



**HAL**  
open science

# L'intégration du BIM (Building Information Modeling) doit-elle être une préoccupation majeure dans les agences de paysage ?

Mathieu Bergerault

## ► To cite this version:

Mathieu Bergerault. L'intégration du BIM (Building Information Modeling) doit-elle être une préoccupation majeure dans les agences de paysage ?. Sciences du Vivant [q-bio]. 2020. dumas-03043980

**HAL Id: dumas-03043980**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03043980>**

Submitted on 7 Dec 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Année universitaire : 2019.- 2020

Spécialité/Mention :

**Paysage**

Spécialisation/Parcours :

**Paysage, Opérationnalité et Projet**

## Mémoire de fin d'études

- d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage
- de Master de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage
- d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)

# L'intégration du BIM (Building Information Modeling) doit-elle être une préoccupation majeure dans les agences de Paysage ?

Par : Mathieu BERGERAULT



**Soutenu à Angers, le 13 Octobre 2020**

**Devant le jury composé de :**

Président : Elise GEISLER

Autres membres du jury (Nom, Qualité)

Maître de stage : Nicolas PLASSAT

Enseignant référent : Hervé DAVODEAU

*Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle d'AGROCAMPUS OUEST*

Ce document est soumis aux conditions d'utilisation

«Paternité-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de Modification 4.0 France»

disponible en ligne <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr>





## REMERCIEMENTS

Je souhaitais remercier l'ensemble des personnes qui ont contribué de près ou de loin à murir ma réflexion autour de ma thématique de mémoire.

Je souhaitais remercier principalement les trois associés d'SLG Paysage, Isabelle Schmit, Damien Billot et Nicolas Plassat. A la suite d'un premier stage réalisé dans leur agence en 2018, c'est avec enthousiasme qu'ils m'ont accueilli une nouvelle fois dans leurs locaux pour mon stage de fin d'études. Je souhaitais les remercier pour toutes les connaissances qu'ils m'ont déjà apportées, nos nombreux échanges d'une grande richesse, leur soutien et leur confiance. Je porte une attention particulière pour Nicolas, mon maître de stage, qui m'a apporté son soutien et ses recommandations avisées jusqu'à ma soutenance.

Je tiens à remercier Hervé Davodeau, mon enseignant tuteur, qui en ce contexte particulier a pris le temps de m'aiguiller, et trouver des solutions permettant de répondre au mieux à mes besoins et attentes du stage de fin d'études. Il m'a également apporté de nombreux conseils pour me guider dans la réflexion de mon mémoire de fin d'études.

Merci à Christophe Migeon et Vincent Bouvier, nos deux professeurs responsables de la spécialisation POP. Par leur implication et l'incroyable énergie déployée, ils nous ont apporté du dynamisme et de la bonne ambiance tout au long du cursus.

Ici, je souhaite remercier de nombreuses personnes qui ont façonné ces cinq années d'innombrables souvenirs. Les étudiants qui ont porté avec moi la 20<sup>ème</sup> Exposition Florale, et particulièrement les membres du bureau avec qui on a travaillé intensément pendant ces deux années de préparation. Les professeurs et le personnel avec qui j'ai beaucoup échangé au-delà du cadre de travail : Françoise, Bruno, David, Michel, Éric, Nathalie (la liste est longue). Une pensée particulière s'adresse au groupe des « Marmulles » avec qui j'ai passé les meilleurs moments de ce passage à Agrocampus.

Enfin, je porte une attention particulière à mes parents, qui ont toujours été présents et n'ont cessé de m'apporter un soutien moral sans précédent. Merci pour le temps qu'ils ont consacré à la relecture et leurs conseils avisés pour la rédaction de ce mémoire.



## AVANT PROPOS

SLG PAYSAGE est une agence de Paysage située au sud de Paris, au Kremlin Bicêtre près de la porte d'Italie. Cette agence créée en 1990, porte tout d'abord le nom de sa fondatrice Isabelle SCHMIT, paysagiste DPLG. Puis en 2005, se joignent à elle deux associés, Damien Billot et Nicolas Plassat, et forment ensemble une SARL, qui se convertit sous le nom d'agence que l'on connaît aujourd'hui : SLG PAYSAGE. Aujourd'hui, l'équipe se compose de 10 collaborateurs issus d'horizons complémentaires, mêlant le paysage, l'urbanisme, l'architecture et l'ingénierie.

L'agence intervient sur un grand nombre d'opérations diverses et variées, traitant aussi bien les zones urbaines que rurales. Elle est spécialisée dans l'aménagement urbain et paysager d'espaces publics, d'équipements, de logements et de rénovation urbaine. Les collaborateurs travaillent principalement sur des études à caractère urbain, des études de faisabilité ou des projets de maîtrise d'œuvre d'aménagement d'espaces publics, de bâtiments neufs ou dans le cadre de réhabilitations depuis les phases d'études préliminaires jusqu'en phase de travaux. On retrouve parmi elles la création et requalification des entrées de villes, d'avenues, de places et de squares, de ZAC, de jardins partagés, de parcs urbains, de bords de rivières et de canaux, de logements sociaux, bureaux, manufactures, centres hospitaliers, de groupes scolaires, mais également d'opérations patrimoniales, de grands territoires industriels, etc. La pratique du paysage repose sur la combinaison de thématiques variées et complexes qui résonnent avec le développement durable, la valorisation, l'optimisation et la gestion économe des objets vivants et matériels d'un site, maîtres mots de l'agence.

### *Missions principales :*

Lors de mon stage, j'ai pu intervenir sur un panel de missions, intervenant à différentes phases de l'élaboration d'un projet. En voici quelques exemples :

- J'ai eu l'opportunité de répondre à un appel d'offres pour la ville de Bitche. Située sur le territoire du parc naturel régional des Vosges, elle fait face depuis une quinzaine d'années à une baisse de sa population. Son ancien collège et lycée Saint Augustin, monument forgé d'histoire et « à l'abandon » depuis 2012 suscite une réflexion de sauvegarde et de reconversion pour répondre aux besoins locaux et redynamiser le territoire.
- J'ai pu travailler pendant plusieurs semaines sur un concours d'implantation de transports urbains innovants au sud de Paris, et particulièrement sur la réalisation graphique des pièces. Etabli en concertation avec des architectes et constructeurs spécialisés, il fait l'œuvre d'une réflexion novatrice sur les moyens de déplacements urbains.
- Je suis également intervenu ponctuellement pour la réalisation de perspectives (image d'ambiance réaliste) sur des projets à Neuville, St Germain-en-Laye et Créteil.
- Pour des phases AVP, j'ai élaboré pour un projet à Pantin une notice paysagère qui centralise les données relatives au contexte du site et sa réponse conceptuelle. Par la suite j'ai composé un dossier pour élaborer un permis d'aménager. Sur un projet à Nanterre, j'ai pu élaborer un cahier de prescriptions architecturales, urbaines, paysagères et environnementales, ainsi que sur le dessin du parc urbain. Ce projet demande une réflexion sur diverses problématiques, à savoir le réaménagement d'un parc urbain, les abords d'un hôpital, la reconfiguration des voies de circulations avec l'implantation d'une ligne de TRAM, la construction de différents lots etc.
- Enfin je suis intervenu sur des phases PRO/DCE où j'ai dessiné des détails techniques pour la réalisation d'un projet à Liverdun, ainsi qu'un projet sur dalle à la Défense. J'ai également réalisé des rapports d'analyses d'offres pour la réalisation d'un chantier sur le Mont St Quentin.

## LISTE DES FIGURES

Fig.1 :	Perspective réalisée avec Lumion® : vue sur Rue de la ZAC Neuville, Source : (Bergerault, 2020)	3
Fig.2 :	Perspective réalisée avec Lumion® : vue sur la place de la ZAC Neuville, Source : (Bergerault, 2020)	3
Fig.3 :	Le système Digigraphics opéré par la Control Data Corporation, © Photographie, Source : (Charles Babbage Institute Archives, 1963)	5
Fig.4 :	Les ordinateurs de l'Architecture Machine Groupe, © Photographie, Source : (MIT Museum, 1973)	5
Fig.5 :	Les 3 significations du BIM, Source : (Frigelli, 2017)	8
Fig.6 :	Niveaux de détail ou Lod (Level of detail), Source : (datBIM, dossier du 05/10/2018)	10
Fig.7 :	Comparaison phasage d'un projet - LOI MOP - Niveaux de développement, Source : (Le Moniteur n°5763, 2014) - Adapté par Bergerault, 2020	11
Fig.8 :	Courbe de Mac Leamy : nouvelle répartition des coûts de construction, Source : (Pihee, 2019) - Adapté par Bergerault, 2020	12
Fig.9 :	Etat actuel des mandats pour l'utilisation obligatoire du BIM par pays en 2017, Source : (OPIIEC. Roland Berger, 2017)	14
Fig.10 :	Le LIM®, 8ème dimension du BIM, Source : (Agence LAND, 2019)	17
Fig.11 :	Les composantes du LIM®, Source : (Zahrádková & Achten, 2015) - Adapté par Bergerault, 2020	18
Fig.12 :	Représentation de l'objet arbre selon son modèle de modélisation, Source : (Schmidt, 2016)	18
Fig.13 :	Nuage de point et numérisation 3D urbaine par un Leica Pegasus Two, Source : (Numérisation 3D & Construction, 2019)	19
Fig.14 :	Relation entre les logiciels les plus utilisés en agence et leur utilisation en BIM, Source : (Schmidt, 2016)	21
Fig.15 :	Simulation de la croissance des végétaux à partir de bibliothèques ©, Source : (Land'Act, 2020)	23
Fig.16 :	Représentation graphique des arbres modélisés sous Revit® chez Land'Act, Source : (Foucault, 2018)	23
Fig.17 :	Capture d'écran Revit® du socle topographique LIM® du parc de la Bergère à Bobigny, Source : (Land'Act, 2019)	24
Fig.18 :	Capture d'écran de la ville de Genève, Source : (Google Earth, 2020)	24

Fig.19 : Capture d'écran de la Carte 3D du SITG, Source : (SITG, 2020)	24
Fig.20 : Capture d'écran de la Carte 3D du SITG : Informations d'un arbre, Source : (SITG, 2020)	24
Fig.21 : Capture d'écran de la Carte 3D du SITG : Informations d'un ouvrage, Source : (SITG, 2020)	24
Fig.22 : Catégories d'investissement pour l'adoption du BIM, Source : (McGraw-Hill Construction, 2013)	28
Fig.23 : Modélisation de l'évolution du vivant dans le temps ©, Source : (Land'Act, 2020)	31
Fig.24 : Ressentis des architectes sur l'adoption du BIM, Source : (l'Ordre des Architectes, 2016) - Adapté par Bergerault, 2020	34



## **LISTE DES ANNEXES**

**ANNEXE I** : FICHE RESUME DES NIVEAUX DE DEVELOPPEMENT DU BIM ASSOCIES A LA LOI MOP.  
(Source : *Cahier pratique n°5763 du Moniteur. 09/05/2014*)

**ANNEXE II** : EXEMPLES D'INTERFACES PROPOSEES PAR LES EDITEURS DE LOGICIELS BIM.  
(Source : *L'arrivée du BIM dans les agences d'architecture en France, Frigelli, 2017*)

## LISTE DES LOGICIELS UTILISES EN BIM

Voici une présentation des différents logiciels BIM proposés et disponibles sur le marché français de l'architecture et du bâtiment. Cette liste est précise mais reste exhaustive.

Les Logiciels de modélisation 3D avec encodage des données au format IFC

Logiciel	Développeur	Dernière version	Prix licence
AECOsim Building Designer	Bentley Systems	V8i	4850 €
AllPlan	Nemetschek	2020	7750 €
ArchiCAD	Graphisoft	21	5750 €
AutoCAD	Autodesk	2021	1840 €
B-Processor	Ecole d'Architecture d'Ahrus	9	0
BricsCAD BIM	Bricsys	2020	1320 €
Civil 3D	Autodesk	2021	3000 €
Digital Project	Gehry Technologies	V1 R5	8000 €
IFC Builder	Cype Software	4	0
MicroStation	Trimble	V8i SS10	4260 €
ProgeCAD 2009 Smart	ProgeSOFT	2020	0 €
Revit BIM	Autodesk	2021	3168 €
Rhinoceros	Robert McNeel & Associates	6	995 €
SketchUp	Trimble	2018	0 €
Sketchup Pro	Trimble	2020	636 €
Tekla Strucutre	Trimble	2020	1800 ? €
Vectorworks	Nemetschek	2020	3300 €

Les Logiciels d'exploitation de données et de gestion de projet BIM

Logiciel	Développeur	Dernière version	Prix licence
BIM Office	Advent	7	5840 €
Tekla Bimsight	Trimble	2020	0 €

Les logiciels de visualisation de maquettes BIM

Logiciel	Développeur	Dernière version	Prix licence
DDS-CAD Viewer	Nemetschek	12.0	0 €
Navisworks viewer	Autodesk	2021	0 €
Sketchup Mobile viewer	Trimble	2020.2	0 €
Sketchup viewer	Trimble	2020.2	0 €
Solibri IFC Optimizer	Nemetschek	6.0 (2.1.7)	0 €
Solibri Model viewer	Nemetschek	V9.8.27	0 €

## GLOSSAIRE

*Les définitions des mots marqués d'un astérisque dans le texte sont écrites ici.*

<b>BIM Manager</b>	C'est le responsable du BIM. Il coordonne sur une maquette numérique, les échanges de données entre les différents acteurs impliqués dans la conception d'un bâtiment, sa mise en œuvre voire son démantèlement
<b>Cloud computing</b>	Il désigne le stockage et l'accès aux données par l'intermédiaire d'internet plutôt que via le disque dur d'un ordinateur, s'opposant ainsi à la notion de stockage local
<b>HardScape</b>	Aménagement paysager dur. Il regroupe toutes les composantes qui empêchent l'absorption de l'eau référençant l'ensemble des matériaux présents dans le paysage, telles que des structures implantées par l'homme (graviers, dalles, pavage, enrochements, ponton, mobilier, etc.)
<b>Image vectorielle</b>	Image numérique composée d'objets géométriques individuels (segments, polygones, arcs) définis par des attributs de forme, de position, de couleur, définis de manière mathématique. Cette image peut être redimensionnée sans perte de qualité
<b>Image raster / pixellisées / matricielle</b>	Une image matricielle est une image numérique formée d'une multitude de points de couleur (pixels). La définition (ou la précision) d'une image matricielle dépend ainsi du nombre de pixels qui la composent. Plus ils sont nombreux, plus l'image sera nette : c'est la résolution. Ainsi, Le redimensionnement de cette image peut faire perdre de la qualité
<b>Interopérabilité</b>	Capacité de systèmes, unités, matériels différents à fonctionner ensemble, et à partager des informations.
<b>Green IT</b>	Ensemble de méthodes et outils visant à intégrer les critères de développement durable dans les décisions liées à l'informatique et ses équipements, afin de réduire l'empreinte écologique, économique et sociale des technologies de l'information et de la communication. On parle d'informatique écoresponsable
<b>Loi MOP</b>	La loi n°85-704 du 12 juillet 1985, relative à la maîtrise d'ouvrage publique et à ses rapports avec la maîtrise d'œuvre privée, est l'un des principaux textes qui encadrent en France le droit de la construction publique
<b>OpenBIM</b>	C'est une approche universelle de la conception, construction et opération collaboratives d'ouvrages basée sur des normes et flux de travail open. C'est une initiative de BuildingSMART et de plusieurs éditeurs de logiciels
<b>Serveur FTP</b>	<b>File Transfert Protocol</b> ou Protocole de transfert de Fichier. C'est un langage qui va permettre l'échange de fichiers entre 2 ordinateurs, et plus exactement entre un serveur et un client
<b>Softscape</b>	Aménagement paysager souple. Il regroupe toutes les composantes d'un terrain (topographie, végétation, points d'eau, etc.)

## LISTE DES ABREVIATIONS

<b>ACT</b>	Assistance pour la passation des Contrats de Travaux, défini dans le cadre de la loi MOP
<b>APEC</b>	Association Pour l'Emploi des Cadres
<b>APD</b>	Avant-Projet Définitif, défini dans le cadre de la loi MOP
<b>APS</b>	Avant-Projet Sommaire, défini dans le cadre de la loi MOP
<b>AVP</b>	AVant-Projet
<b>BIM</b> <sup>(3)</sup>	Building Information Modeling Building Information Model Building Information Management
<b>BTP</b>	Bâtiments et Travaux Publics
<b>CAO</b>	Conception Assistée par Ordinateur
<b>CIM</b>	City Information Modeling
<b>COBie</b>	Construction Building Information Exchange
<b>DAO</b>	Dessin Assisté par Ordinateur
<b>DCE</b>	Dossier de Consultation des Entreprises
<b>DOE</b>	Dossier des Ouvrages Exécutés
<b>DWG</b>	DraWinG ( <i>littéralement dessin</i> )
<b>ESQ</b>	Esquisse, défini dans le cadre de la loi MOP
<b>EXE</b>	Etudes d'EXécution, défini dans le cadre de la loi MOP
<b>FFB</b>	Fédération Française du Bâtiment
<b>IFC</b>	Industry Foundation Classes
<b>LIM</b> ®	Landscape Information Modeling
<b>LOD</b>	Level Of Developpement
<b>Lod</b>	Level of detail
<b>LOI</b>	Level Of Information
<b>MIQCP</b>	Mission Interministérielle pour la Qualité des Constructions Publiques
<b>PC</b>	Permis de Construire
<b>PME</b>	Petite et Moyenne Entreprise
<b>PRO</b>	PROjet, défini dans le cadre de la loi MOP
<b>TPE</b>	Très Petite Entreprise
<b>UNEP</b>	Union Nationale des Entreprises du Paysage
<b>VRD</b>	Voiries et Réseaux Divers
<b>XREF</b>	REFférences eXternes (AutoCAD)
<b>ZAC</b>	Zone d'Aménagement Concerté

# TABLE DES MATIERES

<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
<b>OBJECTIFS ET METHODES</b> .....	<b>2</b>
<b>PARTIE I : LE BIM : ORIGINE ET PRESENTATION</b> .....	<b>5</b>
<b>CHAPITRE 1 : LE BIM, PRESENTATION GENERALE</b> .....	<b>5</b>
<b>1.1.1 L'ORIGINE DU BIM</b> .....	<b>5</b>
1.1.1.1 HISTOIRE DES PRATIQUES INFOGRAPHIQUE EN BUREAU D'ETUDES ....	5
1.1.1.2 LA 3D, GENESE DU BIM .....	6
1.1.1.3 LE BIM, UNE NOUVELLE METHODE DE CONCEPTION .....	7
<b>1.1.2 DESCRIPTION GENERALE</b> .....	<b>8</b>
1.1.2.1 DIFFERENTS NIVEAUX DE MATURETE BIM .....	8
1.1.2.2 DIMENSIONS DE LA MAQUETTE NUMERIQUE .....	9
1.1.2.3 NIVEAUX DE DEVELOPPEMENT .....	10
<b>CHAPITRE 2 : LE BIM, UNE ADOPTION GENERALISEE ?</b> .....	<b>13</b>
<b>1.2.1 LE BIM DANS LE MONDE</b> .....	<b>13</b>
1.2.1.1 UNE ADOPTION A L'ECHELLE INTERNATIONALE .....	13
1.2.1.2 EXEMPLE ANGLO-SAXON .....	14
<b>1.2.2 LE BIM A L'ECHELLE NATIONALE</b> .....	<b>15</b>
1.2.2.1 LE POSITIONNEMENT DE LA FRANCE FACE AU BIM .....	15
1.2.2.2 ET POUR LE PAYSAGE, ADOPTION OU ADAPTATION ? .....	15
<b>PARTIE II : LE BIM DANS LES AGENCES DE PAYSAGE</b> .....	<b>17</b>
<b>CHAPITRE 1 : LE BIM, UNE INSERTION TIMIDE</b> .....	<b>17</b>
<b>2.1.1 ADAPTATION DU BIM EN PAYSAGE : LE LIM®</b> .....	<b>17</b>
2.1.1.1 FONCTIONNEMENT DU LIM® .....	17
2.1.1.2 LA MODELISATION DU VIVANT .....	19
2.1.1.2 LOGICIELS ET OUTILS UTILISES .....	21
<b>2.1.2 LE LIM® PAR QUI ET POUR QUOI ?</b> .....	<b>22</b>
2.1.2.1 LES ACTEURS DU DEVELOPPEMENT LIM® .....	22
2.1.2.2 EXEMPLES D'APPLICATIONS LIM® .....	23
<b>CHAPITRE 2 : QUELS BESOINS, QUELLES PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT ?</b> .....	<b>25</b>
<b>2.2.1 METHODE ET DEMARCHE A SUIVRE</b> .....	<b>25</b>
<b>2.2.2 PRECONISATIONS</b> .....	<b>26</b>
<b>2.2.3 INVESTISSEMENT FINANCIER</b> .....	<b>27</b>

<b>PARTIE III : LE BIM, QUELS APPORTS POUR LES PRATIQUES PAYSAGERES ?</b>	<b>29</b>
<b>CHAPITRE 1 : DES APPORTS INDENIABLES</b>	<b>29</b>
<b>3.1.1 POUR LES PROJETS</b>	<b>29</b>
3.1.1.1 UN OUTIL DE TRAVAIL PLUS PERFORMANT	29
3.1.1.2 UNE GESTION DU PHASAGE AMELIOREE	29
<b>3.1.2 DES PROCESSUS OPTIMISES</b>	<b>30</b>
3.1.2.1 UN OUTIL PREDICTIF : TEMPOREL ET FINANCIER	30
3.1.2.2 UNE COLLABORATION PLUS EFFICACE	31
<b>CHAPITRE 2 : DES LIMITES A NE PAS SOUS-ESTIMER</b>	<b>32</b>
<b>3.2.1 LES INCONVENIENTS DU BIM</b>	<b>32</b>
3.2.1.1 LE RISQUE D'UNE STANDARDISATION	32
3.2.1.2 UN COUT FINANCIER ET ENVIRONNEMENTAL	32
3.2.1.3 DES LOGICIELS NON ADAPTES AU METIER DU PAYSAGE	32
3.2.1.4 ASPECT JURIDIQUE	33
<b>3.2.2 LE BIM QUESTIONNE</b>	<b>34</b>
3.2.2.1 UN FUTUR FLOU D'UN PROCESSUS QUI TEND A SE GENERALISER.....	34
3.2.2.2 UNE PRESSION IMPORTANTE POUR LES PETITES AGENCES (TPE/PME)	35
3.2.2.3 UN PROCESSUS QUI POURRAIT NUIRE AU METIER DE PAYSAGISTE ?	36
<b>CONCLUSION</b>	<b>37</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>40</b>
<b>SITOGRAFIE</b>	<b>42</b>

*« L'important n'est pas de convaincre, mais de donner à réfléchir »  
Bernard Werber, Artiste, écrivain*



## INTRODUCTION

Le contexte planétaire de ces derniers mois, dicté par l'arrivée soudaine d'une crise sanitaire engendrée par la Covid-19, a pu nous démontrer que l'adaptabilité dans tout corps de métier est quoiqu'il arrive inévitable. Elle s'impose par une évolution de nombreux facteurs, qu'ils soient sanitaires, technologiques, climatiques, sociaux ou environnementaux. Ces facteurs ont d'ailleurs amené à requestionner notre façon de travailler : se rapprocher d'une réflexion plus éco-responsable tout en améliorant les conditions de travail, de fiabilité des projets ainsi qu'en répondant aux enjeux économiques et politiques. C'est principalement le cas des métiers de la construction, représentant l'une des principales sources de pollution. Elles correspondent en 2014 à 38% des émissions carbone aux Etats-Unis et 25% en France (Le Moniteur, 2014).

Aujourd'hui, les domaines de la construction et de l'urbanisme essaient de plus en plus de faire raisonner leurs pratiques avec la notion de développement durable. Pour la construction, on parle d'habitat sain, d'écoconstruction, ou de construction durable. Elles essaient de limiter leur impact environnemental, maximisant les ressources naturelles et locales, dans une démarche énergétique globale [1]. L'urbanisme dit durable repense la ville et l'espace en créant un modèle d'aménagement et de développement urbain. Il touche à divers aspects tels que l'économie, la sociologie, l'écologie, la technique et même la culture, en remodelant nos modes de vie, notre façon d'habiter, de consommer ou de se déplacer. L'ensemble de ces enjeux répondent à des objectifs en faveur de l'environnement et de la consommation, regroupant la consommation énergétique, la consommation d'eau, les émissions de CO2, la production de déchets etc. Ils sont portés par la FFB, la Fédération Française du Bâtiment auprès des pouvoirs publics [2]. Toutes ces informations sont de plus en plus étudiées, améliorées et intégrées sur l'ensemble du cycle de vie d'un bâtiment. Les écoquartiers en sont un des exemples concrets, répondant à des critères de performance environnementale rigoureux (transport en commun, recyclage de déchets, écoconstruction). En prenant en compte l'intégration de la biodiversité urbaine, le végétal se retrouve au cœur du projet.

