

Quelle mutation de l'Architecte Paysagiste vers la représentation numérique, entre collaboration des acteurs et enjeux environnementaux ? Cas de la maquette numérique sous modèles BIM, CIM, LIM

Auteur : Rougier, Marlène

Promoteur(s) : Dufrêne, Marc; 22650

Faculté : Gembloux Agro-Bio Tech (GxABT)

Diplôme : Master architecte paysagiste, à finalité spécialisée

Année académique : 2023-2024

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/19477>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.

QUELLE MUTATION DE L'ARCHITECTE PAYSAGISTE VERS LA REPRESENTATION NUMERIQUE, ENTRE COLLABORATION DES ACTEURS ET ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX ?

Cas de la maquette numérique sous modèles

BIM, CIM, LIM

(Building Information Modeling, City Information Modeling, Landscape Information Modeling)

(En France)

TRAVAIL DE FIN D'ÉTUDES PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE MASTER EN
ARCHITECTE PAYSAGISTE

Marlène ROUGIER

ANNÉE ACADÉMIQUE 2023-2024

CO-PROMOTEURS Marc DUFRÊNE – Stéphane GOURGOUT (BIONATICS)

Ce document présente de la documentation non diffusable dans le cadre des Jeux Olympiques et Paralympiques de Paris 2024 – Pour la SOLIDEO, ce mémoire devra respecter sa non-diffusion « au public » avant que la phase de jeux par les athlètes soit terminée.

REMERCIEMENTS

Architecte - Architecte Paysagiste - Autres aménageurs (VRD, BET, Ingénieur) - BIM, CIM, LIM Manager

Je tiens premièrement à remercier mes deux Co-Promoteurs de mémoire, **Marc DUFRENE** pour m'avoir suivi depuis le commencement de mon mémoire. Vos conseils ont été très précieux et m'ont permis de former un travail cohérent, ciblé sur les axes les plus importants du métier d'Architecte Paysagiste. Ainsi que **Stéphane GOURGOUT**, pour m'avoir facilité la compréhension de ces nouveaux domaines émergents, par la prise de renseignements auprès des grands aménageurs du territoire et pour les connaissances apportées. Je tiens à vous remercier pour cette belle confiance, qui m'a permis de prendre conscience d'un tel outil par la libre consultation de vos maquettes numériques.

Je tiens à remercier les toutes premières entreprises contactées, vos méthodes de travail non basées sur l'utilisation de maquettes numériques collaboratives par modèles d'information ont permis d'établir l'itinéraire initial de l'architecte paysagiste. Les notions de collaboration, de représentation et de mutation ont pris tous leur sens grâce à ce cadre de référence mise en place par vos expériences quotidiennes.

- Alexandre MARRY - RESONANCE URBANISME & PAYSAGE
- Jérôme DUMAS - INTERSCENE 3.0
- TRAVERSES paysage | urbanisme | architecture

Je tiens à remercier les collaborateurs externes, qui depuis l'état de l'art jusqu'à l'analyse m'ont permis d'établir des comparaisons entre les travaux de recherche et les cas concrets. Merci à vous, d'avoir pris de votre temps pour m'accorder ces visioconférences, vos expériences accompagnées de vos explications sur plaquette de projet ou maquette numérique ont été une plus-value sur la compréhension et sur le positionnement personnel sur l'utilisation de ces « nouveaux outils ».

Etat de l'art :

- Rémy NAVARRO - Chef de projets Bâtiment Numérique
- Louis MOUTARD - Architecte / urbaniste LM Architecture (ancien dirigeant AREP)
- Benoît DESTRIKATS - ONF Chef de projet Risques Naturels
- François DESGARDIN - Directeur des Nouvelles Offres / Innovation Groupe, NEXITY
- Valentin CAILLAVET - Chef de projet Natura City, NEXITY
- Xavier GUILLOTIN - Directeur des programmes Caen, FONCIM
- Delphine LEGRON - Direction des Opérations, Chargée de projet SOCIETE FORESTIERE
- Nicolas THOUVENIN - France Climat
- Erick LUQUES - Responsable Pôle Immobilier SEMSAMAR (Guyane)
- Régis AURIOL et M. GRANIER - Directeur Aménagement et Mobilité, Ville d'Avignon

Analyse :

- Alexandre MAHFOUD - CIM et BIM manager chez société de livraison des ouvrages olympiques SOLIDEO
- Annelise BIDEAUD - Directrice Nebbia Paysage & territoire
- Sylvain MOULHERAT - TerrOïko
- Jean-François GLORIA - Conseil en Smart City - Architecte – Juriste
- Imad BOUHMOUCH - BIM Manager, Pichet Immobilier avec la mobilisation de Emilie BARNABE - Chargée de communication et Anne-Sophie MASSE - Directrice Adjointe communication

- Augustin ROY-VERGER – Architecte anciennement chez EGA

Je tiens également à remercier l'ensemble des bureaux d'études qui ont participé au développement des cas concrets des projets analysés. Vous avez tous pris cœur de répondre avec beaucoup de détails que ce soit via les réponses à un questionnaire que via les entretiens individuels. Je vous remercie d'avoir apporté des remarques et des compléments aux écrits, schémas de ce travail de recherche, cela a permis de renforcer la fiabilité des propres amenés.

- João SALEIRO - Architecte associé, Gaëtan Le Penhuel architectes & associés
- Renaud PINET - Chef de projet, Hardel Le Bihan Architectes
- Marie-Sophie CALEIRAS - Direction Aménagement Urbain AMUR, SETEC
- Marie Bodénès - Archives | Communication, Perrault Architecture
- Julien Béneyt - Directeur - Pôle Urbanisme, Leclercq Associes
- Baptiste Hiot - BEAL & BLANCKAERT, Architectes associés
- Matthieu THEAUDIN - Phytolab
- Carlotta MAZZI - Directrice de projet, Agence TER
- Michel GUTHMANN - architecte urbaniste - associé fondateur MG/AU
- Sabine BARRIER - IGREC INGENIERIE SAS
- Camille BOURGEOIS - Paysagiste Wagon Landscaping
- Amin MECHTAOUI - BIM Manager | Coordinateur, Aménagement urbain et VRD, EGIS
- Andreas PFADLER - Ingénieurs Conseil Structures sbp
- Céline HAEMMERLIN - Architecte HMONP - Cheffe de projet | KOZ
- Pauline Lebrun - Directrice BIM et Conception Numérique | Atelier 2/3/4

Je tiens à remercier l'ensemble des bureaux d'études qui ont répondu par mail, bien que vous n'utilisiez pas de méthodologie de travail par maquette numérique sur un modèle d'information, vos témoignages ont été tout aussi importants. Ils ont permis de comprendre, quelles sont les professions encore en transition et ont permis de rendre réaliste la mise en place des réseaux d'acteurs dans la partie résultats.

- Alice HALLYNCK - OLM
- Laure BORDET DURIEU (LBD Paysage),
- Jindra SCHIFF (Agence TER),
- Céline PANADERO (LALU La Forme et L'Usage),
- Patrice Rambaud (L'œil du Pigeon),
- Sébastien HARLAUX (Une Fabrique de la Ville)
- Andras JAMBOR (TN+)
- Vincent Hertenberger (TVK)
- Marie Boutron (EGA)
- Marie-Gabrielle BEUVIER - Paysagiste associée MOSS Paysage,
- Bastien CHAMPIER - FUTURMAP
- Claire TRAPENARD - Paysagiste concepteur – Urbaniste | D'Ici-Là

Ces quelques derniers mots pour remercier l'ensemble de ma famille, mes amis et les entreprises collaboratrices dans le cadre de mon travail, pour m'avoir constamment soutenu face à ce sujet complexe. Merci d'avoir donné de vos retours sur la compréhension générale du travail de recherche. Et merci encore pour ces belles confiances qui sont sources, d'une volonté considérable de réussite.

RESUME

Ces trente dernières années, le rôle de l'architecte paysagiste a subi une mutation importante, élargissant ses horizons au-delà des parcs et jardins pour englober de nouvelles responsabilités dans l'aménagement des espaces publics. Alors que son commencement débute par la création d'outils explicatifs essentiellement à la main, ses pratiques évoluent sur des productions de plus en plus numériques, marquant ainsi une révolution dans la pratique de conception paysagère.

Les enjeux environnementaux deviennent aujourd'hui une priorité territoriale, les aménageurs, et les collectivités largement soutenus par les instances gouvernementales, visent par la réglementation, un axe majeur innovant sur un lien entre collaboration et développement du numérique. Dans un paysage en constante mutation, sous la loi Climat et Résilience, marque une étape clé dans la conception de l'architecte paysagiste, où l'urgence climatique devient une urgence urbaine. C'est par les outils numériques de simulation qu'il se voit prouver, sensibiliser, mettre en lumière les grandes problématiques urbaines telles que les îlots de chaleur, la gestion de l'eau lors des inondations, la gestion de la biodiversité dont la connaissance se tient d'être davantage approfondie.

L'avancée numérique ne cesse de s'améliorer, offrant des possibilités croissantes, que ce soit dans les modes de représentation, dans la capacité de simuler la croissance végétale ainsi qu'un ensemble de paramètres environnementaux. Des nouveaux outils émergent et s'intéressent davantage aux besoins des aménageurs, vers la notion de collaboration dont la facilitation des échanges entre les différents logiciels devient un gain de temps sur l'exécution des productions entre les corps de métier divers. Au cœur de ces évolutions, la quête de création d'un seul outil numérique unifié se fait sentir, rassemblant une accumulation d'outils utilisés par les architectes, urbanistes et paysagistes. La mise en place de maquettes numériques au centre des préoccupations de ces nouveaux métiers d'assistance à la conception, les managers. Cette ambition a donné la volonté de revaloriser la donnée informationnelle, dont le souhait serait d'obtenir des jumeaux numériques des villes, gestionnaires d'un existant et démonstrateurs d'un futur à court ou long terme, par l'évolution du vivant face à l'urbanisation, par le biais de capteurs des flux de la ville (transport, biodiversité...).

Dans ce contexte dynamique, le positionnement de l'architecte paysagiste ne cesse d'être questionné, intégré dans ses pratiques mais se voit bien souvent délégué de l'exécution des productions par ces nouveaux métiers d'Assistant à la Maîtrise d'Ouvrage soit AMO Manager. Cette redéfinition du rôle est une invitation à explorer, exploiter de nouvelles facettes de la profession paysagère, contribuant à terme à la création d'environnements durables et résilients depuis la gestion des bâtiments.

ABSTRACT

Over the past thirty years, the role of the landscape architect has undergone a significant transformation, expanding its scope beyond parks and gardens to encompass new responsibilities in the planning of public spaces. While its inception involved the creation of explanatory tools primarily by hand, its practices have evolved towards increasingly digital productions, thus marking a revolution in landscape design practice.

Environmental issues are now a territorial priority, with planners and local authorities, strongly supported by government entities, aiming through regulations for an innovative approach linking collaboration and digital development. In a constantly changing landscape, under the Climate and Resilience Law, a key step is taken in the landscape architect's design process, where climate urgency becomes an urban priority. It is through digital simulation tools that the architect demonstrates, raises awareness, and sheds light on major urban issues such as heat islands, water management during floods, and biodiversity management, the understanding of which needs to be further explored.

Digital advancement continues to improve, offering increasing possibilities, whether in representation methods, the ability to simulate plant growth, or a range of environmental parameters. New tools are emerging, focusing more on the needs of planners, towards the concept of collaboration where facilitating exchanges between different software becomes a time-saving advantage in the execution of productions across various professions. At the heart of these developments is the quest to create a unified digital tool, bringing together a collection of tools used by architects, urban planners, and landscape architects. The establishment of digital models is a central concern for these new design assistance professions, the managers. This ambition has led to the desire to enhance informational data, with the aim of obtaining digital twins of cities that manage existing conditions and demonstrate short or long-term futures through the evolution of living things in response to urbanization, using sensors to monitor city flows (transport, biodiversity...).

In this dynamic context, the role of the landscape architect is continuously reexamined, being integrated into their practices but often delegated to the execution of productions by these new professions of Project Management Assistance Manager (AMO Manager). This redefinition of the role invites exploration and the exploitation of new facets of the landscape profession, ultimately contributing to the creation of sustainable and resilient environments, extending beyond the management of buildings.

TABLE DES MATIERES

0. SCHEMA DE LA METHODOLOGIE DU TRAVAIL DE RECHERCHE

1. INTRODUCTION

2. ETAT DE L'ART

| | |
|---|-----------|
| 2.1 Mutation de l'architecte paysagiste..... | 1 |
| 2.1.1 Evolution des pratiques-outils..... | 1 |
| 2.1.2 Transition vers le numérique par la réglementation française..... | 5 |
| a. Evolution du cadre réglementaire vers le numérique..... | 5 |
| b. Transition actuelle du cadre réglementaire en environnement..... | 6 |
| 2.1.3 Transformations professionnelles et organisationnelles..... | 8 |
| a. Evolution du positionnement de l'architecte paysagiste au sein du réseau d'acteurs..... | 8 |
| b. Une quantité de travail supplémentaire..... | 10 |
| c. Les micros-changements des aménageurs..... | 11 |
| 2.2 Représentation des modèles d'informations par la maquette numérique, du Bâtiment (BIM), de la Ville (CIM), du Paysage (LIM) au Territoire (TIM)..... | 12 |
| 2.2.1 Le BIM, une collaboration à l'échelle d'un projet de construction..... | 12 |
| a. Définition..... | 12 |
| b. De la représentation à l'utilisation de logiciels..... | 12 |
| 2.2.2 Le CIM, un outil d'analyse et de gestion collaborative à l'échelle d'une ville..... | 14 |
| a. Définition..... | 14 |
| b. De la représentation à l'utilisation de logiciels..... | 15 |
| c. Vers qui, pour quel usage..... | 15 |
| 2.2.3 Le LIM, un modèle futur pour l'architecte paysagiste..... | 16 |
| a. Définition..... | 16 |
| b. La recherche comme création d'un LIM souhaité..... | 16 |
| c. Un rôle médiateur basé sur des choix de représentation..... | 21 |
| 2.2.4 Le TIM, cas de LandSim3D, une combinaison des trois modèles..... | 25 |
| a. Les composantes..... | 25 |
| b. Les utilisateurs de la maquette..... | 28 |
| 2.3 Collaboration numérique entre utopie et réalité..... | 30 |
| 2.3.1 Simplification de la gestion des fichiers et données..... | 30 |
| 2.3.2 Niveaux de maturité des pratiques de modélisation collaborative..... | 31 |
| a. Cas du BIM..... | 31 |
| b. Les niveaux de maturité en France..... | 33 |
| c. Les modèles d'informations collaboratifs comme imaginaire collectif..... | 34 |
| 2.4 Conclusion des trois notions..... | 35 |

3. HYPOTHESES ET OBJECTIFS

4. METHODOLOGIE

| | |
|---|----|
| 4.0 Schéma méthodologique..... | 38 |
| Méthodologie des choix de projets..... | 38 |
| Méthodologie d'analyse des projets..... | 38 |
| Méthodologie des enquêtes pour analyser les projets..... | 39 |
| 4.1 Méthodologie des choix de projet..... | 40 |
| 4.1.1 Le phasage de projet comme support d'analyse du réseau d'acteurs..... | 40 |
| 4.1.2 Des logiciels concordants sous l'ensemble des modèles, du Bâtiment (BIM), de la Ville (CIM), et du Paysage (LIM)..... | 41 |
| 4.1.3 Les composantes paysagères utiles à l'architecte paysagiste..... | 41 |
| 4.1.4 Analyse des acteurs utilisateurs des maquettes numériques..... | 42 |
| 4.2 Méthodologie d'analyse des projets..... | 44 |
| 4.2.1 Créer un schéma réseau d'acteurs par la gestion des flux d'informations..... | 44 |
| 4.2.2 Associer à ce réseau des indicateurs entre notion de représentation et exigence de la norme ISO..... | 45 |
| 4.2.2.1 Indicateur de représentativité..... | 46 |
| 4.2.2.2 Indicateur de fiabilité..... | 47 |
| 4.2.2.3 Indicateur d'apprentissage..... | 47 |
| 4.2.2.4 Indicateur d'interopérabilité / de coexistence..... | 47 |
| 4.3 Choix des projets à analyser associés aux logiciels utilisés..... | 48 |
| 4.4 Les solutions d'intégrations de l'architecte paysagiste au sein d'une maquette numérique..... | 49 |

5. RESULTATS

| | |
|--|---|
| 5.1 Projets : Les Jeux Olympiques et Paralympiques 2024..... | 50 |
| 5.1.1 Cas général JOP..... | 50 |
| a. Réseau d'acteurs | Indicateur d'interopérabilité / coexistence |
| b. Indicateur de représentativité | |
| c. Indicateur de fiabilité | |
| d. Indicateur d'apprentissage | |
| e. Synthèse | |
| 5.1.2 Cas Eco-quartier Fluvial..... | 55 |

| | | |
|--|-------|---|
| a. Réseau d'acteurs | _____ | Indicateur d'interopérabilité / coexistence |
| b. Indicateur de représentativité | _____ | |
| c. Indicateur de fiabilité | | |
| d. Indicateur d'apprentissage | | |
| e. Synthèse | | |
| 5.1.3 Cas du projet Colline d'Elancourt..... | | 58 |
| a. Réseau d'acteurs | _____ | Indicateur d'interopérabilité / coexistence |
| b. Indicateur de représentativité | _____ | |
| c. Indicateur de fiabilité | | |
| d. Indicateur d'apprentissage | | |
| e. Synthèse | | |
| 5.2 Projets : Bionatics..... | | 61 |
| 5.2.1 Cas général..... | | 61 |
| a. Réseau d'acteurs | _____ | Indicateur d'interopérabilité / coexistence |
| b. Indicateur de représentativité | _____ | |
| c. Indicateur de fiabilité | | |
| d. Indicateur d'apprentissage | | |
| e. Synthèse | | |
| 5.3 Projet expérimental : Front de mer Sainte-Luce..... | | 65 |
| 5.3.1 Projet PlanBIM 2022..... | | 65 |
| a. Réseau d'acteurs | _____ | Indicateur d'interopérabilité / coexistence |
| b. Indicateur de représentativité | _____ | |
| c. Indicateur de fiabilité | | |
| d. Synthèse | | |
| 5.4 Projet de recherche : BioBIM Biodiversité, BIM et Infrastructures..... | | 69 |
| 5.4.1 Cas du projet..... | | 69 |
| a. Réseau d'acteurs | _____ | Indicateur d'interopérabilité / coexistence |
| b. Indicateur de représentativité | _____ | |
| c. Indicateur de fiabilité | | |
| d. Synthèse | | |
| 5.5 Synthèse..... | | 72 |
| 5.6 Les propositions d'amélioration de l'insertion de l'architecte paysagiste au sein des maquette numériques BIM, CIM, LIM..... | | 73 |

6. DISCUSSIONS

| | |
|---|----|
| 6.1 Les résultats obtenus..... | 75 |
| 6.1.1 Comparaison entre l'état de l'art et les résultats..... | 75 |
| Mutation..... | 75 |
| Représentation..... | 76 |
| Collaboration..... | 78 |

| | |
|--|-----------|
| 6.1.2 L'émergence d'un nouveau métier au profit des bureaux d'étude en conception..... | 79 |
| 6.1.3 Analyse des sondages..... | 79 |
| 6.1.4 Un aspect Juridique qui s'efface..... | 79 |
| 6.1.5 Des difficultés de positionnement mais une volonté forte d'intégrer la création de maquettes numériques de projet..... | 80 |
| 6.2 Critiques de la méthodologie..... | 80 |
| 6.2.1 Choix des projets retenus..... | 80 |
| 6.2.2 Choix des indicateurs..... | 80 |
| 6.3 Obstacles et difficultés rencontrées..... | 80 |
| 6.3.1 Choix des projets retenus..... | 81 |
| 6.3.2 Interprétation et mise en place des enquêtes..... | 81 |
| 6.3.3 Possibilité de consultation et de diffusion..... | 81 |
| 6.3.4 Se positionner soit même..... | 82 |
| 6.3.5 Des ambitions plus grandes que les délais..... | 82 |
| 6.4 Pistes d'amélioration..... | 82 |
| 6.4.1 L'aspect financier..... | 82 |
| 6.4.2 Les pratiques historique des bureaux d'études..... | 82 |
| 6.5 Apport pour les bureaux d'étude en Architecture du Paysage..... | 82 |
| 6.6 Apport pour les formations en paysage..... | 83 |

7. CONCLUSION

8. ANNEXES

LISTE DES ABRÉVIATIONS ET DEFINITION

AMO Assistance à la Maitrise d’Ouvrage

APD Avant-Projet Définitif

APS Avant-Projet Sommaire

AVP Avant-Projet

BET Bureau d’études Techniques

BIM Building Information Modeling

Building Information Management

Building Information Model

BTP Bâtiment et Travaux Publics

CAO Conception Assistée par Ordinateur

CCTP Cahier des Clauses Techniques Particulières

CIM City Information Modeling

City Information Management

City Information Model

DAO Dessin Assisté par Ordinateur

DCE Dossier de Consultation des Entreprises

DEAL Direction de l’Environnement, de l’Aménagement et du logement

DWG DraWinG

- Format natif du logiciel Autocad sous le format de fichiers de dessin

ESQ Esquisse

EXE Etudes d’Execution

IFC Industry Foundation Classes

- Développé par l’association interprofessionnelle, International Alliance for Interoperability, l’IFC est un format de fichier « ouvert », gratuit et libre, pouvant supporter une large quantité d’informations échangeable de manière interopérable entre les différents utilisateurs de logiciels de conception. Suite à de nombreuses versions, il est certifié actuellement ISO.

ISO International Organization for Standardization

- Organisation International de Normalisation dépendant de l’ONU

LIM Landscape Information Modeling

Landscape Information Management

Landscape Information Model

MOP Maîtrise d'Ouvrage Publique

- Loi MOP Loi no 85-704 du 12 juillet 1985, relative à la Maîtrise d'Ouvrage Publique et à ses rapports avec la maîtrise d'œuvre privée

PLU Plan Local d'Urbanisme

PPRN Plan de Prévention des Risques Naturels

PTNB Plan de Transition Numérique du Bâtiment

SIG Système d'information Géographique

TIM Territory Information Modeling

VRD Voiries et Réseaux Divers

AVANT-PROPOS

Depuis mes trois années de Master, je travaille à mon compte dans le domaine de la modélisation 3D auprès de divers acteurs, des paysagistes de jardins, une agence d'agriculture régénérative, une mairie ainsi que l'ouverture vers des projets urbains en collaboration entre architectes et concepteurs paysagistes. La problématique de concordance des tracés entre le logiciel d'architecte et ceux utilisés personnellement, m'ont amené une première réflexion de ce que pourrait être un projet avec l'utilisation d'un logiciel collaboratif entre les acteurs, où coexistent toutes multitudes de formats de fichier.

Le travail sur les services écosystémiques enseigné dans le cours « Services écosystémiques et paysages » par M. Marc Dufrêne à partir d'une image 3D a été révélateur. La visualisation numérique est-elle bien plus qu'une simple image 3D, qu'a-t-elle générée et que contient-elle ? C'est sous cette base réflexive que se forment les premières recherches.

En premier lieu ça a été de comprendre la base de création d'une image 3D, en dehors du simple photomontage. Les premières découvertes se sont très vite focalisées sur les maquettes numériques et l'importance de la donnée informationnelle. La mise en place des maquettes numériques devient le socle initial d'un existant et du projet, qui pourront par la suite générer une image 3D. M'intéressant principalement au cas français, et aux filières du paysage, LandSim3D a été le premier logiciel, source de connaissance par les travaux de l'ONF. Après l'analyse de différents projets, des enjeux environnementaux commencent à apparaître et marquent un lien avec les services écosystémiques, il ne s'agit plus d'une simple visualisation d'un projet mais d'une communication de son développement.

Se suit la notion de collaboration, dont les maquettes numériques puisent leurs différentes couches des domaines d'intervention des aménageurs. Une première question se pose entre la gestion de la donnée informationnelle, la notion de collaboration et les enjeux environnementaux.

C'est en essayant de comprendre ce que signifie pour les aménageurs cet intérêt pour la donnée informationnelle, que trois modèles d'information de la maquette numérique se sont déclinés.

- Il y a eu en premier lieu le Modèle d'Information du Bâtiment « Building Information Modeling » soit l'acronyme BIM, qui retrace les projets des architectes depuis les promoteurs immobiliers vers les filières de réalisation des Bâtiments et Travaux Publics (BTP).
- Puis le Modèle d'Information de la Ville « City Information Modeling » soit le CIM. Ce modèle reprend les grandes composantes des villes et leurs acteurs associés.
- Ainsi que le Modèle d'Information du Paysage « Landscape Information Modeling » soit le LIM, dont le développement compose les aménagements paysagers, la végétation et leur évolution dans le temps.

La question de recherche s'affine, amène à s'intéresser aux aménageurs avant de s'intéresser à l'architecte paysagiste. Tandis que le rôle de l'architecte paysagiste est représenté par le modèle d'information du Paysage (LIM). La notion de collaboration amène les bureaux d'études en architecture du paysage vers une place particulière, importante ayant comme lien étroit le Modèle d'Information du Bâtiment (BIM) et celui de la Ville (CIM). Son rôle est alors questionné entre mutation et représentation.

La question de recherche s'articule ainsi : **Quelle mutation de l'architecte paysagiste vers la représentation numérique, entre collaboration des acteurs et enjeux environnementaux ? Cas de la maquette numérique sous modèles BIM, CIM, LIM**

0. SCHEMA DE LA METHODOLOGIE DU TRAVAIL DE RECHERCHE

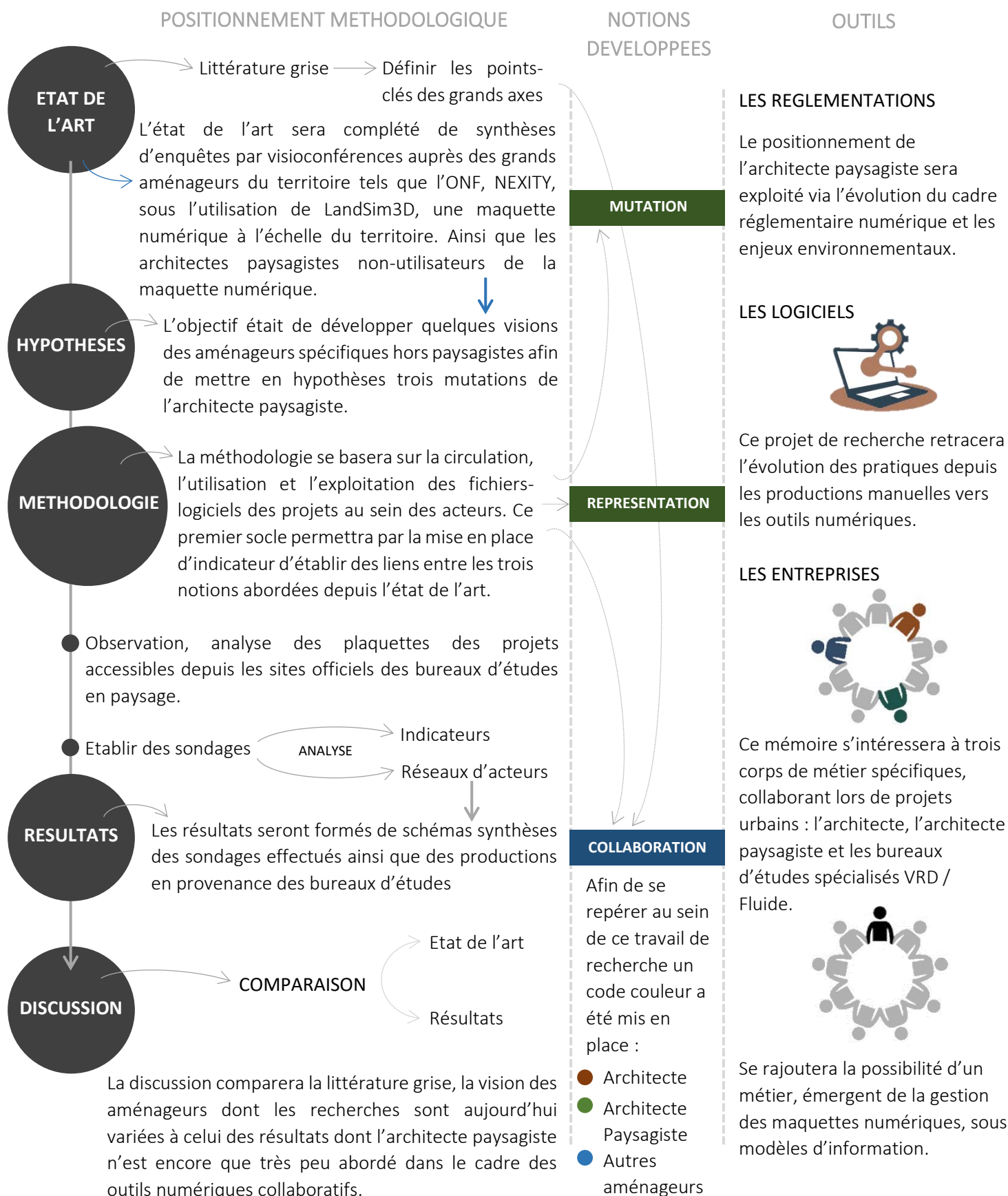


Figure 0 : Schéma de la méthodologie globale du travail de recherche (Source : réalisation personnelle)

Figure 1 : Schéma introductif des étapes clés de l'évolution des aménageurs au sein de l'ère numérique et depuis la réglementation française (Source : réalisation personnelle à partir des illustrations de DeveloppementDurable.gouv)

1. INTRODUCTION

Depuis quelques années, les outils numériques, sont de plus en plus sollicités par les aménageurs. L'arrivée des grands enjeux environnementaux, a vu muter la filière de l'architecture, par la création du Plan de Transition Numérique dans le bâtiment vers la création du PlanBIM2022.



ARCHITECTE D'HIER

①

② Tandis que les premières missions de l'architecte paysagiste se cantonnent à la végétalisation, verdurisation des « espaces interstitiels » de la ville. Les pratiques des architectes paysagistes se « façonnent, évoluent et mutent » par les réglementations, la dynamique d'innovation, et l'économie. (Fanny-Anaïs Leger-Smith, 2014)

ARCHITECTE PAYSAGISTE D'HIER



ARCHITECTE
AUJOURD'HUI



C'est par la loi Liberté de la Création, à l'Architecture et au Patrimoine, LCAP et par les pratiques numériques actuelles de l'architecte, qu'une collaboration se renforce. Dédie à la construction architecturale, cette loi vise à combiner trois compétences l'architecture, l'urbanisme et le paysage.

⑤

REGLEMENTATION FRANÇAISE



ZÉRO ARTIFICIALISATION NETTE

ARCHITECTE PAYSAGISTE
OU EN EST TU ?

CIM
City Information Modeling

MAQUETTE
NUMERIQUE

LIM
Landscape Information Modeling

⑥

Trois modèles BIM, CIM, LIM se développent par la maquette numérique, un outil qui tend à mettre en place une méthodologie collaborative entre les acteurs. « L'art de bien gouverner n'est plus suffisant (Maryne Fosse, 2019) »



AMENAGEURS

AUJOURD'HUI

Parallèlement, l'avènement de nouvelles technologies, telles que les maquettes numériques, offre de nouvelles opportunités pour améliorer la gouvernance urbaine en favorisant la collaboration, la transparence et la participation citoyenne. C'est par l'arrivée de ces plateformes numériques qu'un requestionnement survient entre REPRESENTATION et COLLABORATION. Des supports, outils rythmés par l'accroissement des techniques numériques, va-t-on perdre le regard d'un paysagiste qui, par l'action de ses représentations sensibles nous plonge dans un « rapport intime entre l'être humain et l'espace qui le compose »

④

③

L'urbanisation croissante et les défis environnementaux ont fait évoluer la gouvernance des villes nécessitant une adaptation réglementaire. La loi climat et résilience, joue un rôle crucial dans la transformation des pratiques urbaines et du développement durable. Les architectes paysagistes ont également un rôle-clé à jouer en intégrant des solutions innovantes et durables dans la planification et la conception des espaces urbains.

ARCHITECTE PAYSAGISTE DE DEMAIN

2. ETAT DE L'ART

2.1 MUTATION DE L'ARCHITECTE PAYSAGISTE

2.1.1 Evolution des pratiques-outils

Le métier de l'architecte paysagiste commence par cette nécessité de représenter le paysage, vecteur de communication, la représentation du paysage nous permet de se situer, de comprendre les paysages qui composent un territoire, de s'exprimer. L'expression d'un projet de paysage passe par une succession d'outils dans un entre-deux, les observateurs et la lecture de l'architecte paysagiste donnant « corps à sa compréhension objective et subjectif du paysage, ainsi que les acteurs du paysage, qu'ils soient de fonction publique ou privée » (Yves Petit-Berghem, Guy Lempérière, Nicolas Robinet, 2016).

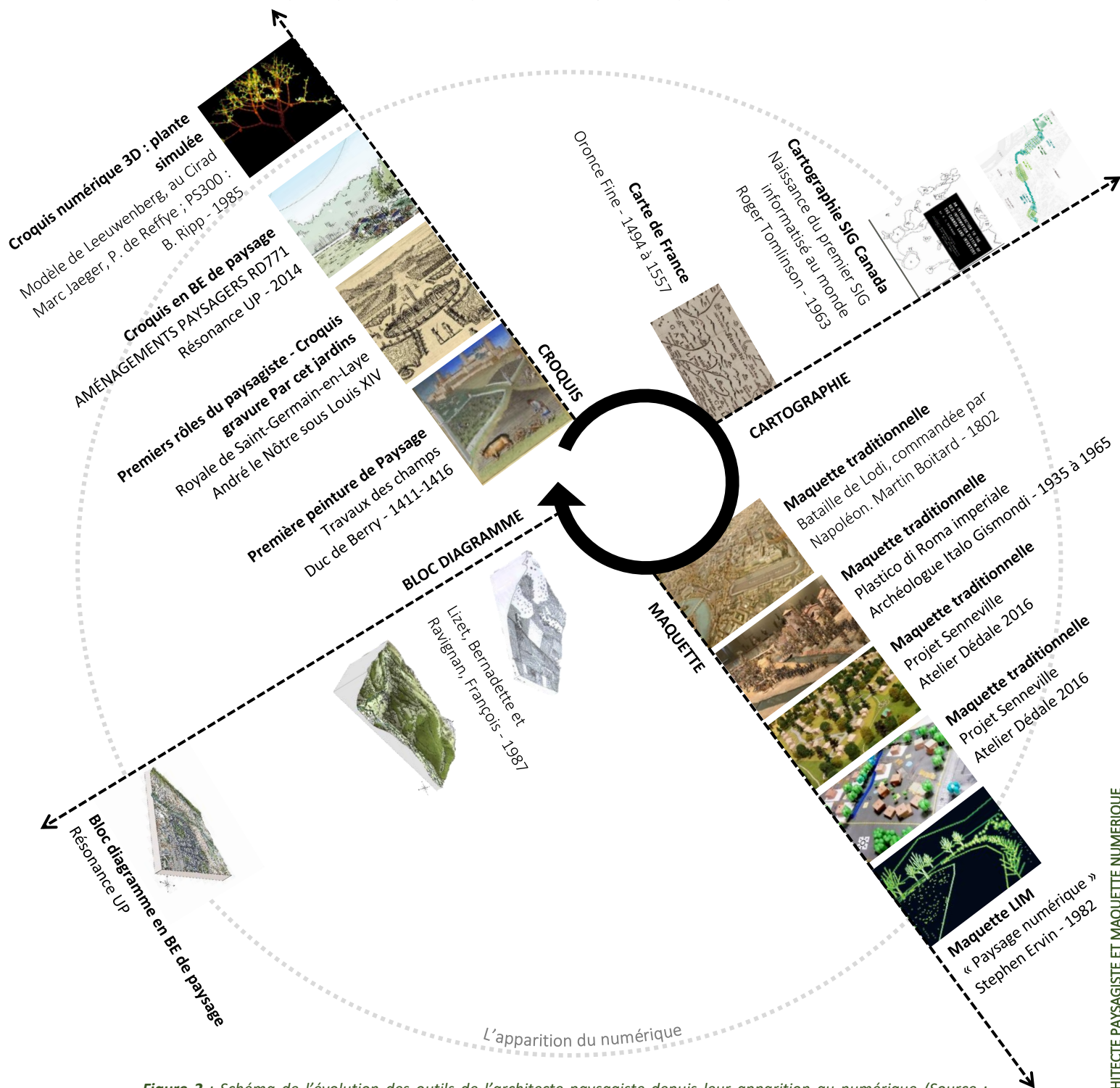


Figure 2 : Schéma de l'évolution des outils de l'architecte paysagiste depuis leur apparition au numérique (Source : réalisation personnelle)

La place du dessin semble être l'une des premières représentations de l'architecte paysagiste dans de nombreux travaux historiques. Les travaux de James Corner mettent en avant dans l'article « Représentation et paysage : Dessin et réalisation dans le paysage » un aspect du dessin qui le rend particulier et unique pour chaque corps de métier que ce soit « la carte du cartographe, le transect de l'écologiste, ou encore la perspective d'un artiste » (James Corner, 1992). Il décrit de manière poétique un outil à la fois source de créativité, de réflexion, capable de monter à la fois un existant ou la « représentation visuelle personnelle » que l'on veut exprimer, et, de l'autre, la conception, son processus qu'elle soit caricaturale, réelle ou encore très analytique. Autrefois ce mode de représentation fit connaître le paysagiste en premier lieu dans le domaine des parcs et jardins, héritier de l'architecte paysagiste. C'est en 1985 qu'il s'ancre officiellement dans le domaine de la planification urbaine, dans le cadre des marchés publics. La loi relative à la Maîtrise d'Ouvrage Publique et à ses rapports avec la Maîtrise d'Œuvre Privée (MOP), l'amène dans de nouveaux codes de représentations ayant une part analytique du territoire et une part de retranscription de son processus conceptuel et nécessite au cours du temps pour chaque phase, des codes précis, des cartes, des plans, des coupes, des perspectives.

Apparu en 1987 sous l'appellation de « diagramme paysager » (LIZET et RAVIGNAN, 1987), le premier bloc-diagramme insistait sur l'avantage d'un procédé traitant du paysage par son épaisseur en volume et représentant toutes les dimensions paysagères. Depuis très longtemps, apprécié dans le paysage, il a connu, au fil du temps, des passages de transition, tant dans son appellation que dans sa composition, devenant l'un des nombreux outils utilisés par l'architecte paysagiste. L'architecte paysagiste se distingue au fil du temps des architectes et urbanistes par son apprentissage et retranscription sensoriel, faire comprendre un lieu, un site, en impliquant une « expérience corporelle » (Delbaere, 2010). La maquette sensible devient un mode de production de l'architecte paysagiste, reprenant comme base ancienne les reproductions que pouvaient être les maquettes stratégiques des grandes batailles militaires. Son évolution constante se tourne à la fois sur une représentation de réaliste à schématique, passant par des formes de sensibilités proches de celui d'un artiste.

Ces pratiques continuent d'évoluer face aux enjeux environnementaux, notamment dans le cadre de la conception urbaine, par une nécessité de vérifier la qualité d'un projet mais également par le développement de l'ère numérique. La gestion de la data et les SIG deviennent indispensables dans la mise en diagnostic d'un projet. Car, depuis que la Fédération Française du paysage définit les missions du « paysagiste concepteur », celui-ci s'intéresse à la population, son aspect social, il prend en compte divers domaines tels que « l'histoire, la cohérence sociale, la culture, la gestion territoriale et environnementale, ainsi qu'une dimension esthétique » (FFP, 2014)

Les logiciels ont permis peu à peu la création d'une diversité de production identique à celle exécutée autrefois à la main devenue informatisée, ils permettent une gestion et une lecture à plus grande échelle. Notamment l'arrivée des premiers SIG informatisés par les travaux de Roger Tomlinson, permettant la création de cartographie numérique. À cette même période voit naître le premier croquis de simulation végétale par le CIRAD, combiné aux travaux de Stephen Ervin « paysage numérique », marquent ensemble, la première étape de la maquette numérique, ayant comme mode de représentation, des principes entre bloc-diagramme et maquette traditionnelle. Ces outils traduisent l'évolution des pratiques de l'architecte paysagiste, qui résulte d'une « construction évolutive d'une trentaine d'années qui a été l'aboutissement de la « réinvention de cette profession » (Donadieu, 2000, Fanny-Anaïs Leger-Smith, 2014). Mais des interrogations ont tout au long de cette évolution, forgés deux positionnements de ces nouveaux outils numériques. Tandis que certains y voient un intérêt pour les démarches de concertation et dans la mise en géoréférencement sous un aspect réaliste, une simplicité d'explication du projet (Thébaud, 2003, Davodeau, Toubanc, 2013). D'autres, à l'inverse, deviendront plus méfiants « vis-à-vis du pouvoir de séduction des images générées (Auricoste, Davodeau, Toubanc, 2013).

L'architecte paysagiste comme maîtrise d'œuvre, est défini dans le cadre français par la Loi relative entre la « maîtrise d'ouvrage publique et ses rapports avec la maîtrise d'œuvre privée » (MOP) (Légifrance, 2019). L'itinéraire initial des pratiques se compose de la phase diagnostic dont est retranscrit l'état des lieux, son fonctionnement souvent utilisé par le logiciel Illustrator. Les conception et études allant de l'esquisse souvent représentée à la main pour définir les grands ensembles du projet, comprenant une à plusieurs propositions. L'avant-projet (AVP) marque la première étape de mise en plan et en volume par des outils tels que Photoshop et InDesign. Les études de projet (PRO) et d'exécution (EXE) marquent la dernière étape de conception, de mise en plan technique, sous des précisions plus fines du projet en comprenant la budgétisation et la planification. Autocad, VectorWorks et Sketchup décrivent la transition entre le plan technique 2D et la mise en construction de volume 3D. La consultation des entreprises est un point à ne pas négliger, elle revoit à la notion de collaboration entre les différents acteurs aménageurs par leur méthode de travail dont le lien s'articule par les formats de fichiers envoyés et les outils numériques utilisés.

- **Itinéraire initial des pratiques**

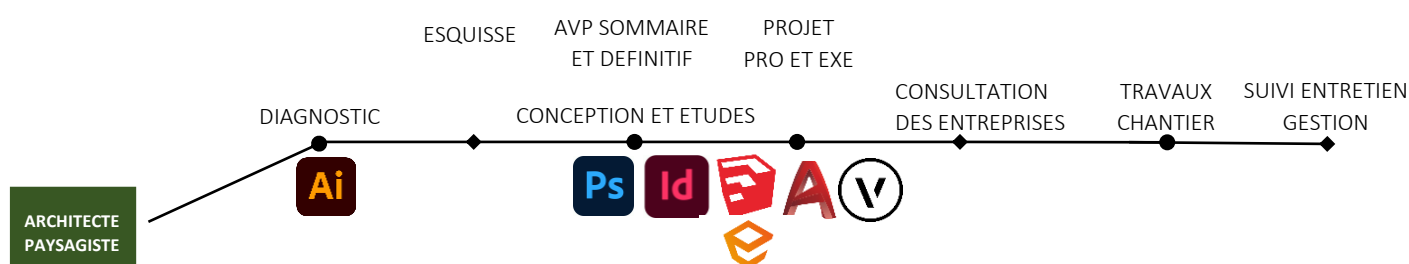


Figure 3 : Schéma de l'itinéraire initial des pratiques en bureau d'architecture du paysage (Source : **réalisation personnelle** à partir des sondages)

Synthèse enquête personnelle des bureaux d'études de paysage et urbanisme (Annexe 0)

Bureau d'étude - RESONANCE URBANISME & PAYSAGE

« Pour tout ce qui est AVP, nous travaillons essentiellement avec photoshop, InDesign, la suite d'adobe, les phases de diagnostic on utilise Illustrator, toute la phase de création de visuels dédiés à la concertation on utilise beaucoup des productions faites à la main, quand il s'agit de discussions auprès des habitants. Si il y a des complexités à aborder ils nous arrivent d'utiliser un peu sketchup. [...] Pour les études PRO et d'EXE, on utilise beaucoup Autocad et Excel ».

- **Un nouvel itinéraire vers l'utilisation de la maquette**

Le nouvel itinéraire de l'architecte paysagiste se base sur la lecture d'une diversité de mémoires et thèses traitant de l'utilisation théorique d'une maquette numérique sous différents modèles d'informations confondus. Ce premier schéma marque la première ouverture, ayant pour objectif de former la cadre de référence de la réponse à la question posée. Et sera repris dans l'analyse sous l'appui de projets concrets.

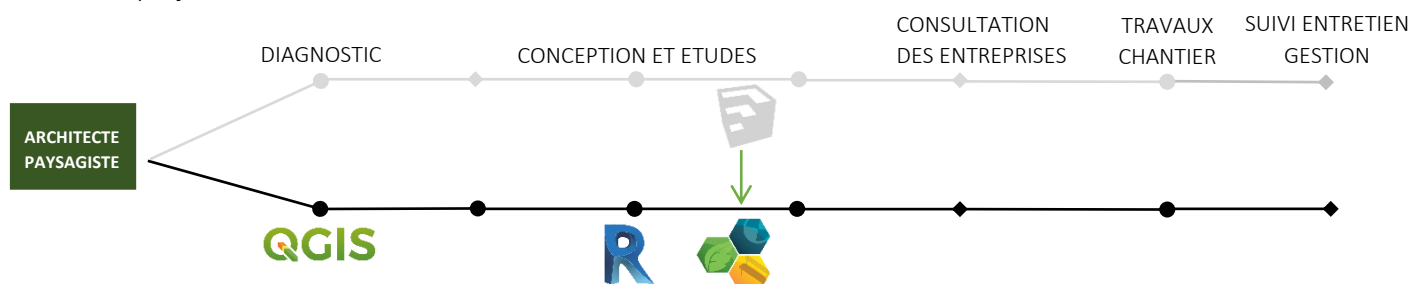


Figure 4 : Schéma du nouvel itinéraire des pratiques en bureau d'architecture du paysage (Source : **réalisation personnelle** à partir des mémoires : L'intégration du BIM doit-elle être une préoccupation majeure dans les agences de paysage ? Mathieu Bergerault 2020, Utilisation de la modélisation 3D en maîtrise d'œuvre dans le domaine du paysage, Rémi Pernet-Mugnier, 2018, Schmidt, 2016)

L'arrivée de la maquette numérique marque la succession des pratiques traditionnelles des bureaux d'études en paysage vers un seul outil numérique. Son socle, tant dans la forme que dans la communication est la combinaison du bloc-diagramme et la maquette traditionnelle. Sa particularité réside dans la superposition de diverses couches d'informations provenant des domaines analysés par l'architecte paysagiste au travers des outils. L'insertion des SIG pour la création du socle, selon le modèle d'information, il s'agira des composantes : bâtiment, route, topographie, hydrographie et végétation. Cette base de données peut être complétée selon certains logiciels, par des cartographies issues de la phase diagnostic. La dernière composante de la maquette numérique est celle de la représentation. L'insertion du projet par logiciel de Conception Assistée par Ordinateur (CAO), va permettre à la fois de créer une base informative du projet et à la fois la visualisation finale 3D.

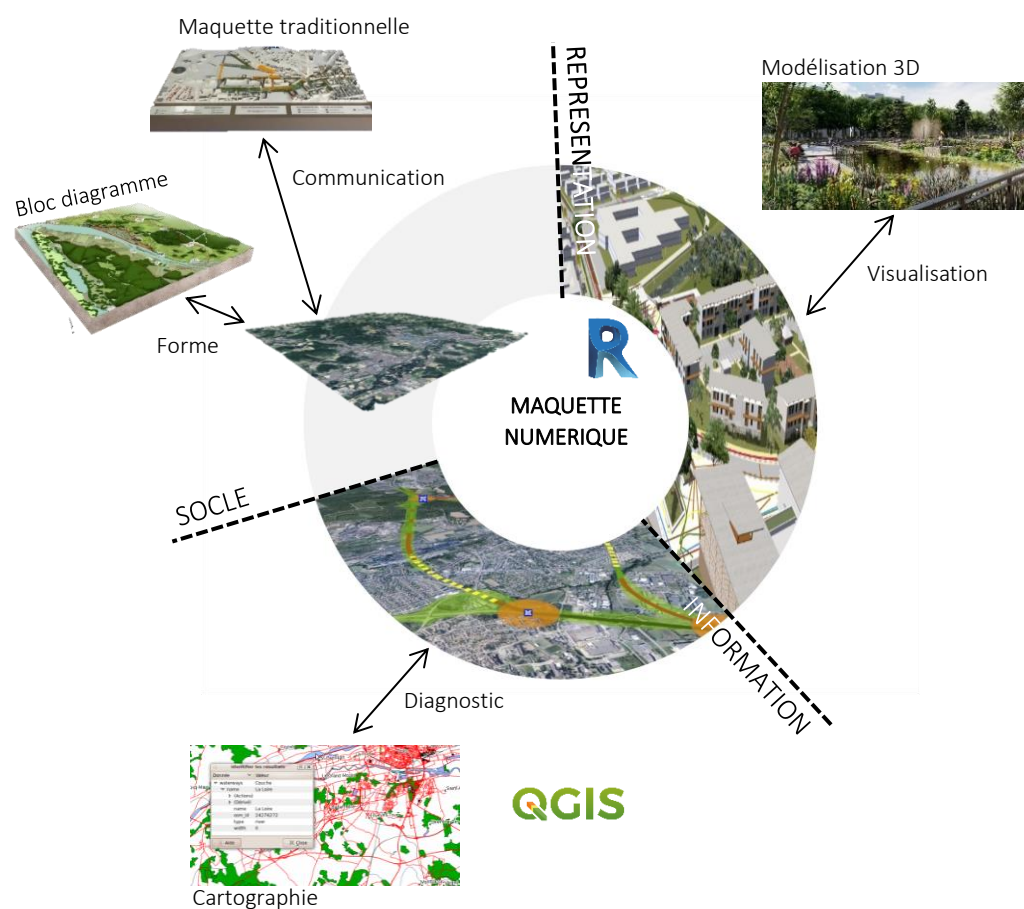


Figure 5 : Schéma des outils concordants à la maquette numérique (Source : *réalisation personnelle* Utilisation de la modélisation 3D en maîtrise d'œuvre dans le domaine du paysage, Rémi Pernet-Mugnier, 2018, Schmidt, 2016)

Synthèse enquête personnelle des bureaux d'études de paysage et urbanisme

Bureau d'étude - RESONANCE URBANISME & PAYSAGE

« Quand il s'agit de projet de quartier avec les urbanistes et architectes l'utilisation se fait essentiellement par la création d'une maquette traditionnelle en carton plume, mais ça pouvait arriver d'avoir des maquettes numériques sous Mensura par les bureaux d'études en Voiries et Réseaux Divers (VRD) ».

2.1.2 Transition vers le numérique par la réglementation française

a. Evolution du cadre réglementaire vers le numérique

Depuis 2014 le cadre réglementaire français vise l'innovation par la recherche numérique, plusieurs corps de métier dans la construction et l'aménagement sont de plus en plus soumis à réfléchir à leur intégration dans l'avancée numérique en vue des enjeux environnementaux associés. A une échelle plus large, ce sont les directives européennes qui recommandent la transition vers l'usage numérique. Le Modèle d'Information du Bâtiment (BIM) que ce soit dans les démarches incitatives, cas du pilotage par le Plan de Transition Numérique du Bâtiment (PTNB). Ou coercitives, cas de la loi relative à la Liberté de la Création, à l'Architecture et au Patrimoine, (LCAP) une obligation pour les marchés publics d'utiliser la méthodologie par Modèle d'Information du Bâtiment (BIM) depuis 2017. La France continue d'initier ces changements dans le secteur du bâtiment mais s'ouvre davantage à la réflexion du territoire par le Plan d'Urbanisme Construction Architecture (PUCA).

○ PUCA : Plan Urbanisme Construction Architecture

Le Plan Urbanisme Construction Architecture rattaché à un service du ministre de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires a lancé un appel à des « proposition d'expérimentation »¹ en juin 2014. Plusieurs objectifs se sont formés sur la constitution d'un corpus de « bonnes pratiques autour de la mise en œuvre des Modèles d'Information du Bâtiment (BIM), de la ville (CIM) et du paysage (LIM) [...] s'appuyant sur des cas concrets de mises en œuvre, la sélection de Processus, Concepts, Idées, Services pouvant conduire à des expérimentations » (PUCA, 2022). Cet appel à propositions a abouti sur plus de quatre-vingts expérimentations, encore en cours de réalisation actuellement. C'est un peu plus tard en 2020 qu'une première initiative a été mise en place auprès des acteurs de l'aménagement sur la réflexion du modèle d'information de la ville, suite aux progrès des Services d'informations Géographiques. Cela a contribué à la mise en écrit d'un cahier d'enseignement.

○ PTNB : Plan de transition numérique du bâtiment

Sylvia Pinel à l'origine du tout premier concept de Plan de Transition Numérique du Bâtiment (PTNB) présenté en décembre 2014 lors du conseil des ministres. Sa vision première s'est portée sur la modernisation de la filière en favorisant l'agrandissement des compétences professionnelles, en améliorant la qualité tout en garantissant la réduction des coûts lors d'une construction neuve ou d'une rénovation. Plusieurs missions ont préparé le déploiement des outils numériques dans l'ensemble des filières du bâtiment, que ce soit dans les petites à grandes structures. Trois axes de travail ont été mis en œuvre pour garantir l'efficacité pour tous : l'expérimentation, la capitalisation et ce besoin de convaincre comme support d'intérêt à tous les acteurs. Une augmentation des compétences professionnelles, conseillées et suivies par l'impulsion de création d'outils numériques, a adapté le numérique à des échelles plus petites de projets. Le dernier axe est le développement d'un écosystème numérique de confiance pour tous. Le cadre réglementaire pose questionnement de son accélération vers le numérique à travers les actions annoncées prioritaires par ce plan de transition numérique du bâtiment, « le BIM pour tous » par le Ministère de la Cohésion des Territoires et le Ministère de la Transition énergétique dont le souhait constant est de développer pour des utilisations de bureaux ou de chantiers des outils numériques.

○ Plan Building Information Modeling 2022

La création d'un Plan BIM 2022 arrive très vite dans le cadre réglementaire français, il puise sa succession du Plan de Transition Numérique dans le Bâtiment (PTNB). Une transition qui vise la qualité et l'accessibilité à tous.

¹ <https://www.urbanisme-puca.gouv.fr/appel-a-propositions-bim-cim-tim-la-modelisation-a2634.html>

○ Utilisation du BIM depuis le cadre réglementaire dans le monde

L'évolution du cadre réglementaire a su monter le développement rapide du numérique chez les architectes mais également vers les aménageurs, c'est sous la loi LCAP (Liberté de la Création, à l'Architecture et au Patrimoine) que le questionnement d'une mutation est de plus en plus fréquent chez l'urbaniste et le paysagiste. Une ouverture sur le contexte international nous montre les obligations déjà générées dans certains pays pour la mise en place du processus BIM. Tous sont rattachés à la commande publique, dont le lien en France s'établit chez les architectes. L'arrivée du numérique chez les architectes paysagistes est plus que possible à un avenir plus lointain.

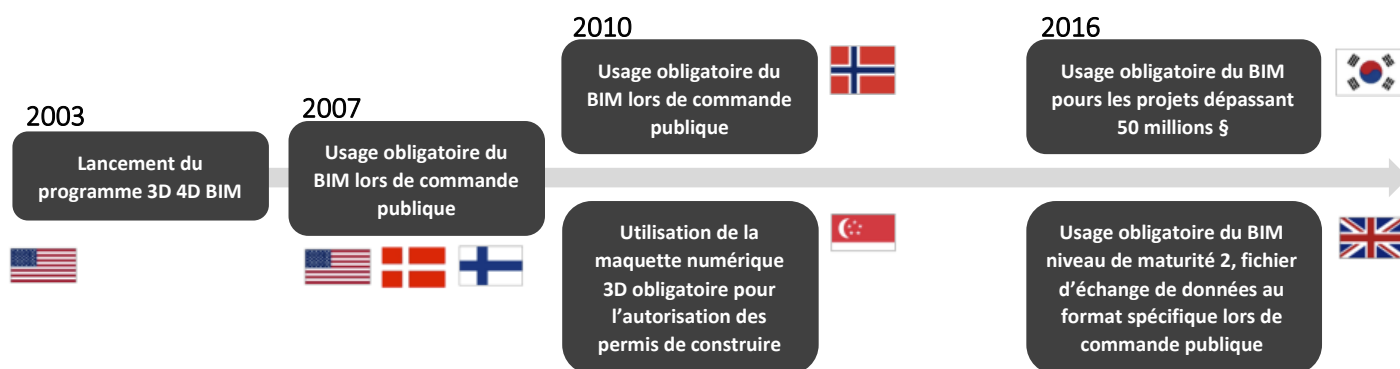


Figure 6 : Schéma du contexte BIM au sein des pays étrangers (Source : *réalisation personnelle* à partir de la figure 11 de l'exploitation écrite de Marion Miklasz « Etude de mise en œuvre d'une démarche BIM à Brest », 2018)

b. Transition actuelle du cadre réglementaire en environnement

Le cadre réglementaire s'est construit très rapidement au fil des années par la création de deux axes de développement dans la filière du paysage. L'amélioration de l'utilisation des logiciels au sein de la méthodologie de travail lors d'un projet territorial. Et une demande de développement de plus en plus importante dans les démarches et propositions de projets. Les enjeux environnementaux sont devenus une priorité majeure dans l'ensemble des acteurs du territoire. Les architectes viseront l'amélioration de la construction des bâtiments intégrant la transition énergétique, les architectes paysagistes réagiront aux conséquences des matérialités, îlots de chaleur et à ce besoin d'augmenter les espaces aménagés, végétalisés luttant contre les problématiques urbaines récurrentes. Les outils numériques, comme nouvelle approche de la maîtrise des enjeux environnementaux, semblent être un intérêt commun entre les aménageurs du territoire.

○ La loi climat et résilience

Cette loi est issue des « travaux de la Convention citoyenne » et vise l'architecte paysagiste vers un ancrage davantage écologique. Certaines composantes développées par la maquette numérique permettent d'établir un lien entre la loi climat abordant les problématiques d'îlot de chaleur généré dans les villes, la lutte contre la bétonisation des sols et cette capacité pour les aménageurs du territoire de simuler les impacts initiaux ainsi que leurs projets respectifs. Nommée modélisation « bioclimatique », des mesures de qualités environnementales intégrées à la maquette numérique va permettre de connaître les forces et les faiblesses d'un projet. Cette maquette est appuyée par différents acteurs dont l'objectif est de suivre une démarche d'aménagement résilient et décarboné. Les données établies par les architectes et le géoréférencement de hauteurs, matières, combinés aux connaissances scientifiques vont permettre de percevoir les possibles améliorations vers un cadre de vie environnemental plus acceptable. Dès lors le travail de l'architecte paysagiste sera aussi quantifié par les zones de fraîcheur simulées par le type de végétation.

Synthèse enquête personnelle

Valentin CAILLAVET - Natura City

La mise en place de zones de fraîcheur marque un premier intérêt pour l'architecte paysagiste, composante exploitée dans la maquette numérique par Natura City du groupe Nexity.

○ Le Plan Biodiversité ayant comme objectif principal « zéro artificialisation nette »

Ce plan met en évidence les conséquences des extensions urbaines, de la création de nouveaux bâtiments en périphérie des villes. Dont l'artificialisation des sols ne cesse d'augmenter, causant le ruissellement des eaux de pluie et une perte de biodiversité. Le gouvernement prend davantage conscience au fil des années. Il souhaite via l'objectif principal du Plan Biodiversité d'établir auprès des collectivités le « zéro artificialisation nette » (FranceStratégie, 2019). Protégeant ainsi tous les espaces naturels, repensant l'aménagement urbain et réduisant efficacement la bétonisation. Un objectif fixé pour 2050 dont la réduction auprès des communes, départements et régions, doit être de 50 %, ainsi que la « consommation des espaces naturels, agricoles et forestiers pour 2030, un rapport sera établi entre l'année 2011 et 2020 » (Rapport n° 415, Jean-Baptiste BLANC, 2023)

○ LCAP : loi relative à la Liberté de la Création, à l'Architecture et au Patrimoine

Une loi dédiée à la Liberté de la Création, à l'Architecture et au Patrimoine (LCAP) visant à encourager les différents acteurs à s'impliquer collectivement lors de la mise en place d'un projet. Afin de favoriser la future qualité des projets de construction, du lotissement aux quartiers, cette loi impose pour une surface supérieure à 2500 m² le recours à un professionnel obligatoirement architecte, d'avoir des compétences à la fois en architecture, en urbanisme et en paysage. Dans le cas contraire, la nécessité de faire appel à des architectes urbanistes et des architectes paysagistes. Ces constructions devront respecter les préoccupations majeures actuelles, que ce soit d'un point de vue paysager ou environnemental, en garantissant les besoins futurs de la population à venir. L'architecte paysagiste prend une place plus importante auprès des aménageurs par cette disposition légale, qui vise une approche plus globale et cohérente de l'aménagement du territoire. Mais également par cet intérêt de diffuser principalement de la « qualité » paysagère. Les cœurs d'îlots et les espaces extérieurs des futures constructions de bâtiments neufs impliquent l'architecte paysagiste à l'intégration d'un concept en lien avec le paysage environnant. De valoriser les espaces naturels ou aménagés existants ainsi que de favoriser la cohabitation Biodiversité / Homme tout en créant des espaces dédiés aux futurs habitants. La superposition des données des différents acteurs du paysage sur une même plateforme, permet à la ville d'étudier les diverses propositions des bureaux d'études. De répondre aux importantes obligations, ou, incitations réglementaires ainsi qu'aux programmes nationaux qui aujourd'hui encouragent très fortement l'utilisation du numérique à des fins territoriales.

○ La directive INSPIRE

Tiré de l'anglais « INfrastructure for SPatial InfoRmation in the European community », cette directive européenne tire son lien des modèles d'information par la garantie d'une interopérabilité vers l'utilisation de maquettes numériques. En Europe, cette directive vise à établir une infrastructure de données et d'informations géographiques facilitant l'exploitation, la disponibilité ainsi que la diffusion dans un cadre de droit législatif, respectif pour chaque pays. Ce sont principalement les collectivités territoriales, les établissements publics, l'état et les autres autorités publiques qui doivent au sein de la maquette numérique, garantir l'accessibilité partagée aux données informationnelles géographiques pour les habitats et les institutions. Géoportail et Géocatalogue sont les premiers sites-outils créés en France dans le cadre de cette directive.

Cette directive n'a pas forcément encore de lien direct avec les modèles d'informations mais « pourrait favoriser le développement de maquettes numériques du Modèle d'Information de la Ville, appelé CIM, auprès des autorités publiques. Bien qu'aujourd'hui, la maquette numérique urbaine soit peu utilisée, l'ambition se tourne vers une mise en support commun pour mutualiser et restituer l'ensemble de données » (Thomas Amarsy, 2022). Elle a su montrer en dehors de son obligation la facilité qu'elle apporte à la création d'outils numériques par un cadre technique tels que les guides de bonnes pratiques. Les villes européennes qui ont opté pour le développement de ces modèles d'informations, enrichissent pour certaines plus régulièrement leur base de données.

Concluons sur ces quelques phrases qui nous font rappel d'un contexte, où « l'évolution de la demande sociale » pour du paysage (Luginbühl, 2001) ne cesse d'augmenter. De ce cadre réglementaire, des politiques de paysage, de la loi paysage de 1993 à la convention de Florence en 2000 qui fut l'une des premières modifications des politiques publiques du paysage (Berland Darque, 2007) qui ont subsisté par la suite, leur manifestation pour le projet du paysagiste.

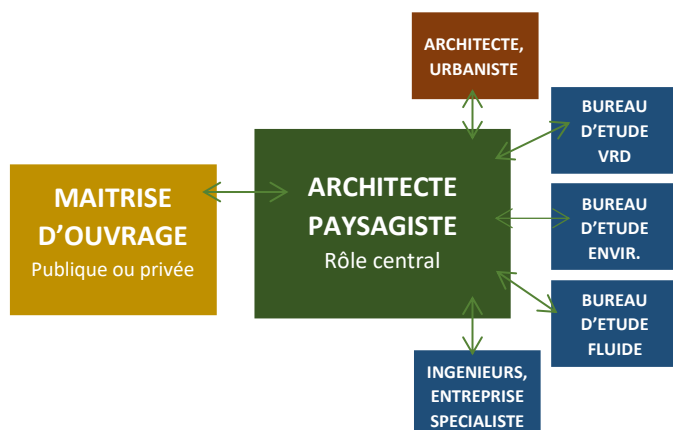
Dans le cadre d'enquêtes personnelles auprès des aménageurs du territoire utilisant la maquette numérique LandSim3D, des questionnements et hypothèses se forment sur l'évolution du cadre réglementaire français et de son lien aux enjeux environnementaux communs à tous. Le projet Natura City, est une démarche innovante vers une maquette numérique bioclimatique qui met en évidence le réaménagement de quartiers résilients et multifonctionnels, anciennement sur des sites très fortement imperméabilisés. Le Plan Local d'Urbanisme sur lequel les aménageurs s'appuient n'est pas toujours réfléchi sous des objectifs bioclimatiques.

2.1.3 Transformations professionnelles et organisationnelles

La mise en œuvre d'une méthodologie de travail basée sur les maquettes numériques collaboratives telles que l'utilisation des modèles d'information du bâtiment, BIM et de la ville, CIM, combinée à l'intérêt de quelques praticiens sur la notion de « transformations professionnelles » a questionné différentes entreprises utilisatrices ou non, sur la mise en pratique d'une maquette numérique face aux formes organisationnelles que cela pourrait générer. Un premier axe de réflexion interroge les positionnements des acteurs, les mutations des métiers et professions. Ainsi que les rôles et compétences initiales. Comprendre comment se traduit la transformation du travail à effectuer face aux itinéraires empruntés par les entreprises, que ce soit par le biais d'outils, de logiciels ou encore de méthodes.

a. Evolution du positionnement de l'architecte paysagiste au sein du réseau d'acteurs

Des enquêtes auprès de bureaux d'études en paysage, et la consultation d'anciennes thèses, ont permis de montrer la vision qu'ils ont du rôle de l'architecte paysagiste au sein d'un réseau d'acteurs.



