction.

3.5 QUATRIÈME AXE : PLAN DE PRODUCTION ET ORGANISATION

3.5.1 Le processus de production

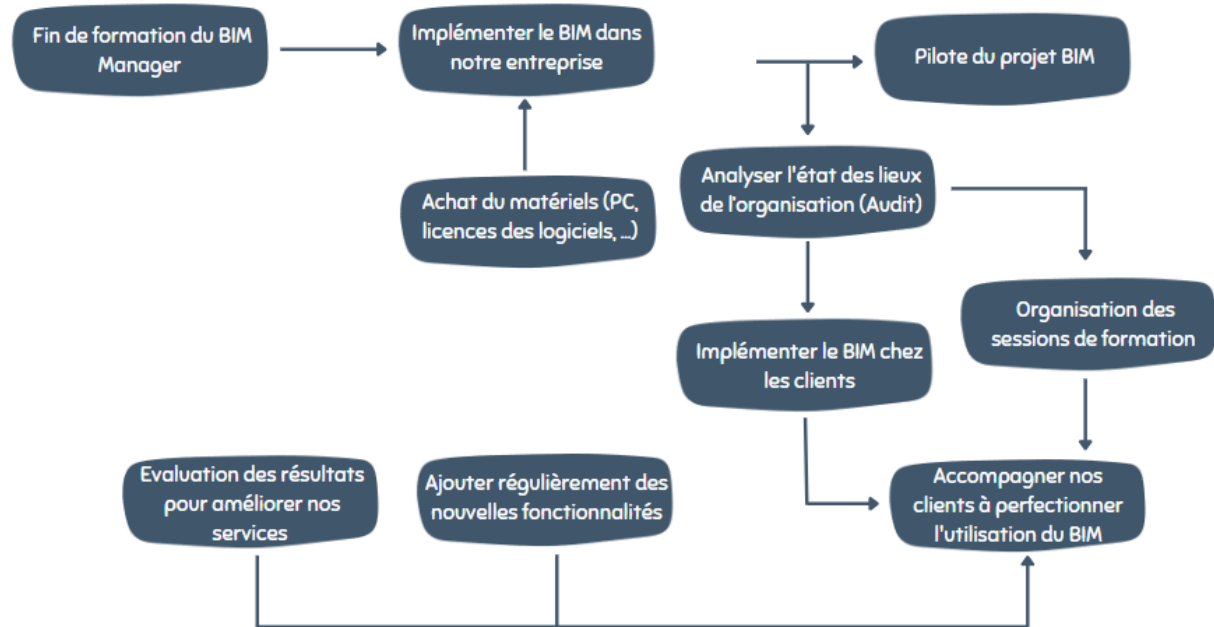


FIGURE 3.5 – Le processus de production

3.5.2 L’approvisionnement

La politique d’achat :

Le matériel de travail : les fournisseurs de matériel informatique (PC DELL, Serveur NAS, Station...)

- Paiement : espèce.
- Délais de réception : 01/01/2025 jusqu’au 01/02/2025.

Logiciels (Autodesk AEC Collection) : nous traitons directement avec les propriétaires de logiciels Autodesk.

- Paiement : paiement en ligne ; cartes de crédit ou de débit ou PayPal.
- Délais de réception : 01/02/2025 jusqu’au 07/02/2025.

Les fournisseurs les plus importants : DELL et Autodesk et les fournisseurs matériels informatiques.

3.5.3 La main d'œuvre

Notre projet génère approximativement huit emplois spécialisés au cours de ses premières années, comprenant des postes tels que des ingénieurs en RO, des responsables BIM et d'autres experts du domaine. Pour soutenir la croissance de notre start-up, nous prévoyons d'embaucher du personnel supplémentaire à partir de la quatrième année, en diversifiant nos recrutements pour inclure des professionnels dans des domaines tels que le marketing (une équipe de trois personnes), la gestion financière, la comptabilité, le développement web, deux assistantes administratives et un avocat. Cette stratégie nous permet de constituer une équipe solide et hautement qualifiée.