Les paysagistes représentent un des principaux acteurs d'intégration du végétal en ville, aujourd'hui synonyme de qualité de vie. Ils se retrouvent au centre des préoccupations écologiques et environnementales, et leurs méthodes de conception se doivent de répondre aux enjeux du développement durable. Ils sont amenés à imaginer un espace, respectueux de l'environnement, tout en pensant à son impact pour demain. Ces espaces urbains, les rues, les places viennent s'intégrer à un mode sociologique. Ils assurent la mise en relation des usagers entre de multiples espaces privés et publics, amenant à des croisements, des rencontres. L'appropriation de ces espaces devient une composante majeure de la vie sociale (Dassetto & Rémy, 2017). Le paysagiste intervient donc sur les limites de l'espace, au travers des pleins (volumes construits par les architectes), et vient modeler le site, en intervenant sur l'ensemble des vides (espaces interstitiels). En parallèle, le développement des technologies et des outils numériques permet aujourd'hui de renforcer la précision de l'impact environnemental du projet. Ils renforcent la fiabilité des décisions, tout en diminuant les erreurs commises en amont de la réalisation d'un chantier. Tous ces enjeux se retrouvent centralisés dans le processus de travail appelé BIM (Building Information Modeling), qui se traduit par la modélisation des informations ou données du bâtiment. C'est un processus de travail collaboratif où tous les acteurs d'un même projet sont réunis autour d'une maquette numérique paramétrique 3D. Celle-ci se compose de données intelligentes et structurées représentant à travers le digital, l'ensemble des caractéristiques physiques et fonctionnelles d'un bâtiment tout au long de son cycle de vie, de sa conception à sa démolition [3].

Même si le BIM est de plus en plus côtoyé par les métiers de la construction, il reste encore en marge et méconnu dans le domaine du Paysage. La principale raison provient du fait que les paysagistes concepteurs travaillent avec le vivant, évoluant et se développant suivant la fluctuation de multiples facteurs (ensoleillement, composition du sol, besoin en eau, climat), alors que le développement du BIM est principalement dédié et adapté à la modélisation



matérielle et donc aux bâtiments. De plus, si les appels d'offres sont amenés à intégrer le processus BIM, il est préférable que les partenaires d'un même projet adoptent cette méthodologie commune de travail. Ainsi, utilisé par un grand nombre de ses collaborateurs, un bureau d'études paysage peut se poser de nombreuses questions face à l'appropriation d'une méthodologie de travail qui ne semble pas être destinée et adaptée pour lui. En janvier 2016, lors d'une rencontre consacrée à la thématique de *la palette végétale de demain*, initiée par la Fédération nationale des pépiniéristes et horticulteurs professionnels (FNPHP), la question du BIM a été soulevée. Selon le moniteur, le BIM met les professionnels du paysage en état d'urgence. « *Si nous n'allons pas vers le BIM, d'autres nous l'imposeront* » exprime Philippe Thébaud, paysagiste concepteur (Miguet, 2016).

Ainsi, nous pourrions nous demander si **l'intégration du BIM doit être une préoccupation majeure dans les agences de Paysage**. Nous pourrions nous interroger sur les différences qui existent entre une pratique BIM en agence de Paysage ou en Architecture, et quels seraient les intérêts et les désavantages de recourir à cette méthode ? Comment la mettre en place, quels changements engendrerait-elle ? Opter pour le BIM est-il un choix ou une obligation résultant de son utilisation dans les filières de la construction ?

Nous essaierons dans un premier temps de comprendre comment la pratique du BIM s'est-elle retrouvée au centre des métiers de la construction, et ce à l'échelle planétaire, ainsi que le fonctionnement de ce nouveau processus. Dans un second temps, nous verrons comment cette méthode peut être adaptée au secteur du paysage et intégrée en agence. Enfin, nous dresserons un état des lieux mettant en exergue aussi bien les bénéfices que les limites émanant du BIM, ainsi que les nombreux questionnements que soulève cette thématique.

## OBJECTIFS ET METHODES

Passionné de modélisation 3D et photomontage, mon intérêt pour la recherche de nouvelles représentations graphiques et l'utilisation de nouveaux logiciels s'est petit à petit dirigé vers le BIM. C'est ainsi que j'ai commencé à découvrir cette notion par l'agence Land'Act, précurseur national dans le développement du BIM adapté au paysage, nommé le LIM® (Landscape Information Modeling). Selon moi, le BIM fera irruption dans notre quotidien d'ici plusieurs années, que ce soit par choix ou par obligation. Désireux d'en apprendre davantage sur le sujet, j'ai pu intégrer cette agence et y commencer mon stage de fin d'études. Suite au contexte sanitaire, engendré par la COVID-19, mon stage s'est retrouvé suspendu, dans l'impossibilité de poursuivre en télétravail. Les objectifs du stage et ses conditions de réalisation ne répondant plus aux attentes, je me suis tourné vers l'agence SLG Paysage. J'avais pu, lors de mon stage de 3<sup>ème</sup> année, y faire mes premiers pas en bureau d'études et y découvrir le quotidien d'un paysagiste concepteur. Cette première rencontre avait été une réussite. Face à la situation et au travers de nos échanges, ils n'ont pas hésité à m'accueillir une nouvelle fois dans leurs locaux. Cette nouvelle opportunité m'a permis de continuer à découvrir le métier tout en leur apportant mes connaissances sur un sujet qu'SLG et moi-même ne maîtrisons pas, mais pour lequel nous portions un intérêt commun, le BIM. Le cadre de recherche, autour de l'intégration du BIM en agence de paysage les a particulièrement intéressés. L'objectif fut de les aider à comprendre ce nouveau processus, encore peu vulgarisé et démocratisé, en vue d'une potentielle future intégration.

De par le contexte sanitaire, l'élaboration du sujet a été réalisée dans le cadre du télétravail principalement. De ce fait, la pratique et l'application de la méthodologie BIM n'ont pas pu être appréhendées dans le cadre du stage. Cela s'explique entre autres par le fait que l'agence ne disposait pas des connaissances et des moyens matériels permettant de tester l'outil. Ce pourquoi, la rédaction du mémoire s'appuie sur de nombreuses recherches bibliographiques. La thématique se concentre principalement sur la compréhension du processus BIM, afin de mieux appréhender cette problématique complexe, son fonctionnement, et ce qu'il pourrait

potentiellement apporter aux agences de paysage. Elle soulève également certains questionnements tout en apportant des informations et notions clés sur le processus BIM.

Cependant, j'ai pu lors de mon stage réaliser de nombreux visuels en utilisant divers logiciels. Parmi eux, certains sont utilisés en appui à la maquette numérique BIM pour proposer des rendus réalistes. Lors d'un projet d'aménagement d'une ZAC à Neuville, j'ai eu pour mission de réaliser des visuels d'une vue sur rue [Fig.1] et d'une place de sortie de gare [Fig.2]. Pour se faire, j'ai utilisé les logiciels SketchUp® (pour fixer le socle de la modélisation 3D) et Lumion® pour proposer des rendus 3D photo-réalistes en temps réel.



Fig.1 : Perspective réalisée avec Lumion® : vue sur Rue de la ZAC Neuville, Source : (Bergerault, 2020)



Fig.2 : Perspective réalisée avec Lumion® : vue sur la place de la ZAC Neuville, Source : (Bergerault, 2020)

Il faut savoir que le BIM n'est pas totalement approprié pour le domaine du Paysage. Des astuces d'application propres à ce domaine d'intervention, telles que le LIM®, sont en cours de développement. Or, nous sommes aujourd'hui qu'aux débuts de l'essor du LIM®/BIM, pour lequel une minorité d'agences de Paysage en France se sont penchées sur la question de son appropriation. Les données concernant le développement du BIM pour le Paysage sont pour le moment limitées voire confidentielles où les procédés font aujourd'hui l'objet d'un copyright. Ainsi, tout au long du mémoire, les propos tenus s'appuieront principalement sur de la documentation issue des domaines de l'architecture et du BTP, où le BIM a fait irruption il y a plusieurs années.



## PARTIE I : LE BIM : ORIGINE ET PRESENTATION

### CHAPITRE 1 : LE BIM, PRESENTATION GENERALE

#### 1.1.1 L'ORIGINE DU BIM

##### 1.1.1.1 HISTOIRE DES PRATIQUES INFOGRAPHIQUE EN BUREAU D'ETUDES

Les technologies infographiques que nous connaissons aujourd'hui ont été développées pour la majorité d'entre elles à des fins militaires, puis plus tardivement, étendues à la pratique civile. Les outils informatiques en sont un des principaux exemples. En 1950, le secteur de la mécanique adopte pour la première fois ces outils de représentation vectorielle\*. Il faudra attendre les années 70 pour voir apparaître le développement de la Conception Assistée par Ordinateur (CAO), traduite plus tardivement (années 90) en agence d'architecture. Il a fallu plusieurs décennies pour que l'utilisation de l'informatique en agence voit le jour, puisque son adoption demandait un investissement colossal. La miniaturisation des outils a permis de réadapter les volumes des machines de travail, acceptables et utilisables en agence, tels qu'on les connaît aujourd'hui [Fig.3], [Fig.4]. La création de nouveaux logiciels (CAO), initialement pour l'industrie, a fait émerger la conception tridimensionnelle, profitable au domaine de l'architecture (Thuries, 2018).



Fig.3 : Le système Digigraphics opéré par la Control Data Corporation, ©Photographie, Source : (Charles Babbage Institute Archives, 1963)



Fig.4 : Les ordinateurs de l'Architecture Machine Groupe, © Photographie, Source : (MIT Museum, 1973)

Les ordinateurs étaient à cette époque bien plus dévoués aux métiers des chiffres à des fins d'analyse ou de résolution d'équations tels que l'ingénierie ou l'économie. Si aujourd'hui ordinateur et design vont de pair, il n'a pas été simple d'intégrer outils informatiques aux métiers de la création. Outre la gestion de fichiers administratifs, de calculs, ou de plannings, le passage informatisé de la conception s'est révélé plus compliqué : *« le processus créatif n'est pas aisément décomposable en règles systématiques, scientifiques ou mathématiques pouvant générer des réponses exactes, parce que pour designers et architectes, l'expression d'une idée à travers le dessin est le mode principal de création et de communication, il a fallu à l'époque s'efforcer de concilier ordinateurs et pratiques du dessin. »* (Kauffman, 2016).

La fin des années 90 signe la fin du dessin manuel des plans réalisés sur calques et sur papiers pour une informatisation de ce processus de conception. Lorsque l'on dessine à la main, la superposition de calques a ses limites, puisque dès lors qu'ils se chevauchent en trop grand nombre, ils opacifient de manière considérable le dessin. Ainsi, par l'utilisation de fichiers électroniques il est possible de superposer des centaines de calques, totalement transparents, et de réaliser une infinité de modifications tout en limitant la perte de temps liée à la correction d'erreurs. Un simple retour en arrière de l'action effectuée permet de corriger rapidement la mauvaise manipulation et continuer sans détruire le dessin. Un autre avantage notable, relatif à la notion d'échelle, permet par un simple roulement de molette de zoomer ou dézoomer le

dessin créé. Sur ce même dessin on peut représenter le projet au détail près et en sortir différents plans à différentes échelles, ce que le dessin à la main ne permet pas. C'est ce qui a principalement poussé les architectes à travailler avec la CAO (Conception Assistée par Ordinateur) et DAO (Dessin assisté par Ordinateur). La DAO est en quelque sorte la représentation du dessin par l'informatique, la souris et le clavier remplaçant le crayon et autres outils du dessinateur. Finalement, un trait est un trait, et il n'y a aucune interprétation technique ni de calcul réalisé par le logiciel, seulement l'exécution de commandes graphiques. La CAO quant à elle permet de concevoir une idée en une pièce informatisée, afin de la tester virtuellement par des simulations de comportement, et d'en faire un objet industrialisable. La CAO permet l'organisation virtuelle de fonctions techniques et d'éditer des plans et schémas techniques [4].

Les principaux logiciels utilisés dans les agences de conception pour travailler en CAO sont AutoCAD® et VectorWorks®. Ils s'utilisent sous le format de fichier vectoriel, composé de points et vecteurs repérés, permettant des tracés précis et facilement modifiables. La 2D permet de créer principalement des plans (plans masse, plans de nivellement, plan de plantations, plan de réseaux), et des coupes techniques ou de principe. Pour se projeter, les acteurs qui co-réalisent un projet ont besoin de réfléchir sur un support commun. Ainsi, plans et coupes 2D servent comme base de travail et d'échange entre les divers acteurs de la conception et les commanditaires. Ces derniers, tout comme les futurs usagers du site ne sont pas tous habitués et capables de comprendre ces documents. La lecture de la représentation de l'organisation de l'espace par les plans ou les coupes, demande une capacité de projection mentale qui diffère d'une personne à l'autre. Ce pourquoi, dans un but de communication, ces illustrations sont habillées de textures par le biais d'autres logiciels tel que Photoshop® (DAO). Ces logiciels sont généralement traités en image raster\* ou pixellisées\*, afin de pouvoir ajouter plus de détails et d'effets esthétiques. Ces textures vont rendre compte des matériaux et des couleurs qui seront appliqués, ainsi qu'éclairage et ombrage que délivrera le futur projet dans son environnement (Neveu, 2012). Aujourd'hui, la CAO 2D est la norme pour générer les plans, coupes et autres documents techniques. « *L'infographie 2D permet de formaliser en plan ou en coupe des éléments « simples », mais dès lors que les objets ou les formes de l'aménagement se compliquent, il peut être préférable d'utiliser les outils de l'infographie 3D* » (Neveu, 2012).

#### 1.1.1.2 LA 3D, GENESE DU BIM

Les agences ont principalement travaillé en 2D jusqu'à présent. L'apparition de la 3D a irrémédiablement apporté de nouvelles choses, faisant du couplage de la 2D à la 3D une réelle opportunité. Contrairement à la 2D, utile pour expliquer un concept, le modèle 3D représente davantage le monde qui nous entoure. Il facilite de façon plus explicite sa compréhension, et représente numériquement les volumes et surfaces d'un objet ou ensemble d'objet. Lorsque l'on traite avec des informations représentées sous format 2D, chacun par son libre arbitre, se fait sa propre image de son élévation en 3D. « *Elle le voit dans sa tête, pas à l'écran* » [5]. Par la 3D, on facilite une compréhension plus naturelle et immersive de la conception. On perçoit mieux les dimensions des volumes et les idées exposées. On peut même se déplacer dans la maquette afin de comprendre le fonctionnement global, sous tous les angles. Immérgé dans le contexte, le concepteur peut affiner son projet en évitant des collisions entre les divers composants. Il peut venir intégrer des objets aux éléments avec lesquels ils interagissent de manière plus cohérente, ce qui n'est pas toujours visible en 2D. SketchUp®, un des principaux logiciels de conception 3D est suffisamment élaboré pour pouvoir ériger des maquettes 3D sans avoir besoin d'être retouchées. La 3D est utilisée à des fins de communication, lors de présentations d'un projet aux commanditaires pour faciliter la transmission des propos tenus.

On se rend compte que travailler conjointement avec la 2D et la 3D est plus riche. Traiter simplement avec les outils 2D peut limiter la lecture et compréhension du site et traiter seulement avec la 3D n'apporte pas suffisamment d'informations techniques du projet. C'est

cette limite du détail technique qui empêche les concepteurs de n'utiliser que cette la conception 3D. Cela serait possible, mais demanderait du temps et donc des frais supplémentaires qui ne font pas partie de la mission demandée à la maîtrise d'œuvre. L'architecture fait référence à la construction contrairement au paysage qui fait intervenir des notions de modelage, de nivellement induisant une complexité de la représentation. Ce pourquoi, les rendus esthétiques sont limités mais pas délaissés puisqu'ils apportent une vision réaliste aux commanditaires et aux futurs usagers du site.

Finalement, produire des éléments techniques revient à utiliser des logiciels 2D et la production de visuels et supports de communication à l'utilisation de logiciels 3D puisqu'ils ne sont pas destinés aux mêmes interlocuteurs. On pourrait voir cette pratique de travail comme une perte de temps, malgré sa nécessité, et ainsi se questionner de la faisabilité de centraliser ces objectifs au sein d'un même et seul logiciel.

### 1.1.1.3 LE BIM, UNE NOUVELLE METHODE DE CONCEPTION

Lors de l'étape de la conception, le projet est en quelque sorte instable, puisqu'on lui apporte à répétition des modifications, qui dans certains cas, vont avoir des conséquences chronophages sur la réadaptation du travail. En effet, si l'on procède dans le projet à un décalage par exemple de bacs plantés, ou du niveau d'épaisseur de terre qu'ils contiennent ou bien même la variation des hauteurs des murs et murets, il faudra les modifier sur l'ensemble des coupes et divers plans établis auparavant. La conception paramétrique pourrait être la solution qui remédierait à ce problème, puisque les objets interagissent entre eux, signifiant que chaque modification apportée sur un objet ajuste les autres. Mais ce n'est pas le seul inconvénient qui existe avec les méthodes de conception actuelles. Lorsqu'un paysagiste concepteur conçoit un projet, il travaille avec d'autres corps de métier comme des architectes, des urbanistes, des ingénieurs VRD (Voirie, Réseaux et Divers), ce qui demande un échange régulier de fichiers. Ainsi lorsqu'une modification est apportée par l'un de ces acteurs, il la transmet au travers de fichiers informatisés, possible grâce à un langage informatique commun, permettant la collaboration. Par exemple, lorsqu'on travaille sur logiciel AutoCad®, on crée des fichiers au format *.dwg*. Grâce à un système de références externes « Xref », il est possible de transférer ces données *.dwg* d'un membre à un autre. Cependant ce système a ses limites : « *les échanges incessants de fichiers pour des modifications parfois mineures, mais indispensables, deviennent très vite chronophages et surtout cela fait plus de données à stocker* » (Martin, 2016). Depuis plusieurs années, l'amélioration des outils informatiques et de leur puissance, utilisés principalement par la filière BTP, permet de collaborer à distance via des plateformes collaboratives, et transférer des fichiers lourds rapidement [6].

Toutes ces propriétés interviennent dans un nouveau processus qu'on appelle BIM, Building Information Modeling. On l'assimile souvent à un logiciel ou une nouvelle technologie, mais il représente bien plus que cela. Comme l'explique Méghane Frigelli dans son mémoire (2017), le BIM peut avoir plusieurs significations [Fig.5]. Le BIM est un acronyme anglais qui signifie « **Building Information Modeling** » qui se traduit par la Modélisation des Informations ou données du Bâtiment (ou infrastructure). Le BIM c'est une suite de processus ou méthodes de travail collaboratives autour d'une maquette numérique paramétrique 3D composée de données intelligentes et structurées tout au long du cycle de vie d'un bâtiment, de sa conception à sa déconstruction et recyclage de ses matériaux. Ils existent deux autres significations moins répandues, mais qui viennent compléter la première. BIM peut signifier « **Building Information Model** » qui se conforme à la maquette numérique à proprement parlé dans laquelle chaque acteur renseigne et tire des informations sur les objets. C'est la représentation digitale des caractéristiques physiques et fonctionnelles du projet. Enfin BIM peut signifier « **Building Information Management** », relatif à la gestion des échanges de données du projet modélisé qu'on nomme également interopérabilité\*.

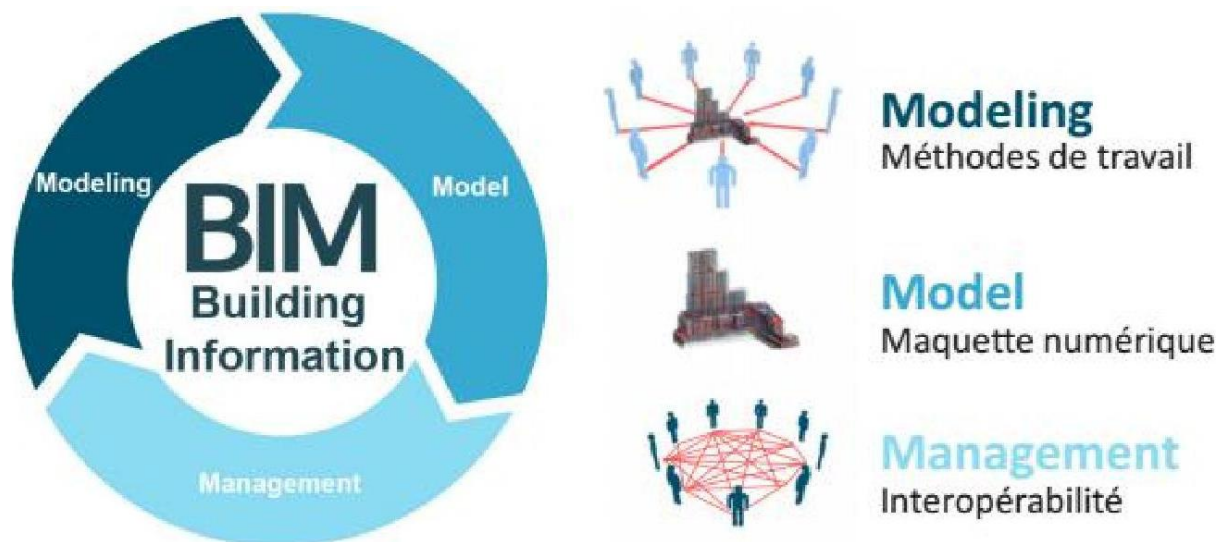


Fig.5 : Les 3 significations du BIM, Source : (Frigelli, 2017)

Dans cette méthode de travail, on ne travaille plus seulement la 3D avec des compositions de lignes et traits, mais on manipule des composants (murs, portes, fenêtres), qui possèdent à la fois une représentation en plan et en coupe (2D) ou en perspective et élévation (3D). Chaque objet possède des données propres qui le définissent : on parle alors d'objets intelligents. Ainsi cette maquette ultra détaillée donne un résultat proche de la réalité au projet. Ce processus de travail admet un grand nombre d'avantages qui seront détaillés dans les parties suivantes.

Le BIM est un processus assez complexe à appréhender et qui semble avoir fait irruption depuis peu dans notre entourage professionnel. Aujourd'hui développé principalement dans le secteur du bâtiment, il concerne dorénavant le domaine de la construction en général. Il met en avant cette volonté de processus collaboratif en temps réel entre tous les acteurs d'un même projet, non seulement entre les professionnels d'un groupement mais également avec l'ensemble des intervenants comme les futurs usagers. Ce pourquoi un format d'échange international a été développé à cet effet qu'on nomme IFC (Industry Formation Classes). C'est grâce à ce format que le BIM devient interopérable, ce qui signifie que quel que soit le logiciel utilisé, l'ensemble des données (caractéristiques et propriétés des objets de la maquette) peuvent être liées entre elles, puis partagées sans perte d'information tout le long du cycle de vie du projet explique l'APEC (Association Pour l'Emploi des Cadres) en 2017.

## 1.1.2 DESCRIPTION GENERALE

### 1.1.2.1 DIFFERENTS NIVEAUX DE MATURITE BIM

Le BIM se traduit et se différencie selon la méthode de travail collaboratif utilisée. La génération et l'échange des données va varier d'une agence à une autre ainsi qu'entre les différents intervenants du projet. C'est à travers ces différences que l'on distingue plusieurs niveaux du BIM qu'on appelle également niveaux de maturité. Ainsi, plus le niveau est élevé, plus le BIM collaboratif entre les différentes parties s'intensifie. On retrouve dans plusieurs sources une description des différents niveaux de BIM. A la fois par le biais de nombreuses entreprises et sociétés de services technologiques innovants et de soutien à la gestion numérique telles que EverBIM [7] ou ACCA SOFTWARE [8], ou d'entreprise telle qu'Objectif BIM [9] proposant des informations, formations et services autour du BIM. Ces différents niveaux, sont originellement détaillées par l'Angleterre, devenus par la suite des niveaux de référence à l'échelle internationale. Emmanuel Di Giacomo (2015) explique sur son blog les niveaux de BIM ou « BIM Levels » décrits par le NBS (National Building Specification) [10].

**Niveau 0 :** *Pas de collaboration donc pas de BIM*

Comme son nom l'indique, il n'y a aucune collaboration et donc aucune interopérabilité possible. Seule la CAO 2D est utilisée, principalement à des fins de productions informatiques et d'informations. C'est par le biais du format papier et ou numérique que le travail est échangé et partagé, sans bien souvent qu'il n'y ait eu recours à un géoréférencement, et dont les unités de mesures ou polices de texte sont propres à chaque partie.

**Niveau 1 (Lonely BIM) :** *Base de données créée mais aucun partage de celle-ci*

C'est un mélange de 2D pour les informations de production et document d'approbation, et de maquette 3D pour les ébauches conceptuelles. Cependant, les données 2D sont produites de manière structurée et ordonnée pour répondre à une norme (ex en Angleterre : BS 1192:2007), régissant entre autres, numérotation des plans, géolocalisation, présentation, systèmes de distribution, etc. Mais attention, si l'on souhaite parler de BIM niveau 1, les données et informations doivent être structurées dans un cadre clair, afin de faciliter le partage. Mais chaque profession conserve ses données.

**Niveau 2 :** *Base de données créée et partagée par chaque utilisateur*

Résultat d'un travail de collaboration totale, l'information est partagée entre les différents membres du projet à l'aide d'un langage commun appelé format IFC ou COBie (Construction Building Information Exchange). Le format de fichiers natifs IFC permet aux organisations de combiner et fusionner leurs données et d'avoir une vue d'ensemble de toutes les informations disponibles. Ici chacun produit sa propre maquette numérique, architectes ou ingénieurs, par l'intermédiaire de logiciel de CAO/BIM tel que Revit®, introduisant deux nouvelles dimensions : la 4D (gestion du temps) et la 5D (analyse des coûts).