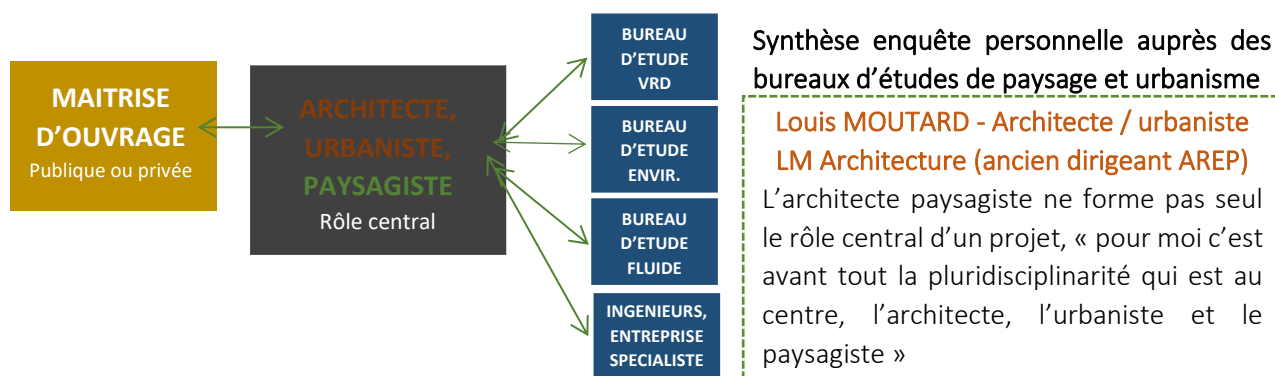
L'architecte paysagiste comme rôle central, de synthèse des productions dans un projet territorial en tant que maître d'œuvre. Des domaines de connaissances, compétences généralistes du paysage, le rapport à l'histoire en premier lieu, et de son lien à la population, soit l'évolution du cadre urbanistique. Utile dans certains projets, par son approche transversale, un socle de compétences capables de prendre en compte un ensemble de problématiques.

Synthèse enquête personnelle auprès des bureaux d'études de paysage et urbanisme

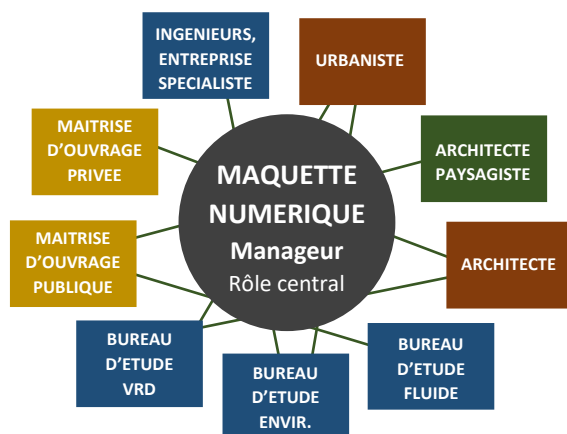
Jérôme DUMAS - INTERSCENE 3.0

« L'architecte Paysagiste a un rôle central de par son travail de synthèse ». Il réunit les productions à différentes phases d'un projet entre l'architecte, les bureaux VRD, Environnement, Fluide ainsi que les spécialistes, dans notre cas il s'agit d'ingénieur structure et de concepteur lumière.

Depuis l'émergence de la loi « Liberté de la Création, à l'Architecture et au Patrimoine » (LCAP) dans le domaine de l'aménagement du territoire, l'architecte paysagiste et les formations en architecture du paysage ont constitué une vision commune entre l'architecte, l'urbaniste et le paysagiste.



Diverses thèses dans le domaine du bâtiment, montrent en premier lieu des transformations organisationnelles. Un mouvement général dont le positionnement des acteurs du paysage change par l'arrivée de nouveaux métiers, cas des AMO managers (Assistance à la Maitrise d'Ouvrage) pour les mises en production numérique. Un nouveau rapport aux relations et habitudes collaboratives aboutissant à une mutation des rôles et des tâches.



Un questionnement se pose sur le travail de synthétisation, restitution finale du diagnostic et du projet à l'échelle d'une ville, d'un territoire par l'architecte paysagiste. Les managers numériques apportent leur compétence en matière de mise en production commune depuis un ensemble d'acteurs.

Figure 7 : Schémas du positionnement de l'architecte paysagiste face à la maquette numérique (Source : réalisation personnelle à partir de sondage annexe 0 et de l'ensemble des thèses et mémoires annoté dans la rubrique sources)

Synthèse enquête personnelle auprès des bureaux d'études de paysage et urbanisme

Benoît DESTRIKATS - ONF Chef de projet Risques Naturels

« Chez l'ONF, l'utilisation d'une maquette numérique, LandSim3D arrive après que les propositions communes d'aménagements soient validées par tous » Le rôle central se traduit par le fait qu'il « reste la composante d'un même seul producteur, 3D, qui récupère le résultat de la synthèse et fait la simulation »

b. Une quantité de travail supplémentaire

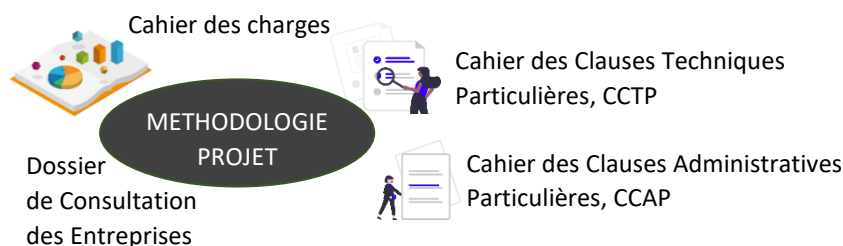


Figure 8 : Schéma des documentations à fournir lors d'un projet (Source : **réalisation personnelle** à partir de la documentation écrite, illustration par Aglo, Dr Création)

Alors que la mise en place d'un projet public sous la Loi Maitrise d'Ouvrage Publique se compose d'une multitude de documentation composant le Dossier de Consultation des Entreprises DCE, tels que le Cahier des Charges, expliquant les enjeux, les objectifs du projet, ainsi que les différents besoins, contraintes et potentialités, appuyés par des pièces techniques. Le Cahier des Clauses Techniques Particulières ainsi que le Cahier des Clauses Administratives Particulières.

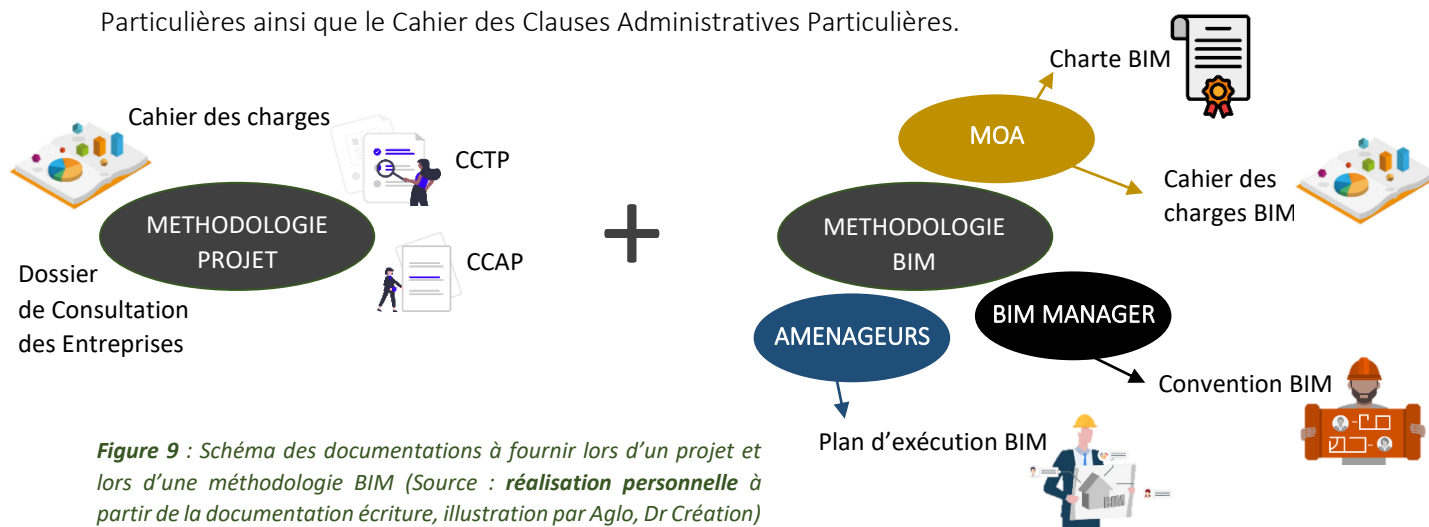


Figure 9 : Schéma des documentations à fournir lors d'un projet et lors d'une méthodologie BIM (Source : **réalisation personnelle** à partir de la documentation écrite, illustration par Aglo, Dr Création)

Les modèles d'informations quant-à-eux font l'objet de multiples critiques basées sur le « risque de l'excès de formalisation » (Bruno CHAUDET, 2019, BOUILLON, 2013). Mettre en place une méthodologie avec un modèle d'information par une maquette numérique impliquerait un cadre de documentation précis en dehors de la mise en place du projet. Un travail supplémentaire possible pour l'architecte paysagiste. Le Réseau de Campus d'Enseignement Supérieur et de Formation Professionnelle aborde dans un article de « Open Classrooms », la nécessité de mettre en place une charte, qui traduit les exigences de la maîtrise d'ouvrage, associées à la stratégie du modèle mis en place et un cahier des charges BIM par la maîtrise d'ouvrage, exprimant l'utilisation de ce modèle, les acteurs concernés et leurs objectifs personnels ou communs. Une convention par le BIM Manager qui reprend les différents usages de la méthodologie du Modèle d'Information du Bâtiment (BIM). Ainsi qu'un Plan d'Exécution précisant le processus d'informations, les droits d'utilisation et de propriété, ainsi que des précisions sur les parties prenantes du projet, les différents rôles et responsabilités. Un modèle dont le cadrage réglementaire devient trop important, un système davantage conséquent, pour un gain de temps annoncé « minime ». Une notion qui se formera par la vision de Bouillon sous la « rationalisation organisationnelle » visant à décrire toujours plus finement ce que l'on fait, ce qui doit être fait ainsi que ce que l'on souhaite faire, et comment. (Bouillon, 2013, Bruno Chaudet, 2019).

La charge de travail supplémentaire s'apparente également à la gestion de données informationnelles. L'importance des actualisations de la maquette numérique par les acteurs-fournisseurs, vient rajouter une charge supplémentaire par l'intérêt d'un tel outil se basant sur la possibilité d'avoir des données les

plus récentes pour la ville. De la remise en documentation sera à ce moment-ci à entreprendre, les acteurs seront soumis de nouveau à écrire par une « activité de gestionnaire », les processus à mettre en place pour le partage, et la réactualisation des données. La maquette numérique basée sur des modèles d'informations tels que les « pratiques d'organisation du travail liées à la maquette numérique par les modèles d'informations, consisteront ainsi essentiellement à de la mise à jour des informations techniques » (Denis et Pontille, 2012, Bruno Chaudet, 2019).

c. Les micros-changements des aménageurs

Ces micro-changements se forment autour des pratiques des aménageurs aussi bien dans le domaine du bâtiment que du territoire, au niveau communicationnel.

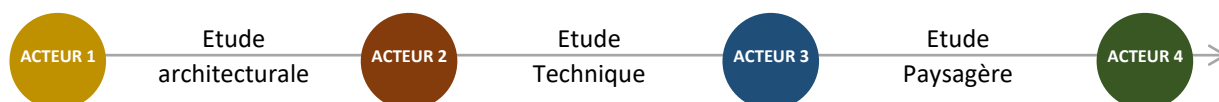


Figure 10 : Schéma de la méthodologie de travail traditionnelle (Source : *réalisation personnelle* à partir des travaux de Smail Khainnar)

Les travaux de 2018 de Smail Khainnar présentent ces types de micro-changement, prenant leur lien de la gestion de la donnée informative des modèles numériques. Une donnée créée, exploitée et partagée par les acteurs. Les méthodologies de travail traditionnelles non BIMisées suivent une logique séquentielle du flux d'information, qui se complète au fur et à mesure du projet, étude architecturale, étude technique, étude paysagère. Les sources informatives passent par les premières étapes, l'étude de faisabilité, la programmation, la conception composée de l'esquisse, les deux phases d'Avant-Projet et le projet. D'autres données informatives de l'étude technique viennent s'ajouter par la suite par le biais des plannings opérationnels, des phases d'exécution, des fiches d'autocontrôle. La dernière phase enrichit l'ensemble des données informatives précédentes par la mise en étude économique traitant de la maintenance à l'entretien du bâtiment.

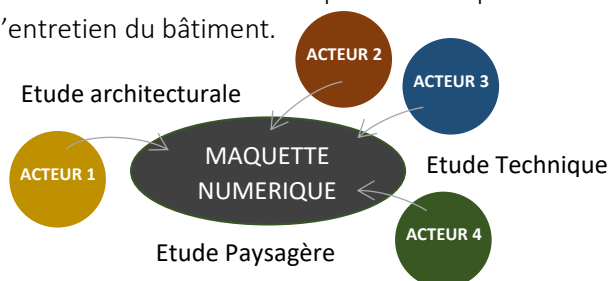


Figure 11 : Schéma de la méthodologie de travail par maquette numérique (Source : *réalisation personnelle* à partir des travaux de Smail Khainnar)

La méthodologie par le modèle d'information du bâtiment quant-à-lui va muter cette logique séquentielle linéaire en une logique plus transversale de l'information. En amont du projet un seul flux va contenir une quantité importante de données représentatives des phases non BIMisées, chaque acteur va alors déjà mettre leur connaissance par données informatives que ce soit habituellement en début ou en fin de processus d'un projet.

Synthèse enquête personnelle auprès des bureaux d'études de paysage et urbanisme

Benoît DESTRIKATS - ONF Chef de projet Risques Naturels

« Dans certains cas il s'agit d'un rôle qui a muté » par l'acquisition « d'une compétence technique [...] dans d'autres cas une réorganisation d'équipe se fait par la formation à un pôle 3D, utiliser la maquette demande des connaissances poussées en SIG et les profils paysagistes que nous avons recrutés, avaient du mal à gérer un système d'information, la formulation à l'outil » passe essentiellement par la gestion de « fichier raster et vecteur ». On n'a cependant « pas vraiment de changement au niveau organisationnel ».

Valentin CAILLAVET - Chef de projet Natura City, NEXITY

« Dans notre cas, on a dû adapter les rôles mais pas de nécessité d'intégrer d'autres corps de métier [...] nous n'avons pas fait la formation qui nous permettait de pratiquer la maquette numérique LandSim3D, c'est Bionatics qui à la main mise pour nous ».

2.2 Représentation des modèles d'informations par la maquette numérique, du Bâtiment (BIM), de la Ville (CIM), du Paysage (LIM) au Territoire (TIM)

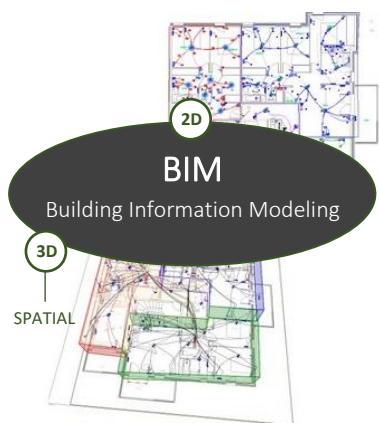
2.2.1 Le BIM, une collaboration à l'échelle d'un projet de construction

a. Définition

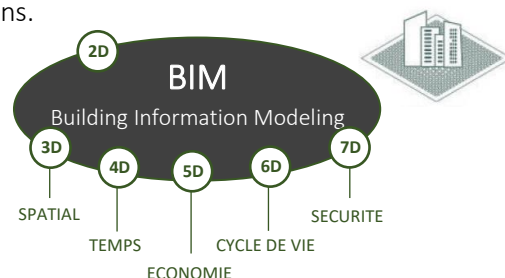
Le BIM, *Building Information Modeling*, se définit comme étant un « ensemble d'outils-méthodes » (Mayère et Hémond 2014), après le dessin manuel technique à l'apparition de la première conception assistée par l'ordinateur, ce modèle met en avant un dispositif utilisé pour la gestion d'un projet. La déclinaison du M de BIM souvent nommée « Modeling » et « management » pour sa capacité à produire collectivement, pouvoir écrire, organiser une maquette tout en permettant d'animer le processus. Il regroupe cependant en vérité deux autres « pratiques organisationnelles » (Gallot et Le Moëne, 2015) associées à cette abréviation M, celui de « Model » qui compose la toute première phase, le socle de l'ouvrage à exécuter par la maquette numérique comprenant une base de données informatives d'un ensemble de règles, normes techniques rattachées aux composantes de l'ouvrage mis en œuvre par le professionnel. La dernière pratique « Management » est dédiée aux phases finales de gestion. Ainsi la maîtrise d'ouvrage, d'œuvre, les bureaux d'études spécialisés et les entreprises s'intègrent dans le Modèle d'Information du Bâtiment sous des degrés différents, la mise en place du socle qui comportera la conception, l'enrichissement des entreprises collaboratives, viseront par la suite la planification et la réalisation. Décrite comme ayant une capacité de détection de différents conflits relatifs à la conception, d'une fiabilité du chiffrage par sa précision, rattaché à cela, la simplification d'extraction des quantifications d'un projet jusqu'à la réalisation ou encore comme facilitateur pour la mise en place des études environnementales d'un projet. La compréhension du BIM passe par son utilisation, basé essentiellement sur « une collaboration perçue tout au long du cycle de vie d'un bien, soutenue par la création, le rassemblement et l'échange de modèles 3D, ainsi que des données intelligentes et structurées » (BIM Task Group, 2013). Ce modèle est associé à un logiciel ou à une technique spécifique, alors qu'il n'en est pas le cas réellement, (HexaBIM) l'exploitation de la littérature scientifique se rejoint sur une vision commune, ce modèle doit être avant tout perçu comme un « processus » dont il vise essentiellement à améliorer le partage entre les acteurs, internes ou externes à l'utilisateur de référence, par le biais d'un développement des connaissances ou des informations.

b. De la représentation à l'utilisation de logiciels

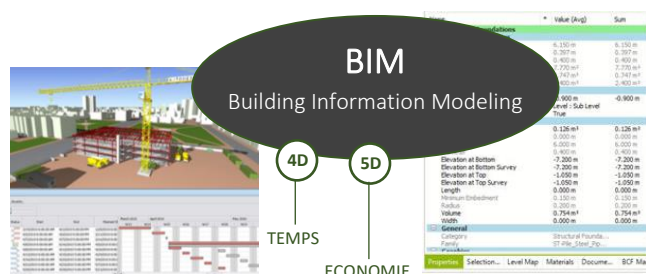
L'utilisation d'un modèle d'information se complexifie au fur et à mesure que l'on y rajoute des éléments, marquant des transitions entre mode de représentation et de gestion, la notion de dimension commence à émerger. C'est en avril 2017 par l'article de François Tassain, que les éléments s'ajoutent et sont catégorisés pour définir les sept dimensions reconnues aujourd'hui dans le BIM, 2D, 3D, 4D, 5D, 6D et 7D. Ces dimensions seront très vite confirmées, en juillet, la même année par Novabuild dans le cadre d'une conférence « Gérer un projet en BIM : les enjeux du BIM Manager » (Salon professionnel BtoBIM) détaillant les différents niveaux.



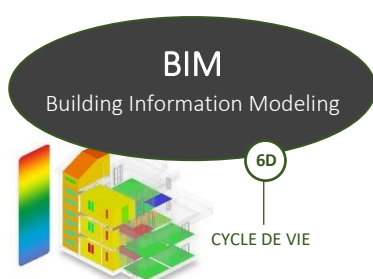
La méthodologie BIM puise sa particularité de ses sept dimensions, un premier socle commun à l'itinéraire initial des entreprises d'architecture, du bâtiment, des travaux publics. La première dimension est celle de la 2D, représentative des plans de l'existant, du diagnostic sous les axes x et y. La 3D quant-à-elle est la transition vers une représentation spatialisée par l'utilisation d'un nouvel axe



supplémentaire, z. Constituant le deuxième socle commun ayant pour base des éléments de structures tels que les types de sols, de revêtements, la construction de murs, le détail des vitrages. C'est le commencement de la mise en volume et épaisseur des différentes compositions de l'existant ou du projet. Cette dimension est souvent la référence par défaut de cette méthodologie. Chaque élément qu'il soit de la dimension 2 ou 3 compose une base de données informatives détaillant les propriétés, les compositions, allant parfois jusqu'aux détails techniques.



Se suit la dimension du temps, 4D, un processus qui suit le cycle du projet par l'établissement d'un planning de construction. La 5D intègre la partie économique du projet via l'encodage des différentes composantes du projet qui automatise par calcul les quantités lors de l'estimatif des coûts.



Le développement du BIM a su au fil des années se positionner au sein des enjeux environnementaux, s'inscrivant en dimension 6, comme développement durable, par une notion de « cycle de vie » d'un projet. La prise en compte de la maquette numérique, est intégrée vers les performances énergétiques et environnementales d'un ouvrage, bâtiment.



La dernière dimension, 7D présente la notion de sécurité, telle que la gestion « des actifs immobiliers sur un bâtiment en cours d'exploitation » (Jeanne Martin, 2017) et tout au long de son cycle de vie.

Figure 12 : Schéma évolutif des dimensions du BIM (Source : réalisation personnelle à partir de HexaBIM, 2019, TerMus-Plus, usBIM.facility, BIM et BTP, illustration par Rémy Navarro, 2019)

Cette méthodologie permet d'aider réalisation de diverses documentations écrites et graphiques essentielles à la construction d'un projet. Pour ce qui est de la consultation pour les entreprises, ainsi que l'optimisation du chantier par le Cahier des Clauses Techniques Particulières nommé CCTP, le Dossier de Consultation des Entreprises retrouvé sous l'appellation DCE, ainsi que la Décomposition du Prix Global et Forfaitaire soit la DPGF. La visualisation des différentes étapes de projet sont facilités par la réalisation des plans Dossier des Ouvrages Exécutés (DOE) et D'intervention Ulérieure sur l'Ouvrage (DIUO). Deux visions se portent sur la dimension 8D, d'un côté le développement continu dans le domaine du bâtiment, intégrant des informations et processus propre à la déconstruction. Plusieurs appellations sont abordées dans la littérature scientifique telle que BIM XD dont le X est la représentation de toutes les données que pourraient composer les futures dimensions à venir.

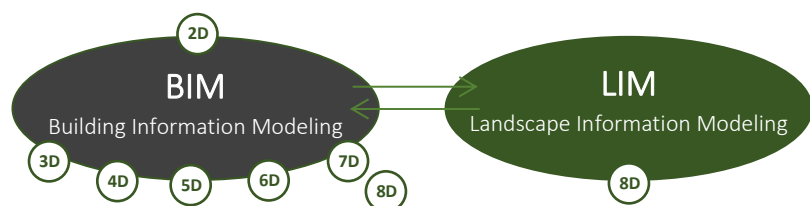
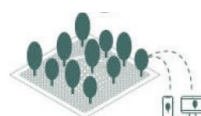


Figure 13 : Schéma des dimensions du BIM (Source : réalisation personnelle à partir de HexaBIM + illustration par Rémy Navarro, 2019)



2.2.2 Le CIM, un outil d'analyse et de gestion collaborative à l'échelle d'une ville

a. Définition

Le Modèle d'Information de la Ville (CIM), est un outil représentatif de l'extension numérique du BIM à une échelle plus large que celui du bâtiment, s'inscrivant dans une démarche collaborative d'une zone d'aménagement, d'un quartier, d'une ville. Selon le Lab2051 le *City Information Modeling* se situerait « à la croisée de plusieurs technologies », une continuité évidente

du BIM à une échelle différente mais surtout une insistance particulière sur le rapport au SIG, pouvant intégrer certaines de ces fonctionnalités ainsi qu'une base de données de territoire 2D. Consistant à modéliser et synthétiser un ensemble de domaines d'une ville, qu'il s'agisse des éléments construits tels que le bâti, les voies de déplacement, le mobilier urbain aux éléments vivant, en mouvance, les espaces verts et leur végétation associée, cependant peu différenciée dans l'encodage et la représentation des espèces. Porté par les collectivités, les élus, les aménageurs et parfois les citoyens à des degrés bien spécifiques, ce modèle vise un aspect collaboratif entre les phases d'analyse, de conception, de réalisation et de gestion urbaine. Ce modèle peut venir enrichir un jumeau numérique à destination des villes, pour une utilisation future de présentation d'une diversité de types de projet présent sur un même territoire, ville, en collectant des données ponctuelles, périodiques ou continues. L'élaboration d'une méthodologie de travail CIM dans un projet territorial nécessite l'implication de différents acteurs, appartenant à une échelle plus large que la collaboration des parties prenantes d'un projet sous le modèle BIM. Chaque corps de métier alimente la maquette, l'architecte, l'urbanisme et le paysagiste forme la mise en commun et l'agencement d'informations hétérogènes, à ceux-ci s'accompagnent les entreprises, bureaux d'études et ingénieurs spécifiques, cas des fluides pour les retranscriptions des réseaux existants de la ville (eau, électricité, etc.). Une démarche CIM souhaitée, se forme entre les pratiques des usagers au sein d'une ville et la collecte de données « en temps réel ». Premièrement la création d'une utilité entre les données produites par la ville et la possibilité de rendre publique, une maquette numérique valorisable de ces données. Prenons le cas des smartphones, utilisant des balises GPS, des informations qui renseignent du trafic routier ou encore la consommation des habitants, que ce soit l'eau ou l'électricité au sein des quartiers.

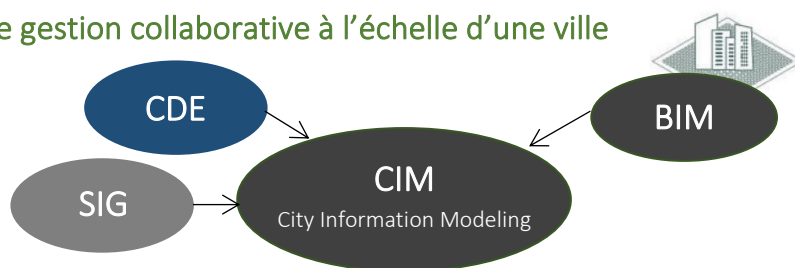


Figure 14 : Schéma de composition du modèle CIM
(Source : *réalisation personnelle* à partir de : *Les incubations du Lab51, City Information Modelling Vademecum*)

Une définition par le Lab2051

Le Lab2051 voit le Modèle d'Information de la Ville (CIM) comme « Processus commun faisant collaborer divers acteurs aux interventions multiples sur un socle numérique modélisant l'ensemble ou une portion de territoire en utilisant des données adaptées et dynamiques temporellement ». (Ministère de la transition écologique, 2022). Le Lab2051, un incubateur de projets urbains s'inscrivant dans l'axe « Habiter la France de demain » avec le ministère 'Transition écologique', ils s'intéressent particulièrement à la filière des aménageurs du territoire, et collectivités. 2050 étant représentatif de l'objectif français d'une transition écologique vers un pays « sobre, résilient, inclusif et productif » (Lab2051). Le dispositif du Lab2051 s'intègre aux projets par un déploiement structuré mais également « argile », il se définit lui-même comme posture « think tank » « do tank » (Ministère de la transition écologique, 2022) par l'action des étapes d'identification des projets, du lancement, du cadrage et prototypage ainsi que le déploiement finalisé. Sa participation à l'intégration facilitée de ce modèle dans les entreprises passe par la mise en place de leviers à activer pour agir efficacement. **Quatre grands axes¹** sont développés « Pour une meilleure appropriation du CIM, Techniques, Organisationnelles et Juridiques et Économiques » (Ministère de la transition écologique, 2022)

¹ https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Lab2051_CIM_Abstract.pdf

b. De la représentation à l'utilisation de logiciels

Le CIM se base sur la combinaison de trois types de représentation existants vers un seul modèle partagé entre les acteurs.

- Les données SIG, Système d'Information Géographique, constituent la première base 2D, ces données sont utilisées pour l'affichage cartographique et l'analyse des statistiques de données géoréférencées dans divers domaines tels que l'environnement, l'économie, la démographie, l'agriculture. Sa première insertion dans le cadre d'une maquette numérique dans le processus CIM passe par des données administratives qui informent du projet et de la ville, les types de parcellaire, le cadastre, les limites communales, les différents services publics.

Des données dont la mise en représentation est générée par une diversité de logiciels, aujourd'hui de plus en plus disponibles en open data. La maquette numérique annoncée comme systématiquement actualisée, jusqu'à la notion de « temps réel ».

- Les données réseaux en provenance de collaborateurs externes, des collectivités ou d'entreprises spécialisées dans les domaines tels que la mobilité via les transports en commun, la technique via les réseaux d'eau, d'électricité et de gaz ainsi que les plans Lumière via les éclairages publics. Certaines données pourraient puiser leur source des applications sur téléphone, utilisées par le grand public. La mobilité, notamment les réseaux de transports associés à leur fréquence par heure.
- Les représentations des composantes de la ville par modélisation 3D, autrefois souvent utilisées de manière indépendante, comme production finalisée en communication de projet. Ce socle 3D est maintenant accompagné d'une base de données encodée informative. Il peut provenir directeur des bureaux d'études d'architecture dont le choix du projet de construction futur est encore en cours de consultation. Ces éléments permettent de faciliter la mise en place d'étude environnementale et urbaine. Ainsi que de simuler des études d'ensoleillement, acoustique, ainsi que des écoulements de l'eau.

Des représentations qui ont la possibilité d'être finalisées sous différentes formes : plans, graphiques.

c. Vers qui, pour quel usage

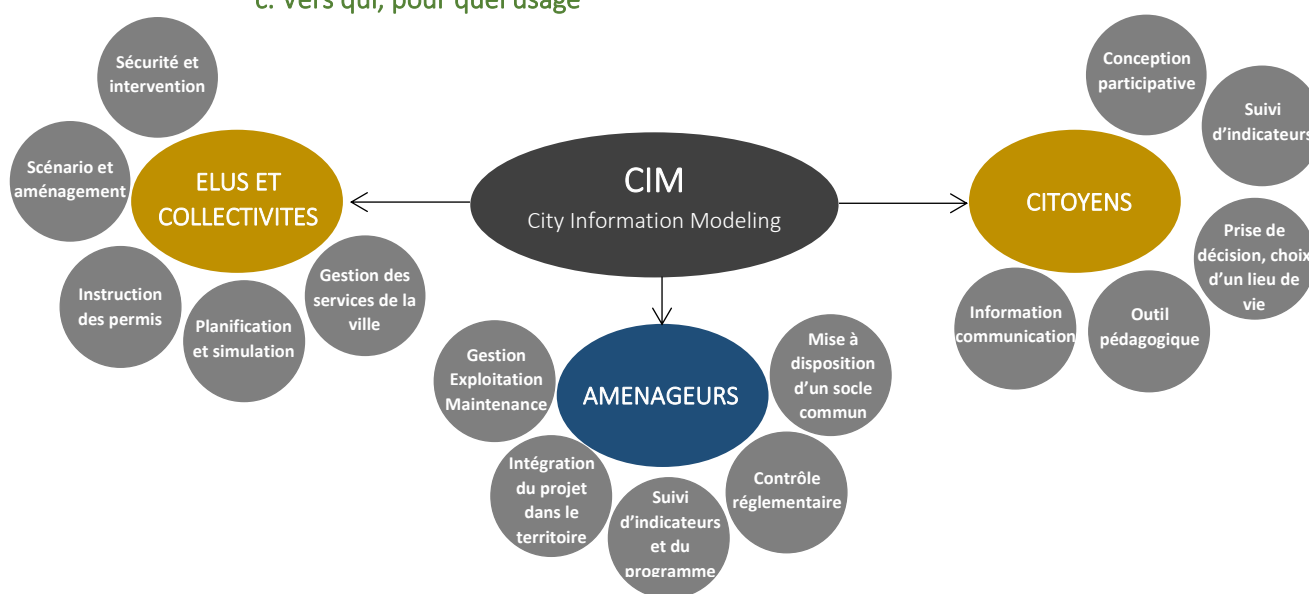


Figure 15 : Schéma des acteurs cibles et des usages dans une démarche CIM (Source : réalisation personnelle à partir de l'exploitation écrite et graphique de la thèse de Thomas Amarsy « Définition, enjeux et stratégie d'une démarche CIM »)

2.2.3 Le LIM un modèle futur pour l'architecte paysagiste

a. Définition

Le terme *Landscape Information Modeling* (LIM) (Naixiao 2014), **n'est pas encore aujourd'hui reconnu comme modèle basé sur une méthodologie de travail mais est au cœur de réflexion quant à son développement**. La littérature scientifique anglaise n'aborde que très peu ce terme et favorise la notion de « BIM for Landscape Design ». Le Modèle d'Information du Paysage (LIM) est présenté comme un concept qui a émergé de manière progressive et collaborative auprès de la communauté professionnelle de l'aménagement paysager et de l'architecture du paysage. Différents chercheurs, praticiens et organisations ont contribué à la réflexion du développement d'un LIM, en adaptant les principes du Modèle d'Information du Bâtiment (BIM) aux spécificités des paysages. Stephen Ervin a été l'un des premiers à fusionner un lien entre paysage et outil numérique, l'utilisation des applications informatiques pouvant allier architecture du paysage, conception et planification. De nombreux articles reprennent ces travaux, Remi Navarro en aborde deux en particulier mêlant l'aspect de la recherche et les techniques utilisées dans la modélisation du cadre paysager. Selon Stephen Ervin « le design détient une moitié importante – la science, l'autre moitié. Leur fusion est la géoconception. »

Son avenir pouvant aboutir vers un jumeau numérique sous une forme simplifiée du Modèle d'Information de la Ville, et ayant comme adaptation le modèle BIM vers le paysage, sa particularité résiderait sur les composantes végétales, le sol et le sous-sol, de l'analyse des facteurs environnants à la phase de conception. Elle se dit émerger de la huitième dimension (8D) du Modèle d'Information du Bâtiment (BIM). Le LIM s'intéresserait principalement aux espaces paysagers, existants et des projets, et puiserait son intérêt dans la gestion de la végétation, pouvoir simuler leur croissance au cours du temps, estimer leur consommation en eau tout en permettant la gestion de l'eau de pluie. L'ombrage généré par la végétation est analysé dans ce modèle, dans laquelle cette végétation est encodée, dans le but de lutter contre les îlots de chaleur, et ainsi répertorier le potentiel d'îlots de fraîcheur en ville.

Aujourd'hui l'appellation *Landscape Information Modeling* est reprise par l'entreprise Land'Act depuis 2016.

b. La recherche comme création d'un LIM souhaité

Depuis quelques années, partout dans le monde, des projets de recherche s'intéressent davantage sur l'extension du Modèle d'Information du Bâtiment (BIM), vers le domaine de l'analyse et conception du paysage. La base de construction d'un LIM doit rester cohérente avec les méthodologies des deux autres modèles, reposant principalement sur la normalisation de l'extraction des données, pouvoir transiter entre les objets, géométries informatives et géoréférencement des maquettes numériques de l'architecte, l'urbaniste au paysagiste. L'aménagement du paysage est avant tout un domaine multidisciplinaire qui demande de nombreuses compétences et connaissances, ne pouvant appartenir qu'à un corps de métier précis, on relève l'écologie, la botanique, l'hydrographie, la géologie, la pédologie, la géographie. Ces domaines de connaissances se veulent être retranscrits dans un modèle d'information tel que le LIM. La conception paysagère compose avec la nature biologique, les sols, la végétation, les interrelations avec la faune et microfaune. Évoluant dans le temps, avec une végétation soumise à des caractéristiques spécifiques : caducité du feuillage selon les saisons, apparition ponctuelle de fruits, fleurs, les dynamiques dans le temps que ce soit le sol, son changement d'état.

« À notre connaissance, il n'existe pas d'application similaire du principe BIM pour la conception paysagère » phrase reprise par les travaux, en 2013 de Veronika Zajíčková et Henri Achten comme d'autres perçoivent et imaginent un modèle d'information du paysage composé de deux éléments

importants distincts l'un de l'autre. L'exploitation de documents scientifiques plus récents a permis de valider une opinion commune de ce que pourrait être selon eux, un modèle d'information sur le paysage, en relation avec les travaux de Zajíčková et Achten qui ont complété la vision du LIM souhaité. Ce modèle d'information se composerait effectivement de deux éléments principaux comme catégories d'éléments paysagers, les « informations et connaissances » reposant sur les composantes d'un site, les conditions pédologiques, hydrographiques, climatiques, géologiques, biologiques et aussi d'autres éléments. Ainsi que les « information et connaissances » reprenant la notion du paysage et plus particulièrement les objets paysagers. Cette catégorie développée autour de la « ville numérique » se décline en deux types de matériaux définis :

- Les matériaux appelés « mous » ou « softscape », composante majoritaire de la végétation et de ses différentes states. Les éléments en mouvement perceptible dans le paysage tels que les cours d'eau, fleuves mais aussi non perceptible, les points d'eau en sous-sol et tout autres formes relevant de l'hydrologie. Certains articles reprennent la notion de « terrain » par la « topographie de surface et couche géologique » (Rémy Navarro, 2019)
- Les matériaux appelés « durs » ou « hardscape » représentatifs des objets construits, des structures par l'action de l'homme, l'implantation de cheminements pontons, d'enrochements ou encore les palettes de matériaux observables dans une ville, un paysage, dalles, pavés, etc.

Une petite ouverture sur les travaux de Erwin en 2001, il avait proposé six éléments de base de composition du paysage dont le modèle d'information doit pourrrait inclure : la topographie, l'hydrologie, la végétation, l'atmosphère avec les expositions solaires, les vents, les structures dont les bâtiments. L'enrichissement de cette réflexion a abouti à la création d'un schéma commun des composantes du Modèle d'Information du Paysage (LIM) applicables sur une maquette numérique.

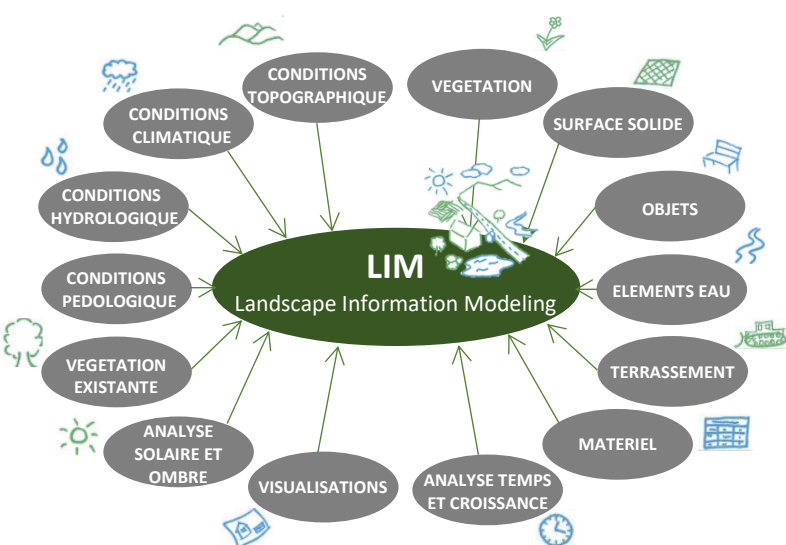


Figure 16 : Schéma des usages cibles dans une démarche LIM (Source : *réalisation personnelle* à partir de HexaBIM 2019)

Le questionnement de cette nouvelle maquette numérique destinée à l'architecte paysagiste reposerait davantage sur la collaboration avec l'architecte, l'insertion des informations et géométries BIM pourra permettre de contenir le projet architectural, reprenant un ensemble de domaines tels que l'électricité, la plomberie, les différents réseaux. L'utilisation du LIM permettra d'encoder chaque végétal par un ensemble d'informations aboutissant à la mise en simulation de facteurs, indices, cycles de vie de la végétation, cas spécifique sur les arbres. Utilisable pour faciliter l'établissement du Détail Quantitatif Estimatif (DQE) de pair avec le Bordereau des Prix Unitaires. En phase de chantier, cette maquette est considérée comme outil de modélisation des différentes phases de travaux réalisées. Les phases

d'exploitation et d'entretien viseront essentiellement les besoins en arrosage à l'année pour la mise en gestion des collectivités dans les activités à entreprendre par les jardiniers.

Aujourd'hui ou en somme nous ? De l'Italie vers la France

Une ouverture sur les travaux de **LAND Research Lab**®, un laboratoire basé en Italie. Cette unité de recherche et d'innovation « explore les tendances émergentes et les technologies pour le développement du paysage ». Des schémas ont été appuyés par la suite en France par Rémy Navarro pour l'utilisation du logiciel, Revit. Un Modèle d'Information du Paysage (LIM) présenté comme étant la dimension 8D du Modèle d'Information du Bâtiment (BIM). Le développement de ce modèle puise sa création de quatre défis de la société actuelle, la lutte contre le changement climatique, qui soit en accord avec les grands axes du développement durable, qui puisse restaurer la biodiversité à l'aide de simulations, sans oublier l'assainissement des franchises.

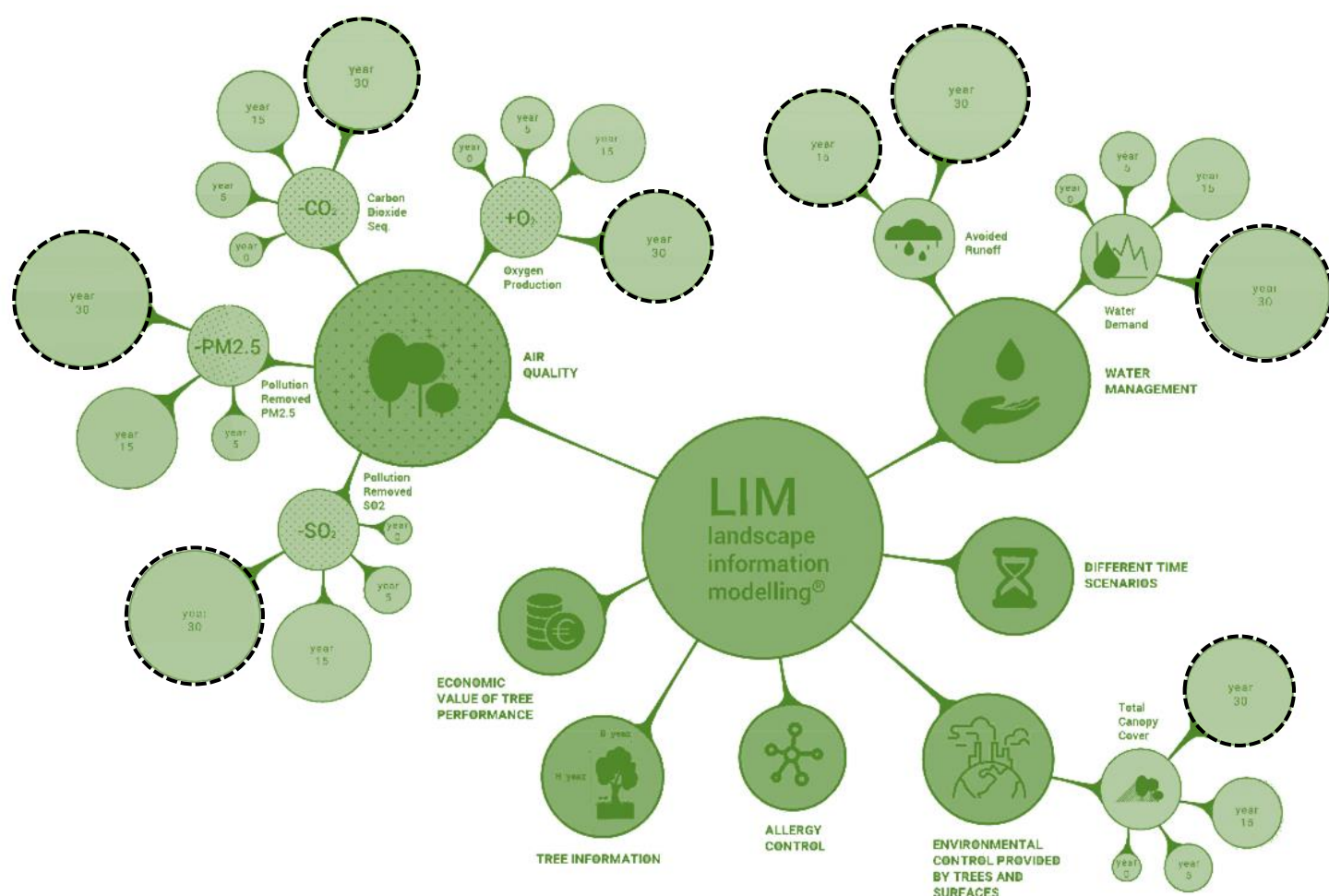
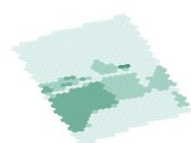


Figure 17 : Schéma des composants du LIM avec quantification dans le temps (Source : LAND Research Lab®)

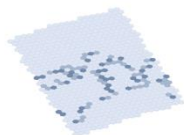
Trois paramètres principaux, spécifiques, associés à des indicateurs et facteurs sont envisagés comme partie intégrante du Modèle d'Information du Paysage (LIM). La perméabilité de surface comprenant deux facteurs et deux indices, le rendement de l'eau et la qualité de l'air.

Perméabilité de surface



Facteur de Superficie Biotope (BAF)

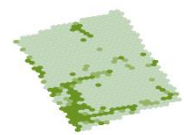
L'outil BAF a été mis en place pour mesurer la capacité et les propriétés absorbantes d'une surface.



Facteur des Espaces Vert (GSF)

L'outil GSF conçu pour l'urbanisme a pour objectif d'améliorer les infrastructures vertes ainsi que de contrôler la perméabilité des sols et surfaces dans des milieux majoritairement ouverts.

Les plans d'aménagement des bâtiments sont de plus en plus soumis à une surface obligatoire dédiée pour les espaces verts. Ces deux facteurs font ainsi le lien avec le coefficient de biotope par surface, qui vise à mettre en avant les espaces aménagés par la végétation ou pouvant favoriser l'écosystème présent sur la surface totale d'une parcelle dédiée à un projet construit récent, ou que ce soit dans le cadre d'une rénovation (Dantec, Fernique, Labbé, Salmon, Groupe Écologiste Solidarité et Territoires, 2021). Permettant de « préserver les différents espaces naturels en ville, en mettant en relation les domaines mobilisés liés, tels que les murs, toitures et terrasses végétales, l'occupation en végétation du sol ainsi que les types de revêtements utilisés perméables, cas des alvéoles végétales. » (Philippe Bies, député du Bas-Rhin, 2013), un lien étroit se forme avec le rôle de l'architecte paysagiste.



Indice d'Humidité Différentiel Normalisé (NDMI)

Le NDMI est intégré à la maquette numérique afin de déterminer la teneur en eau des différentes strates de végétation, aussi bien existantes que celles du projet. Cet indice se compose par des bandes du spectre infrarouge court SWIR et l'infrarouge proche NIR, pour afficher l'humidité et permettant ainsi de surveiller le stress hydrique causé par les sécheresses. Il s'utilise généralement en complément avec le NDVI.



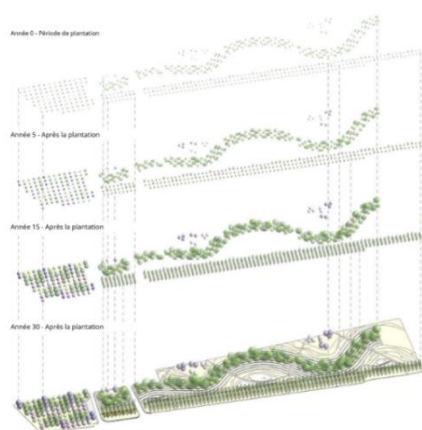
Indice de Végétation Différentiel Normalisé (NDVI)

L'indice NDVI est utilisé spécifiquement par la végétation, il a un lien avec son état de développement ainsi que sa santé par la manière dont celle-ci réfléchit à la lumière. Sous une même base spectrale que le NDMI, à partir de la réflexion du rouge et de l'infrarouge est calculé cet indice. Montrant la différence entre ces deux bandes, celui-ci permet de mettre en valeur l'intensité des espaces chlorophylliens. La variation de teinte permet de déduire la capacité d'adaptation et de résilience de la végétation.

Figure 18 : Illustrations projet en application du modèle LIM pour la simulation de différents indicateurs (Source : **LAND Research Lab** ®)

Rendement de l'eau

Plusieurs simulations ont un lien direct avec la gestion de l'eau d'un projet, la dimension 8D apportée par le Modèle d'Information du Paysage (LIM) qui fait référence à la composante environnementale va être mise en relation avec la 4D, temps et 5D, coûts, de la méthodologie initiale du bâtiment (BIM). Des graphiques sont créés à partir de la maquette pour mettre en évidence le besoin en eau selon leur essence, le résultat généré représente une quantité totale quotidienne d'eau requise pour la croissance des arbres en litre par jour. À cette estimation se rajoute son taux d'évapotranspiration. La gestion des eaux pluviales est retranscrite par des graphiques de ruissellement évité au fil des années. Une particularité réside dans la possibilité d'une simulation des prestations annuelles totales qui constitue la somme des valeurs relatives aux services écosystémiques. Un tableau de bord finalisé, répertorie chaque catégorie simulée et mets en relation un rapport de développement durable.

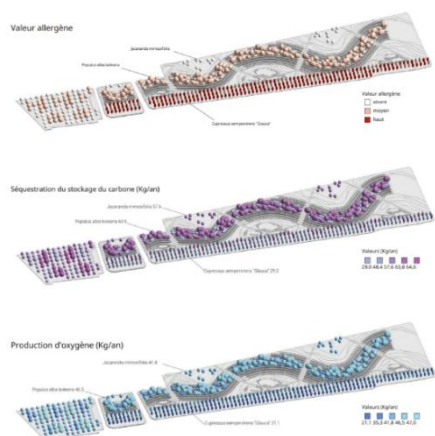


Exemple modèle – Croissance des arbres

La gestion des données informationnelles, encodées par les acteurs depuis l'outil numérique, est variée. Une évaluation est faite au préalable de l'ensemble des caractéristiques du site comprenant certaines données d'un BIM en amont. En premier lieu les caractéristiques des arbres permettant par la suite la simulation au cours du temps prennent en compte les types d'essences des arbres, leurs caractéristiques agronomiques ainsi que le ratio du nombre d'espèces présentes dans le projet, la largeur et hauteur à maturité, accompagnés de leur vitesse de croissance par an. Cette simulation mettra en évidence les cycles

importants des arbres et estimera les périodes de fertilité et de mort. Des calculs de superficie totale des canopées d'arbres couvertes par le projet peuvent être mis en place. Une simulation qui vise à obtenir ou générer une fréquence d'entretien en adéquation avec le contexte dans lequel s'insère le projet, ainsi correspondre à un budget envisagé. Cette simulation va être corrélée aux exigences de la végétation tout au long de son cycle de vie. L'emprise foliaire des arbres dans son contexte environnant sera évaluée dans le but de comprendre les degrés d'ombrages, notamment dans les projets urbains.

Figure 19 : Illustration projet en application du modèle LIM pour la simulation de la croissance des arbres (Source : **LAND Research Lab** ®)



Exemple modèle – Paramètres environnementaux

Les données informationnelles accompagnatrices des types d'essences des arbres, utilisées dans un projet permettent d'établir de multiples simulations à partir de connaissances validées auprès des centres de recherches. Des modèles appuyés par des outils de planification urbaine, tel que le GSF, Green Space Factor. La valeur allergène de l'ensemble du projet est simulée à partir de l'encodage des différentes espèces par rapport à leur taux allergisant respectif, leur pollen étant disséminé par le vent. L'encodage informationnel des arbres, inséré dans le projet a la possibilité de simuler la séquestration du stockage du carbone. Seront combinés à cette simulation des

données de quantification de matières particulaire 2,5, de dioxyde de soufre, d'azote, de dioxyde d'azote, tous retirés annuellement de l'atmosphère ainsi que la quantification de composés organiques volatils produite annuellement. À l'inverse, la production d'oxygène produit par les arbres est simulée via des analyses du processus photosynthétique pour chaque espèce.

Figure 20 : Illustration d'un projet en application du modèle LIM pour la simulation des paramètres environnementaux (Source : **LAND Research Lab** ®)

Des difficultés qui persistent entre gestion et représentation

La variable « temps » reste encore aujourd’hui l’une des plus grandes difficultés qui persiste, que ce soit dans le domaine du projet paysager avec la composante végétale que sur le plan architectural par les revêtements. Sans entretien, plus l’on avance dans le temps plus les éléments anthropiques se dégradent, les éléments naturels vont eux varier, simuler. Anticiper cette observation est aujourd’hui très complexe. Dans le domaine végétal, c’est le système racinaire qui pose barrière, on ne sait pas le modéliser.

Synthèse enquête personnelle auprès de Rémy Navarro - Chef de projets Bâtiment Numérique

Rémy NAVARRO - Chef de projets Bâtiment Numérique

L’enquête a été appuyée par Rémy Navarro, dont la présentation du système racinaire reste encore une composante externe à la maquette numérique et difficile à mettre en œuvre de manière précise. Celui-ci a été fait manuellement sur Revit à partir de données physiologiques et scientifiques.

c. Un rôle médiateur basé sur des choix de représentation

Avant d’aborder la notion de médiation par la représentation, il est important d’aborder sur la démarche participative. La planification territoriale ou encore la notion de paysage au sens large sont régulièrement concernées par des démarches participatives. Institutionnalisées dans le but d’adapter les projets aux usagers, un rôle de médiateur s’est formé par l’architecte paysagiste auprès des urbanistes et architectes, ainsi que vers les citoyens et collectivités.

- L’évolution des représentations pour quelle participation

Depuis toujours l’architecte paysagiste a évolué dans ses modes de représentation tant dans l’utilisation d’un bloc-diagramme, d’une maquette traditionnelle en carton plume, à la maquette numérique. Il est amené à faire des choix de représentation entre l’aspect schématique, souvent utilisé dans le but de monter un concept et l’aspect sensible, qui lui vise à faire éprouver des émotions, la mémoire d’un lieu. Puis, l’aspect réaliste qui lui a été source de débat. Apport paysage agricole s’est intéressé dans sa revue *Des outils pour des projets de développement durable des territoires* s’intéresse sous ce questionnement « Comment représenter le paysage pour faciliter la médiation ? » (Y. Michelin et J. Candau, 2009) aux collaborations entre les professionnels, les usagers et les collectivités. Cette revue témoignera de la différence de représentation utilisée par les aménageurs, se basant sur la question paysagère posée initialement, doit-on imiter la réalité ou au contraire s’en affranchir, un degré de généralisation est alors abordé. Les moyens mis à notre disposition pour la traduction d’un projet sont aussi une des plus grandes résultantes de la représentativité visée.

Dans le cadre d’un travail de collaboration entre l’université de Bordeaux, de Bonn et une équipe CIH, Cognitive et Ingénierie Humaine au laboratoire IMS s’est développé un intérêt pour les démarches participatives à l’interface des paysages numériques 3D. Bien que, deux discours mentionnés par Jacquino en 2011, l’un incantatoire, l’autre alarmiste, se forment de la mise en place de paysage numérique pour la participation. Toutefois ils témoignent d’enjeux importants sur la manière d’utiliser de tels outils tridimensionnels (Tricot, 2003) lors de grandes dynamiques et stratégies organisationnelles « en adoptant une perspective à la fois cognitive et géographique ». (SAGEO 2012)

- Les différentes représentations des arbres entre maquette traditionnelle et numérique

Les représentations schématiques

Etablir un concept de projet, se base essentiellement sur une lecture simple, rapide et efficace. Les représentations schématiques sont souvent utilisées dans ce type de maquette. Elle est comparable numériquement à l'utilisation de Revit, des arbres représentés sous forme de boule, cône. Elle forme le propos essentiel et s'intéresse davantage sur la notion d'information. Beaucoup utilisé sur de la petite échelle, l'intérêt se porte sur l'attention du spectateur en direction d'autres détails de l'aménagement. La végétation y est ainsi représentée de manière très simplifiée. (Alpha Volumes, 2022)

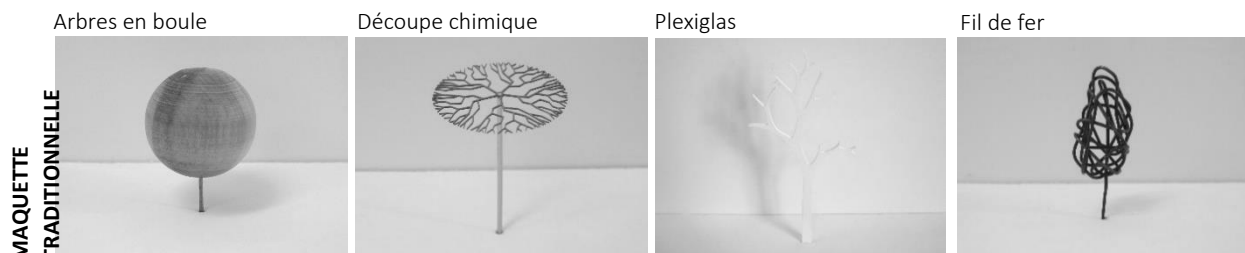


Figure 21 : Illustration des types de représentation d'une maquette manuelle schématique (Source : Alpha Volumes)

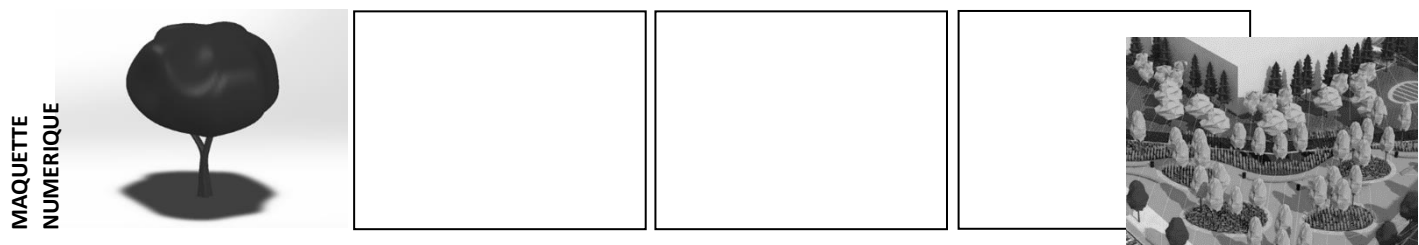


Figure 22 : Illustration des types de représentation d'une maquette numérique schématique (Source : BIM Revit)

La diffusion des maquettes numériques des villes sous les modèles d'information a permis de mettre en comparaison les arbres utilisés entre maquette traditionnelle et numérique. Tandis que les arbres schématiques sont composés de différente forme pour la maquette numérique, les arbres conceptuels cependant ne sont perçus que dans les méthodes traditionnelles de représentation. Une différence entre BIM for Landscape et LIM se retrouve dans les modes de représentation, tandis que le BIM for Landscape adopte plus largement l'utilisation d'arbre schématique, le modèle d'information du paysage quant-à-lui à une tendance au développement d'arbre réaliste. Le mode de représentation des arbres a un lien étroit avec l'évolution des modèles d'information, le BIM pour les bâtiments, très utilisé par les architectes sous Revit a évolué vers le BIM for Landscape, conservant un style de représentation très schématique. Le modèle d'information du paysage LIM, quant-à-lui s'est développé sous un mode de représentation plus réaliste.

Les représentations réalistes

Ce mode de représentation puise son intérêt vers le rapprochement le plus détaillé de la réalité. Il se dit par Alpha Volumes, mettre en avant le plan paysager par la possibilité de différencier les différents végétaux entre eux.



Figure 23 : Illustration des types de représentation d'une maquette manuelle réaliste (Source : **Alpha Volumes**)

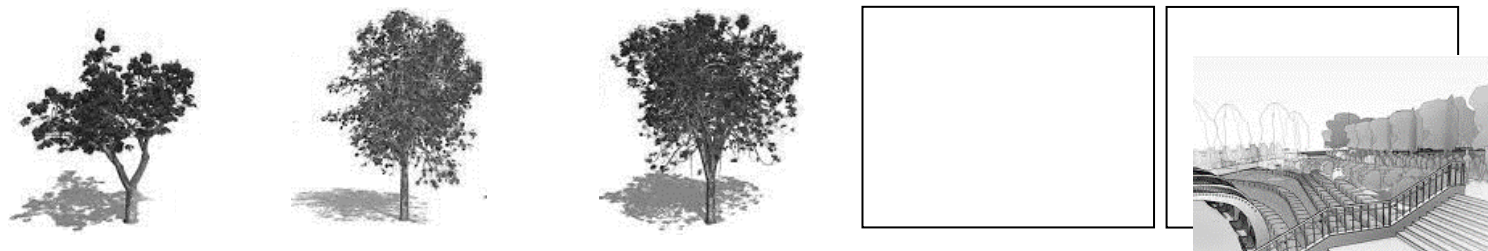


Figure 24 : Illustration des types de représentation d'une maquette numérique réaliste (Source : **WorldLandscapeArchitect et revit**)

Les différents modes de représentations du végétal réaliste sont nombreux, aussi bien dans la maquette traditionnelle que numérique.

Des codes de représentation qui se retrouvent

Les diffusions des projets incluant l'architecte paysagiste, dans un projet de bâtiment, de quartier ou encore à l'échelle d'une ville. La notion de représentation se différencie des entreprises, des corps de métier aménageur du territoire et du message visé à un public cible. La recherche personnelle de ces projets montre la concordance entre maquette numérique et traditionnelle dans le domaine du réalisme, aussi bien dans le détail du bâtiment que dans celui du végétal. Plus l'on tend vers une représentation schématique moins l'on perçoit des diffusions de la maquette numérique.

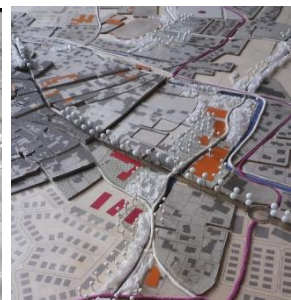
Nexity à Saint Ouen
Brenac, Gonzalez



Noue Caillet à Bondy
Maud Caubet architecte



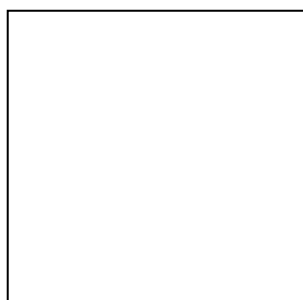
Lycée du 3^{ème} millénaire
Gazeau Philippe



M
A
Q
U
E
T
T
E

← REALISTE

SCHEMATIQUE →



M
A
Q
U
E
T
T
E

Figure 25 : Illustrations comparatifs des modes de représentations schématique et réaliste entre maquette numérique et manuelle (Source : **Annotation sur image + LandSim3D**)

GIS & BIM in landscape
architecture with landmark –
20 February 2020

- Le réalisme du numérique, une barrière à la participation

Avant même d'aborder la notion de réalisme, l'utilisation de l'outil numérique en permanence n'est pas toujours acceptée par celui qui met en place la participation. D'un aspect plus global, la littérature s'est intéressée de près aux raisons de cette réticence notamment dans le cas de la *Smart Home* par la suite, reprise comme socle analytique pour le cas de la méthodologie du Modèle d'Information du Bâtiment (BIM), dont les réactions reposent sur sept modèles théoriques (Nathalie Gardes, Didier Chabaud, Pascal Frucquet, Pierre Marin, David Carassus, 2022). La « théorie des niveaux de représentation » (Trope et Liberman, 2010) est retenue dans le cadre d'un questionnement sur le réalisme comme barrière à la participation depuis l'acteur principal.

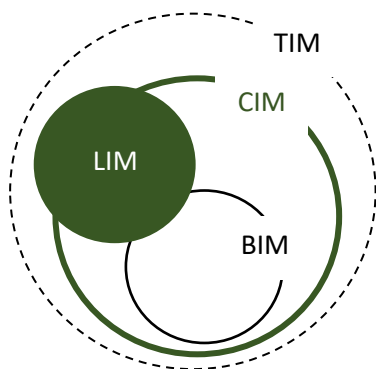
Enquête synthèse personnelle auprès des bureaux d'études de paysage et urbanisme

Jérôme DUMAS - INTERSCENE 3.0

« Les productions à la main restent bien souvent mieux perçues que le numérique lors des concertations auprès des élus et collectivités »

Les Modèles d'Information du Bâtiment (BIM), de la Ville (CIM) et du Paysage (LIM) par l'utilisation d'une maquette numérique requestionnent les choix de représentation envers le public ciblé. Les composantes présentées ne font pas toujours ressentir l'appartenance d'un futur aménagement. La Convention Européenne du Paysage (CEP) qui définit le regard des habitants comme source d'évaluation du paysage de par leur habitude usagée, leur connaissance, leur sensibilité. Une dimension qui se dit « accessible à tous » visant à se sentir concernée par l'aménagement (Gorgeu Jenkins, 1995). Les travaux de Luginbühl montrent les démarches participatives par le paysage comme deux types d'objets, celui « concret qui est représentatif du vivant, de nature végétale ou physique, la nature humaine ou animale, ainsi que des éléments pouvant être soit naturels, soit artificiels ». Et, celui dit « abstrait, qui est représentatif d'une ambiance visuelle, l'esthétique, le ressenti avec les sentiments ou émotions ou encore à des valeurs sociales » (Luginbühl, 2001). Les travaux de Donadieu ont toujours exprimé le rôle du paysagiste comme médiateur, jouant lui-même de la manière que la médiation d'un paysage, lui conférant ainsi un nouveau statut renforcé par cette faculté à rassembler par le social. (Donadieu, 1993 et Bertrand, Briffaud, 2008)

2.2.4 Le TIM, cas de LandSim3D, une combinaison des trois modèles



La notion du Modèle d'Information du Territoire, « Territory Information Modeling » soit l'acronyme TIM, est abordée par le Plan Urbanisme Construction Architecture dans le cadre d'une expérimentation de création d'une démarche d'extension du Bâtiment (BIM) vers la Ville (CIM), en englobant le Paysage (LIM). Ce modèle repose sur les mêmes méthodologies que celles précédemment, « collaboration, collecte et traitement » (Novlaw Avocats, PUCA 2022) mais à une échelle davantage plus large, celle du territoire. Utilisant également une maquette numérique dont les socles communs sont à la base des récoltes des modèles BIM et CIM.

Figure 26 : Schéma d'imbrication des modèles BIM, LIM, CIM et TIM (Source : *réalisation personnelle* inspiré du schéma de la PUCA, 2022)

a. Les composantes

Les composantes d'une maquette numérique dépendent du réseau d'acteurs qui l'accompagne, un socle commun à tous est préétabli par des collaborateurs internes. Le fond de forme compose le relief, l'hydrologie, la végétation. Le bâti peut être généré via la couche d'occupation du sol sous différents détails souhaités. Dans le cadre d'un projet, la maquette numérique LandSim3D est capable d'intégrer des façades depuis des fichiers issus de la méthodologie BIM.