À moyen terme, notre objectif est de développer notre équipe de gestion BIM en ayant trois responsables BIM, chacun avec leur équipe complète, afin de mener à bien nos projets dans des conditions optimales. En résumé, notre projet créera un total de 30 emplois à moyen terme, renforçant ainsi notre capacité à réaliser nos projets de manière efficace et professionnelle.

3.5.4 Les principaux partenaires :

Nos partenariats les plus importants sont les banques, Autodesk et DELL ainsi que les maîtres d'ouvrage, les investisseurs, les entreprises de construction et les bureaux d'études seront importants pour la mise en œuvre du projet et pour identifier les besoins spécifiques du marché algérien.

Les incubateurs universitaires aussi fournissent une aide précieuse à notre projet.

3.6 CINQUIÈME AXE : PLAN FINANCIER

3.6.1 Aspect juridique

La forme juridique de l'entreprise détermine son identité, la législation algérienne nous offre plusieurs options de structure juridique selon les projets.

La SARL (Société Commerciale à Responsabilité Limitée), un statut juridique mieux adapté pour notre start-up, il s'agit d'une forme de société qui permet aux actionnaires de limiter leur responsabilité au montant de

leurs apports. Ce choix est justifié par les avantages de ce type de statut, comme la séparation du patrimoine personnel du patrimoine social en cas de faillite.

Un autre facteur qui plaide en faveur du statut de SARL est la souplesse de la gestion avec les pleins pouvoirs du directeur.

3.6.2 Source de financement

- Banques.
- L'ANADE (L'Agence Nationale d'Appui et de Développement de l'Entreprenariat).

3.6.3 Les coûts et les charges

Le matériel de travail :

Matériel	Marque	Nombre	Prix DZD/HT
PC	Dell Precision 5750	3	1 320 000,00
Une Station	Dell Precision 7920 Tower	1	600 000,00
Serveur NAS	Le Synology Disk Station DS418j	1	99 500,00
Armoire de brassage	42U 19" 600mm	1	87 050,00
Imprimante 3D	Ultimaker S5	1	1 250 000,00
Imprimante	Dell laser couleur C3760N	1	39 000,00
TOTAL	-	8	3 395 550,00

TABLE 3.5 – Le matériel de travail

Références :

- 3 PC + Station : <https://www.dell.com/fr-dz/lp>
- Serveur NAS, Armoire de brassage, Imprimante 3D et Imprimante : *fournisseurs matériel informatique*

Remarques :

- Serveur NAS : Le NAS (Network Attached Storage ou Stockage en réseau), est un stockage autonome qui peut se connecter à un réseau domestique ou professionnel via Internet. Il permet de stocker, partager et protéger les fichiers, tout en facilitant leur accès à partir de plusieurs appareils.
- Armoire de brassage est utilisée pour connecter les ports des appareils réseau et téléphoniques aux entrées des câbles réseau.

Les logiciels :

Logiciels	Durée de la Licence	Prix DZD/HT
Abonnement Licence/BIM Collaborate Pro	3 ans	549 000,00
Abonnement Licence Logiciels/Autodesk AEC Collection	3 ans	1 840 000,00
TOTAL	-	2 389 000,00

TABLE 3.6 – les logiciels

Référence :

- Licences de logiciels : <https://www.autodesk.com/>

Remarques :

- Une plateforme collaborative BIM est un logiciel qui collecte et partage des informations et connecte toutes les personnes impliquées dans un projet. Elle permet de surveiller le travail de chacun, de partager des informations et de planifier le travail.

Pour notre start-up on a choisi la plateforme collaborative d'Autodesk "BIM Collaborate Pro". Ce choix est justifié par la conformité de ce qu'on cherche avec les atouts et les caractéristiques données par cette plateforme.

- Le format utilisé pour nos fichiers BIM est L'IFC. Le format IFC est un format de fichier standard qui permet l'échange de données de modèles numériques. C'est un format libre et gratuit.

Les ressources humaines : Montant des salaires mensuels et annuels.