**Niveau 3 :** *Maquette unique, accessible et modifiable par tous les utilisateurs en temps réel*

Le BIM niveau 3 ou iBIM est considéré comme le résultat regroupant tous les avantages que propose le BIM. Il représente un objectif d'avenir, de pleine collaboration entre toutes les disciplines. Il s'exécuterait au travers d'un modèle numérique 3D unique de projets partagés, jumelé d'une intégration complète de l'information dans un espace en cloud. L'ensemble des intervenants travaillant pour et dans le projet pourraient modifier et ajouter leurs propres informations. C'est alors en temps réel que l'équipe pourrait apprécier et vérifier les effets des actions individuelles sur le modèle que l'on appelle « cloud computing\* ».

#### 1.1.2.2 DIMENSIONS DE LA MAQUETTE NUMERIQUE

Alors que la 3D n'est encore maîtrisée et utilisée par l'ensemble des métiers de la construction, apparaissent de nouvelles dimensions venant s'ajouter à celles que l'on connaît déjà : la 2D et la 3D, représentant respectivement les dimensions spatiales selon les axes x,y et x,y,z. Elles transforment alors la maquette numérique 3D en une gigantesque base de données proposant des renseignements autour du temps (4D), des coûts (5D), du développement durable (6D) ainsi que la maintenance (7D). Une étude menée par le département des études et de recherche de l'APEC (2017), *Le BIM, tendance métiers dans le bâtiment* recense les différentes dimensions de la maquette numérique BIM.

**BIM 2D :** Malgré le développement du BIM, de nombreuses entreprises continueront à travailler en 2D. Il est donc important de conserver un moyen de communication et de partage, et ce, par le biais de plan papier 2D.

**BIM 3D :** Cette dimension est la base du BIM. Les dimensions géométriques X, Y et Z permettent la visualisation du processus BIM, les relevés de l'existant, les détections d'interférences, les calculs de quantités, la mise à jour automatique des coupes et détails techniques, etc. De plus, chaque élément de structure, comme par exemple les revêtements, murs, vitrages, sols, etc, est caractérisé par des informations de composition et de propriétés, contenues dans une base de données (Martin, 2017).



**BIM 4D** : Par l'intégration de cette dimension temporelle, il devient possible de simuler la progression d'une phase de la construction ou la durée d'un évènement par exemple. On peut alors dresser un planning de construction permettant aux différents acteurs d'un même projet de se projeter et visualiser la progression du phasage de la construction.

**BIM 5D** : L'impact budgétaire d'un projet de construction est colossal. La 5D permettrait de repérer, ajuster et éliminer les problèmes d'impact financier important, d'estimer les coûts de construction ou obtenir un aperçu de la situation financière du projet à un moment donné.

**BIM 6D** : Environnement et écologie sont devenus de nouveaux grands enjeux dans le domaine de la construction. Dimension du Développement Durable, elle permet d'effectuer des analyses énergétiques et proposer des outils de gestion d'actifs immobiliers.

**BIM 7D** : La maquette numérique pourrait dorénavant prendre en compte l'ensemble du cycle de vie d'un bâtiment et tous les aspects qui l'accompagnent : de sa conception à sa démolition en y associant des informations sur son exploitation. Le propriétaire pourrait de ce fait disposer de l'ensemble des données nécessaires à l'utilisation et la maintenance du bâtiment.

**BIM XD** : Il s'agit ici de toutes les données complémentaires imaginables qui pourraient venir s'ajouter à celles des dimensions précédentes.

### 1.1.2.3 NIVEAUX DE DEVELOPPEMENT

Dans un projet BIM, on retrouve trois types de niveaux permettant de régler, à chaque étape du projet, le degré de richesse de la base de données BIM : niveau de détail (lod : level of detail), niveau d'information (LOI : Level Of Information) et niveau de développement (LOD : Level Of Développement). Ces trois termes ne sont définis ni dans une loi ni dans une norme, mais ils sont là pour améliorer la communication dans un projet BIM. Malheureusement, ils portent bien souvent à confusion, ce pourquoi est détaillé ci-dessous le sens exact de ces trois termes [11] :

Dans le **niveau de détail (lod)**, seule la représentation graphique de la famille est évoquée. Par exemple, une famille dotée d'un faible niveau de détail se représentera par un format géométrique simple tel un cube et ne contiendra aucun matériel spécifique. Le **niveau d'information (LOI)** associe toutes les propriétés non géométriques à l'objet BIM. Par exemple est inclus à une famille dotée d'un très haut niveau d'informations, des feuilles de données de fabricants spécifiques ou bien des instructions de maintenance. Enfin, le **niveau de développement (LOD)** est quant à lui, la combinaison des deux niveaux précédents, à savoir du niveau de détail géométrique et du niveau d'information (East, 2007).

Les différents niveaux de développement, tels que définis par The American Institute of Architects dans *Building Information Modeling Protocol Form*, sont repris dans le Cahier pratique du Moniteur (2014), *BIM/Maquette numérique : contenu et niveaux de développement*. L'objectif étant de franciser les concepts des LOD américains [Fig.6] afin de retrouver une certaine similitude avec le découpage de la loi MOP\*.



Fig.6 : Niveaux de détail ou Lod (Level of detail), Source : (datBIM, dossier du 05/10/2018)

La représentation des différents cycles dans lesquels s'inscrit la maquette numérique nous permet de synthétiser et comprendre très rapidement la correspondance entre une phase d'un projet, la/les phases de la loi MOP et le/les niveaux de développement de la maquette [Fig.7].

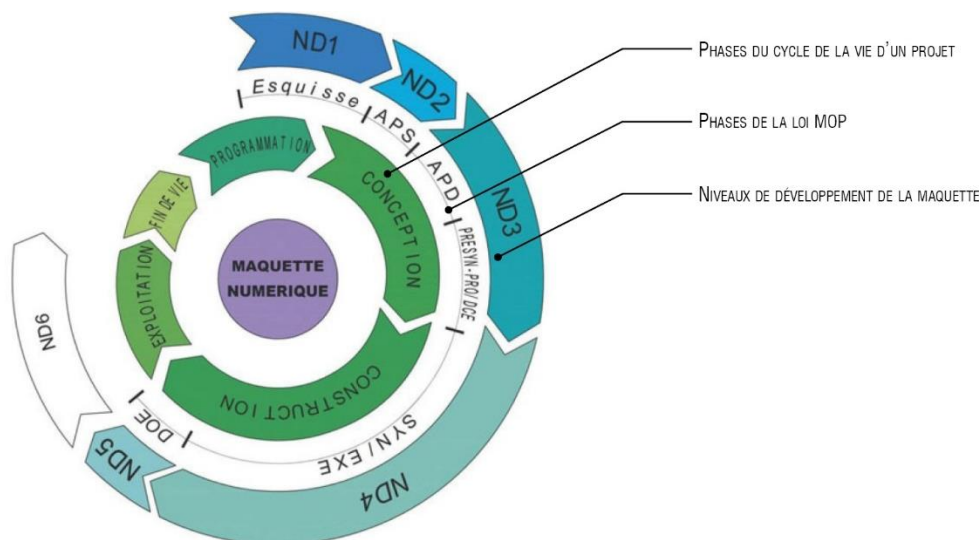


Fig.7 : Comparaison phasage d'un projet - LOI MOP - Niveaux de développement, Source : (Le Moniteur n°5763, 2014) - Adapté par Bergerault, 2020

En phase de **Conception et d'Esquisse (ESQ) ND1 ou LOD 100**, la représentation s'apparente à un volume sommaire par le biais d'une représentation générique ou d'un symbole. Le projet est positionné grossièrement dans son contexte, sans information supplémentaire où l'on peut simuler des études d'ombres portées, d'ensoleillement etc.

Dans le **ND2 ou LOD 200** l'élément est représenté graphiquement dans le modèle comme un objet défini approximativement par des quantités, une taille, une forme, un emplacement et une orientation par rapport à l'ensemble du projet. Dans cette phase **Avant-Projet Sommaire (APS)** et de **Permis de Construire (PC)**, les volumes sont adaptés afin de mieux comprendre les concepts du projet, y définir les impacts des aménagements sur l'existant et y associer de ce fait une conception plus intégratrice dans son environnement. On peut extraire les informations des objets et vérifier la cohérence de la conception des différents éléments provenant de divers intervenants tout en visualisant les surfaces techniques dans la maquette.

Le troisième niveau **ND3 ou LOD 300** présente de manière exhaustive les composants de la maquette numérique. L'origine du projet est définie et tous les objets y sont clairement définis contenant au-delà de leurs dimensions géométriques, des informations fonctionnelles précisant leur définition graphique (quantités, taille, forme, etc.). C'est donc la **phase APD (Avant-Projet Définitif)** qui est initiée si l'APS est validée au préalable. Une estimation financière peut être réalisée. Les calculs structurels sont affinés, les réseaux techniques ainsi que les détails architecturaux sont pré-numérisés. Il est par exemple possible de visualiser dans l'interface de modélisation de potentielles collisions entre réseaux. Ces modèles sont utilisés pour générer la consultation d'entreprise en phase **DCE**.

Lorsque le projet maquette sort de terre en phase d'**Exécution des travaux (EXE) ou LOD 400**, la maquette se doit d'être très précise et se rapprocher au maximum de la réalité. Tous les éléments qui la composent sont définis et caractérisés par l'ensemble des informations des niveaux précédents, auxquelles s'ajoutent toutes les informations fonctionnelles nécessaires à son développement. Ce niveau permet de réaliser des travaux de détail, de fabrication et d'installation/assemblage. La maquette est en quelque sorte utilisée comme support de préfabrication et d'aide à la réalisation du chantier. Documents techniques, méthodologie d'exécution peuvent être fournis pour les exécutants. L'entrepreneur pourra diviser les besoins de construction et les attribuer aux sous-traitants par exemple.

Lorsque le chantier se termine, on passe dans la loi MOP à la **phase DOE (Dossier des Ouvrages Exécutés)** ou ici **ND5 ou LOD 500**. Ce niveau permet la mise à jour de la maquette numérique afin d'être conforme à ce qui a été réalisé, constituant en quelque sorte un double numérique de l'édifice construit. La maquette disposera d'une géométrie et d'informations très précises, il devient possible d'extraire tous les documents nécessaires à l'exploitation et la maintenance de ce dernier, idéale pour faciliter des futures interventions. Par exemple, si une porte a été cassée, il suffit d'exporter la fiche technique de celle-ci via la maquette, qui détaillera ses dimensions, son coût, son fournisseur etc.

Enfin, le dernier niveau **ND6** n'est plus destiné aux mêmes usagers. Ce sont les gestionnaires du patrimoine, les intervenants et les occupants qui en sont les nouveaux utilisateurs. Une version simplifiée est nécessaire pour qu'elle puisse être exploitable sur un logiciel simple, afin d'assurer le suivi des maintenances, l'évaluation des performances énergétiques, l'adaptation à la réglementation, la réalisation d'interventions, etc.

On peut voir que le BIM a été pensé pour pouvoir s'adapter à l'organisation actuelle d'un projet, régi par la loi MOP, permettant ainsi de conserver une logique traditionnelle des phases qui le compose (ESQ, AVP, PRO, DCE, ACT, EXE). L'**ANNEXE I** résume ces niveaux de développement du BIM associés à la loi MOP. Il est aujourd'hui admis que le BIM peut fonctionner dans le cadre de la loi MOP, mais attention, car ces deux méthodes ne sont pas similaires et dérivent sur certains aspects. Le phasage de la loi MOP est bien distinct et linéaire, et nécessite parfois des validations intermédiaires pour passer d'une phase à une autre. A contrario, lors de l'utilisation du BIM, ces phases sont théoriquement respectées, mais cette organisation reste parfois trop rigide à l'application de cette nouvelle méthodologie, d'une part dû au brassage des acteurs dès le début du projet et d'autre part dû à un entremêlement de certaines de ces phases où leurs limites se retrouvent plus floues que celles énoncées par la loi MOP. De ce fait, la méthode BIM ne peut pas réellement s'appuyer sur la grille d'honoraires de référence du bâtiment de la loi MOP proposant 4% pour la phase ESQ, 8% pour l'APS, 16% pour l'APD et 20% pour le PRO/DCE. Comme nous le montre la courbe de Mac Leamy [Fig.8], les acteurs qui utilisent le BIM investissent leurs efforts principalement dans les premières étapes du projet. Ainsi les pourcentages des honoraires seront susceptibles d'être modifiés (Pihee, 2019). De plus, pour les paysagistes, les phases APS et APD des architectes sont regroupées dans la phase AVP, répartissant différemment les honoraires entre maîtres d'œuvre (environ 12% pour l'ESQ, 20% l'AVP, 20% le PRO/DCE).

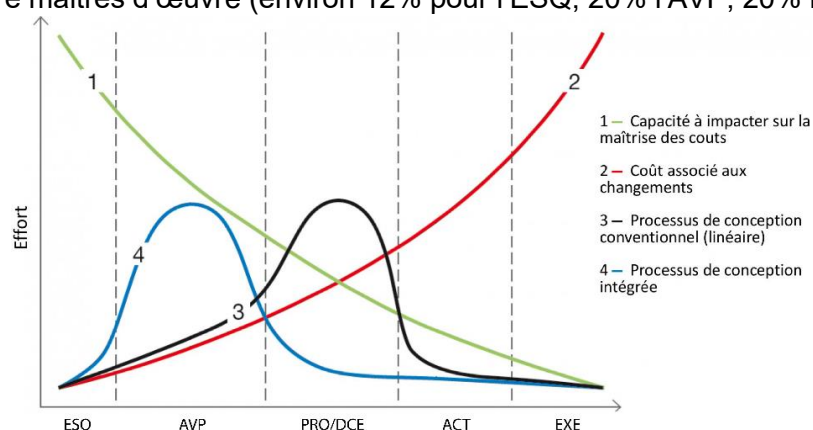


Fig.8 : Courbe de Mac Leamy : nouvelle répartition des coûts de construction, Source : (Pihee, 2019) - Adapté par Bergerault, 2020

Cependant, cette problématique reste propre à l'Etat français, puisque la loi MOP est une loi française qui permet de réglementer tous les liens qui peuvent exister entre le maître d'ouvrage public et le maître d'œuvre privé au cours de travaux sur des projets de construction. De ce fait nous pourrions nous questionner quant à l'intégration du BIM à l'échelle planétaire, son utilisation suivant les pays et le rapport que la France entretient avec ce processus BIM.

## CHAPITRE 2 : LE BIM, UNE ADOPTION GENERALISEE ?

### 1.2.1 LE BIM DANS LE MONDE

#### 1.2.1.1 UNE ADOPTION A L'ECHELLE INTERNATIONALE

Depuis plusieurs années, le BIM s'installe progressivement dans certains pays du monde dans les secteurs de l'architecture et du BTP principalement [Fig.9]. De nombreuses raisons ont poussé les gouvernements à cette adoption massive, dont parmi elles, le climat, la pression économique, et l'esprit compétitif. La consommation d'énergie figure parmi les plus grandes préoccupations de notre époque, se révélant être un facteur indissociable de l'essor grandissant du BIM. Elle influe négativement sur l'environnement et le réchauffement climatique via l'essor démographique, la rareté de l'eau, l'épuisement des énergies fossiles. Le secteur de la construction et du bâtiment a un impact très fort sur les émissions carbonees et participe activement à cette consommation énergétique. Il représente en 2014, 38% des émissions carbonees aux Etats-Unis et 25% en France. De plus, 72% de l'énergie totale est consommée par ce même secteur aux USA contre 40% en France (Le Moniteur, 2014). C'est par l'intermédiaire du BIM que des simulations de performances énergétiques peuvent être réalisées dès la phase de l'Esquisse, en tant qu'avatar du bâtiment. Il en va de même pour un architecte qui peut moduler l'orientation de son bâtiment suivant les critères d'ensoleillement et thermique voulus. En 2006, les Etats-Unis décrètent que les bâtiments construits par le Service des Bâtiments Publics (PBS) doivent utiliser le BIM lors de la conception. L'année suivante, les Services Généraux d'Administration (GSA) émettent comme condition préalable à toute candidature d'une commande publique un rendu BIM et encouragent à l'exploiter à toutes les phases du cycle de vie du bâtiment (Valente, 2015).

Plus largement en Asie, quelques pays sont aujourd'hui considérés comme des précurseurs. Singapour, par exemple, a rendu obligatoire le BIM en 2015 (Schober et al., 2017). Leur objectif était depuis 2008 de devenir l'autorité éditrice des permis de construire la plus rapide au monde. L'autorité de Construction et du Bâtiment a comme objectifs d'augmenter de 25% le taux de productivité de l'industrie du bâtiment et qu'au moins 80% des constructions utilisent des méthodes BIM d'ici 10 ans. A Hong Kong, L'autorité de Construction pour l'Habitation a rendu obligatoire depuis 2014 tous les projets de construction du marché public (Valente, 2015).

En Europe et principalement en Europe du Nord, plusieurs pays ont mis en place des stratégies gouvernementales pour la construction. La Finlande a exigé l'utilisation du BIM dans ses projets depuis 2007 (Frigelli, 2017). Cette même année, les agences gouvernementales du Danemark ont exigé qu'une méthode BIM soit employée dans les projets qu'ils réalisent tout comme la Norvège pour la totalité du cycle de vie des projets (conception, réalisation, maintenance, démolition), et qui est devenu obligatoire depuis 2010 (Valente, 2015). En Europe de l'Ouest, le gouvernement Espagnol a annoncé en 2015 la mise en place d'une Commission pour le déploiement d'une méthodologie BIM. Il souhaite aboutir à une utilisation généralisée tout en élaborant des normes nationales qui faciliteront l'utilisation du BIM, avec comme ligne directrice, l'homogénéisation des politiques d'enseignement académique de cette méthodologie (Valente, 2015).

Le gouvernement français a quant à lui choisi en 2014, d'encourager les entreprises à adopter le BIM plutôt que les forcer, et lance à ce moment son plan "Bâtiment Numérique" pour promouvoir le BIM. L'Allemagne, également à ses débuts a comme objectif « la création d'une structure dédiée au BIM, développée sur fonds privés » (Frigelli, 2017). De plus, le ministère fédéral allemand des transports et de l'infrastructure numérique prévoit pour tous les projets d'infrastructure de transport, de rendre l'utilisation du BIM obligatoire d'ici 2020. Enfin, le Royaume-Uni reste plus avancé que l'Allemagne et la France, puisque l'utilisation du BIM pour les bâtiments publics est imposée depuis de 2016 (Schober et al., 2017).

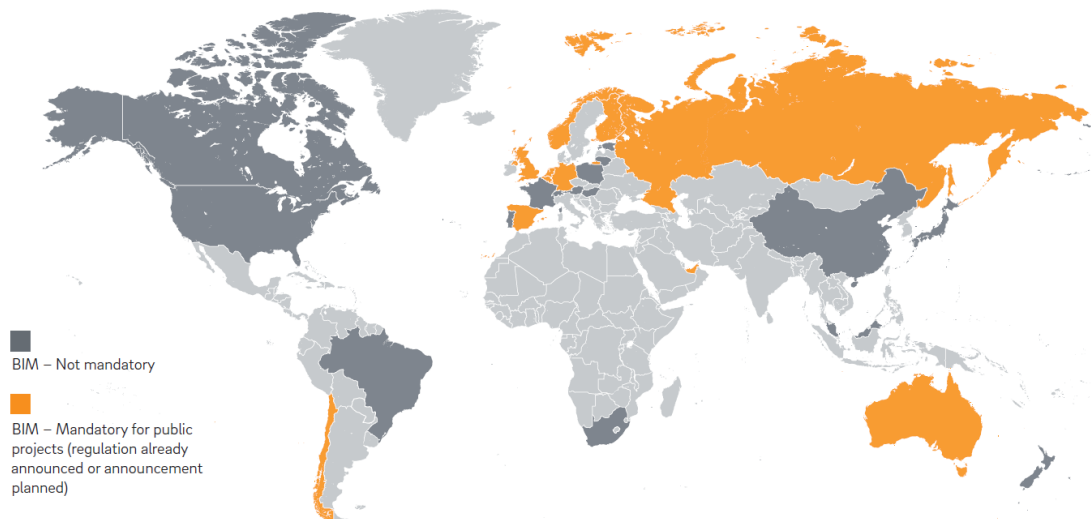


Fig.9 : Etat actuel des mandats pour l'utilisation obligatoire du BIM par pays en 2017, Source : (OPIIEC. Roland Berger, 2017)

Même si le BIM est amené à évoluer, il est utilisé dans bon nombre de pays, et devient la référence pour beaucoup de projets constructifs. Comme on a pu le voir, certains pays européens ont rendu le BIM obligatoire dans les marchés publics. Ce pourquoi, une directive européenne a vu le jour en 2014, (2014/24/UE-art.22.4), visant à instaurer un cadre réglementaire autour de l'utilisation du BIM comme par exemple, l'usage du BIM en marché public (Parlement Européen & Conseil de L'Union Européenne, 2014).

#### 1.2.1.2 EXEMPLE ANGLO-SAXON

Au Royaume-Uni par exemple est lancée en 2011 une réforme gouvernementale visant à réduire de 20% les coûts liés à la construction des ouvrages publics ainsi que les émissions de carbone. A cette époque le gouvernement Britannique a déjà en tête l'ambition de devenir leader mondial du BIM. En 2016 l'utilisation du BIM au niveau 2 pour les bâtiments publics avec un investissement supérieur à 5 millions de GBP (livre sterling), représentant 30% du marché de la construction devient obligatoire. Elle permet pour le moment, de réaliser principalement des économies sur les défauts d'exécution de chantier. Cette efficacité est directement liée à l'utilisation des fichiers d'échanges COBie UK étant une base de données, comparable à une feuille Excel géante contenant des informations sémantiques et non graphiques de la maquette numérique [12].

Depuis leur adoption du BIM en 2011, le gouvernement britannique a estimé une économie réalisée grâce au BIM d'environ 2 milliard d'euros entre 2012 et 2014. Mais ce n'est pas tout, le *Construction News* indique que 66% des projets de la Major Project Authority sont réalisés dans les délais et budget impartis contre seulement 33% en 2010 (Le Moniteur, 2014). En 2013, le gouvernement a rajouté comme objectifs de réduire les coûts de construction de 33% et les délais de livraison de 50% d'ici à 2025. Le rapport de la NBS de 2019 a montré sur presque 1000 industries interrogées, que seuls 2% ont déclaré ne pas avoir connaissance du BIM. Sur les 98% restant, 73% ont déclaré avoir déjà adopté une utilisation du BIM pour leurs projets, et 69% d'entre eux l'utilisent à plein temps, contre 39% en 2013 et 13% en 2011. Sur l'utilisation future du BIM, le Royaume-Uni considère d'après les sondages que la grande majorité des adoptions du BIM se fera dans un délai d'un à trois ans : 69% d'adoption aujourd'hui, 91% utiliseront le BIM en 2020, 95% en 2021, 96% en 2022. Enfin, dans son mémoire, Méghane Frigelli (2017) nous apprend que le Royaume-Uni cherche à se perfectionner davantage et travaille sur « une extension de l'usage de la maquette numérique aux phases de financement et d'opération des bâtiments et infrastructures, en impliquant les banques et organismes financiers dans le processus », ainsi que sur « la mise en place d'un système d'appels d'offres en BIM en temps réel pour favoriser la transparence de l'attribution des marchés ».

## 1.2.2 LE BIM A L'ECHELLE NATIONALE

### 1.2.2.1 LE POSITIONNEMENT DE LA FRANCE FACE AU BIM

Malgré l'adoption du BIM de nos pays voisins, les français s'interrogent sur l'adaptation de la totalité du processus, et de nombreuses agences d'architectures par exemple restent sceptiques. Au vu du développement croissant de son adoption au Royaume-Uni, on pourrait espérer faire de même. Cependant, il existe des divergences entre nos deux systèmes, comme les normes de construction ou l'implication du gouvernement dans le développement du BIM (Frigelli, 2017). Alors quelle stratégie adopte la France ?

Voici ce que Le Moniteur cite de la parole de Cécile Duflot, ministre française de l'Egalité des territoires et du Logement (2014) : « *Nous allons progressivement rendre obligatoire la maquette numérique dans les marchés publics d'Etat en 2017. Et je suis sûre que les collectivités suivront très rapidement.* » (Beideler et Francqueville, 2014). En France, il n'existe pour le moment pas de législation particulière spécifique au BIM. Et cela pose de nombreux problèmes puisque beaucoup de réglementations relatives à la construction sont devenues sur de nombreux points obsolètes voire inadaptées à l'utilisation de nouveaux outils numériques et collaboratifs. Ces dernières avaient été rédigées à l'époque de l'utilisation du papier, ce qui ne rentre plus dans le cadre du processus BIM [13]. Ceci dit, la France ne souhaite pas imposer de façon contraignante l'utilisation du BIM dans les marchés publics afin de ne pas bouleverser trop brusquement les fondements de la réglementation française. Ce pourquoi, « *L'article 42 du décret du 25 mars 2016 ouvre la possibilité aux acheteurs publics d'imposer le recours des outils électroniques tels que le BIM, mais aucune disposition du texte n'impose à ces mêmes acheteurs d'y recourir.* » [14]. De plus, dans son cours en ligne *Appréhendez le cadre réglementaire du BIM en France* [14], Jérôme Cornu apaise les craintes autour des risques et incidences que provoquerait le BIM sur la loi MOP. La MIQCP (Mission interministérielle pour la Qualité des Constructions publiques) a précisé que la loi MOP était parfaitement compatible avec le développement du BIM puisqu'elle régit un principe progressiste et itératif des études effectuées pour contribuer à la qualité d'un ouvrage. Elle ne parle aucunement d'imperfections potentielles liées aux logiciels et ou outils utilisés à cet effet. De plus, des études menées par l'Atelier BIM Virtuel (ABV) ont démontré que les TPE-PME réussissent à travailler en BIM sur les phases de programmation, conception, réalisation, déconstruction et recyclage tout en respectant la loi MOP. Cependant, si le BIM ne change en rien les missions des différents acteurs décrites par la loi MOP, il est important de définir clairement les rôles de chacun [14].