La bande de données « végétation » est quant à elle commune à diverses autres maquettes numériques, sa mise en œuvre provient du transfert de la technologie AMAP. Elle est basée sur des recherches botaniques et scientifiques par le centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD) de Montpellier. Cette technologie est basée sur des méthodes de simulation de la morphologie végétale, le CIRAD a développé pour un ensemble d'essences une visualisation des dynamiques de croissance, permettant d'établir des indicateurs de suivi à plusieurs années. Le projet BioBIM, décomposé « Biodiversité, BIM et Infrastructures » et porté par TerrOïko a également utilisé cette même banque de données. La création d'une dynamique paysagère leur a permis de « produire des indicateurs de suivi de l'efficacité des mesures environnementales ». Leur expérience de projet a montré qu'en ingénierie écologique, il est possible d'établir une « trajectoire de croissance attendue » pouvant servir par la suite de « référentiel lors du suivi d'efficacité de la mesure ». Se différencie dans la maquette numérique la retranscription d'information de la végétation existante dans un socle commun ou à l'année antérieure à celle apportée dans le cadre du projet.

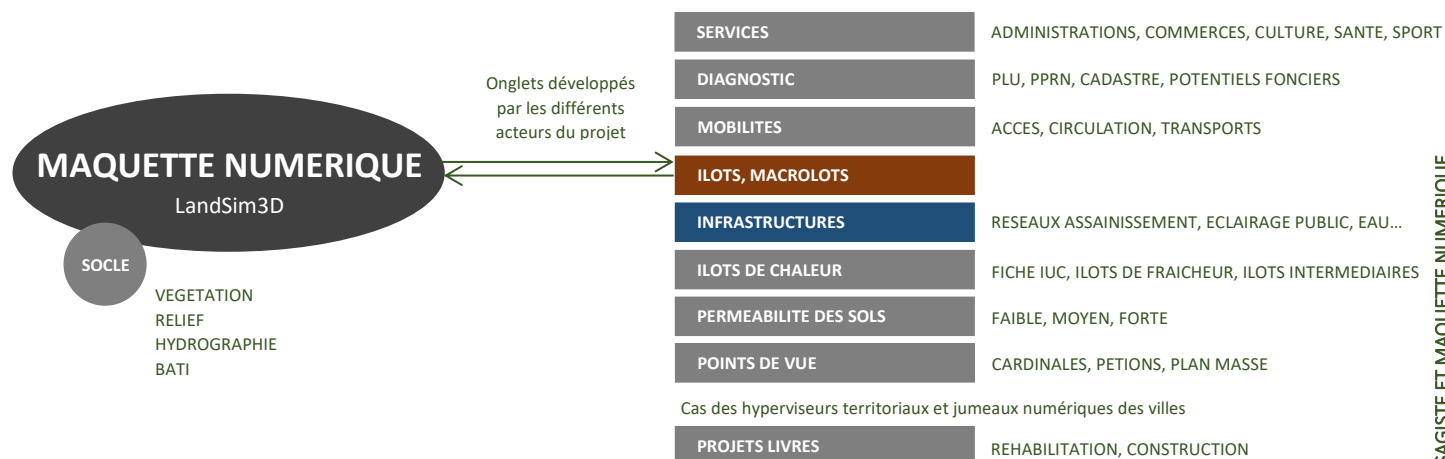


Figure 27 : Schéma des composantes possibles mises en place par les acteurs au sein des maquettes numériques (Source : *réalisation personnelle* à partir de la manipulation des maquettes : ZAC du Souchet, ZAC de la Scierie, Natura City, Semsamar Opération Balaté Nord, Foncim Groupe Jean, Nexity Multilom)

- Certaines composantes basées sur les enjeux environnementaux ont un rôle fondamental dans l'insertion de l'architecte paysagiste au sein des projets territoriaux.

L'évolution des pratiques au sein du logiciel LandSim3D a fait évoluer la maquette numérique traditionnelle vers une maquette numérique bioclimatique, Natura City en est le premier exemple, de l'aboutissement vers l'intégration d'une co-construction de la ville résiliente. Cette réflexion amène davantage à insérer l'architecte paysagiste dans une dynamique de ville bioclimatique. Cette maquette vise en premier lieu, la mise en restitution des diagnostics de terrains pour les collectivités, l'accessibilité et la mutualité des terrains sont les deux piliers sur lesquels repose le devenir de construction des quartiers décarbonés. Ce support de communication a pour objectif de prendre conscience des problématiques climatiques telles que les îlots de chaleur et seulement ensuite d'y intégrer les acteurs pour la mise en place de solutions.

ILOTS DE CHALEUR, FRAICHEUR, INTERMEDIAIRE

Les données enregistrées par les différents acteurs permettent d'alimenter la base de données informative en composition. L'insertion des données d'occupation du sol par les SIG va permettre de convertir chaque composante 3D par des indicateurs 2D de matériaux, végétation. Selon les densités, couleurs, les matériaux utilisés pour le futur projet vont être soumis à un barème de valeur retranscrit par des aplats de couleurs.

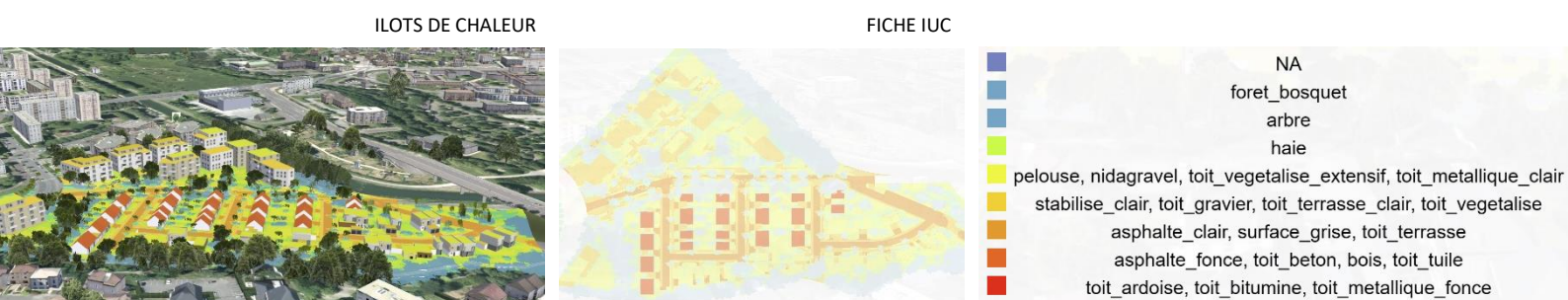


Figure 28 : Illustrations des îlots de chaleur dans une maquette numérique CIM vers TIM (Source : **Capture personnelle** à partir de la maquette numérique Natura City – LandSim3D)

PLAN DE PREVENTION DES RISQUES NATURELS PREVISIBLES

Le plan de prévention des risques naturels prévisibles fait son apparition au sein de la maquette numérique par la mise en synthèse de données SIG pouvant mettre en évidence les phénomènes d'inondations, submersion marine, séismes, éruptions volcaniques, mouvement de terrain, feux de forêt. Ces informations pourront être superposées à la base 3D et insérées dans la dynamique du projet à venir, afin de discuter des aménagements favorables à mettre en place.



Figure 29 : Illustrations du diagnostic PPRN dans une maquette numérique CIM vers TIM (Source : **Capture personnelle** à partir de la maquette numérique Natura City, Semsamar Opération Balaté Nord – LandSim3D)

PERMEABILITE DES SOLS ET DES MATERIAUX

Sur la même démarche que les ilots de chaleur sont identifiés les perméabilités des sols et des matériaux, permettant de simuler les impacts existants ou depuis les projets à venir par la gestion de l'eau de pluie, notamment dans le cadre de la loi Climat et Résilience.



Figure 30 : Illustrations de la perméabilité des sols dans une maquette numérique CIM vers TIM (Source : **Capture personnelle** à partir de la maquette numérique Semsamar Opération Balaté Nord et Natura City – LandSim3D)

AUTRES ELEMENTS DE DIAGNOSTICS OU DE PROSPECTIVES PLUS PONCTUELS

Les aménageurs ont la possibilité via la maquette numérique, de développer leurs propres diagnostics basés sur des cartographies SIG préétablies en amont, pour la mise en synthèse. Ces éléments superposés au socle 3D sont mis en valeur par des codes couleurs.

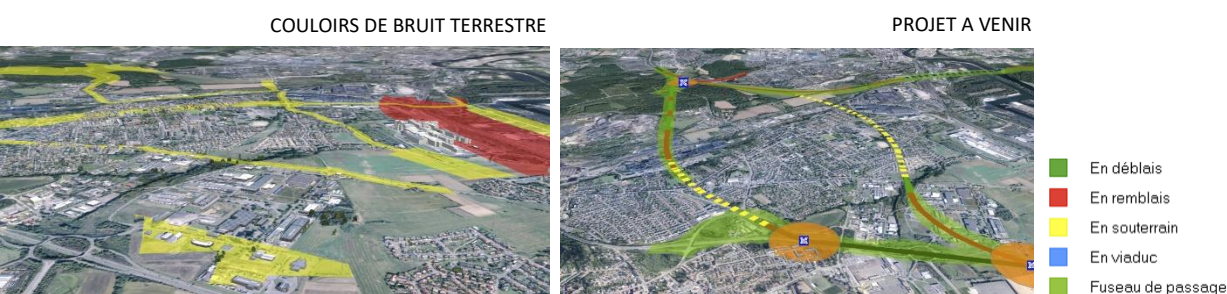


Figure 31 : Illustrations d'intégration d'éléments ponctuels dans une maquette numérique CIM vers TIM (Source : **Capture personnelle** à partir de la maquette numérique Florange une ville à vivre – LandSim3D)

- D'autres composantes

Les infrastructures réseaux reprennent l'utilisation des VRD et entreprises fluides dans la mise en place de maquette numérique. Au sein de LandSim3D ces réseaux peuvent être à la fois mis en œuvre de façon 2D mais également par une visualisation tridimensionnelle. La notion du végétal existant ou à venir pourra anticiper son mode de croissance par la mise en diagnostic des composantes urbaines. Chaque typologie de réseau est caractérisée par une couleur spécifique.



Figure 32 : Illustrations des réseaux 3D et 2D dans une maquette numérique CIM vers TIM (Source : **Capture personnelle** à partir de la maquette numérique Semsamar Opération Balaté Nord – LandSim3D)

ONGLET DE COMMUNICATION

Un onglet de présentation est mis en place par la plateforme LandSim3D permettant de décrire un ensemble de composantes de la ville utile aux citoyens, d'aujourd'hui et de demain, que ce soit le prix des terrains disponibles à la construction, les projets urbains à venir, la surface des îlots des futurs projets de quartier.

SURFACE DES ILOTS



PRIX DES TERRAINS DISPONIBLES



PROJETS URBAINS



Figure 33 : Illustrations des onglets de communication des maquettes numériques CIM vers TIM (Source : *Capture personnelle à partir de la maquette numérique Sodevam ZAC Thionville Rive Gauche et Nexity Multilom – LandSim3D*)

- Pas d'onglet végétation perçu au sein des différentes maquettes

Un questionnement survient sur la notion de la donnée informationnelle de la végétation. Aucun onglet basé sur la végétation ne permet de faire ressortir les arbres remarquables, l'état sanitaire, ni simuler le taux allergène d'un site, l'évapotranspiration et les besoins en eaux associés.



Figure 34 : Illustrations des blocs de dialogue des maquettes numériques CIM vers TIM. (Source : *Capture personnelle à partir de la maquette numérique Nexity Multilom, Florange ville à vivre, Foncim Groupe Jean, Ville de Cayenne, Semsamar, Zac du Souchet, Le Plessis-Robinson – LandSim3D*)

b. Les utilisateurs de la maquette

Une maquette numérique se base sur des données provenant d'acteurs variés du territoire, on différencie les collaborateurs internes à la maquette numérique qui composent en grande partie le socle commun, ainsi que les acteurs du projet. La réflexion de création d'une telle maquette est le souhait de pouvoir associer diverses échelles. Certains acteurs spécialisés dans des domaines environnementaux vont faire évoluer la maquette numérique initiale tel que Nexity grâce à son pôle Natura City.

Enquête synthèse personnelle auprès des bureaux d'études utilisateurs de maquettes numériques

Valentin CAILLAVET - Chef de projet Natura City, NEXITY

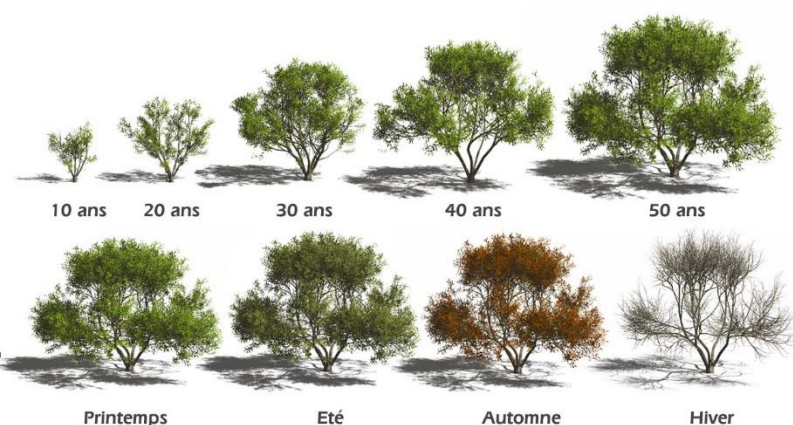
« On a fait évoluer la maquette numérique sur des aspects bioclimatiques en collaboration avec Bionatics »

UTILISATION DANS UN CADRE PAYSAGER

Tandis que d'autres acteurs viseront l'utilisation de la visualisation 3D comme support d'appréhension des risques. L'Office National des Forêts (ONF), dans le cadre d'un projet d'installation de six mâts éoliens dans la commune du Tarn à Arfons, a utilisé une maquette numérique afin d'établir la simulation du devenir du site et de la possible perte de vues paysagères importantes. La simulation du contexte de forêt et de ses sites emblématiques tels que la prise d'eau d'Alzeau a permis de comprendre qu'il y a des zones qui peuvent être préservées des conséquences visuelles générées par les éoliennes.



Figure 35 : Illustration des utilisations de la maquette numérique par l'ONF (Source : *Capture personnelle à partir de la maquette numérique ONF – LandSim3D*)



Croissance et changement saisonnier du Saule Taillé simulé avec la technologie AMAP



La croissance et le changement saisonnier des plantes sont deux axes étudiés par le Cirad depuis les années 80. L'unité AMAP a commencé par développer les simulations à partir de modèles « mathématiques et informatiques de la représentation du végétal à partir des concepts d'architecture créé par M. Francis HALLE et M. Roelof OLDEMAN » (AERES, 2013). Le partenariat entre le CIRAD et l'INRA amène par la suite une progression de l'élargissement des thématiques, cette fois-ci basé sur des aspects davantage scientifiques.

Figure 36 : Illustrations de la croissance et changement saisonnier du Saule Taillé simulé avec la technologie AMAP (Source : *Stéphane Gourgout sur LandSim3D*)

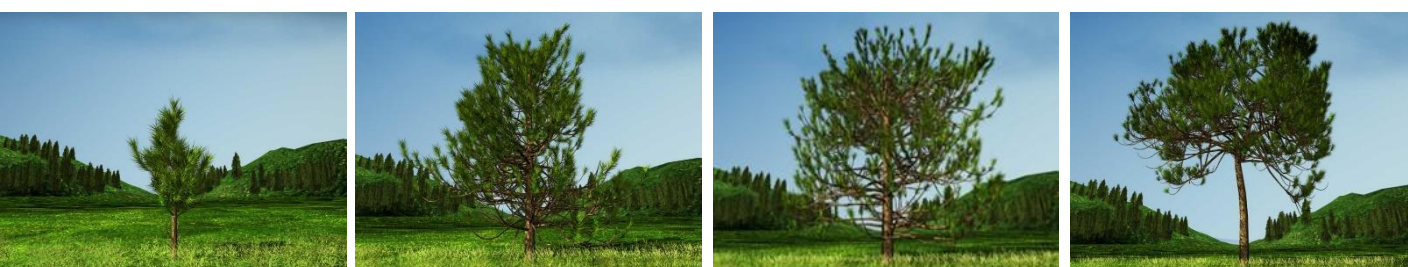
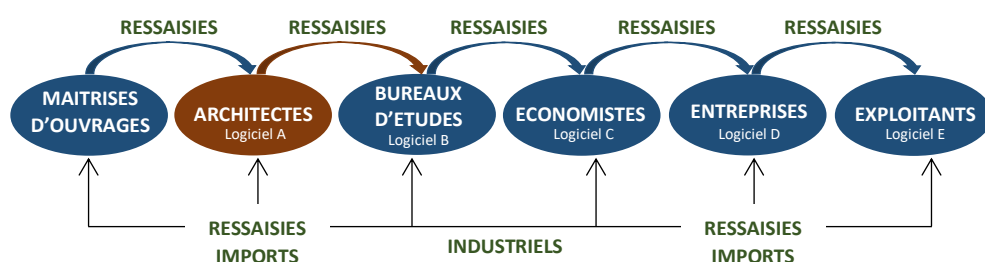


Figure 37 : Illustrations de la croissance du Pinus halepensis à 10, 30, 50, 80 ans simulé avec la technologie AMAP (Source : *Stéphane Gourgout sur LandSim3D*)

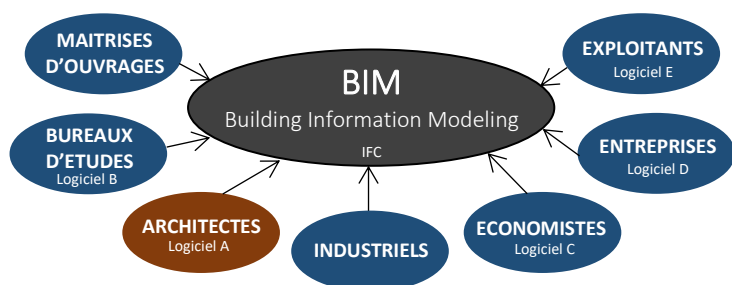
2.3 Collaboration numérique entre utopie et réalité

2.3.1 Simplification de la gestion des fichiers et données



Le partage de données entre les parties prenantes d'un projet qu'elles soient externes ou internes des entreprises de référence, peut parfois s'avérer être un temps non négligeable lors de l'exploitation à la réactualisation.

Figure 38 : Schéma de la méthodologie de gestion des données actuelles (Source : *réalisation personnelle* inspiré du schéma Thibault Pouch, 2018)



Le BIM ou tout autre outil de visualisation de maquette numérique utilise un format de fichier « Industry Foundation Classes » soit IFC, dont l'objectif est de pouvoir être visionné par tous, et d'en extraire des données informationnelles ou vectorisées. Dans un projet où son processus fait intervenir différents logiciels, l'IFC a été mis en œuvre pour garantir l'interopérabilité, supposant ainsi la réduction du temps de réadaptation du fichier.

Figure 39 : Schéma de la méthodologie de gestion des données dans le BIM (Source : *réalisation personnelle* inspiré du schéma Thibault Pouch, 2018)

« Industry Foundation Classes » (IFC) est devenu une norme internationale capable de prendre en charge un large panel de représentation vectorisée, géométriques, associé à des « sémantiques » détaillées internes ou externes à la maquette, telles que des informations sur l'historique de modification du modèle.

Synthèse enquête personnelle auprès de Rémy Navarro - Chef de projets Bâtiment Numérique

« Depuis récemment l'architecte paysagiste est de plus en plus amené à intégrer des projets de construction neufs, dans le cadre d'un marché public il va avoir le rôle d'aménager les cœurs d'îlot et d'interagir avec les bâtiments »

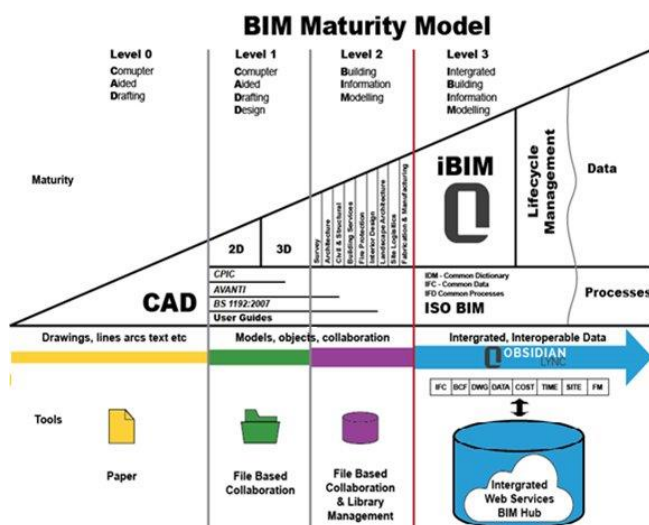
Compléments suite à l'enquête : Depuis l'année 2017, l'Architecte paysagiste fait partie intégrante du réseau d'acteur territorial, dans le cadre de construction de nouveaux îlots bâti par l'établissement de la loi LCAP de 2016 « relative à la liberté de la création », à l'architecture et au patrimoine » (Légifrance). Le Code de l'urbanisme se compose d'un article de cette loi qui dispose : « pour un ensemble de bâtiments ou lotissement supérieur à un seuil précis, fixé par décret en Conseil d'Etat, d'une demande de permis d'aménagement, instruite si, et si seulement, la personne désireuse de faire des travaux soumis à une autorisation, d'apporter des compétences nécessaires en architecture, urbanisme et en paysage pour mettre en place le projet. (Légifrance, Article 81, loi n°2016-925, et article 2 loi n° 2018-1021)

Bureau d'étude - RESONANCE URBANISME & PAYSAGE

Cette enquête a pour but d'établir une comparaison entre un modèle traditionnel d'une entreprise de paysage en phase de synthétisation des éléments de diagnostic entre les domaines des pôles d'architecture, d'urbanisme et de paysage à celui d'une méthodologie sur modèle d'information numérique. « Autrefois effectivement les fichiers d'architecte avaient des IFC super lourd, avec bien souvent des conflits de fichiers géoréférencés ou à des extensions », « cependant, il s'améliore au fil des années et on ne le rencontre de moins en moins suivant les bureaux d'études avec lesquels nous collaborons ».

2.3.2 Niveaux de maturité des pratiques de modélisation collaborative

a. Cas du BIM



Bien que représentatif du monde de la construction, le cas du BIM nous explique comment se positionne méthodologiquement une entreprise ou des entreprises dans les niveaux de collaboration entre différents intervenants utilisateurs de la maquette numérique. Ces niveaux ont été repris et représentés par un schéma mis en œuvre par Bew et Richards en 2008, montrant par palier les types de données centralisées et l'évolution générée pour chaque niveau du Modèle d'Information du Bâtiment (BIM).

Figure 40 : Schéma des niveaux de maturité du BIM
(Source : *BIM Maturity Model de Bew et Richards*)

Le développement des différents niveaux va permettre de comprendre par la suite, l'évolution du rôle de l'architecte paysagiste dans la mise en place d'un projet public en collaboration avec d'autres aménageurs du territoire.

- Niveau 0 : Pas de modélisation

Ce niveau correspond à l'itinéraire initial d'une entreprise dans la mise en place d'un projet, l'utilisation de logiciel CAO sur base essentiellement 2D comprenant les phases d'exécution de plans, coupes et tous autres documents éditables sur plan papier.

Il met en évidence un temps d'adaptation perçu entre l'envoi des fichiers par l'entreprise de référence et la transmission aux autres acteurs, collaborateurs qui viseront l'épuration pour une meilleure exploitation des fichiers numériques classiques reçus (dwg, dxf, pdf, etc). Cette phase représente la méthodologie propre à chaque entreprise, et dont les collaborations peuvent parfois être difficiles : incompatibilité de fichiers, géoréférencement, droit de propriété des documents, codes utilisés pour la gestion des calques.

- Niveau 1 : Modélisation orientée objet, aucun partage

Premier niveau de maturité du BIM, on aborde très généralement le terme de « BIM isolé », car l'utilisateur crée et compose son propre modèle numérique en superposant les pratiques de CAO 2D et celles de la maquette numérique 3D géoréférencée. Ce niveau vise à créer et répertorier des données du projet par leurs propriétés respectives, elles peuvent être lues par une action de sélection. La végétation est ainsi encodée par son nom scientifique, sa taille à maturité et son conditionnement prévu par le projet. Ce modèle peut être envoyé à d'autres collaborateurs du projet sous le même procédé que le niveau 0 mais n'est pas destiné à des démarches collaboratives, pas de retour d'information possible, ni de possibilité d'extraire les informations brutes du modèle numérique. L'utilisation ne se limite qu'à la traduction d'un projet. Il est plus largement utilisé de manière interne à l'entreprise de référence pour permettre de faire des simulations du projet dans le temps, des calculs de remblais / déblais ainsi que pour établir des estimations en mètre linéaire ou volume d'une composante précise.

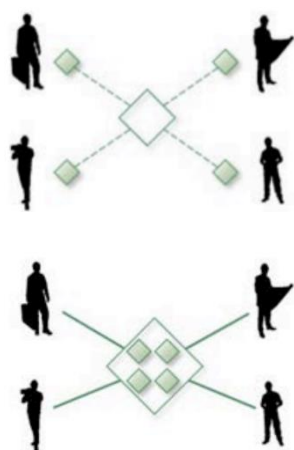
- Niveau 2 : Modélisation orientée modèle, partage

La modélisation orientée modèle marque la première notion de collaboration nommée « partage ». Chaque corps de métier acteur interne ou externe à la maîtrise d'œuvre de l'entreprise de référence, qui va créer une maquette numérique personnelle afin d'y attribuer un usage respectif à son domaine de compétence. L'objectif de ce niveau est le partage de données, pouvoir importer et exporter des informations, couches informatives ou un modèle entier sur une même base standardisée par un format commun « IFC », natif, utilisable sur tous les logiciels en amont du Modèle d'Information du Bâtiment (BIM). L'entreprise de référence peut améliorer, comparer, affiner sa propre maquette par l'ajout d'autres modèles des collaborateurs et ainsi détecter des conflits de mise en œuvre d'un projet.

Ce niveau est le plus représentatif aujourd'hui de la méthodologie utilisée par les entreprises. Certains pays aujourd'hui intègrent cette démarche de modélisation orientée modèle dans le cadre de projets spécifiques. Cas du « gouvernement anglais dont l'utilisation du modèle BIM collaboratif a été intégré depuis 2016, sur le niveau 2 pour tous les projets relatifs au gouvernement » (Jeanne MARTIN, 2017).

Ce niveau de maturité ne concerne pas uniquement l'aboutissement de création d'une maquette numérique complète mais se compose d'une plateforme commune pour échanger les données. Il crée une ouverture sur la mise en place d'un environnement contrairement aux autres niveaux dont l'objet principalement mis en œuvre est avant tout le bâtiment. Il questionne dès à présent l'évolution des rôles des corps de métier traitant du paysage car la mise en place du BIM nécessite tout au long d'un projet des processus dont les échanges seront définis et contrôlés.

Dans l'enseignement, ce niveau se décline très souvent en deux catégories, notamment lors de l'ICEB café 2017 réunissant les intervenants de Z.Studio Architectes, l'Ecole des Ponts ParisTech, l'ENSA de Versailles et le Conseil Régional de l'Ordre des Architectes d'Iles de France.



Le niveau 2.0 nommé BIM « mutualisé »

Premier modèle métier d'information, modélisé asynchrone par intervenants ou par métiers. Elle se finalise par la coordination d'un modèle à partir des autres maquettes numériques liées au projet. Les données sont structurées selon une norme commune.

Le niveau 2.1 nommé BIM « fédéré »

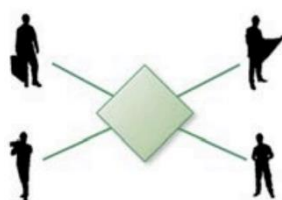
Sa différenciation réside dans le type de modélisation générée ainsi que sa coordination spatiale. Etablis par un système de lot, seule la plus-value des projets de chacun est mise en avant, évitant tout duplicata de données. Une base de données commune commence à se former.

Figure 41 : Schéma des niveaux de maturité 2 du BIM (Source : **BIM contributif**, Franck BRICAUD)

- Niveau 3 : Modélisation orientée réseau, partage avec modification

Ce niveau de maturité est le plus important, il est l'aboutissement d'une maquette unique, qui est accessible, alimenté et modifiable par l'ensemble des acteurs en temps réel par une dimension réseau nommé « Cloud computing ». Un même fichier, modèle unique, est envoyé sur une plateforme collaborative en ligne. Cette méthodologie vise à réduire les temps d'envoi et de réception traditionnelle entre les différents acteurs du projet, et limiter les conflits des traits, géométries vectorisées, générées qui sur un autre niveau doivent s'approprier les maquettes les uns des autres. Les échanges sont simplifiés par des boîtes de dialogue, où sont posés des questionnements et des possibles annotations. Les acteurs s'imbriquent ainsi, dans une ou des parties d'un projet selon les fonctions auxquelles ils ont été soumis.

Ce niveau relève d'une multitude de questionnements relatifs aux réglementations de chaque pays, les droits d'auteur ou encore des normes et type de contrats. Cependant les organismes, maîtres d'ouvrages, soumis à cette réglementation n'oblige aucunement l'utilisation d'une maturité de niveau trois. La complexité de ce niveau se retrouve également dans domaine technologique, les ressources informatiques importantes nécessaires à son bon fonctionnement, des conflits apparaissent encore au niveau des gestionnaires de fichiers, que ce soit la mise en place du format IFC qui ne permet pas toujours de garantir une bonne interopérabilité entre les différents logiciels utilisés par les aménageurs. Encore très peu répandu dans le monde, sa future insertion auprès des aménageurs des villes, et de la ville de demain est toutefois fortement supposée (Olivier CELNIK, 2016).

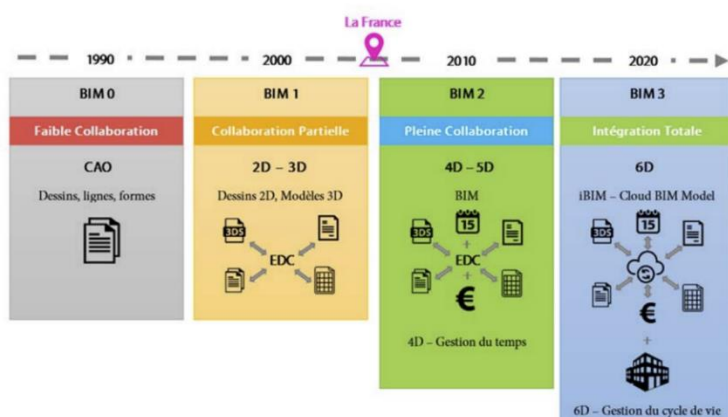


La reprise du schéma mis en place lors de de l'ICEB café 2017, permet de comprendre davantage la transition entre un niveau 2.1 à un niveau 3 nommé BIM « centralisé ». Un modèle centralisé, de travail synchrone et unique en matière de gestion des données. (Franck BRICAUD, ICEB café 2017). C'est sous cette référence que la notion d' « utopie » collaboratif apparaît.

Figure 42 : Schéma du niveau de maturité 3 du BIM (Source : BIM contributif, Franck BRICAUD)

b. Les niveaux de maturité en France

Ce premier questionnement vient d'abord des pratiques des architectes avant celui des urbanistes et architectes paysagistes. L'imbrication établie par les différents acteurs convergeant sur une même production numérique, dont les phases de modifications peuvent être une barrière à la notion de « droit d'auteur » : « Lorsqu'une part importante d'acteurs est intégrée sur des niveaux de maturité différentes, ils interagissent tous ensemble sur une même base numérique, en temps réel, qui peut prendre la responsabilité d'accaparer la propriété intellectuelle du projet qui en découle ? » (Elodie Hochscheid, Gilles Halin, 2020). Ce débat depuis toujours repose sur une notion bien plus forte que celle de la responsabilité, qui marque le point d'origine comme paternité de l'œuvre.



Tandis que le nombre de données générées augmente à chaque palier, un constat sur le positionnement de la France parmi les différents niveaux de maturité du modèle BIM annoncé par Maryne Fosse dans *CIM et Smart City* se situe encore entre le niveau 1 et 2. Le Plan BIM 2022 quant-à-lui indique le positionnement de la France comme étant sur un niveau de maturité 2.

Figure 43 : Schéma des niveaux de maturité BIM en France (Source : CIM et Smart City Maryne Fosse, Hal Open Science inspiré de geniebelt.com)

Synthèse enquête personnelle sur le niveau de maturité en France

Rémy NAVARRO - Chef de projets Bâtiment Numérique

« Les logiciels utilisés dans la démarche du BIM sont en majorité inadaptés aux marchés publics français, d'origine Américaine, ils ne permettent pas d'accéder au niveau de maturité 3 »

Stéphane GOURGOUT - Co-fondateur Bionatics

« On y est pas du tout dans cette notion de maturité »

Benoît DESTRIKATS - ONF Chef de projet Risques Naturels

L'ONF utilisant la maquette numérique comme finalité des propositions de projets validés par tous les acteurs, il n'y a pas de réel niveau de maturité quant-à-l'utilisation de LandSim3D car elle ne « reste la composante d'un même seul producteur, 3D, qui récupère le résultat de la synthèse et fait la simulation »

c. Les modèles d'informations collaboratifs comme imaginaire collectif

Diverses revues, articles, documentations scientifiques s'interrogent sur le Modèle d'Information du Bâtiment (BIM), de la Ville (CIM), du Paysage (LIM) et de la maquette numérique comme source de modèles idéalisés du concept collaboratif. L'article *Propagation du collaboratif comme idéologie : le cas du processus d'institution du BIM* (Marcela Patrascu, Florian Hémont, 2019), requestionne l'évolution de l'insertion de ces modèles dans le marché public français dans le cadre du bâtiment et plus particulièrement le secteur du logement social, sous les acteurs économiques et politiques. Qualifié comme « performance théorique (Muniesa, Callon 2013) du besoin de collaborer et désirante (Carmès 2011) d'une solution technique » (Marcela Patrascu et Florian Hémont, 2019). Le Modèle d'Information du Bâtiment (BIM) est décrit au fil des années comme un modèle méthodologique de partage visant à « mieux représenter, anticiper et optimiser les choix, tout au long de la vie de l'ouvrage » (Rapport Delcambre 2014, Marcela Patrascu et Florian Hémont, 2019). Tandis que les attentes du BIM sont qualifiées d'innovatrices, le BIM se voit s'insérer très rapidement dans la réglementation française, et notamment sous la Directive 2014/24/UE. Elle établit des procédures et règles que les États membres de l'Union Européenne doivent mettre, cette directive passe des marchés publics de travaux de construction, de fournitures et de services, au Plan Relance de la Construction, au Plan de transition numérique du bâtiment (PTNB), puis au Plan BIM 2022. Différents discours et visions d'un régime commun continuent finalement d'évoluer au fil des années. Les publications anciennes abordant les modèles d'information du bâtiment en premier lieu comme « régime de la pédagogie », se suivent du « régime de la justification » (Boltanski, Thévenot 1991), qui quelques années plus tard renvoi aux registres « idéologiques » et « de la flatterie » (Ricoeur 1997, Simondon 2005). (Marcela Patrascu et Florian Hémont, 2019)

Les résultats d'une enquête de Bruno Chaudet, montrent la contradiction entre le niveau de maturité qui s'accompagne des pratiques de la méthodologie du BIM, du CIM et du LIM, visant à former une seule maquette numérique enrichit d'une base de données informatives, représentatives, au fur et à mesure du déroulement du processus à une multitude de maquettes créée par chaque acteur indépendamment d'une maquette commune en fonction de leurs besoins spécifiques à chaque étape du processus.

Un retour sur l'ICEB café de 2017 qui sous la présentation des différents modèles de maturité, montre le niveau du BIM centralisé comme utopie. Faisant ainsi débat face aux problématiques actuelles qu'elles soient juridiques, sur le contrôle des limites de prestations, sur les droits sur les objets et attributs. Une attention particulière s'est portée sur la sensibilité de chaque corps de métier générée par les structures associées en requestionnant l'utopie collective sous la notion de mode de représentation uniformisé dans une gestion centralisée.

Synthèse enquête personnelle des bureaux d'études de paysage et urbanisme

Louis MOUTARD – Architecte / urbaniste LM Architecture (ancien dirigeant AREP)

« Chacun travail un peu de son côté, il faut voir le numérique comme un outil de collecte et de contexte dont le projet se base sur des hypothèses formées par l'évolution du territoire », la maquette numérique est la synthèse de toutes les composantes existantes environnementales dont chaque acteur en est la source d'alimentation avec possibilité d'en extraire les couches.

2.4 Conclusion pour ces trois notions

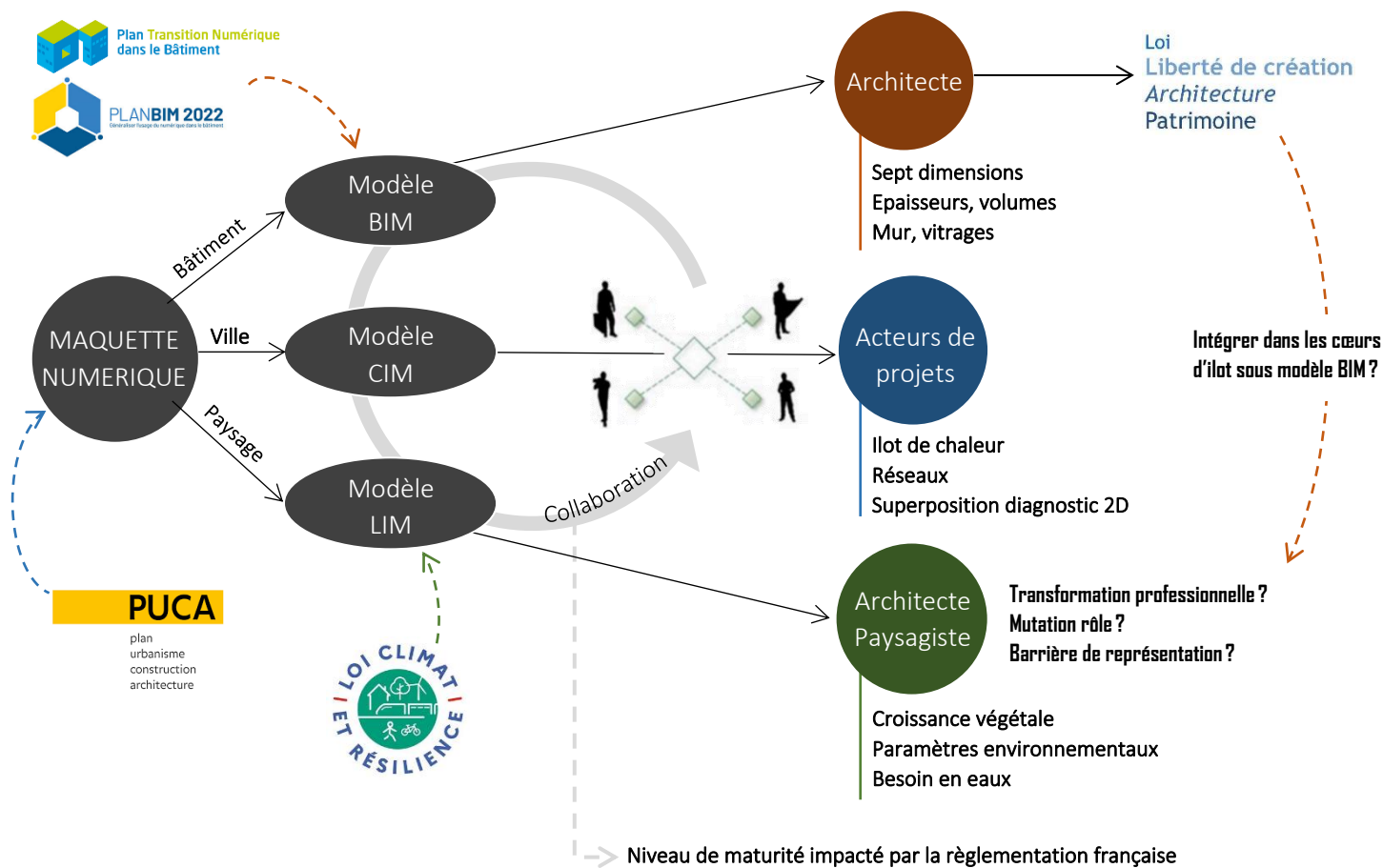





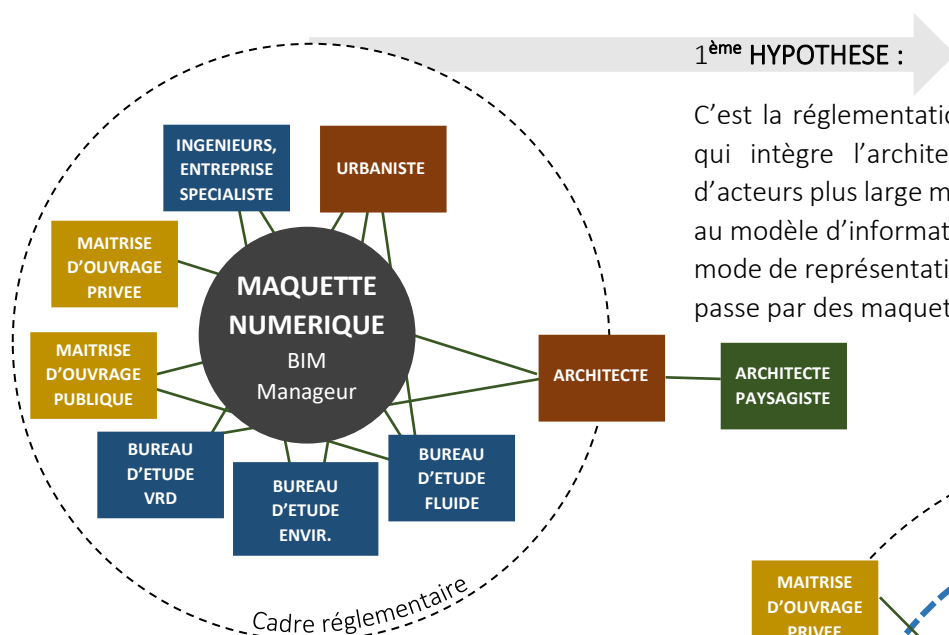
Figure 44 : Schéma conclusion (Source : réalisation personnelle à partir de l'état de l'art)

3. HYPOTHESES ET OBJECTIFS

L'établissement de l'état de l'art fait converger trois notions entre maquette numérique sous des modèles d'information et rôle de l'architecte paysagiste. « Représentation », « Collaboration », « Mutation » sont trois termes qui requestionnent de très près le devenir des rôles des aménageurs du territoire dans le domaine paysager. Encore dans une ère numérique très récente de gestion de l'information, c'est par la réglementation et les nouvelles visions de l'aménagement du territoire que la notion de collaboration vient lier les deux autres notions sur la mutation du rôle de l'architecte paysagiste au sein de la maquette numérique.

« QUELLE MUTATION DE L'ARCHITECTE PAYSAGISTE VERS LA REPRESENTATION NUMERIQUE, ENTRE COLLABORATION DES ACTEURS ET ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX ? »

La méthodologie se reposera sur trois hypothèses, basé sur trois niveaux de lecture :  le cadre réglementaire impliquant la mise en œuvre d'une maquette numérique sous modèles BIM, LIM, CIM, TIM.  Les acteurs aménageurs du territoire qui alimentent la maquette.  Les aménageurs concepteurs qui l'utilisent.



C'est la réglementation des marchés publics, loi LCAP, qui intègre l'architecte paysagiste dans un réseau d'acteurs plus large mais n'est pas associée directement au modèle d'information par maquette numérique. Son mode de représentation reste le même, la collaboration passe par des maquettes numériques 3D type BIM.

Figure 45 : Schéma de la 1^{ère} hypothèse du positionnement de l'architecte paysagiste (Source : réalisation personnelle)

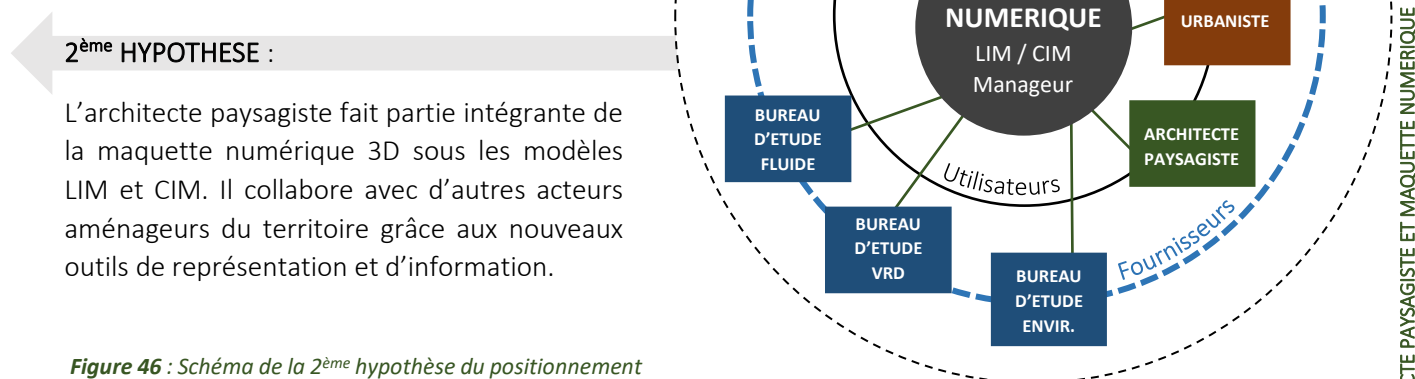
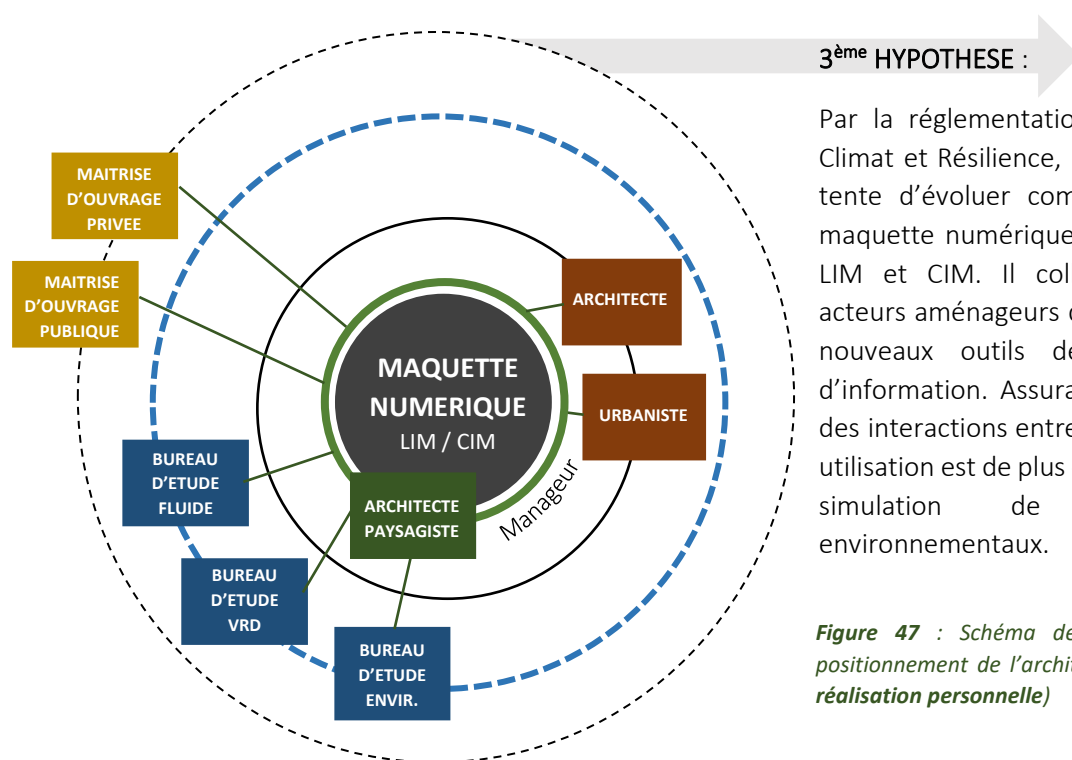


Figure 46 : Schéma de la 2^{ème} hypothèse du positionnement de l'architecte paysagiste (Source : réalisation personnelle)



Par la réglementation française de la loi Climat et Résilience, l'architecte paysagiste tente d'évoluer comme manager de la maquette numérique 3D sous les modèles LIM et CIM. Il collabore avec d'autres acteurs aménageurs du territoire grâce aux nouveaux outils de représentation et d'information. Assurant ainsi la cohérence des interactions entre les informations. Son utilisation est de plus en plus tournée vers la simulation de grands enjeux environnementaux.

Figure 47 : Schéma de la 3ème hypothèse du positionnement de l'architecte paysagiste (Source : réalisation personnelle)

Ces trois hypothèses seront appuyées par divers objectifs :

1^{er} OBJECTIF :

Démontrer par les types de logiciels la relation entre représentation, collaboration et utilisation

2^{ème} OBJECTIF :

Montrer en quoi la notion de représentation marque un frein à la mutation de l'architecte paysagiste

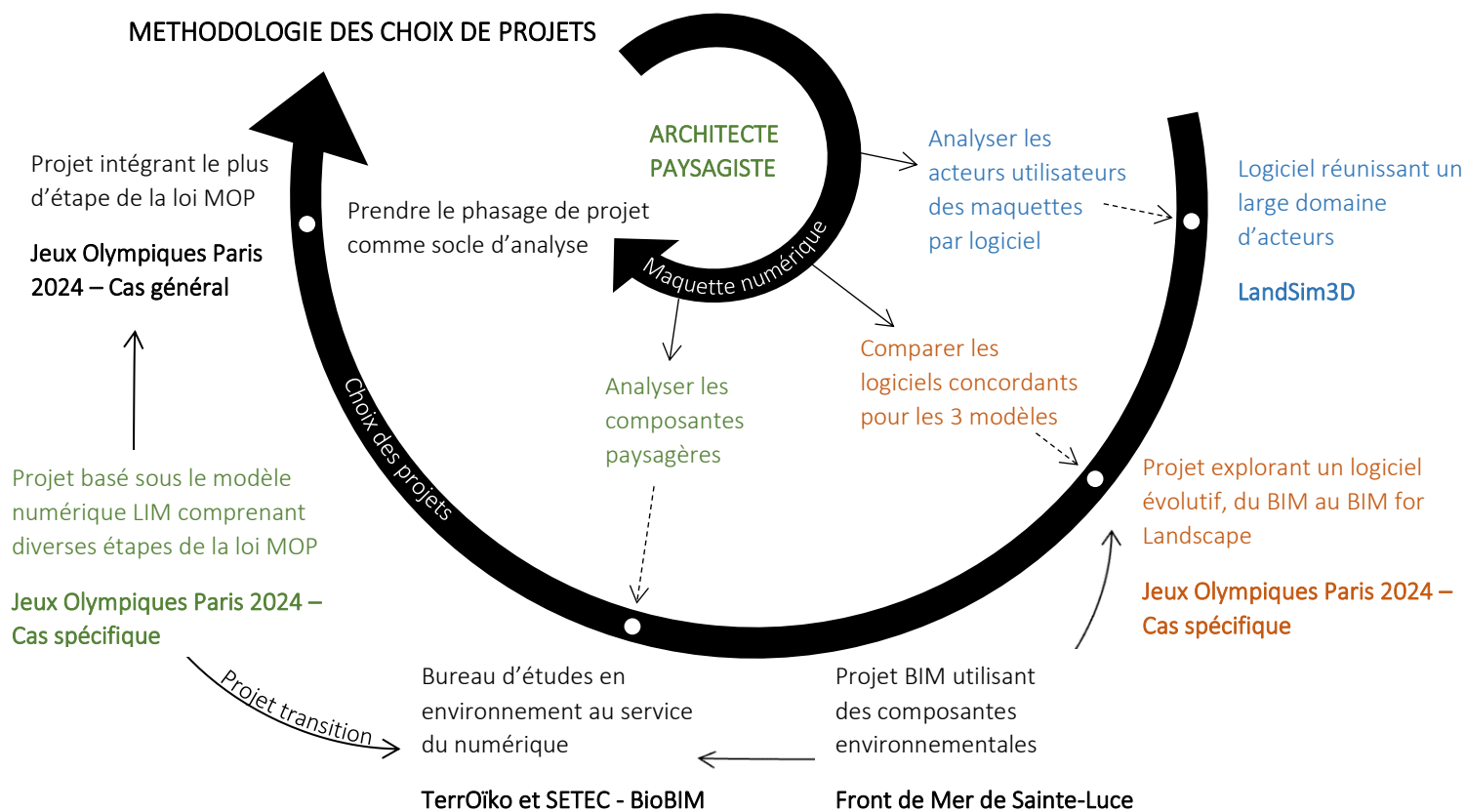
3^{ème} OBJECTIF :

Déterminer les améliorations des pratiques de l'architecte paysagiste à sa mutation au sein d'une maquette numérique 3D sous un modèle adapté.

Afin de simplifier la compréhension des projets analysés, la méthodologie suivante inversera l'ordre des notions abordées par l'état de l'art : la « **Collaboration** » comme socle d'analyse et de description du projet, la « **Représentation** » comme comparaison des utilisations depuis le phasage de projet vers les enjeux environnementaux, la « **Mutation** » comme développement des compétences nécessaires aux outils utilisés.

4. METHODOLOGIE

4.0 Synthèse schéma méthodologique



METHODOLOGIE D'ANALYSE DES PROJETS

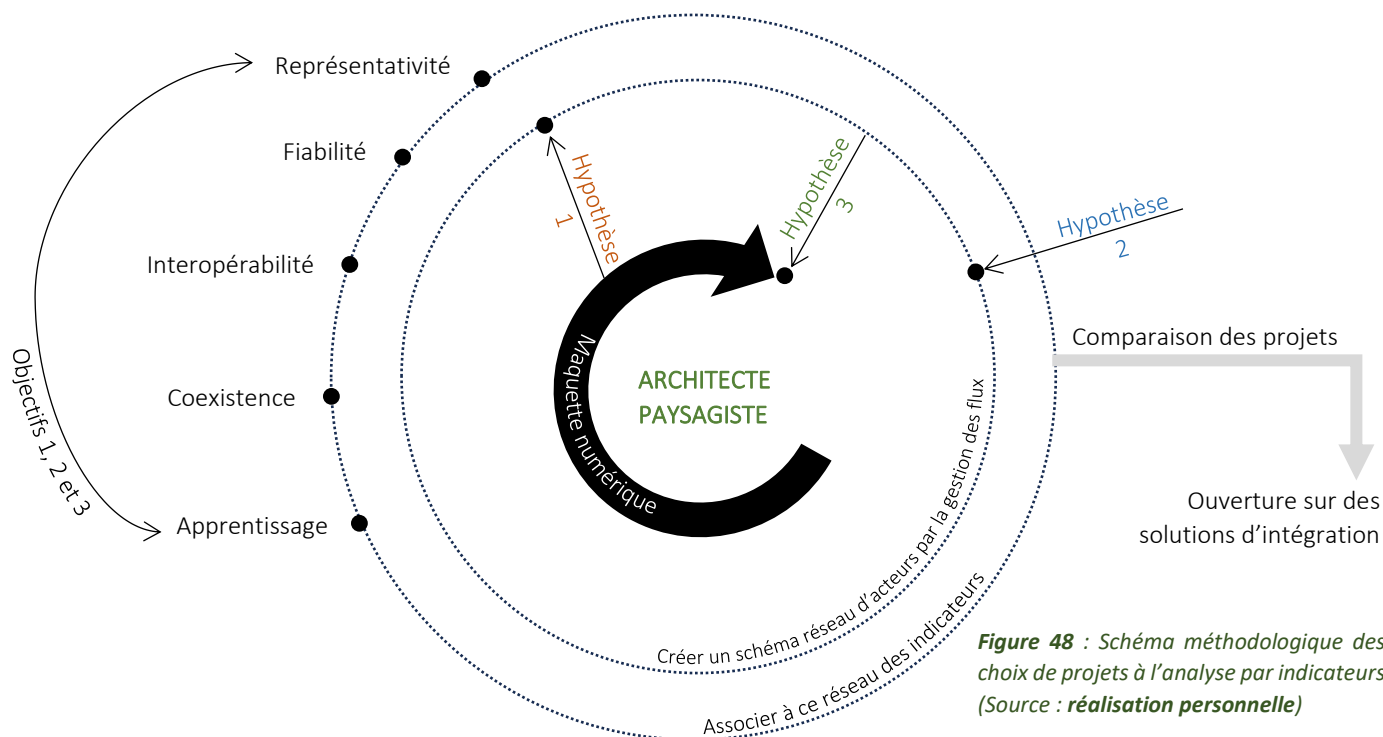
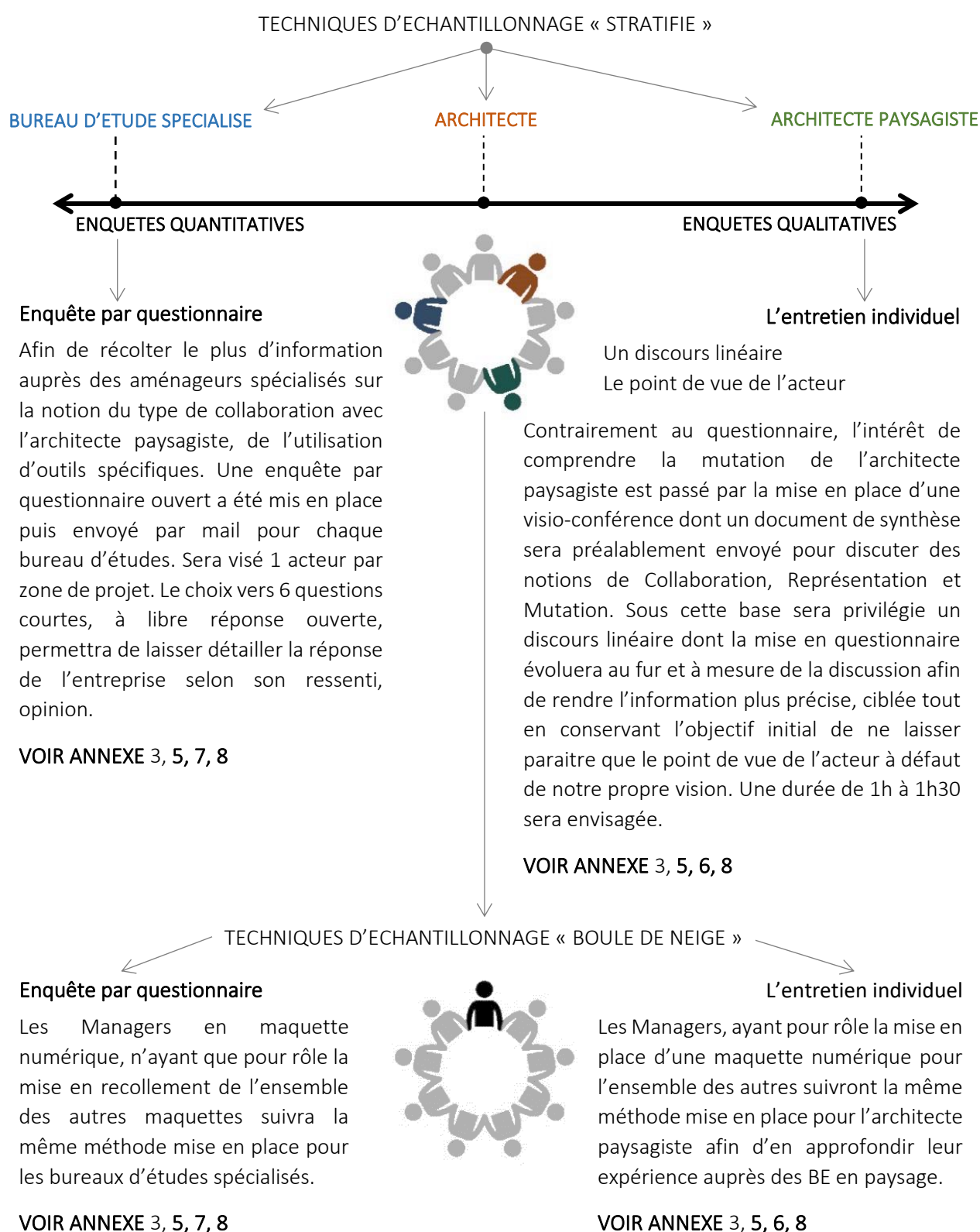


Figure 48 : Schéma méthodologique des choix de projets à l'analyse par indicateurs
(Source : réalisation personnelle)

Cette méthodologie est accompagnée d'une technique dite entonnoir, le choix des projets sera développé depuis plusieurs catégories analysées. Du plus global dont sera présent dans les annexes un listing de tous les logiciels, composantes, modèles développés aux détails les plus fins adaptés à l'architecte paysagiste ou aux filières du paysage. Les projets des Jeux Olympiques Paralympiques seront développés du cas général aux détails spécifiques, ce qui permettra de comparer la vision d'un ensemble à la réalité d'une spécificité exécutée.

METHODOLOGIE DES ENQUETES POUR ANALYSER LES PROJETS

L'analyse de ces projets passera par une première lecture sur les sites officiels des aménageurs, des communes afin d'exploiter les plaquettes de projets accessibles. Afin que ce mémoire soit le plus fiable possible, un **échantillon de 30 acteurs** sera contacté pour l'ensemble des 6 projets via la mise en place de divers types d'enquête. Une **technique d'échantillonnage stratifié** a été mise en place pour faire un découpage par strate des acteurs, **selon leur profession trois grands groupes ont été retenus**, les architectes, les architectes paysagistes et les bureaux d'études spécialisés. Une **deuxième technique dite « boule neige »** pourra être suivie des premières enquêtes, dans le cadre de ces nouveaux métiers BIM, CIM, LIM Manager dont la mise en place de la maquette numérique est externe aux trois professions retenues précédemment.



4.1. Méthodologie des choix de projet

4.1.1 Le phasage de projet comme support d'analyse du réseau d'acteurs

Pour répondre à la question de recherche « Quelle mutation de l'architecte paysagiste vers la représentation numérique, entre collaboration des acteurs et enjeux environnementaux ? », il était nécessaire d'inclure son positionnement dans le phasage d'un projet. L'état de l'art a permis de comprendre l'enjeu des collaborations entre les aménageurs du territoire à des phases précises d'un projet. L'analyse des projets se fera sous la conformité de la loi relative à la Maîtrise d'Ouvrage Publique et à ses rapports avec la maîtrise d'œuvre privée grâce à sa chronologie associée suivante :

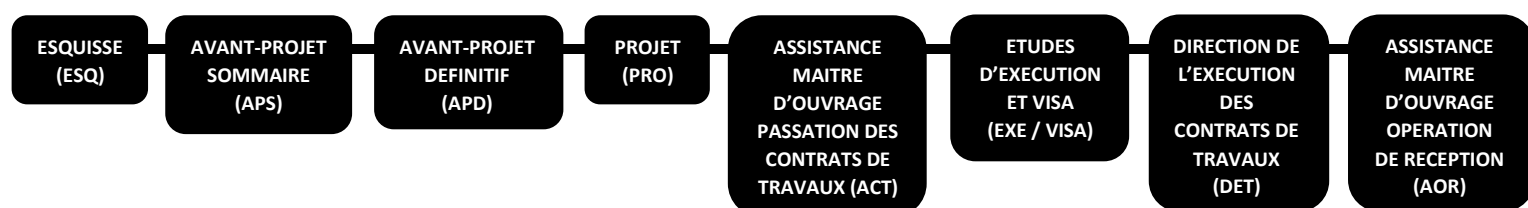


Figure 49 : Schéma du phasage de projet selon la loi MOP (Source : réalisation personnelle à partir de Légifrance)

L'état de l'art a permis de comprendre l'intérêt particulier d'une analyse basée sur cinq étapes précises qui témoigne de la gestion de flux d'informations dans un cadre de collaboration mais également de la manière d'utiliser la maquette numérique et son modèle CIM associé.

- ESQ

La phase d'esquisse permettra de faire le lien avec les modes de représentation. Cette phase supposée externe à la maquette numérique est le premier pas d'une réflexion sur la nécessité de développement d'un modèle d'information.
- APS, APD

Les phases d'avant-projet sommaire et définitif seront regroupées afin de monter la première étape de collaboration. Des enquêtes auprès des entreprises du paysage ont permis de comprendre que trois d'entre-elles auraient travaillé avec des maquettes numériques de Voiries et Réseaux Divers (VRD).
- PRO

L'analyse de la phase de projet permettra de comprendre le positionnement de l'architecte paysagiste au sein des aménageurs dans la mise en gestion des informations de son projet après concertation et validation. Ainsi que sa mise en simulation en vue des enjeux environnementaux actuels.
- DCE

Cette phase est l'une des plus importantes de la loi Maitrise d'Ouvrage Publique (MOP), se situant après la phase Avant-Projet Définitif (APD) et avant le lancement de la phase Etudes d'Exécution (EXE). Elle vise la consultation des entreprises VRD et Fluide.
- CHANTIER

La phase de chantier quant-à-elle est l'aboutissement de toute une collaboration, flux d'information entre concepteurs, fournisseurs et réalisateurs. Elle permettra de voir si aujourd'hui la pérennité d'un projet passe aussi un le suivi conformément établi dans la maquette numérique sous des modèles d'informations.

Collaboration entre les BE en Architecture du paysage et les BET VRD



4.1.2 Des logiciels concordants sous l'ensemble des modèles, du Bâtiment (BIM), de la Ville (CIM), du Paysage (LIM)

L'enjeu de réalisation d'une maquette numérique puise sa capacité à exploiter un ensemble de logiciels pour la mise en place d'un projet que ce soit depuis l'analyse à la conception. L'intérêt ici est de voir l'extension de certains logiciels à développer deux ou trois modèles, témoignant des possibilités de collaboration entre les aménageurs depuis l'échelle du bâtiment pour l'architecte, BIM, l'échelle d'une ville pour les aménageurs, CIM et l'échelle du paysage par les bureaux d'études en paysage. L'ensemble des logiciels utilisés pour la mise en maquettes numériques ont été déterminé en amont en annexe 1. L'analyse renvoie vers un logiciel particulier, initialement en BIM, Revit, qui se voit étendre à l'échelle du CIM. Mais également par la création d'un plug in en paysage Naviate voit naître le BIM for Landscape.