	Nombre	Salaires mensuels DZD/HT	Salaires annuels DZD/HT
Responsable de la gestion interne	1	29 000,00	348 000,00
Responsable de la gestion externe	1	29 000,00	348 000,00
BIM Manager	1	29 000,00	348 000,00
BIM Coordinateur	2	45 000,00	540 000,00
BIM Modeleur	3	40 000,00	480 000,00
TOTAL	8	297 000,00	3 564 000,00

TABLE 3.7 – Montant des salaires mensuels et annuels

Remarques :

- Le salaire pour la période de février à juillet de l'année N a été fixé à 23 000,00 DZD pour l'ensemble des salariés.

BUSINESS PLAN

- Il y aura une mise à jour des salaires à partir du mois d'août de l'année N comme mentionné dans le tableau ci-dessus.
- Le responsable de la gestion interne suit la formation BIM manager en N+3.
- Un responsable de la gestion interne sera recruté en N+3 avec un salaire de 40 000,00 DZD.
- À partir de N+4, il y aura une augmentation de 40 % pour le responsable de la gestion externe et le BIM Manager, et une augmentation de 10 % pour les BIM Coordinateurs et les BIM Modeleurs.
- Un BIM Modeleur sera promu au poste de BIM Coordinateur avec une rémunération de 45 000,00 DZD prévue pour l'année N+4.
- Recrutement de 2 BIM Modeleurs avec un salaire de 40 000,00 DZD chacun en N+4.
- Retour de nouveau BIM Manager en N+4 avec un salaire de 35 000,00 DZD.
- Il y aura une autre augmentation de 25 % pour le responsable de la gestion externe et l'ancien BIM Manager, et une augmentation de 30% pour le nouveau BIM Manager.

Tableau des charges et des coûts :

Charges DZD/HT	N-1	N	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5
Matériel de travail		3 395 550,00					
Logiciels		2 389 000,00			2 389 000,00		
Formation	1 800 000,00				1 800 000,00		
Salaires annuels bruts		2 589 000,00	3 564 000,00	3 564 000,00	3 696 640,00	5 618 400,00	5 988 000,00
Internet	30 000,00	39 600,00	39 600,00	39 600,00	39 600,00	39 600,00	39 600,00
Site web	80 000,00						
Local + charges (eau, électri- cité, ...)	660 000,00	665 000,00	670 000,00	670 000,00	670 000,00	670 000,00	670 000,00
TOTAL	2 570 000,00	9 078 150,00	4 273 600,00	4 273 600,00	8 595 240,00	6 328 000,00	6 697 600,00

TABLE 3.8 – Tableau de charges

Références :

- Formation : <https://www.st-etienne.archi.fr/>
- Abonnement internet : <https://www.algeriotelecom.dz/fr/entreprises/pack-moohtarif-prod86>

Le prix du service :

Produit	Profil	Prix / Jour / Profil DZD/HT	Durée de travail
L'état des lieux de l'organisation existante (Audit)	2 profils Master 2 en Recherche Opérationnelle et 1 BIM Coordinateur	25 000,00	3 jours
Implémentation et accompagnement	1 BIM Manager	30 000,00	3jours/6 pour un projet A 2jours/6 pour un projet B 1jour/6 pour un projet C
	2 BIM Coordinateurs	25 000,00	3 jours/6
	3 BIM Modeleurs	20 000,00	6 jours/6 (En permanence)

Le prix des projets :

Projets	Prix DZD/HT
A : Projet de 3 mois	3 570 000,00
B : Projet de 6 mois	6 270 000,00
C : Projet d'une année	10 950 000,00

TABLE 3.9 – Le prix des projets

Remarques :

- Durée d'implémentation est 3-6 mois (dépend de niveau d'expertise du client).
- Le BIM Manager sera affecté de la manière suivante : il consacrera 3 jours sur une période de 6 jours aux projets de 3 mois, 2 jours sur 6 jours aux projets de 6 mois et 1 jour sur 6 jours aux projets d'une année.
- Les trois BIM Modeleurs sont spécialisés : l'un en génie civil, un autre

en architecture et enfin un spécialiste dans les courants étatiques techniques.

- **Audit** : Évaluez la situation actuelle et effectuer une auto-analyse.