Même si l'Etat Français n'impose rien dans l'utilisation d'une démarche BIM, le secteur du BTP a pris les devants, et s'est initié depuis plusieurs années à la pratique du BIM. En effet, en plus des causes et enjeux climatiques énoncés précédemment, les maîtres d'ouvrage sont déjà bien au courant du processus BIM. De ce fait, les promoteurs de ce système n'hésitent pas à venir les démarcher, même si la Maitrise d'ouvrage reste décisionnaire quant à l'adoption du processus [15]. En France, les architectes ont aujourd'hui mis un pied dans l'utilisation du BIM, et suivent la marche du BTP quant à son adoption. Cependant pour le secteur du Paysage, ce n'est encore que très peu développé.

### 1.2.2.2 ET POUR LE PAYSAGE, ADOPTION OU ADAPTATION ?

Aujourd'hui, au-delà d'être un choix, aussi bien négatif que positif, l'intégration du BIM pour les paysagistes est en quelque sorte une main forcée. Dans l'article du moniteur *La filière paysage prête à relever le défi du BIM*, Laurent Miguet (2016) nous propose une interview de Philippe Thébaud, directeur à l'époque de l'agence Land'Act : « *Si nous n'allons pas vers le BIM, d'autres nous l'imposeront. Soyons la locomotive : nous y trouverons un moyen de faire reconnaître nos droits dans la chaîne de production, face aux bureaux d'études et aux architectes [...]. Donnons envie ; transformons une charge supplémentaire en chance de faire.* ». Dans son mémoire, *Origines et développement du LIM (Landscape Information*

*Modeling) au sein de l'agence Land'Act, Mathilde Foucault (2018), fait également référence à cette nouvelle méthode de travail qui vient plus ou moins s'imposer aux paysagistes concepteurs. « Les standards du marché sont portés qu'on le veuille ou non par les architectes qui deviennent prescripteurs du format d'échange. Les éditeurs de logiciel tel qu'Autodesk sont devenus incontournables et de la même manière que le format '.dwg' s'est imposé aux autres acteurs de l'aménagement, aujourd'hui c'est au standard du BIM qu'il faut s'adapter. ».*

Les dimensions temporelle et spatiale vont impacter de façon significative la relation du végétal à son environnement. A l'inverse, par exemple, le traitement d'un muret restera fixe dans le temps (en faisant abstraction des impacts climatiques jouant sur le vieillissement et la fragilité des matériaux). Le végétal ne s'identifie pas par une image figée, et les facteurs temporels, spatiaux, environnementaux et beaucoup d'autres jouent un rôle considérable sur le vivant et imposent une grande complexité dans la représentation artificielle de ce dernier.

Les logiciels conçus pour le travail collaboratif n'ont pas été imaginés pour le travail du vivant. Et bien qu'il ne soit pas totalement optimisé pour les paysagistes concepteurs, le BIM devient plus ou moins obligatoire pour la conception de l'aménagement du territoire sur les grands projets complexes, pour les mêmes raisons qu'elle est la norme pour les grands bâtiments et autres structures. Forte de ce constat, l'architecte paysagiste Lauren Schmidt, associée de la société GGN basée à Seattle, encourage l'ensemble des architectes paysagistes à se former et s'engager dans le processus BIM. Mais arrive la contrainte réelle qu'aucun logiciel n'est destiné à la modélisation du paysage. Alors pourquoi les paysagistes devraient-ils utiliser le BIM ? Lauren Schmidt répond à cette question en expliquant le rôle du paysagiste. Lors de grands projets il fait la liaison entre le travail des architectes et celui des ingénieurs civils. Il façonne les espaces dit intermédiaires (seuils, entrées, murs de soutènement, trottoirs, etc.). C'est pour toutes ces raisons qu'elle souhaite travailler avec leurs modèles le plus tôt possible [16]. Travailler avec des outils non adaptés au domaine du paysage semblerait être chronophage tout en déboursant des coûts supplémentaires plutôt qu'apporter de la valeur au travail de conception. Or, d'après Lauren Schmidt, le BIM permet de réaliser des économies. L'argent étant un puissant facteur de motivation, il n'est pour elle pas surprenant que « *architects, contractors, clients and now landscape architects are all moving to adopt and even require BIM on their projects [...] If we don't incorporate it into our process, someone else will, and we will be out of a job.* » (les architectes, les entrepreneurs, les clients et maintenant les architectes paysagistes adoptent tous le BIM et l'exigent même pour leurs projets. [...]) Si nous ne l'intégrons pas dans notre processus, quelqu'un d'autre le fera, et nous serons au chômage) [16].

Pour façonner l'espace urbain lors d'un appel d'offre, des groupements se forment entre architectes, ingénieurs VRD, paysagistes, bureaux d'études techniques, etc. Ces professions ont pour la plupart initié une prise en compte du BIM voire une mise en pratique. On prend conscience qu'une pression s'exerce sur les métiers liés au Paysage, pour rester légitime lors de la conception des aménagements. Face à ces changements, si les paysagistes concepteurs souhaitent conserver leur place autour de la table et défendre leur profession et leur savoir-faire, il est important de pouvoir le faire au même titre que leurs partenaires. La généralisation de réponses imposant une méthode de travail collaboratif en maquette BIM oblige les agences de paysage à se questionner quant à leur rôle futur, pour la réponse à ce type de projets. On comprend alors tout l'enjeu d'une intégration spécifique du BIM au paysage.

## PARTIE II : LE BIM DANS LES AGENCES DE PAYSAGE

### CHAPITRE 1 : LE BIM, UNE INSERTION TIMIDE

#### 2.1.1 ADAPTATION DU BIM EN PAYSAGE : LE LIM<sup>®</sup>

##### 2.1.1.1 FONCTIONNEMENT DU LIM<sup>®</sup>

Parler de paysage et d'architecture paysagère fait référence à une structure vivante en évolution continue venant contraster avec l'immobilité géométrique des bâtiments architecturaux. La convention européenne propose la définition suivante : « *Le paysage désigne une partie de territoire telle que perçue par les populations, dont le caractère résulte de l'action de facteurs naturels et/ou humains et de leurs interrelations.* » (Conseil de l'Europe, 2000). Le territoire se constitue de deux composantes, l'une anthropique et l'autre naturelle, suivant des règles géométriques parfois diamétralement opposées. Le paysage sous-entend un ensemble complexe, unique, de composantes dynamiques parfois très différentes, et en constante transformation, faisant de sa représentation un sujet de développement compliqué. Tous ces paramètres ont une influence sur la vision du paysage, la méthodologie utilisée pour le comprendre et donc pour le représenter. De ce fait, il devient nécessaire de développer un système capable d'une part, de regrouper les différents besoins qui découlent de l'étude d'un paysage, et d'autre part des outils utiles et essentiels pour sa représentation. À ce jour, le projet de paysage et sa représentation graphique revient à produire par le biais de logiciels de dessin numérique, une image statique 2D ou 3D, dans un cadre donné, à un temps donné. Cette méthodologie de représentation, au-delà de ses qualités visuelles et d'interprétation du Paysage, impose de fortes limites dans la compréhension des systèmes et des éléments qui entrent en jeu lorsqu'il est question de relation avec une architecture vivante. (Cianci et Molinari, 2019). Cette dimension, pour les métiers travaillant étroitement avec le Paysage, est l'un des enjeux majeurs du développement du processus BIM pour le Paysage, nommé LIM<sup>®</sup>, Landscape Information Modelling en anglais.

Le LIM<sup>®</sup> renvoie à une application spécifique du BIM pour le paysage, correspondant finalement à la 8ème dimension de la maquette numérique BIM [Fig.10]. Il a pour objectif de modéliser les informations du Paysage, et donc de passer de la création de dessins imprimés à la coordination de données dans un modèle numérique du paysage. Le passage au BIM est peut-être plus difficile que le passage à la CAO car il nécessite une modification substantielle des processus qui sont en place depuis le dessin à la main [17]. Le LIM<sup>®</sup> traite donc les espaces extérieurs d'un projet, les interfaces entre les bâtiments, les toitures terrasses, les places et espaces publics d'une ZAC par exemple. Afin que la maquette puisse être exploitable par tous, elle doit être conçue avec le même logiciel ou un logiciel compatible à celui utilisé pour modéliser les bâtiments (Foucault, 2018).

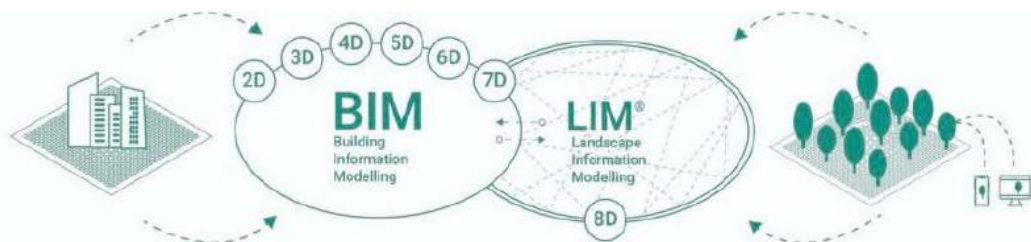


Fig.10 : Le LIM<sup>®</sup>, 8ème dimension du BIM, Source : (Agence LAND, 2019)

Pour ce faire, on retrouve deux catégories différentes dans le LIM<sup>®</sup> : **Le Softscape\*** (aménagement paysager souple), composé exclusivement d'éléments du vivant et **le HardScape\*** (aménagement paysager dur), faisant référence à toute intervention de l'homme dans le paysage. On retrouve dans le SoftScape les composantes du terrain (topographie de surface et les différentes couches géologiques), tout ce qui vient agrémenter et s'implanter sur ce terrain à savoir la végétation (arbres, arbustes, plantes, etc.) et toutes les composantes hydriques (ruisseaux, rivières, fleuves, étangs, lacs, et autres points d'eau de surface ou sous-sol). En quelque sorte, le SoftScape représente la partie vivante animée d'un paysage. A l'inverse, le HardScape comprend toutes les installations qui empêchent l'absorption de l'eau



référéncant l'ensemble des matériaux présents dans le paysage, telles que des structures implantées par l'homme (graviers, dalles, pavage, enrochements, ponton, mobilier, etc.) [18].

Grâce au logiciel LIM<sup>®</sup>, le paysagiste concepteur n'aura plus à utiliser son ordinateur pour créer des lignes, des formes, des symboles ou des côtes du dessin technique. Il ajoutera manuellement des objets tridimensionnels pour la création d'une vue en perspective ou un symbole 2D pour une vue en plan. Il n'aura plus à redéfinir les formes du site lors de la réalisation d'une axonométrie ou d'une élévation. Plus besoin non plus de compter un à un les objets du dessin afin d'obtenir la liste et les quantités exactes des plantes qui le composent. Le LIM<sup>®</sup> permettra de l'automatiser [Fig.11]. Il sera possible d'insérer facilement des haies ou alignements de plantes, des arroseurs ou tuyaux, des clôtures, chemins ou escaliers, etc.

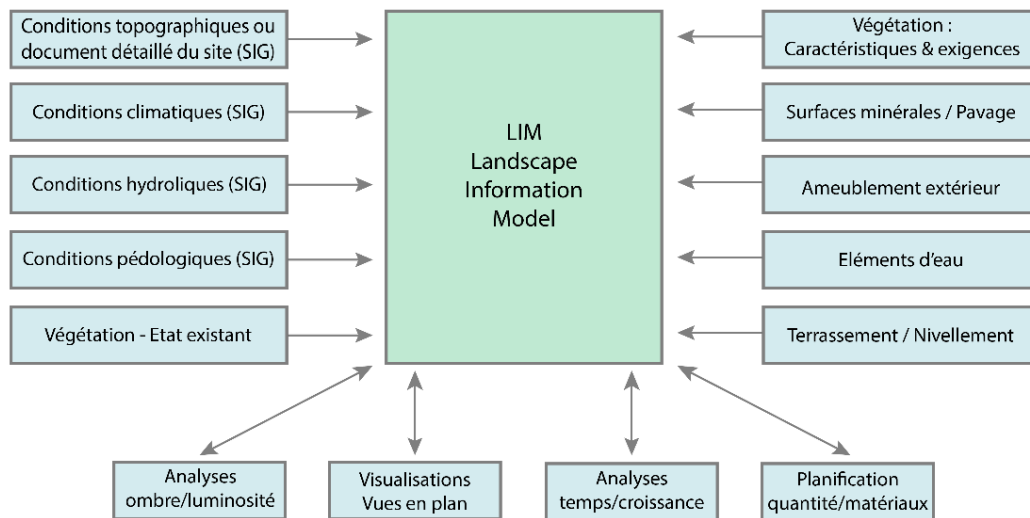


Fig.11 : Les composantes du LIM<sup>®</sup>, Source : (Zahrádková & Achten, 2015) - Adapté par Bergerault, 2020

Ce ne sera plus un symbole 2D ou 3D [Fig.12]. Il suffira simplement de définir une plante dans le paysage [18]. Et par la définition de cette plante, l'utilisateur pourra accéder à son système racinaire, ses besoins en eau, son calendrier de taille à venir, et même vérifier la bonne implantation du sujet suivant la localisation des réseaux souterrains (Miguet, 2016). Bien qu'encore très timide, c'est un axe de développement par de nombreux chercheurs à travers le monde, pour réussir à modéliser les espaces paysagers des projets mais aussi l'environnement extérieur des modèles **CIM (City Information Modeling)**.

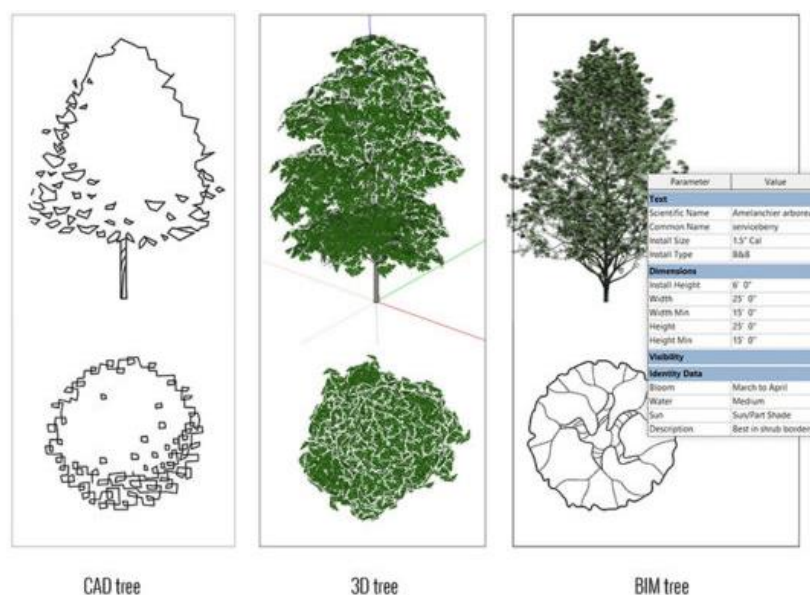


Fig.12 : Représentation de l'objet arbre selon son modèle de modélisation, Source : (Schmidt, 2016)

### 2.1.1.2 LA MODELISATION DU VIVANT

Les éléments présentés ci-dessous sont en partie issus d'un extrait (p.269 à 276) du volume XLII-2/W9 des archives internationales de la photogrammétrie, de la télédétection et des sciences de l'information spatiale, *Information modeling and landscape : intervention methodology for reading complex*.

La modélisation de l'information dans les métiers de la construction devient une pratique de plus en plus répandue sur le globe. Les professionnels délaissent peu à peu les méthodes traditionnelles des logiciels de CAO pour adopter cette nouvelle méthode de conception. Cette modélisation se réalise suivant une méthodologie de travail qui se décompose en trois étapes : l'étude, la modélisation et le paramétrage. L'étude est réalisée par le biais d'outils modernes (drones, scanner laser) afin d'obtenir une maquette de l'état existant du site étudié. La seconde étape consiste à modéliser les éléments naturels et anthropiques sur des plateformes BIM afin de bénéficier de modèles paramétrables. La troisième étape, consiste justement à attribuer des données paramétriques aux modèles tridimensionnels.

Les composants du vivant sont très difficiles à modéliser en trois dimensions. En effet, ils se caractérisent par des différences de volubilité, de formes, de lignes sinueuses et indéfinies, conduisant à une méthodologie de représentation très complexe, contrairement à des objets géométriques réguliers, que l'on retrouve en architecture. Il est important de comprendre les raisons pour laquelle la modélisation en trois dimensions des espaces ouverts a une importance lors d'études ou conception. Comme pour l'architecture, elle vise la réalisation, la perception et la compréhension des choix stylistiques du concepteur. Il reste à définir ce qui doit être modélisé et pourquoi doivent-ils être numérisés. C'est à ce moment qu'une nouvelle méthode de modélisation doit être utilisée pour les éléments constitutifs du vivant. Pour cela, le concept de LOD est appliqué à l'élément naturel, tout en le paramétrant de façon à pouvoir prendre en compte sa croissance et sa décroissance (Cianci et Molinari, 2019).

La modélisation des arbres, définis comme articulés, semble être le plus complexe dans le domaine du paysage. «*It is impossible, if not too time consuming within a set workflow, to rebuild the tree element from the point cloud and isolate it* » Il est impossible, sinon trop long dans le cadre d'un flux de travail défini, de reconstruire l'élément arbre à partir du nuage de points et de l'isoler » (Cianci et Molinari, 2019). La méthode du nuage de points [Fig.13] est issue des nombreux progrès de la photographie numérique et de calculs puissants des ordinateurs, qui ont permis de faire émerger des avancées dans le domaine de la photogrammétrie. Elle consiste, par un recouvrement d'une succession de photographies, à détecter automatiquement les points de liaisons et donc à déterminer les points homologues aux différentes photos numérisées. Par le biais d'algorithmes de corrélation, il est possible d'en sortir un nuage de points dense, recréant un modèle 3D de manière quasi automatique (Rose, 2012).

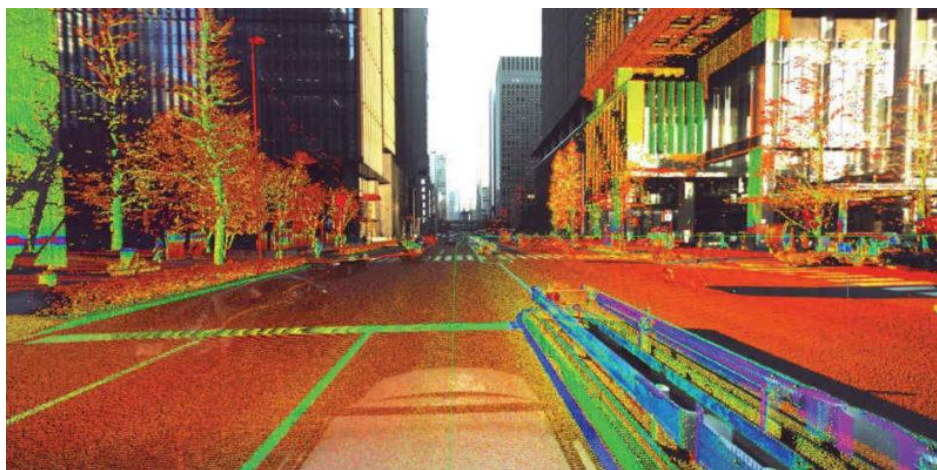


Fig.13 : Nuage de point et numérisation 3D urbaine par un Leica Pegasus Two, Source : (Numérisation 3D & Construction, 2019)

Après avoir relevé les différentes espèces présentes sur le site du projet, il faut alors comprendre comment représenter de manière paramétrique les composantes de l'individu, tant par sa forme que par ses données. Le nuage de points denses peut être appliqué pour calculer l'encombrement approximatif du feuillage, ou la hauteur du sujet par exemple. On aboutit alors à une forme géométrique de l'objet détecté dans l'espace en trois dimensions. Il existe deux grands types de paramètres : géométriques et les métadonnées. Par ce biais, il est possible de changer, adapter l'individu sur des critères souhaités. On parle alors de dynamisme, puisqu'il est possible d'opérer une transformation dynamique du modèle tridimensionnel en opposition à la représentation traditionnelle figée des dessin 2D et 3D. Ce dynamisme se trouve renforcé par l'ajout de nouvelles dimensions dont se compose la maquette BIM : coût, temps, gestion et maintenance, durabilité, etc., permettant un usage continu du projet numérique, même après la conception (Cianci et Molinari, 2019).

L'insertion de métadonnées (conception textuelle) dans chaque élément permet de faciliter la compréhension et l'utilisation du modèle. Le projet est donc modélisé objet par objet. Si on choisit par exemple une porte dans une bibliothèque d'objet, des informations comme sa position sont automatiquement attachées. On ajoute à celles-ci des informations relatives aux dimensions matériaux, couleurs ou caractéristiques techniques. Ainsi, à l'aide d'un terminal portable, le gestionnaire pourra lors de la phase d'exploitation identifier par exemple une porte défectueuse ou cassée à remplacer. Toutes les informations relatives à celle-ci étant immédiatement disponibles, il pourra procéder à l'intervention, qui est simultanément tenue à jour dans le BIM [19]. Les métadonnées des éléments naturels sont complètement différentes. On y retrouve dès la conception des données relatives à la localisation géographique, l'extension du feuillage, la croissance, la décomposition, la saisonnalité, la floraison, la famille. Ces métadonnées influencent de par ce fait le choix des espèces à utiliser dans un projet, et optimisent le dispositif de plantation (Cianci et Molinari, 2019).

Selon les attentes et les besoins, la modélisation peut s'effectuer de plusieurs façons. On a parmi elles la modélisation générique, où tous les arbres sont représentés par un même modèle 3D. On peut également opérer par la modélisation typologique, distinguant les arbres par des grandes classes selon leur aspect (remarquable, arbre tige, cépée, conifère etc.). Enfin, il est possible de concevoir le modèle suivant une modélisation spécifique. Ainsi, les arbres seront représentés selon leur genre voire même leur espèce et cultivar. Ainsi selon l'échelle d'un projet, il est préférable d'utiliser l'option de représentation la plus convenable. Par exemple, pour un quartier ou des espaces extérieurs d'un bâtiment, opter pour une modélisation unique à chaque individu semble plus cohérent, aboutissant au choix de la modélisation spécifique. Ainsi lors des premières phases du projet, l'arbre sera simplement représenté par sa catégorie (conifère, cépée, tige) pour aboutir en phase DCE à des données semblables à celles que l'on trouve en pépinière (essence, force, nombre de transplantations, conditionnement). A cette phase de projet, l'objectif est que les entreprises puissent chiffrer les arbres du projet (Foucault, 2018).

Pour finir, il reste la complexité de l'intégration de la variable du temps que ce soit pour les espaces ouverts comme architecturaux. En effet, il est très difficile de déterminer son influence sur les éléments que compose la maquette. Comment intégrer la dégradation de la résistance d'un matériau au fil du temps ? Il faut prendre la question à l'envers, et comprendre comment les différents éléments répondent à cette variable. Par exemple pour un sujet végétal, l'insertion de ces paramètres avec sa visibilité associée permet, dans le cas où sa vie prend fin, de l'éliminer de la visualisation. Il est également possible de le montrer en hiver dans sa période caduque. Il reste une infinité de variables possibles à intégrer comme l'analyse de l'état de santé de la plante étudiée qui diffère de par son espèce ou sa famille, etc. (Cianci et Molinari, 2019).

## 2.1.1.2 LOGICIELS ET OUTILS UTILISES

Il existe un grand nombre de logiciels dédiés aux métiers de la conception et de l'aménagement du territoire. Ceci dit, ils ne sont pas tous conçus et destinés pour une utilisation généralisée à l'ensemble de ces acteurs. De plus, certains sont plus favorables que d'autres à une utilisation en méthode BIM. Le graphique ci-dessous [Fig.14] présente une sélection de logiciels les plus utilisés pour l'architecture du paysage. L'axe des X renvoie à l'application à la méthodologie BIM du logiciel, caractérisée par sa capacité de modélisation 3D paramétrique ainsi que sa capacité à la création d'une base de données. L'axe des Y relève quant à lui des caractéristiques spécifiques à la discipline disponible dans le logiciel, allant de l'architecture au génie civil.