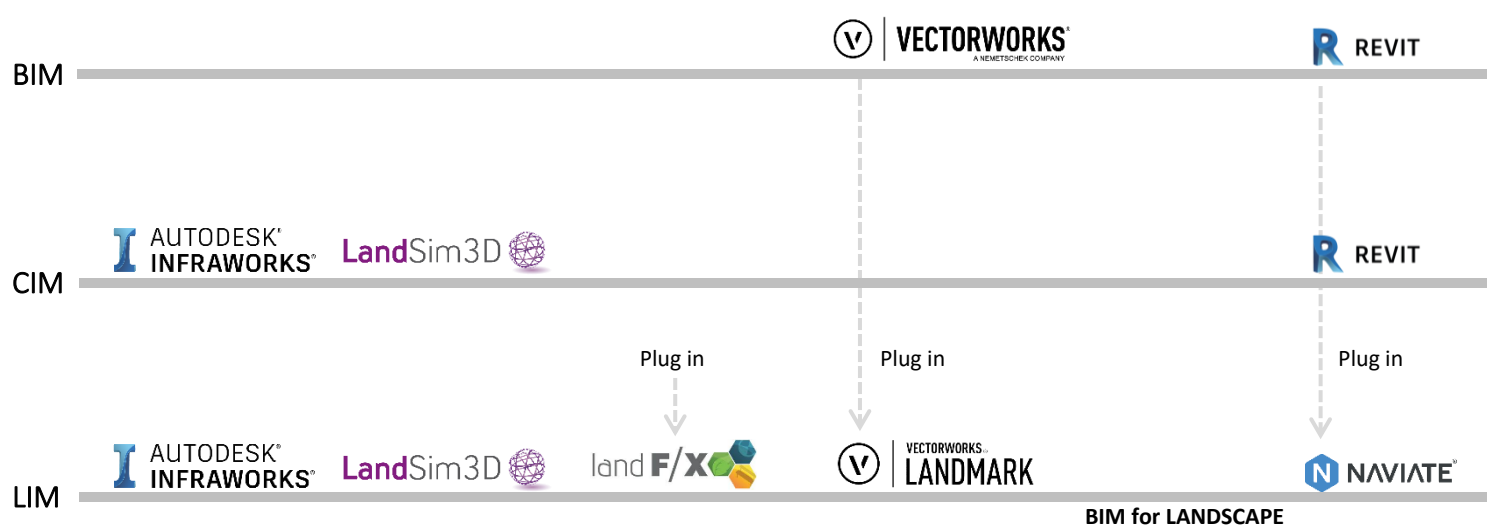


Figure 50 : Schéma des logiciels concordants sous modèles BIM, CIM, LIM (Source : réalisation personnelle)

4.1.3 Les composantes paysagères utiles à l'architecte paysagiste

Afin de réduire le nombre de logiciels à analyser dans ce cas d'étude, il est nécessaire de quantifier et de qualifier le nombre de composantes réellement utiles pour la mise en place d'une collaboration avec l'architecte paysagiste. Une liste plus globale a été mise en œuvre en annexe 1. La combinaison des logiciels LandSim3D, Revit et Land sont ceux qui permettent le plus de fonctionnalités paysagères utiles.

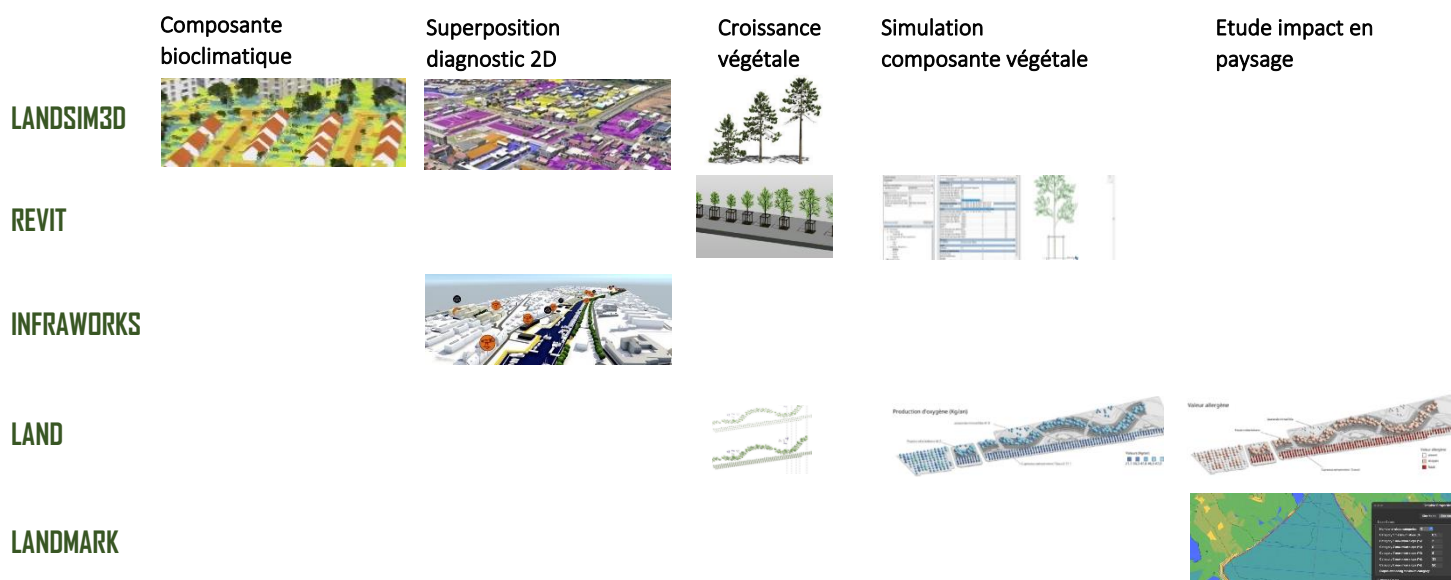
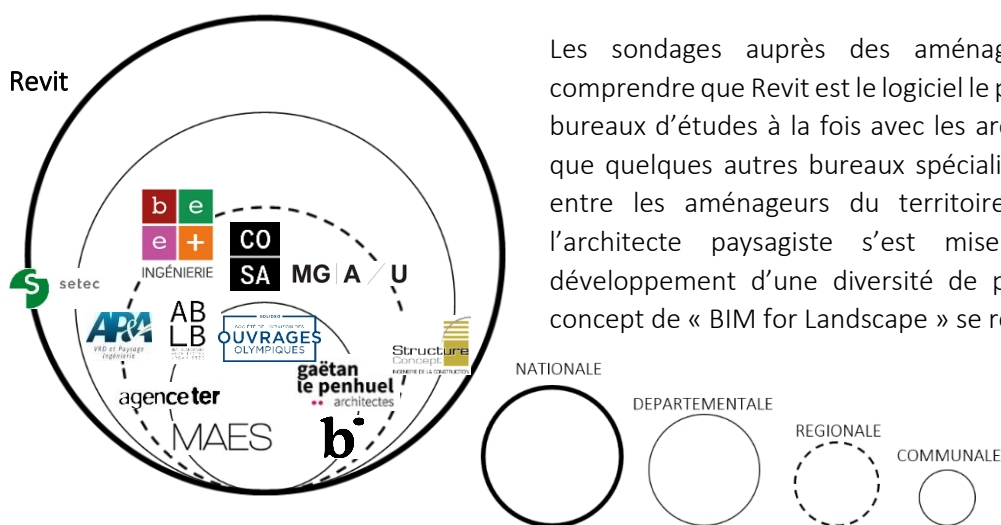


Figure 51 : Schéma illustratif des composantes paysagères utiles à l'architecte paysagiste (Source : réalisation personnelle à partir du développement des outils en annexe 1)

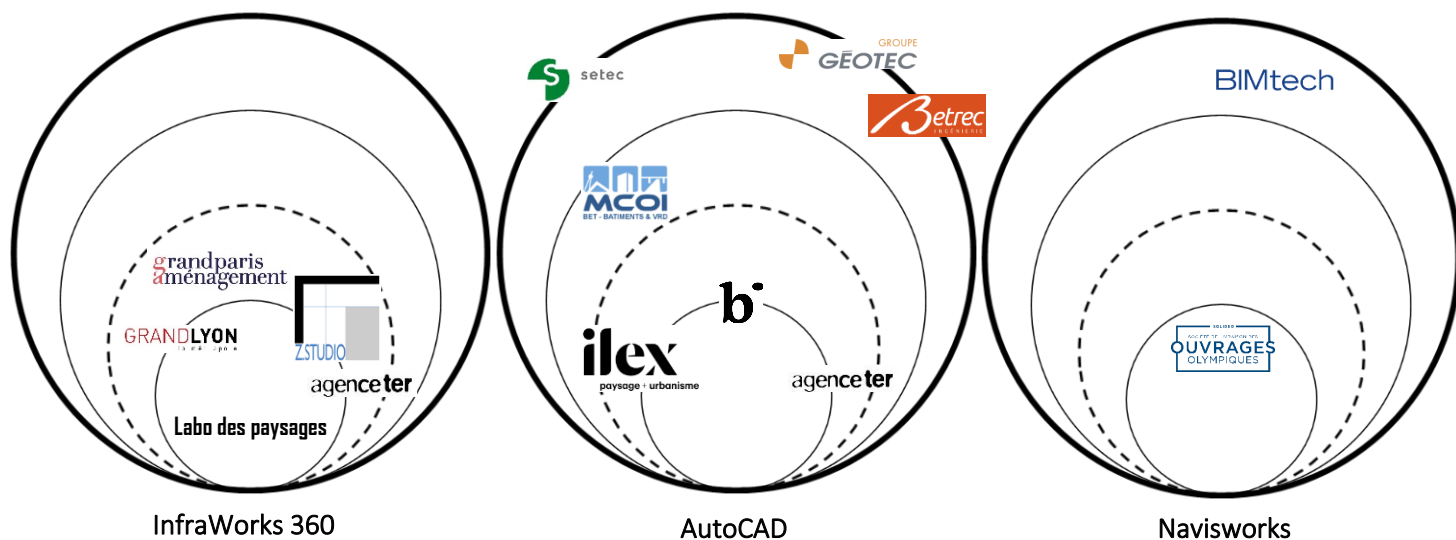
4.1.4 Analyse des acteurs utilisateurs des maquettes numériques

Basé sur la méthodologie d'analyse des nominées de la catégorie BIM, CIM, LIM lors des cérémonies de remise BIM d'OR, un concours organisé et lancé par le Moniteur et les Cahiers techniques du bâtiment a permis de connaître un grand ensemble de projets menés dans le cadre de cette avancée numérique. Les premiers choix de projets se tourneront depuis le début de création de ce concours (annexe 1). Afin de comparer les différentes mutations de l'architecte paysagiste, deux autres projets viseront deux thématiques différentes, l'une se basera sur un logiciel réunissant aujourd'hui le plus grand nombre d'acteurs aménageurs du territoire, LandSim3D (complément annexe 1 et 6). Le deuxième quant-à-lui amène une importance sur l'une des étapes de la loi MOP, le dossier de consultation des entreprises, ainsi sera répertorié un projet de recherche depuis des bureaux d'études en environnement vers les BET VRD et fluide.

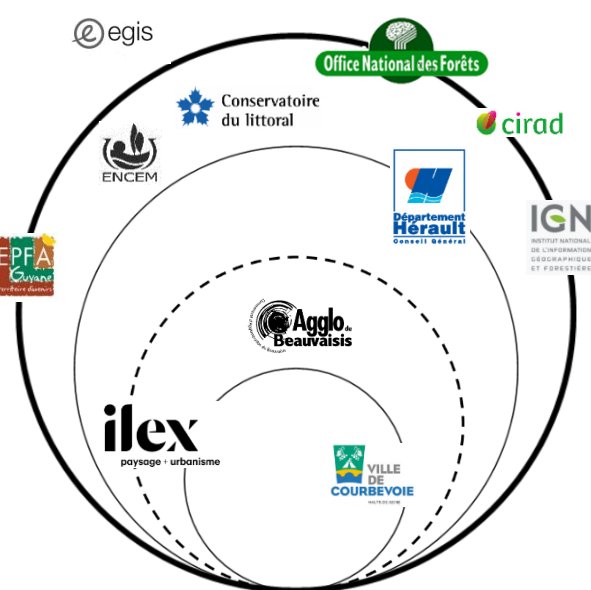


Les sondages auprès des aménageurs ont permis de comprendre que Revit est le logiciel le plus commun à plusieurs bureaux d'études à la fois avec les architectes, les VRD, ainsi que quelques autres bureaux spécialisés. Vecteur d'échange entre les aménageurs du territoire, une ouverture vers l'architecte paysagiste s'est mise en œuvre par le développement d'une diversité de plugiciel (Annexe 1), le concept de « BIM for Landscape » se renforce.

D'autres logiciels comme InfraWorks, Autocad ou encore Navisworks sont utilisés par un grand nombre d'acteurs mais ciblant majoritairement un seul corps de métier à la fois. En comparaison avec les logiciels les plus utilisés en France : InfraWorks sur la même démarche que Revit comprend sa base initiale en BIM, puis se voit évoluer sur la transition du « BIM for Landscape ». On y retrouve des bureaux d'études en paysage, des urbanistes et des collectivités territoriales. AutoCAD est quant-à-lui un logiciel très utilisé par les bureaux d'études en architecture du paysage ainsi que certains bureaux d'études spécialisés. L'utilisation du logiciel Navisworks est plus particulier, très souvent utilisé pour la coordination d'un ensemble de modèles, du BIM vers le CIM et LIM, par les managers de maquettes numériques.



Cas de LandSim3D - un logiciel avec réseau d'acteurs variés à trois échelles différentes



L'intérêt d'ancrer LandSim3D dans la méthodologie d'analyse permet de mettre en relation les différents établissements, instituts et entreprises regroupant une diversité d'acteurs sous quatre échelles. Sous une maquette numérique ou jumeau numérique de la ville, doit-on s'attendre à une collaboration entre les acteurs à des différentes échelles. Cependant aujourd'hui représentatif de très peu de bureaux d'études en architecture du paysage, essentiellement Ilex Paysage qui aurait collaboré auprès de Bionatics lors du projet d'aménagement du tramway de la ville d'Avignon.

Cas de BioBIM - L'utilisation des outils numériques par les bureaux d'études spécialisés pour la gestion de la biodiversité

Le dernier cas, prend sa référence d'un ensemble de bureaux d'études et laboratoires spécialisés convergeant vers un projet de recherche BioBIM - Biodiversité et Infrastructure BIM portée par la collaboration entre la Setec et TerrOïko. Ce projet s'élargira à la pratique de ces bureaux d'études, d'un côté l'utilisation du logiciel SimOïko par TerrOïko qui vise la visualisation et la simulation de la biodiversité. De l'autre l'utilisation de simulation dynamique d'un ensemble de composantes sous format IFC.

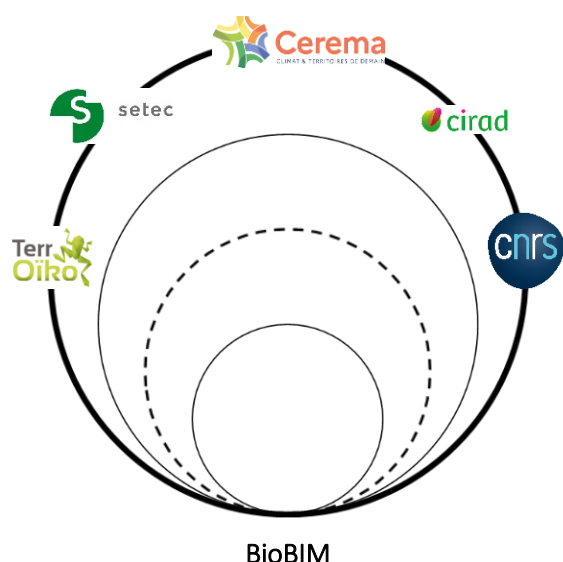


Figure 52 : Schémas des acteurs utilisateurs des maquettes numériques selon leur échelle d'intervention (Source : *réalisation personnelle* à partir du développement des outils en annexe 1 et des sondages en annexe 3 à 8)

4.2. Méthodologie d'analyse des projets

4.2.1 Créer un schéma réseau d'acteurs par la gestion des flux d'informations

L'état de l'art a permis de comprendre l'origine de la création d'une maquette numérique, basée sur des modèles d'informations que ce soit pour le bâtiment, la ville ou le paysage, tout en puisant sa construction d'une collaboration par flux d'informations entre les parties prenantes d'un projet. Créer un schéma des flux d'informations entre les différents acteurs pourra permettre de comprendre le positionnement de l'architecte paysagiste lors de grand projet public. Cette méthodologie s'appuie sur un cas de projet de recherche sur la gestion de biodiversité, BioBIM sous les bureaux d'études TerrOïko et SETEC (Annexe 8).

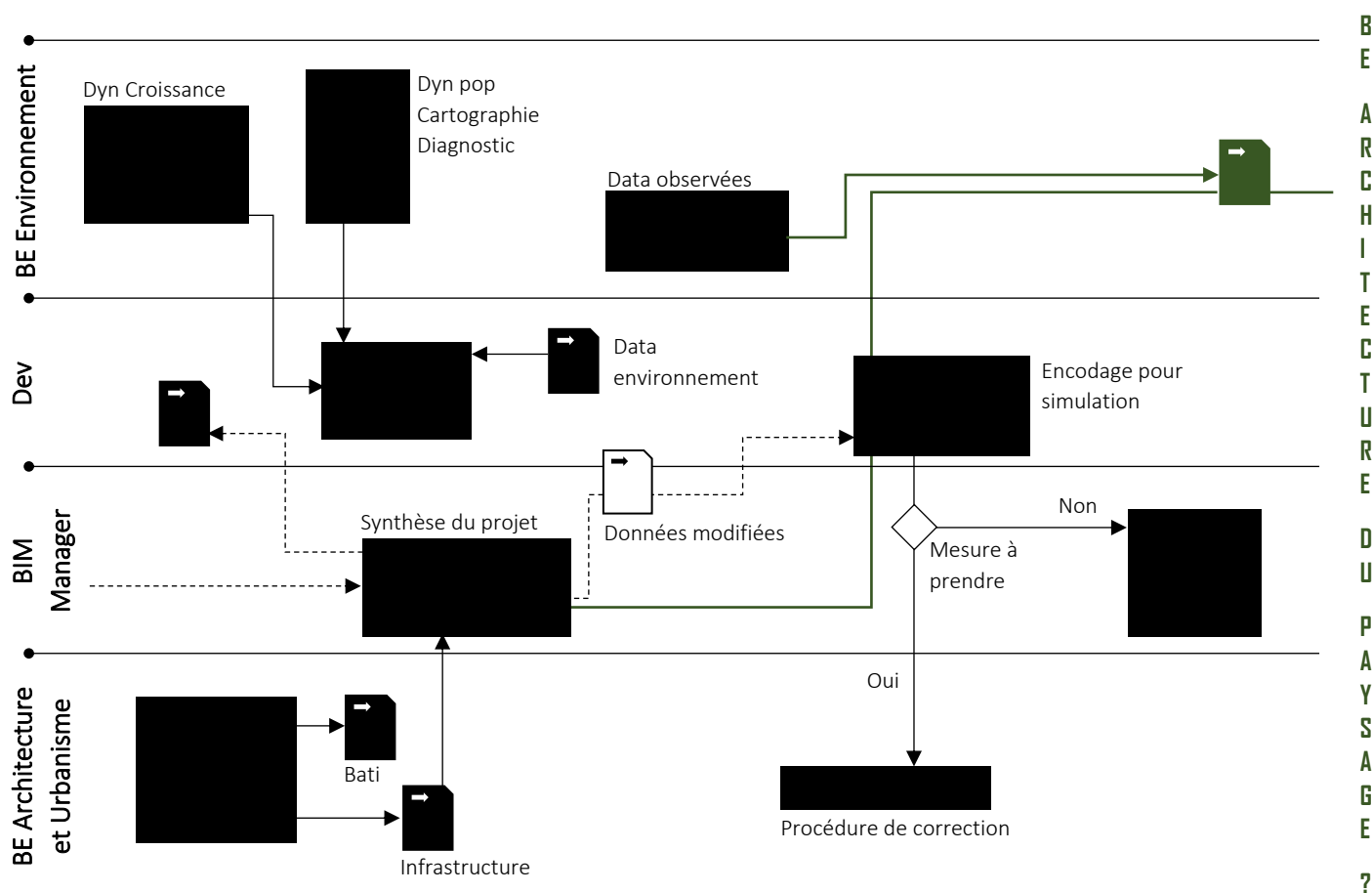


Figure 53 : Schéma du flux d'informations par les acteurs utilisateur d'une maquette numérique sous BIM, CIM ou LIM (Source : réalisation personnelle à partir d'un projet de recherche TerrOïko modifié, gestion de la biodiversité BioBIM)

Chaque réseau mis en place sera représentatif d'une ou de plusieurs étapes du phasage de projet abordé précédemment. C'est dans le lien à chaque corps de métier que pourra se comprendre son positionnement.

4.2.2 Associer à ce réseau des indicateurs entre notion de représentation et exigence de la norme ISO

Le schéma des flux d'informations à mettre en œuvre, analysera les composantes, productions, compétences via des indicateurs. Les indicateurs quant-à-eux vont permettre de comprendre les mutations de l'architecte paysagiste face à ces données informationnelles et aux modes de représentations associées. Ces indicateurs ont été sélectionnés via le tableau des exigences de la norme ISO ayant pour objectif de qualifier les moyens mis en œuvre dans la collaboration et la traduction du projet (Annexe 2).

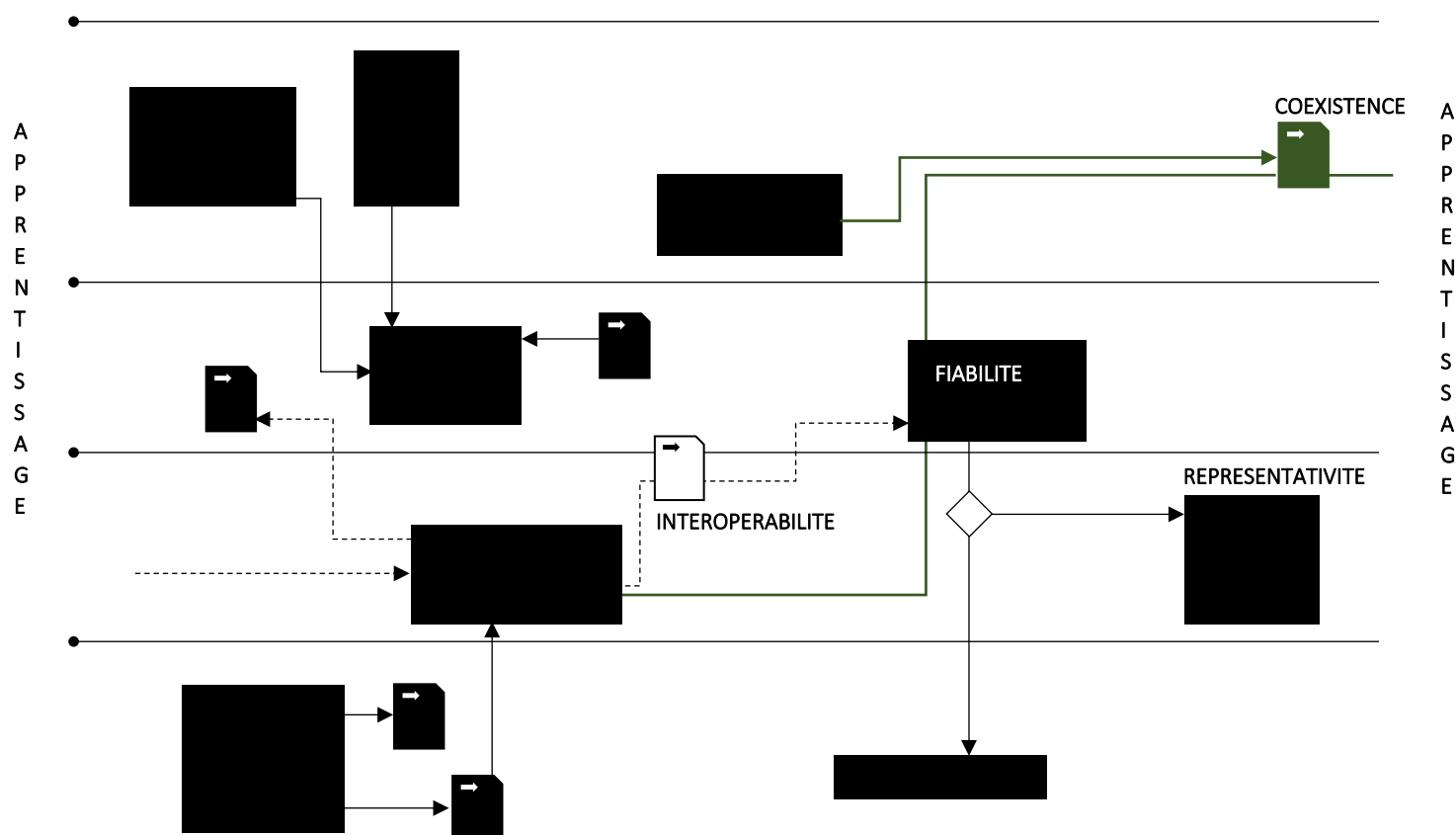


Figure 54 : Schéma du flux d'informations par les acteurs par l'application d'indicateurs (Source : réalisation personnelle à partir du tableau d'indicateurs de l'exigence de la norme ISO)

Ces indicateurs permettront de comparer les pratiques externes à la maquette numérique par les acteurs ainsi que leur intégration. La notion de représentativité par exemple se verra comparer les productions faites en amont de la synthétisation finale par le numérique pour comprendre ce que génèrent les collaborations en matière de représentations. L'ensemble des indicateurs formera un premier pas vers la réflexion des transformations professionnelles, notamment de l'architecte paysagiste que ce soit pour la mise en unité d'une production commune, aux tâches et rôles associés.

4.2.2.1 Indicateur de représentativité

Pour comprendre les choix entrepris par l'architecte paysagiste au sein d'un réseau d'acteur sous maquette numérique un premier indicateur se forme d'un questionnement sur la représentativité collective. Les maquettes numériques pouvant avoir des codes de représentations différentes allant du schématique au réaliste, sont cependant unitaires pour chaque acteur intégré dans le processus d'un même projet.

La maquette numérique LandSim3D peut se décomposer sous une méthode de modélisation du territoire progressive par différents niveaux de détails. L'architecte paysagiste est amené à adapter son mode de représentation selon les phases concernées et selon la communication envers des acteurs cibles. La mise en place de cet indicateur se basera sur le concept de LOD établi par le modèle d'information du bâtiment, BIM décrivant ainsi les niveaux de détails envisagés par les aménageurs au sein de la maquette numérique. Trois grandes composantes vont être analysées par les niveaux de détails des bâtiments, du végétal ainsi que les projets paysagers.

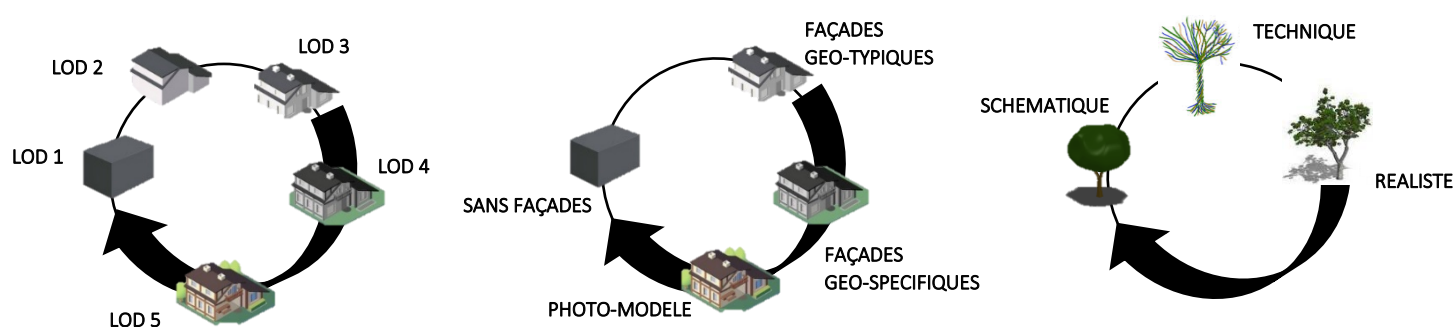


Figure 55 : Schéma illustratif des représentations et niveaux de détails des productions (Source : réalisation personnelle à partir des LOD établi par le modèle BIM)

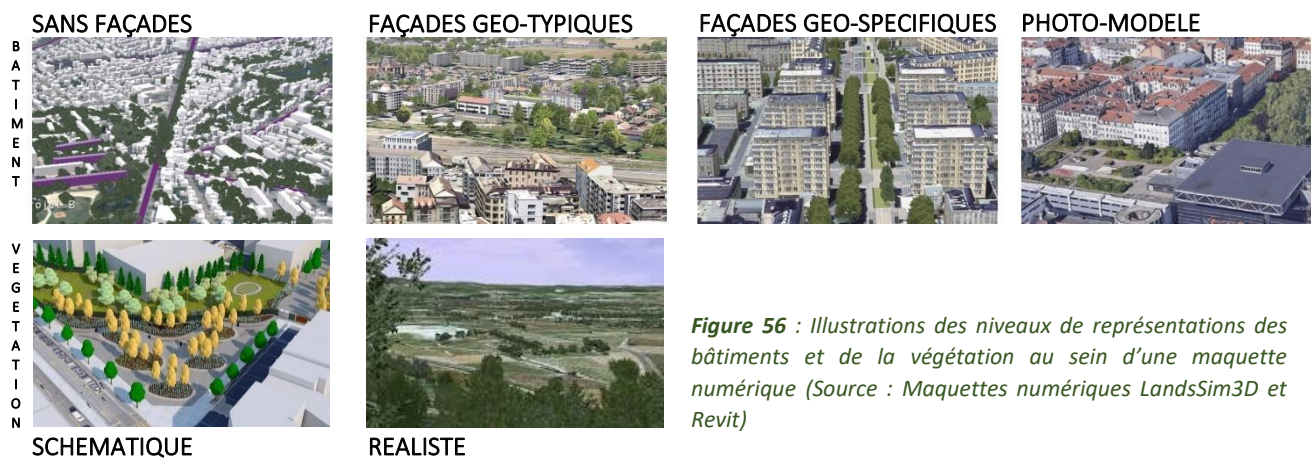


Figure 56 : Illustrations des niveaux de représentations des bâtiments et de la végétation au sein d'une maquette numérique (Source : Maquettes numériques Landsim3D et Revit)



Une comparaison des modes de représentations pour l'architecte paysagiste se fera entre les pratiques mises en place avant l'utilisation de la maquette numérique et les pratiques après maquette. Soit de la première phase d'esquisse aux phases des études d'exécution. Cette comparaison pourra permettre dans un premier temps de voir les concordances entre avant et après maquette, mais également de comprendre si le développement du BIM vers le LIM et CIM marque un frein à la représentation des projets de paysage.

Figure 57 : Illustrations des types de représentations avant, pendant et après maquette numérique (Source : Projet Colline d'Elancourt D'ici-Là, Projet village des athlètes, Projet Front de Mer Sainte-Luce, EGA)

4.2.2.2 Indicateur de fiabilité

L'indicateur de fiabilité permet de qualifier le type de collaboration que pourrait avoir les aménageurs. L'indicateur visera essentiellement la fiabilité temporelle, qui représente la problématique la plus importante de la gestion des données informatives. La problématique de la donnée informative cartographique en France métropolitaine réside dans sa datation, colonne vertébrale des démarches méthodologique du CIM, LIM et TIM. Une analyse cartographique des éléments socles de ces maquettes (Annexe 2) montre la présence d'informations très anciennes, erronées, absentes ou encore non organisées. Il sera important via les réseaux des acteurs de tracer la différence entre l'analyse cartographique et le dossier de consultation des entreprises, témoignant d'une datation différente de l'information intégrée à la maquette numérique selon les échelles mises en œuvre et les couches informatives respectives. Le choix pour les bandes de données BD Topo et SCAN 25 proviennent de l'analyse des paramètres de qualité géométrique altimétrique et planimétrique, effectuée par le GeoService de l'IGN (Annexe 2).

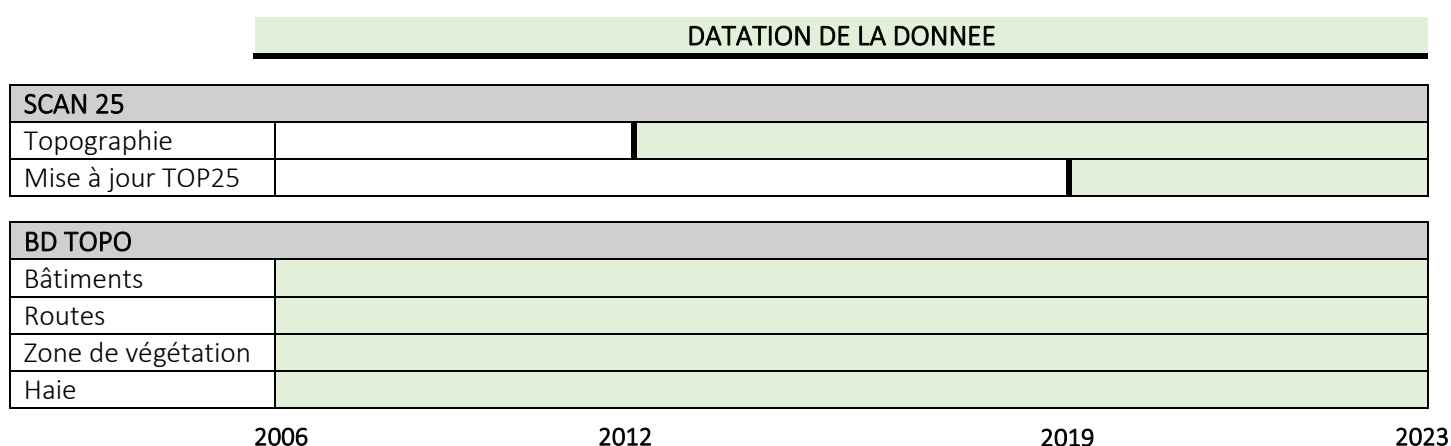


Figure 58 : Tableau de la datation de la donnée SCAN 25 et BT TOPO (Source : **réalisation personnelle** à partir de l'analyse des données IGN, exploitées sur QGIS)

4.2.2.3 Indicateur d'apprentissage

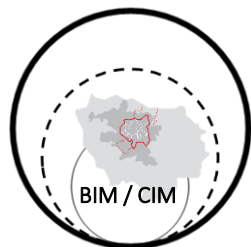
Cet indicateur va permettre de connaître les transformations professionnelles ou non du métier dans le processus de la maquette numérique. Sera quantifié via cet indicateur le nombre d'heures de formation pour acquérir les connaissances et compétences d'utilisation des logiciels. Une enquête (Annexe 3 à 8) visera l'ensemble des acteurs du projet ainsi que de l'architecte paysagiste.

4.2.2.4 Indicateur d'interopérabilité / de coexistence

Cet indicateur vise la vérification d'un propos aujourd'hui très largement idéalisé, abordé lors de l'état de l'art, la maquette numérique sous les modèles d'information comme gain de temps sur le retravail des productions, fichiers des autres corps de métier en collaboration avec l'architecte paysagiste. L'analyse de cet indicateur reprendra la notion de la norme internationale pour la gestion de l'information (ISO), ayant pour objectif de voir le bon fonctionnement des fichiers IFC entre les différents corps de métier, aménageurs du territoire. L'état de l'art a su montrer autrefois des difficultés de collaboration lorsque différents logiciels sont utilisés notamment dans les tracés et géoréférencement entre une échelle d'un bâtiment à celle d'une ville, d'un territoire. Cet indicateur sera à la fois appuyé par la mise en place du réseau d'acteurs et à la fois par le biais de sondages auprès des acteurs concernés par le projet. Il ne concernera que les projets de cas généraux utilisant une diversité de logiciels.

4.3. Choix des projets à analyser associés aux logiciels utilisés

Afin de comprendre la réelle mutation de l'architecte paysagiste au sein du réseau d'acteurs, il est nécessaire de confronter différentes échelles de projet, de différencier les phases d'utilisation depuis la loi MOP et d'intégrer des projets initiés soit par l'architecte paysagiste, soit par un autre corps de métier aménageur du territoire. Les projets pourront être basés sur plusieurs types de logiciels ou des cas de logiciels spécifiques pour exploiter la vision du niveau de détails à générer lors de la communication auprès des élus, collectivités, habitants.



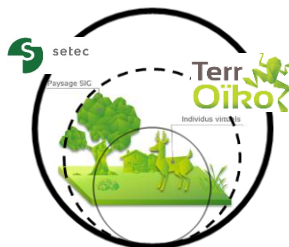
VILLE

Un premier projet se décline à l'échelle d'une ville, par le biais des ouvrages des jeux Para.Olympiques, un grand nombre de corps de métier collaborent sous différents logiciels pour construire à la fois la phase des jeux et celui de la phase héritage. Cet intérêt particulier se superpose à l'utilisation des maquettes numériques sous une large partie des étapes de la loi MOP. Cette étude de projet permettra de comprendre le positionnement de l'architecte paysagiste sur le choix de phase utilisant la maquette numérique pour quel logiciel.

Un deuxième projet s'intéressera à une démarche uniquement LIM, basée sur une échelle de paysage, de la valorisation des vues paysagères à la préservation de la faune et flore locale. L'intérêt particulier de ce projet vise la mise en collaboration entre un bureau d'études en environnement et un bureau d'études en architecture du paysage face à la transition numérique par le cadre réglementaire de la Solideo.

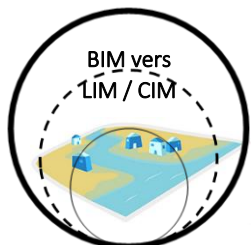


PAYSAGE



Transition

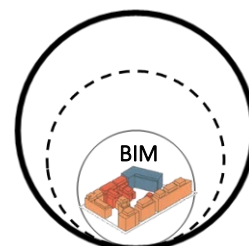
Un troisième projet, transition entre le LIM et le BIM passe non plus par les logiciels mais par les bureaux d'études spécialisés se tournant vers la conception numérique. Prendre BioBIM comme base de référence permet de comprendre ce que peuvent apporter les entreprises en environnement en matière de données informationnelles vers les architectes paysagistes. Ainsi étendre cette réflexion au travers des acteurs associés.



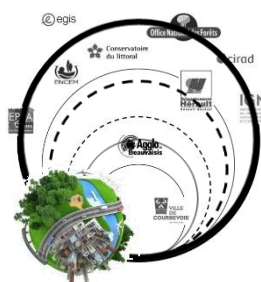
MACRO LOT

Un quatrième projet abordera un aménagement côtier soumis à des conditions climatiques régulières. Une maquette numérique d'abord BIM évoluera sur une échelle multiscalaire LIM vers CIM. L'intérêt pour ce choix renvoie aux types de simulations utilisées dans le cadre du LIM, pour la valorisation du fond marin, la mise en place d'un aménagement paysager, adapté aux aléas climatiques et à la montée des eaux.

Un cinquième projet visera une échelle plus réduite, celui d'un macro-lots, la collaboration entre l'architecte, l'urbaniste et le paysagiste. Il vise le questionnement de son intégration, facilité par les échanges de fichiers via la mise en place d'une maquette BIM extension d'un logiciel vers le CIM, soit le « BIM for Landscape ». Ce projet permettra de comprendre si cette méthodologie peut être en corrélation avec les pratiques de l'architecte paysagiste.



MACRO LOT



TERRITOIRE

Un sixième projet abordera cette fois-ci un logiciel plateforme de maquette numérique CIM, réunissant un large domaine d'acteurs territoriaux, à différentes échelles aussi bien communales que nationales. L'intérêt ici est de comprendre les interrelations dans le cadre de projets, ainsi que l'ouverture sur la nécessité de concertation d'un ensemble d'acteurs dans le cadre des grands enjeux environnementaux. L'architecte paysagiste de demain est confronté à des responsabilités d'envergure par la Loi Climat et Résilience, les simulations et la gestion des données collaboratives vont permettre de comprendre son positionnement actuel.

4.4. Les solutions d'intégrations de l'architecte paysagiste au sein d'une maquette numérique collaborative

Chaque acteur des projets aura une question spécifique sur leur opinion générale de la mise en place à l'utilisation d'une maquette numérique sous le Modèles d'Information du Bâtiment (BIM), de la Ville (CIM), et du Paysage (LIM). La synthèse permettra de mettre en comparaison et de formuler auprès des bureaux d'études en architecture du paysage, ceux utilisant la maquette numérique et ceux n'utilisant aujourd'hui pas ces modèles d'information numérique. Aboutissant à des hypothèses sur l'amélioration de la plateforme en vue des besoins relatifs au métier. De nouvelles simulations particulières, une représentation partagée ou différenciée entre les différents acteurs. Comprendre les éventuelles améliorations de l'échange d'informations entre le projet architectural, le projet de paysage et la conception urbaine générée.

5. RESULTATS

5.1 PROJET : LES JEUX OLYMPIQUE 2024

BIM D'OR – PROJET COUP DE CŒUR DU JURY 2022

VILLAGE DES ATHLETES

Solideo

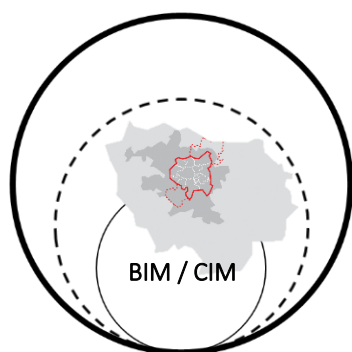
BIM
d'OR



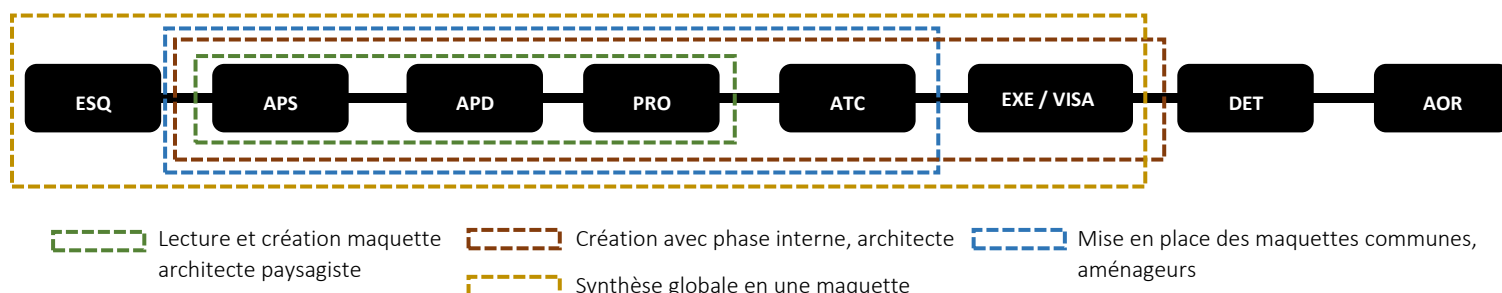
5.1.1 CAS GENERAL DES JOP

Courte description du projet (Complément en annexe 3)

Le projet des jeux olympiques, paralympiques se compose deux grandes phases clés, celles des jeux et celle de la phase héritage. La Solideo a fait appel à l'utilisation d'une maquette numérique 3D sous les modèles BIM, CIM, LIM avec une obligation particulière du BIM chez les architectes pour les ouvrages emblématiques tels que le Villages des Athlètes, le Cluster des Médias, la Plaine-Saint-Denis, la Colline d'Elancourt ainsi qu'un ensemble d'équipements publics soit 65 hectares d'éléments numérisés.



V
I
L
L
E



La Solideo affirme la mise en place de maquettes numériques depuis la phase concours vers la phase du Dossier des Ouvrages Exécutés (DOE), avec l'objectif final d'un développement vers un jumeau numérique de l'ouvrage. Finalement, les enquêtes auprès de la maîtrise d'ouvrage et d'œuvre (Annexe 3) ont permis de comprendre que le premier phasage de projet l'esquisse correspondant principalement à la phase concours pour la participation des projets olympiques, paralympiques et héritage, qui incluait la mise en place d'une maquette numérique qu'après des MOA soient les promoteurs immobiliers et la Solideo. C'est lors des autres phases de conception après validation du concours que les maîtrises d'œuvre viennent utiliser les modèles d'informations BIM, CIM et LIM soit les architectes, les BET spécialisés puis les architectes paysagistes. Alors que peu d'architectes paysagistes s'intègrent à ces processus, leur phase s'arrête très rapidement avant la phase d'exécution.

Complément par enquête personnelle (Complément annexe 3)

Carlotta MAZZI - Directrice de projet, Agence TER

Création « Maquette CIM avec Revit côté paysagiste ». Pas d'utilisation pour les étapes prévisionnelles et de budgétisation, arrêt à la phase de conception. « C'était l'ambition initiale, mais nous n'avons pas eu le temps, le projet a été trop rapide et les modifications tout le long trop importantes »

Céline PANADERO – LALU LA forme et L'Usage

Participation phase concours, pas de maquette numérique sous modèles BIM, CIM, LIM lors de cette phase.

a. Réseau d'acteurs

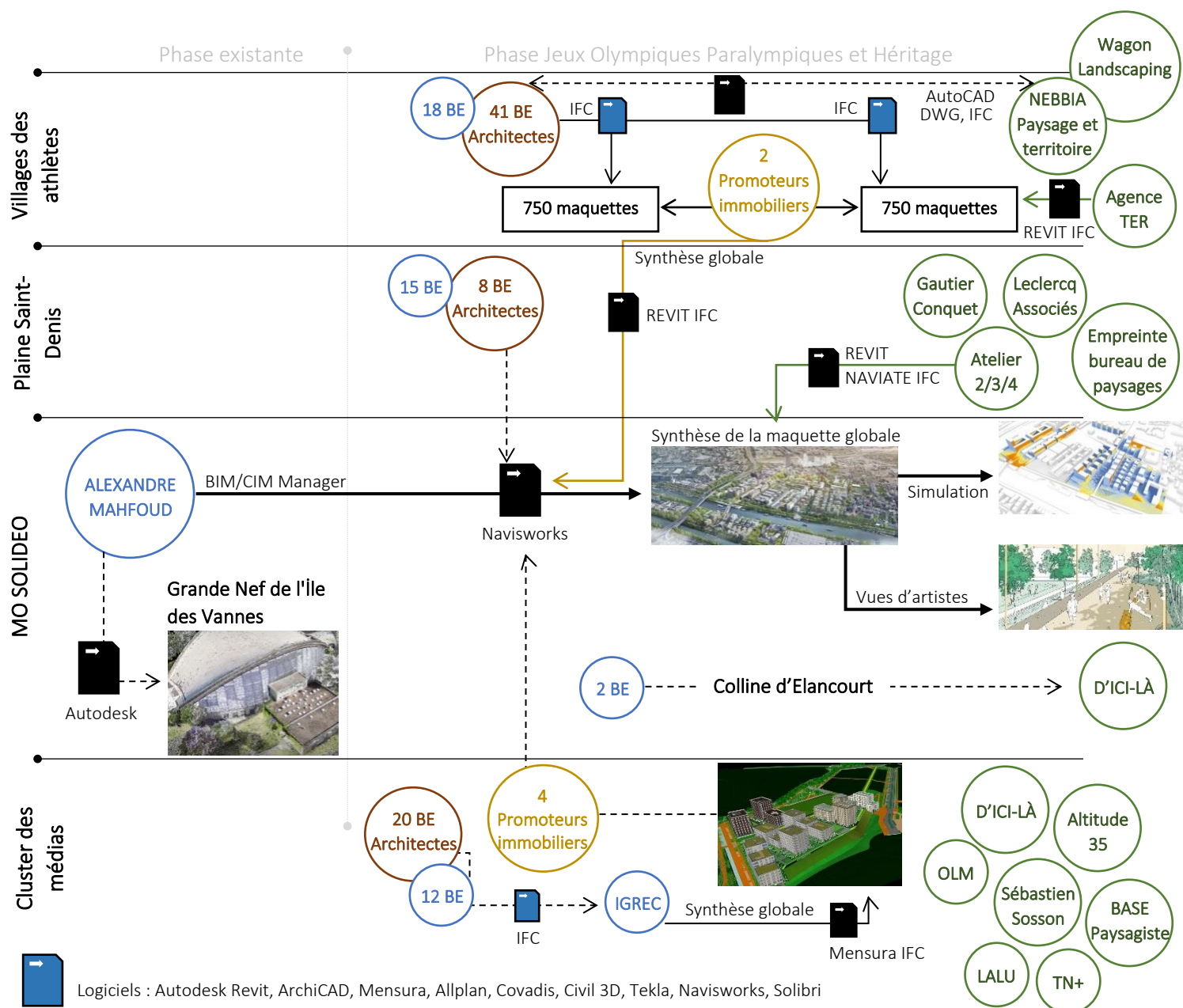


Figure 59 : Schéma du flux d'informations par les acteurs utilisateurs des maquettes numériques BIM, CIM ou LIM (Source : réalisation personnelle à partir des sondages retranscrits en annexe 3)

Ce réseau a décliné trois positionnements de l'architecte paysagiste face à l'utilisation de maquettes numériques par les autres acteurs : Lecteur et extracteur des données nécessaires à la mise en place de leur projet. Utilisateur sous Revit. Délégué par l'envoi de fichiers tirés de ses pratiques initiales.

Complément par enquête personnelle (Complément annexe 3)

Annelise Bideaud – Directrice Nebbia Paysage & territoire

« Nous avons alors dû récupérer les données et les tracés depuis les maquettes BIM, avec Revit LT on a la possibilité de lire et d'ouvrir leur maquette »

Camille BOURGEOIS - Paysagiste Wagon Landscaping

« Une maquette numérique BIM a été réalisée par un prestataire pour la partie paysage. Celle-ci a été intégrée aux maquettes des architectes. Les données utilisées sont celles des agences d'architecture, ainsi que les données topo. »

Les enquêtes auprès des différentes maitrises d'ouvrage et d'œuvre du projet (Annexe 3) ont permis de comprendre que l'ensemble des envois des maquettes numériques ont utilisé des exportations de fichiers ouverts de type IFC. Aucune problématique n'a été perçue sur ce format de fichier.

Complément par enquête personnelle (Complément annexe 3)

Imad BOUHMOUCH - BIM Manager – Pichet Immobilier

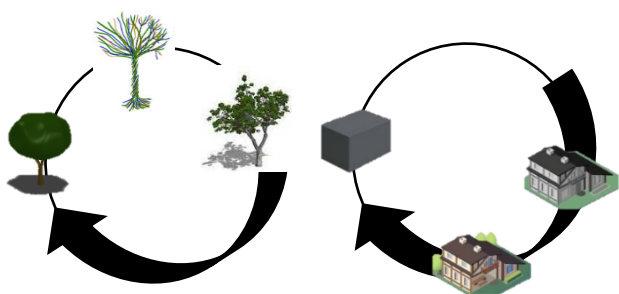
« Pour les MOE, aucune prescription n'était émise concernant le logiciel à utiliser. De nombreux logiciels utilisés, dont les principaux étaient ArchiCAD et Revit. En raison de ce nombre important de logiciels, le format d'échange choisi était l'IFC, un format dit "ouvert". »

Carlotta MAZZI - Directrice de projet, Agence TER

« Tous les fichiers IFC étaient lisibles avec Navisworks. »

Sabine BARRIER - IGREC INGENIERIE SAS

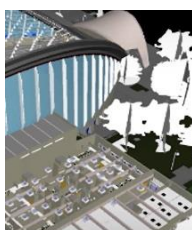
« Maquette CIM réalisée sous mensura avec export IFC, préalablement à celle des autres projets. »



b. Indicateur de représentativité

Les maquettes utilisées étaient essentiellement techniques, afin de quantifier le projet, que ce soit dans les déblais remblais, dans la gestion des coûts. Un mode de représentation plus réaliste a ensuite été choisi pour de la communication, leur utilisation avait pour objectifs d'obtenir un visuel d'ensemble.

SCHEMATIQUE



REALISTE



Illustrations pendant maquette



Illustrations avant maquette par l'entreprise Agence Ter, Nebbia

SANS FAÇADES



FAÇADES GEO-TYPIQUES



FAÇADES GEO-SPECIFIQUES



PHOTO-MODELE

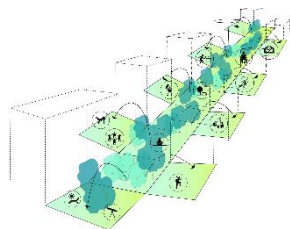


Illustrations pendant maquette



Le choix entrepris pour des maquettes sans façades a pour but de valoriser la mise en simulation du projet en vue des enjeux environnementaux. On retiendra le cas d'un côté du village des athlètes repris par Echoes.Paris sous différents axes thermiques tels que les ilots de chaleurs, fraîcheurs.

SCHEMATIQUE



REALISTE



Illustrations après maquette par l'entreprise TN+, Nebbia



La phase après maquette témoigne essentiellement d'un niveau de représentation sans façade pour ce qui est des maquettes numériques et manuelles. On remarque de manière générale que les modes de production sont pour la plupart informatisés tant à la fois schématiques que réalistes.

Figure 60 : Illustrations des types et niveaux de représentations avant, pendant et après maquette numérique (Source : Solideo, Agence TER, TN+, Nebbia)

c. Indicateur de fiabilité

Les analyses des banques de données SCAN 25 et BD TOPO ont permis grâce à la composante informationnelle du tableau attributaire, d'établir des cartographies de la datation des données (Annexe 3). La synthèse reprise par le tableau ci-dessous témoigne de deux choses, une donnée encore très ancienne dans certains axes, tels que la topographie, les réseaux, ainsi que le socle route, bâtiment.

DATATION DE LA DONNEE

| SCAN 25 | | |
|---|-------------------|--|
| Topo. | Initiale | |
| | Mise à jour TOP25 | |
| BD TOPO | | |
| Bâtiment | Initiale | |
| | Mise à jour | |
| Route | Initiale | |
| | Mise à jour | |
| Zone de végétation | Initiale | |
| | Mise à jour | |
| Canalisation | Initiale | |
| | Mise à jour | |
| 2006 2007 2008 2009 2010 2014 2016 2019 2021 2023 | | |

Figure 61 : Tableau de la datation de la donnée SCAN 25 et BT TOPO (Source : réalisation personnelle à partir de l'analyse des données IGN en région Ile-de-France, exploitées sur QGIS)

d. Indicateur d'apprentissage

Etablir sa propre maquette

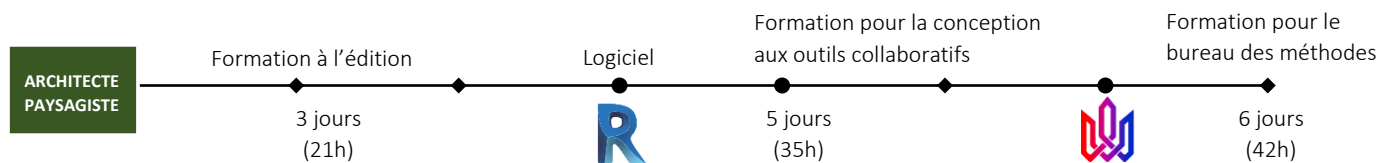


Figure 62 : Schéma des acquisition et formations pour la création de maquette numérique (Source : réalisation personnelle)

La mise en place de ces maquettes numériques a demandé l'acquisition de nouveaux outils par l'architecte paysagiste, principalement Revit dont l'utilisation nécessite divers temps de formation, trois jours à l'édition. Agence Ter est l'un des seuls bureaux d'études à avoir mentionné un suivi de chantier par des outils collaboratifs, BIMTrack, dont cinq jours de formation sont requis.

e. Synthèse

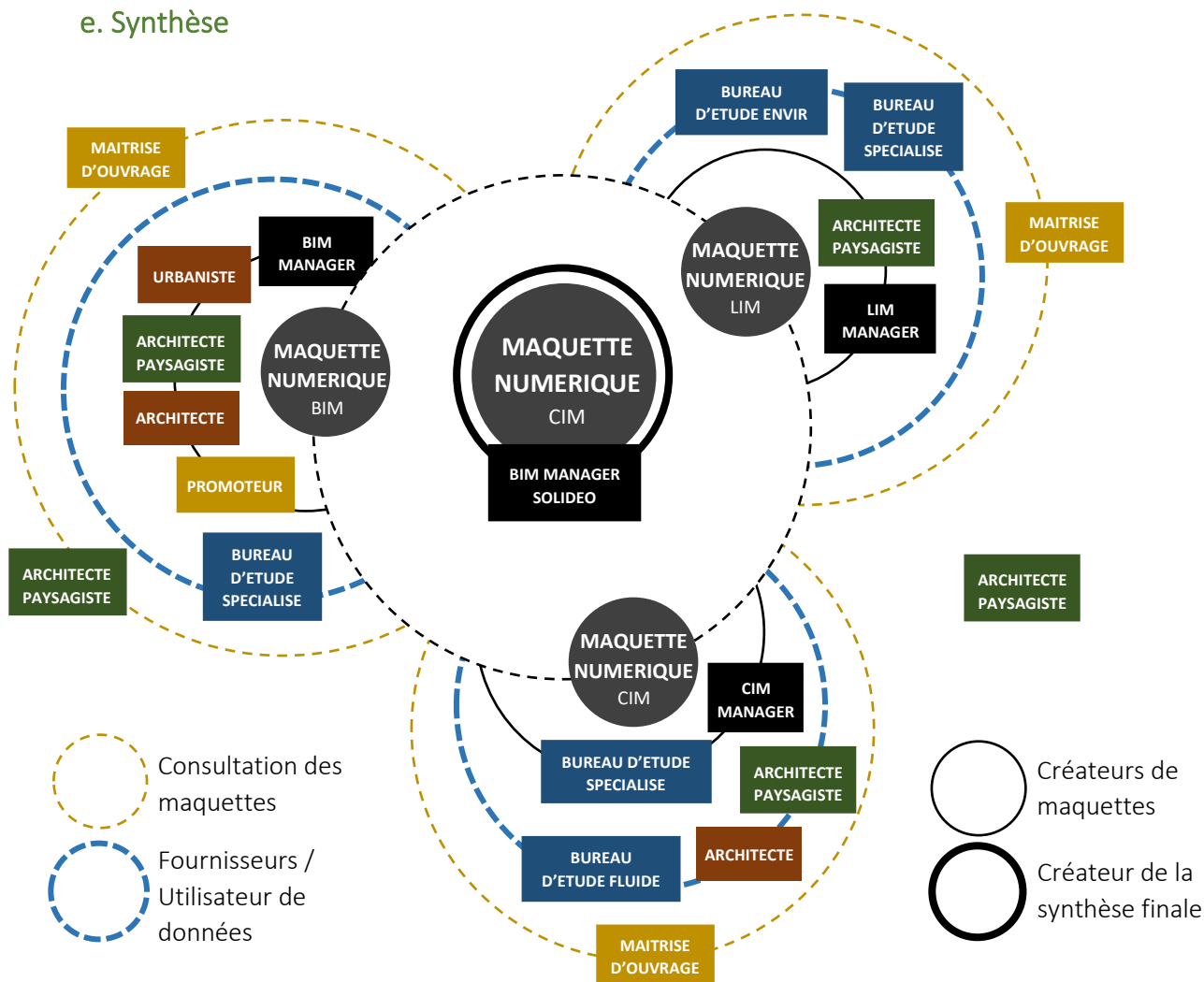


Figure 63 : Schéma synthèse des projets JOP 2024 (Source : réalisation personnelle)

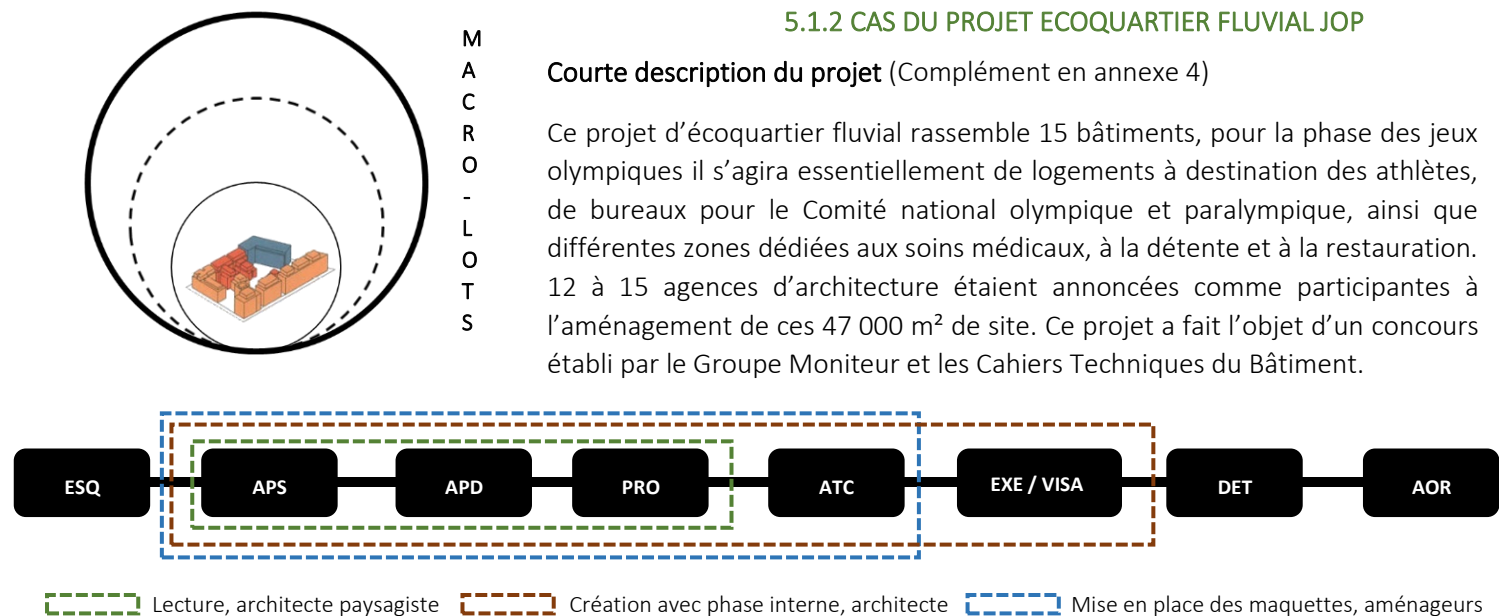
Le projet global des Jeux Olympiques et Paralympiques témoigne d'un lien entre l'utilisation maquette et le corps de métier. Un ensemble de maquettes BIM ont été mises en place par les architectes dont les collaborations passent par des bureaux d'études spécialisés. La mise en place d'une maquette LIM fait notion d'un seul métier qu'est l'architecte paysagiste. La maquette CIM quant-à-elle fait référence à divers aménageurs du territoire allant du bureau d'études spécialisé aux filières de l'architecture territoriale. Un nouveau métier se voit apparaître dans la création des maquettes numériques, quel que soit le modèle d'information utilisé, le manager au service des aménageurs comme assistant de conception.



5.1.2 CAS DU PROJET ECOQUARTIER FLUVIAL JOP

Courte description du projet (Complément en annexe 4)

Ce projet d'écoquartier fluvial rassemble 15 bâtiments, pour la phase des jeux olympiques il s'agira essentiellement de logements à destination des athlètes, de bureaux pour le Comité national olympique et paralympique, ainsi que différentes zones dédiées aux soins médicaux, à la détente et à la restauration. 12 à 15 agences d'architecture étaient annoncées comme participantes à l'aménagement de ces 47 000 m² de site. Ce projet a fait l'objet d'un concours établi par le Groupe Moniteur et les Cahiers Techniques du Bâtiment.



a. Réseau d'acteurs

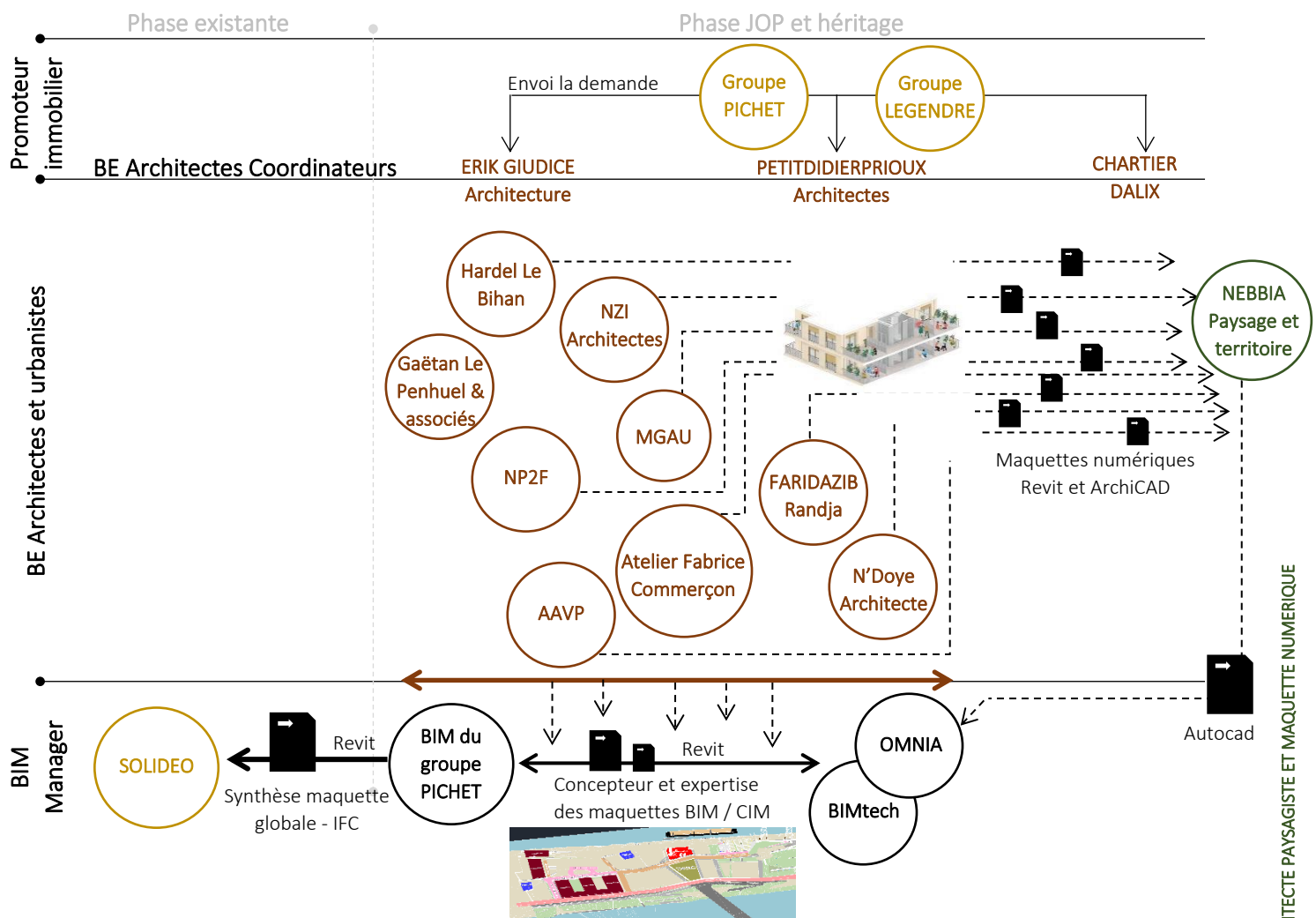


Figure 64 : Schéma du flux d'informations par les acteurs utilisateurs des maquettes numériques BIM vers CIM (Source : réalisation personnelle à partir des sondages retranscrits en annexe 4)

La lecture de ce flux d'informations passe en premier lieu par les promoteurs immobiliers qui ont validé les architectes participant à l'élaboration des macro-lots. Tandis que les architectes construisent leurs propres maquettes des bâtiments, celles-ci sont à la fois envoyées aux managers BIM vers CIM et au bureau d'étude en architecture du paysage. La synthèse finale sera ainsi reprise par la Solideo.