Les étapes d'implémentation :

L'implémentation du BIM chez un client est de changer sa manière de faire en adoptant un certain principe plutôt que des étapes fixes. Ce principe s'opère différemment d'un client à l'autre, ce qui signifie que chaque client a une approche unique dans l'adoption du BIM.

Voici généralement les étapes à suivre :

- **Objectifs** : Définir et identifier les objectifs à atteindre.
- **Stratégie et planification** : Développer une stratégie BIM qui répond aux objectifs et élaborer une feuille de route stratégique détaillée.
- **Infrastructure technologique** : Création d'une infrastructure technique appropriée en fournissant les outils nécessaires.
- **Démarrer un projet pilote et former le personnel** : Formez le personnel sur les concepts, les outils et les processus du BIM, en travaillant sur un projet pilote et en mettant l'accent sur la collaboration et la coordination avec les parties prenantes.
- **Restructuration des processus** : Adapter les processus existants en intégrant le BIM, en identifiant les étapes clé et en créant des flux de travail efficace.
- **Normes** : Établir des normes et des protocoles pour guider l'utilisation du BIM conformément aux normes de l'industrie et aux exigences du projet.
- **Mesure et adaptation** : Évaluez régulièrement les performances, utilisez des indicateurs de performance et ajustez la stratégie et les processus en fonction des résultats obtenus.

3.6.4 Le chiffre d'affaires

Le scénario optimiste :

Mois/année	N	N+1
Janvier	-	3 360 000,00
Février	-	2 040 000,00
Mars	-	2 040 000,00
Avril	-	900 000,00
Mai	-	900 000,00
Juin	-	900 000,00
Juillet	-	2 070 000,00
Août	2 460 000,00	1 920 000,00
Septembre	2 160 000,00	1 920 000,00
Octobre	2 160 000,00	1 920 000,00
Novembre	1 020 000,00	1 920 000,00
Décembre	1 020 000,00	1 920 000,00
TOTAL DZD/HT	8 820 000,00	21 810 000,00
TVA 0%	0,00	0,00
TOTAL DZD/TTC	8 820 000,00	21 810 000,00

TABLE 3.10 – Chiffres d'affaires pour le cas optimiste

Remarques :

- Pour l'année N, réalisation de 2 projets A et B.
- Finaliser le dernier mois du projet B de l'année N en janvier de l'année N+1.
- Pour l'année N+1, réalisation de 3 projets A, B et C.
- Le projet B débute durant le second semestre de l'année.
- Les start-ups sont éligibles à l'exonération de la TVA pendant les 4 premières années. [<https://lentrepreneur.algerien.com/>]

Le scénario pessimiste :

Mois/année	N	N+1
Janvier	-	0,00
Février	-	0,00
Mars	-	0,00
Avril	-	1 290 000,00
Mai	-	1 140 000,00
Juin	-	1 140 000,00
Juillet	-	0,00
Août	1 290 000,00	0,00
Septembre	1 140 000,00	0,00
Octobre	2 430 000,00	0,00
Novembre	1 140 000,00	0,00
Décembre	1 140 000,00	0,00
TOTAL DZD/HT	7 140 000,00	3 570 000,00
TVA 0%	0,00	0,00
TOTAL DZD/TTC	7 140 000,00	3 570 000,00

TABLE 3.11 – Chiffres d'affaires pour le cas pessimiste

Remarques :

- Pour l'année N, réalisation de 2 projets A et A.
- Pour l'année N+1, réalisation d'un seul projet A.

3.6.5 L'étude de rentabilité du projet

L'étude de la rentabilité permet d'analyser le taux de réussite de l'investissement associé au capital investi dans le projet.

A cet effet, dans notre étude, quatre critères de choix d'investissement sont principalement utilisés à savoir :

La valeur actuelle nette :

La VAN est une mesure financière utilisée pour évaluer la rentabilité d'un investissement. Autrement dit, c'est la différence entre les flux de trésorerie actualisés en début de période (date 0) et le capital investi.