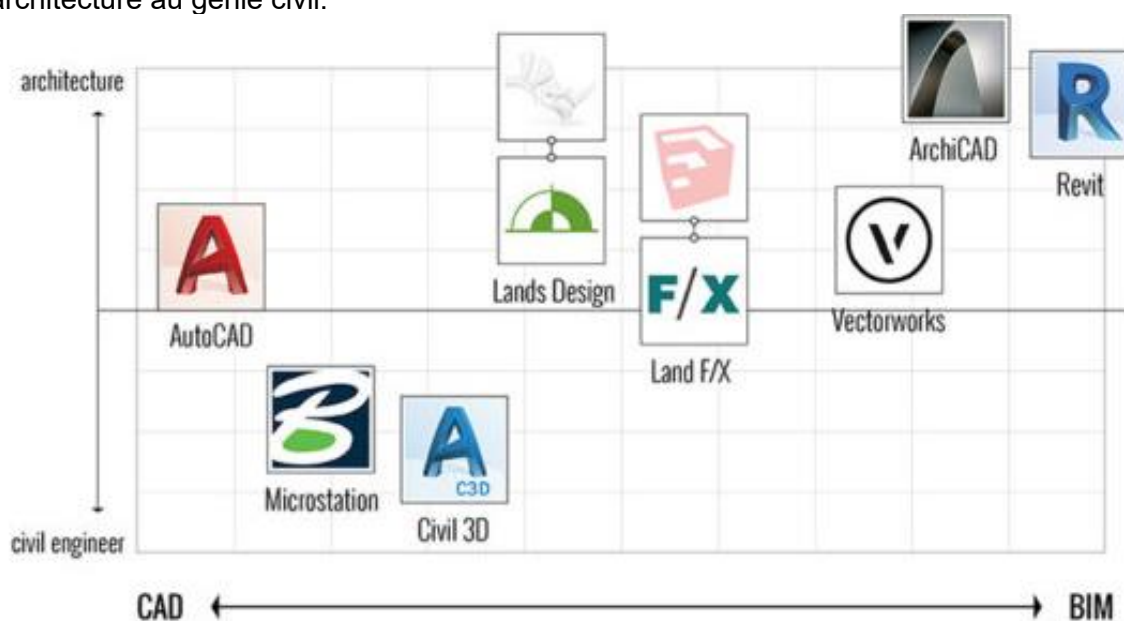


Fig.14 : Relation entre les logiciels les plus utilisés en agence et leur utilisation en BIM, Source : (Schmidt, 2016)

L'objectif de ce graphique permet de se rendre compte parmi les logiciels utilisés en agence, quels sont ceux qui peuvent être utilisés pour l'adoption du processus BIM pour les paysagistes concepteurs. Les positions d'Autocad®, Microstation® et Civil 3D® dans le coin gauche du graphique indiquent qu'ils sont utilisés à des fins d'utilisations d'infrastructures et de génie civil. Il est possible de modéliser en 3D sur ces trois logiciels. Cependant, leurs capacités paramétriques et de bases de données étant très limitées et insuffisantes les rendent dissociables du processus BIM. Au milieu du graphique, Land Design et Land F/X sont des plug-ins axés sur l'architecture du Paysage, respectivement associés aux logiciels Rhinoceros® et SketchUp® (et AutoCAD®). Ces plug-ins permettent à ces programmes de modélisation plus basiques d'incorporer des capacités de type BIM. Ils disposent tous deux d'outils et de base de données spécifiques aux plantations, à l'irrigation ou mobilier de jardin. Cependant, leur utilisation reste limitée et incomplète pour obtenir une modélisation paramétrique remplissant les attentes du BIM [9]. Pour finir, on retrouve en haut à droite trois logiciels : Vectorworks®, ArchiCAD® et Revit®, contenant les programmes BIM les plus développés. Parmi ces trois logiciels, Vectorworks® est le seul et le plus célèbre des rares acteurs à proposer un progiciel BIM spécifiquement destiné à l'aménagement paysager, nommé Vectorworks Landmark®. Vectorworks® s'est lancé dans la création de données pour concrétiser la « modélisation des informations sur le paysage » [18]. Cependant, aujourd'hui, Revit® est le leader sur le marché mondial notamment aux Etats-Unis et en Australie, et de plus en plus de paysagistes concepteurs l'utilisent pour la réalisation de projets BIM. Ce logiciel permet entre autres la modélisation de la topographie et la création paramétrique des végétaux. Par les données qui les caractérisent, il est possible de gérer leur évolution, et l'addition de plugin comme NAVIATE, permet de multiplier les ressources du LIM® dans un modèle Revit® [18].

D'autres logiciels, non représentés sur ce graphique existent comme Lands, qui intègre le concept LIM<sup>®</sup>. Il peut générer une quatrième dimension, à savoir la dimension temporelle (sans prise en compte d'aléas divers sur lesquels on reviendra plus tard). Il devient alors possible de faire apparaître la végétation suivant une simulation de ses cycles saisonniers ou ses différentes phases de croissance [18].

## 2.1.2 LE LIM<sup>®</sup> PAR QUI ET POUR QUOI ?

### 2.1.2.1 LES ACTEURS DU DEVELOPPEMENT LIM<sup>®</sup>

Aujourd'hui, en France, plusieurs acteurs sont précurseurs dans le développement du LIM<sup>®</sup>. On retrouve deux principales entreprises : BIMtech et Land'Act.

Rémy Navarro, nous décrit l'intérêt que porte l'entreprise BIMtech sur le BIM. Entreprise créée en 2014, spécialisée dans le management du process BIM, elle accompagne la maîtrise d'ouvrage dans le déploiement et le pilotage du process BIM, du lancement à l'exploitation de gros projets tels que des logements, des équipements, des infrastructures hospitalières etc. Après 6 ans d'expérience, il compte plus de 290 maquettes BIM produites ou pilotées dont 27 maquettes LIM<sup>®</sup> sous Revit Autodesk<sup>®</sup>, intégrant au minimum une représentation 3D, les essences des arbres et plantes projetées, et les critères qui les définissent (dimensions, système de protection racinaires, année de plantation, paramètre de simulation de croissance sur plusieurs années, donnée SIG et enfin la classification IFC [18].

Land'Act quant à elle, s'est lancée dans la recherche d'une construction d'une base de données dédiée au secteur du Paysage, comme des développeurs de logiciels tels qu'ArborCAD Revit<sup>®</sup> et Vectorworks<sup>®</sup> aux Etats-Unis [18]. Land'Act est une agence française de paysage, pionnière et créatrice de l'utilisation du LIM<sup>®</sup> depuis 2016. En effet, c'est Land'Act qui dépose cette même année la marque LIM<sup>®</sup> (Landscape Information Modeling) afin d'adapter la méthode BIM au paysage par l'intermédiaire du logiciel Revit<sup>®</sup>. Si le LIM<sup>®</sup> a pu voir le jour, c'est tout simplement grâce à ce qui a précédé l'origine de cette agence et qui par la suite a contribué à son histoire. Land'Act est issue de la fusion de deux agences : TUP (Thébaud Urbanisme et Paysage) et Trait Vert. A l'époque, c'est TUP qui développe dans les années 90 le principe de la maquette numérique 4D. L'agence GVA est créée en parallèle pour se concentrer sur cette thématique et fermera peu avant la création de Land'Act. C'est grâce au savoir-faire des anciens membres de GVA, que le LIM<sup>®</sup> a pu voir le jour (Foucault, 2018). Afin de réaliser sa base de données, Land'Act n'échappe pas au fait qu'il n'existe aucun logiciel spécifique développé pour formaliser les connaissances en architecture du Paysage. L'agence opte donc pour l'utilisation d'un logiciel conçu pour les métiers du bâtiment, Revit<sup>®</sup>, leader du BIM en France. C'est par la réinterprétation des outils existants que Land'Act les adapte aux besoins du métier. Pour ce faire, voici plusieurs exemples que nous décrit Mathilde Foucault (2018) dans son mémoire. « Par exemple la famille garde-corps qui permet d'implanter une suite d'objet '*garde-corps*' selon un tracé défini préalablement, peut être détourné pour réaliser les bordures en paysage. Nous avons également été amenés chez Land'Act, à détourner l'outil *toiture* d'Archicad<sup>®</sup> pour modéliser efficacement une voirie et une place existante et projetée en étude de faisabilité. »

A cette époque, ils ont pour objectifs futurs, d'être capables par la modélisation, de déterminer les échanges gazeux d'un arbre selon son nombre de feuille et sa surface foliaire, et en corrélation, déterminer la qualité et densité de l'ombre générée. Ils recherchent également à gérer l'incidence de l'arbre quand il se développe en fonction de sa géométrie, de sa surface foliaire et racinaire, et en fonction de la nature des sols, évaluer les besoins et optimiser les plantations ainsi que leurs entretiens. L'intégration de ces paramètres nécessite du temps de recherche et de production considérable. Alors au fil des projets, Land'Act agrmente sa base de données d'arbres et de mobiliers, principalement grâce à Olivier Jacquemet, responsable ville numérique dans l'agence. La difficulté réside dans l'unicité de la modélisation d'un modèle. En effet dans un projet, on pourra trouver une gamme de mobilier urbain où les pièces peuvent se multiplier à l'identique. A contrario, on ne peut reproduire ce schéma avec un arbre,

car chaque individu est unique, et retranscrire son évolution par un simple facteur d'échelle n'est pas concevable. En 2017, la bibliothèque LIM® de Land'Act se composait de modèles 3D auxquels étaient définis leurs volumes foliaires et racinaires de la plantation et de son stade de maturité ainsi que la taille des fosses de plantation et des tuteurs associés [Fig.15]. Ces modifications s'automatisent en changeant le paramètre 'force de l'arbre', changeant le diamètre du tronc et donc sa hauteur et toutes les caractéristiques qui s'en suivent. Ainsi, si on définit 30 forces, on peut obtenir 30 modélisations 3D différentes.

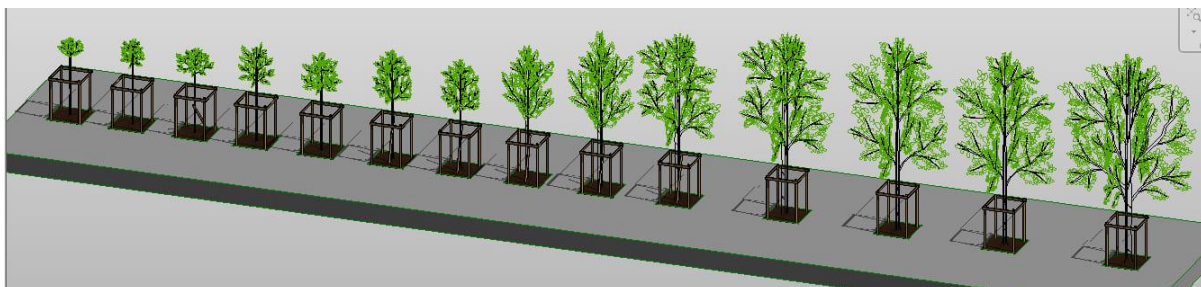


Fig.15 : Simulation de la croissance des végétaux à partir de bibliothèques ©, Source (Land'Act, 2020)

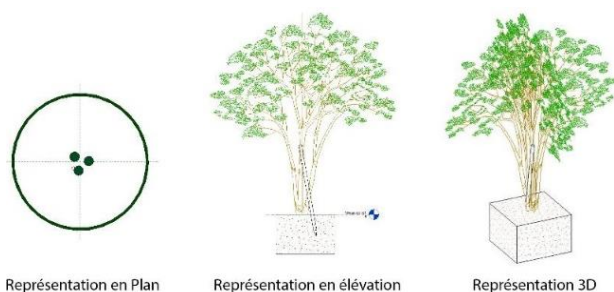


Fig.16 : Représentation graphique des arbres modélisés sous Revit® chez Land'Act, Source : (Foucault, 2018)

Pour le moment, Revit® ne propose pas une modélisation 3D très poussée. Pour la 3D, l'arbre se modélise par une élévation 2D mise en croisillon [Fig.16]. Modéliser l'entièreté des arbres rendrait la maquette trop lourde à exploiter. Ainsi, des logiciels peuvent être utilisés pour réaliser des rendus réalistes tels que Maya® ou Lumion® (Foucault, 2018).

Leurs objectifs futurs seraient à terme de coupler d'autres informations à celles précitées. Y inclure les données du type de terrain dans lequel s'inscrit le végétal, ses besoins (eau, luminosité, taille, etc.). Ces informations ont déjà été collectées à l'agence dans un tableau Excel via une plateforme comme celle de VégetBase. Le challenge reste de réussir à l'inclure dans le paramétrage de Revit® afin de pouvoir les exploiter. Pour ce faire, Land'Act est en échange régulier avec les concepteurs du logiciel (Foucault, 2018). C'est ici tout l'enjeu qui différencie l'architecture de l'aménagement du paysage. L'architecture est relative à la construction. C'est un travail qui obéit aux lois de la gravité plus ou moins au niveau structurel, élaboré selon la verticale et l'horizontale. Le paysage quant à lui est relatif au modelage et non à la construction. Il fait appel à une gestion fine du nivellement, à des notions très subtiles et qui mettent en jeu des problématiques de complexité de la représentation.

### 2.1.2.2 EXEMPLES D'APPLICATIONS LIM®

#### ▪ **Parc de la Bergère à Bobigny :**

Zone de stockage de remblais et de matériaux depuis les années 30, il offre un socle topographique riche pour sa requalification en parc urbain. L'objectif était de conserver cette topographie héritée du passé tout en transformant ce site pour y proposer un aménagement plus sécuritaire et adapté à la vie des futurs usagers. Ainsi dès la phase du concours, le LIM® a permis de modéliser avec précision l'ensemble du parc. Il a permis la gestion optimisée des déblais-remblais afin d'éviter tout excédent lors du remodelage, tout en prenant en charge les terres polluées [Fig.17]. Refaçonné et creusé, le parc propose une réouverture sur la ville par de grandes percées en y intégrant la présence de l'eau tout en conservant des zones d'intérêt écologique et paysager. La gestion du nivellement par le LIM® a permis la modélisation et une gestion optimisée du traitement de récupération des eaux de pluies, entre autres par le biais de noues connectées participant à l'insertion de l'eau dans l'aménagement (Thebaud, 2019).



Fig.17 : Capture d'écran Revit® du socle topographique LIM® du parc de la Bergère à Bobigny, Source : (Land'Act, 2019)

▪ **Carte SITG de Genève :**

En Suisse, les acteurs de l'aménagement travaillent beaucoup plus en collaboration et s'entraident davantage pour développer les banques de données BIM et n'hésitent pas à partager leurs données. Ils ne travaillent pas dans une logique concurrentielle, et c'est entre autres pour cette raison que la ville de Genève a pris autant d'avance (Foucault, 2018). En effet, à travers une interface tridimensionnelle, le système d'information du territoire à Genève (SITG) propose une immersion virtuelle sur l'ensemble du territoire genevois [Fig.18], [Fig.19].



Fig.18 : Capture d'écran de la ville de Genève, Source : (Google Earth, 2020)



Fig.19 : Capture d'écran de la Carte 3D du SITG, Source : (SITG, 2020)

Il est possible d'y retrouver des informations concernant le nom et la classe de chaque arbre [Fig.20], ou des informations à propos de chaque bâtiment et ouvrage [Fig.21]. D'autres fonctionnalités permettent à l'utilisateur de choisir la temporalité précise à laquelle il souhaite visualiser la maquette (heure, jour, mois), qui impacte directement l'ombrage projeté suivant la position du soleil. Il peut également y réaliser des mesures, choisir les couches qu'il souhaite faire apparaître (Eau, Bâtiments, Végétation, Ouvrages d'art, Statues, etc.) [20].

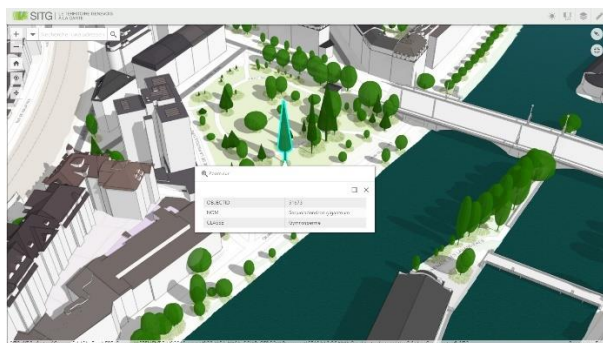


Fig.20 : Capture d'écran de la Carte 3D du SITG : Informations d'un arbre, Source : (SITG, 2020)



Fig.21 : Capture d'écran de la Carte 3D du SITG : Informations d'un ouvrage, Source : (SITG, 2020)

## CHAPITRE 2 : QUELS BESOINS, QUELLES PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT ?

### 2.2.1 METHODE ET DEMARCHE A SUIVRE

Afin de mettre en place le processus BIM au sein de l'agence, il est important de suivre certaines étapes clés qui faciliteront son adoption. L'intégration du BIM n'est pas une démarche facile, et nécessite patience pour une maîtrise du processus. Différentes méthodes et protocoles d'intégration sont proposées et disponibles sur divers sites professionnels comme les sites web du magazine BATIRAMA [21] ou Batiweb [22], reprenant un article de Guillaume Cenerario, chargé d'affaire chez BRZ, groupe international de solutions informatiques pour le BTP. BATIRAMA est un acteur bi-média, comprenant la parution de 8 magazines à l'année ainsi qu'un site internet dédié à une large cible d'acteurs du BTP. C'est une revue destinée aux professionnels du bâtiment. BIM ENERGIE propose également un article sur les bonnes pratiques de mise en place d'une méthodologie BIM. C'est un service du Pôle Fibres-Energivie, expert de la méthodologie BIM, créé pour accompagner les professionnels du bâtiment et les maîtres d'ouvrage dans la transition numérique [23]. Dans son mémoire de fin d'études, *L'arrivée du BIM dans les agences d'architecture en France*, Méghane Frigelli (2017) propose également des méthodes et solutions pour adopter le BIM. On retrouvera ci-dessous une association de ces différentes méthodes :

- Dans un premier temps, la volonté du dirigeant à adopter le BIM est la base pour une bonne intégration. Il doit être convaincu des avantages que propose la maquette numérique. Ses ambitions et objectifs futurs seront la source de motivation du développement BIM.
- Vient alors le moment de définir les objectifs de l'entreprise : Pourquoi a-t-elle besoin de recourir à la modélisation BIM et quelles sont ses attentes ? A quoi vont servir les données collectées ?
- Il faut alors se pencher sur l'évaluation des capacités de l'entreprise. Afin de connaître l'état existant de la maturité BIM, la technologie, les personnes et les procédés utilisés doivent tous être évalués afin d'avoir un état des lieux de ce que présente ou non l'entreprise.
- Maintenant vient la question du passage crucial et incontournable des logiciels 2D et 3D utilisés pour un logiciel 3D normalisé IFC. Il apportera les outils nécessaires au développement du processus. Pour ce faire, il existe plusieurs logiciels conçus par des éditeurs différents qui proposent une méthodologie de travail identique mais sous des interfaces différentes. Ces exemples d'interfaces sont disponibles en [ANNEXE II](#)
- Après tout cela, il faut débiter avec un projet permettant le passage du BIM tout en gardant la possibilité de le travailler avec les méthodes actuelles de l'entreprise. Il permettra de tester, démarrer le processus et de se faire la main en interne avec un projet déjà connu. Cette étape permet de comprendre les bénéfices à long terme que peut procurer l'utilisation de cette solution contrairement à celle utilisée habituellement.
- En parallèle de cette étape, être accompagné par des professionnels compétents en intégration BIM peut s'avérer très utile puisque des difficultés seront inévitablement rencontrées par l'apprentissage de ces nouvelles méthodes. Il est également nécessaire de proposer des formations aux employés destinés à utiliser le BIM.
- La nomination d'un BIM manager\* permettra de diriger le projet opéré sous format BIM. Il aura le rôle de contrôle de la qualité de la modélisation de la maquette et sera l'interlocuteur principal entre tous les acteurs du projet. Un BIM Manager pourra être changé et nommé par phase du projet au fil de son évolution. Par exemple un architecte saura mieux maîtriser la phase de conception et un économiste le DCE (Dossier de Consultation des Entreprises). Si personne ne veut ou a les compétences en interne, il reste la possibilité de prendre un prestataire externe, souvent nécessaire dans les débuts de l'utilisation du BIM.
- Une fois tout cela mis en place, il reste à définir les règles de modélisation en BIM. Définies dans la charte BIM, elles permettent de traduire les objectifs de qualité et de performances attendues, ce qui doit être modélisé, le niveau de détail, les responsabilités de chaque acteur, le format d'export des documents, les délais, etc.



- Afin de pouvoir échanger les données en interne et ou externe, il faut se doter des outils de collaboration nécessaires. Ils permettront de communiquer, partager et centraliser les données en toute simplicité sur une plateforme numérique. Le partage de l'information se fait alors en temps réel et entre tous les acteurs d'un même projet de construction.

Ces étapes ne sont pas la solution miracle, mais constituent cependant une bonne aide au lancement du processus BIM. Pour une agence de Paysage, il risque d'y avoir des variantes par le fait qu'elles se retrouvent souvent co-traitant dans un groupement par exemple, et n'auront qu'à se conformer à la méthode et au niveau d'adoption du mandataire. N'ayant pas de chronologie fixe, certaines étapes peuvent se croiser, s'échanger, se cumuler.

### 2.2.2 PRECONISATIONS

Les étapes énoncées précédemment paraissent simples et rapides à mettre en place. Mais ce n'est pas toujours le cas et certaines erreurs peuvent être évitées sous peine de perdre du temps, de l'argent. Lorsqu'une agence décide de passer au BIM, il est fortement conseillé de **ne pas se lancer seul** mais demander l'aide et l'**accompagnement** de revendeurs de logiciel ou de formateurs si ces derniers proposent un suivi. Ce serait même l'antipode du processus BIM consistant justement à la mise en place d'un travail collaboratif, et sans aide, on risque de se décourager. Ce pourquoi, pour bien choisir son accompagnateur, il existe un réseau de partenaires et de revendeurs compétents, de fédérations, d'associations ou d'organismes publics présents sur l'ensemble du territoire pour conseiller et accompagner les agences dans cette transition BIM à toutes les phases de projet. Cependant, elles vont toutes proposer des solutions spécifiques qui pourront convenir à une structure A et non à une structure B [21]. Autodesk, par exemple, est l'un des membres fondateurs et de soutien indéfectible de l'openBIM\* de BuildingSMART. Des équipes Techniques et Commerciales Autodesk peuvent venir en aide et situer les agences par rapport à leurs engagements BIM : évaluer les besoins, aider à comprendre pourquoi et comment arriver à son intégration et utilisation. Pour cela, Autodesk a créé une technologie nommée « Customer Discovery Workshops » [6].

Il faut savoir que **se former** au BIM prend beaucoup de temps et n'est pas facile. Cependant, il existe de nombreuses ressources disponibles sur différents supports et types de formats comme des formations en lignes ou tutoriels sur les logiciels. Il est envisageable de se former à tout moment. Après avoir suivi toutes les formations et être en mesure d'appliquer cette nouvelle méthodologie de travail au sein de l'agence, il est possible de manquer d'appels à projet BIM. Continue de ce fait à réaliser des projets avec ses anciens acquis, et pouvons finir par se décourager. C'est ce que nous confie également Emmanuel Di Giacomo dans une interview réalisée par Méghane Frigelli dans son mémoire : « *je fais un projet ou alors je fais une formation et je n'ai pas de projet à traiter en BIM alors du coup, je laisse tomber et je me dis que je vais attendre le prochain projet [...] C'est l'erreur à ne pas faire [...]* ». C'est à ce moment précis que le bon encadrement par des formateurs BIM va aider et permettre à l'agence de rester dans l'objectif de développer des projets en BIM.

Il faut bien choisir le ou **les logiciels adaptés** afin de développer ces projets et créer de la donnée BIM. Trois solutions dominant aujourd'hui le marché : ArchiCAD® proposé par Graphisoft, AllPlan® par Nemetschek et Revit® par Autodesk. Ils contiennent la même méthodologie de travail mais sous des interfaces différentes (Frigelli, 2017). Une fois le logiciel acquis il est recommandé de **démarrer avec un projet de petite taille**, récent et connu par les employés. Ils seront dans des conditions familières pour tester le BIM. Il peut être judicieux qu'une même équipe travaille en parallèle la réalisation d'un projet de manière traditionnelle (sans utilisation BIM), et avec la méthode BIM [21].

Le BIM est un outil nouveau, et il faut y passer du temps, comme lors des débuts d'AutoCad® il y a plusieurs années. **La précipitation** peut être une source d'erreur pour les agences souhaitant passer au BIM. D'une part par la volonté à vouloir passer l'agence trop vite au BIM,

ce qui leur ferait perdre toute compétitivité. Comme il n'est pas simple financièrement et logistiquement parlant de passer à une utilisation entière et stricte du BIM, il faut conserver la réponse à projet non BIM pour rester sur le marché tout en développant parallèlement le BIM. D'autre part, la précipitation peut entraîner une non-adéquation de cette méthodologie et avoir des conséquences négatives pour l'agence. Olivier CELNIK, dans une interview réalisée par Méghane Frigelli (2017) confie avoir déjà vu des agences qui « *veulent saisir trop de choses dans la maquette à des stades trop préalables du projet, perdant du temps, perdant de l'énergie, allant trop loin, faisant des maquettes trop lourdes et pas pertinentes [...] le processus s'avère contre-productif* ». L'information que compose le modèle numérique doit venir s'ajouter au fur et à mesure de l'évolution des phases comme appliquée sur les phases de la loi MOP.