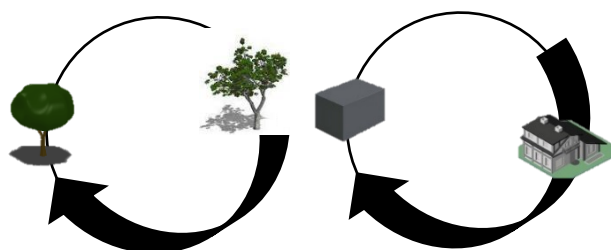
Complément par enquête personnelle (Complément annexe 3)

Annelise BIDEAUD – Directrice NEBBIA Paysage & territoire

« Un BIM Manager devait faire le regroupement de toutes les maquettes mais sans réussite. ». « Nous avons la possibilité d'ouvrir leur maquette via Revit LT »

Imad BOUHMOUCH - BIM Manager – Pichet Immobilier

« De nombreux logiciels utilisés, dont les principaux étaient ArchiCAD et Revit. En raison de ce nombre important de logiciels, le format d'échange choisi était l'IFC, un format dit "ouvert". L'IFC a été utilisé pour [...] l'interopérabilité : par exemple, un façadier utilisant CADWork avait besoin d'avoir la maquette Archi en fond de plan pour modéliser son lot. Il devait nécessairement passer par l'IFC, un format ouvert, lisible par tous les logiciels BIM. L'IFC est la synthèse technique en BIM, où il a été permis de compiler plusieurs maquettes de formats différents pour détecter les conflits en phase de conception et d'exécution. »



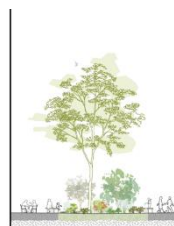
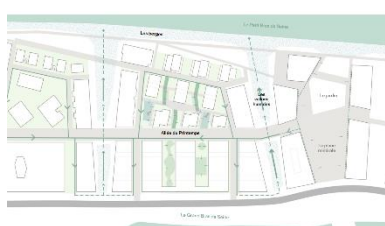
SCHEMATIQUE

b. Indicateur de représentativité

L'indicateur de représentativité, accompagné des témoignages (Annexe 3) ont montré qu'en dehors de la phase esquisse, l'architecte paysagiste est déjà ancré dans le développement numérique car l'ensemble de ses productions avant et après maquette demande des ressources informatiques.

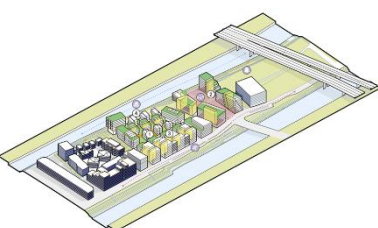
Les maquettes mises en place sont toutes d'ordre technique, la végétation n'a pas été très sollicitée dans ces maquettes car le manager chargé de la synthèse à la phase de conception n'a pas réussi à aboutir. La Solideo quant-à-elle reprendra ce travail de synthèse qui amènera une lecture schématique de la végétation. Le travail de l'architecte paysagiste restera une donnée externe à la maquette en matière d'essence végétale et de ses composantes qui leur son propre.

Illustrations pendant maquette



Illustrations avant maquette par l'entreprise Nebbia

SANS FAÇADES



FAÇADES GEO-TYPIQUES

FAÇADES GEO-SPECIFIQUES

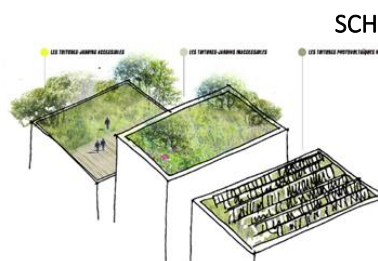
PHOTO-MODELE





Une maquette technique sous modèle BIM vers CIM a été mise en place afin d'établir différents calculs sur base des connaissances sur les aléas climatiques, les surfaces pouvant être inondées ainsi que son potentiel volume, ont été simulé pour les niveaux d'eaux les plus hauts. Pour les projets paysagers cela a permis de déterminer l'altimétrie efficace pour la mise en place des radiers et des autres ouvrages.

Illustrations pendant maquette



SCHEMATIQUE



REALISTE



Illustrations après maquette par l'entreprise Nebbia

Figure 65 : Illustrations des types et niveaux de représentations avant, pendant et après maquette numérique (Source : BIMtech, Nebbia, Pichet)

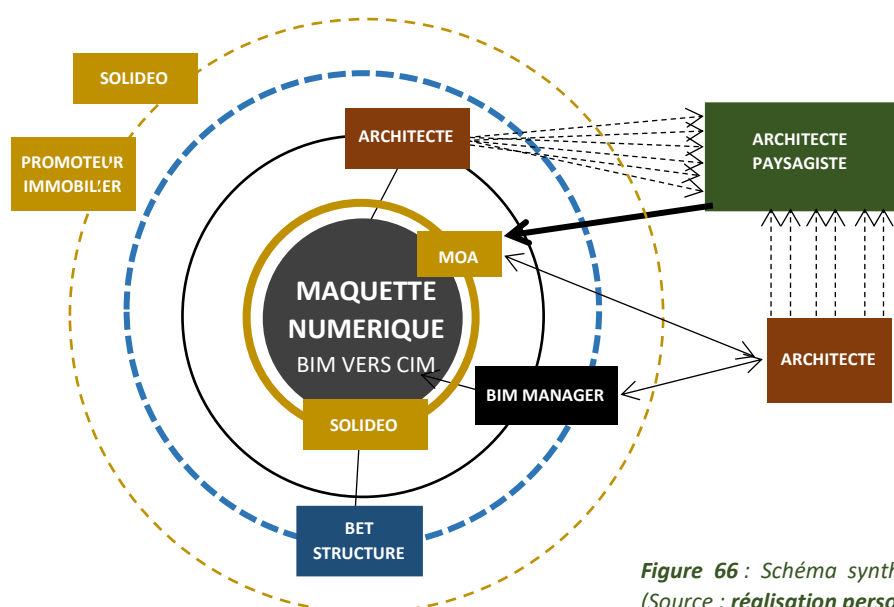
c. Indicateur de fiabilité

La maquette numérique initialement BIM s'est développée en CIM, les données informationnelles ne proviennent pas de l'IGN mais de données locales entreprises par les différents bureaux d'études. Il s'agit de données récentes avec obligation de moins de trois mois. Une obligation demandée dans le cadre du DCE.

d. Indicateur d'apprentissage

Le bureau d'études en paysage a dû acquérir un nouvel outil pour permettre la lecture des maquettes des architectes, l'utilisation de Revit n'a cependant pas demandé de formation à l'édition. Un sondage auprès de l'entreprise a permis de comprendre que même la compréhension d'exploitation des données est passée par la pratique au cours du temps et qu'il est difficilement quantifiable en dehors des formations.

e. Synthèse



L'analyse des réseaux complétée des enquêtes auprès des entreprises ont permis de comprendre, que l'architecte paysagiste, bien qu'intégré au processus de la maquette numérique sous le modèle BIM par sa lecture, porte un rôle central dans la mise en synthèse de fichier à grande échelle. La totalité des maquettes ont été directement envoyée à l'entreprise de paysage NEBBIA dont les nouveaux métiers AMO manager BIM ont connu quelques difficultés dans la mise en maquette globale.

Figure 66 : Schéma synthèse du projet Ecoquartier Fluvial des JOP 2024 (Source : réalisation personnelle)



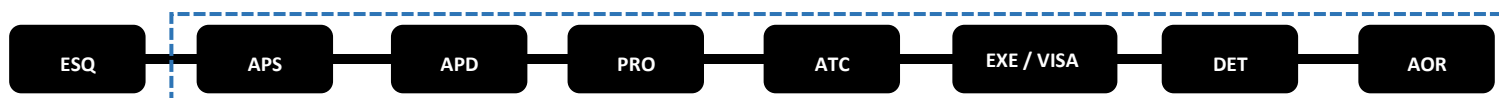
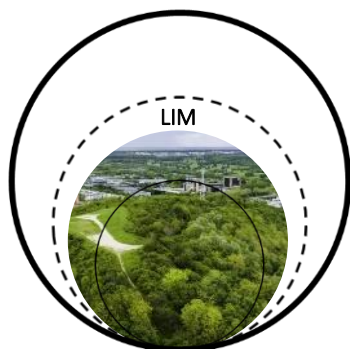
5.1.3 CAS DU PROJET COLLINE D'ELANCOURT

Courte description du projet (Complément en annexe 5)

Les projets d'aménagement de la Colline d'Élancourt rassemble plusieurs créations de parcours VTT pour les phases des jeux olympiques et héritage, comprenant des pumptrack. Des cheminements et des espaces de détente seront également mis en place pour conserver les piétons et les joggeurs.

P
A
Y
S
A
G
E

V
A
L
L
O
N
N
E



Mise en place des maquettes, aménageurs

Tandis que la maquette numérique commence à la phase de conception, elle prend davantage de sens pour le suivi du projet en phase de réalisation ainsi que sur la gestion de la biodiversité au cours du temps. La quantification et budgétisation se sont faites essentiellement sur le calcul des remblais, déblais.

a. Réseau d'acteurs

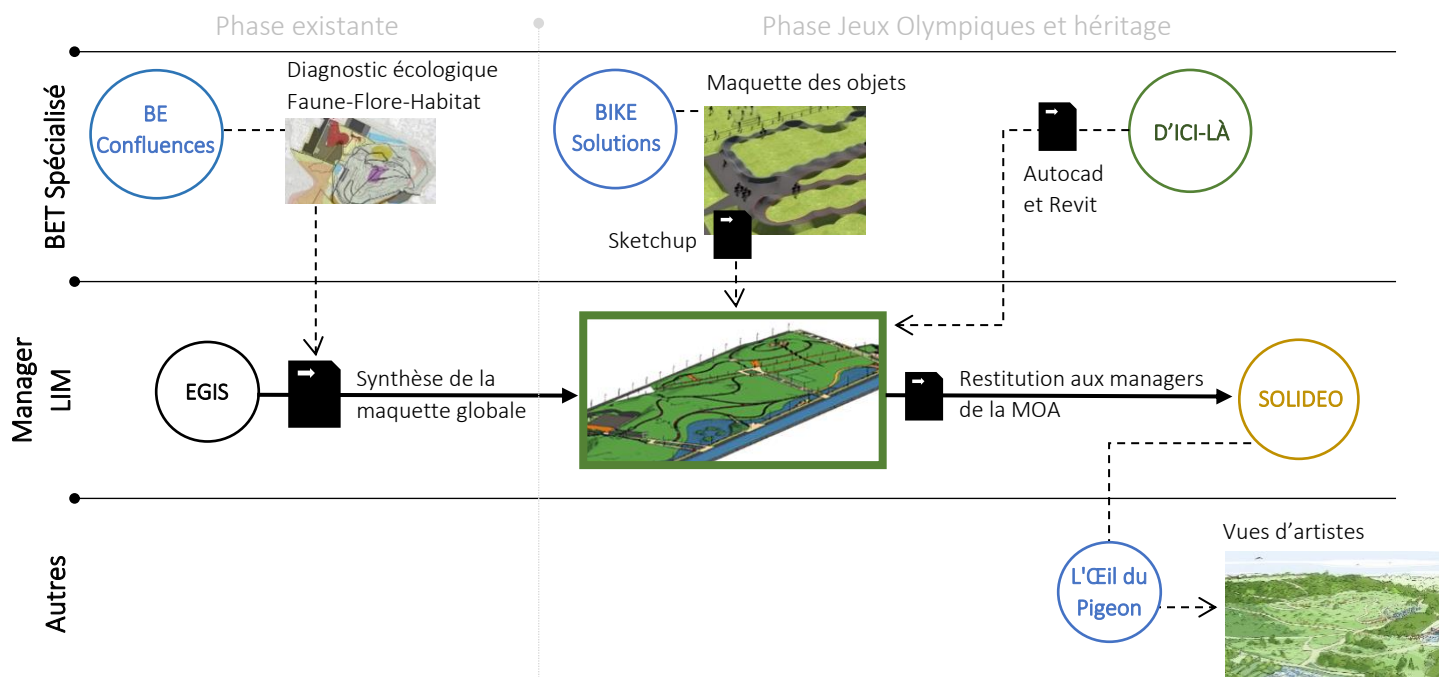
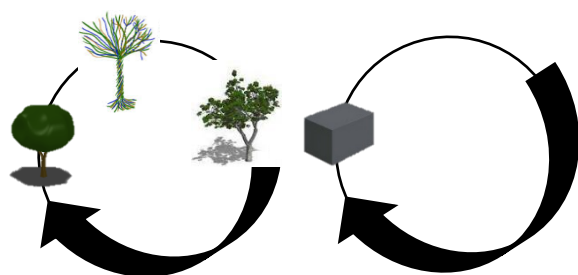


Figure 67 : Schéma du flux d'informations par les acteurs utilisateurs de la maquette numérique LIM (Source : réalisation personnelle à partir des sondages retranscrits en annexe 5)

La première étape de flux d'informations de cette maquette numérique LIM repose sur le diagnostic environnemental identifiant l'ensemble des espaces naturels du site, un inventaire de 2018 / 2020 qui compte soit environ 380 espèces. 255 espèces végétales ont été géoréférencées ainsi que 125 espèces animales ont été annotées. Egis a été le créateur de la maquette globale dont Bike solutions et D'Ici-Là ont été les fournisseurs, d'un côté par l'alimentation des objets sportifs et de l'autre la conception globale des cheminements piétons et des zones de détente. Suite à l'élaboration de la maquette, la SOLIDEO a fait appel à un dessinateur pour mettre en œuvre des vues d'artistes.

b. Indicateur de représentativité

La Solideo interdisant l'accès de certaines productions ainsi que sa diffusion, un deuxième projet similaire dans son utilisation complètera l'indicateur de représentativité afin d'expliquer la démarche entreprise par un modèle LIM. Il s'agira du parc de la Bergère conçu par l'entreprise Land'Act, encadré en vert (Annexe 5 Sous-annexe)



SCHEMATIQUE



La maquette numérique générée par Egis reprend les codes de représentation schématique de Revit et Mensura. L'objectif ici est de géoréférencer les espèces existantes, sous base d'une banque de données informationnelles.

Illustrations pendant maquette



Illustrations avant maquette par l'entreprise D'ICI -Là

SANS FAÇADES



FAÇADES GEO-TYPIQUES

FAÇADES GEO-SPECIFIQUES

PHOTO-MODELE

Le détail de la maquette ne fait apparaître que des bâtiments sans façade, la mise en valeur du LIM passe par la mise en topographie du paysage par rapport au projet.

Illustrations pendant maquette par l'entreprise Land'Act (Logiciel similaire utilisé par D'Ici-Là)

SCHEMATIQUE

REALISTE



Illustrations après maquette par l'entreprise D'ICI -Là en collaboration avec d'autres acteurs

Figure 68 : Illustrations des types et niveaux de représentations avant, pendant et après maquette numérique (Source : Solideo, D'Ici-là, BET Confluences, Land'Act)

Les modes de représentations sont variés autant par l'ensemble des aménageurs que par l'entreprise D'Ici-Là. La visualisation par l'entreprise de paysage à une sensibilité particulièrement tournée vers la mise en croquis de l'ensemble du projet, allant de schématique à réaliste.

c. Indicateur d'apprentissage

Ce cas de projet témoigne d'un indicateur d'apprentissage presque identique du cas général des jeux olympiques, mais celle-ci s'arrête très rapidement à la lecture et exploitation des données. Un seul logiciel a été utilisé depuis les architectes vers le bureau d'études en paysage, Revit.



Figure 69 : Schéma des acquisition et formations pour la création de maquette numérique (Source : réalisation personnelle)

d. Indicateur de fiabilité

Les analyses des banques de données SCAN 25 et BD TOPO ont permis grâce à la composante informationnelle du tableau attributaire, d'établir des cartographies de la datation des données (Annexe 5). La synthèse reprise par le tableau ci-dessous témoigne de deux choses, une donnée encore très ancienne dans certains axes, tel que la topographie, axe majeur du LIM dans le cadre de création d'un parcours VTT, respectant le site naturel.

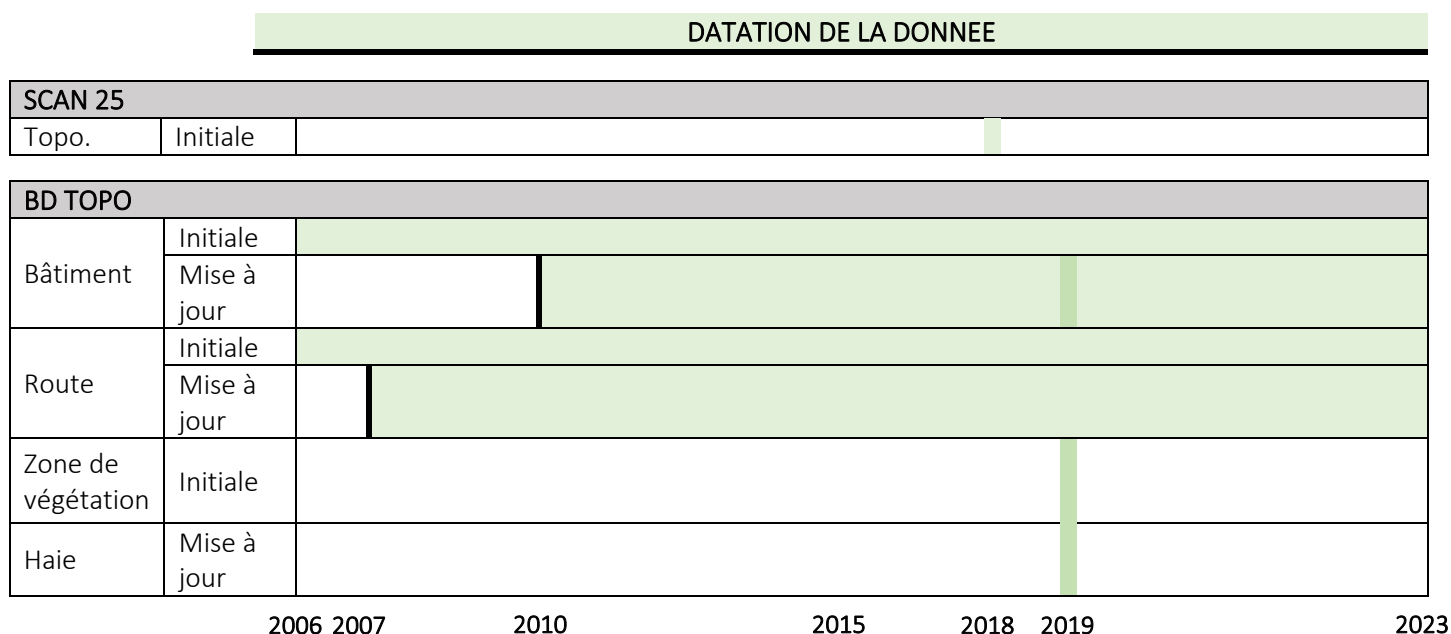


Figure 70 : Tableau de la datation de la donnée SCAN 25 et BT TOPO (Source : réalisation personnelle à partir de l'analyse des données IGN du site de la Colline d'Elancourt, exploitées sur QGIS)

e. Synthèse

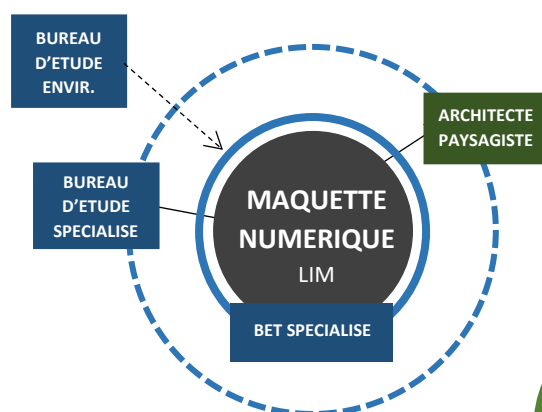


Figure 71 : Schéma synthèse du projet Colline Elancourt des JOP 2024 (Source : réalisation personnelle)

L'ensemble des acteurs du projet ont alimenté la maquette numérique LIM mise en place et gérée par le bureau d'études spécialisé Egis. Alors que le BET environnement Confluences envoi de la donnée informationnelle indirectement via leur type de production habituelle, les entreprises Bikes Solutions et l'entreprise en paysage ont créé des maquettes numériques 3D non basées sur des modèles d'informations par le biais de sketchup et revit, reprenant leurs tracés et volumes.



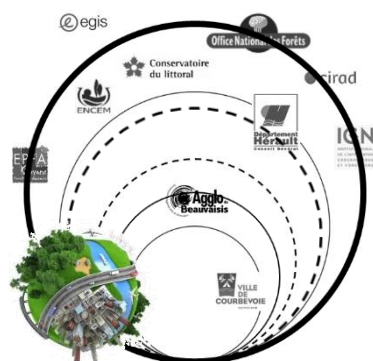
Une ouverture sur le projet du Parc de la Bergère montre la volonté de certains bureaux d'études du paysage, Land'Act, d'être à la fois maitrise d'ouvrage du projet et de la création gestion d'une maquette numérique adaptée à son domaine, le LIM.

5.2 PROJET : BIONATICS

LandSim3D



La maquette numérique à l'échelle du territoire



T
E
R
R
I
T
O
I
R
E

Courte description du projet (Complément en annexe 6)

LandSim3D est une maquette numérique virtuelle d'un territoire choisi permettant de synthétiser les différentes observations et analyses. La superposition de la donnée SIG au socle 3D permet de mettre en avant les règles d'urbanisme, les diagnostics environnementaux, les tracés des composantes de la ville tels que les réseaux en sous-sol, les permis de construire ou les futurs projets.



a. Réseau d'acteurs

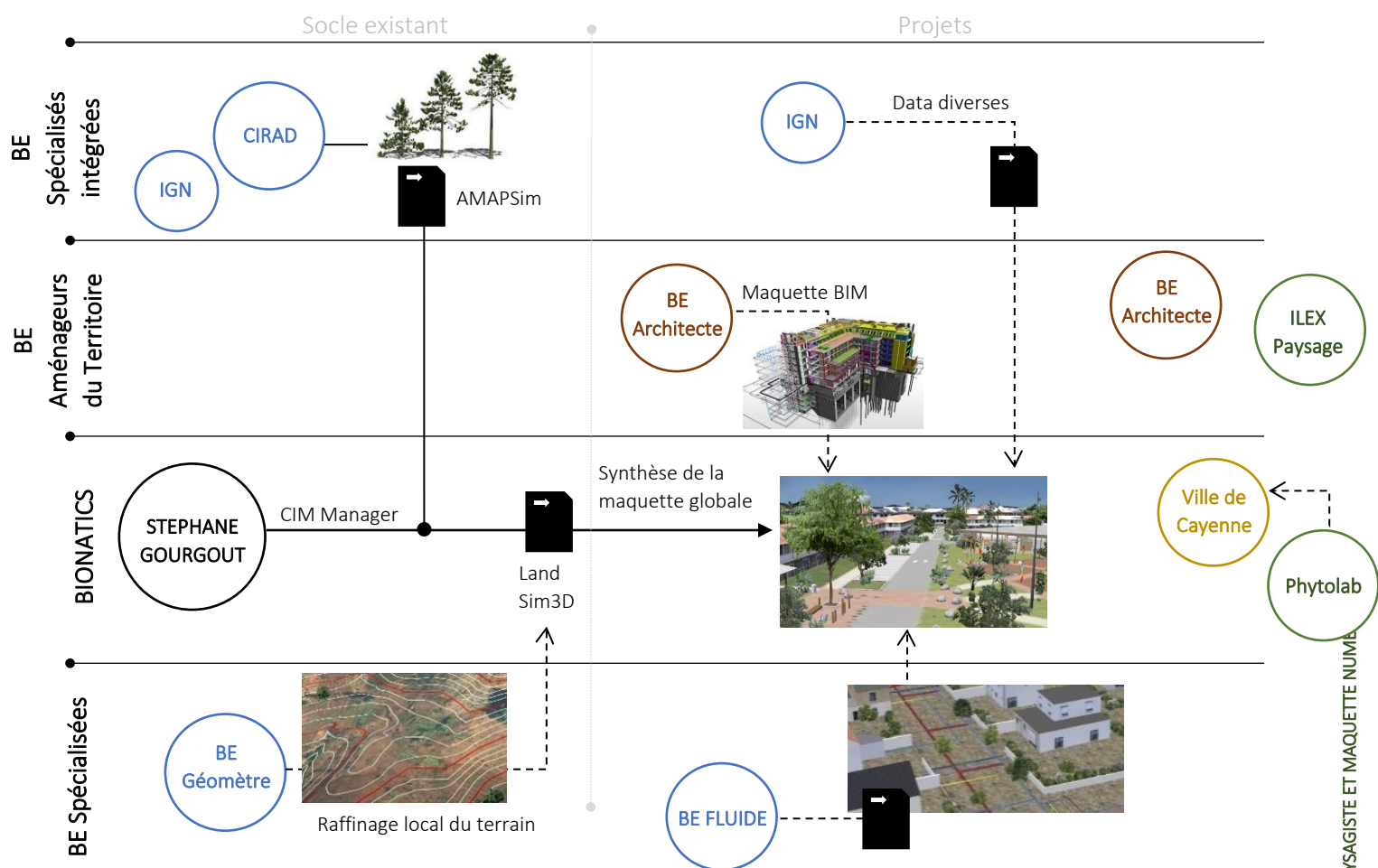
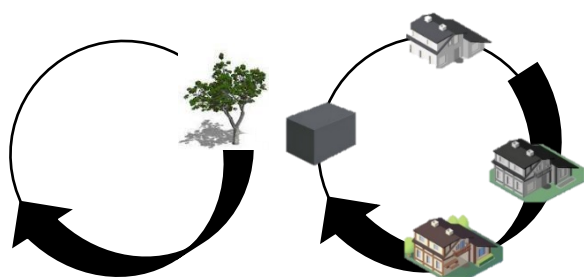


Figure 72 : Schéma du flux d'informations par les acteurs utilisateurs de la maquette numérique CIM (Source : réalisation personnelle à partir des sondages retranscrits en annexe 6)



b. Indicateur de représentativité

L'indicateur de représentativité évolue dans la maquette numérique CIM en même temps que l'avancement du projet. Les maquettes BIM sont insérées au fur et à mesure tandis que la végétation ne comporte qu'une typologie réaliste.

La maquette en partenariat avec par le CIRAD, propose une représentation uniquement réaliste de la végétation. Les hauteurs à maturité et leurs espèces sont basées sur les analyses du laboratoire de recherche.

REALISTE



Illustrations pendant maquette territoriale – Ville de Cayenne



Illustrations avant maquette par l'entreprise Phytolab

FAÇADES GEO-TYPIQUES



FAÇADES GEO-SPECIFIQUES



PHOTO-MODELE



Illustrations pendant maquette territoriale – Ville de Cayenne

Des images de visualisation 3D ont été mises en place pour la communication du projet. Ce type de représentation se rapproche de la maquette numérique du territoire développée par la ville de Cayenne.

REALISTE



Illustrations après maquette par l'entreprise Phytolab



L'analyse d'un ensemble de maquettes chez Bionatics (voir annexe 6) ainsi que les compléments d'enquête ont permis de comprendre le choix de représentation des éléments bâtis, la phase sans façade représente la phase conceptuelle de l'urbaniste ou de l'architecte urbaniste afin de composer le futur quartier à venir. La phase géo-typique est reprise par l'ensemble de la maquette. La phase géo-spécifique est reprise lorsque le projet architectural a été validé par la ville.

Figure 73 : Illustrations des types et niveaux de représentations avant, pendant et après maquette numérique (Source : Phytolab, Bionatics, LandSim3D)

Complément par enquête personnelle

Xavier GUILLOTIN – Directeur des programmes Caen, FONCIM

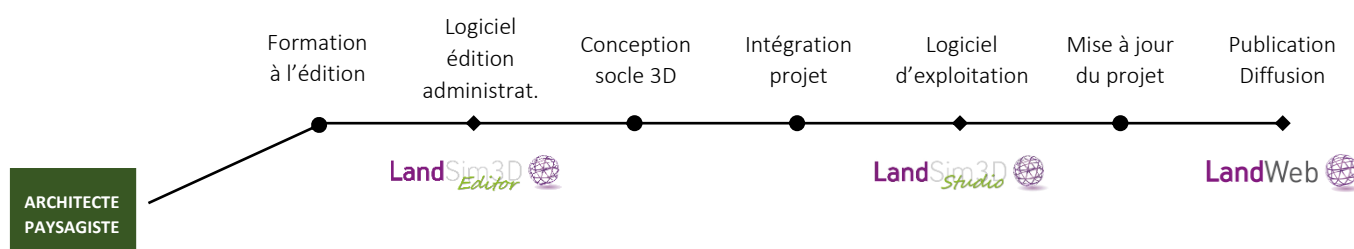
« Plus on avance dans le projet, plus l'on donne des détails à la maquette numérique »

Louis MOUTARD - Architecte / urbaniste LM Architecture

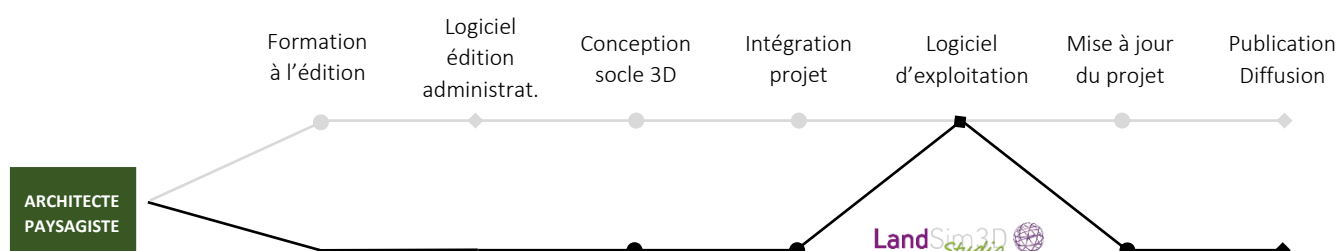
« Chacun travail un peu de son côté, il faut voir le numérique comme un outil de collecte et de contexte dont le projet se base sur des hypothèses formées par l'évolution du territoire, la maquette numérique est la synthèse de toutes les composantes existantes environnementales dont chaque acteur en est la source d'alimentation avec possibilité d'en extraire les couches. »

c. Indicateur d'apprentissage

Etablir sa propre maquette



Déléguer la mise en place de la maquette



Choisir son degré d'intégration

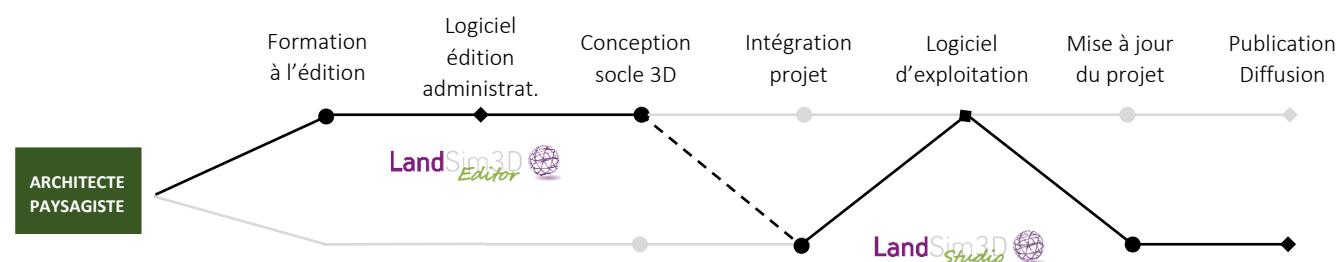


Figure 74 : Schéma des acquisition et formations pour la création de maquette numérique (Source : réalisation personnelle tirée de la présentation de Stéphane Gourgout)

Bionatics propose aux aménageurs comme à l'architecte paysagiste de créer totalement ou de déléguer soit la totalité, soit à des étapes précises, cela conduit à une transition d'apprentissage et d'acquisition selon les besoins visés.

Complément par enquête personnelle

Benoît DESTRIKATS - ONF Chef de projet Risques Naturels

« En 2008, j'ai été formé par le pôle 3D, une semaine chez Bionatics [...] formation à l'outil, fichier raster ou vecteur selon si on a du mal à gérer l'information. »

d. Indicateur de fiabilité

Les analyses des banques de données SCAN 25 et BD TOPO ont permis grâce à la composante informationnelle du tableau attributaire, d'établir des cartographies de la datation des données (Annexe 6). La synthèse reprise par le tableau ci-dessous témoigne de deux choses, une donnée encore très ancienne dans certains axes, tels que les bâtiments, les routes mais également une donnée non renseignée, les haies.

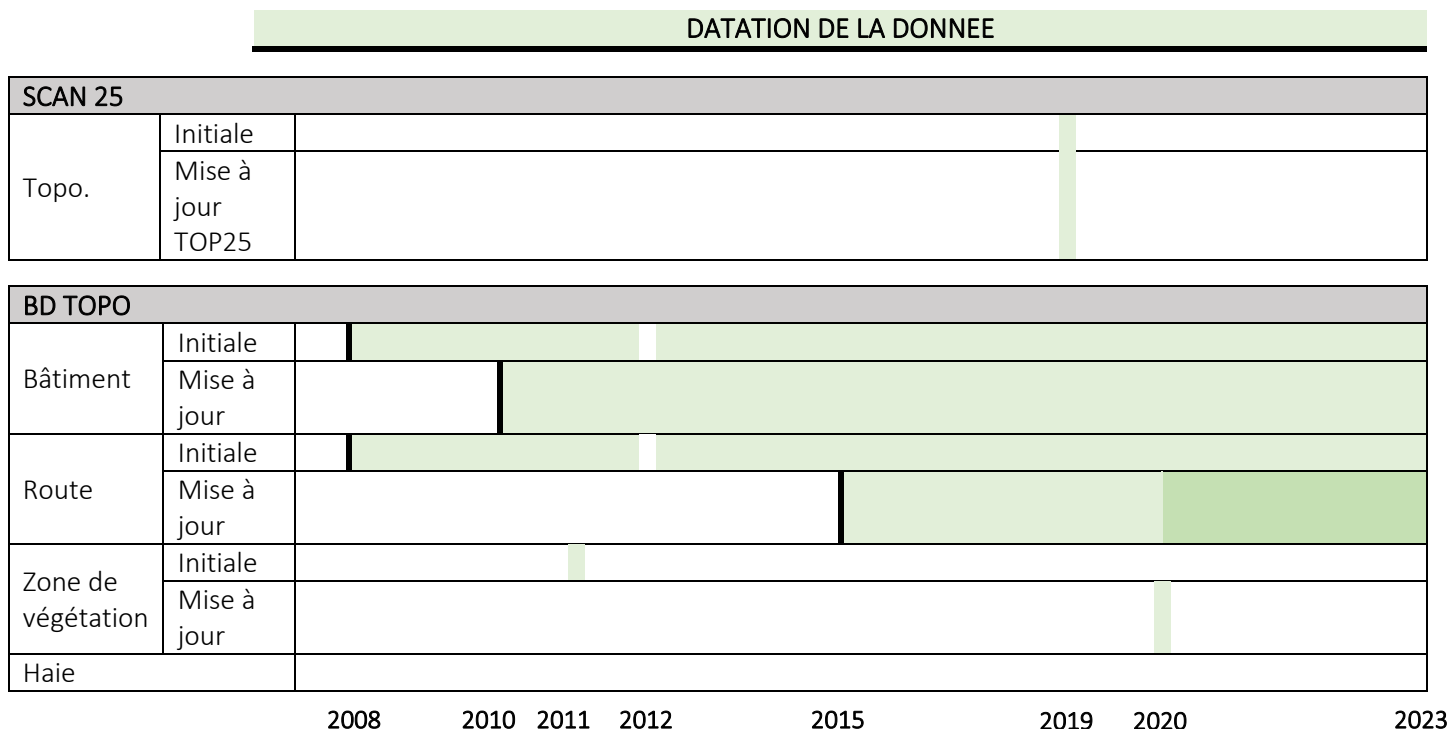


Figure 75 : Tableau de la datation de la donnée SCAN 25 et BT TOPO (Source : *réalisation personnelle* à partir de l'analyse des données IGN de la ville de Cayenne, exploitées sur QGIS)

e. Synthèse

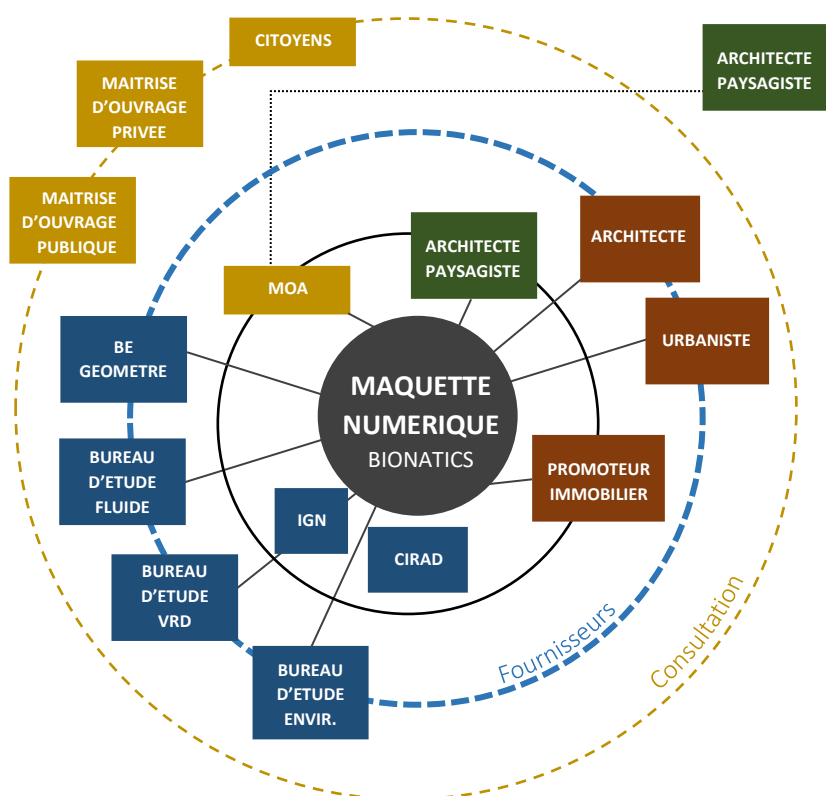


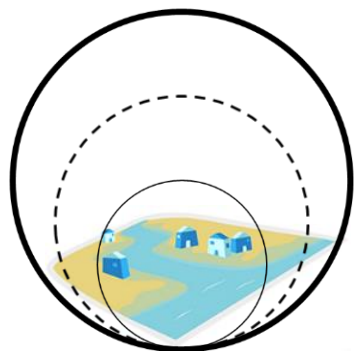
Figure 76 : Schéma synthèse du cas général de LandSim3D (Source : *réalisation personnelle*)

L'analyse des réseaux complétée des enquêtes auprès des entreprises ont permis de comprendre l'intégration de l'architecte paysagiste au sein d'une méthodologie de travail sous maquette numérique CIM vers le jumeau numérique des villes depuis le logiciel plateforme LandSim3D. L'architecte paysagiste peut se retrouver à la fois intégré dans le processus de la maquette numérique en tant qu'utilisateur, le cas notamment de Ilex Paysage. La mise en diagnostic du projet reprend les données et les tracés avec aplats cartographiques, mise en place dans les SIG. Le mode de représentation évolue une combinaison de deux dimensions à la fois 2D et 3D. Le deuxième cas est celui de Phytolab, dont le support du projet a été intégré par la Ville de Cayenne, maîtrise d'ouvrage utilisatrice de la maquette.

5.3 PROJET : FRONT DE MER DE STE LUCE

Nomination du projet d'aménagement du front de Mer de Ste Luce aux Trophées du

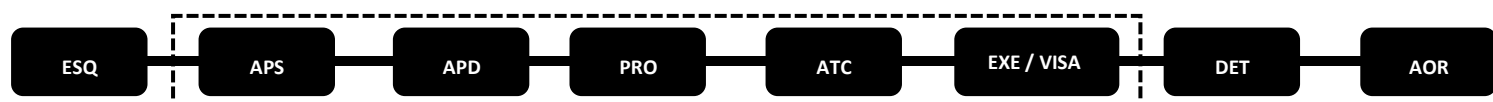
BIM d'OR



P
M
A
R
I
S
A
G
E
M
E

Courte description du projet (Complément en annexe 7)

Ce projet est basé sur une démarche résiliente, de renforcement du littoral, de la montée des eaux tout en conservant les activités actuelles, en utilisant des ressources locales. Un projet livré pour 2025 de 6 680 m², comprenant un espace multifonctionnel, un marché de poissons, fruits et légumes, des aménagements favorisant les activités ludiques et halieutiques, avec mise en place de pontons et cales de halage. C'est sous le Plan BIM 2022 publié en 2020 que ce projet s'insère dans un appel à projet expérimental pour « l'utilisation future d'une maquette numérique BIM en complément d'une demande d'autorisation d'urbanisme » (Plan BIM 2022)



Mise en place des maquettes, fournisseurs de la donnée et consultation

a. Réseau d'acteurs (voir annexe 7)

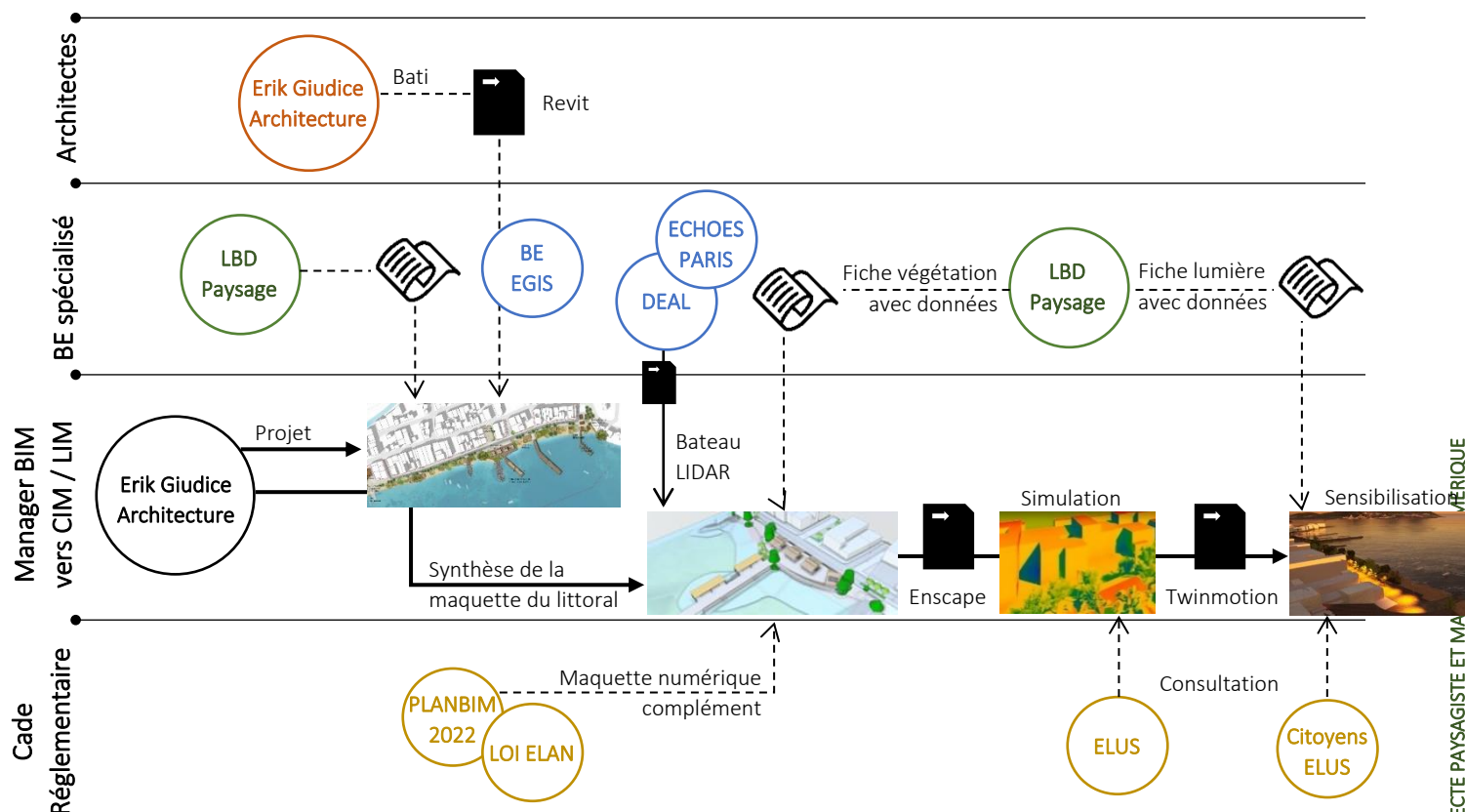


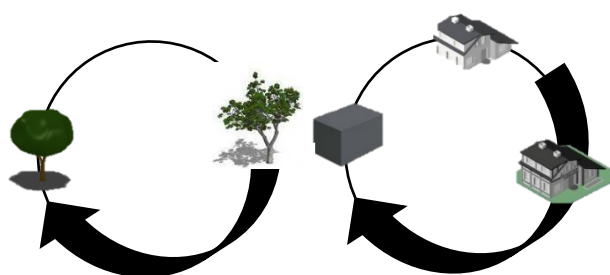
Figure 77 : Schéma du flux d'informations par les acteurs utilisateurs de la maquette numérique BIM vers CIM et LIM (Source : réalisation personnelle à partir des sondages retranscrits en annexe 7)

Le réseau d'acteur ne témoigne que de deux créateurs de maquette numérique, le cadre dans lequel s'insère le projet est de source expérimentale, c'est sous le Plan BIM 2022. L'architecte paysagiste quand-à-elle a un rôle de mise en données par papier à destination de la maquette CIM / LIM.

Complément par enquête personnelle

Augustin Roy-Verger - Ancien architecte chez EGA

« Le Lauréat Plan BIM 2022, il s'agit d'une expérimentation pour la validation d'urbanisme [...] Revit était au centre de la mise en maquette, Viewer Autodesk a été mis en place pour la lecture de la maquette, La simulation de l'eau et la lumière ont été générée par twinmotion, l'interopérabilité est simple entre revit et twinmotion, cependant pour les plantes, il a fallu les remettre une par une. Enscape a été utilisé pour la simulation de l'ensoleillement [...] l'interopérabilité avec revit était plus facile, aucune problématique n'est perçue. Des BCF, post-it, annotations ont été utilisé au sein des maquettes de manière interopérable ».

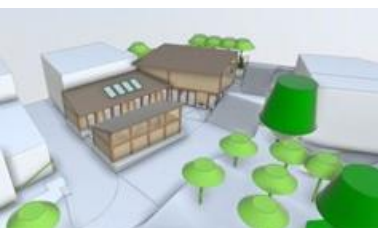


SCHEMATIQUE

b. Indicateur de représentativité

L'ambition des objectifs du Plan BIM 2022 a amené à la réflexion de deux types de représentativité selon les besoins, axes ciblés. Tandis que la représentation schématique fait œuvre de développement de tout un processus, suivi de quantitatif, budgétisation. Le choix de représentation réaliste quant-à-lui aura pour objectif de renforcer l'axe communicatif et de sensibilisation.

REALISTE



Illustrations pendant maquette



Le plan masse du projet a été la première phase de retranscription des choix de projet avant la mise en maquette numérique. Bien que l'architecte paysagiste en charge du projet ne travaille qu'avec des productions manuelles, chacune de ses productions a été reprise par l'entreprise mandataire afin de réaliser un travail d'ensemble.

Illustrations avant maquette par l'entreprise EGA, LBD Paysage

SANS FAÇADES



FAÇADES GEO-TYPIQUES

FAÇADES GEO-SPECIFIQUES

PHOTO-MODELE



Les premières maquettes ont été réalisées de manière schématique sous Revit, le but étant d'intégrer toutes les composantes du projet pour former un premier socle entre un existant et le projet. Seuls les nouveaux bâtiments ainsi que les petites constructions, créés dans le projet présentent une façade Géo-spécifique.

Le socle de la maquette Revit a ensuite été retravaillé sur Enscape, un logiciel de simulation réaliste dont la simulation d'ensoleillement permet d'évaluer les zones d'ombrages créées, à partir du géoréférencement du soleil et du site. Le sondage auprès des acteurs du projet a permis de comprendre que ce choix de représentation a amené les élus à la réflexion d'augmenter la capacité en arbre, soit en ombrage du site. L'ombre portée des cabanons n'était pas si importante qu'imaginée.



Ce choix de représentation réaliste était aussi une manière de sensibiliser les aménageurs du territoire. Le cas de la préservation des pontes des tortues a dû faire l'objet d'une simulation du type d'éclairage à mettre en place.

Illustrations pendant maquette EGA, LBD Paysage

Le support final de communication est la conversion du logiciel de mise en place de la maquette numérique sous données informationnelles à la mise en réalisme par des logiciels de visualisation. Dont l'objectif vise essentiellement la sensibilisation des citoyens et des collectivités.

Illustrations après maquette par l'entreprise EGA, LBD Paysage

REALISTE



Figure 78 : Illustrations des types et niveaux de représentations avant, pendant et après maquette numérique (Source : EGA, LBD Paysage)

Complément par enquête personnelle

Augustin Roy-Verger - Ancien architecte chez EGA

« Nous sommes intervenus avec l'ingénieur architecte paysagiste Laure Bordet Durieu, toutes ces productions étaient à la main, elle a enrichi la maquette de données à travers ses productions détaillées, annotées, chaque plante a été mis en croquis avec des détails poussés sur les différentes dimensions cime, racine ».

c. Indicateur de fiabilité

Les analyses des banques de données SCAN 25 et BD TOPO ont permis grâce à la composante informationnelle du tableau attributaire, d'établir des cartographies de la datation des données (Annexe 7). La synthèse reprise par le tableau ci-dessous témoigne de deux choses, une donnée encore ancienne par rapport aux enjeux environnementaux visés par le projet, commencé en 2020.

DATATION DE LA DONNEE

| SCAN 25 | | |
|---|-------------|--|
| Topo. | Initiale | |
| BD TOPO | | |
| Bâtiment | Initiale | |
| | Mise à jour | |
| Route | Initiale | |
| | Mise à jour | |
| Zone arborée | Initiale | |
| Limite Terre-Mer | Initiale | |
| | Mise à jour | |
| 2008 2011 2012 2014 2015 2018 2019 2021 2022 2023 | | |

Figure 79 : Tableau de la datation de la donnée SCAN 25 et BT TOPO (Source : réalisation personnelle à partir de l'analyse des données IGN du Front de Mer Sainte-Luce, exploitées sur QGIS)

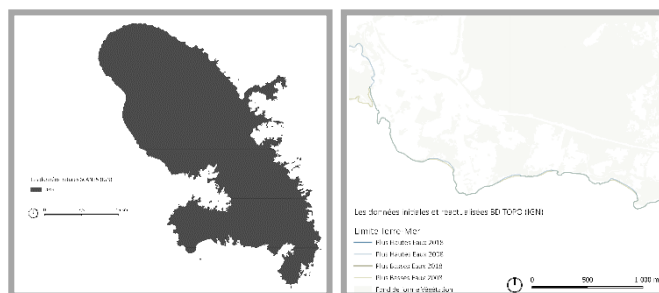


Figure 80 : Cartographies illustratives de la datation de la donnée (Source : réalisation personnelle, annexe 7)

La complémentarité, maquette numérique et données SIG ont permis de mettre un lien entre le commencement du projet en 2020, le manque de données accessibles récentes notamment la limite Terre-Mer et l'analyse locale faite par bateau LIDAR. La maquette visée jumeau numérique par la suite aura permis de mettre à jour la donnée locale.

Complément par enquête personnelle

Augustin Roy-Verger - Ancien architecte chez EGA

« Un dernier axe est celui de la biodiversité terre-mer, les différents endroits où cohabitent les habitats. Un bateau LIDAR a scanné le fond de mer pour savoir où sont les coraux par rapport à la topographie. Cela a permis de générer des images afin de rassurer la maîtrise d'ouvrage ».

d. Synthèse

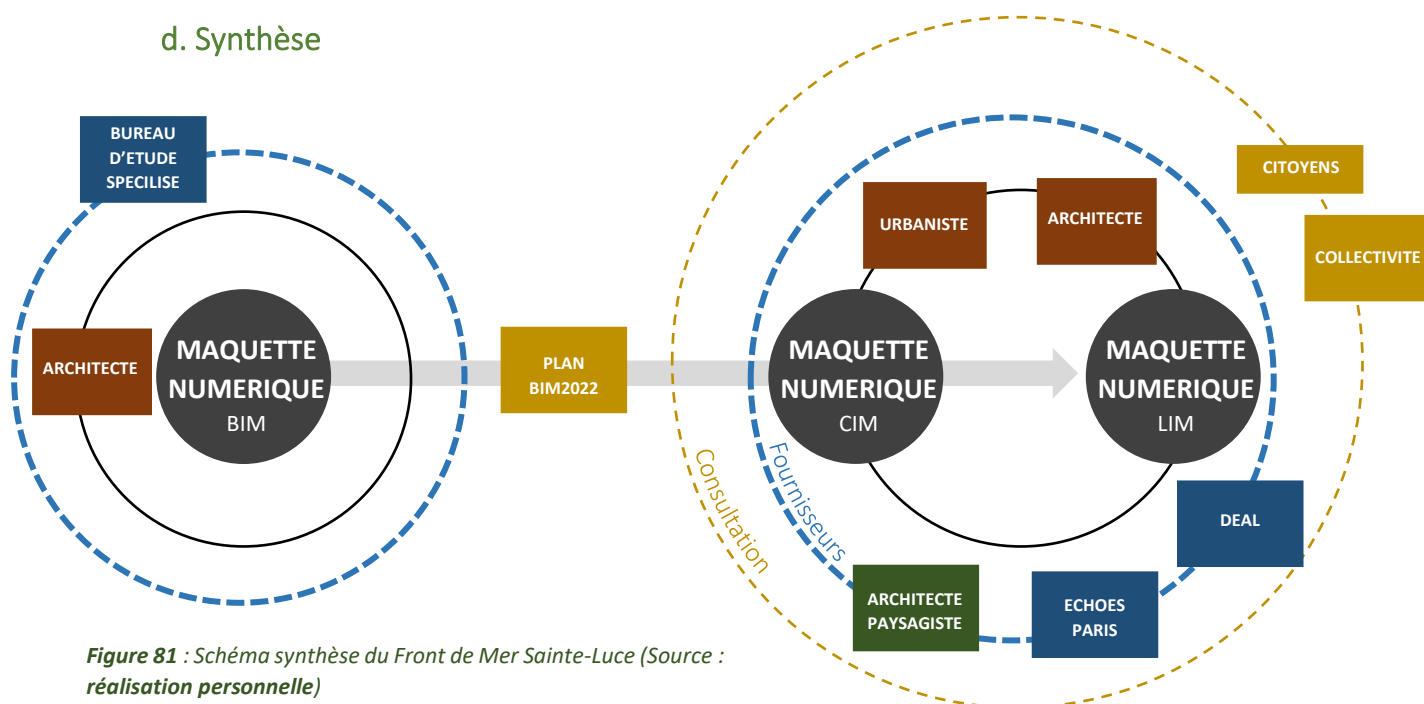
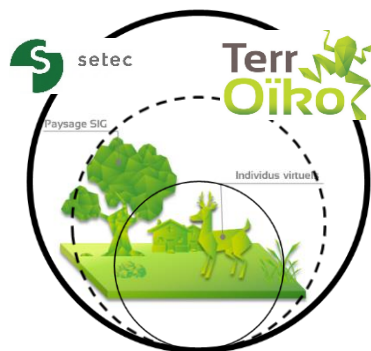


Figure 81 : Schéma synthèse du Front de Mer Sainte-Luce (Source : réalisation personnelle)

La méthodologie de travail de ce projet a évolué sous plusieurs échelles au cours de son avancement. Sa première mise en place passe par la création d'une maquette numérique BIM pour les éléments architecturaux. Cette maquette a évolué vers une maquette CIM, intégrant toutes les composantes de la ville, notamment les futurs réseaux enterrés mettant un lien avec les plantations prévues par le projet. La dernière phase de la maquette est à l'échelle du LIM, son objectif était de prendre en compte la biodiversité du site, dans cette interface Terre-Mer, reconstituant la topographie du fond marin. C'est ainsi que la maquette numérique devient hybride, possible de consultation sous différents modèles du BIM au CIM et LIM.

L'analyse a permis de comprendre le rôle fondamental de l'architecte paysagiste face aux outils numériques dans le cadre de simulation de grands enjeux environnementaux. Le cas de l'ombrage, témoigne d'une prise en compte plus poussée de l'aménagement paysager, qui par les décideurs a revu la mise en quantité de plantation du site pour créer un ombrage plus important, ce qui n'aurait pas été forcément abordé sans ce cadre expérimental. La sensibilisation a été d'autant plus importante sur les aspects spécifiques de l'aménagement pouvant renforcer le cycle de vie des tortues notamment.

5.4 PROJET DE RECHERCHE : BioBIM Biodiversité, BIM et Infrastructures

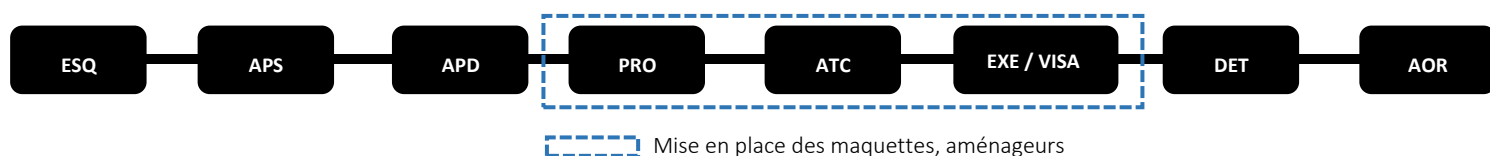


B
E

S
P
E
C
I
A
L
I
S
E

Courte description du projet (Complément en annexe 8)

BioBIM est un projet de recherche porté par deux bureaux d'études, TerrOïko et le SETEC, visant à sensibiliser les aménageurs du cycle de vie des infrastructures de transport. Ils travaillent sur la gestion environnementale par des outils numériques pouvant appuyer leur mission notamment lors des ERC, Eviter, Réduire, Compenser. Ce cas de projet montre le développement d'un « démonstrateur collaboratif sur le site d'un échangeur autoroutier » (FEREC, 2019). Le projet s'articulera sur la mise en 4D d'une maquette BIM.



Mise en place des maquettes, aménageurs

a. Réseau d'acteurs (voir annexe 8)

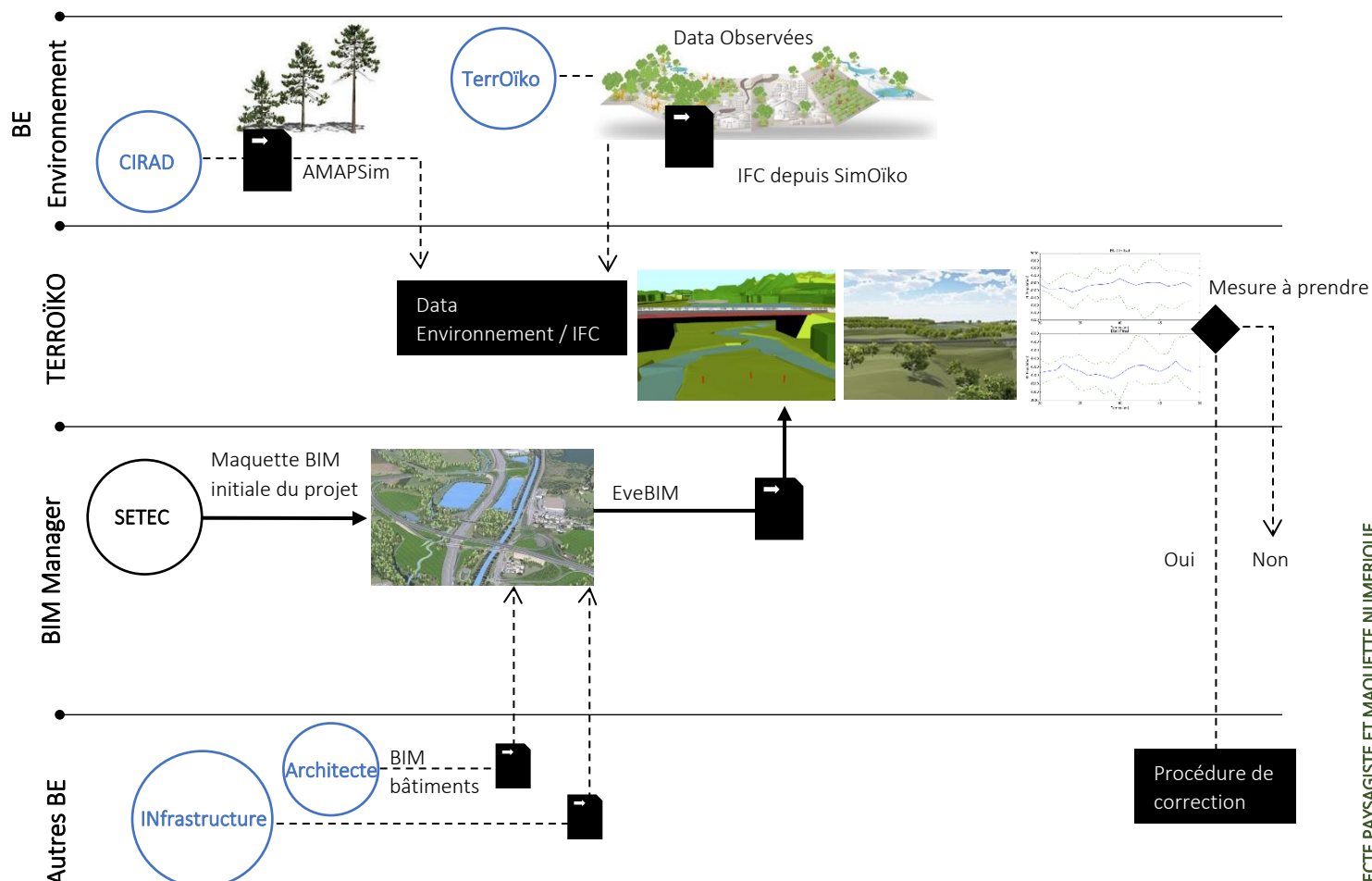


Figure 82 : Schéma du flux d'informations par les acteurs utilisateurs de la maquette numérique BIM Biodiversité et Infrastructure (Source : réalisation personnelle à partir des sondages retranscrits en annexe 8)

Les enquêtes auprès des différents acteurs du projet de recherche et du cas spécifique (Annexe 8) ont permis de comprendre que l'ensemble des envois des maquettes numériques ont utilisé des exportations de fichiers ouverts de type IFC. Ce type de format ne rencontre pas de problématique dans la collaboration entre différents acteurs utilisateurs de divers logiciels mais la complexité se retrouve dans les compétences acquises en matière de SIG et de géoréférencement. Ce qui implique un temps supplémentaire de reformulation du géoréférencement, sans celui-ci la donnée n'a pas de valeur qualitative.

La particularité de ce projet est l'échange de fichiers vers des logiciels divergents, les IFC de la maquette BioBIM initiale ont été développés par le bureau d'études TerrOïko via un ensemble de scripts, permettant l'extraction des éléments-clés vers le logiciel SimOïko.

Complément par enquête personnelle

Sylvain Moulherat – TerrOïko

« Les IFC ne sont pas toujours corrects, le géoréférencement n'est parfois pas bien exécuté par les architectes, autres aménageurs du territoire, le site peut se retrouver à 200 km de sa localisation d'origine »

b. Indicateur de représentativité

La maquette numérique formera par le biais de la technologie AMAP, le socle de la croissance végétale. Combinée à la dynamique de population, se définira la trajectoire de référence. Cela permettra par le biais de la représentativité de comparer les résultats obtenus par rapport aux suivis des évaluations environnementales.

SCHEMATIQUE

Le projet combinera deux logiciels à la représentativité schématique. SimOïko montre le déplacement de la biodiversité. Le manque de capacité de représentation de la biodiversité par EveBIM remplace la population de Lycaena dispar par des cylindres rouges.

REALISTE

La représentation réaliste a quant-à-elle été mise en œuvre dans un second temps, dans le but d'améliorer la communication lors des suivis d'évaluation. Lors de la concertation, ce mode de reproduction amène une lecture directe dans un contenu immersif.

Illustrations pendant maquette

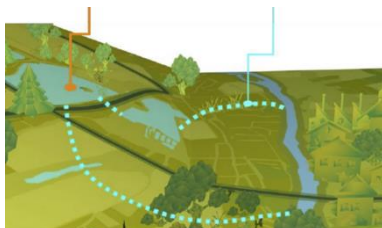
Le projet BioBIM s'est appuyé sur un ensemble de plans et de data, un plan de gestion existante (Annexe 8) ainsi que des suivis de mesures environnementales mis en œuvre sur une période de deux ans.

Illustrations avant maquette

SANS FAÇADES



FAÇADES GEO-TYPIQUES



FAÇADES GEO-SPECIFIQUES

PHOTO-MODELE

Dans le cadre de ce projet de recherche, seules les infrastructures ont été mises en avant par les maquettes numériques. Toutefois la comparaison avec d'autres projets sous le logiciel SimOïko a permis de voir que la visualisation en tant que telle n'intéresse pas, ce qui a généré des façades Géo-typiques.