Un investissement est rentable si la valeur actualisée des recettes attendues est supérieure au montant du capital investi, c'est-à-dire si la valeur actuelle nette est positive.

$$VAN = \sum_{n=1}^k \frac{CF}{(1+i)^n} - I$$

Avec :

- CF (cash-flow) : les flux de trésorerie nets générés par le projet.
- n : nombre de périodes d'actualisation.
- k : La durée d'amortissement (d'exploitation).
- i = taux d'actualisation.
- I : Coût d'investissement.

Dans notre cas : **VAN= 41 315 637,18**

Le taux de rentabilité interne :

Le TRI est un indicateur financier utilisé pour évaluer la pertinence d'un projet d'investissement. C'est le rendement minimum que doit avoir un projet d'investissement même entre son coût initial et les flux de trésorerie future, c'est-à-dire, c'est le taux auquel la VAN est nulle.

$$I = \sum_{n=1}^k \frac{CF}{(1+i)^n}$$

Dans notre cas : **TRI=20,19 %**

Durée de récupération du capital investi (DRCI) :

Le DRCI est un critère de risque qui mesure le temps nécessaire pour atteindre le montant actualisé des flux de trésorerie projetés pour couvrir le coût de l'investissement. À partir de cette date, l'investissement commence à créer de la valeur (les cash-flows nets ont atteint le montant du capital investi).

Dans notre cas : Le DRCI est **16 mois**.

Indice de Profitabilité :

L'IP exprime la relation entre les flux de trésorerie nets actualisés et le montant de l'investissement. Si $IP > 1$ l'investissement rentable sinon il n'est pas rentable.

$$IP = \frac{VAN}{I} + 1$$

Dans notre cas **IP = 17.07**

Après une évaluation approfondie des indicateurs de rentabilité, à savoir la VAN, le TRI, le DRCI et l'IP, il est conclu que notre projet présente une rentabilité positive.

3.6.6 Les Comptes de résultats escomptés

	Année 1	Année 2	Année 3
Produits d'exploitation			
Chiffre d'affaires HT vente de marchandises	-	-	-
Chiffre d'affaires HT services	8 820 000,00	21 810 000,00	34 440 000,00
Charges d'exploitation			
Achats consommés	-	-	-
Marge brute	8 820 000,00	21 810 000,00	34 440 000,00
Charges externes			
Assurances	35 000,00	40 000,00	42 000,00
Téléphone, internet	39 600,00	39 600,00	39 600,00
Autres abonnements	-	-	-
Carburant	-	-	-
Frais de déplacement et hébergement	-	-	-
Eau, électricité, gaz	240 000,00	245 000,00	250 000,00
Mutuelle	-	-	-
Fournitures diverses	120 000,00	144 000,00	180 000,00
Entretien matériel et communication	36 000,00	46 000,00	48 300,00
Loyer et charges locatives	420 000,00	420 000,00	420 000,00
Expert comptable, avocats	72 000,00	75 600,00	79 380,00
Valeur ajoutée	7 857 400,00	20 443 400,00	33 380 720,00
Impôts et taxes (1.5%)	132 300,00	327 150,00	563 400,00
Salaires employés	2 589 000,00	3 564 000,00	3 564 000,00
Charges sociales employés	595 470,00	819 720,00	819 720,00
prélèvement du dirigeant			
charges sociales du dirigeant	802 590,00	1 104 840,00	1 104 840,00
Excédent brut d'exploitation	3 738 040,00	14 627 690,00	27 328 760,00
Frais bancaires, charges financières	-	-	-
Dotation aux amortissements	2 400 000,00	2 400 000,00	2 400 000,00
Résultat avant impôts	1 338 040,00	12 584 090,00	24 928 760,00
Impôt sur les sociétés 26%	347 890,40	3 271 863,40	6 481 477,60
Résultat net comptable (résultat de l'exercice)	990 149,00	9 312 226,60	18 447 282,40