Se lancer dans le BIM est synonyme de **collaboration**. Il faut ainsi définir la méthode collaborative en interne ou en externe. Par exemple, Revit® propose des outils de collaboration dans le logiciel permettant de travailler sur le même projet en interne, en même temps. Si l'agence est implantée sur plusieurs sites (ex : Paris, Bordeaux et Lyon), et souhaite travailler entre ses employés de la même façon qu'énoncée précédemment, Revit® dispose d'un outil nommé Revit Server, permettant de s'affranchir de cette contrainte de distance afin de travailler sur le même mode collaboratif et dans les mêmes conditions. Pour travailler avec des entreprises extérieures, Revit® dispose d'un outil qui s'appuie sur la technologie Cloud, *Collaboration for Revit*, permettant d'avoir tous les avantages de fonctionnement de Revit Server, malgré le fait qu'elles n'ont pas le droit d'accès au réseau d'entreprise interne de l'agence pour de multiples raisons. Cependant, cette méthodologie de travail collaboratif externe ne fonctionne que par l'utilisation de fichiers Revit®. Dans le cas contraire, il existe des plateformes de partage de l'information BIM, basées sur le Cloud comme BIM 360 Team. Grâce au format IFC, le partage peut se faire sous différents formats (Revit® ou autre), en toute transparence et simplicité. Cette plateforme est organisée par projet, permettant aux différents membres d'une équipe d'accéder aux données centralisées, d'y inviter d'autres personnes, d'organiser des répertoires, partager des fichiers. Elle fournit également différentes options de visualisation des données sans téléchargement obligatoire, un agenda de projet, etc. Enfin, reste la question du **stockage et de la gestion des données**. Pour cela il existe des outils très puissants comme Vault Professional en interne, et BOM 360 doc en externe [6].

Pour une collaboration efficace, l'agence doit être capable de **structurer son travail**, critère fondamental dans la réussite de l'intégration BIM. La question d'échange de données répond à une certaine rigueur dans le traitement des données partagées. Ce pourquoi, la rédaction d'une convention BIM permet d'établir l'organisation de la collaboration de l'équipe, et le recours à l'utilisation de partage des données sous format IFC ou non. Mais attention, travailler avec des versions différentes est un risque qui peut poser des problèmes de collaboration. Le niveau de détail donné aux objets sur la maquette numérique va impacter le ralentissement et le fonctionnement du logiciel et le poids du fichier transféré sera alors plus lourd, amenant une collaboration et un échange plus compliqué (Frigelli, 2017).

### 2.2.3 INVESTISSEMENT FINANCIER

Mettre en place le processus BIM a un certain impact économique pour une agence [Fig.22], du moins lors des débuts, mais il reste difficile d'en évaluer le temps et les moyens nécessaires pour sa faisabilité. En effet, le matériel, les logiciels et les formations entraînent des frais incompressibles qui dépendent des ressources financières des agences.

**MATERIEL** : Avant toute chose, la puissance du parc informatique existant dans l'agence doit être évaluée pour savoir si elle sera suffisante pour accueillir l'application de la méthodologie BIM. Le développement de cette dernière nécessite l'utilisation et/ou l'achat de postes de travaux puissants, et procéder à un potentiel renouvellement du matériel informatique peut impliquer un investissement conséquent (Martin, 2017).

**LOGICIELS** : Suivant la licence du logiciel adoptant un processus BIM choisi, il faut compter entre 5000€ et 6000€ par poste en y ajoutant 1200€ à l'année pour intégrer les mises à jour et la maintenance du logiciel, ainsi que tout plugin ajouté, imposant des frais supplémentaires. Cependant il est possible de débiter le BIM à différents niveaux. Pour minimiser ces frais, principalement pour les plus petites structures, Autodesk a mis en place des solutions plus simples et économiques pour commencer à créer des modèles 3D et de la documentation BIM. C'est un système de location de licence comme Revit LT, revenant à 72€ par mois (588€/an) comprenant toutes les dépenses de mises à jour, une assistance etc. (Frigelli, 2017). D'autres licences à bas coût entre 1000€ et 2000€ sont également disponibles. Mais attention, car généralement à des prix plus abordables, ces licences ont des fonctionnalités parfois limitées et des suppléments risquent de revenir cher si vous souhaitez évoluer en niveau dans la pratique du BIM. On peut constater qu'il existe un panel assez large pour les prix de licences pouvant convenir à chaque entreprise selon sa propre situation (Martin, 2017).

**FORMATION** : S'accompagne à l'achat de logiciels la formation des collaborateurs d'une agence afin de pouvoir maîtriser cette méthode de travail. Pour ce faire, il est conseillé de commencer par une première formation de cinq jours afin de comprendre et apprendre les bases du logiciel choisi (environ 1500€ par personne formée). Il en existe d'autres de deux jours pour 800€, étant plus spéculative, et qui ne permettent pas de pouvoir réaliser un projet en BIM. En fonction des besoins, il existe également des formations complémentaires sur des sujets plus spécifiques. Il est possible de se former seul en ligne à moindre coût grâce à des tutoriels disponibles sur internet comme celle d'Eiephorn, allant de 50€ à 200€ (Frigelli, 2017).

**COUT TOTAL** : Lors de l'application du BIM, l'agence doit considérer le temps de prise en main de l'outil par son équipe, pouvant s'étaler sur plusieurs mois voire quelques années. Elle sera susceptible de subir une perte de rendement avant que son équipe soit suffisamment compétente. Le coût total (matériel, logiciel, formations) du développement de la méthode BIM reviendrait environ à 15000 € par poste de travail la première année (Frigelli, 2017).

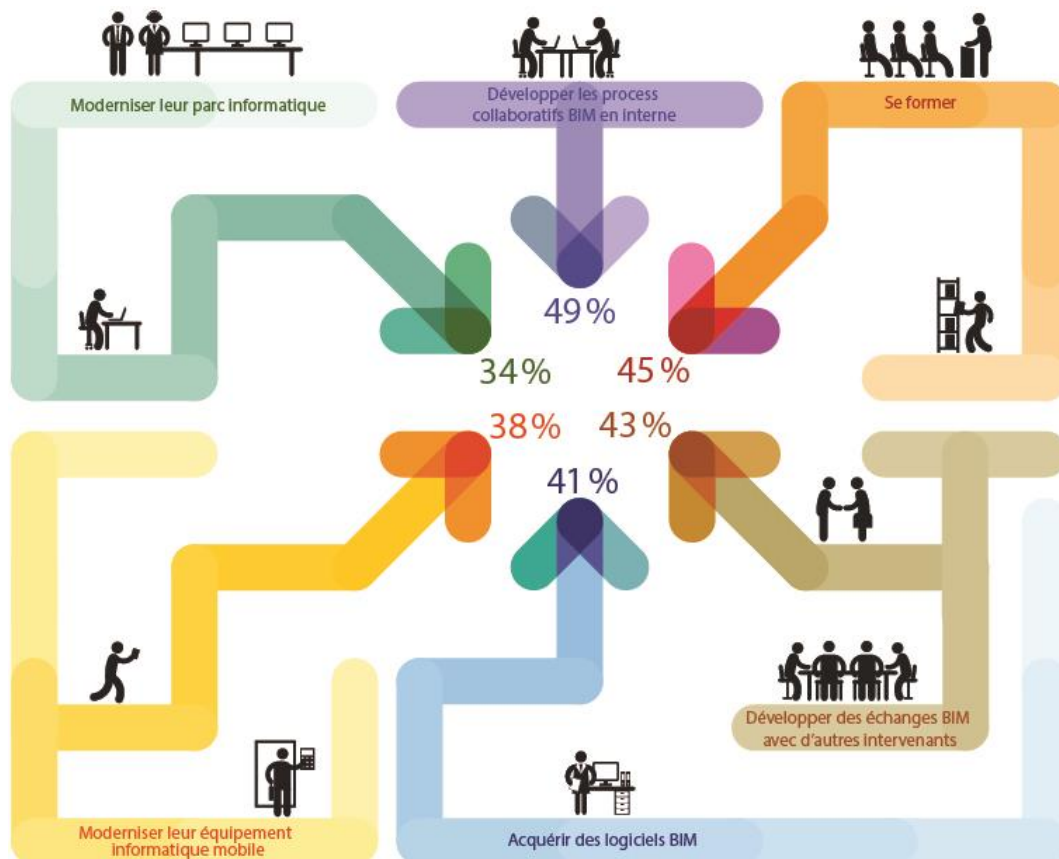


Fig.22 : Catégories d'investissement pour l'adoption du BIM, Source : (McGraw-Hill Construction, 2013)

## **PARTIE III : LE BIM, QUELS APPORTS POUR LES PRATIQUES PAYSAGERES ?**

### **CHAPITRE 1 : DES APPORTS INDENIABLES**

#### **3.1.1 POUR LES PROJETS**

##### **3.1.1.1 UN OUTIL DE TRAVAIL PLUS PERFORMANT**

Le BIM, est en quelque sorte la copie conforme digitale du bâtiment physique où chaque composant du bâtiment réel est représenté par un objet numérique équivalent [24]. L'intérêt de la maquette numérique est de représenter tous les composants d'un projet de construction tels les réseaux, les aménagements extérieures et intérieures du bâtiment, et ce dans les moindres détails. S'ajoute à cela la possibilité de se déplacer dans le modèle 3D, et visiter le site, l'intérieur des bâtiments avant même que le projet soit sorti de terre. Sans nul doute, la diffusion des idées ainsi que la transmission des transformations apportées sur ces espaces immatériels en sont accélérées. Il suffit par exemple d'un clic pour retoucher l'épaisseur des marches d'un escalier ou la hauteur des murs et la modification sera immédiatement transmise à toutes les personnes travaillant en simultané sur ce même fichier [25]. Disposer de ces informations dans le modèle permet d'être plus efficace et d'augmenter la productivité en réduisant par exemple la répétition des tâches dans différents documents. Aujourd'hui on ressaisit des informations qui existent sur plusieurs supports, sous formats différents. Cela n'aurait plus lieu d'être puisque le BIM permet de mettre à jour automatiquement les coupes, vues 3D, détails techniques, sans avoir besoin de revérifier. De plus, il est possible de couper la maquette 3D n'importe où, et en tirer des coupes techniques facilement. Avec ce système on peut créer autant de livrables que l'on souhaite de façon très simple et rapide [6].

La maquette numérique BIM est avant toute chose un atout considérable pour mieux communiquer et donc mieux construire. Estimations et études de variantes sont également simplifiées. Ainsi le BIM facilite pour l'entreprise, le chiffrage, les méthodes et la structure du projet, en plus de proposer une maquette complète à son client. Ce dernier peut ainsi mieux choisir parmi les offres qui lui sont faites. Par le BIM, la maquette fait le lien entre le monde de l'entreprise et le client en combinant la conception, la construction et la gestion de l'édifice. Une meilleure maintenance est alors assurée par ce nouveau système [24].

Enfin le BIM pourrait permettre une meilleure appréhension du développement durable dans les projets avec la prise en compte des caractéristiques techniques et environnementales des différents matériaux produits, et la constitution d'une base de données gigantesque rassemblant les ressources géologiques (minerais, terres rares, eau, arbres, plantations, agriculture etc.) et les connaissances d'un territoire pour les collectivités et l'Etat. A terme, cet outil permettra de vérifier quasi automatiquement la conformité réglementaire des projets [18]. Avec le développement de drones et les progrès de la reconnaissance d'objets sur ses images par l'intelligence artificielle, il sera possible de recomposer un bâtiment et l'ensemble de ses composantes (portes, fenêtres, textures) avec précision. Le BIM permettra ainsi de ne pas être exclusivement réservé aux programmes immobiliers neufs, mais à l'ensemble du parc urbain comprenant les logements déjà construits, permettant la réduction des coûts d'entretien et de maintenance [26].

##### **3.1.1.2 UNE GESTION DU PHASAGE AMELIOREE**

Grâce au gain de temps sur la réalisation de certaines phases, le maître d'œuvre pourra consacrer plus de temps à la conception et moins dans les tâches de documentation [18]. Lors de cette phase, le concepteur pourra proposer une approche beaucoup plus fine sur le projet, qui apportera de nombreux bénéfices par la suite comme la réduction des coûts de construction, par un détail optimisé des besoins logistiques par exemple. Les informations dont est composé le modèle permettent d'orienter des décisions de conception cruciales, comme l'optimisation du captage et stockage des eaux de pluie [16]. Pour les données d'entretien et coûts associés dont nécessite chaque végétal, on privilégiera une strate de vivaces et de

graminées plutôt qu'un gazon, moins cher à mettre en œuvre et générant des coûts d'entretien moins importants (Foucault, 2018).

Pour chacune des étapes, il devient très rapide de sortir des livrables. En effet, grâce au BIM, il est possible d'extraire toute la documentation souhaitée depuis le modèle (plan, coupes, nomenclature, chiffrage, etc.). En phase EXE, la maquette permet de posséder toutes les informations nécessaires. Elaborées lors des phases précédentes, elle favorise la mise en place d'un planning beaucoup plus fiable en termes de délais et de frais engendrés. En effet, en s'appuyant sur ces informations, il est possible d'optimiser l'approvisionnement logistique du chantier (mieux prévoir le stockage des matériaux, les déblais-remblais, les livraisons, l'ordre des tâches à exécuter limitant ainsi le nombre de déchets tout en limitant les dépenses de mauvaise gestion) [6].

Enfin, à la réception du chantier, le maître d'ouvrage pourra bénéficier d'un dossier d'ouvrages exécutés essentiellement constitué par le BIM. Le maître d'ouvrage et l'exploitant pourront récupérer les informations dont ils auront besoin pour la phase d'exploitation du projet [6]. Par le biais d'un terminal portable, le gestionnaire pourra identifier et remplacer une porte défectueuse ou cassée puisque toutes les informations la concernant seront disponibles sur la maquette, et ainsi procéder rapidement à l'intervention qui sera simultanément tenue à jour dans la maquette BIM [24]. Concernant la végétation, il pourra également évaluer ses besoins globaux en arrosage afin de les optimiser.

### **3.1.2 DES PROCESSUS OPTIMISES**

#### **3.1.2.1 UN OUTIL PREDICTIF : TEMPOREL ET FINANCIER**

La maquette numérique intègre la 4D, dimension temporelle et la 5D, dimension budgétaire. Le traitement de l'intégration de ces données associées à chaque élément est réalisé par le logiciel, apportant de nombreux avantages. Il peut permettre de réduire la marge d'erreur (qui est humaine) en assurant d'une part la faisabilité du projet tout en anticipant les difficultés qu'on peut habituellement rencontrer sur les chantiers. La collision entre les racines d'un arbre et les réseaux va pouvoir être identifiée en amont sur la maquette, et donc être corrigée. Ce type de situation se rencontre par centaines et permet ainsi d'anticiper ces anomalies entraînant des pertes de temps et d'argent lors de la construction d'un projet. Ainsi, la méthode BIM permettrait de respecter et de se rapprocher des délais d'exécutions fiables tout en maîtrisant davantage les coûts de construction [25].

Optimiser le temps d'exécution est synonyme d'économie. C'est tout l'avantage de construire numériquement avant de construire physiquement. La prise en compte de nombreuses informations permet de mieux maîtriser le coût global et prendre les meilleures décisions en optimisant les modes de construction et en anticipant les problèmes en exécution. C'est en simplifiant la transmission de données sur l'ensemble de la construction que l'on gagne en productivité [27]. Cette automatisation de la donnée permet de produire des documents très rapidement et rend capable la synthèse et le calcul du coût total de la construction (en intégrant celui des déperditions thermiques et du transport de matériaux, etc.) ou d'un lot spécifique comme par exemple la plantation de végétaux. Chaque modification apportée sur la maquette s'actualisera de façon synchronisée sur tous les supports précréés [25].

Voici quelques exemples d'application au Paysage : Les risques de contamination d'alignements monospécifiques comme les platanes du Canal du midi sont de réelles problématiques. Les solutions apportées aujourd'hui comme la diversification des espèces d'arbres urbains, rend leur entretien plus difficile. Le BIM permettra alors de faciliter ce travail en élaborant un planning d'entretien spécifique à cet enjeu. Ainsi, les coûts et les temps d'interventions seront optimisés (Miguet, 2016). La maquette permettra d'insérer de nombreuses données comme les degrés de densité d'ombre (masques, ombrages, etc.), la composition du sol, le degré d'ensoleillement, et de simuler le développement et la croissance

des végétaux, leur période de fertilité, leur cycle saisonnier et donc leur apparence à travers des saisons, leurs exigences [Fig.23]. Suivant ces données, il sera possible d'estimer la consommation d'eau des plantes sur une période de temps (évapotranspiration) et ses effets. Ainsi, on pourra établir des calendriers de maintenance et donc réduire les coûts de gestion et temps d'entretien [18]. Il sera ainsi possible à toute une équipe de travailler « hors sol » et de simuler la croissance d'une vaste palette végétale sur près de vingt ans [25].



Fig.23 : Modélisation de l'évolution du vivant dans le temps ©, Source : (Land'Act, 2020)

### 3.1.2.2 UNE COLLABORATION PLUS EFFICACE

Le BIM offre d'incroyables possibilités de collaboration et d'échanges d'informations tout au long du processus de conception. C'est à travers un même support que les différents membres du projet, même aux quatre coins de la planète, peuvent travailler de manière collaborative [25]. Ainsi, les différentes disciplines peuvent se coordonner et assurer une compréhension partagée des concepts de conception. L'information étant accessible partout, elle réduit les erreurs de traduction et atténue ainsi les potentiels conflits de cette phase de réflexion du projet. Au sein de la maquette, tous les objets sont intelligents de par leurs datas, permettant d'évaluer la maquette sous de nombreux points de vue et donc d'optimiser les processus de conception, construction et d'estimation. Grâce à cette méthode de travail et son niveau de collaboration plus élevée, ils peuvent explorer un plus large éventail d'alternatives au début du processus. Plus vite ils se retrouvent sur la même longueur d'onde, plus vite ils avanceront efficacement et auront davantage de chance de réaliser des économies et de prévoir de potentiels problèmes [28].

En plus de l'optimisation de la coordination de différents professionnels, les relations avec le client se retrouvent améliorées puisque les informations peuvent être fournies en temps réel [18]. On pourra se rendre compte de l'efficacité de cette méthode de collaboration au travers de l'exemple type suivant : Si un ingénieur civil se retrouve à déplacer un réseau de tuyaux de 1,5m, l'ensemble des membres de l'équipe aura instantanément une vision sur cette modification. Ainsi l'architecte paysagiste peut ajuster son aménagement extérieur en fonction. Dans cette même logique, la croissance des végétaux pouvant être visualisée par la maquette à X années, il est possible d'imaginer que les racines viendront percuter les drains, et donc d'optimiser l'ajustement de l'emplacement des végétaux. De par ce changement, l'architecte pourra observer immédiatement si ce nouvel aménagement obstruera les vues depuis le bâtiment (Barth, 2016).

## CHAPITRE 2 : DES LIMITES A NE PAS SOUS-ESTIMER

### 3.2.1 LES INCONVENIENTS DU BIM

#### 3.2.1.1 LE RISQUE D'UNE STANDARDISATION

Un des arguments les plus couramment donné est celui du frein à la créativité. Cet argument s'explique par le fait que pour composer le logiciel, il faut entrer de nombreux paramètres propres à chaque objet. Or, avec les normes de sécurité existantes par exemple, certains objets peuvent se retrouver standardisés. Ainsi, il est possible d'imaginer une duplication lors de la conception de ces objets qui risquerait de régir la forme et les usages des ouvrages. Par exemple, « *des parties paramétrées, telles que les chambres d'hôtels ou les salles de classe, sont duplicables à l'infini et réutilisables à l'identique.* » [25]. En ne travaillant plus par une superposition de calques mais en quelque sorte directement en réalité virtuelle, la crainte serait de brûler les étapes en figeant le projet trop vite, passant très rapidement de l'esquisse à l'œuvre finale, sans souplesse de créativité [25].

#### 3.2.1.2 UN COUT FINANCIER ET ENVIRONNEMENTAL

L'adoption d'une nouvelle méthode de travail s'accompagne généralement d'un changement d'outil. C'est en quelque sorte le cas avec le BIM nécessitant des ressources suffisamment puissantes pour être appliqué. Il nécessite alors de s'approvisionner d'ordinateurs puissants pour travailler à la fois sur des maquettes de petits comme de gros projets, et gérer la base de données qui les accompagne (Martin, 2017). Comme on a pu le voir précédemment, travailler en collaboration nécessite le déploiement d'un cloud qui pour fonctionner repose sur une très bonne connexion internet et de larges serveurs, allant à l'encontre du Green IT\* qui renvoie à l'informatique responsable de l'environnement. Une étude réalisée par le GreenIT.fr sur les impacts environnementaux du numérique en France montre que la consommation électrique en 2019 du numérique représenterait 8,3% de la consommation électrique totale (Bordage et al., 2020). Rapportée aux impacts environnementaux annuels de la France en 2020, l'empreinte du numérique français représenterait 5,2% des émissions de gaz à effet de serre ou bien même 10,2% de la consommation d'eau. On comprend très vite que le bilan carbone n'est pas optimal et que les machines consomment énormément d'énergie.

#### 3.2.1.3 DES LOGICIELS NON ADAPTES AU METIER DU PAYSAGE

Bien qu'elle ne soit pas totalement optimisée pour les architectes paysagistes, le BIM devient plus ou moins obligatoire pour la conception de l'aménagement du territoire sur les grands projets complexes, pour les mêmes raisons qu'elle est la norme pour les grands bâtiments et autres structures. Même si le passage de la CAO/DAO au processus BIM reste relativement facile à adopter pour les ingénieurs du bâtiment et les architectes, il reste néanmoins plus compliqué pour les architectes-paysagistes. En effet, ils font face à une réelle contrainte liée à l'utilisation de logiciels non destinés à la modélisation du paysage. Les seuls logiciels existants sur le marché permettant de faire du BIM n'ont pas été conçus pour modéliser des objets « vivants et naturels » [17].

Dans son blog "How Landscape Architecture Is Growing BIM Roots for Better Collaboration" [16], Stocking relate les propos de Schmidt « *I think landscape architecture is a smaller profession, wedged in between architecture and civil engineering, and maybe a little underserved by the current tools available [...] Put another way, we're not a big market share.* » (Je pense que l'architecture paysagère est une profession plus petite, coincée entre l'architecture et le génie civil, et peut-être un peu mal servie par les outils actuels disponibles [...] En d'autres termes, nous n'avons pas une grande part de marché). Selon elle, l'architecture du paysage se distingue dans le monde de la construction parce qu'il n'y a tout simplement pas beaucoup d'experts.

Voici ce qu'explique James Sipes dans l'article de Barth (2016), *The limits of BIM, "Landscape architecture as a profession is kind of down on BIM"* (L'architecture paysagère en tant que profession est un peu en retrait par rapport au BIM). Ce pourquoi, en France notamment, des agences comme Land'Act développent des méthodes parallèles à l'utilisation de ces logiciels pour réussir à modéliser le vivant et ainsi pouvoir conserver une place dans les groupements de projet qui répondent en BIM. Il peut alors sembler que les difficultés de travailler avec des outils qui ne sont pas faits pour notre profession ajoutent des coûts, et non de la valeur au travail de conception, du moins dans un premier temps. Et cette démarche demande un travail supplémentaire de longue haleine contrairement aux autres disciplines de la construction. De plus la modélisation des espaces paysagers relève d'autres limites telle que la gestion d'un végétal dans le temps. Dans le cas d'un arbre, chaque gestionnaire aura une approche et des envies différentes (maintenir sa hauteur, maintenir sa largeur, relever la couronne...). Il existe autant de manière d'entretenir que de gestionnaire, ce qui semble difficilement appréhendable et modélisable. De la même manière, les aléas du climat sont difficiles voire impossibles à appréhender puisque sous une latitude, un arbre peut se développer d'une manière et sous une autre latitude d'une autre manière. De plus, le réchauffement climatique et les climats qui changent, les sécheresses prolongées que l'on voit aujourd'hui, les chaleurs excessives, viennent fragiliser toute notion de modélisation du développement d'un végétal.

#### 3.2.1.4 ASPECT JURIDIQUE

Aujourd'hui, dans le secteur de la construction, il existe des lois qui instaurent le cadre réglementaire des responsabilités de chacun dans une opération de construction. Cependant, avec l'arrivée du BIM, les contours de ce cadre réglementaire existant se retrouvent réinterrogés, principalement en termes de responsabilités ou de propriété physique et intellectuelle de la maquette [29]. De par son caractère collaboratif, de nombreux acteurs interviennent au sein même de la maquette numérique contribuant à sa modélisation et son apport d'informations. Il devient donc difficile d'en définir son auteur. De plus, les données se retrouvent partagées et centralisées, exploitables par tous. Ainsi la maquette entrave en quelque sorte la réglementation du point de vue de la propriété intellectuelle et de la protection des données [13]. De plus, certains acteurs de la maquette sont dubitatifs quant au partage de la donnée, puisqu'au-delà de la donnée se transmet un savoir-faire et une façon de travailler, un regard conceptuel. Pour d'autres, ce partage de savoir existe déjà au travers des échanges de fichiers dwg ou pdf, mais qu'ils sont représentés sous un autre format [30]. Cependant, via le format normalisé IFC par lequel sont partagées les données, seules les caractéristiques basiques (matériaux, localisation, liaisons aux autres objets, etc.) des objets 3D intelligents créés seraient transférées. Ainsi, toute la couche d'intelligence supplémentaire serait conservée par son concepteur [30].