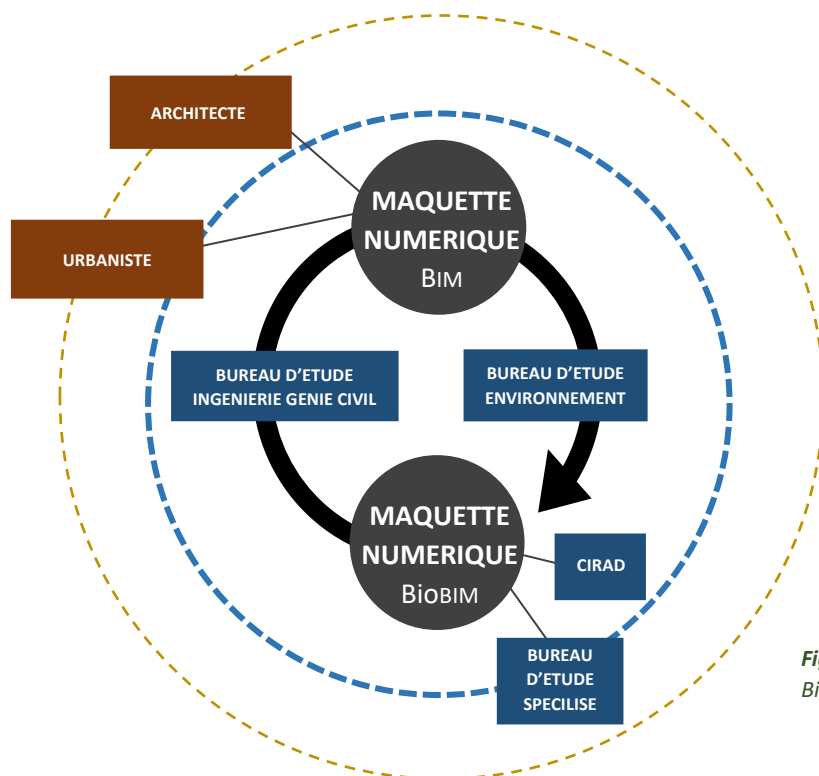
Illustrations pendant maquette

Figure 83 : Illustrations des types et niveaux de représentations avant, pendant et après maquette numérique (Source : TerrOïko, SETEC)

c. Indicateur de fiabilité et d'apprentissage

Les indicateurs de fiabilité et d'apprentissage ne seront pas développés dans ce projet, car l'on ne s'intéressera qu'au développement de la dimension 4D portée par ces travaux de recherche BioBIM. Les données informationnelles de l'IGN ne permettent pas le pointage de la faune d'un site, le bureau d'études techniques TerrOïko a importé au sein de la maquette des données de déplacement de la faune et le pointage de la flore du site sous une datation récente.

d. Synthèse



La méthodologie de recherche de ce travail se résulte par la collaboration de deux bureaux d'études spécialisées. Bien qu'aujourd'hui aucun architecte paysagiste n'est collaboré sous leur maquette numérique, leur réflexion sur le plan de l'infrastructure et de la gestion de la biodiversité aura un avantage considérable dans la mise en retranscription de l'existant au sein des maquettes paysagères LIM.

Figure 84 : Schéma synthèse du projet de recherche BioBIM (Source : réalisation personnelle)

5.5 SYNTHÈSE

Arrêt majoritaire des maquettes numériques sous modèles BIM, CIM, LIM pour les bureaux d'études en paysage depuis les aménageurs ou manager BIM / CIM / LIM.

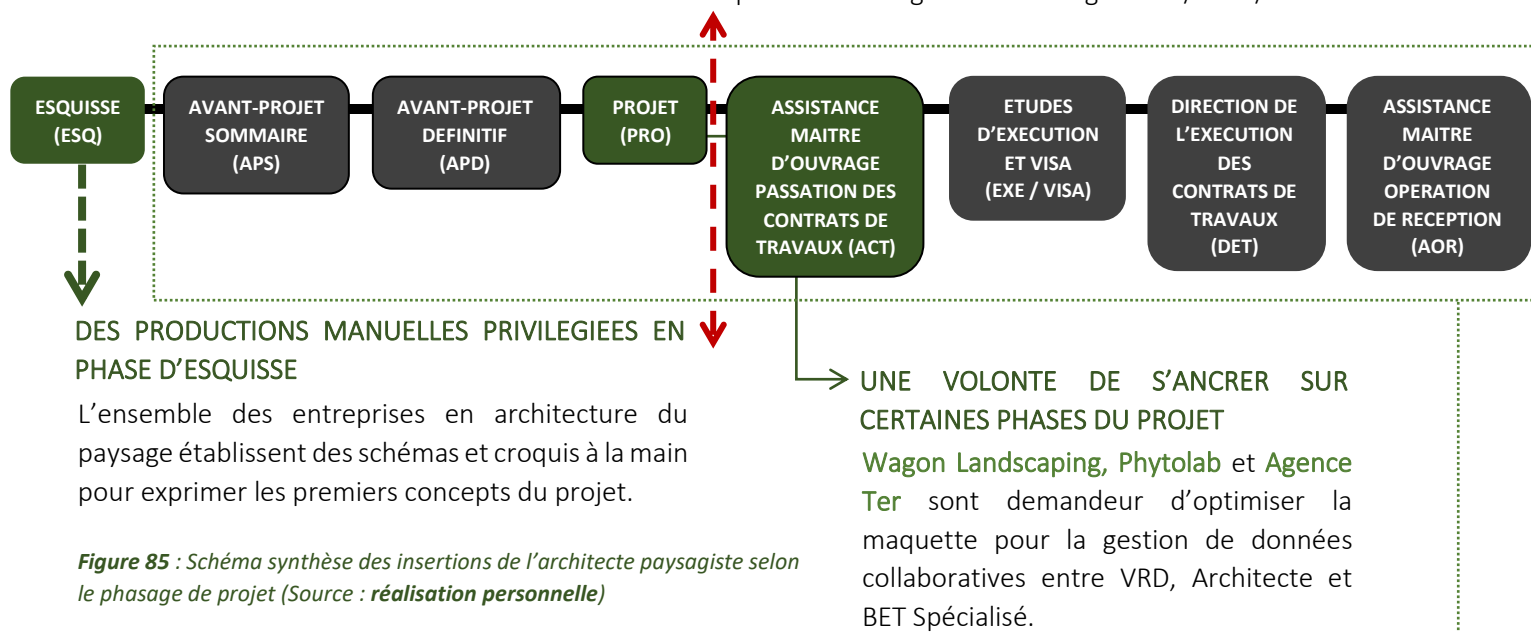


Figure 85 : Schéma synthèse des insertions de l'architecte paysagiste selon le phasage de projet (Source : réalisation personnelle)

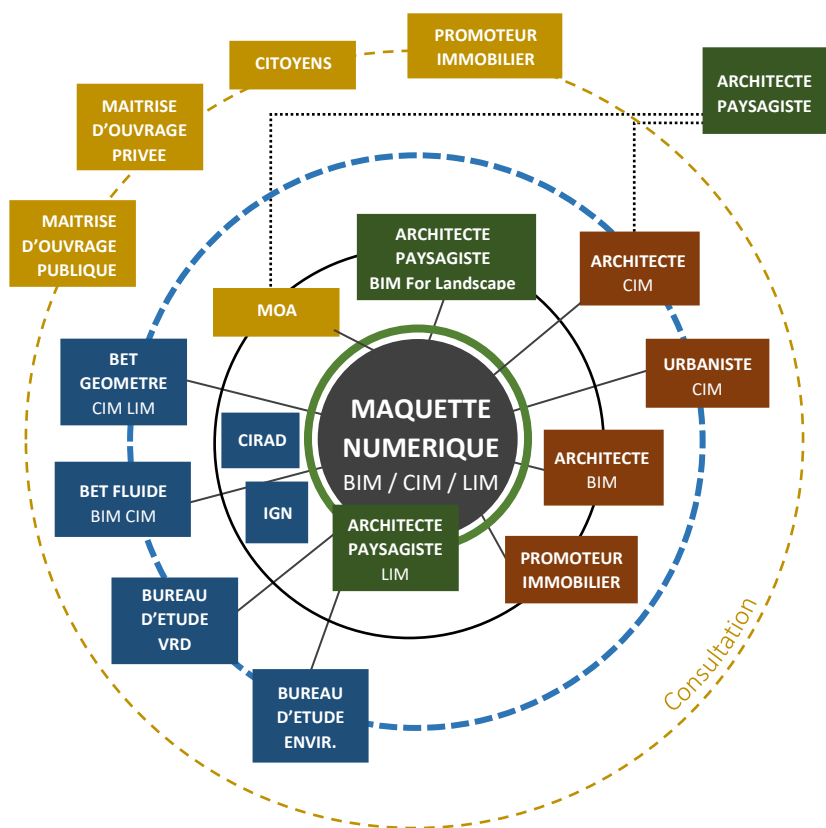


Figure 86 : Schéma synthèse des résultats (Source : réalisation personnelle)

4 bureaux d'études en architecture du paysage, Agence Ter, Land'Act et Wagon Landscaping font de la création de maquette numérique de leur espace paysager jusqu'à la phase prévisionnelle et de budgétisation, si la notion du temps le permet, cas des JO complexe.

REVIT BIM TRACK

Dont 1 bureau d'étude 2/3/4 Atelier, ayant en interne des architectes, urbanistes et paysagistes, utilise via un BIM Manager interne un plug adapté à la filière du paysage, Naviate.

NAVIA TE

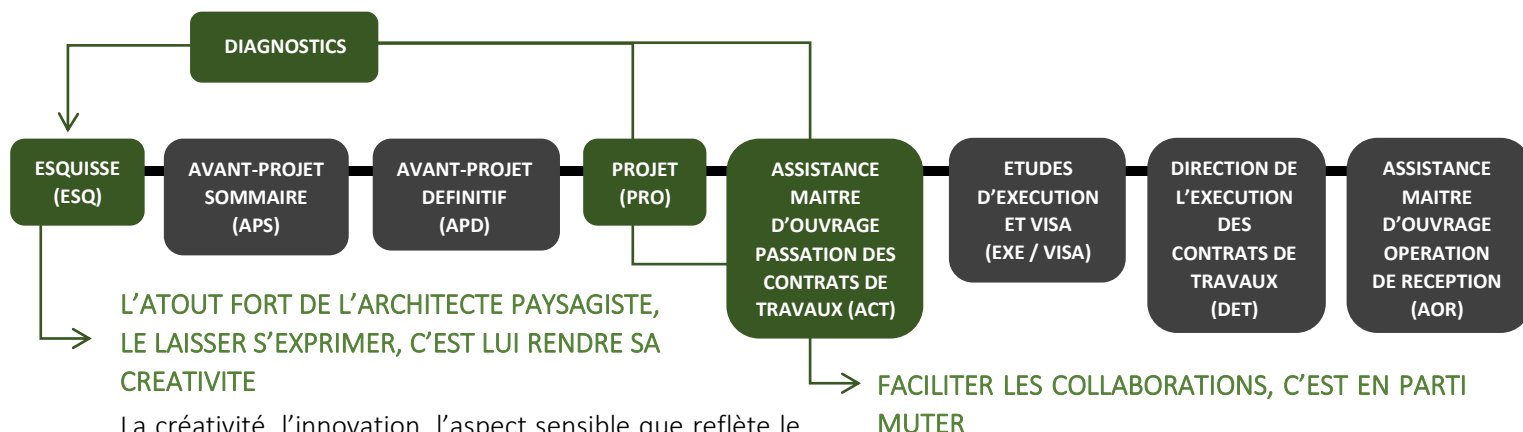
En matière de mutation, l'architecte paysagiste se retrouve sur trois positionnements différents, lecteur, utilisateur ou créateur. Son rôle de synthétiser le projet global se fait partager avec un ensemble d'autres acteurs. Son apprentissage passe dans la majorité des cas par de l'acquisition d'outils numériques et de la pratique, très peu de formation, sauf cas spécifique de LandSim3D.

Le schéma de synthèse montre l'architecte paysagiste encore peu intégré au processus de la maquette numérique. Il est essentiellement lecteur ou utilisateur sur le modèle du BIM For Landscape. Cependant, la volonté de collaboration et simulation de grands enjeux environnementaux ont fait muter certaines entreprises en architecture du paysage. Land'Act marque le premier manager LIM, porteur de la maquette numérique lors de projets marchés publics. Atelier 2/3/4 témoigne d'une symbiose possible entre les différents corps de métier au sein des maquettes numériques BIM, dont l'utilisation de logiciel adapté marque l'insertion de l'architecte paysagiste, cadre spécifique interne à ce bureau d'études.

5.6 LES PROPOSITIONS D'AMELIORATION DE L'INSERTION DE L'ARCHITECTE PAYSAGISTE AU SEIN DES MAQUETTES NUMERIQUES, BIM, CIM, LIM

L'analyse des différents cas de projets complémentés des sondages auprès des acteurs ont permis de comprendre leur lien et importance forte, aux productions spécifiques représentatives de chaque étape de la loi MOP. Ces propositions visent l'amélioration du phasage et la résilience d'un projet.

- Inclure l'architecte paysagiste dans la création de maquette qu'à certaines phases du projet
- Modifier l'interface des maquettes numériques pour faciliter la continuité de son itinéraire initiale des pratiques



La créativité, l'innovation, l'aspect sensible que reflète le vécu d'un (futur) lieu par ses productions est un héritage commun qui se doit d'être renforcé. Nombre d'acteurs s'inquiète de voir le numérique obligatoire trop tôt dans le phasage de projet amenant la technique avant le concept mais surtout un risque de standardisation accentuée.

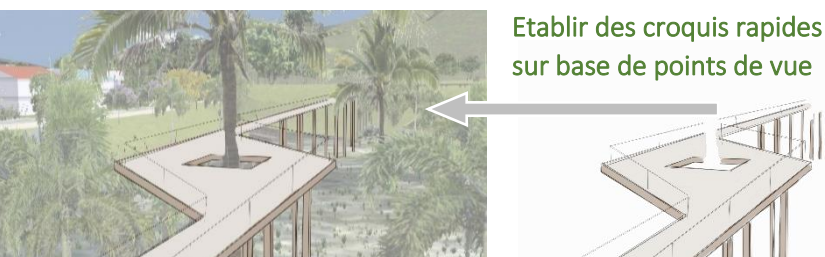


Figure 87 : Illustration d'une ambiance de projet (Source : réalisation personnelle à partir de la maquette Semsamar – LandSim3D)

Se rapprocher des collectivités territoriales ayant acquisition de maquettes jumeaux numériques des villes peut être une des premières intégrations de l'architecte paysagiste. Etablir son concept sous base de croquis très rapide, basé sur des points de vue inaccessibles à l'humain ou encore non existants, pourrait permettre de prendre en compte l'environnement, pour s'insérer naturellement dans le cadre paysager ou urbain. La création de concepts pourra s'établir sur un fond diagnostic.

Etablir des croquis rapides conceptuel sur base du diagnostic



FACILITER LES COLLABORATIONS, C'EST EN PARTI MUTER

De plus en plus de bureaux d'études techniques sont intégrés à ce processus, en environnement, en VRD. La consultation des entreprises entre la phase APD et EXE est primordiale, s'équiper et se former d'outil numérique peut permettre un gain de temps sur l'exécution des productions techniques, et sur l'accès à de la donnée externe tant depuis le domaine du bâtiment que celle des réseaux.



Figure 88 : Illustration de réseaux (Source : réalisation personnelle à partir de la template Revit Snowden Towers Sample Architectural)

Les analyses des projets ont montré que Revit semble être le logiciel le plus adapté à de la récupération de donnée externe que ce soit via l'architecte notamment dans le cadre des JO, via les bureaux en environnement avec les travaux de recherche BioBIM ou encore les VRD dont l'exportation IFC entre Mensura et Revit est efficace.

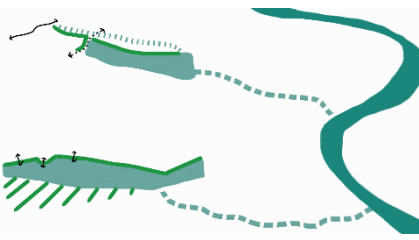


Figure 89 : Illustration d'un schéma conceptuel (Source : réalisation personnelle à partir de la maquette de Semsamar – LandSim3D)

Camille BOURGEOIS – Paysagiste Wagon Landscaping

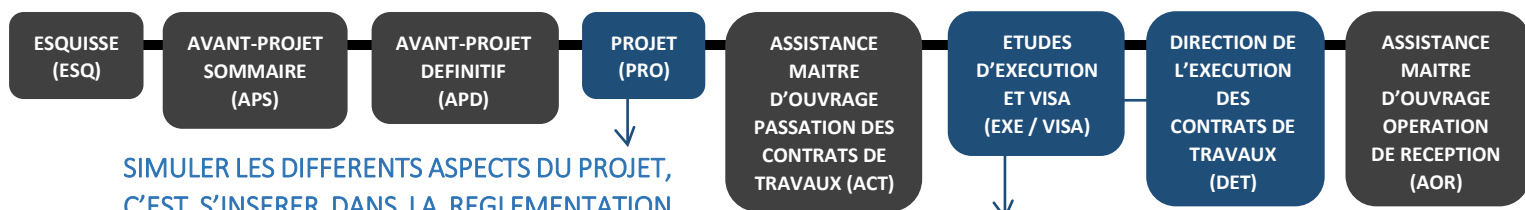
« Cette méthodologie ne me paraît à ce jour pas du tout adaptée aux enjeux du projet de paysage. Il serait intéressant qu'elle permette de voir les interfaces cruciales avec les lots architecturaux et VRD »

Complément par enquête personnelle

Matthieu THEAUDIN - Phytolab

« Difficile de s'y retrouver, de se positionner suivant les demandes des MOA, et suivant la finalité de ces supports de conception (Revit, Civil...), qui pour nous, bride la créativité. En conception, le métier du paysage évolue en permanence, on sort du générique, on innove, on expérimente, on prototype, on floute les limites, le regard du paysagiste zoome et dézoome en permanence, où se trouve le curseur dans tout ça ? »

- Etablir une méthodologie entre besoin pour le projet et besoins depuis les acteurs



SIMULER LES DIFFERENTS ASPECTS DU PROJET, C'EST S'INSERER DANS LA REGLEMENTATION DES ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

La simulation des îlots de chaleur, de la gestion de la biodiversité ou des aléas climatiques sont devenus des enjeux primordiaux dans les villes de demain. S'outiller pour simuler la qualité d'un projet, permet de s'insérer davantage précisément dans la réglementation française grandissante, cas de la loi Climat et Résilience. L'architecte paysagiste à un rôle crucial aussi bien dans le domaine de la communication que dans celui de la sensibilisation, prouver de manière « scientifique » est devenu meilleure source d'intérêt auprès des collectivités. Il est donc nécessaire pour lui, d'établir une méthodologie basée sur des besoins et enjeux du projet car ils seront différents selon un site rural, urbain, ou à des interfaces Terre-Mer et Forêt.

SIMPLIFIER LA QUANTIFICATION ET LES BESOINS RELATIFS AU PROJET

La maquette numérique permet à partir du modèle du projet d'établir des coupes, plans, vues 3D comprenant tout un ensemble de détails techniques, qui ont la possibilité de se mettre à jour automatiquement dès la modification du modèle. Ce gain de temps est renforcé par la banque de données informationnelles associées, qui permet de quantifier les besoins en eau des plantes, l'évolution de la croissance de la végétation, les remblais / déblais, la gestion des eaux de pluie.

- Apporter de la connaissance et de la pratique depuis les formations en paysage

Les formations en paysage en France, témoignent par un niveau de licence, des compétences en matière d'infographie pure, le retravail d'une image ou la mise en modélisation sans gestion de la donnée informationnelle, sont très courantes. Mais très peu de connaissances s'articulent autour des maquettes collaboratives en dehors de la profession d'architecte. La discussion auprès de Jean-François Gloria, Conseil en Smart City BIM, CIM, LIM sur son enseignement auprès d'étudiants de master a permis de comprendre la volonté que commence à avoir l'enseignement supérieur sur la connaissance de plateformes numériques collaboratives dont la donnée informationnelle marque un intérêt majeur.

Complément par enquête personnelle

Imad BOUHMOUCH - BIM Manager – Pichet Immobilier

« Selon moi, il est nécessaire d'avoir une approche plus pragmatique du BIM/CIM en France. En effet, lorsqu'on désire lancer un projet en BIM, on a tendance à en faire beaucoup trop et à demander beaucoup, car « c'est ce qui doit être fait ». Personnellement, je préfère une approche plus opérationnelle en commençant par comprendre les besoins d'un projet et de ses acteurs. Ensuite, une méthodologie répondant précisément à ces besoins doit être mise en place. Selon moi, faire du BIM, c'est faire les choses simplement afin de répondre aux besoins d'un projet et surtout en fonction de la maturité BIM des acteurs.

6. DISCUSSION

6.1 Les résultats obtenus

6.1.1 Comparaison entre l'état de l'art et les résultats

Mutation :

- BIM : Building Information Modeling

La méthodologie BIM est la moins conséquente en matière de mutation auprès de l'architecte paysagiste, car l'échelle de travail sur laquelle repose ce modèle est celui du bâtiment. L'état de l'art a abordé dans un premier temps le positionnement des acteurs. Bien que le rôle central de l'architecte paysagiste est de synthétiser la globalité d'un projet, son évolution par la réglementation, dont la loi relative à la liberté de la création, à l'architecture et au patrimoine (LCAP) demande des compétences architecturales, urbanistiques et paysagères lors de projets de nouveaux lotissements. Un positionnement commun entre l'architecte, l'urbaniste et le paysagiste se forme avant même d'aborder la notion de maquette numérique. C'est par la réglementation d'une transition numérique des bâtiments que l'architecte paysagiste se voit imbriquer dans la méthodologie d'un modèle d'Information du Bâtiment, le BIM. Les résultats quant-à-eux ont témoigné de deux choses, que le BIM est une méthodologie déjà bien ancrée des pratiques des architectes, la totalité des bureaux d'études ont répondu utiliser le BIM. De ce fait, la mise en place d'un BIM Manager est souvent utilisée, aussi bien en interne qu'en externe. Ce qui permet à l'architecte paysagiste de continuer ses pratiques initiales et d'échanger via des supports dwg. Cependant une complexité sera abordée un peu plus loin sur les risques que cela pourrait engendrer en termes de collaboration.

La charge de travail supplémentaire attendue par l'état de l'art sur la formulation de documentation dans le cadre d'une méthodologie BIM n'est finalement pas toujours représentative. Le cas spécifique du projet du front de mer de Sainte-Luce témoigne d'un cadre expérimental dont la documentation BIM a été mise en œuvre en amont du projet et de ses acteurs. Le projet des jeux olympiques a également témoigné d'une non charge de travail supplémentaire car les différents documents abordés par l'état de l'art ont été mis en place par la SOLIDEO, seules les documentations de conformités de respect du cahier des charges de la SOLIDEO ont été mises en place par les BIM manager interne ou externe aux maîtrises d'ouvrage des projets.

- CIM : City Information Modeling

La méthodologie basée sur le Modèle d'Information du Paysage fait muter principalement le positionnement de l'architecte paysagiste au sein des acteurs. Les aménageurs de plus en plus qualifiés pour créer une maquette numérique d'une ville, ce qui simplifie la gestion de synthèse des productions, un des rôles de l'architecte paysagiste. Les phasages projets abordés par l'état de l'art (mentionnés dans le cadre du BIM mais superposables à différents degrés aux autres modèles) témoignent de deux aspects, un très linéaire lors de méthodes de travail non collaboratives par maquette numérique, dont la consultation des entreprises conserve une suite d'imbrication logique selon l'avancement. Tandis que l'autre aborde cette capacité d'intégrer dès les premières phases un ensemble d'acteurs, ainsi un ensemble de données informationnelles. Les résultats ont montré que la possibilité d'intégrer les maquettes des autres acteurs était possible à n'importe quelle phase grâce à l'interopérabilité des fichiers.

- LIM : Landscape Information Modeling

La méthodologie basée sur le Modèle d'Information du Paysage est la plus conséquente en matière de mutation auprès des bureaux d'études en architecture du paysage, car l'échelle repose sur l'ensemble de ses connaissances dans un même outil numérique. L'état de l'art a abordé différents domaines et simulations permettant de vérifier la qualité d'un projet, dont les utilisateurs principaux sont les filières du paysage. Cette observation amenée dans le cadre des hypothèses, montre par les résultats que cette mutation ne s'est faite qu'à un seul bureau d'études en architecture du paysage Land'Act, dont les enquêtes personnelles n'ont jamais pu aboutir pour approfondir cette analyse. Le projet de la Colline d'Elancourt en est l'exemple et témoigne de la mise en place d'une maquette numérique LIM par le BET Egis. La mention d'une charge de travail supplémentaire pourrait se retrouver si le bureau d'études en architecture du paysage est maître d'œuvre du projet et porte un rôle de création et de synthèse d'une maquette numérique pour l'ensemble des aménageurs du territoire.

- Aspect global des trois modèles

Du point de vue de la mutation, dans l'état de l'art et les résultats l'architecte paysagiste se voit acquérir de nouveaux logiciels numériques. La différence se retrouve sur le type de logiciel utilisé, alors que le schéma méthodologique aborde différents plug ins paysagers Naviate, Landmark et Land, dont on aurait supposé l'utilisation. Les cas de projets analysés démontrent l'exploitation de deux logiciels principalement par les architectes paysagistes Revit et BIM Track. Une seule entreprise a établi un lien entre l'état de l'art et les résultats, **Atelier 2/3/4** dont l'utilisation du plug in Naviate était source d'un nouvel itinéraire emprunté par les paysagistes, étant perçu comme mieux adapté à l'échelle du paysage de par ses diverses composantes possibles. En termes d'apprentissage les bureaux d'études en paysage ne font que très rarement des formations, il s'agit dans la majorité des cas de l'acquisition de logiciel, suivi d'une évolution des compétences au fil des pratiques. Des logiciels plus particuliers comme LandSim3D nécessitent quant-à-eux une formation obligatoire pour avoir une maîtrise sur la création de la maquette. Pour les trois modèles tout comme l'état de l'art avec la réglementation, la Solideo a contraint les bureaux d'études à se tourner vers le numérique collaboratif, par un rendu de maquette numérique sous des exigences précises.

Représentation :

- BIM : Building Information Modeling

La méthodologie du Modèle d'Information du Bâtiment est la moins intéressante pour l'architecte paysagiste. Dans l'état de l'art comme dans l'exploitation des différents projets dans la partie résultats, témoignant d'une représentativité des composantes paysagères très limitées. C'est par la notion d'extension « BIM for Landscape » que l'architecte paysagiste peut y voir un premier intérêt. Ce modèle intégrant à la fois le projet architectural et permettant d'avoir des composantes similaires à ceux du Modèle d'Information du Paysage (LIM). Il est particulièrement intéressant lorsqu'il est mis en lien avec la notion de mutation par les réglementations, abordée par l'état de l'art. Car l'architecte paysagiste est de plus en plus amené à travailler avec l'architecte. Les enquêtes effectuées auprès des bureaux d'études ont mis une importance sur la gestion des conflits entre le projet architectural et le projet paysager. L'analyse des différents outils a permis de voir que Revit était un des logiciels utilisés à la fois dans les trois modèles en combinant son logiciel Naviate.

- CIM : City Information Modeling

La méthodologie du CIM devient contrairement au BIM, une échelle importe dans la superposition du projet de l'architecte paysagiste dans le contexte existant et dans les projets des aménageurs. Tandis que l'état de l'art a appuyé sa représentation entre la possibilité de combiner les plan diagnostic 2D et

un socle 3D, les résultats n'ont montré qu'une possibilité par l'utilisation du logiciel LandSim3D. Un inconvénient perçu chez certains aménageurs est la représentativité uniquement réaliste, l'architecte paysagiste dont les codes de représentation sont variés marque un freint. Le deuxième aspect que retiendront les bureaux d'études en paysage est la possibilité d'intégrer dans ce modèle les réseaux des villes. L'analyse personnelle sur la datation des données informationnelles des réseaux est très ancienne à inexistante dans les Systèmes d'Informations Géographiques (SIG). Cette méthodologie permet de pallier de manière plus rapide et efficace pour l'architecte paysagiste lorsque les bureaux d'études techniques spécialisés Fluide, Voiries et Réseaux Divers (VRD) sont eux aussi créateurs de maquettes.

Le projet du front de mer de Sainte-Luce est particulièrement intéressant car la mise en maquette par différentes couches, des cabanons associés à ceux des aménagements paysagers ont permis de voir que l'ombrage généré initialement n'était pas suffisant. Les discussions auprès des collectivités sont une plus-value pour l'architecte paysagiste dont l'aboutissement résulte d'une qualité de projets paysagers plus importants.

- LIM : Landscape Information Modeling

La méthodologie basée sur le Modèle d'Information du Paysage repose sur l'échelle ayant le plus grand nombre de composantes, dans un même outil numérique. L'état de l'art a abordé différents domaines et simulations permettant de vérifier la qualité d'un projet, que ce soit le taux allergène, la perméabilité des surfaces, le rendement de l'eau, la séquestration du stockage du carbone et la production d'oxygène. Les résultats ont quant-à-eux montré que l'on y était pas du tout, rares sont les bureaux d'études qui ont les compétences de mettre en place ce modèle. En matière de simulation, l'on retrouve principalement la gestion des eaux de pluie dans le cadre des inondations ainsi que la gestion des remblais / déblais. Ce modèle demande d'être approfondi par les bureaux d'études en architecture du paysage pour permettre de faire sens entre la simulation de paramètres environnementaux et la réglementation Loi Climat et Résilience abordée par l'état de l'art. Bien que l'aspect réaliste des productions n'était pas toujours bien perçu dans l'état de l'art, le rôle de sensibilisation de l'architecte paysagiste peut être valorisé par ce type de maquette-modèle. Les simulations perçues dans les résultats sur la protection animale dans le projet du front de mer de Sainte-Luce, ont permis de faire comprendre l'intérêt d'un éclairage adapté pour la ponte des tortues.

- Aspect global des trois modèles

Tandis que l'état de l'art aborde plusieurs possibilités de représentation, de schématique à réaliste, les résultats obtenus par les bureaux d'études en architecture du paysage témoignent d'une diversité de mode de production similaire. Allant du croquis à la main en phase d'esquisse aux croquis schématiques lors de grandes intentions de projet. Se suit la visualisation 3D schématique auprès des collectivités jusqu'au rendu réaliste en phase de communication finale. Finalement l'on peut conclure sur le fait que le numérique n'est pas utilisé à toutes les étapes de phasage de projet, que cette liberté permet de conserver nos propres choix de représentation. L'utilisation du numérique a montré depuis les résultats une troisième catégorie non abordée dans l'état de l'art, celui de la représentation technique, les maquettes numériques telles que sous Revit peuvent décliner tout type de surface, laissant apparaître toutes les composantes techniques du projet. Un atout qui permet une discussion simplifiée auprès des collectivités et des entreprises d'exécution des travaux.

Une notion de barrière à la participation est mentionnée dans l'état de l'art, cette crainte a été appuyée lors d'enquêtes auprès d'entreprises en architecture du paysage n'utilisant pas de méthodologie de travail par maquette numérique BIM, CIM, LIM. La comparaison avec les entreprises du paysage utilisant ces outils numériques montre que cette notion s'efface totalement et n'est pas abordée, c'est par le

choix personnel de leur demander, que l'on comprend l'intérêt de différencier les étapes de projets selon le public ciblé.

Collaboration :

Au niveau du collaboratif numérique, deux points essentiels sont à retenir, le fait qu'effectivement aussi bien dans l'état de l'art que dans les résultats obtenus, la collaboration mise en place sous une maquette numérique ne peut contenir un niveau de maturité supérieur à 2, c'est-à-dire la possibilité pour tous de modifier directement sur l'outil numérique n'est pas possible par cause de responsabilité, d'appartenance et de droits d'auteur. C'est sous un manager BIM, CIM, LIM que les assemblages se font. Les modifications se font par chaque partie prenante sur leur maquette initiale et sont envoyées au manager pour permettent de rendre récente la maquette numérique globale.

La deuxième notion n'a été perçue que par l'analyse des projets. La possibilité de collaborer sur un niveau supérieur est permise par les compétences en interne des entreprises, le bureau d'études **Atelier 2/3/4** a témoigné la mise en maquette commune à l'entreprise dont chaque métier en interne modifie directement selon l'avancement, soit les architectes, les urbanistes et les paysagistes.

- BIM : Building Information Modeling

Ce modèle d'information n'est intéressant pour l'architecte paysagiste que dans un seul cadre de projet spécifique, lorsqu'un grand nombre d'architectes collaborent sur un même macro-lots. Bien que l'état de l'art annonce la mise en place de maquettes numériques depuis les travaux des architectes, les résultats de l'écoquartier fluvial ont montré une tout autre complexité. L'ensemble des architectes ont mis en place des maquettes BIM soit environ 15, qui ont été envoyé directement au bureau d'architecture du Paysage Nebbia, si cette entreprise avait eu les compétences pour faire du recollement de maquette son gain de temps aurait permis de passer plus de temps sur les détails du projet.

- CIM : City Information Modeling

La méthodologie par le Modèle d'Information de la Ville (CIM) semble être encore complexe pour les bureaux d'études en architecture du paysage qui témoignent d'un support et d'un fichier particulièrement lourd, où la fluidité n'y est pas encore lorsque la collaboration entre les acteurs s'articule à l'alimentation d'une même maquette. Cependant, lors de la phase du dossier de consultation des entreprises, l'état de l'art tout comme les résultats ont mentionné l'efficacité des échanges entre les bureaux d'études techniques Fluide, Voiries et Réseaux Divers et celui des architectes paysagistes.

Les maquettes territoriales gérées par les villes, analysées dans le cadre du logiciel LandSim3D sont une plus-value que l'architecte paysagiste doit s'affranchir en collaborant dès ce modèle numérique lorsque les collectivités ont déjà cette méthodologie au sein de leur propre ville. Cela permettra aux bureaux d'études en paysage de faciliter la mise en diagnostic d'un site ainsi que son rôle de communication.

- LIM : Landscape Information Modeling

Au niveau de la collaboration par le Modèle d'Information du Paysage (LIM), très peu de points possibles à aborder, car la mise en maquette de ce modèle n'est que rarement effectuée par les architectes paysagistes.

- Aspect global des trois modèles

L'état de l'art annoncé la venue d'un nouveau métier comme rôle central du réseau d'acteur sous la notion de collaboration. Finalement les résultats ont permis de comprendre que la majorité des

collaborations aujourd'hui passe par la mise en place d'une diversité de maquettes numériques qui sont envoyées à l'ensemble des acteurs et qui ne sont restituées de manière globale que par un seul acteur. Cas majoritaire des BIM, CIM, LIM Managers, pouvant être interne à l'entreprise de maîtrise de l'ouvrage tel que le **Groupement Pichet** des Jeux Olympiques et Paralympiques de 2024 à une maîtrise d'œuvre spécialisée dans le numérique tels que **BIMtech** ou **Bionatics**. Les compétences en interne sont dans certains cas la mutation du rôle de l'architecte, de l'urbaniste et du paysagiste vers de la gestion du numérique.

Aspect global des trois notions :

Les différentes comparaisons montrent que les modèles CIM et LIM sont les plus adaptés au rôle de l'architecte paysagiste mais qu'il est important qu'il sache se positionner sur chacun de ses besoins avant la mise en projet par maquette numérique. Qu'il n'est pas toujours nécessaire d'avoir toutes les composantes mais qu'il est important de savoir vers qui est adressé cette maquette, et si l'intérêt est de favoriser le gain de temps par la collaboration ou par la représentation. C'est par ces deux notions que les choix de mutations doivent se faire.

6.1.2 L'émergence d'un nouveau métier au profit des bureaux d'étude en conception

De l'état de l'art à l'analyse des projets, s'est décliné un nouveau métier, AMO en maquettes numériques sous les modèles BIM, CIM, LIM et TIM. Il s'agit d'un assistant de conception pour les bureaux d'études d'architectes, d'urbanistes et de paysagistes. Le cas des jeux olympiques a témoigné de la difficulté de rassembler autant de données dans une même maquette numérique, que les compétences et connaissances n'étaient pas forcément présentes. Le temps de mise en place aurait été trop conséquent pour les aménageurs par rapport aux bénéfices qu'ils auraient eus. Un cas particulier, l'écoquartier fluviale a permis de se rendre compte de l'importance de ces métiers ou de cet apprentissage pour l'architecte paysagiste travaillant à l'échelle de macro-lots dont un nombre important de bâtiment s'apparentent à des envois de fichiers depuis les architectes vers le paysagiste. Ces nouveaux métiers sont dans certains cas une mutation de certains rôles des aménageurs en interne e l'entreprise, amenant à ne construire qu'avec de nouveaux outils numériques.

6.1.3 Analyse des sondages

Les résultats obtenus par les sondages ont visé deux catégories d'interrogées, les maîtrises d'ouvrages et plus particulièrement la Solideo ainsi que ceux qui établissent la conception les maîtrises d'œuvres. Ce choix a permis de différencier l'utopie générée et la réalité collaborative entre les différents aménageurs. Le cas des jeux olympiques a révélé intéressant la différence entre l'utopie générée par cette démarche de transition numérique par la Solideo annonçant sept bureaux d'études en paysage ayant participé à la mise en œuvre de maquettes numériques ainsi que le retour des entreprises de paysage. Finalement très peu de paysagistes ont participé à ces maquettes directement, des prestataires extérieurs étaient pour la plupart engagés pour resituer la totalité des maquettes et projets hors maquettes. Cette démarche a permis de rendre le plus précis possible le réel flux généré par les acteurs en donnant lieu à l'ensemble de leur expérience, vision d'utilisation de ces modèles d'informations numériques.

6.1.4 Un aspect Juridique qui s'efface

Alors que l'état de l'art témoigne d'une maturité du niveau de collaboration bloquée par la réglementation, plus particulièrement l'aspect juridique. Les sondages quant-à-eux effacent pour la

majorité, totalement le cadre de la responsabilité lors de la mise en place de la maquette numérique commune à différents aménageurs du territoire ainsi que la propriété physique et intellectuelle.

6.1.5 Des difficultés de positionnement mais une volonté forte d'intégrer la création de maquettes numériques de projet

Différents bureaux d'études d'architectes paysagistes ont donné de leur temps par visioconférence sur leur avis sur la maquette numérique sous modèle BIM, CIM, LIM. Beaucoup de difficultés de positionnements se résultent d'un manque de connaissances, la majorité des entreprises comprennent le BIM mais les extensions du CIM et du LIM sont encore très floues. Ce positionnement renvoie à la notion d'échelle, de logiciels étrangers dont les bases ne peuvent s'établir complétement au cadre français et ainsi que cette crainte de standardisation causé par le numérique répétitif. Cette même crainte perçue par les bureaux d'études, a montré une volonté de s'y insérer notamment dans le cadre du DCE, dont les réseaux sont les points de développement efficaces pour les filières du paysage, ou encore la croissance végétale dont les quantifications et simulations permettent des gains de temps importants lors de la budgétisation et planification.

6.2 Critiques de la méthodologie

La méthodologie de ce travail de recherche s'est appuyée sur des étapes « approche en entonnoir ». Avant de sélectionner les choix des projets, il était nécessaire de faire une sélection de plus en plus fine de diverses catégories de création de la maquette numérique : la pertinence du phasage de projet, les logiciels les plus adaptés aux conceptions de projets paysagers, les simulations possibles proposées par les plugs in axé sur l'environnement, le végétale ainsi que les acteurs de projet. Cette technique demande un temps considérable mais permet de cibler plus efficacement les projets qui ont sens à l'intégration de l'architecte paysagiste.

6.2.1 Choix des projets retenus

La méthodologie s'est appuyée sur des projets consultables par tous et connu de tous. Ils proviennent de la participation au concours mis en place entre Le Moniteur et Le Cahier des charges du Bâtiments. Il s'agit pour la plupart de très gros projets qui ont pu développer des moyens importants dans la mise en place de maquette numérique. Bien que ce choix de sélection paraisse réducteur et très sélectif, il a su toutefois montrer un certain décalage entre l'utilisation des architectes, des bureaux d'études spécialisés et l'architecte paysagiste qui lui cherche encore, à sa manière, de se positionner. Bien que plus complexe à mettre en œuvre, il aurait été intéressant de cibler au moins un projet plus petit en matière d'investissement mais conséquent en termes d'enjeux environnementaux. Cette démarche aurait permis de comprendre les collaborations non plus externes mais aussi internes au bureau d'études, d'autant plus si celle-ci comporte différents domaines, l'architecture, l'urbanisme et le paysage. On peut prendre l'exemple de l'entreprise **Agence TER**.

6.2.1 Choix des indicateurs

Les indicateurs ont été sélectionnés sous l'exigence ISO seulement, cela a permis de rendre plus pertinente l'analyse, car cette norme vise le renouvellement vers de meilleures qualités de prestations numériques. Que ce soit dans l'organisation de la donnée informationnelle d'une maquette à sa gestion au cours du temps. Les choix finaux ont été retenus par rapport à la question d'intégration, à la notion de collaboration et à la possibilité de mutation du métier.

6.3 Obstacles et difficultés rencontrées

6.3.1 Choix des projets retenus

Deux cas de projets intéressants dans le lien entre l'architecte paysagiste et la réglementation des grands enjeux environnementaux n'ont pas pu être développés. D'une part par le manque de réponse malgré des relances depuis plus de cinq mois auprès de Land'Act précurseur du LIM en France, cela aurait permis de comprendre suite à la lecture de leur site internet s'il s'agit d'un développement de maquette numérique pour de l'imagerie 3D ou d'une réelle démarche de simulation tels que les îlots de chaleur, taux allergiques, conditions climatiques, thermiques, catastrophes naturelles, mises en place depuis leur plateforme.

6.3.2 Interprétation et mise en place des enquêtes

Pour réaliser ce travail il a été nécessaire de prendre contact auprès de l'ensemble des acteurs aménageurs des différents projets. La première difficulté a été l'aboutissement vers des réponses détaillées, beaucoup d'entreprises mentionnées dans les tableaux d'annexes n'ont à ce jour toujours pas donné de réponse, malgré de nombreuses relances et des prises d'appels sans réussite. Certaines réponses par mail ont été très rapide sans réelle lecture des questions, ceci se retrouve sur l'interprétation personnelle entre les témoignages de certains acteurs vers d'autres acteurs. Je prends notamment le cas des JOP, tandis qu'un ensemble d'acteurs me dirige vers l'entreprise TVK, un interlocuteur m'annonce ne pas pouvoir répondre à ma demande et me redirige vers l'entreprise IGREC. La répétition de ce cas sur l'ensemble de ce travail de recherche a demandé un temps considérable et des délais parfois allongés, ce qui a conduit à une perte de temps importante.

Aujourd'hui l'une des plus grandes difficultés a été de confronter certains témoignages pour un même site de projet allant à l'encontre. L'écoquartier fluvial a été pendant longtemps source d'ambiguïté et reste encore en questionnement aujourd'hui, car les collaborations sous certains acteurs, datent de plus de trois à quatre ans, une maquette aurait été mise en œuvre mais finalement abandonnée mais une restitution a tout de même été possible pour le groupement Pichet, est-ce par-là, les manager BIM et CIM de l'époque chez OMNIA et BIMtech qui n'ont pas réussi cette mission ou finalement la rapidité dans lequel s'est exécuté ces projets n'ont permis de finaliser la maquette vers l'entreprise de paysage, amenant ainsi une confusion dans son achèvement réel. Cette interprétation pourrait ainsi remettre en cause le schéma du réseau d'acteurs.

La mise en place des enquêtes par entretien individuel a été plus complexe que les enquêtes par questionnaires. Le temps est perçu comme quelque chose d'assez précieux auprès des aménageurs du territoire, les architectes paysagistes ont pour plus de la moitié des cas, pu libérer de leur temps pour consacrer une discussion plus fine sur leur expérience de projet. Finalement un choix de dernières minutes s'est tourné vers des enquêtes par questionnaire afin de pouvoir avoir du contenu à développer. A l'inverse certains questionnaires envoyés par mail pour les bureaux d'études spécialisés se sont transformés en entretien par visio-conférence du fait de l'intérêt porté à ce sujet.

6.3.3 Possibilité de consultation et de diffusion

Le cas de jeux olympiques et paralympiques a été le plus complexe à mettre en œuvre, car actuellement la Solideo refuse l'accès aux différentes maquettes, brochures de projet, tout ce qui est de l'ordre de l'illustratif et de la donnée ne peut être accessible, consultable et possible de diffusion qu'après leur propre envoi. Lorsqu'il s'agissait de développer certains indicateurs tels que celui de la représentativité, il a fallu demander des compléments écrits ou oraux lors de visioconférence, afin de le retranscrire en texte plutôt que l'illustration par capture. Cela a donc demandé davantage de prise de contact auprès des aménageurs ayant participé au projet.

6.3.3 Se positionner soit même

Un des obstacles les plus compliqués à surmonter est la distance à mettre soit même entre l'utopie amenée par certains acteurs et la réalité d'exécution. Pourquoi mon choix s'est tourné à la fois sur le cas général des JOP et de deux cas spécifiques ? Car il a permis de mettre en évidence la nuance entre l'utopie collaborative énoncée par la SOLIDEO, annonçant un nombre important de bureaux d'études en paysage intégré à cette ère numérique et le retour d'expérience des différents architectes paysagistes qui témoignent aujourd'hui d'une utilisation partielle.

6.3.4 Des ambitions plus grandes que les délais

La partie des solutions d'intégration de l'architecte paysagiste avait pour ambition de mettre en place une conférence en rassemblant les divers bureaux d'études en architecture du paysage qu'ils soient utilisateurs ou non de la maquette numérique. Finalement, la mise en organisation d'une date commune et la possibilité de monter un tel événement en si peu de temps a semblé plus que compliqué, il a fallu réadapter la manière de récolter les points de vue des aménageurs sur cette question d'amélioration, de l'intégration du numérique. Malgré cette ambition revue à la baisse, le fait d'avoir pu demander sous sondage à d'autres corps de métier tels que les architectes et les bureaux d'études spécialisés ont permis de faire la corrélation avec l'architecte paysagiste et la notion de collaboration.

6.4 Pistes d'amélioration

6.4.1 L'aspect financier

Ce mémoire n'aborde en aucun cas l'aspect financier que ce soit la capacité des entreprises du paysage à s'équiper financièrement d'outils et de l'autre le coût des logiciels. Finalement, ce que l'on retient aujourd'hui est que dans la majorité des cas, établir des maquettes numériques a un coût élevé que ce soit dans sa mise en œuvre, le temps d'exécution ou encore dans le choix du ou des logiciels utilisées par rapport à leur coût (Annexe 9). Afin de rendre cette analyse de mémoire proche d'une réalité professionnelle, il serait alors important de faire un comparatif des prix de chaque logiciel pour chaque type de modèles d'informations et de faire une grille de référence du prix total engendré par la mise en place d'une méthodologie basé sur l'utilisation d'une maquette numérique. Pour donner un cadre d'exemple en me renseignant sur LandSIM3D auprès de l'aménageur, créateur de la maquette numérique Bioclimatique [Valentin Caillavet](#), le développement d'une maquette vaut entre 20 000 et 40 000 euros, notre discussion a abouti sur une surface de projet minimum de 5 à 10 hectares, envisagée pour développer de manière avantageuse une maquette CIM chez Bionatics.

6.4.2 Les pratiques historique des bureaux d'études

Comparer les projets depuis les aménageurs du territoire vers l'architecte paysagiste a permis de comprendre son insertion actuelle, ou encore en marge par rapport à l'avancée numérique et les réglementations environnementales. Il aurait été toutefois important d'établir une comparaison des pratiques des bureau d'études du paysage, n'ont plus à l'échelle d'un projet mais par l'évolution d'un ensemble de projet avec un marqueur aux dates clés de la réglementation française.

6.5 Apport pour les bureaux d'étude en Architecture du Paysage

Ce mémoire vise essentiellement trois points, l'apport de connaissance dans le domaine du numérique sous la notion de collaboration. Dès les premières phases de sondages mises en place pour l'état de

l'art, une tendance forte s'était déjà formée, le manque de connaissances sur les nouveaux outils numériques et notamment sur ceux utilisés pour les maquettes numériques étaient encore très peu connus sur leur domaine global, que ce soit les plugs in développés pour les filières du paysage que sur la simplification des échanges entre les aménageurs par rapport à la phase DCE.

Le deuxième point est de prendre conscience du cadre réglementaire, qui se met en place plus rapidement que l'évolution de notre propre métier. L'architecte a connu ces dernières années une transition vers le numérique pour le bâtiment, aujourd'hui c'est sous cette contrainte que l'architecte paysagiste est amené à collaborer sous cette même base. Le projet des JOP est révélateur sur la mutation de nos pratiques de conception qui sous la SOLIDEO a demandé des compétences et connaissances aujourd'hui pas ou peu acquises dans la filière de l'architecture du paysage.

La notion de simulation en vue de protéger la biodiversité, de concevoir la ville de demain sous la loi Climat et Résilience ainsi que la Zéro Artificialisation nette ont permis par les projets BioBIM, LandSim3D ainsi que le projet du front de Mer Sainte-Luce que l'architecte paysagiste aura de plus en plus besoin de prouver l'efficacité de son aménagement de manière plus scientifique, mathématique, sur des bases davantage solides car la nécessité de sensibiliser les citoyens et les collectivités sont devenues de plus en plus importantes.

Ce mémoire souhaite prendre conscience, apporter de la connaissance et ouvrir une première porte sur la réflexion de l'architecte paysagiste de demain dont l'aspect environnemental et la collaboration auprès des autres aménageurs semblent primordiaux.

6.6 Apport pour les formations en paysage

Le parcours scolaire effectué personnellement depuis la France vers la Belgique témoigne de plusieurs axes. Le premier lors du commencement des projets publics, étudiés dans le cadre de la Licence Professionnelle en Aménagements Paysagers option infographie. Les différents intervenants rencontrés ainsi que les cours suivis n'ont pas abordé cette évolution du numérique chez les aménageurs. La licence bien que son domaine d'apprentissage aborde un ensemble de logiciels développés dans ce travail de recherche, la transition vers l'importance des collaborations et des données informationnelles n'a jamais été approfondie. Faire cet apport auprès des formations semble nécessaire, d'autant plus qu'elles abordent des notions de base de ces méthodologies de modèles numériques. La licence, mais aussi le Master Architecte Paysagiste à Gembloux en Belgique témoigne de premier apprentissage en termes de Systèmes d'Informations Géographiques par l'utilisation de QGIS. Les projets collaboratifs avec les filières de l'architecture à la Faculté d'Architecture La Cambre Horta semblent être un premier pas de réflexion sur des pratiques de conception collaborative commune. Les cours d'ingénierie du paysage auprès des autres masters, futurs ingénieurs, nous ont amené à partir dans le Sud de la France rencontrer le Conservatoire du Littoral, l'INRAE, des instituts dont la collaboration par maquette numérique se fait déjà, notamment dans le cadre de grandes simulations de projet, cas de LandSim3D chez Bionatics. Des discussions auprès d'un étudiant récemment diplômé de l'École Nationale Supérieure d'Architecture et de Paysage, ont permis de comprendre que cette filière du paysage n'a jamais été amené à aborder des notions de maquettes collaboratives sous les Modèles d'Information du Bâtiment (BIM), de la Ville (CIM) et du paysage (LIM).

CONCLUSION

En conclusion, l'intégration de l'architecte paysagiste au sein des maquettes numériques, notamment sous les modèles BIM, CIM et LIM, représente une évolution significative dans le domaine de l'aménagement du territoire. En tant que professionnel, l'architecte paysagiste se positionne de manière tripartite.

En tant que lecteur certaines entreprises du paysage ont décidé d'acquérir un des logiciels les plus utilisés par les aménageurs du territoire. Notamment Revit dont l'objectif est de pouvoir extraire plus facilement les tracés et les données en vue de la synthétisation finale à une échelle plus large, de l'architecte à l'architecte paysagiste.

En tant que fournisseurs, la majorité des entreprises de paysage alimentent les maquettes numériques CIM, LIM et TIM depuis ces nouveaux métiers AMO Manager. Leurs pratiques n'ont que très peu évolué, mais leur réflexion sur la conception est davantage favorisée par les simulations permises par les axes des maquettes. La notion de collaboration bien que limitée à la réglementation des droits d'auteur, renforce le lien entre les différents aménageurs sur un intérêt commun, de projet plus durable et résilient.

En tant que fournisseurs, la majorité des entreprises de paysage contribuent activement à l'alimentation des maquettes numériques CIM, et LIM, en tirant parti des nouvelles pratiques introduites par les métiers d'AMO Manager. Bien que leurs pratiques aient évolué de manière modérée, la réflexion sur la conception est accompagnée de diverses simulations, cependant encore peu présente dans le domaine du paysage par rapport au domaine du bâtiment.

En tant que créateur, une entreprise référence Land'Act a déposé la création d'un LIM, en tant que mandataire de la maquette numérique, le rôle de l'architecte paysagiste s'est transformé tant dans la réflexion du projet affiné par les simulations que par la représentation des productions allant du schématique à l'aspect très réaliste.

Aujourd'hui beaucoup de maquette numérique s'arrête à la phase de conception dans le domaine du paysage, tandis que le phasage de projet sous la MOP a montré des possibilités de budgétisation, de planification et de suivi de chantiers.

En résumé, l'insertion de l'architecte paysagiste dans le contexte des maquettes numériques se révèle être un catalyseur essentiel pour une approche collaborative, innovante et efficiente dans la création de projets paysagers durables, mais aujourd'hui il est encore en phase de recherche et de positionnement par rapport aux logiciels perçus comme pas adaptés. Les projets de recherche tels que BioBIM sont en quête de trouver cette adaptation dans le domaine paysager dont l'avenir de l'architecte paysagiste sera intégré.

LISTE DES FIGURES

ETAT DE L'ART

- **Figure 0** : Schéma de la méthodologie globale du travail de recherche (Source : **réalisation personnelle**)
- **Figure 1** : Schéma introductif des étapes clés de l'évolution des aménageurs au sein de l'ère numérique et depuis la réglementation française (Source : **réalisation personnelle** à partir des illustrations de DeveloppementDurable.gouv)
- **Figure 2** : Schéma de l'évolution des outils de l'architecte paysagiste depuis leur apparition au numérique (Source : **réalisation personnelle**)
- **Figure 3** : Schéma de l'itinéraire initial des pratiques en bureau d'architecture du paysage (Source : **réalisation personnelle** à partir des sondages)
- **Figure 4** : Schéma du nouvel itinéraire des pratiques en bureau d'architecture du paysage (Source : **réalisation personnelle** à partir de : L'intégration du BIM doit-elle être une préoccupation majeure dans les agences de paysage ? Mathieu Bergerault 2020, Utilisation de la modélisation 3D en maîtrise d'œuvre dans le domaine du paysage, Rémi Pernet-Mugnier, 2018, Schmidt, 2016)
- **Figure 5** : Schéma des outils concordants à la maquette numérique (Source : **réalisation personnelle** Utilisation de la modélisation 3D en maîtrise d'œuvre dans le domaine du paysage, Rémi Pernet-Mugnier, 2018, Schmidt, 2016)
- **Figure 6** : Schéma du contexte BIM au sein des pays étrangers (Source : **réalisation personnelle** à partir de la figure 11 de l'exploitation écrite de Marion Miklasz « Etude de mise en œuvre d'une démarche BIM à Brest », 2018)
- **Figure 7** : Schémas du positionnement de l'architecte paysagiste face à la maquette numérique (Source : **réalisation personnelle** à partir de sondage annexe 0 et de l'ensemble des thèses et mémoires annoté dans la rubrique sources)
- **Figure 8** : Schéma des documentations à fournir lors d'un projet (Source : **réalisation personnelle** à partir de la documentation écriture, illustration par Aglo, Dr Création)
- **Figure 9** : Schéma des documentations à fournir lors d'un projet et lors d'une méthodologie BIM (Source : **réalisation personnelle** à partir de la documentation écriture, illustration par Aglo, Dr Création)
- **Figure 10** : Schéma de la méthodologie de travail traditionnelle (Source : **réalisation personnelle** à partir des travaux de Smail Khainnar)
- **Figure 11** : Schéma de la méthodologie de travail par maquette numérique (Source : **réalisation personnelle** à partir des travaux de Smail Khainnar)
- **Figure 12** : Schéma évolutif des dimensions du BIM (Source : **réalisation personnelle** à partir de HexaBIM, 2019, TerMus-Plus, usBIM.facility, BIM et BTP, illustration par Rémy Navarro, 2019)
- **Figure 13** : Schéma des dimensions du BIM (Source : **réalisation personnelle** à partir de HexaBIM + illustration par Rémy Navarro, 2019)
- **Figure 14** : Schéma de composition du modèle CIM (Source : **réalisation personnelle** à partir de : Les incubations du Lab51, City Information Modelling Vademecum)
- **Figure 15** : Schéma des acteurs cibles et des usages dans une démarche CIM (Source : **réalisation personnelle** à partir de l'exploitation écrite et graphique de la thèse de Thomas Amarsy « Définition, enjeux et stratégie d'une démarche CIM »)
- **Figure 16** : Schéma des usages cibles dans une démarche LIM (Source : **réalisation personnelle** à partir de HexaBIM 2019)
- **Figure 17** : Schéma des composantes du LIM avec quantification dans le temps (Source : **LAND Research Lab** ®)
- **Figure 18** : Illustration projet en application du modèle LIM pour la simulation de différents indicateurs (Source : **LAND Research Lab** ®)
- **Figure 19** : Illustration projet en application du modèle LIM pour la simulation de la croissance des arbres (Source : **LAND Research Lab** ®)
- **Figure 20** : Illustration d'un projet en application du modèle LIM pour la simulation des paramètres environnementaux (Source : **LAND Research Lab** ®)

- **Figure 21** : Illustration des types de représentation d'une maquette manuelle schématique (Source : **Alpha Volumes**)
- **Figure 22** : Illustration des types de représentation d'une maquette numérique schématique (Source : **BIM Revit**)
- **Figure 23** : Illustration des types de représentation d'une maquette manuelle réaliste (Source : **Alpha Volumes**)
- **Figure 24** : Illustration des types de représentation d'une maquette numérique réaliste (Source : **WorldLandscapeArchitect et Revit**)
- **Figure 25** : Illustrations comparatifs des modes de représentations schématique et réaliste entre maquette numérique et manuelle (Source : **Annotation sur image + LandSim3D**)
- **Figure 26** : Schéma d'imbrication des modèles BIM, LIM, CIM et TIM (Source : **réalisation personnelle** inspirée du schéma de la PUCA, 2022)
- **Figure 27** : Schéma des composantes possibles mises en place par les acteurs au sein des maquettes numériques (Source : **réalisation personnelle** à partir de la manipulation des maquettes : ZAC du Souchet, ZAC de la Scierie, Natura City, Semsamar Opération Balaté Nord, Foncim Groupe Jean, Nexity Multilom)
- **Figure 28** : Illustrations des îlots de chaleur dans une maquette numérique CIM vers TIM (Source : **Capture personnelle** à partir de la maquette numérique Natura City – LandSim3D)
- **Figure 29** : Illustrations du diagnostic PPRN dans une maquette numérique CIM vers TIM (Source : **Capture personnelle** à partir de la maquette numérique Natura City, Semsamar Opération Balaté Nord – LandSim3D)
- **Figure 30** : Illustrations de la perméabilité des sols dans une maquette numérique CIM vers TIM (Source : **Capture personnelle** à partir de la maquette numérique Semsamar Opération Balaté Nord et Natura City – LandSim3D)
- **Figure 31** : Illustrations d'intégration d'éléments ponctuels dans une maquette numérique CIM vers TIM (Source : **Capture personnelle** à partir de la maquette numérique Florange une ville à vivre – LandSim3D)
- **Figure 32** : Illustrations des réseaux 3D et 2D dans une maquette numérique CIM vers TIM (Source : **Capture personnelle** à partir de la maquette numérique Semsamar Opération Balaté Nord – LandSim3D)
- **Figure 33** : Illustrations des onglets de communication des maquette numérique CIM vers TIM (Source : **Capture personnelle** à partir de la maquette numérique Sodevam ZAC Thionville Rive Gauche et Nexity Multilom – LandSim3D)
- **Figure 34** : Illustrations des blocs de dialogue des maquettes numériques CIM vers TIM. (Source : **Capture personnelle** à partir de la maquette numérique Nexity Multilom, Florange ville à vivre, Foncim Groupe Jean, Ville de Cayenne, Semsamar, Zac du Souchet, Le Plessis-Robinson – LandSim3D)
- **Figure 35** : Illustration des utilisations de la maquette numérique par l'ONF (Source : **Capture personnelle** à partir de la maquette numérique ONF – LandSim3D)
- **Figure 36** : Illustrations de la croissance et changement saisonnier du Saule Taillé simulé avec la technologie AMAP (Source : **Stéphane Gourgout sur LandSim3D**)
- **Figure 37** : Illustrations de la croissance du Pinus halepensis à 10, 30, 50, 80 ans simulé avec la technologie AMAP (Source : **Stéphane Gourgout sur LandSim3D**)
- **Figure 38** : Schéma de la méthodologie de gestion des données actuelles (Source : **réalisation personnelle** inspirée du schéma Thibault Pouch, 2018)
- **Figure 39** : Schéma de la méthodologie de gestion des données dans le BIM (Source : **réalisation personnelle** inspirée du schéma Thibault Pouch, 2018)
- **Figure 40** : Schéma des niveaux de maturité du BIM (Source : **BIM Maturity Model de Bew et Richards**)
- **Figure 41** : Schéma des niveaux de maturité 2 du BIM (Source : **BIM contributif, Franck BRICAUD**)
- **Figure 42** : Schéma du niveau de maturité 3 du BIM (Source : **BIM contributif, Franck BRICAUD**)
- **Figure 43** : Schéma des niveaux de maturité BIM en France (Source : **CIM et Smart City Maryne Fosse, Hal Open Science inspiré de geniebelt.com**)
- **Figure 44** : Schéma conclusion (Source : **réalisation personnelle** à partir de l'état de l'art)

HYPOTHESES ET OBJECTIFS

- **Figure 45** : Schéma de la 1^{ère} hypothèse du positionnement de l'architecte paysagiste (Source : **réalisation personnelle**)
- **Figure 46** : Schéma de la 2^{ème} hypothèse du positionnement de l'architecte paysagiste (Source : **réalisation personnelle**)
- **Figure 47** : Schéma de la 3^{ème} hypothèse du positionnement de l'architecte paysagiste (Source : **réalisation personnelle**)

METHODOLOGIE

- **Figure 48** : Schéma méthodologique des choix de projets à l'analyse par indicateurs (Source : **réalisation personnelle**)
- **Figure 49** : Schéma du phasage de projet selon la loi MOP (Source : **réalisation personnelle** à partir de Légifrance)
- **Figure 50** : Schéma des logiciels concordants sous modèles BIM, CIM, LIM (Source : **réalisation personnelle**)
- **Figure 51** : Schéma illustratif des composantes paysagères utiles à l'architecte paysagiste (Source : **réalisation personnelle** à partir du développement des outils en annexe 1)
- **Figure 52** : Schémas des acteurs utilisateurs des maquettes numériques selon leur échelle d'intervention (Source : **réalisation personnelle** à partir du développement des outils en annexe 1 et des sondages en annexe 3 à 8)
- **Figure 53** : Schéma du flux d'informations par les acteurs utilisateur d'une maquette numérique sous BIM, CIM ou LIM (Source : **réalisation personnelle** à partir d'un projet de recherche TerrOïko modifié, gestion de la biodiversité BioBIM)
- **Figure 54** : Schéma du flux d'informations par les acteurs par l'application d'indicateurs (Source : **réalisation personnelle** à partir du tableau d'indicateurs de l'exigence de la norme ISO)
- **Figure 55** : Schéma illustratif des représentations et niveaux de détails des productions (Source : **réalisation personnelle** à partir des LOD établi par le modèle BIM)
- **Figure 56** : Illustration des niveaux de représentations des bâtiments et de la végétation au sein d'une maquette numérique (Source : Maquettes numériques LandsSim3D et Revit)
- **Figure 57** : Illustrations des types de représentations avant, pendant et après maquette numérique (Source : Projet Colline d'Elancourt D'ici-Là, Projet village des athlètes, Projet Front de Mer Sainte-Luce, EGA)
- **Figure 58** : Tableau de la datation de la donnée SCAN 25 et BT TOPO (Source : **réalisation personnelle** à partir de l'analyse des données IGN, exploitées sur QGIS)

RESULTATS

- **Figure 59** : Schéma du flux d'informations par les acteurs utilisateurs des maquettes numériques BIM, CIM ou LIM (Source : **réalisation personnelle** à partir des sondages retranscrits en annexe 3)
- **Figure 60** : Illustrations des types et niveaux de représentations avant, pendant et après maquette numérique (Source : **Solideo, Agence TER, TN+, Nebbia**)
- **Figure 61** : Tableau de la datation de la donnée SCAN 25 et BT TOPO (Source : **réalisation personnelle** à partir de l'analyse des données IGN en région Ile-de-France, exploitées sur QGIS)
- **Figure 62** : Schéma des acquisitions et formations pour la création de maquette numérique (Source : **réalisation personnelle**)
- **Figure 63** : Schéma synthèse des projets (Source : **réalisation personnelle**)
- **Figure 64** : Schéma du flux d'informations par les acteurs utilisateurs des maquettes numériques BIM vers CIM (Source : **réalisation personnelle** à partir des sondages retranscrits en annexe 4)
- **Figure 65** : Illustrations des types et niveaux de représentations avant, pendant et après maquette numérique (Source : **BIMtech, Nebbia, Pichet**)