TABLE 3.12 – Les Comptes de résultats escomptés

3.6.7 Le plan de trésorerie

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
ENCAISSEMENTS												
Chiffre d'affaires TTC	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2 460 000,00	2 160 000,00	2 160 000,00	1 020 000,00	1 020 000,00
Emprunts	11 200 000,00											
Subventions												
Apports en capital												
Apports en compte courant												
Produits exceptionnels												
TOTAL ENTRÉES	11 200 000,00	0,00	0,00	00	0,00	0,00	0,00	2 460 000,00	2 160 000,00	2 160 000,00	1 020 000,00	1 020 000,00
DÉCAISSEMENTS												
Immobilisations	11 200 000,00											
Salaires nets	-	251 160,00	251 160,00	251 160,00	251 160,00	251 160,00	251 160,00	251 160,00	251 160,00	251 160,00	251 160,00	251 160,00
Note de frais												
Charges sociales		57 868,00	57 868,00	57 868,00	57 868,00	57 868,00	57 868,00	57 868,00	57 868,00	57 868,00	57 868,00	57 868,00
Fournisseurs												
Frais généraux												
Loyers	30 000,00	30 000,00	30 000,00	30 000,00	30 000,00	30 000,00	30 000,00	30 000,00	30 000,00	30 000,00	30 000,00	30 000,00
Échéances d'emprunts												
TVA à payer												
Impôts et taxes	-	-	-	-	-	-	-	26 530,00	26 460,00	27 070,00	25 550,00	26 690,00
Charges exceptionnelles												
TOTAL SORTIES	17 014 550,00	339 028,00	339 028,00	339 028,00	339 028,00	339 028,00	339 028,00	365 558,00	365 488,00	366 098,00	364 578,00	365 718,00
BANQUE												
Solde précédent												
Solde final												

TABLE 3.13 – Le plan de trésorerie

3.7 SIXIÈME AXE : PROTOTYPE EXPÉRIMENTAL

Notre prototype se présente sous forme d'une vidéo explicative sur le BIM. Nous avons cherché à démystifier cette technologie révolutionnaire pour le secteur de la construction.

Notre vidéo se compose de trois parties ;

1. Nous avons commencé par présenter comment les projets étaient traditionnellement gérés avant l'avènement du BIM entre les professionnels de la construction.
2. Ensuite, nous avons dévoilé le changement radical qu'apporte le BIM, en montrant comment cette approche révolutionne la planification, la conception et la réalisation de projets.
3. À travers des exemples concrets de maquettes numériques produites grâce au BIM, nous avons mis en lumière la puissance de cette technologie pour visualiser, coordonner et analyser les données du bâtiment.

Cette vidéo offre un aperçu perspicace de la manière dont le BIM re-définit la façon dont nous abordons la conception et la construction de bâtiments, ouvrant ainsi la voie à une construction plus efficace, précise et durable.

Voici le lien pour voir la vidéo : https://drive.google.com/file/d/1tLH51gRsQ_3R-5kdhhj5n01wz1c5koqh/view

CONCLUSION GÉNÉRALE

Le monde évolue rapidement et constamment, avec la croissance démographique, l'urbanisation intense et la demande croissante d'infrastructures, le secteur de la construction traverse une période de transformation numérique. En outre, les crises et les défis que nous vivons aujourd'hui montrent clairement à quel point le secteur du BTPH a besoin d'évoluer et de se numériser. La numérisation de ce domaine est associée à des méthodes pour fabriquer, approuver, coopérer et exécuter, en ce sens, promouvoir l'utilisation des processus et de la technologie BIM.

La numérisation des informations du bâtiment est une méthodologie révolutionnaire utilisée dans l'industrie de la construction en tant que processus intégré pour créer, gérer et partager les détails de la conception à l'exploitation des bâtiments et des infrastructures. Les problématiques liées à son implantation dans le contexte algérien est l'objet principal d'étude des recherches menées et décrites dans ce document.

Par conséquent, la mise en œuvre du BIM en Algérie ne sera pas une tâche simple en raison des limitations économiques, réglementaires, technologiques, etc. Ce changement doit se faire progressivement, afin d'acquérir progressivement l'expérience nécessaire et d'effectuer d'éventuels ajustements.

Aujourd'hui, la demande pour le BIM augmente partout dans le monde et un jour cette demande deviendra une exigence dans l'industrie de la construction. Il est temps pour l'Algérie de relever ce défi. Notre projet est un point de départ pour implémenter le BIM en Algérie et perfectionner son utilisation.