Pour le moment, le BIM n'étant pas exploité au-delà du niveau 2 de développement, ces problématiques restent sommaires. Mais lorsqu'on franchira ce niveau pour atteindre une utilisation du BIM bien plus optimisée, cette question de responsabilité en cas d'erreurs prendra tout son sens. Prenons l'exemple d'un propriétaire possédant la maquette numérique de son bien préalablement conçu par une équipe composée d'un architecte. Le gestionnaire du bien, souhaitant réaliser des travaux d'extension fait appel à un deuxième architecte. En cas d'erreur de conception, qui devient responsable ? [29]. Il n'existe aujourd'hui aucun cadre juridique dessiné pour le BIM, ce pourquoi lors d'un projet de construction, un contrat propre à celui-ci devra être rédigé afin de définir les responsabilités et rôles de l'ensemble des acteurs de la maquette, et fixer le cadre du projet dans son ensemble (Blandin et Bellenger, 2019). L'ouvrage *Le BIM sous l'angle du droit : Pratiques contractuelles et responsabilités*, destinés à toutes les disciplines de la construction, est l'un des seul document pour le moment qui propose de nombreux conseils face à ces difficultés juridiques, et vient en aide à la rédaction de documents contractuels pour les opérations de construction [13]. Il a été rédigé par deux avocates, Amélie Blandin et Anne-Marie Bellenger en 2019.



### 3.2.2 LE BIM QUESTIONNE

#### 3.2.2.1 UN FUTUR FLOU D'UN PROCESSUS QUI TEND A SE GENERALISER

Dans les interviews réalisées par Méghane Frigelli (2016) dans son mémoire, on comprend que le BIM effraie les architectes. Les idées autour du sujet sont confuses et seules quelques agences ont adopté cette méthodologie de travail malgré leur scepticisme. Les autres attendent un réel soutien extérieur afin d'être guidés pour se lancer. Un sondage de l'Ordre des architectes en 2016 [Fig.24], relate qu'environ 60% des architectes n'ayant pas adopté le BIM, estiment compliqué le passage de la 2D/3D au BIM. A l'inverse, pour les agences ayant passé le cap de l'adoption du BIM, seul 40% d'entre elles estiment ce passage difficile. On comprend alors que c'est par manque d'informations et de connaissances que les agences redoutent l'adoption du BIM. De plus on peut notifier qu'il existe très peu de commande publique exigée en BIM en province, et donc, un plus large fossé pourrait se créer entre les agences installées à la capitale et celles disposées sur le reste du territoire. On en déduit alors qu'il faudra beaucoup plus de temps pour que les agences de provinces accordent de l'intérêt pour le BIM là où le sujet est davantage maîtrisé à la capitale.

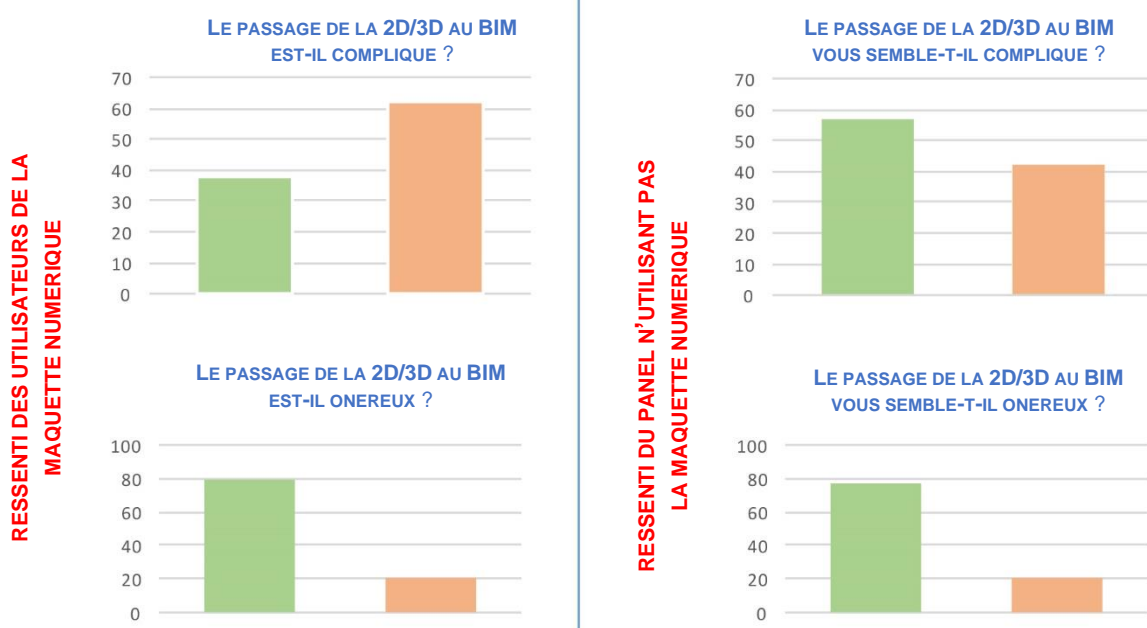


Fig.24 : Ressentis des architectes sur l'adoption du BIM, Source : (l'Ordre des Architectes, 2016) - Adapté par Bergerault, 2020

Si une maquette BIM d'un bâtiment basique d'environ 5000m<sup>2</sup> pèse informatiquement entre 50 et 300 Mo, se pose la problématique du partage de fichiers plus lourds. Les stocker sur le disque dur d'un ordinateur ne pose aucun problème, mais les transférer par mail devient impossible. Seules des plateformes d'échanges (Google Drive ou Dropbox) en interne ou un serveur FTP\* pour des échanges externes devront être utilisées pour le transfert de ces données. Mais avec ce processus, on reste dans le BIM niveau 2, à savoir une méthode collaborative mais avec la création de plusieurs maquettes uniques et isolées sans évolution en temps réel d'une maquette commune et centrale à tous les acteurs du projet (Niveau 3). Mais réussir à travailler en simultané entre plusieurs collaborateurs au sein d'une même entreprise est déjà un gros défi à relever puisqu'il impose de posséder un serveur commun suffisamment puissant pour accueillir un tel flux de données. D'après Clément Valente « *les infrastructures réseau actuelles aussi modernes soient-elles sont clairement insuffisantes pour que le passage à un BIM de Niveau 3 ne soit envisageable avant quelques années.* » [31]. Les outils informatiques comme les postes de travail devront, comme pour les réseaux, être suffisamment performants pour permettre de travailler en toute fluidité. C'est à ce moment là où un grand nombre d'agences verront un obstacle au passage du BIM. Ils se verront dans l'incapacité de moderniser leur parc informatique, dans un court délai, afin de répondre aux exigences du processus BIM [31].

### 3.2.2.2 UNE PRESSION IMPORTANTE POUR LES PETITES AGENCES (TPE/PME)

En 2019, l'Union Nationale des Entreprises du Paysage (UNEP) répertorie 29550 entreprises de paysage, dont 94% d'entre elles ont moins de 10 salariés, et 64,5% représente des structures sans salarié. En moyenne, le chiffre d'affaire réalisé par actif en France est égal à 60600 € par an. L'activité du paysage se répartit à 56% en création de jardins et espaces verts et 44% en entretien de jardins et espaces verts (UNEP, 2019). D'après ces données, nous estimons que le chiffre d'affaire (CA) moyen d'un paysagiste concepteur en agence de paysage est de 60600 € par an. On rappellera qu'on estime à 15000 € le passage au BIM par poste de travail la première année (logiciels + outils + formations) sans compter la perte de productivité pendant ce laps de temps. Prenons l'exemple d'une agence composée de deux employés, souhaitant réaliser le passage au BIM, et ayant pour CA 121200 € (60600 € x 2). Cela imposerait une diminution du chiffre d'affaire de  $121200 - (2 \times 15000) = 91200$  €, pour lequel s'ajoute la soustraction de la diminution des profits engendrés par la perte de productivité. Ce passage au BIM peut représenter un frein important pour les agences de petite taille. Ce pourquoi, selon la situation financière de l'agence, il est important de bien réfléchir à la stratégie financière du passage BIM, et ne pas hésiter à prendre plus de temps pour son intégration par des méthodes alternatives plus économiques.

A ce sujet, il existe deux discours. Celui affirmant l'impossibilité pour les petites agences de passer au BIM dû à l'importance des coûts financiers engendrés pour sa pratique, et celui à contrario, prônant l'intégration du BIM pour tous grâce à différentes méthodologies d'intégration du BIM. Jacques Dubois partage le premier point de vue : « *la frilosité est liée aussi aux coûts et aux spécificités des agences d'architecture en France. On est très peu à dépasser une vingtaine de personnes [...] et l'investissement que représente le passage au BIM explique un peu cette frilosité pour les petites agences* » (Frigelli, 2017).

On retrouve alors deux catégories d'agences : les leaders qui seront les premiers à investir dans le BIM et l'utiliser, qui se différencieront des autres par ce savoir-faire, et qui servira comme argument commercial lorsqu'il s'imposera dans la réglementation. Ces grands groupes continueront alors à se démarquer tout en gagnant en compétences. La deuxième catégorie se composera des suiveurs, à savoir les agences de taille modeste, qui pour certains tenteront de s'y mettre sans grand succès puisqu'elles ne disposeront pas des ressources suffisantes ni du budget pour y parvenir, et pour d'autres feront totale abstraction du BIM pour rester dans leur configuration actuelle. Aura-t-on à faire à de la concurrence déloyale ? A un monopole des marchés ? Oublier le BIM ne serait-elle pas la meilleure initiative ? Cela dépendra principalement du gouvernement qui fidèle à son désir et ses engagements en termes de transition numérique, viendra progressivement renforcer la place du BIM. Mais à quel prix lorsqu'on a connaissance que seulement 6% des entreprises de BTP possèdent une masse salariale supérieure ou égale à 10 salariés [31], ou que 80% des agences d'architectures sont des PME (Frigelli, 2017). Comment imaginer une adoption généralisée du BIM lorsque la majorité des agences ne semble pas posséder les compétences requises pour son adoption ?

On comprend que les plus petites agences se retrouvent être les plus impactées dans cette transition numérique par l'investissement imposé, alors que certaines sont déjà dans des situations délicates avant même de pouvoir penser au BIM. Emmanuel Di Giacomo pense quant à lui que les agences qui ne passeraient pas au BIM seraient vouées à disparaître (Frigelli, 2017).

### 3.2.2.3 UN PROCESSUS QUI POURRAIT NUIRE AU METIER DE PAYSAGISTE ?

Il existe toujours un risque que les architectes paysagistes soient laissés pour compte par l'industrie de la conception et de la construction, ou du moins mal intégrés à celle-ci, s'ils ne prennent pas le train en marche de la BIM. Ne pas changer de méthodologie de travail et oublier l'option du BIM pourrait porter préjudice dans le futur à la profession. En effet, si l'on décide de ne pas s'emparer du processus alors que nos collaborateurs le font, on pourrait imaginer que notre travail sera remplacé et réalisé par quelqu'un d'autre. De par ce fait, les acteurs du paysage auraient de moins en moins de place sur le marché et donc de pouvoir décisionnaire quant à la conception paysagère. Mais cette problématique est également existante du côté des architectes. Ce pourquoi, afin de conserver la maîtrise de leurs projets, ils ont été obligés d'entamer des procédures de maîtrise du BIM.

De plus, la part de marché de la conception et de la construction revenant aux architectes paysagistes étant relativement faible, ils n'ont pas le choix de s'adapter et composer avec les outils utilisés par leurs collaborateurs. Aujourd'hui, Autodesk a le quasi-monopole, ce qui représente en quelque sorte un obstacle pour les architectes paysagistes qui choisiraient d'autres plateformes BIM ayant plus à offrir dans un contexte paysager mais les problèmes de compatibilité entre les types de fichiers sont un obstacle sur les projets où les architectes ou les ingénieurs civils sont les maîtres d'œuvre. En effet, les logiciels Autodesk n'étant au premier abord pas destinés à la modélisation du paysage, ils se retrouvent dans l'obligation de bricoler des solutions de modélisation dans ces logiciels (Barth, 2016). Mais dériverons-nous pas de notre métier initial d'un paysagiste concepteur ? Par l'intégration d'un grand nombre de paramètres, qui influencent le développement du vivant, le paysagiste ne se transformerait pas d'une certaine manière en technicien informatique plutôt qu'en concepteur ? [25].

Avec l'essor du BIM ce sont de nouvelles compétences spécifiques à ce domaine qui sont recherchées. En 2017, l'APEC, Association Pour l'Emploi des Cadres, révèle que les demandes en compétence BIM ont plus que doublé entre 2015 et 2016. On relève en 2016, 701 offres d'emploi cadre recherchant des compétences en BIM contre 294 en 2015. De par la composition de différentes maquettes, et la mise en place de ce nouveau processus, de nouvelles fonctions telles que la coordination, le pilotage de projets BIM ou de gestion de la validité technique de maquette numérique apparaissent. Ces nouveaux métiers portent le nom de chef de projet BIM, coordinateur BIM ou bien même BIM manager. C'est avec l'émergence de ces nouveaux métiers et ces nouvelles compétences que la transition vers le BIM peut s'effectuer. De nombreuses agences d'architecture attendent l'arrivée de jeunes tout juste diplômés, formés au BIM dans leur cursus pour les aider dans cette transition et les guider dans la démarche à adopter (Frigelli, 2017). Si la notion de BIM a déjà intégré certaines écoles d'architecture, qu'en est-t-il du cursus Paysage ? Les métiers du paysage ont déjà du retard dans la connaissance et l'appropriation de cette démarche, et l'arrivée sur le marché de ces nouveaux profils destinés à accélérer l'intégration du BIM en architecture pourrait creuser davantage l'écart entre ces différentes professions.

## CONCLUSION

La notion du processus BIM est aujourd'hui encore complexe à appréhender, mais cette nouvelle pratique est bel et bien en train de s'implanter doucement au cœur des métiers de la construction et donc de la maîtrise d'œuvre. En regardant chez nos pays voisins, on remarque que l'utilisation du BIM a pris une ampleur bien plus conséquente qu'en France. Il semble important de prendre connaissance de ce nouveau processus et rester en éveil face à son développement et ses utilisations. Suivant lentement les traces du secteur du BTP, les architectes se sont mis à explorer les bienfaits du BIM. Cette nouvelle méthode de travail collaborative met l'accent sur un grand nombre d'avantages qu'elle délivre au-delà des méthodes de travail plus classiques. Parmi elles, on retrouve l'interopérabilité, cette capacité de pouvoir quel que soit le logiciel utilisé, lier et échanger l'ensemble des caractéristiques et propriétés des objets de la maquette sans perte d'information, et tout le long du cycle de vie du projet. Cette amélioration des échanges permet un gain de temps et d'argent. Les différentes disciplines peuvent se coordonner et assurer une compréhension partagée des concepts de conception, réduisant les erreurs de traduction et donc les futurs conflits sur chantier. En réduisant les erreurs, on réduit les coûts, et donc les délais d'intervention. Ces améliorations émanent de la conception paramétrique et tridimensionnelle. Travailler en 3D permet de mieux visualiser le projet (nivellement, seuils des bâtiments, contexte général, etc.). Elle permet également de tirer des visuels facilement, et venir appuyer un plan technique pour faciliter sa compréhension et son articulation. La maquette devient donc un précieux outil de communication. Par cette puissance technologique, proposant une centralisation des données au travers des diverses dimensions qui la composent (géométrie 2D et 3D, temps, coûts, développement durable, maintenance), on comprend facilement l'engouement et le souhait de nombreux maîtres d'ouvrage, de fournisseurs de matériaux ou d'Etats pour l'utilisation du BIM dans les futures constructions.

Néanmoins, le plus dur reste de convaincre les aménageurs de la pertinence de l'utilisation de la maquette numérique 3D. Même si le BIM prône grand nombre de plus-values, il existe encore certaines limites qui freinent la standardisation de sa pratique au sein des agences de maîtrise d'œuvre. Investissement, rentabilité, législation relèvent des questionnements encore non éclaircis pour faire du BIM l'unanimité. La loi et les règlements, tout comme le BIM sont encore trop flous et fragiles. Les méthodes sont aujourd'hui trop isolées et disparates pour permettre un encadrement uniforme des méthodes et du cadre légal. En Grande-Bretagne, la normalisation des flux d'informations BIM (norme BS 1192 – British Standard 1192), a permis de clarifier les échanges et le cadre d'utilisation, aboutissant à des économies de 22% dans le secteur de la construction. De plus, travailler en BIM demande un surcoût financier et temporel important. Il reste aujourd'hui trop lourd pour les plus petites agences, et difficile à rentabiliser à court ou moyen terme (licences, matériels informatiques adaptés, formations, etc.). En rassemblant l'ensemble des dépenses, on se rend bien compte que le prix d'entrée dans le monde du BIM peut être un frein pour de nombreuses agences, même si, en suivant la logique du BIM, elles sont censées à moyen ou long terme être amorties et même rentables.

Pour le secteur du Paysage, s'ajoutent des problématiques d'ordres techniques de modélisation du vivant, ne disposant pas encore des outils adaptés pour s'affranchir de cette contrainte. Le BIM étant développé pour le BTP et l'architecture, il questionne la place du paysagiste sur le marché public si l'on arrive à une standardisation du processus. En parallèle, Le LIM® pourrait être intéressant pour effectuer des études automatisées, exclusivement dédiées au Paysage (vent, ensoleillement), ou anticiper la croissance des végétaux. Mais ces études se révèlent être qu'une minorité de projets traités. Aujourd'hui, certains paysagistes sont capables de constituer des dossiers qui comparent, suivant l'implantation d'une essence à une autre, la réduction de quantité de CO<sub>2</sub>, et pouvant apporter une des réponses à la lutte contre le réchauffement climatique. Même si très limités, des modèles d'arbres ont été créés, permettant de choisir la taille ou la force à la plantation pour simuler la croissance. En réalité, le problème résulte du fait qu'aucun maître d'ouvrage ne s'y intéresse et ne le demande, car

on se préoccupe beaucoup moins du Paysage que du bâtiment. Comme il n'existe pas de logiciels adaptés aux paysagistes, certains tentent de s'adapter aux outils des architectes, puisque c'est par là que vont les innovations. Quand l'intérêt du végétal sera prouvé, les études LIM® deviendront plus centrales. Il y a de l'avenir, mais tant que les moyens ne seront pas mis en place et qu'il n'y aura pas d'outil qui facilitera les études végétales, les méthodes actuelles auront peu de chance d'évoluer en ce sens.

Face au développement des technologies informatiques, un autre problème vient se confronter à notre profession : beaucoup de paysagistes n'ont pas la fibre informatique. Les paysagistes et architectes se situent dans un tournant de leurs évolutions qui après l'implantation de l'informatique fin des années 90, font face à l'apparition du BIM. En faisant évoluer les méthodes de travail, elle requestionne les idées et les pratiques de ces métiers. Le futur enjeu pour ces professions sera de conserver leurs valeurs fondatrices (conception et construction) tout en s'adaptant aux évolutions du marché à venir. Le BIM ajoute un degré de complexité supérieur dans la pratique du métier, et chercher des solutions aux problèmes qu'il soulève s'avère pertinent. Pouvons-nous envisager que les futurs paysagistes seront amenés à posséder une double casquette de Paysagiste - BIM manager, répondant aux évolutions actuelles de leur métier ? Ainsi est requestionné non seulement le métier en tant que tel, mais l'ensemble des formations universitaires des écoles supérieures de Paysage. Si le BIM s'impose, elles devront probablement réadapter leur programme en y intégrant cette nouvelle thématique. En apportant les compétences nécessaires pour maîtriser les enjeux du BIM, la notion de BIM manager pourrait venir épauler la formation initiale. Cette double compétence pourrait être tout autant reconnue que le titre d'architecte-paysagiste ou d'architecte-urbaniste ou bien même d'ingénieur-paysagiste-concepteur. C'est ce que certains pays ont décidé de faire, pour l'architecture par exemple. En compilant dans le cursus des compétences tierces comme l'ingénierie (ou notion du BIM), ils répondent aux besoins de compétences dans la science de la construction. On retrouve en Allemagne le titre d'ingénieur architecte, ou celui d'architecte polytechnique pour la Suisse. En France, cette distanciation entre ingénieurs et architectes est encore très présente dans les écoles supérieures, et cette différence se ressent dans le manque de connaissance constructive des jeunes professionnels. Mais depuis quelques années, les écoles d'architecture françaises proposent un double diplôme d'architecte-ingénieur dans leurs établissements. Pour le Paysage, l'école Nationale Supérieure de Paysage de Versailles a intégré depuis peu un module court intitulé « Qu'est-ce que le BIM et comment l'intégrer au projet de paysage (LIM) ? ». On comprend alors que le BIM peut progressivement rentrer dans les mœurs.

Enfin, l'objectif du BIM est de proposer une réponse aux enjeux environnementaux et à l'importance de la consommation énergétique. La maquette numérique est alors capable d'anticiper et proposer un projet le plus pérenne possible tout en optimisant la quantité de matériaux nécessaires à sa réalisation, la quantité de déchets, la planification ou la maintenance du site. Cependant, l'utilisation de ce nouveau processus demande l'utilisation de serveurs très puissants, à la fois nécessaires pour faire tourner les logiciels et rendre possible le travail collaboratif sur les plateformes dédiées à cet usage. S'ajoute à cela la question du stockage. L'arrivée de l'informatique devait être une révolution, entre autres pour la réduction de consommation de papier, et favoriser le stockage numérique aux données imprimées. Est-ce vraiment le cas ? Ne stockons-nous pas des doublons papiers en plus des sauvegardes numériques ? Avec l'apparition du BIM, devons-nous en plus stocker les fichiers maquettes ? N'est-ce pas à l'encontre des valeurs que défendent le Green IT et le BIM ?

Le développement d'une pratique BIM soulève un grand nombre de questionnements qui dans le cadre de ce mémoire n'ont pas pu être traités, mais mériteraient d'être développés dans des études parallèles.



## BIBLIOGRAPHIE

- APEC : ASSOCIATION POUR L'EMPLOI DES CADRES (2017). *BIM-tendances-metiers-dans-batiment.pdf* [en ligne]. 27/06/2017. S.l. : s.n. 12 p. Disponible à l'adresse : <https://corporate.apec.fr/files/live/sites/corporate/files/Nos%20%C3%A9tudes/pdf/BIM-tendances-metiers-dans-batiment.pdf> [Consulté le 23/06/2020]
- BARTH, B. (2016). The limits of BIM : landscape architects feel the push of architecture-centric software. *Landscape Architecture Magazine* [en ligne]. Vol. 106, n°2, pp. 118-125. Disponible à l'adresse : <https://landscapearchitecturemagazine.org/2016/02/16/the-limits-of-bim/> [Consulté le 23/04/2020]
- BEIDELER, J. et FRANQUEVILLE, L. (2014). Logement : Cécile Duflot dévoile les premières mesures d'«Objectifs 500 000». In : *Le Moniteur* [en ligne]. 18/03/2014. Disponible à l'adresse : <https://www.lemoniteur.fr/article/logement-cecile-duflot-devoile-les-premieres-mesures-d-objectifs-500-000.1326709> [Consulté le 29/07/2020]
- BELLENGER, A.M. et BLANDIN, A. (2019). *Le BIM sous l'angle du droit* [en ligne]. Eyrolles. S.l. : s.n. 18/04/2019. Disponible à l'adresse : <https://www.eyrolles.com/BTP/Livre/le-bim-sous-l-angle-du-droit-9782212674248/> [Consulté le 25/06/2020]
- BORDAGE, F., DE MONTENAY, L., et VERGEYNST, O. (2020). Impacts environnementaux du numérique en France. 23/06/2020. p. 21.
- CIANCI, M.G. et MOLINARI, M. (2019). INFORMATION MODELING AND LANDSCAPE: INTERVENTION METHODOLOGY FOR READING COMPLEX SYSTEMS. In : *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*. 31/01/2019. Vol. XLII-2/W9, pp. 269-276. DOI 10.5194/isprs-archives-XLII-2-W9-269-2019.
- CONSEIL DE L'EUROPE (2000). *Convention européenne du paysage, Série des traités européens - n° 176*, Signée le 20/10/2000 à Florence, Italie, vol. 20.
- DASSETTO, F. et REMY, J. (2017). La question de l'espace en sociologie : à propos de L'espace, un objet central de la sociologie de Jean Rémy. In : *Recherches sociologiques et anthropologiques*. 01/09/2017. n° 48-1, pp. 145-155. DOI 10.4000/rsa.1858. Disponible à l'adresse : <http://journals.openedition.org/rsa/1858> [Consulté le 01/09/2020]
- EAST, E.W. (2007). *Construction Operations Building Information Exchange (COBIE): Requirements definition and pilot implementation standard* [en ligne]. Fort Belvoir, VA : Defense Technical Information Center, 2007. 195 p. Disponible à l'adresse : <http://www.dtic.mil/docs/citations/ADA491899> [Consulté le 29/07/2020]
- FOUCAULT, M. (2018). *Origines et développement du LIM (Landscape Information Modeling) au sein de l'agence Land'Act*. Mémoire professionnel HMONP, ENSAPLV, Paris, 33 p.
- FRIGELLI, M. (2017). *L'arrivée du BIM dans les agences d'architecture en France*. Mémoire de fin d'études, ENSAPVS, Paris-Val de Seine, 146 p. Disponible à l'adresse : [https://issuu.com/meghanefrigelli/docs/frigelli\\_m\\_ghane\\_m\\_moire\\_bim](https://issuu.com/meghanefrigelli/docs/frigelli_m_ghane_m_moire_bim) [Consulté le 24/05/2020]
- KAUFFMAN, J. (2016). Dessiner avec l'ordinateur dans les années soixante : le design et ses pratiques à l'aube de l'ère numérique. In : *Livraisons d'histoire de l'architecture* [En ligne]. 31/12/2016. N° 32, pp. 105-123. DOI 10.4000/lha.643. Disponible à l'adresse : <http://journals.openedition.org/lha/643> [Consulté le 03/09/2020]

LE MONITEUR (2014). *Le Moniteur - Cahier pratique n°5756 : BIM (Building Information Modeling)*. In : *calameo.com* [en ligne]. 21/03/2014. 35 p. Disponible à l'adresse : <https://www.calameo.com/read/005731397cd80f34171c8> [Consulté le 29/07/2020]

LE MONITEUR, Syntec-Ingénierie (2014). *Le Moniteur - Cahier pratique n°5763 : BIM/Maquette numérique, contenu et niveaux de développement* [en ligne]. S.I. 44 p. Disponible à l'adresse : <https://www.syntec-ingenierie.fr/wp-content/uploads/2019/06/2014-05-09-cahier-moniteur-bim-maquette-contenu-niveau-developpement.pdf> [Consulté le 29/07/2020]

MARTIN, J. (2017). *Évolution des méthodes de travail en bureau d'études paysage : les intérêts du BIM (Building Information Modeling)*. Mémoire de fin d'études, Agrocampus Ouest, Angers, 58 p.