- **Figure 66** : Schéma synthèse du projet Ecoquartier Fluvial des JOP 2024 (Source : **réalisation personnelle**)
- **Figure 67** : Schéma du flux d'informations par les acteurs utilisateurs de la maquette numérique LIM (Source : **réalisation personnelle** à partir des sondages retranscrits en annexe 5)
- **Figure 68** : Illustrations des types et niveaux de représentations avant, pendant et après maquette numérique (Source : **Solideo, D'Ici-là, BET Confluences, Land'Act**)
- **Figure 69** : Schéma des acquisition et formations pour la création de maquette numérique (Source : **réalisation personnelle**)
- **Figure 70** : Tableau de la datation de la donnée SCAN 25 et BT TOPO (Source : **réalisation personnelle** à partir de l'analyse des données IGN du site de la Colline d'Elancourt, exploitées sur QGIS)
- **Figure 71** : Schéma synthèse du projet Colline Elancourt des JOP 2024 (Source : **réalisation personnelle**)
- **Figure 72** : Schéma du flux d'informations par les acteurs utilisateurs de la maquette numérique CIM (Source : **réalisation personnelle** à partir des sondages retranscrits en annexe 6)
- **Figure 73** : Illustrations des types et niveaux de représentations avant, pendant et après maquette numérique (Source : **Phytolab, Bionatics, LandSim3D**)
- **Figure 74** : Schéma des acquisition et formations pour la création de maquette numérique (Source : **réalisation personnelle** tirée de la présentation de Stéphane Gourgout)
- **Figure 75** : Tableau de la datation de la donnée SCAN 25 et BT TOPO (Source : **réalisation personnelle** à partir de l'analyse des données IGN de la ville de Cayenne, exploitées sur QGIS)
- **Figure 76** : Schéma synthèse du cas général de LandSim3D (Source : **réalisation personnelle**)
- **Figure 77** : Schéma du flux d'informations par les acteurs utilisateurs de la maquette numérique BIM vers CIM et LIM (Source : **réalisation personnelle** à partir des sondages retranscrits en annexe 7)
- **Figure 78** : Illustrations des types et niveaux de représentations avant, pendant et après maquette numérique (Source : **EGA, LBD Paysage**)
- **Figure 79** : Tableau de la datation de la donnée SCAN 25 et BT TOPO (Source : **réalisation personnelle** à partir de l'analyse des données IGN du Front de Mer Sainte-Luce, exploitées sur QGIS)
- **Figure 80** : Cartographies illustratives de la datation de la donnée (Source : **réalisation personnelle**, annexe 7)
- **Figure 81** : Schéma synthèse du Front de Mer Sainte-Luce (Source : **réalisation personnelle**)
- **Figure 82** : Schéma du flux d'informations par les acteurs utilisateurs de la maquette numérique BIM Biodiversité et Infrastructure (Source : **réalisation personnelle** à partir des sondages retranscrits en annexe 8)
- **Figure 83** : Illustrations des types et niveaux de représentations avant, pendant et après maquette numérique (Source : **TerrOïko, SETEC**)
- **Figure 84** : Schéma synthèse du projet de recherche BioBIM (Source : **réalisation personnelle**)
- **Figure 85** : Schéma synthèse des insertions de l'architecte paysagiste selon le phasage de projet (Source : **réalisation personnelle**)
- **Figure 86** : Schéma synthèse des résultats (Source : **réalisation personnelle**)
- **Figure 87** : Illustration d'une ambiance de projet (Source : **réalisation personnelle** à partir de la maquette Semsamar – LandSim3D)
- **Figure 88** : Illustration de réseaux (Source : **réalisation personnelle** à partir de la template Revit Snowdon Towers Sample Architectural)
- **Figure 89** : Illustration d'un schéma conceptuel (Source : **réalisation personnelle** à partir de la maquette de Semsamar – LandSim3D)

ANNEXES

- **Figure 60** : Tableau récapitulatif des enquêtes pour l'état de l'art (Source : **réalisation personnelle**)
- **Figure 61** : Tableau récapitulatif des projets BIM, CIM, LIM (Source : **réalisation personnelle**)
- **Figure 62** : Tableau récapitulatif des logiciels pouvant être utilisés pour le BIM, CIM, LIM (Source : **réalisation personnelle**)
- **Figure 63** : Tableau des paramètres de qualité géométrique altimétrique (Source : **Géo.service.IGN**)

- **Figure 64** : Tableau des paramètres de qualité géométrique planimétrique (Source : **Géo.service.IGN**)
- **Figure 65** : Cartographies du découpage topographique par datation de la donnée topographique Scan25 et de sa mise à jour TOP25 de la France (Source : **Réalisation personnelle** à partir de QGIS)
- **Figure 66** : Schéma de la supervision des ouvrages (Source : **SOLIDEO**)
- **Figure 67** : Tableau récapitulatif des enquêtes dans le cadre des JOP (Source : **réalisation personnelle**)
- **Figure 68** : Illustrations des productions des projets des JOP de Paris 2024, avant, pendant et après la mise en place de maquette numérique (Source : **BE et BET mentionnés sous les illustrations**)
- **Figure 69** : Cartographies du découpage topographique par datation de la donnée topographique Scan25 et de sa mise à jour TOP25 de la Région Ile-de-France (Source : **Réalisation personnelle** sur QGIS)
- **Figure 70** : Cartographies du découpage topographique par datation de la donnée BD TOPO Bâtiment de la Région Ile-de-France (Source : **Réalisation personnelle** sur QGIS)
- **Figure 71** : Cartographies du découpage topographique par datation de la donnée BD TOPO Route de la Région Ile-de-France (Source : **Réalisation personnelle** sur QGIS)
- **Figure 72** : Cartographies du découpage topographique par datation de la donnée BD TOPO Canalisation de la Région Ile-de-France (Source : **Réalisation personnelle** sur QGIS)
- **Figure 73** : Plaquette des aménagements des concepts paysagers de l'Ecoquartier fluvial (Source : **Nebbia Paysage et Territoire**)
- **Figure 74** : Cartographies des principes d'aménagements de la Colline d'Elancourt (Source : **SOLIDEO**)
- **Figure 75** : Plaquette du diagnostic écologique Faune-Flore-Habitat de d'aménagements de la Colline d'Elancourt (Source : **BET Confluences**)
- **Figure 76** : Cartographies du découpage topographique par datation de la donnée topographique Scan25 et de sa mise à jour TOP25 de la Colline d'Elancourt (Source : **Réalisation personnelle** sur QGIS)
- **Figure 77** : Cartographies du découpage topographique par datation de la donnée BD TOPO Bâtiment de la Colline d'Elancourt (Source : **Réalisation personnelle** sur QGIS)
- **Figure 78** : Cartographies du découpage topographique par datation de la donnée BD TOPO Route de la Colline d'Elancourt (Source : **Réalisation personnelle** sur QGIS)
- **Figure 79** : Cartographies du découpage topographique par datation de la donnée BD TOPO Végétation de la Colline d'Elancourt (Source : **Réalisation personnelle** sur QGIS)
- **Figure 80** : Illustrations des productions du Parc de la Bergère, avant, pendant et après la mise en place de maquette numérique (Source : **Land'Act**)
- **Figure 81** : Tableau récapitulatif des enquêtes dans le cadre du logiciel Landsim3D (Source : **réalisation personnelle**)
- **Figure 82** : Illustrations des maquettes des acteurs utilisateurs de Landsim3D (Source : **Captures personnelles sous Landsim3D, depuis Stéphane Gourgout**)
- **Figure 83** : Illustrations des productions du projet de Cayenne, avant, pendant et après la mise en place de maquette numérique (Source : **Captures personnelles à partir de la maquette Landsim3D de la ville de Cayenne, Bionatics, Phytolab et la Ville de Cayenne**)
- **Figure 84** : Illustrations de la croissance végétale (Source : **Landsim3D, Bionatics**)
- **Figure 85** : Cartographies du découpage topographique par datation de la donnée topographique Scan25 et de sa mise à jour TOP25 de la Guyane (Source : **Réalisation personnelle** sur QGIS)
- **Figure 86** : Cartographies du découpage topographique par datation de la donnée BD TOPO Végétation de Cayenne (Source : **Réalisation personnelle** sur QGIS)
- **Figure 87** : Cartographies du découpage topographique par datation de la donnée BD TOPO Bâtiment de Cayenne (Source : **Réalisation personnelle** sur QGIS)
- **Figure 88** : Cartographies du découpage topographique par datation de la donnée BD TOPO Route de Cayenne (Source : **Réalisation personnelle** sur QGIS)
- **Figure 89** : Plaquette des logiciels LandSim3D (Source : **Bionatics – Stéphane Gourgout**)
- **Figure 90** : Tableau récapitulatif des enquêtes dans le cadre du projet du front de mer Sainte-Luce (Source : **réalisation personnelle**)
- **Figure 91** : Illustrations des productions du projet du front de mer Sainte-Luce, avant, pendant et après la mise en place de maquette numérique (Source : **EGA**)

- **Figure 92** : Cartographie du découpage topographique par datation de la donnée topographique Scan25 de la Martinique (Source : **Réalisation personnelle** sur QGIS)
- **Figure 93** : Cartographies du découpage topographique par datation de la donnée BD TOPO Limite Terre-Mer de Sainte-Luce (Source : **Réalisation personnelle** sur QGIS)
- **Figure 94** : Cartographies du découpage topographique par datation de la donnée BD TOPO Bâtiment de Sainte-Luce (Source : **Réalisation personnelle** sur QGIS)
- **Figure 95** : Cartographies du découpage topographique par datation de la donnée BD TOPO Route de Sainte-Luce (Source : **Réalisation personnelle** sur QGIS)
- **Figure 96** : Cartographies du découpage topographique par datation de la donnée BD TOPO Végétation de Sainte-Luce (Source : **Réalisation personnelle** sur QGIS)
- **Figure 97** : Cartographie de l'habitat (Source : **Capture personnelle DEAL Martinique**)
- **Figure 98** : Cartographie des risques naturels et miniers (Source : **Capture personnelle DEAL Martinique**)
- **Figure 99** : Représentation du flux d'information et des acteurs pour la réalisation des spécifications des objets IFC dédiés à la gestion de la Biodiversité (Source : **TerrOïko, SETEC**)
- **Figure 100** : Tableau récapitulatif des enquêtes dans le cadre du projet BioBIM (Source : **réalisation personnelle**)
- **Figure 101** : Illustrations des productions du projet BioBIM, avant, pendant la mise en place de maquette numérique (Source : **TerrOïko, SETEC**)
- **Figure 102** : Plaquette des pratiques du BET SETEC (Source : **SETEC**)
- **Figure 103** : Tableau récapitulatif des enquêtes ouvertes (Source : **réalisation personnelle**)
- **Figure 104** : Schéma des catégories d'investissement mis en place par la méthodologie de travail BIM (Source : **McGraw-Hill Construction, 2013**)

SOURCES

HAL OPEN SCIENCE

- Maryne Fosse / CIM et Smart City / Sciences de l'environnement / 2018.
(Date consultation 09/05/2023)

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02095236/document>

- Bruno Chaudet, Marcela Patrascu, Jean-Luc Bouillon / La maquette numérique dans le secteur du bâtiment / 2016
(Date consultation 28/04/2023)

<https://univ-rennes2.hal.science/hal-02088327>

- Hervé Davodeau, Monique Toubanc / Le paysage outil, les outils du paysage : Principes et méthodes de la médiation paysagère / 2010, Montpellier, France.
(Date consultation 10/05/2023)

<https://hal.science/hal-00788155/>

- Victor Valoteau / La représentation du végétal / Architecture, aménagement de l'espace / 2020
(Date consultation 14/05/2023)

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03132706v1>

- Thibault Pouch / Quelles sont les conséquences des pratiques du BIM à travers la méthodologie et l'exploitation des données par les outils ? / Architecture, aménagement de l'espace / 2016
(Date consultation 19/06/2023)

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01804184/document>

- Matthieu Noucher, Sebastien Nageleisen, Laurent Couderchet, Julie Pierson, Maxime Demade / Les paysages numériques en 3D dans les démarches participatives. Vers une approche par les usages / SAGEO 2012, Liège, Belgique
(Date consultation 24/06/2023)

<https://hal.science/hal-00740705/>

- Juillard Fanny / La coordination du projet de paysage : le rôle du paysagiste concepteur en tant que maître d'œuvre. / Sciences du Vivant / 2017.
(Date consultation 29/11/2023)

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01611281/document>

- Jeanne Martin / Évolution des méthodes de travail en bureau d'études paysage : les intérêts du BIM (Building Information Modeling) / Sciences du Vivant / 2017
(Date consultation 29/11/2023)

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01643284/document>

- Mathieu Bergerault / L'intégration du BIM (Building Information Modeling) doit-elle être une préoccupation majeure dans les agences de paysage ? / Sciences du Vivant / 2020
(Date consultation 29/11/2023)

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

- Alexandre Meyer / Représentations d'arbres réalistes et efficaces pour la synthèse d'images de paysages / Université Joseph-Fourier / 2001
(Date consultation 29/11/2023)

<https://theses.hal.science/tel-00004686/file/tel-00004686.pdf>

- Arthur Latrille / L'adaptation des projets de paysage au changement climatique grâce à l'intégration d'Outils d'Aide à la Décision dans le LIM / Sciences du Vivant / 2022
(Date consultation 30/11/2023)

https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03814783v1/file/2022_LATRILLE_Arthur_POP.pdf

OPEN EDITION

- Elodie Hochscheid, Gilles Halin / Les agences d'architecture françaises à l'ère du BIM : contradictions, pratiques, réactions et perspectives / 2020
(Date consultation : 13/05/2023)

<https://journals.openedition.org/craup/6201>

- Marcela Patrascu, Florian Hémond / Propagation du collaboratif comme idéologie : le cas du processus d'institution du BIM / Communication et organisation / 2019
(Date consultation 17/05/2023)

<https://journals.openedition.org/communicationorganisation/7752>

- Smail Khainnar / Le BIM entre changement épisodique et changement continu-situé : regard de l'étudiant en formation universitaire / 2018
(Date consultation 22/05/2023)

<https://journals.openedition.org/rfsic/3412?lang=en>

- Stephan Kowal / À la recherche des points-clefs de Gilbert Simondon autour d'un système d'information géographique / 2018
(Date consultation 01/12/2023)

<https://journals.openedition.org/craup/1115>

OPEN EDITION BOOKS

- Fabien Granjon, Julie Denouël / Communiquer à l'ère numérique - Penser les usages sociaux des technologies numériques d'information et de communication / Presses des Mines / 2011
(Date consultation 01/12/2023)

<https://books.openedition.org/pressesmines/395?lang=fr>

RESEARCH GATE

(Cas spécifique du LIM souhaité basé sur de la recherche étrangère)

- Kristýna Prušková et Vladimír Nývlt / Issue of Building Information Modelling Implementation into the Czech Republic's Legislation using the Level of Development / 2017
(Date consultation 14/05/2023)

https://www.researchgate.net/publication/320859913_Issue_of_Building_Information_Modelling_Implementation_into_the_Czech_Republic's_Legislation_using_the_Level_of_Development/figures?lo=1&utm_source=google&utm_medium=organic

- Lingnong Zhao Zhen, Zhou - Research on Landscape Information Model Construction Based on Visualization Technology / 2020

(Date consultation 14/05/2023)

<https://www.researchgate.net/publication/347930077> Research on Landscape Information Model Construction Based on Visualization Technology

- Bok Young Kim, Yonghoon Son / The Current Status of BIM in the Field of Landscape Architecture and the Issues on the Adoption of LIM / 2014
(Date consultation 15/05/2023)

<https://www.researchgate.net/publication/271231242> The Current Status of BIM in the Field of Landscape Architecture and the Issues on the Adoption of LIM

- Andrzej Szymon Borkowski, Michał Wyszomirski / Landscape Information modelling: an important aspect of BIM modelling, examples of cubature, infrastructure, and planning projects / 2021
(Date consultation 21/05/2023)

<https://www.researchgate.net/publication/351853042> Landscape Information modelling an important aspect of BIM modelling examples of cubature infrastructure and planning projects

- Todor Stojanovski / Modélisation de l'information sur la ville (CIM) et urbanisme : îlots, connexions, territoires, personnes et situations / 2013
(Date consultation 24/05/2023)

<https://www.researchgate.net/profile/Todor-Stojanovski/publication/288205937> City information modeling CIM and urbanism Blocks connections territories people and situations/links/5b7700aa92851c1e1218df6b/City-information-modeling-CIM-and-urbanism-Blocks-connections-territories-people-and-situations.pdf

- Gaëlle Baudoux, Émilie Vanhove, Ben Rajeb, Leclercq Pierre / De l'idéation au BIM – Identification et caractérisation des informations utiles en phase préliminaire de conception / 2022
(Date consultation 20/06/2023)

<https://www.researchgate.net/publication/364325420> De l'idéation au BIM - Identification et caractérisation des informations utiles en phase préliminaire de conception

- Sylvain Moulherat, Denis Leroux, Martin Barbier, Christophe Delran / BioBIM Biodiversité, BIM et Infrastructures / 2019
(Date consultation 21/06/2023)

<https://www.researchgate.net/publication/336852952> BioBIM Biodiversité BIM et Infrastructures

ACADAMIA EDUCATION

- Maria Grazia Cianci / Information Modeling and Landscape: Intervention Methodology for Reading Complex Systems / 2019
(Date consultation 16/05/2023)

<https://www.academia.edu/82627293> Information Modeling and Landscape Intervention Methodology for Reading Complex Systems

UNILIM

- Bruno Chaudet / Le BIM : nouvelles formes de collaboration pour les acteurs du bâtiment ? / 2019
(Date consultation 17/05/2023)

<https://www.unilim.fr/interfaces-numeriques/3981>

SITE GOUVERNEMENTALE

- Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, Ministère de Transition énergétique / Bâtiment et numérique / 2021
(Date consultation 20/05/2023)

[https://www.ecologie.gouv.fr/batiment-et-numerique#:~:text=Le%20Plan%20de%20transition%20num%C3%A9rique%20du%20b%C3%A2timent%20\(PTNB\)%20a%20%C3%A9t%C3%A9,la%20construction%20neuve%20et%20la](https://www.ecologie.gouv.fr/batiment-et-numerique#:~:text=Le%20Plan%20de%20transition%20num%C3%A9rique%20du%20b%C3%A2timent%20(PTNB)%20a%20%C3%A9t%C3%A9,la%20construction%20neuve%20et%20la)

- Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, Ministère de Transition énergétique / Artificialisation des sols / 2023
(Date consultation 23/05/2023)

<https://www.ecologie.gouv.fr/artificialisation-des-sols#:~:text=Le%20gouvernement%20souhaite%20prot%C3%A9ger%20ces,efficacement%20l%27artificialisation%20des%20sols.>

- Ministère de la Transition écologique, Lab2051 / Les incubations du Lab – City Information Modelling (CIM) Vademecum / 2021
(Date consultation 23/05/2023)

https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Lab2051_CIM_Vademecum.pdf

- France Stratégie / Objectif « zéro artificialisation nette » : quels leviers pour protéger les sols ? / 2019
(Date consultation 23/05/2023)

<https://www.strategie.gouv.fr/publications/objectif-zero-artificialisation-nette-leviers-protger-sols>

- Légifrance / 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 / 2019
(Date consultation 23/05/2023)

<https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000000693683>

- Plan Urbanisme Construction Architecture / La recherche et l'expérimentation en urbanisme, construction, architecture BIM CIM TIM / 2022

<https://www.urbanisme-puca.gouv.fr/amenagement-et-urbanisme-r1.html>

- Senat, Jean-Baptiste Blanc / Proposition de loi visant à faciliter la mise en œuvre des objectifs de « zéro artificialisation nette » au cœur des territoires / Rapport n° 415 / 2023
(Date consultation 24/05/2023)

https://www.senat.fr/rap/l22-415/l22-415_mono.html

LES REVUS

- Revue internationale d'ontologie spatiale, (2021) Vol. 10, numéro 4 n° 39, pages : 81- 96
- GLL - Geomatics, Landmanagement and Landscape No. 1 • 2021, 7–22

<https://gll.urk.edu.pl/>

AUTRES

- Adatt BET BIM / Quand le BIM s'étend à la ville : CIM et LIM / 2021
(Date consultation : 09/05/2023)

<https://adatt.fr/quand-le-bim-setend-a-la-ville-cim-et-lim/>

- LAND Research Lab ® / Data-driven Landscape Design with LIM / 2022
(Date consultation 21/05/2023)

<https://www.landsrl.com/land-research-lab>

- Plan BIM 2022 / Les niveaux de maturité / 2021
(Date consultation 24/05/2023)

<https://plan-bim-2022.fr/actions/f-expliquer/niveaux-de-maturite-5/>

- NaturaGIS / Calcul d'indices avec QGIS sur image Sentinelle 2A. De l'indice de végétation (NDVI) à celui de la construction de différence normalisée (NDBI) / 2022
(Date consultation 24/05/2023)

[https://naturagis.fr/cartographie-sig/imageries-sentinelles-collectes-et-calculs-dindices-de-vegetation/#:~:text=en%20vert%20fonc%C3%A9.-,L'indice%20d'humidit%C3%A9%20diff%C3%A9rentiel%20normalis%C3%A9%20\(NDMI\)%20ou,comprise%20entre%20%2D1%20et%201.](https://naturagis.fr/cartographie-sig/imageries-sentinelles-collectes-et-calculs-dindices-de-vegetation/#:~:text=en%20vert%20fonc%C3%A9.-,L'indice%20d'humidit%C3%A9%20diff%C3%A9rentiel%20normalis%C3%A9%20(NDMI)%20ou,comprise%20entre%20%2D1%20et%201.)

- Valentin Caillavet, Fabrice Cabrejas / Renaturation : la solution pour soutenir la résilience de la ville ? / Maquette numérique Natura City / 2020
(Date consultation 30/05/2023)

[Renaturation : la solution pour soutenir la résilience de la ville ? - Envies de ville](#)

- Olivier CELNIK, ICEB café / Le BIM : 20% de technique, 80% d'humain / 2017
(Date consultation 24/06/2023)

http://www.asso-iceb.org/wp-content/uploads/2017/01/ICEB-Caf%C3%A9_2017-01-23-Le-BIM_pr%C3%A9sentation_O.CELNIK_low.pdf

- BMV Studio / GIS & BIM in Landscape Architecture with Landmark / 2020
(Date consultation 24/06/2023)

<https://bmvstudio.se/nyheter/category/vectorworks-nyheter/gis-bim-in-landscape-architecture-with-landmark-20-feb-sveriges-arkitekter/>

- Damian Holmes / BIM ou pas BIM ? Il n'y a pas de doute / 2021
(Date consultation 02/07/2023)

<https://worldlandscapearchitect.com/to-bim-or-not-to-bim-there-is-no-question/?v=d3dcf429c679>

- UMR / AMAP - botanique et Modélisation de l'Architecture des Plantes et des végétations
(Date consultation 17/07/2023)

<https://amap.cirad.fr/fr/index.php>

- Le moniteur / BIM d'argent catégorie - Catégorie Projets de CIM, LIM et RIM : Village olympique des JO de Paris 2024 / 2022
(Date consultation 24/10/2023)

<https://www.lemoniteur.fr/photo/le-bim-d-or-2022-pour-la-numerisation-du-grand-palais-a-paris.2230422/bim-d-argent-categorie-categorie-projets-de-cim-lim-et-rim-village-olympique-des-jo-de-paris-2024.10#galerie-anchor>

- Solideo / Jeux Olympiques et Paralympiques de Paris 2024 / 2022
(Date consultation 26/10/2023)

<https://projets.ouvrages-olympiques.fr/>

CONSULTATION DES MAQUETTES

- Zac de la Scierie – **Stéphane Gourgout** (Date consultation 13/05/2023)
- Zac du Souchet – **Stéphane Gourgout** (Date consultation 13/05/2023)
- Melesse Zac du Feuill – **Stéphane Gourgout** (Date consultation 13/05/2023)
- FONCIM, Triangle des Crêtes – **Stéphane Gourgout** (Date consultation 13/05/2023)
- NEXITY, Multilomme – **Stéphane Gourgout** (Date consultation 13/05/2023)
- NEXITY, Natura City – **Stéphane Gourgout** (Date consultation 13/05/2023)
- Le Plessis Robinson – **Stéphane Gourgout** (Date consultation 13/05/2023)
- Jumeau numérique, ville de Cayenne – **Stéphane Gourgout** (Date consultation 13/05/2023)
- Hyperviseur territorial, Communauté de Communes Pays Hauts Val d’Alzette – **Stéphane Gourgout**
(Date consultation 13/05/2023)
- Superviseur urbain, Mairie Florance – **Stéphane Gourgout** (Date consultation 13/05/2023)
- Village Olympique DCE - TTP - SITE - PAY - R19 – **Annelise Bideaud** (Date consultation 23/10/2023)
- Village Olympique EXE - TTP - TTZ - BIM - R21 – **Annelise Bideaud** (Date consultation 23/10/2023)
- Village Olympique TTP - TTP - TTZ - BIM - R19 – **Annelise Bideaud** (Date consultation 23/10/2023)

LES PLAQUETTES PDF REÇUES PAR LES ENTREPRISES

- City Information Modeling : une démarche qui va transformer l’aménagement des villes, Janvier/Mars 2023 – **Remi Navarro** (Date consultation 04/05/2023)
- Les incubations du LAB51 CIM Vademecum – **Remi Navarro** (Date consultation 04/05/2023)
- PILOTEZ VOS PROJETS URBAIN - Grâce aux atouts 3D de la maquette numérique – **Stéphane Gourgout**
(Date consultation 13/05/2023)
- LA MAQUETTE NUMERIQUE A L’ECHELLE DU TERRITOIRE - Penser la ville de demain – **Stéphane Gourgout**
(Date consultation 13/05/2023)
- Catalogue des produits et des services de Bionatics associés aux logiciels LandSim3D – **Stéphane Gourgout**
(Date consultation 13/05/2023)
- LANDSIM3D LA MAQUETTE NUMÉRIQUE À L’ÉCHELLE DU TERRITOIRE – **Stéphane Gourgout** (Date consultation 13/05/2023)
- La maquette numérique à l’échelle du paysage – **Stéphane Gourgout** (Date consultation 13/05/2023)
- Une gamme d’outils d’ingénierie 3D pour gérer et développer les territoires – **Stéphane Gourgout** (Date consultation 13/05/2023)
- 04. CAHIER URBAIN ET PAYSAGER – **Annelise Bideaud** (Date consultation 23/10/2023)
- # Checklist Les besoins en termes de données SIG – **Marie-Sophie Caleiras** (Date consultation 03/11/2023)
- # Vers le CIM ! Agir pour l’ingénierie numérique en projets multi-échelles – **Marie-Sophie Caleiras** (Date consultation 03/11/2023)
- L’écoquartier Fluvial de l’Île Saint-Denis – **Imad Bouhmouch, Emilie Barnabe, Anne-Sophie Masse** (Date consultation 20/11/2023)
- Rendu JOP – Capture Maquette numérique (9 illustrations) – **Imad Bouhmouch, Emilie Barnabe, Anne-Sophie Masse** (Date consultation 20/11/2023)
- LE VILLAGE OLYMPIQUE ET PARALYMPIQUE PARIS 2024 / Newsletter 0 – **Marie Bodénès** (Date consultation 30/11/2023)
- LE VILLAGE OLYMPIQUE ET PARALYMPIQUE PARIS 2024 / Newsletter 1 – **Marie Bodénès** (Date consultation 30/11/2023)

- LE VILLAGE OLYMPIQUE ET PARALYMPIQUE PARIS 2024 / Newsletter 2 – **Marie Bodénès** (Date consultation 30/11/2023)
- District 2024, Au-delà du Villages des Athlètes – **Marie Bodénès** (Date consultation 30/11/2023)
- Pré-visualisation de l'exposition / District 2024, Au-delà du Villages des Athlètes – **Marie Bodénès** (Date consultation 30/11/2023)

LES PLAQUETTES DE PROJET DEPUIS LES SITES DES ENTREPRISES

- BioBIM – **TerrOïko, SETEC** (Date consultation 12/10/2023)
- Expérimentation pour l'utilisation future d'une maquette BIM en complément d'une demande d'autorisation d'urbanisme – **PLAN BIM** (Date consultation 02/11/2023)
- 2.1 Note explicative du projet / Colline d'Elancourt– **SOLIDEO** (Date consultation 09/11/2023)
- 2.2 Le projet d'aménagement : dossier technique / Colline d'Elancourt– **SOLIDEO** (Date consultation 09/11/2023)
- 4.1.2 Etude d'impact / Colline d'Elancourt – **SOLIDEO** (Date consultation 09/11/2023)
- Communiqué de presse « Projet CIM/LIM/RIM » – **SOLIDEO** (Date consultation 09/11/2023)

ANNEXE 0 : Complément de l'état de l'art

TABLEAU RECAPITULATIF DES ENQUETES

Les acteurs utilisateurs ou non de maquette numérique : (**document personnel** basé sur interview, prise de contact) (Paysagiste)

| Entreprise, Bureau d'étude, association | Participation à la maquette numérique sous les modèles BIM, CIM, LIM |
|---|--|
| Alexandre Marry - Bureau d'étude - RESONANCE URBANISME & PAYSAGE | <p>Pour tout ce qui est AVP, nous travaillons essentiellement avec photoshop, InDesign, la suite d'adobe, les phases de diagnostic on utilise Illustrator, toute la phase de création de visuels dédiés à la concertation on utilise beaucoup des productions faites à la main, quand il s'agit de discussions auprès des habitants. Si il y a des complexités à aborder ils nous arrivent d'utiliser un peu sketchup. [...] Pour les études PRO et d'EXE, on utilise beaucoup Autocad et Excel.</p> <p>Quand il s'agit de projet de quartier avec les urbanistes et architectes l'utilisation se fait essentiellement par la création d'une maquette traditionnelle en carton plume, mais ça pouvait arriver d'avoir des maquettes numériques avec Mensura par les VRD.</p> <p>Autrefois effectivement les fichiers d'architecte avaient des IFC super lourd, avec bien souvent des conflits de fichiers géoréférencés ou à des extensions. Cependant, il s'améliore au fil des années et on ne le rencontre de moins en moins suivant les bureaux d'études avec lesquels nous collaborons.</p> <p>Les appels d'offre en Architecture, les architectes font toujours appel à des paysagistes lorsqu'il s'agit d'aménager les cœurs d'îlot.</p> <p>Selon moi l'architecte paysagiste à un rôle de synthèse, une place centrale</p> |
| Jérôme DUMAS - INTERSCENE 3.0 | <p>Les productions à la main restent bien souvent mieux perçues que le numérique lors des concertations auprès des élus et collectivités</p> <p>Pour le diagnostic on utilise des outils tels que le géoportail et le cadastre. Nos analyses inventives se font à la main et avec Illustrator. La phase d'esquisse est faite dans un premier temps à la main puis par des calques photoshop. On fait des maquettes volumiques en utilisant autocad au début puis le plug in Enscape, on utilise comme logiciel de construction sketchup. L'AVP est établi sur Autocad</p> <p>Les maitrises d'œuvre sont généralement dans le cadre de nos projets, des architectes, des BET VRD pour ce qui est des parkings, Fluide pour les différents réseaux, Environnement pour les études d'impact, des concepteurs lumières ainsi que des ingénieurs en structure notamment dans le cadre de passerelle avec des dénivelés particulier.</p> |

| | |
|--|--|
| <p>Rémy NAVARRO - Chef de projets Bâtiment Numérique</p> | <p>Depuis récemment l'architecte paysagiste est de plus en plus amené à intégrer des projets de construction neufs, dans le cadre d'un marché public il va avoir le rôle d'aménager les cœurs d'îlot et d'interagir avec les bâtiments.</p> <p>Les logiciels utilisés dans la démarche du BIM sont en majorité inadaptés aux marchés publics français, d'origine Américaine, ils ne permettent pas d'accéder au niveau de maturité 3. Généralement il y a un intervenant qui vient faire une maquette de l'ensemble des corps de métier pour savoir si les bâtiments empiètent sur le projet paysager. Le niveau 4 n'est pas encore d'actualité.</p> <p>Les acteurs les plus retrouvés dans nos projets BIM sont l'architecte, le BET Structure et le BET Fluide.</p> <p>Les logiciels compatibles avec la maquette numérique utilisent l'interopérabilité par fichiers IFC.</p> <p>La temporalité de la maquette numérique en dehors du projet s'articule par l'architecte qui va produire une maquette du bâtiment. Le paysagiste va bien souvent fournir les plan 2D comprenant les cheminements, les essences des arbres, les arbres remarquables. Il y a une première maquette existante qui va reprendre l'existant puis sur base du projet, on va pouvoir comparer le nombre d'essence avant et après projet. Elle est par la suite souvent utilisée par les VRD, qui vont faire le prélèvement des types de sols, pour optimiser la gestion des terres, notamment lors de pollution.</p> |
|--|--|


Figure 60 : Tableau récapitulatif des enquêtes pour l'état de l'art (Source : *réalisation personnelle*)

ANNEXE 1 : Complément d'analyse de la phase méthodologique

TABLEAU DES PROJETS BIM, CIM, LIM

(Document personnel basé sur une analyse des nominés de la catégorie Projet BIM, CIM, LIM et RIM)

(Paysagiste) (Choix retenu)

| | | |
|--|--|--------------------|
|  | <p>Groupe scolaire Germaine-Tillion à Toulouse (31)</p> <p>•Équipe MOA : Mairie de Toulouse. MOE : IDP Architectes et Synopsis Architecture. BET : Betem Ingénierie, Ecovitalis, Techniques & Chantiers SO, Venathec, Woods. Entreprises : Exedra MP, ldverde, GBMP, EMP, Soprema</p> <p>•Logiciels : Revit, Quo Vadis, Pleiades, Attic+, Navisworks, Tekla</p> | BIM |
|  | <p>Village des Jeux Olympiques et Paralympiques</p> <p>•Equipe : MOA : Solideo. MOE, entreprises de travaux, BE : divers</p> <p>•Logiciels : Autodesk Civil 3D, Autodesk Navisworks, Autodesk Revit, Graphisoft ArchiCAD, Mensura, Nemetschek Allplan, Covadis, Trimble Tekla, Solibri</p> | BIM / CIM |
|  | <p>Nouvelle ligne ferroviaire de l'EuroAirport</p> <p>•Equipe : MOA : SNCF Réseau/Direction Territoriale Grand Est – PRI de Strasbourg / EuroAirport. MOE : Futurmap Data, Age et Hélimap. BE : Systra.</p> <p>•Logiciels : Autodesk Civil 3D, Autodesk Navisworks, Autodesk Revit, Covadis, Trimble Connect</p> | BIM / CIM |
|  | <p>Place de la mairie de Serris (77)</p> <p>•Équipe : MOA Val d'Europe Agglomération. MOE Scandrone. BET Intelibim</p> <p>•Logiciels : Civil 3D, InfraWorks, Faro Scene, Revit, FME, ArcGIS Pro</p> | BIM combiné SIG |
|  | <p>Front de mer de Sainte-Luce (Martinique)</p> <p>•Équipe : MOA Ville Sainte-Luce. MOE EGA, BET Egis, LBD Paysages</p> <p>•Logiciels : AEC collection Autodesk</p> | BIM vers CIM / LIM |
|  | <p>Secteur du Biron à Longpont-sur-Orge (91)</p> <p>•Équipe MOA : Seqens. MOE : A26. BET : AU.DIC, Artemise</p> <p>•Logiciels : Infracworks, Revit (+Dynamo), Covadis, ArcGIS</p> | TIM-CIM-BIM |
|  | <p>Gare de Juvisy (91)</p> <p>•Équipe MOA : SNCF Réseau. MOE : SNCF Réseau. BET : Autodesk Consulting, ESRI France. Entreprise : N/A.</p> <p>•Logiciels : Civil 3D, Dynamo, Navisworks, ReCap, InfraWorks, ArcGIS Pro</p> | BIM combiné SIG |
|  | <p>Ensemble Ampérès à Bordeaux (33)</p> <p>•Équipe MOA : SEMI Route des Lasers. MOE : Hobo, Soconer, Hobo Digital, A+R Paysagiste, Terrell, Eugée, IDB Acoustique, AMB Ingénierie, G2H Conseils</p> <p>•Logiciels : Revit, Pleiades, Mensura, Navisworks, BIMCollab Zoom, Dalux, Field</p> | BIM |
|  | <p>Église Notre-Dame-du-Taur, Toulouse (31)</p> <p>•Équipe : MOA Ville de Toulouse. MOE Letellier Architectes. BET AIA Ingénierie, Coefficient, Cap Màs Études, Agence Rossignol, Atelier Marc Philippe, Studiolo.</p> <p>•Logiciels : Revit, Navisworks, ReCap, Oasys GSA, Advance Design, Ansys Fluent, Urbawind, Dynamo, Unity, Enscape.</p> | BIM |



Grand Palais, Paris (75)

BIM

- Équipe : MOA Réunion des musées nationaux. MOE Chatillon Architectes. BET Ingérop, Igrec, Cicad, 8'18', Acoustique Vivie et associés, Aubépine, DAL, Arcora, Roux Ingénierie. Entreprises Atelier Perrault, Verre et Métal, Chevalier, UTB
- Logiciels : Revit, Navisworks, ReCap, Oasys GSA, Advance Design, Ansys Fluent, Urbawind, Dynamo, Unity, Enscape.



Bus à haut niveau de service, Cayenne (Guyane)

BIM

- Équipe : MOA PPP Ibys/ Cacl (Colas Projects, Ribal TP, FIDEPPP2). BET Ingérop/AEI
- Logiciels : Civil 3D, Covadis, Rhino/ Grasshopper, Trimble Quadri, QGIS, FME



Eau de Paris, Paris (75)

BIM vers souhait jumeau numérique SIG GMAO

- Équipe : MOA et MOE Eau de Paris avec Atelier Monique Labbé, Setec. BET Eau de Paris (DIP), Stereau, Setec, Artting, BTP Consultants, Citae, Sade, TTGE. Entreprises Steareau, Razel-Bec, Setha, Eiffage, Industrelec, Amber Technologies.
- Logiciels : Revit, Recap, Navisworks, Iris, WatGis, MezzoTeam



Quartier Euroméditerranée à Marseille (13)

BIM / CIM

- Équipe MOA : MOA : EPAEM, Bouygues immobilier, Linkcity (Fabriques). MOE : agence François Leclercq, agence Anyoji Beltrando, agence François Kern, **llex** et autres MOE opérations immobilières et espaces publics
- Logiciels : Navisworks, Geomensura, Revit, Covadis, Evebim



Îlot Charles III à Monaco

BIM combiné SIG

- Équipe : MOA Principauté de Monaco. MOE EGIS S/E, BET : Egis (BU GO3E, BU VRM), MVRVD, Egis Bâtiment.
- Logiciels : ProRevit, Mensura, Navisworks, ArcGIS Pro, ProjectWise, Infracore



Passerelle de la Couronne à Angoulême (16)

BIM

- Équipe : MOA Communauté d'agglomération du Grand Angoulême. MOE Strates OA, Arcadis
- Logiciels : Revit, BIM 360, Solibri, Infracore.



Projet Flowell à La Défense, Nanterre (92)

BIM

- Équipe : MOA Département Hauts-de-Seine. MOE Colas SA, Wattway, BET Colas SA, Wattway
- Logiciels : Civil3D, Revit, BIM360, Dynamo, Refinery, Unity, Twinmotion, Grid2BIM



Cité cheminotte de Chelles (77)

BIM

- Équipe : MOA ICF La Sablière. MOE AIP. BE : AIP Ing, Thermi-Clim, BIM archi-tech. Entreprise GCC.
- Logiciels : Revit, Solibri, Cype, Enscape.



Immeuble Archipel à Nanterre (92)

BIM

- Équipe : MOA Vinci Immobilier. MOE Artelia, Jean-Paul Viguière. Entreprises : Vinci Construction France / Énergies.
- Logiciels : Revit, Naviworks, Solibri, BIMCollab, Synchro



ZAC Châtenay-Malabry Parc-Centrale

BIM / CIM

- Équipe : MO SEMOP Châtenay-Malabry Parc-Centrale MOE Arcadis ESG, **Leclercq & Associés**, **Base**, OTCI Entreprise Eiffage, BET Even Conseil, Atelier LD, Suez Consulting
- Logiciels : Covadis, Navisworks, Revit, ArchiCAD, BIM 360, InfraWorks, SimpleBIM.



Aménagement de la Colline d'Elancourt

LIM

- Équipe :
- Logiciels :



Territoire du Grand Paris

CIM

- Équipe : MO Société du Grand Paris MOE Groupement Vectuel, Magellium, Systra
- Logiciels : Unity, 3DSMax, Revit, A9



Station marine du Crec (14)

BIM

- Équipe : Université de Caen Normandie MOE Agence CBA BET Sogeti-Kube, Antea Group, Idée Aquaculture, Atelier La Superbe, Atelier AV-Acoustibel
- Logiciels : Revit, Navisworks, EveBIM, Tekla BIMSight



Projet urbain du Vallon des Hôpitaux

BIM

- Équipe : MO Métropole du Grand Lyon MOE Arcadis ESG, avec **Gautier+Conquet**
- Logiciels : Covadis, InfraWorks 360, Navisworks



Rond-point des Lavandes (13)

BIM

- Équipe : MO Aéroport de Marseille-Provence MOE Egis Villes et Territoires BET EGCEM Entreprises Bouygues Travaux publics région France/Colas
- Logiciels : Revit, Mensura Genius, Twinmotion, Dalux, Kroqi, Navisworks Manage & Freedom



Métro ligne B de Rennes Métropole (35)

BIM

- Équipe : BET Colas Rail Entreprise Colas Rail
- Logiciels : Revit, BIM my Project, Connect



Cité des sciences et de l'industrie à Paris

BIM

- Équipe : MOA Ministère de la Culture-OPPIC, Egis Conseil, Gexpertise.
- Logiciels : Recap, Revit, Faro PointSense, Navisworks, Annotation en BCF (BIM Collaboration Format), BIM+, BIMSinc avec visionneuse IFC et fonction annotation, BIM Vision, Solibri Model Viewer, BIM Sight, eveBIM, Simple BIM.



Troisième ligne de métro de Toulouse

BIM

- Équipe : MOA SMTTC Tisseo, MOE Systra
- Logiciels : Civil 3D, Bim in One click de Systra, Revit, Infraworks, Navisworks, Synchro.



Construction d'un nouveau terminal transmanche

BIM

- Équipe : MOA Société des ports du détroit, MOE Arcadis, Bouygues travaux publics
- Logiciels : Virtual Map, VDC Explorer, VDC Live, Civil CD, Inventor, Revit, Covadis/Autopiste, Mensura, 3DS Max


| | |
|--|--|
|  | <p>Projet urbain Bordeaux Euratlantique (33)</p> <p>CIM avec intégration du BIM</p> <ul style="list-style-type: none"> •Équipe : MOA Établissement public d'aménagement Bordeaux Euratlantique, MOE Ingerop •Logiciels : Civil 3D, Revit, Navisworks, EveBIM, Infracore |
|  | <p>Territoire du Grand Paris</p> <p>CIM</p> <ul style="list-style-type: none"> •Équipe : MO Société du Grand Paris MOE Groupement Vectuel, Magellium, Systra •Logiciels : Unity, 3DSMax, Revit, A9 |
|  | <p>Modernisation / accessibilité de la gare d'Issy RER</p> <p>BIM</p> <ul style="list-style-type: none"> •Équipe : MOA SNCF réseau direction générale Île-de-France, MOE Systra •Logiciels : Civil 3D, Revit, Navisworks |
|  | <p>Interconnexion entre gare Saint-Cloud et nouvelle du Grand Paris Express</p> <p>BIM</p> <ul style="list-style-type: none"> •Équipe : MOA SNCF Mobilité, MOE SNCF Réseau DG IDF Pôle études / AREP •Logiciels : Revit, Dynamo, Autocad, 3DS Max, Léa, Buzzsaw, Robot structural analysis, Sketchup, Power Rail Track, Lumion, Civil 3D, Advance Design, Enscape, Navisworks, Recap |
|  | <p>Chantier de dépollution / déconstruction de la raffinerie de Dunkerque</p> <p>BIM</p> <ul style="list-style-type: none"> •Équipe : MOA Colas Environnement, MOE BIMbyCo, MCD Colas •Logiciels : Recap, Revit, Dynamo, Civil 3D, Navisworks, Live, BIM 360, Fugro, LadyBugCapPro, WiseBIM |
|  | <p>Réhabilitation EnergieSprong des résidences Noirettes & Grand Bois à Vaulx-en-Velin (Rhône)</p> <p>BIM</p> <ul style="list-style-type: none"> •Équipe : MOA EMH, Partenaires Denizou, Atelier Metis, Voxoa, BIM in Motion, Citinea •Logiciels : Revit, Navisworks, BIMSight, WizzCad, CadWork, Unity |

Figure 61 : Tableau récapitulatif des projets BIM, CIM, LIM (Source : réalisation personnelle)

TABLEAU DES LOGICIELS POUVANT ETRE UTILISES POUR LE BIM, CIM, LIM

(Document personnel basé sur une analyse + sondage) (Paysagiste) (Choix retenu)



LandSim3D (Bionatics) Jumeau numérique, CIM combiné SIG et visionneur BIM

•Utilisateurs :



Outil CarbonTracker

BIM

- Systra a développé un outil numérique qui utilise les données du BIM pour les corrélérer aux émissions de CO des matériaux
- Équipe : MOA Société du Grand Paris (ligne 15 ouest et est). MOE Systra France. BET et entreprises

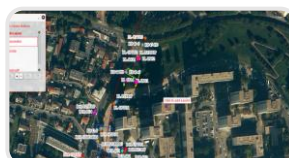


Land'Act
paysage // urbanisme // écologie

Le LIM® (Land'Act)

LIM

- Équipe : MOA Val d'Europe Agglomération. MOE Scandrone. BET Intelibim
- Logiciels : Civil 3D, InfraWorks, Faro Scene, Revit, FME, ArcGIS Pro



Optimatex

Interconnexion BIM - CIM

- Optimiser la gestion des déblais
- Utilisable sur les logiciels : BIM in one click, GeoSystra, Civil3D, Revit, Navisworks, ArcGIS, GDM, Synchro
- Utilisateurs :





REVIT

BIM VERS LIM / BIM For Landscape

•Utilisateurs :



LES PLUGIN VERS L'ARCHITECTE PAYSAGISTE

•Environment for Revit



•NAVIATE, est une extension de gestion de la végétation de projet



•Rhino.Inside.Revit, convertisseur de maquette entre le logiciel Rhino et Revit, il est axé sur la modélisation de terrain, modèleur d'opération topographique. Il comprend une banque de données végétales convertible sur Revit.



AUTOCAD

Intègre le LIM

•Utilisateurs :



LES PLUGIN VERS L'ARCHITECTE PAYSAGISTE



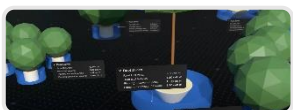
•Lands, est un logiciel intégrant le modèle d'information LIM, capable de matérialiser l'environnement d'un projet ainsi que la dimension temporelle. Il peut visualiser la croissance végétale et simuler leur mutations au cours du cycle saisonnier.



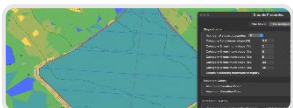
VECTORWORKS

BIM Intègre le LIM

•Utilisateurs :



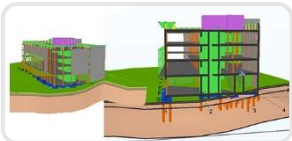

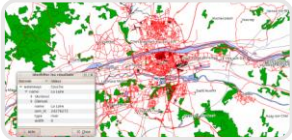



LES PLUGIN VERS L'ARCHITECTE PAYSAGISTE



•Landmark, est un plug in d'aménagement paysager qui permet de quantifier les coûts de construction, les matériaux et végétaux, de calculer les déblais et remblais, de déterminer les pentes et le drainage associé ainsi que d'évaluer l'hydrographie d'un site

Figure 61 : Tableau récapitulatif des projets BIM, CIM, LIM (Source : réalisation personnelle)

| | | |
|---|---|-------------------------------------|
|  | <p>INFRAWORKS 360</p> | <p>CIM</p> |
| <p>•Utilisateurs :</p> |  | |
|  | <p>MENSURA</p> | <p>BIM</p> |
| <p>•Utilisateurs :</p> |  | |
|  | <p>QGIS</p> | <p>Base cartographique vers CIM</p> |
| <p>•Utilisateurs :</p> |  | |



EVERBIM

BIM

Ce logiciel a été développée suite à la réglementation française créant le PTNB, Plan de Transition Numérique du Batiment

•Utilisateurs :



NAVISWORKS

BIM vers CIM

•Utilisateurs :



BIMtech



Figure 62 : Tableau récapitulatif des logiciels pouvant être utilisés pour le BIM, CIM, LIM (Source : réalisation personnelle)

ANNEXE 2 : Complément d'analyse des indicateurs

CHOIX DES INDICATEURS

| Exigences ISO | Description | Cibles | Mesures |
|---|--|---|---|
| Adéquation fonctionnelle | | | |
| <i>Complétude fonctionnelle</i> | <i>Analyse des différents aspects de l'adaptation au climat couverts dans le logiciel</i> | Évaluation des fonctions du logiciel | Observations |
| <i>Pertinence fonctionnelle</i> | <i>L'accomplissement de la tâche exclut les étapes inutiles</i> | Évaluation des schémas de processus | Cartes de processus et registre de temps |
| <i>Conformité aux certifications de durabilité</i> | <i>L'analyse des aspects de la durabilité couverts</i> | Évaluation de la Conformité du logiciel aux normes de durabilité | Aspects définis dans certifications de durabilité |
| Qualité des informations | | | |
| <i>Précision</i> | <i>La précision des simulations ou des calculs</i> | Évaluation de la précision des simulations | Visuel et numérique comparaisons |
| <i>Pertinence</i> | <i>Comment le logiciel informe sur les performances d'adaptation au climat</i> | Évaluation de la manière dont les résultats informent sur la planification de l'adaptation au changement climatique | Objectifs d'adaptation au climat |
| Fiabilité | | | |
| <i>Disponibilité du logiciel</i> | <i>Évaluation de la fiabilité du logiciel</i> | Calcul des incidents du logiciel 'ne répondant pas' | Registre des incidents |
| <i>Tolérance aux pannes</i> | <i>Évaluation du fonctionnement du logiciel malgré des défauts matériels ou logiciels</i> | Calcul des erreurs et des échecs | Registre des erreurs |
| <i>Récupération</i> | <i>Le logiciel peut récupérer les données en cas d'interruption</i> | Évaluation des données récupérées en cas d'erreur système | Observations |
| Efficacité des performances | | | |
| <i>Temps -comportement</i> | <i>Temps nécessaire au traitement des tâches et aux simulations</i> | Calcul du temps utilisé par tâche | Registre du temps |
| <i>Utilisation des ressources</i> | <i>Ressources nécessaires pour les tâches (hors productivité)</i> | Évaluation des ressources (consultations d'experts, matériel de formation, autres dossiers et outils logiciels) nécessaires pour effectuer la tâche | Liste des ressources |
| Convivialité | | | |
| <i>Apprentissage</i> | <i>Il est temps d'apprendre à utiliser le logiciel pour les fonctions d'adaptation au climat</i> | Calcul du temps de formation | Registre des temps de formation |
| <i>Opérabilité</i> | <i>Le logiciel peut être facilement utilisé après avoir été appris.</i> | Évaluation de la complexité du logiciel | Observations |
| <i>Protection contre les erreurs de l'utilisateur</i> | <i>Le logiciel peut aider les utilisateurs à éviter les erreurs</i> | Évaluation de l'erreur identification | Observations |
| Compatibilité | | | |
| <i>Coexistence</i> | <i>Le logiciel fonctionne efficacement, partageant un environnement et des ressources communs avec d'autres outils logiciels</i> | Évaluation de la compatibilité du logiciel avec d'autres logiciels | Cartes du processus de mise en œuvre et registre du temps |
| <i>Interopérabilité</i> | <i>Le logiciel peut échanger et utiliser les informations d'autres logiciels</i> | Évaluation des données perdues ou des problèmes géométriques à l'exportation et à l'importation | Observations |

INDICATEURS DE FIABILITE – Choix des composantes sélectionnées

Figure 63 : Tableau des paramètres de qualité géométrique altimétrique (Source : *Géo.service.IGN*)

| Source des données | Précision (m) |
|---|---------------|
| LiDAR ² | 0,5 |
| Corrélation | 1 |
| BD TOPO [®] ancienne, levé GPS, photogrammétrie | 1,5 |
| Fichier numérique, plan coté | 2 |
| Photogrammétrie longue focale, Z corrigé, interpolation bâti BD TOPO [®] | 2,5 |
| BD ALTI [®] , Radar | 5 |
| Pas de Z | 9999 |

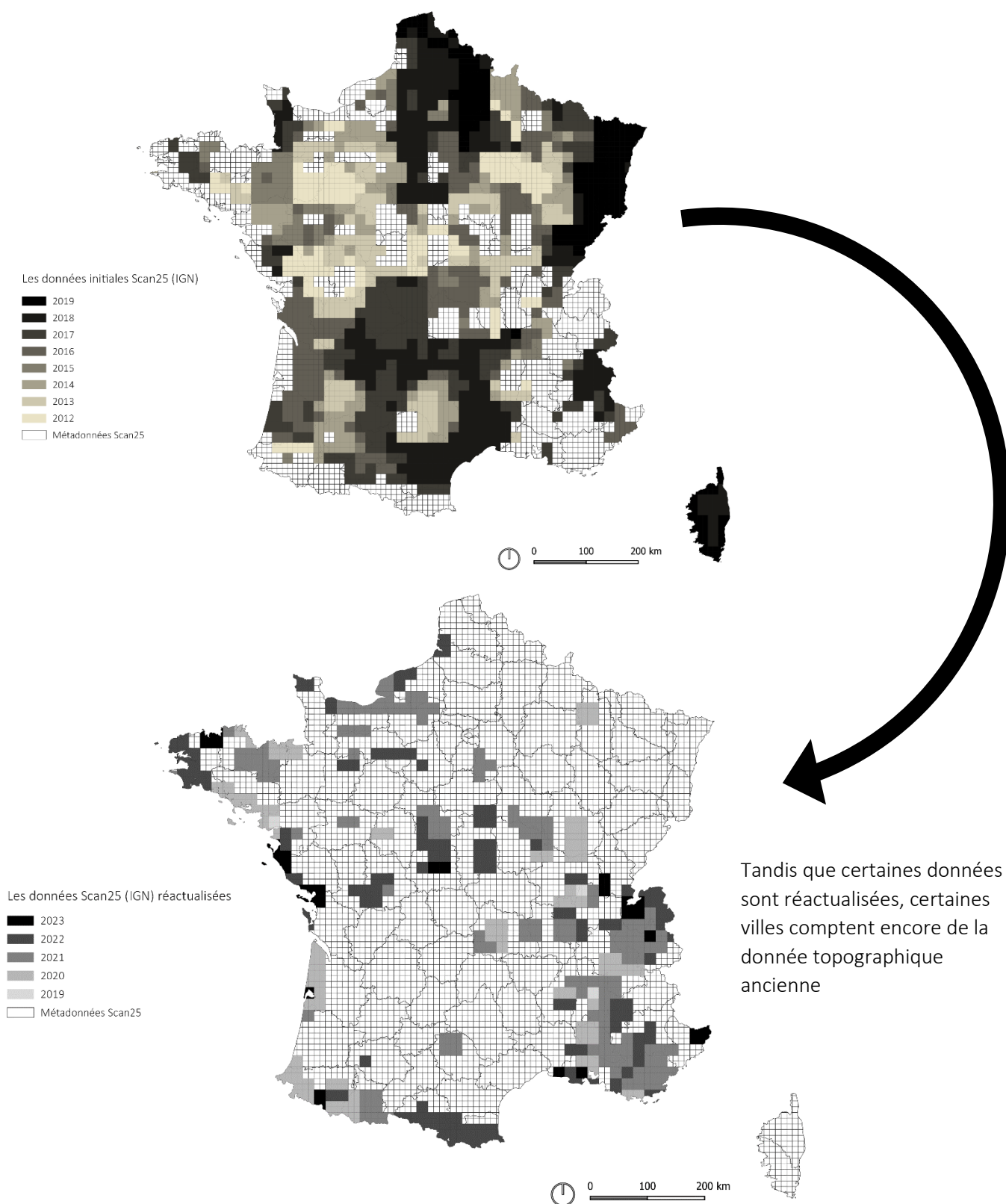
Figure 64 : Tableau des paramètres de qualité géométrique planimétrique (Source : *Géo.service.IGN*)

| Source des données | Précision (m) |
|--|---------------|
| BD TOPO [®] , plan ou fichier métrique, levé GPS, photogrammétrie | 2,5 |
| BD PARCELLAIRE [®] recalée, Orthophotographie, image satellite HR | 3 |
| BD PARCELLAIRE [®] , fichier numérique non métrique, levé non GPS, plan non métrique papier | 5 |
| Image satellite, SCAN 25 [®] | 10 |
| BD CARTO [®] , calcul, GEOROUTE ^{®3} , géocodage | 20 |
| BD Nyme ^{®4} | 30 |
| Calcul d'enveloppe urbaine (ZONE_D_HABITAT) | 100 |
| Inconnue | 9999 |

MISE EN APPLICATION DE L'INDICATEUR

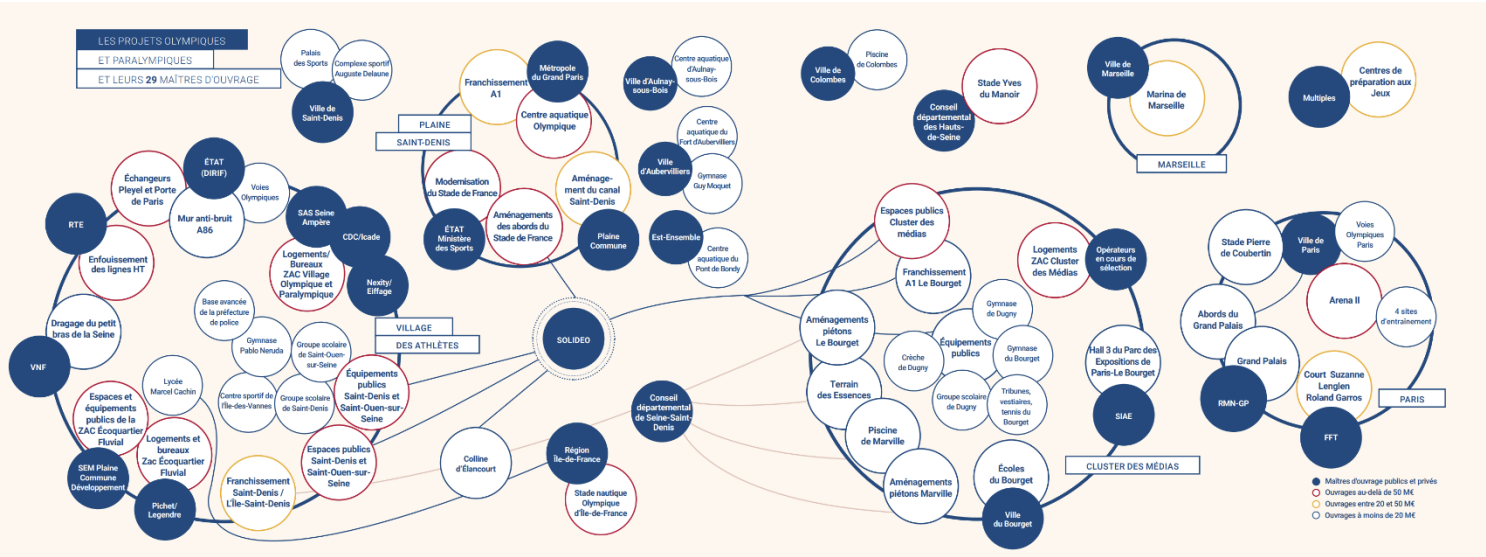
Les données IGN utilisées par les maquettes CIM

Figure 65 : Cartographies du découpage topographique par datation de la donnée topographique Scan25 et de sa mise à jour TOP25 de la France (Source : *Réalisation personnelle sur QGIS*)



ANNEXE 3 : Cas général JOP

Figure 66 : Schéma de la supervision des ouvrages (Source : SOLIDEO)