CONCLUSION GÉNÉRALE

«Les hommes n'acceptent le changement que dans la nécessité et ils ne voient la nécessité que dans la crise. » **Monnet. J**

MODÈLE D'AFFAIRES

BUSINESS MODEL CANVAS



VISUBUILD, une startup spécialisée dans l'accompagnement à la mise en œuvre du BIM en Algérie.

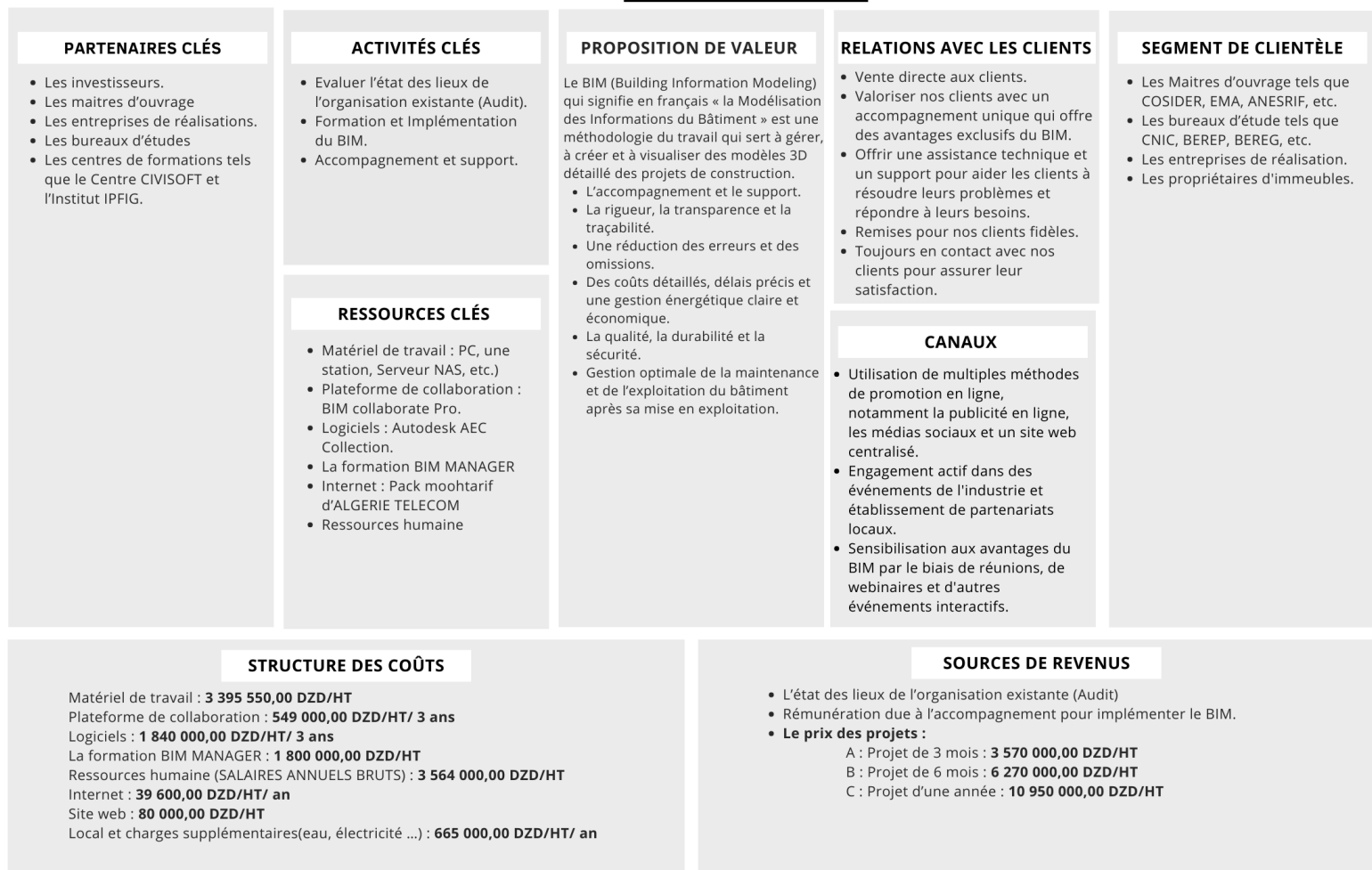


FIGURE 3.6 – Modèle d'affaires

1. <https://www.banquemondiale.org/fr/home>
2. <https://fr.statista.com/>
3. <https://www.unep.org/fr>
4. https://globalabc.org/sites/default/files/2022-11/FRENCH_Executive%20Summary_Buildings-GSR.pdf
5. <https://www.un.org/fr/>
6. <https://www.mordorintelligence.com/>
7. <https://www.mhuv.gov.dz/fr/accueil/>
8. <https://www.saint-gobain.com/fr/magazine/enjeux-de-construction>
9. <https://www.batiactu.com/edito/comment-batiment-se-projette-dans-annees-2030-63187.php>
10. <https://www.aps.dz/economie>
11. <https://www.siniat.fr/fr-fr/services-et-outils/bim/definition-bim>
12. <https://baudet-sa.com/le-bim-au-service-de-vos-projets/>
13. <https://biblus.accasoftware.com/fr/dimensions-du-bim/>
14. <https://www.maquettenumerique.co/single-post/2016/04/15/le-bim-oui-mais-quel-niveau>
15. <https://batiadvisor.fr/guides/guide-bim/les-avantages-bim-construction/>

WEBOGRAPHIE

16. <https://www.comundi.fr/mag-des-competences/bim-principes-enjeux-atouts-contraintes/>
17. <https://www.linkedin.com/pulse/le-bim-est-il-obligatoire-ou-encourag%C3%A9-un-%C3%A9tat-des-lieux-eljemli/?originalSubdomain=fr>
18. https://www.lodj.ma/Le-BIM-entre-obligation-et-encouragement-un-etat-des-lieux-du-BIM-dans-le-monde-15-pays_a41644.html