MIGUET, L. (2016). La filière paysage prête à relever le défi du BIM. In : *Le Moniteur* [en ligne]. 22/01/2016. Disponible à l'adresse : <https://www.lemoniteur.fr/article/la-filiere-paysage-prete-a-relever-le-defi-du-bim.1018064> [Consulté le 23/04/2020]

NBS (2019). *National BIM Report 2019 - The definitive industry update* [en ligne]. S.I. 29 p. Disponible à l'adresse : <http://bimdrivers.com/wp-content/uploads/2019/05/nbs-national-bim-report-2019-1.pdf> [Consulté le 13 août 2020]

NEVEU, E. (2012). *La modélisation 3D virtuelle dans les projets de paysage*. Mémoire de fin d'études, Agrocampus Ouest, Angers, 68 p. Disponible à l'adresse : <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00738819/document> [Consulté le 05/09/2020]

PARLEMENT EUROPEEN & CONSEIL DE L'UNION EUROPEENNE (2014). DIRECTIVE 2014/24/UE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 26 février 2014 sur la passation des marchés publics et abrogeant la directive 2004/18/CE. *Journal officiel de l'Union européenne L 94*, 2014.

PIHEE, C. (2019). *L'architecte, BIM Manager de fait ou de circonstance ? L'architecte à l'épreuve du BIM et de ses nouvelles pratiques*. Mémoire de fin d'études, ENSAN, Nantes, 134 p. Disponible à l'adresse : <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02491403/document> [Consulté le 16/09/2020]

ROSE, H. (2012). Processus de création de nuages de points par corrélation d'images. In : *Revue XYZ*. 06/2012. N° 131, pp. 19-23.

SCHOBBER K.S., HOFF P., LECAT, A., DE THIEULLOY, G., et SIEPEN, S. (2017). Turning point for the construction industry - The disruptive impact of Building Information Modeling (BIM). In : *Roland Berger Focus*. 19/09/2017. 26 p.

THEBAUD, B. (2019). La 3D : pour concevoir et prévoir l'aménagement d'un espace. In : *Jardins de France* [en ligne]. n°654, pp. 42-45. Disponible à l'adresse : <https://www.jardinsdefrance.org/3d-concevoir-prevoir-lamenagement-dun-espace-2/> [Consulté le 26/06/2020]

THURIES, L. (2018). *Outils numériques et évolution de la conception architecturale*. Mémoire de fin d'études, ENSA Toulouse, Toulouse, 33 p. Disponible à l'adresse : <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01228388> [Consulté le 03/09/2020]

VALENTE, C. (2015). *BIM & BTP : Construire grâce à la maquette numérique*. Méthode BTP. 204 p.

UNEP (2019). *Etudes\_ChiffresclesEntreprisesPaysageDonnes2018\_lplusC.pdf* [en ligne]. 11/2019. S.I. : s.n. Disponible à l'adresse : [https://www.valhor.fr/fileadmin/A-Valhor/Valhor\\_PDF/Etudes\\_ChiffresclesEntreprisesPaysageDonnes2018\\_lplusC.pdf](https://www.valhor.fr/fileadmin/A-Valhor/Valhor_PDF/Etudes_ChiffresclesEntreprisesPaysageDonnes2018_lplusC.pdf) [Consulté le 02/06/2020]



## SITOGRAPHIE

- [1] PICBLEU (2020). Habitat sain, construction durable ou éco construction. In : *Picbleu* [en ligne]. 08/05/2020. Disponible à l'adresse : <https://www.picbleu.fr/page/habitat-sain-construction-durable-ou-eco-construction> [Consulté le 26/08/2020]
- [2] FFB [sans date]. La construction durable. In : *FFB (Fédération Française du Bâtiment)* [en ligne]. Disponible à l'adresse : <https://www.ffbatiment.fr/federation-francaise-du-batiment/le-batiment-et-vous/construction-durable/la-construction-durable.html> [Consulté le 26/08/2020]
- [3] OBJECIF BIM, [sans date]. Le BIM: Signification, définition et explications. In : Objectif BIM [en ligne]. Disponible à l'adresse : <http://www.objectif-bim.com/index.php/bim-maquette-numerique/le-bim-en-bref/la-definition-du-bim> [Consulté le 26/08/2020]
- [4] AKALABI, M. (2018). Logiciel DAO, CAO, PAO (différence et définition). In : *Cours BTP* [en ligne]. 31/07/2018. Disponible à l'adresse : <https://btp-cours.com/logiciel-daocaopao-difference-e/> [Consulté le 03/09/2020]
- [5] THILMANY, J. (2018). Des modèles 2D aux modèles 3D : Entrez dans la troisième dimension. In : *Constructible* [en ligne]. 20/09/2018. Disponible à l'adresse : <https://constructible.trimble.fr/blog/des-modeles-2d-aux-modeles-3d> [Consulté le 05/09/2020]
- [6] DROUET, J. (2017). Webinaire « Sauter le pas de la 2D vers le BIM » disponible en Replay. In : *Village BIM* [en ligne]. 10/04/2017. Disponible à l'adresse : <https://villagebim.typepad.com/villagebim/2017/04/w%C3%A9binaire-sauter-le-pas-de-la-2d-vers-le-bim-disponible-en-replay.html> [Consulté le 07/08/2020]
- [7] PEVERELLIE, T. et ASS (2020). Les niveaux de BIM. In : *EverBim* [en ligne]. 06/01/2020. Disponible à l'adresse : <https://www.everbim.com/2020/01/06/les-niveaux-de-bim/> [Consulté le 27/07/2020]
- [8] SOCIÉTÉ ACCA S.P.A (2019). Les différents niveaux du BIM, de 0 à 3 quel sont les niveaux de maturités. In : *BibLus* [en ligne]. 08/10/2019. Disponible à l'adresse : <http://biblus.accasoft.com/fr/les-differents-niveaux-du-bim-de-0-a-3-quel-sont-les-niveaux-de-maturites-du-bim/> [Consulté le 27/07/2020]
- [9] OBJECIF BIM, [sans date]. BIM niveau 0, BIM niveau 1, BIM niveau 2, BIM niveau 3. In : Objectif BIM [en ligne]. Disponible à l'adresse : <http://www.objectif-bim.com/index.php/bim-maquette-numerique/le-bim-en-bref/les-niveaux-du-bim> [Consulté le 27/07/2020]
- [10] DI GIACOMO, E. (2015). Les niveaux du BIM ou BIM Levels expliqués par NBS. In : *Architecture, BIM, and Conceptual Design* [en ligne]. 20/10/2015. Disponible à l'adresse : <https://abcdnblog.typepad.com/abcd/2015/10/les-niveaux-du-bim-ou-bim-levels-expliques-par-nbs.html> [Consulté le 27/07/2020]
- [11] STABIPLAN (2018). LOD, lod ou loi : comment s'y retrouver ? In : *Stabiplan* [en ligne]. 09/03/2018. Disponible à l'adresse : <https://www.stabiplan.com/fr-fr/nouvelles/nouvelles-et-blogs/lod-lod-ou-loi-comment-sy-retrouver/> [Consulté le 29/07/2020]
- [12] VALENTE, C. (2016). Le BIM dans le monde. In : *BIM & BTP* [en ligne]. 2016. Disponible à l'adresse : <https://bimbtp.com/decouvrir-le-bim/le-bim-dans-le-monde/> [Consulté le 23/06/2020]
- [13] RICART, N. (2019). LE BIM et le DROIT - Quelques réponses à vos questions. In : *Aplicit* [en ligne]. 29/11/2019. Disponible à l'adresse : <https://www.aplicit.com/le-bim-et-le-droit/> [Consulté le 25/06/2020]

- [14] CORNU, J. (2018). Appréhendez le cadre réglementaire du BIM en France. In : *OpenClassrooms* [en ligne]. 23/11/2018. Disponible à l'adresse : <https://openclassrooms.com/fr/courses/5228301-apprehendez-lenvironnement-du-bim/5622016-apprehendez-le-cadre-reglementaire-du-bim-en-France> [Consulté le 23/06/2020]
- [15] VALENTE, C. (2016). Le BIM va devenir obligatoire en France. In : *BIM & BTP* [en ligne]. 2016. Disponible à l'adresse : <https://bimbtp.com/pourquoi-le-bim/le-bim-va-devenir-obligatoire-en-france/> [Consulté le 03/06/2020]
- [16] STOCKING, A.W. (2019). How Landscape Architecture Is Growing BIM Roots for Better Collaboration. In : *Redshift EN* [en ligne]. 04/06/2019. Disponible à l'adresse : <https://www.autodesk.com/redshift/bim-landscape-architecture/> [Consulté le 03/06/2020]
- [17] SCHMIDT, L. (2016). BIM and Landscape Architecture: What, Why, and How? In : *World Landscape Architecture* [en ligne]. 07/06/2016. Disponible à l'adresse : <https://worldlandscapearchitect.com/bim-landscape-architecture/> [Consulté le 03/06/2020]
- [18] NAVARRO, R. (2019). LIM : Le BIM pour les projets et professionnels du paysage avec Rémy NAVARRO [Dossier]. In : *HEXABIM* [en ligne]. 02/10/2019. Disponible à l'adresse : <https://www.hexabim.com/blog/lim-le-bim-pour-les-projets-et-professionnels-du-paysage-avec-remy-navarro> [Consulté le 9 juin 2020]
- [19] BUILDINGSMART (2016). openBIM expliqué en moins de 5 min en français [vidéo en ligne]. YouTube. 16/10/2016. 4min 40. Disponible à l'adresse : <https://www.youtube.com/watch?v=t3ECK4U0QeI> [Consulté le 04/08/2020]
- [20] SITG [sans date]. SITG | Le territoire genevois à la carte. In : *SIGT* [en ligne]. Disponible à l'adresse : <https://ge.ch/sitg/> [Consulté le 01/09/2020]
- [21] BATIRAMA.COM (2015). 6 étapes pour un passage au BIM réussi! In : *Batirama* [en ligne]. 24/03/2015. Disponible à l'adresse : <https://www.batirama.com/article/10719-6-etapes-pour-un-passage-au-bim-reussi.html> [Consulté le 07/08/2020]
- [22] BATIWEB (2015). Les étapes clés pour passer au BIM dans les meilleures conditions. In : *Batiweb* [en ligne]. 20/03/2015. Disponible à l'adresse : [www.batiweb.com](http://www.batiweb.com) [Consulté le 07/08/2020]
- [23] BIM ENERGIE (2019). Méthodologie BIM, 8 conseils aux Maîtres d'Ouvrage. In : *BIM ENERGIE* [en ligne]. 14/04/2019. Disponible à l'adresse : <https://www.bimenergie.fr/blog/methodologie-bim-maitre-ouvrage/> [Consulté le 07/08/2020]
- [24] BOUYGUES CONSTRUCTION (2016). *Comprendre le BIM en 1 minute* [en ligne]. 05/04/2016. Disponible à l'adresse : [https://www.youtube.com/watch?v=\\_w774v0DZ5s](https://www.youtube.com/watch?v=_w774v0DZ5s) [Consulté le 11/06/2020]
- [25] LA FONDATION D'ENTREPRISE BOUYGUES IMMOBILIER (2016). L'affaire BIM : pour ou contre ? | Demain la Ville. In : *Demain La Ville - Bouygues Immobilier* [en ligne]. 06/07/2016. Disponible à l'adresse : <https://www.demainlaville.com/laffaire-bim/> [Consulté le 25/06/2020]
- [26] CHARLES, F. (2018). Et si le BIM était déjà dépassé ? In : *ZDNet France* [en ligne]. 14/01/2018. Disponible à l'adresse : <https://www.zdnet.fr/blogs/green-si/et-si-le-bim-etait-deja-depasse-39862678.htm> [Consulté le 02/08/2020]
- [27] BUILDINGSMART [sans date]. Notions clés à connaître sur le BIM | buildingSMART France, association des acteurs du BIM en France. In : *buildingSMART France - Mediaconstruct* [en ligne]. Disponible à l'adresse : <https://www.buildingsmartfrance-mediaconstruct.fr/definition-notions-bim/> [Consulté le 25/06/2020]

[28] MARQUARD, M. (2015). Destination: BIM. In : *The LA Group Landscape Architecture and Engineering PC* [en ligne]. 07/07/2015. Disponible à l'adresse : <https://www.thelagroup.com/2015/07/07/destination-bim/> [Consulté le 25/06/2020]

[29] VALENTE, C. (2016). La loi peut-elle imposer le BIM ? In : *BIM & BTP* [en ligne]. 2016. Disponible à l'adresse : <https://bimbtp.com/decouvrir-le-bim/la-loi-peut-elle-imposer-le-bim/> [Consulté le 03/06/2020]

[30] VALENTE, C. (2016). La question de la propriété d'une maquette. In : *BIM & BTP* [en ligne]. 2016. Disponible à l'adresse : <https://bimbtp.com/decouvrir-le-bim/la-question-de-la-propriete-dune-maquette/> [Consulté le 25/06/2020]

[31] VALENTE, C. (2016). La complexe transition vers le BIM. In : *BIM & BTP* [en ligne]. 2016. Disponible à l'adresse : <https://bimbtp.com/premium/la-complexe-transition-vers-le-bim/> [Consulté le 03/06/2020]

Année universitaire : 2019.- 2020

Spécialité/Mention :

**Paysage**

Spécialisation/Parcours :

**Paysage, Opérationnalité et Projet**

## Mémoire de fin d'études

- d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage
- de Master de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage
- d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)

# L'intégration du BIM (Building Information Modeling) doit-elle être une préoccupation majeure dans les agences de Paysage ?

## ANNEXES

Par : Mathieu BERGERAULT



**Soutenu à Angers, le 13 Octobre 2020**

**Devant le jury composé de :**

Président : Elise GEISLER

Autres membres du jury (Nom, Qualité)

Maître de stage : Nicolas PLASSAT

Enseignant référent : Hervé DAVODEAU

*Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle d'AGROCAMPUS OUEST*

Ce document est soumis aux conditions d'utilisation  
«Paternité-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de Modification 4.0 France»  
disponible en ligne <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr>

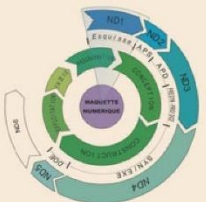

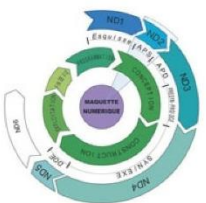
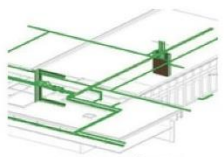
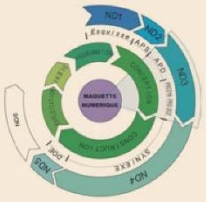
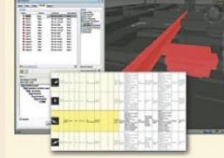

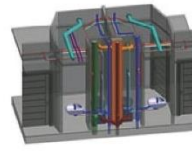


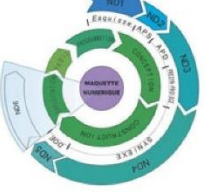





**ANNEXE I : FICHE RESUME DES NIVEAUX DE DEVELOPPEMENT DU BIM ASSOCIES A LA LOI MOP.**  
 (Source : Cahier pratique n°5763 du Moniteur. 09/05/2014)

Le tableau 1 présente une synthèse des différents niveaux de développement d'une maquette numérique. Les première et deuxième colonnes définissent le niveau de développement. La troisième colonne illustre de manière

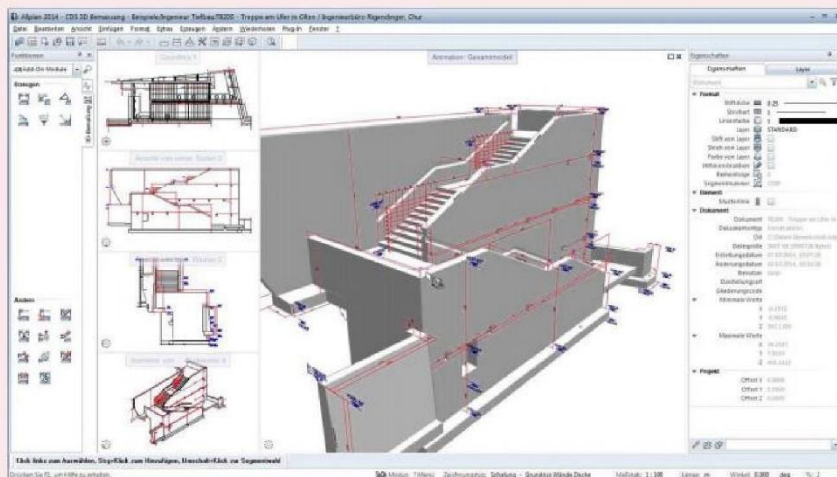
synthétique le niveau de développement. La dernière colonne caractérise sommairement l'objectif de ce niveau de développement.

Tableau 1 : Tableau de synthèse des différents niveaux de développement d'une maquette numérique			
<p>ND 1</p> 	<p><b>CONCEPTS ESQUISSE</b></p>		<p><b>Analyses et impact</b></p>
<p>ND 2</p> 	<p><b>AVANT-PROJET SOMMAIRE PERMIS DE CONSTRUIRE</b></p>	 LOD 200 / ND 2 Réseaux primaires & Systèmes	<p><b>Zones techniques Réseaux primaires et équipements</b></p>
<p>ND 3</p> 	<p><b>AVANT-PROJET DÉTAILLÉ PRÉ-SYNTHESE PRO/DCE</b></p>		<p><b>Coordination des interdisciplines</b></p>
<p>ND 4</p> 	<p><b>SYNTHESE ÉTUDE D'EXÉCUTION CONSTRUCTION</b></p>		<p><b>Modélisations des ouvrages à exécuter</b></p>
<p>ND 5</p> 	<p><b>DOSSIER DES OUVRAGES EXÉCUTÉS</b></p>	 PID : Schéma dans lequel l'objet sélectionné est représenté.	<p><b>Modèle virtuel = Ouvrage exécuté</b></p>
<p>ND 6</p> 	<p><b>EXPLOITATION</b></p>		<p><b>Gestion technique patrimoniale</b></p>

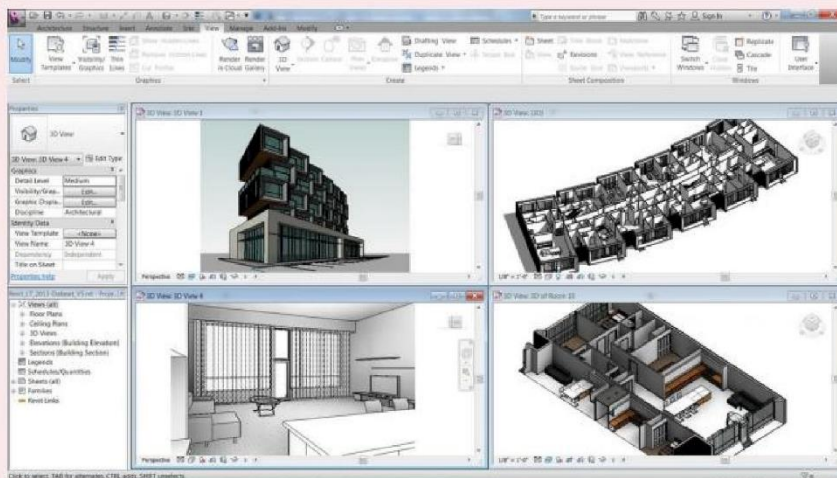
**ANNEXE II : EXEMPLES D'INTERFACES PROPOSEES PAR LES EDITEURS DE LOGICIELS BIM.**  
 (Source : L'arrivée du BIM dans les agences d'architecture en France, Frigelli, 2017)



Interface ArchiCad





Interface Allplan



Interface Revit





 <small>agriculture • alimentation • environnement</small> 	Diplôme : <b>Ingénieur paysagiste concepteur</b> Spécialité : <b>Paysage</b> Spécialisation / option : <b>Paysage, Opérationnalité et Projet</b> Enseignant référent : <b>Hervé DAVODEAU</b>
Auteur(s) : <b>Mathieu BERGERAULT</b> Date de naissance* : <b>19/09/1997</b>	Organisme d'accueil : <b>SLG Paysage</b> Adresse : <b>48 Rue du Général Leclerc, 94270 Le Kremlin-Bicêtre</b>
Nb pages : <b>44</b> Annexe(s) : <b>2</b>	
Année de soutenance : <b>2020</b>	Maître de stage : <b>Nicolas PLASSAT</b>
Titre français : <b>L'intégration du BIM (Building Information Modeling) doit-elle être une préoccupation majeure dans les agences de Paysage ?</b>	
Titre anglais: <b>Should the integration of BIM (Building Information Modeling) be a major concern in Landscape agencies?</b>	
<p>Résumé : Le BIM (Building Information Modeling) est un processus de travail collaboratif autour d'une maquette numérique paramétrique 3D. Elle est composée de données intelligentes et structurées tout au long du cycle de vie d'un bâtiment, de sa conception à sa déconstruction et recyclage de ses matériaux. Initialement développé pour le secteur du BTP, les architectes s'initient de plus en plus à l'utilisation de ce nouveau processus et changent progressivement leurs habitudes de travail pour se tourner vers le BIM.</p> <p>Cependant, le paysagiste, acteur privilégié des projets d'aménagement, se retrouve généralement associé à un groupement lors de réponses aux appels d'offres publics ou privés. Suivant la reconfiguration des méthodes de travail de ses partenaires, le paysagiste est voué à devoir s'adapter à ces nouveaux outils. Or, Le BIM n'est aujourd'hui pas approprié pour le domaine du Paysage et au travail du vivant. Même si nous assistons qu'à l'essor de cette nouvelle pratique pour la conception, on remarque une tendance de généralisation d'ici les prochaines années. Il en vient essentiel de se questionner quant au devenir de ces professions et des futurs moyens de collaboration entre ces acteurs de l'aménagement.</p> <p>Face à ces enjeux, le mémoire permettra une compréhension plus fine des objectifs du processus BIM et d'obtenir les informations et outils clés afin d'appréhender cette thématique complexe. Il se focalisera sur les alternatives d'adaptation du BIM au vivant aujourd'hui connues, et auxquelles les agences devront potentiellement faire face ces prochaines années.</p>	
<p>Abstract: BIM (Building Information Modeling) is a collaborative work process based on a 3D parametric digital model. It is composed of intelligent and structured data throughout the life cycle of a building, from its design to its deconstruction and recycling of its materials. Initially developed for the building sector, architects are becoming increasingly familiar with this new process and are gradually changing their working habits to turn to BIM.</p> <p>However, the landscape designer, as a privileged actor in urban planning projects, generally finds himself associated with a group to apply for a bid solicitation, public or private. Depending on the reconfiguration of their partners' working methods, the landscape designer is bound to have to adapt to these new tools. However, BIM is not currently appropriate for the Landscape sector, and work with living organisms. Even if we are witnessing the development of this new design practice, we can see a trend towards its generalisation over the next few years. It is therefore essential to question the future of these professions and the future means of collaboration between these actors in planning.</p> <p>Faced with these issues, the dissertation will provide a more detailed understanding of the objectives of the BIM process and provide the key information and tools to grasp this complex topic. It will focus on the alternatives for adapting BIM to the living world that are known today and that agencies will potentially have to deal with in the coming years.</p>	
Mots-clés : <b>BIM, LIM, 3D, conception, modélisation, maquette numérique, data, interopérabilité, vivant, logiciel, BTP, construction, architecte, paysagiste</b> Key Words: <b>BIM, LIM, 3D, conception, modelling, digital model, data, interoperability, living, software, building, construction, architect, landscape designer</b>	