19. <https://prescriptor.info/site/3918/les-bim-day-s-font-leur-entree-en-algerie>
20. <https://lagazettedufennec.com/nouveau-stade-de-tizi-ouzou-le-ministre-de-lhabitat-appelle-a-lacceleration-des-travaux/>
21. <https://www.reporters.dz/le-nouveau-stade-de-tizi-ouzou-d-evrait-couter-6200-milliards-de-centimes-apres-reevaluation-lexorbitance/>
22. www.Juventus.com
23. <https://fr.linkedin.com/pulse/le-bim-est-il-rentable-christophe-lheureux>
24. <https://www.lesechos.fr/industrie-services/immobilier-btp/le-bim-2022-demarre-la-numerisation-de-la-construction-236357>
25. <https://www.biminmotion.fr/le-blog-bim/combien-le-bim-vous-fait-il-gagner>
26. <https://construction.trimble.com/fr/resources>
27. <https://www.banquemondiale.org/fr/country/algeria/overview>
28. <https://www.donneesmondiales.com/afrique/algerie/inflation.php>
29. <https://donnees.banquemondiale.org/indicateur/SL.UEM.TOTL.ZS?locations=DZ>
30. <https://biblus.accasoftware.com/fr/jewel-changi-le-spectaculaire-aeroport-de-singapour-realise-avec-la-methodologie-bim/>

WEBOGRAPHIE

31. <http://quilaztli.over-blog.com/2014/10/le-pont-de-la-baie-de-hangzhou-chine.html>
32. <https://atlancad.fr/clients/bim-exe-2/>
33. <https://www.saint-gobain.com/fr/le-bim-avec-saint-gobain/temoignages-autour-du-bim#>
34. <https://www.opqtecc.fr/temoignage-pourquoi-et-comment-les-economistes-de-la-construction-devraient-adopter-le-bim/>
35. <https://www1.euro.dell.com/content/default.aspx?c=dz&l=fr&s=gen&>
36. <https://www.autodesk.fr/>
37. <https://www.st-etienne.archi.fr/>
38. <https://www.algeriatelecom.dz/fr/entreprises/pack-mohtarif-prod86>
39. <https://lentrepreneuralgerien.com/>