Les acteurs de projet : (documents personnels basé sur interview, prise de contact) (Paysagiste)

| Sites | Entreprise, Bureau d'étude, association | Participation à la maquette numérique sous les modèles BIM, CIM, LIM |
|-----------------------|---|---|
| Villages des athlètes | SOLIDEO | <p>BIM 2019, Charte et document BIM producteur et architecte, élément référentiel pour tous les acteurs</p> <p>Utilisation dès la phase de conception</p> <p>Pendant la phase concours, on recevait des maquettes et les mises à jour se faisaient selon l'avancement sur 1 seule maquette pour avoir une vision globale du paysage</p> <p>Une démarche par vues artistiques a été mise en place pour mieux comprendre les projets</p> <p>Démarche CIM permet de se rendre compte de l'ensoleillement, visibilité, pour les prises de décisions, communication</p> <p>7 entreprises de paysage ont participé à ces démarches dans le cadre des JOP</p> <p>Utilisation de tous les logiciels du marché : Autodesk Revit, ArchiCAD, Mensura, Allplan, Covadis, Civil 3D, Tekla,</p> |

| | | |
|--|--|--|
| | | Navisworks, Solibri sous échange de fichiers Natif et IFC – Interlocuteur Alexandre Mahfoud |
| | Groupe DOMINIQUE PERRAULT | Pas de lien direct avec les modèles BIM, CIM, LIM – Interlocutrice Marie Bodénès |
| | MGAU (Architectes du lot PA10 du Village des Athlètes sur l'Île Saint Denis) | <p>Maquette BIM sous Revit a été réalisée, mais pas directement par les architectes. Un prestataire extérieur a réalisé une maquette pour tous les lots du village</p> <p>Nous n'avons pas utilisé de données en provenance d'autres maquettes dans la conception de notre projet</p> <p>C'est le prestataire BIM du maître d'ouvrage qui s'est chargé de coordonner les échanges entre les différents acteurs</p> <p>A ma connaissance, elle s'est arrêtée à la phase conception</p> <p><u>Opinion de l'utilisation de cette méthodologie BIM, CIM, LIM :</u></p> <p>Notre participation à la conception et réalisation du Village des Athlètes n'a pas permis de faire une expérience complète du BIM comme outil de conception et de suivi de réalisation. Mais nous développons par ailleurs des projets en BIM avec Revit et nous constatons qu'il s'agit d'un outil extrêmement performant pour la conception architecturale et la synthèse entre les différents intervenants, en particulier les concepteurs des structures et des lots techniques ; ainsi qu'un outil de communication du projet très utile – Interlocuteur Michel GUTHMANN</p> |
| | Ingérop (Ingénierie BET TCE) | |
| | Agence TER | <p>Maquette CIM avec Revit coté paysagiste ainsi que d'autres logiciels ont été utilisés par les BET. Tous les fichiers IFC étaient lisibles avec Navisworks.</p> <p>Un logiciel BIMTrack pour le suivi de travaux a été mis en œuvre.</p> |

| | | |
|--|--------------------------|---|
| | | <p>« Les entreprises travaux sont censées réaliser leur propre maquette EXE et DOE pour la transférer ensuite aux gestionnaires de l'espace public »</p> <p>L'entreprise s'est servi des données informationnelles des maquettes des BET VRD principalement</p> <p>Il y a un BIM manager côté MOE (le BET), un BIM manager côté MOA et un BIM manager par entreprise travaux</p> <p>Nous avons fourni une maquette Revit des espaces verts qui a été intégrée à la maquette des espaces publics VRD (par le BET VRD MOE)</p> <p>La maquette n'a pas été utilisée pour les étapes prévisionnelles et de budgétisation (BIM 4D, 5D, 6D, 7D) et s'est-elle arrêtée à la phase de conception. C'était l'ambition initiale, mais nous n'avons pas eu le temps, le projet a été trop rapide et les modifications tout le long, trop importantes</p> <p><u>Opinion de l'utilisation de cette méthodologie BIM, CIM, LIM :</u> Les interfaces entre logiciels sont compliquées. La maquette est très puissante une fois réalisée mais pas très malléable C'est compliqué d'adapter la maquette aux évolutions de projet constantes. Ça manque encore de fluidité à mon sens pour que ça devienne un vrai outil de conception – Interlocutrice Carlotta MAZZI</p> |
| | CITEC | |
| | Urban Eco Scop | |
| | Une Fabrique de la Ville | Pas de lien direct avec les modèles BIM, CIM, LIM – Interlocuteur Sébastien Harlaux |
| | Illuminens | Pas de lien direct avec les modèles BIM, CIM, LIM – Interlocuteur Julien Bénézet |

| | | | |
|--|---------------------|---------------------|---|
| | | | |
| | Jean-Paul Lamoureux | | |
| | ECHOES.PARIS | | |
| | Belvédères | Groupement Nexity | |
| | | Atelier George | Maquette BIM avec ArchiCAD – Interlocutrice Céline HAEMMERLIN |
| | | Eiffage immobilier | |
| | | Groupama immobilier | |
| | | CDC Habitat | |
| | | CoBé | Maquette BIM avec ArchiCAD – Interlocutrice Céline HAEMMERLIN |
| | | KOZ | <p>Nous avons travaillé avec le BIM avec le logiciel ArchiCAD. Sur le lot E, la moitié des agences utilisaient ArchiCAD (KOZ, COBE, atelier George et Dream), les autres architectes ainsi que les BE utilisaient Revit</p> <p>Les bureaux d'études utilisaient le BIM, à chaque fin de phase ils diffusaient une maquette IFC que nous pouvions recoller sur notre modèle. Nous recollions sur notre modèle les maquettes des autres architectes, qui partageaient notre lot, du paysagiste, du bureau d'études structure et fluide</p> <p>A chaque fin de phase nous avons envoyé nos maquettes BIM sous forme IFC à notre BIM manager. Il les centralisait sur une maquette générale de recollement grâce à notre géoréférencement. Nous exportons une maquette pour la phase JO et une autre pour la phase Héritage (le projet après les JO)</p> <p>Pour nous les architectes, le travail avec les autres bureaux d'études en BIM s'est arrêté à la fin de la phase de conception. Nous remettons juste à jour notre maquette avec les modifications en cours de chantier</p> <p>Les bureaux d'études environnementaux ont utilisé nos maquettes pour effectuer leurs calculs. Nous espérons pouvoir bientôt également utiliser nos maquettes</p> |
| | | | |

| | | | |
|--|---|------------------|---|
| | | | <p>pour effectuer nous-même les simulations liées aux enjeux environnementaux</p> <p><u>Opinion de l'utilisation de cette méthodologie BIM, CIM, LIM</u> : Le BIM est une très bonne méthode de travail pour collaborer avec les autres acteurs du projet. Cela facilite la coordination, on peut apercevoir beaucoup plus facilement les conflits entre les lots architecturaux, la structure, les fluides, etc. La vision d'ensemble permet d'expliquer le projet avec beaucoup plus de facilité à nos maitrises d'ouvrage –</p> <p>Interlocutrice Céline HAEMMERLIN</p> |
| | | Lambert Lénack | |
| | | DREAM | <p>Maquette BIM avec ArchiCAD –</p> <p>Interlocutrice Céline HAEMMERLIN</p> |
| | | SOA | |
| | | Barreau Pressaco | |
| | ZAC de l'Ecoquartier fluvial de L'Ile-Saint-Denis | Groupe Pichet | <p>Mission AMO BIM du projet Éco-Quartier fluvial Saint Denis – Je m'assurais que les objectifs et les exigences de la MOA, groupement Pichet Immobilier et Legendre Immobilier, soient respectés par l'ensemble des MOE. Je pouvais coordonner les équipes BIM des MOE, faire appel à des prestataires BIM externes en cas de besoin, établir des plannings et des nouveaux devis, etc.</p> <p>Référent BIM depuis la phase de conception jusqu'à la livraison DOE, bien que j'aie intégré le projet dès la phase de concours. Dans le cadre de ce projet, la SOLIDEO avait imposé à toutes ses MOA un cahier des charges BIM, que nous avons à notre tour imposé à toutes les MOE, puis aux entreprises de construction. La SOLIDEO demandait, dans son cahier des charges, de respecter de nombreux objectifs BIM/CIM, dont celui de la livraison d'une maquette numérique des ouvrages exécutés.</p> <p>Pour les MOE, aucune prescription n'était émise concernant le logiciel à utiliser. De</p> |

| | | | |
|--|--|--|---|
| | | | <p>nombreux logiciels utilisés, dont les principaux étaient ArchiCAD et Revit. En raison de ce nombre important de logiciels, le format d'échange choisi était l'IFC, un format dit "ouvert". L'IFC a été utilisé pour plusieurs usages.</p> <p>Premièrement, l'interopérabilité : par exemple, un façadier utilisant CADWork avait besoin d'avoir la maquette Archi en fond de plan pour modéliser son lot. S'il souhaitait importer la maquette de l'architecte qui utilisait Revit, il ne pouvait pas le faire directement en raison de l'incompatibilité des formats éditeurs. Il devait nécessairement passer par l'IFC, un format ouvert, lisible par tous les logiciels BIM. Un autre exemple d'utilisation de l'IFC est la synthèse technique en BIM, où il a été permis de compiler plusieurs maquettes de formats différents pour détecter les conflits en phase de conception et d'exécution.</p> <p>En tant qu'AMO BIM du groupement, je devais fournir toutes les maquettes de notre projet à la SOLIDEO. La SOLIDEO nous imposait de fournir l'intégralité des maquettes à des jalons prédéfinis afin qu'elle puisse réaliser une analyse et vérifier si son cahier des charges était respecté. J'étais également l'interlocuteur principal avec Alexandre Mahfoud, BIM manager de la SOLIDEO, organisant des réunions sur différents sujets et sur les livraisons.</p> <p>Les maquettes ont servi à réaliser plusieurs cas d'usages en phase conception et aussi en phase d'exécution. La budgétisation : réalisation d'une extraction de quantités pour affiner le chiffrage financier du projet en phase de conception. La synthèse technique, expliquée précédemment, est la pierre angulaire de notre approche BIM, permettant de détecter de nombreux conflits dès la phase de conception. Utilisation de Revizto pour nos réunions de synthèse, et nous avons continué à le faire en phase d'exécution pour les réunions de synthèse technique sur le chantier. La 4D : intégration de la notion</p> |
|--|--|--|---|

| | | | |
|--|--|--|--|
| | | | <p>du temps. Cette maquette, visualisée par l'intermédiaire de Revizto, nous permettait dès la phase de conception de visualiser l'intégralité de la planification du chantier et de vérifier s'il n'y avait pas de problème d'interface ou de coordination. Le carbone est aussi un sujet primordial pour le groupe Pichet mais aussi pour la SOLIDEO. Intégration de la déperdition carbone dans les maquettes pour visualiser quels sont les lots les plus impactant en fonction de chaque bâtiment à l'aide d'un outil d'analyse et de visualisation. La livraison des maquettes pour la SOLIDEO contiendra de nombreuses informations du bâtiment telles que les informations d'identification des locaux, des fiches techniques, etc., permettant à la SOLIDEO d'exploiter ces informations durant la phase des jeux.</p> <p>En phase de conception, chez OMNIA-BIMTECH, nous avons dû modéliser la maquette du SITE. Nous avons fait appel au paysagiste de l'époque pour lui demander les plans et ainsi modéliser la maquette SITE. OMNIA-BIMtech a réalisé quelques rendus 3D de cette maquette site à l'époque. En phase d'exécution, je n'ai pas travaillé avec le paysagiste et je n'ai pas intégré leur travail dans la livraison MNOA (car il me semble, sauf erreur, qu'ils travaillent toujours en 2D). Comme le paysagiste travaille davantage avec Pleine commune qu'avec nous, nous ne pouvons pas lui imposer de cahier des charges BIM/CIM.</p> <p><u>Opinion de l'utilisation de cette méthodologie BIM, CIM, LIM :</u> Je donne un avis personnel qui n'a absolument rien à voir avec ce projet. Selon moi, il est nécessaire d'avoir une approche plus pragmatique du BIM/CIM en France. En effet, lorsqu'on désire lancer un projet en BIM, on a tendance à en faire beaucoup trop et à demander beaucoup, car « c'est ce qui doit être fait ». Personnellement, je préfère une approche plus opérationnelle en commençant par comprendre les besoins d'un projet et de ses acteurs.</p> |
|--|--|--|--|

| | | | |
|--|--|----------------------------------|---|
| | | | <p>Ensuite, une méthodologie répondant précisément à ces besoins doit être mise en place. Quelques fois, faire du BIM, ce n'est pas faire beaucoup (avec des maquettes super lourdes contenant beaucoup trop d'informations, avec un niveau de détails beaucoup trop élevé). Selon moi, faire du BIM, c'est faire les choses simplement afin de répondre aux besoins d'un projet et surtout en fonction de la maturité BIM des acteurs – interlocuteur Imad BOUHMOUCH</p> |
| | | Groupe Legendre | |
| | | ERIK GIUDICE Architecture | <p>Pas de possibilité de consultation des productions</p> <p>Je sais comment nous travaillons en interne chez EGA, principalement sur Revit – interlocutrice Marie Boutron</p> |
| | | PETITDIDIERPRIoux Architectes | |
| | | CHARTIER DALIX | |
| | | Hardel Le Bihan Architectes | <p>Maquette BIM sous le logiciel ArchiCAD</p> <p>Utilisation de leur maquette vers un recollement de plusieurs maquettes d'architecte auprès d'un BIM Manager</p> <p>BIM a permis de faire des présynthèses avec les BE et de vérifier si les gaines et la structure fonctionnaient bien</p> <p>Utilisation en conception pour créer le DCE et Dossier Marché, pas de transmission car phase EG</p> <p>Utilisation maquette 3D pour réaliser les plans, coupes et élévations jusqu'au DOE en interne</p> <p><u>Opinion de l'utilisation de cette méthodologie BIM, CIM, LIM</u> : L'utilisation d'une maquette numérique commune n'est pas si simple, il faut avoir un BIM manager qui actualise en permanence la maquette pour ne pas perdre de temps et avoir une vision globale et juste des</p> |

| | | | |
|--|--|------------------------------|---|
| | | | éléments pour la conception – interlocuteur Renaud Pinet |
| | | NP2f | |
| | | Ecotech | |
| | | Gaëtan Le Penhuel & associés | <p>Maquette BIM sous le logiciel Revit</p> <p>Utilisation de données informationnelles d'autres maquettes d'architectes</p> <p>Utilisation de leur maquette vers un recollement de plusieurs maquettes d'architecte</p> <p>Arrêt de la maquette à la phase de conception</p> <p><u>Opinion de l'utilisation de cette méthodologie BIM, CIM, LIM :</u> Très complexe et énergivore, mais importante pour une bonne synthèse – interlocuteur João Saleiro</p> |
| | | NEBBIA | <p>Pour l'écoquartier fluvial, 15 bâtiments sous trois macro-lots étaient répartis en 15 architectes et trois architectes coordinateurs</p> <p>La complexité s'est retrouvée dans la coordination du BIM car les architectes ont mis en place le BIM pour leur bâtiment mais pas de restitution globale sous une seule maquette</p> <p>Ils se sont posés la question de passer en CIM mais ils n'ont pas cette compétence, cela prendrait plus de temps. Il y a donc eu un manager BIM qui devait faire la combiner l'ensemble mais il n'a jamais réussi.</p> <p>Nous avons alors dû récupérer les données et tracés depuis les maquettes BIM, avec Revit LT on a la possibilité de lire et d'ouvrir leur maquette</p> <p>Echange de fichiers dwg ou document Revit</p> |

| | | | |
|--|-------------|---|---|
| | | | <p>Les bureaux d'étude VRD utilise mensura pour calculer les déblais, remblais</p> <p>Pas de maquette finale exécutée par le bureau d'étude – interlocutrice Annelise Bideaud</p> |
| | | MGAU | |
| | | BIMtech (BIM Manager) | <p>Maquette BIM</p> <p>Récupération des maquettes des architectes, maquette CIM sous Revit</p> <p>Test effectué sur la récupération et la retranscription de l'ensemble du projet BIM vers le CIM (architecture, urbanisme et paysage) – sans réussite</p> |
| | | Atelier Fabrice Commerçon & N'Doye Architecte | |
| | | EGA | <p>Pas de possibilité de consultation des productions</p> <p>Je sais comment nous travaillons en interne chez EGA, principalement sur Revit – interlocutrice Marie Boutron</p> |
| | | AAVP | |
| | Universeine | Vinci - Immobilier | |
| | | Clément Vergély Architectes | |
| | | Wagon Landscaping | <p>Une maquette numérique BIM a été réalisée par un prestataire pour la partie paysage. Celle-ci a été intégrée aux maquettes des architectes.</p> <p>Les données utilisées sont celles des agences d'architecture, ainsi que les données topo.</p> <p>Nous n'avons pas utilisé la maquette pour les phases prévisionnelles et de budgétisation. La "budgétisation" s'est faite dès les phases de conception, mais pas via une maquette.</p> <p><u>Opinion de l'utilisation de cette méthodologie BIM, CIM, LIM :</u> Cette méthodologie ne me parait à ce jour pas du tout adaptée aux enjeux du projet de</p> |

| | | | |
|--|--|----------------------------------|--|
| | | | paysage. Il serait intéressant qu'elle permette de voir les interfaces cruciales avec les lots architecturaux et VRD notamment, mais c'est un outil trop complexe, qui a apporté beaucoup de lourdeurs, et a d'autant compliqué la collaboration avec les autres acteurs (BET technique, architectes) – interlocutrice Camille BOURGEOIS |
| | | Atelier Pascal Gonthier | |
| | | Chaix & Morel | |
| | | Béal & Blanckaert | <p>Maquette BIM sous le logiciel Revit 2020</p> <p>Les autres données venaient de Clément Vergely architectes, car nous construisons un îlot commun, certaines de nos cages de logements sont mitoyennes et le parking est commun à toutes nos cages. Le rendu des phases se faisait parfois à l'échelle de l'îlot et non des cages de logements</p> <p>Nous avons eu recours à Eurostudio comme BIM manager</p> <p>Nous avons fourni la maquette mais pas d'aller-retour, elle a dû servir aux BET fluide, élec pour constituer leurs études, fonds de plans</p> <p>Il ne nous semble pas que la maquette ait servi au chiffrage, bien qu'à notre échelle, elle nous a permis de vérifier certains quantitatifs de l'économiste. Peut-être au chiffrage de l'entreprise générale</p> <p><u>Opinion de l'utilisation de cette méthodologie BIM, CIM, LIM :</u> Le caractère collaboratif a été très limité. Il s'est cantonné au recollement et à la vérification des interfaces entre architectes. Il s'est agi en définitive plutôt d'une initiation à la démarche et à l'apprentissage du logiciel plutôt qu'une vraie méthodologie collaborative entre les différents acteurs du projet – interlocuteur Baptiste Hiot</p> |
| | | Lina Gohtmeh | |
| | | Gaëtan Le Penhuel Architectes | Maquette BIM sous le logiciel Revit |

| | | | |
|---------------------|----------------------|------------------------------|---|
| | | | <p>Utilisation de données informationnelles d'autres maquettes d'architectes</p> <p>Utilisation de leur maquette vers un recollement de plusieurs maquettes d'architecte</p> <p>Arrêt de la maquette à la phase de conception</p> <p><u>Opinion de l'utilisation de cette méthodologie BIM, CIM, LIM</u> : Très complexe et énergivore, mais importante pour une bonne synthèse – interlocuteur João Saleiro</p> |
| | | Triptyque architecture | |
| | | Aïda (BET Acoustique) | |
| | | Conseils Eco (Economiste) | |
| | | BESB (BET Bois) | |
| | | Elioth (BET Façades) | |
| | | Etamine (BET HQE) | |
| | | Incet (BET Technique) | |
| | Quinconces | Groupement caisse des dépôts | |
| | | Icade Promotion | |
| | | CDC Habitat | |
| | | UAPS | |
| | | Brenac & Gonzalez associés | |
| | | ECDM | |
| | | NP2F | |
| | | Atelier Pascal Gontier | |
| | | TN+ | Nous ne maîtrisons/utilisons pas du tout les logiciels BIM à l'agence – interlocuteur Andras Jambor |
| Colline d'Elancourt | SOLIDEO | | |
| | D'ICI-LÀ | | |
| | Bike Solutions | | |
| | Egis (BET technique) | | <p>BIM manager cote maîtrise d'œuvre</p> <p>Plan 2D autocad récupération conception architecte plan masse, point de vue technique pour voir la fiabilité du projet par rapport aux eaux pluviales</p> <p>Les architectes paysagistes ont donné un plan masse 2D diverse surface de noues, trottoirs, on a intégré à notre outil métier</p> |

| | | |
|--------------------|--|--|
| | | <p>Mensura permettant d'exporter des formats IFC pour concevoir en 3D</p> <p>On a monté la maquette 3D, plan de nivellement, exigence client Solideo partage charte BIM avec exigence et objectifs client</p> <p>On va le transformer en cas d'usage, la taille de maquette a été très vite contraignante, chaque corps de métier les réseaux c'est Egis qui les a mis en 3D, pour existant réseaux DICT.</p> <p>La maquette paysage, soit on transmet un IFC, arbres, strate</p> <p>Egis a bâti la maquette paysage à partir du fond de plan 2D. L'entreprise D'Ici-là n'est pas callé en BIM ils ont fourni des données également par sketchup et revit.</p> <p>Bike solutions ne font pas de BIM il travaille en 2D, minima un sketchup, des ateliers, obstacles et équipement pour vélo. Ils ont transmis ensuite le plan masse 2D géoréférencés</p> <p>Simulation oui et non sur les données liées à l'environnement, ils vont se servir en aval du projet, de la maquette numérique, à partir de ces données va servir au suivi du projet. – interlocuteur Amin Mechtaoui</p> |
| | Atelier d'écologie urbaine (BET environnement) | |
| | Cimes Event | |
| | Confluences (BET environnement) | |
| | L'Œil du Pigeon | <p>Je n'ai malheureusement aucun souvenir du support utilisé ni de l'utilisation pour laquelle était destinée la et les illustrations – interlocuteur Patrice Rambaud</p> |
| Cluster des médias | TVK | <p>Côté MOE la maquette BIM était intégralement gérée par notre co-traitant IGREC Ingénierie – interlocuteur Vincent Hertenberger</p> |

| | | | |
|--|---------------------------------------|-----------------------------|---|
| | OLM | | <p>Pas de possibilité de consultation des productions : directrice de projet de l'époque n'est plus à l'agence</p> <p>Participation jusqu'à la phase AVP</p> <p>Nous ne travaillons jamais en BIM – interlocutrice Alice HALLYNCK</p> |
| | BASE Paysagiste | | |
| | Igreç (BET VRD) | | <p>Maquette CIM réalisée sous mensura avec export IFC, préalablement à celle des autres projets. Fournie ensuite à la MOA.</p> <p>Utilisation en phase de conception uniquement</p> <p><u>Opinion de l'utilisation de cette méthodologie BIM, CIM, LIM :</u> Dans ce cas, pas d'interface avec des partenaires tiers à notre MOE – interlocutrice Sabine BARRIER</p> |
| | Sephia (BET hydraulique) | | |
| | C&E (BET structure et ouvrages d'art) | | |
| | Urban-éco | | |
| | RR&A (expert mobilité) | | |
| | ACCEO (BET accessibilité handicapés) | | |
| | Ville Ouverte (programmation urbaine) | | |
| | Duval Conseil (stratégie immobilière) | | |
| | ON (éclairage) | | |
| | B-Headroom (signalétique) | | |
| | Aire des vents Dugny | Groupement Sogeprom | |
| | | Demathieu & Bard immobilier | |
| | | Hardel Le Bihan Architectes | <p>Maquette BIM sous le logiciel ArchiCAD</p> <p>Utilisation de leur maquette vers un recollement de plusieurs maquettes d'architecte auprès d'un BIM Manager</p> <p>BIM a permis de faire des présynthèses avec les BE et de vérifier si les gaines et la structure fonctionnaient bien</p> <p>Utilisation en conception pour créer le DCE et Dossier Marché, pas de transmission car phase EG</p> |

| | | | |
|--|--|------------------------|---|
| | | | <p>Utilisation maquette 3D pour réaliser les plans, coupes et élévations jusqu'au DOE en interne</p> <p><u>Opinion de l'utilisation de cette méthodologie BIM, CIM, LIM :</u> L'utilisation d'une maquette numérique commune n'est pas si simple, il faut avoir un BIM manager qui actualise en permanence la maquette pour ne pas perdre de temps et avoir une vision globale et juste des éléments pour la conception – interlocuteur Renaud Pinet</p> |
| | | MGAU | <p>Maquette BIM sous Revit a été réalisée, mais pas directement par les architectes. Un prestataire extérieur a réalisé une maquette pour tous les lots du village</p> <p>Nous n'avons pas utilisé de données en provenance d'autres maquettes dans la conception de notre projet</p> <p>C'est le prestataire BIM du maître d'ouvrage qui s'est chargé de coordonner les échanges entre les différents acteurs</p> <p>A ma connaissance, elle s'est arrêtée à la phase conception</p> <p><u>Opinion de l'utilisation de cette méthodologie BIM, CIM, LIM :</u> Notre participation à la conception et réalisation du Village des Athlètes n'a pas permis de faire une expérience complète du BIM comme outil de conception et de suivi de réalisation. Mais nous développons par ailleurs des projets en BIM avec Revit et nous constatons qu'il s'agit d'un outil extrêmement performant pour la conception architecturale et la synthèse entre les différents intervenants, en particulier les concepteurs des structures et des lots techniques ; ainsi qu'un outil de communication du projet très utile – Interlocuteur Michel GUTHMANN</p> |
| | | Bourbouze & Graindorge | |
| | | Bathilde Millet | |
| | | Bartolo Contré | |

| | | | |
|--------------------|--|--|---|
| | | ITAR | |
| | | NRA | |
| | | D'Ici-Là | |
| | | Sébastien Sosson | |
| | Plateau Dugny | Groupelement Ametis | |
| | | Ideom | |
| | | Gaïa Promotion | |
| | | ANYOJI BELTRANDO | |
| | | Atelier RAUM | |
| | | Vincent Lavergne architecture | |
| | | CIGUË | |
| | | Altitude 35 | |
| | "Dugnyversel" (Phase concours) | SATHY | |
| | | Nicolas Laisné Architectes | |
| | | COSA | Participation à la phase concours – pas de maquette numérique sous modèles BIM, CIM, LIM lors de cette phase Nous avons l'habitude d'utiliser le BIM mais principalement auprès des architectes, moins avec les autres bureaux d'études spécialisés – interlocuteur Pauline LEFORT |
| | | DATA Architectes | |
| | | FRESH Architecture | |
| | | PALAST | |
| | | Tom Darmon Architecture | |
| | | TN+ | Nous ne maîtrisons/utilisons pas du tout les logiciels BIM à l'agence – interlocuteur Andras Jambor |
| | | LALU la Forme et l'usage | Participation à la phase concours – pas de maquette numérique sous modèles BIM, CIM, LIM lors de cette phase – interlocuteur Céline PANADERO |
| | | Franck Boutté (BET environnement) | |
| | | Oteis | |
| | | EVP Ingénierie | |
| Plaine Saint-Denis | ZAC Plaine Saulnier Centre aquatique olympique et | Leclercq Associés (Comprend un pôle paysage) | Plaine Saulnier, projet urbain dont nous assurons la maîtrise d'œuvre urbaine en phase héritage, aucune démarche BIM / CIM n'a été mise en place à ce jour. Elle n'a pas été demandée par la Métropole |

| | | | |
|--|----------------------|--|---|
| | franchissement A1 | | du Grand Paris qui en assure la maîtrise d'ouvrage Seul le Centre Aquatique Olympique (CAO) a fait l'objet d'une conception BIM – interlocuteur Julien BENEYT |
| | | Franck Boutté Consultants | |
| | | MAGEO (BET géotechnique) | |
| | | Empreinte bureau de paysages | |
| | | AEPE Gingko (BET Environnement) | |
| | | Igrec (BET VRD) | Maquette BIM |
| | | SATHY | |
| | | NEO Eco | |
| | | L.E.A les éclairagiste associés | |
| | | ATM | |
| | | Phytoconseil | |
| | | Atelier 2/3/4 (Comprend un pôle paysage) | <p>Nous avons mis en place à la demande du MOA et sur la base de son cahier des charges BIM une démarche BIM globale (conception et exécution) intégrant tous les acteurs du projet et ce dès le démarrage du projet.</p> <p>La mission de BIM management a été attribuée à l'entreprise Bouygues, tant en phase Conception qu'en phase Exécution.</p> <p>Du côté des architectes, les logiciels utilisés ont été :</p> <p>Autodesk Revit : géométrie simple et ajout d'informations, base de données complète Rhinoceros + Grasshoper : géométrie complexe, intégration de contraintes pour générer une forme BIM Collaborate PRO : travail entre architectes sur le cloud en temps réel entre les deux agences d'architecture (Venhoeven CS aux Pays Bas et Ateliers 234 en France) Kroqi : Echanges de maquettes au sein de la maîtrise d'œuvre et avec l'entreprise Naviate Site and Landscape = plugin Revit : pour la modélisation du paysage</p> <p>En phase conception, toutes les maquettes produites par les bureaux d'études (structure, fluides, VRD, réseaux,</p> |

| | | | |
|--|--|--|---|
| | | | <p>nivellement, traitement de l'eau, tribunes, fond mobile, bassins) ont été liées dans la maquette Architecture. Excel a été utilisé pour introduire les informations renseignées par l'économiste dans les objets (portes, pièces). Nous avons également travaillé avec les maquettes site et topo de la plaine saulnier et la maquette des aménagements paysagers du stade de France (pour l'atterrissage de la passerelle).</p> <p>En phase exécution, ce sont toutes les maquettes produites par les entreprises qui ont été liées dans la maquette Architecture et ont été utilisées comme fond de document.</p> <p>En phase conception, les maquettes ont été déposées chaque semaine après mise à jour sur une plateforme accessible par la MOE et l'entreprise. Les échanges ont été bidirectionnels et chacun travaillait avec la maquette liée à jour de ses partenaires.</p> <p>Tous les bureaux d'études (structure, fluides, paysage, VRD, traitement de l'eau, tribunes, fond mobile, bassins) ont travaillé avec la maquette Architecture liée dans la leur et ce lien était mis à jour à l'avancement (une fois par semaine).</p> <p>Les maquettes ont été régulièrement auditées par le BIM manager pour vérifier leur conformité au regard des exigences BIM du cahier des charges. Elles ont été transmises à la Métropole du Grand Paris à chaque fin de phase ainsi qu'à Dalkia le mainteneur. La maquette est un livrable exigé tant au format revit qu'en IFC ou en version exécutable texturée.</p> <p>La maquette a été utilisée pour faire un film qui retrace les étapes du chantier (4D), pour chiffrer le projet par l'entreprise via l'extraction de quantités (5D), et le sera pour piloter le bâtiment (7D) avec l'intervention du mainteneur Dalkia déjà introduit dans les échanges de maquettes en phase exécution.</p> |
|--|--|--|---|

| | | | |
|--|--|--|---|
| | | | <p><u>Opinion de l'utilisation de cette méthodologie BIM, CIM, LIM :</u></p> <p>Les exigences élevées du maître d'ouvrage en termes d'utilisation de la maquette associées à un démarrage du travail entre architectes en plein confinement ont permis de pousser au maximum la collaboration. Le travail en BIM a permis de constituer entre tous les acteurs une base de données fiable et régulièrement mise à jour où chacun trouvait de quoi alimenter ses propres études ou venait enrichir l'équipe, mais aussi d'avoir des échanges dynamiques et rythmés entre tous pour répondre à des exigences de planning serrées et immuables.</p> <p>Le centre aquatique a été primé aux BIM d'or cette année pour son caractère exemplaire, pour la globalité du travail en BIM du côté des architectes – paysagistes.</p> <p>Le travail en BIM intégrant le paysage permet de penser le projet dans sa globalité à toutes les échelles, d'anticiper et de gérer les interfaces complexes entre le bâtiment, le paysage qui fait partie intégrante du projet et le site dans lequel l'ensemble s'intègre.</p> <p>Au sein d'ateliers 234, nous sommes favorables à ce que le paysage soit systématiquement intégré à la maquette numérique du bâtiment pour favoriser cette symbiose. – interlocutrice Pauline LEBRUN</p> |
| | | Venhoeven CS | |
| | | Schlaich Bergermann Partner (BET Façade) | <p>En tant que bureau d'étude structure de conception (concours jusqu'au DCE, puis suivi de chantier) nous avons élaboré de nombreux modèles géométriques (dossier graphique : plans structure gros œuvre, charpente bois, façades...) et de calculs (gros œuvre, charpente bois et façades)</p> <p>Mise en place d'une maquette sous modèle BIM avec REVIT</p> |

| | | | |
|--|-------------------|---|---|
| | | | <p>Durant tout le processus de conception, échange en continu avec les architectes. Également processus d'optimisation géométrique des catènes bois (rhino avec Grashopper)</p> <p>Mise à disposition de nos maquettes aux autres concepteurs</p> <p>Nous n'avons plus fait évoluer notre maquette au-delà du DCE</p> <p><u>Opinion de l'utilisation de cette méthodologie BIM, CIM, LIM :</u> Outil très efficace, surtout durant la période de covid. Le projet a été gagné au moment du premier confinement – interlocuteur Andreas PFADLER</p> |
| | | INEX (BET Fluide) | |
| | | KATENE (BET traitement de l'eau) | |
| | | MAZET et associés | |
| | | Peutz (BET acoustique) | |
| | | CL INFRA (BET VRD) | |
| | | CSD et associés (Conseil sécurité incendie) | |
| | Canal Saint-Denis | OGI (VRD Hydraulique et Génie Civil) | |
| | | Gautier Conquet | |
| | | Agathe Argod | |
| | | SOBERCO | |

Figure 67 : Tableau récapitulatif des enquêtes dans le cadre des JOP (Source : **réalisation personnelle**)

LES PRODUCTIONS DE LA MAQUETTE DU PROJET ET DU BUREAU D'ETUDE EN ARCHITECTURE DU PAYSAGE AVANT ET APRES MAQUETTE

Avant maquette



Agence TER



TN+



BASE Paysage et Urbanisme



Wagon Landscaping



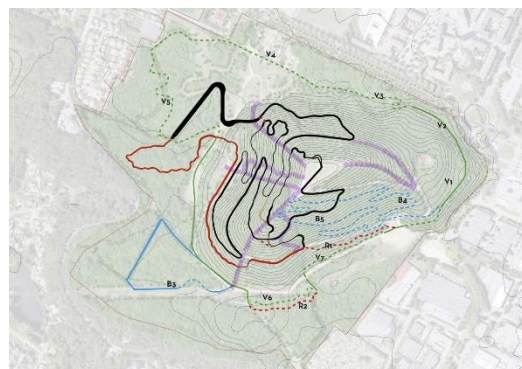
Leclercq Associés

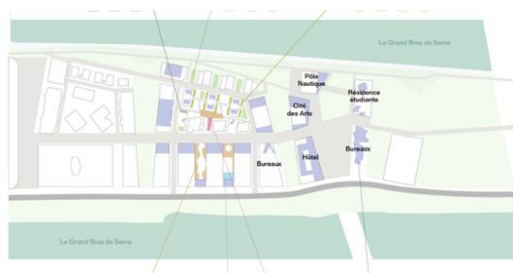


Altitude 35

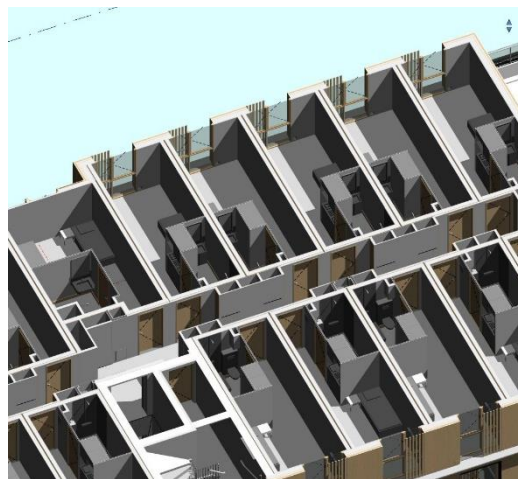


D'ICI-LÀ en collaboration avec BE Confluences





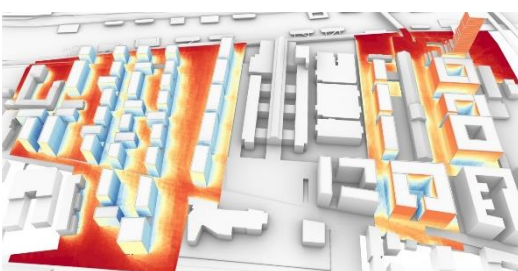
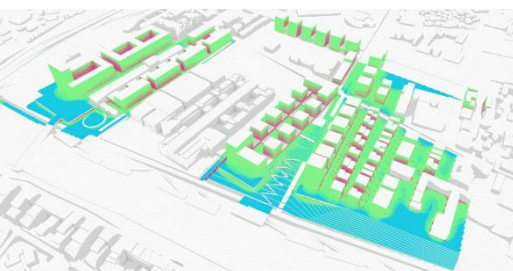
Pendant Maquette



GROUPEMENT PICHET



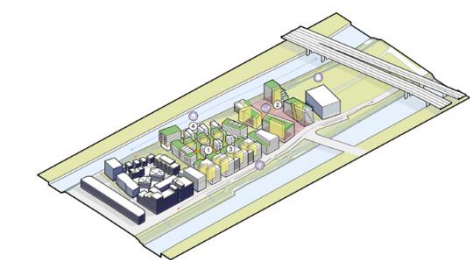
SOLIDEO



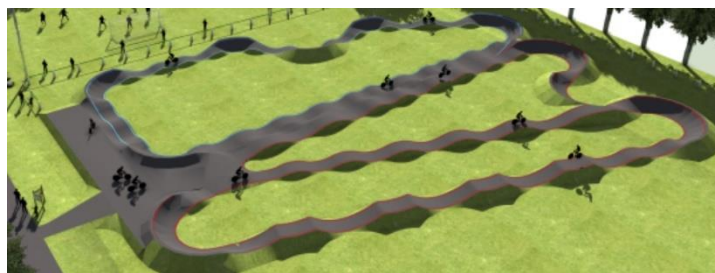
ECHOES.PARIS



ECHOES.PARIS



Leclercq Associés



Bike Solutions



Dream Archi

Après maquette



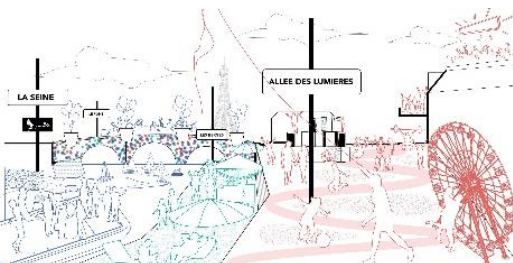
Nebbia en collaboration avec les autres acteurs



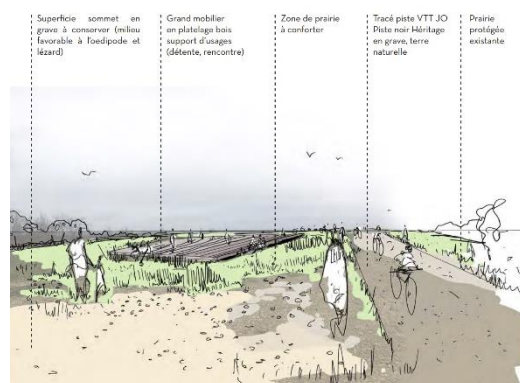
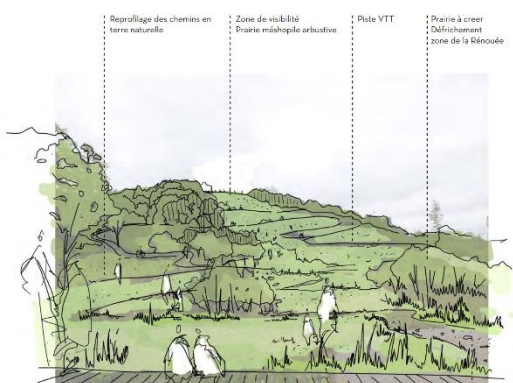
BASE Paysage et Urbanisme

TN+

Empreinte bureau de paysages



Leclercq Associés



D'ICI-LÀ

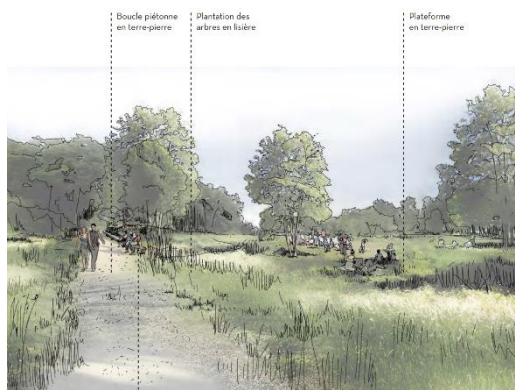


Figure 68 : Illustrations des productions des projets des JOP de Paris 2024, avant, pendant et après la mise en place de maquette numérique (Source : **BE et BET mentionnés sous les illustrations**)

INDICATEURS DE FIABILITE

Les données IGN utilisées par les maquettes CIM

Figure 69 : Cartographies du découpage topographique par datation de la donnée topographique Scan25 et de sa mise à jour TOP25 de la Région Ile-de-France (Source : **Réalisation personnelle** sur QGIS)

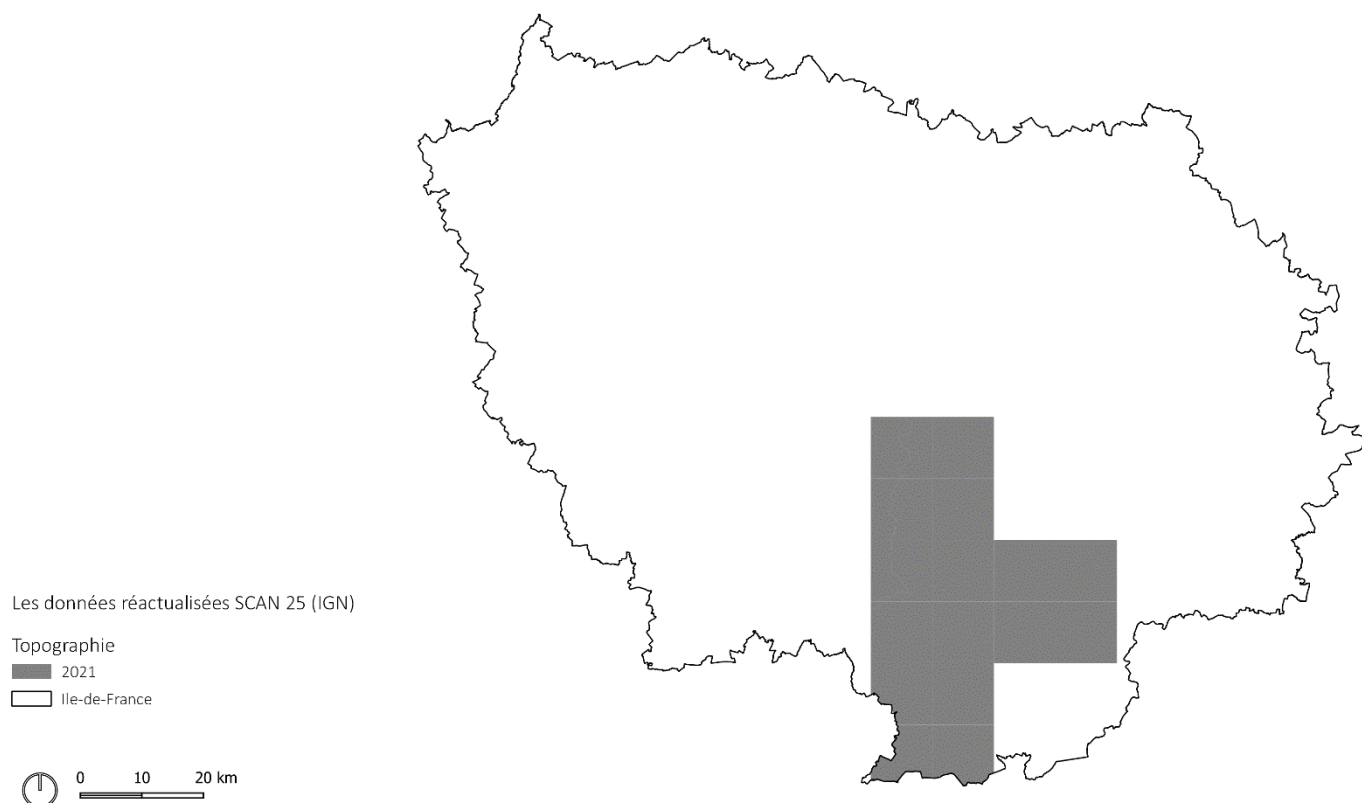
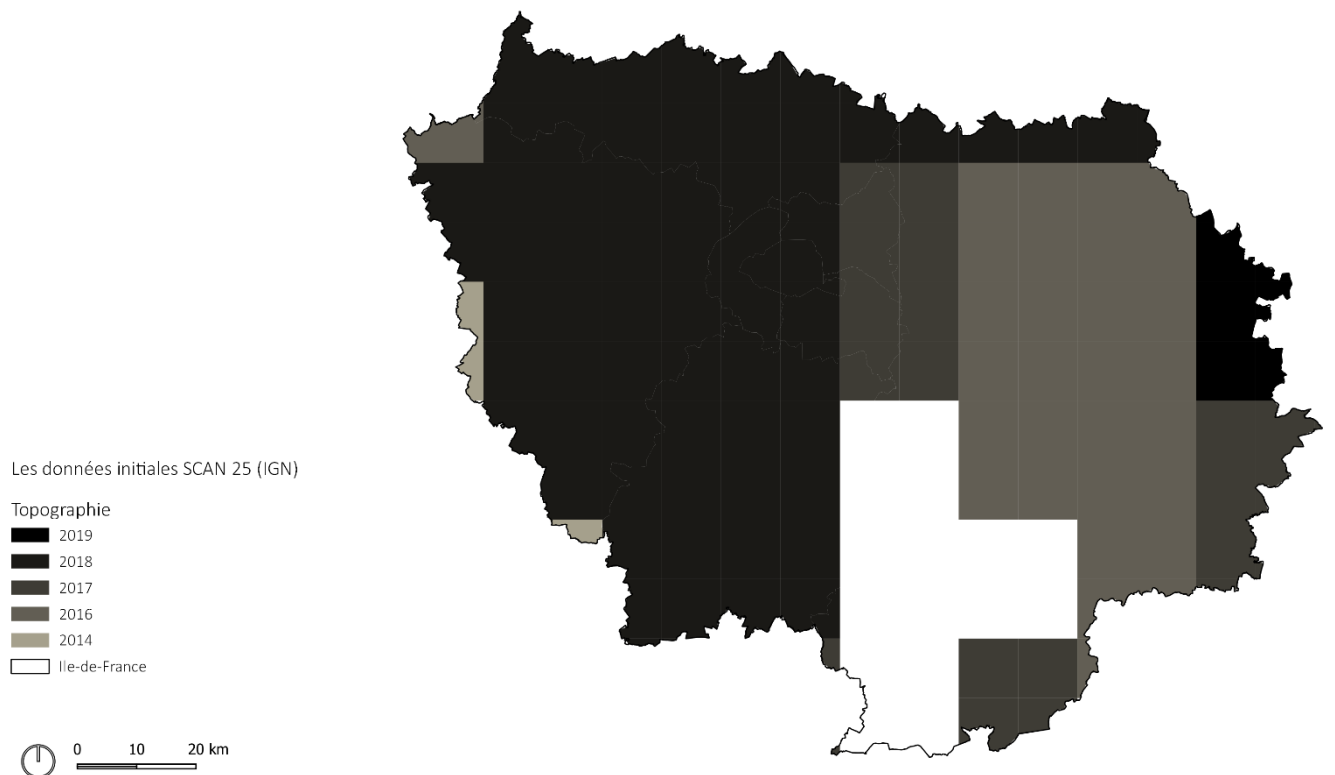


Figure 70 : Cartographies du découpage topographique par datation de la donnée BD TOPO Bâtiment de la Région Ile-de-France (Source : **Réalisation personnelle** sur QGIS)

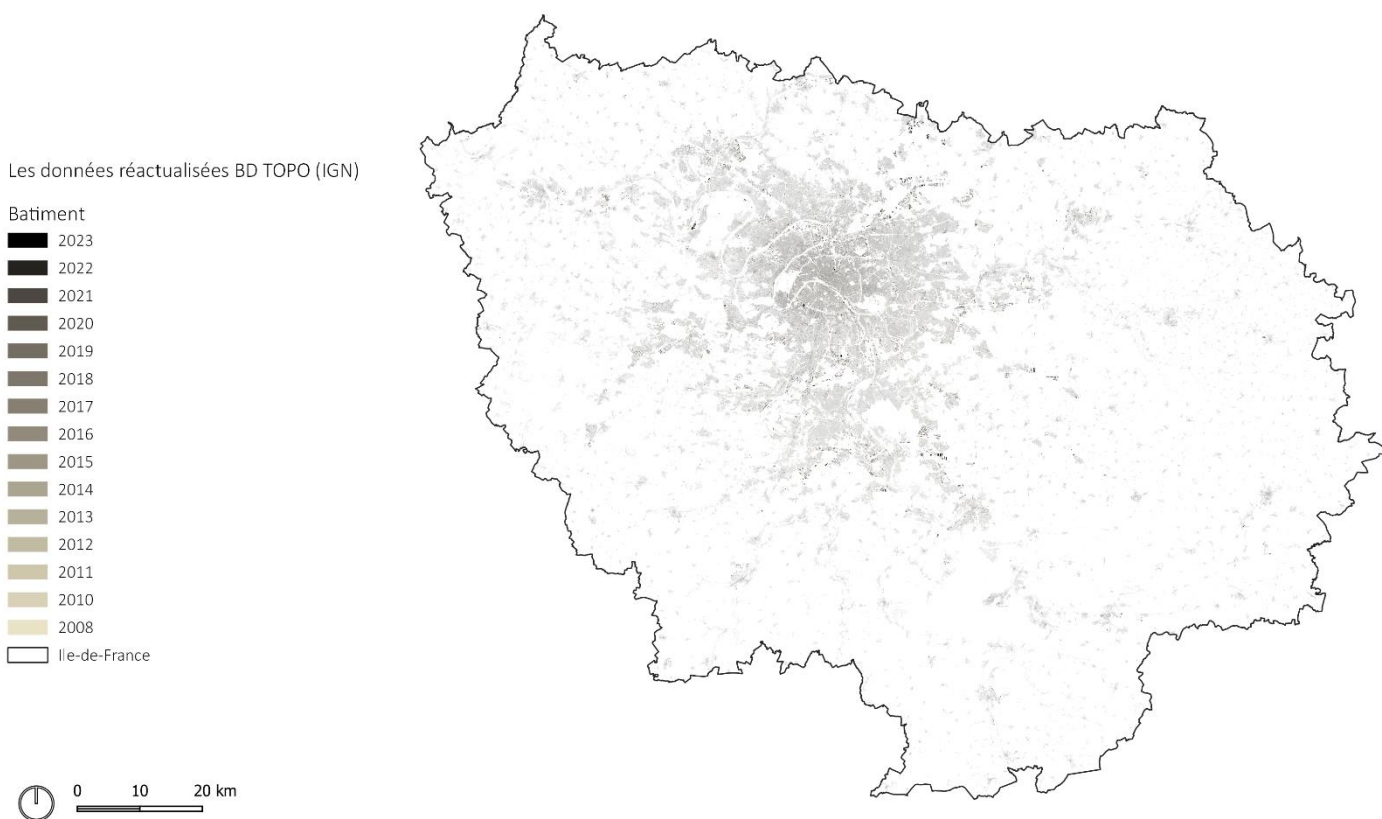
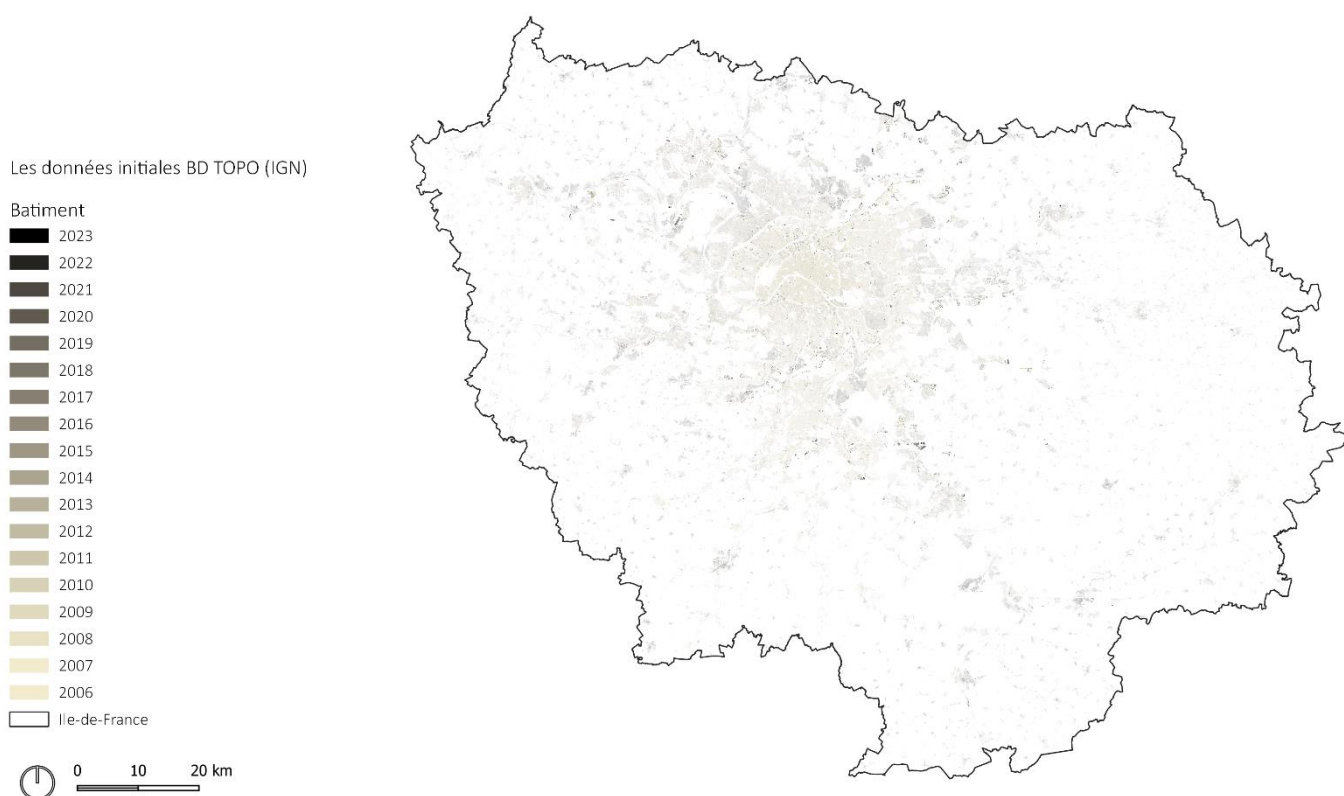


Figure 71 : Cartographies du découpage topographique par datation de la donnée BD TOPO Route de la Région Ile-de-France (Source : *Réalisation personnelle sur QGIS*)

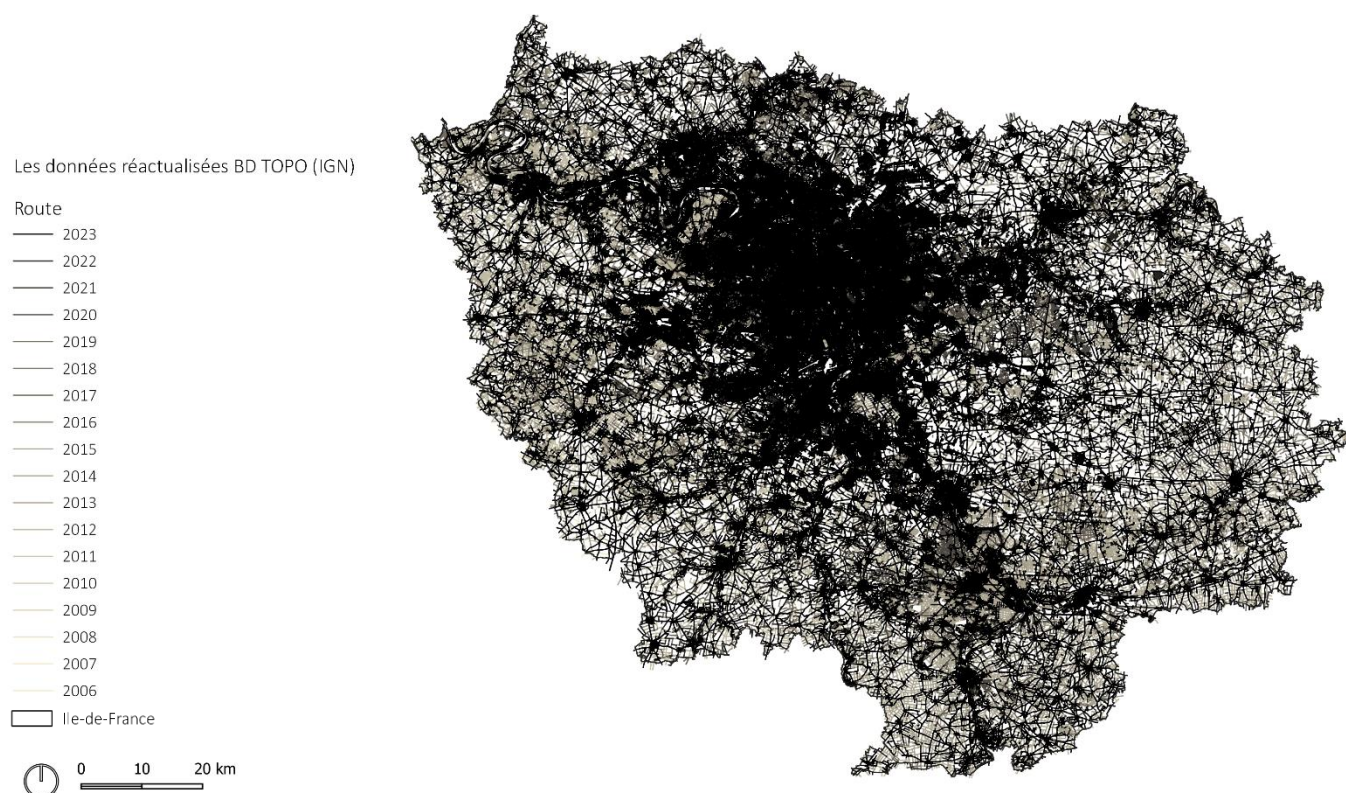
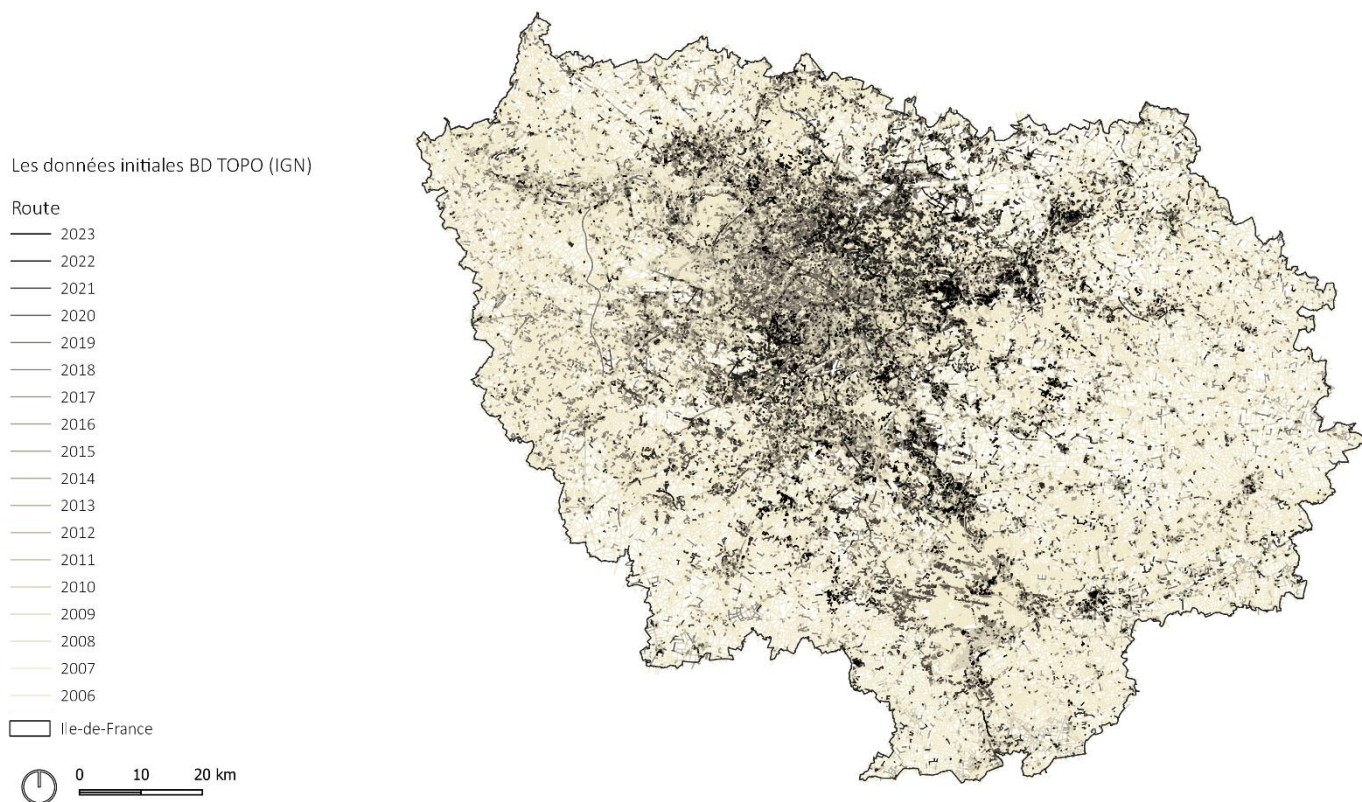
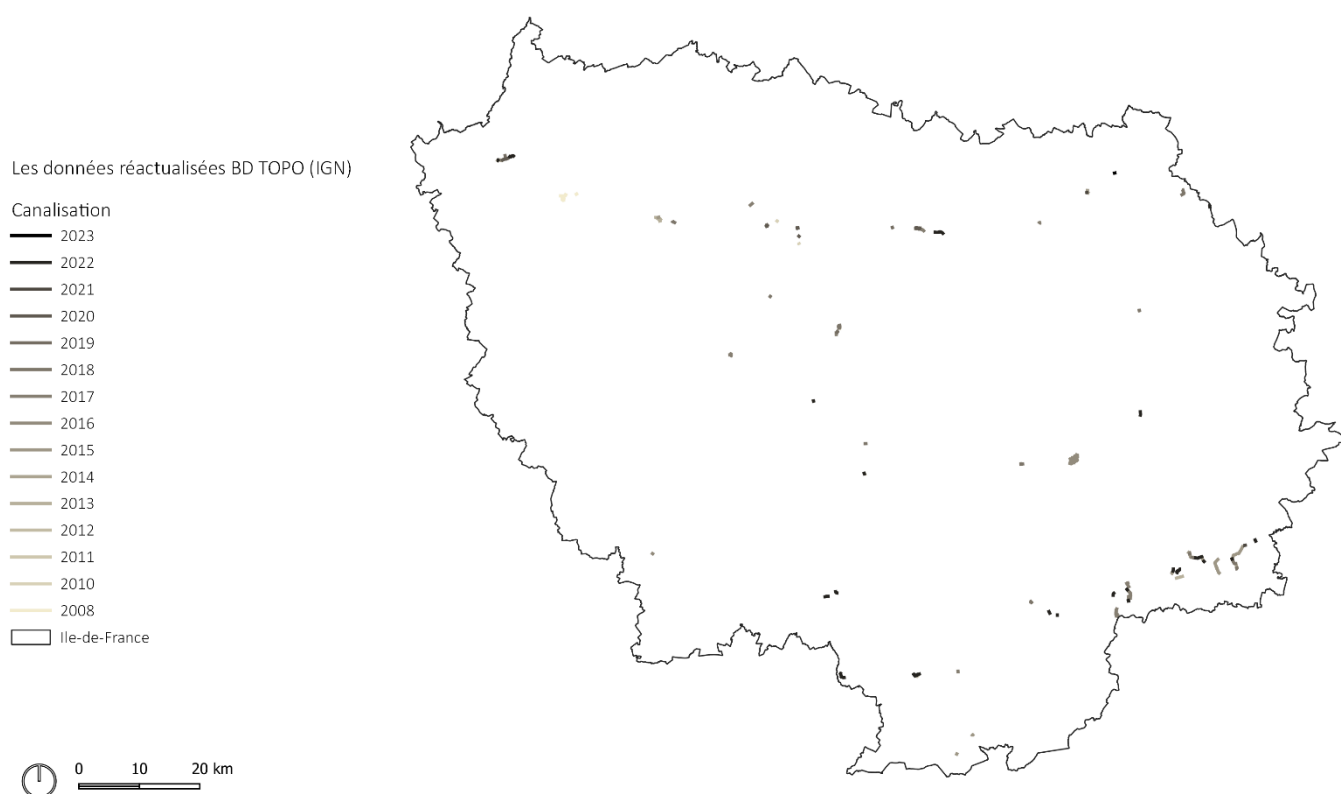
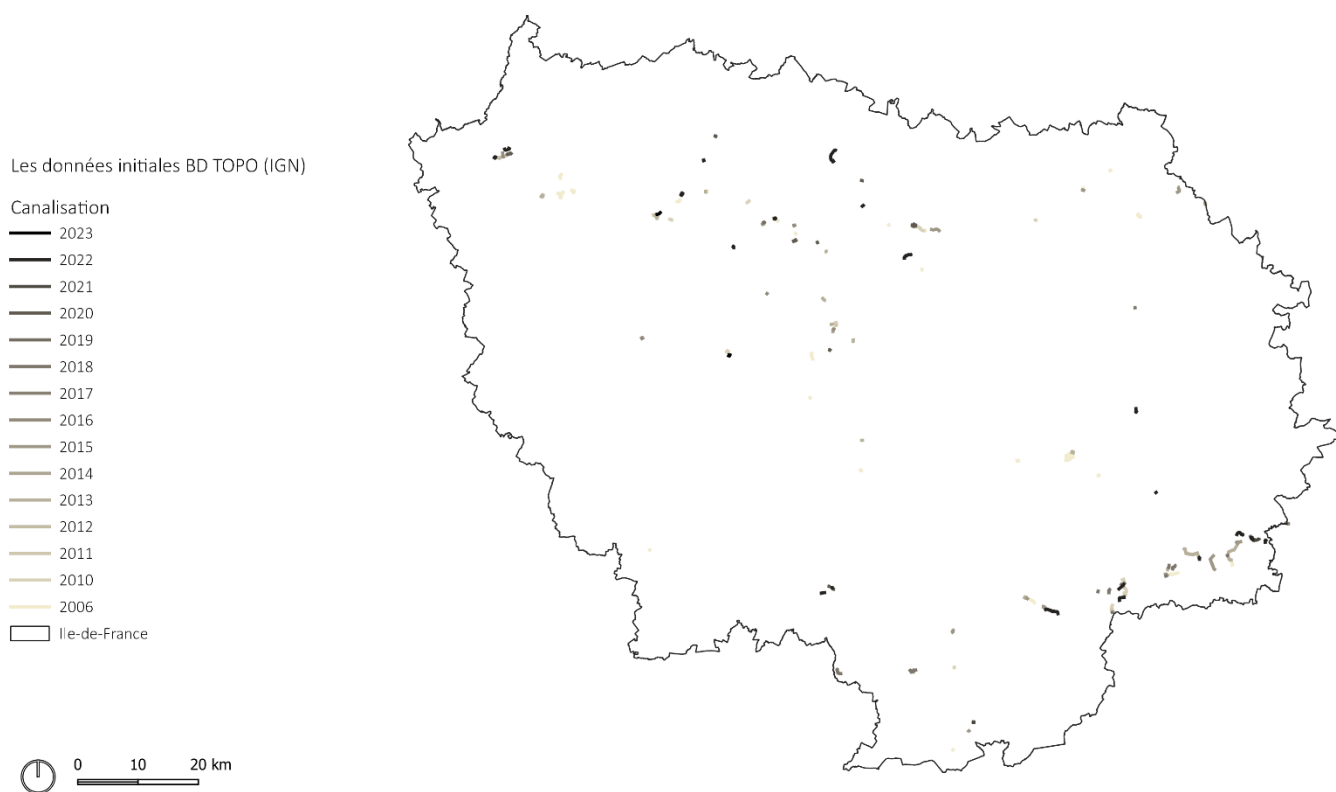


Figure 72 : Cartographies du découpage topographique par datation de la donnée BD TOPO Canalisation de la Région Ile-de-France (Source : *Réalisation personnelle* sur QGIS)



ENQUETE - FLUX DE CIRCULATION DES MAQUETTES NUMERIQUES - AMENAGEURS DU TERRITOIRE

VERS LES AMENAGEURS – Questionnaire enquête par mail

Avez-vous dans ce-cadre mis en œuvre une maquette numérique sous un modèle d'information ? BIM, CIM, LIM et avec quel type de logiciel (Revit, Autodesk...)

Avez-vous utilisé des données informationnelles d'autres maquettes pour effectuer votre projet ? Si oui de quels types d'acteurs provenaient-elles (VRD, BE Architectes, BE environnement, BE du paysage, BIM manager...) pour quel type de fichier.

Avez-vous fourni votre maquette pour intégrer les projets des autres acteurs ? Vers qui s'est-elle adressée ensuite ? (BE paysage, CIM manager, Solideo, BE spécialisé...)

Cette maquette a-t-elle été utilisée pour les étapes prévisionnelle et de budgétisation (BIM 4D, 5D, 6D, 7D) ou s'est-elle arrêtée à la phase de conception ?

En lien avec les grands enjeux environnementaux, avez-vous utilisé la maquette numérique comme ressource de simulation ? (Thermique, aléas climatiques, montée des eaux...)

Quelle opinion avez-vous de l'utilisation de cette méthodologie de travail BIM, CIM, LIM par rapport à la notion de collaboration et de représentativité dans le cadre de ce projet ?

VERS CIL DE PIGEON – Questionnaire enquête par mail

Avez-vous dans ce-cadre utilisée une maquette numérique sous un modèle d'information pour établir vos vues d'artistes ? BIM, CIM, LIM et avec quel type de logiciel (Revit, Autodesk...)

De qui provenait cette maquette ? (BE Architectes, BE environnement, BE du paysage, BIM manager...)

Vos vues ont-elles été utilisées pour un type de communication particulière ? Pouvant être en lien avec la maquette numérique et ses possibles barrières de représentativité

VERS CERTAINS AMENAGEURS – Entretien individuel

Avez-vous déjà mis en œuvre une méthode de travail basé sur un ou plusieurs modèles d'informations BIM, CIM, LIM ?

A quelle phase avez créé votre maquette ? A quelle phase votre maquette a été prise en compte par les autres aménageurs ?

Qui a participé à renforcer la donnée informationnelle au sein de votre maquette ?

Avez-vous collaboré avec un architecte paysage dans la mise en place d'une maquette numérique ? A quelle étape est-il intervenu ?

Avez-vous ressenti une transformation professionnelle et organisationnelle depuis que vous travaillez avec la maquette numérique sous un modèle d'information ?

Quel point de vue avez-vous sur la notion de représentation dans le cadre de la maquette numérique, notamment pour le végétal ?

Quels sont les logiciels que vous utilisez autrefois et aujourd'hui, des pratiques traditionnelles aux pratiques par maquettes numériques collaboratives ?

Les réunions de concertations ont-elles relevé des limites en termes de collaboration ?

Avez-vous du faire des choix de représentation selon le public ciblé ?

Bien que votre processus n'ait pas été dans le développement du BIM, avez-vous reçu de la donnée informationnelle sur l'état existant et sur les projets architecturaux à venir ? Comment avez-vous géré cette donnée, sous quel logiciel ?

Savez-vous si votre projet a été repris par la suite par un BIM Manager ? Était-il nécessaire de changer le format de fichier, ou les dwg pouvaient permettre un minima l'interopérabilité ?

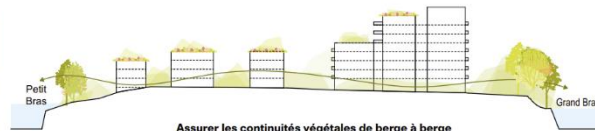
Etes vous intervenus dans les trois phases de du projet des JOP ? A partir de quelle phase a commencé pour vous la création de maquette ?

ANNEXE 4 : JOP Ecoquartier Fluvial

Les plaquettes de projets depuis les aménageurs

Figure 73 : Plaquette des aménagements des concepts paysagers de l'Ecoquartier fluvial (Source : Nebbia Paysage et Territoire)

FORMES URBAINES ET UTILISATION DE L'ESPACE — CADRE DE VIE ET IDENTITÉ INSULAIRE ACCENTUER LES POROSITÉS DE SEINE À SEINE



Favoriser la biodiversité par les continuités végétales

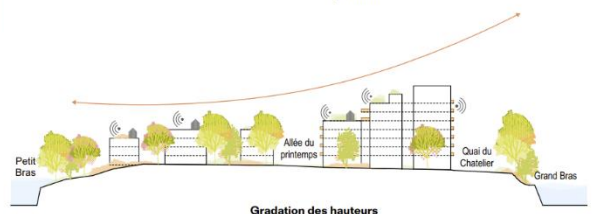
Cette porosité accrue à l'échelle de quartier permet une continuité du paysage et le développement de corridors végétaux de Seine à Seine favorisant ainsi l'accueil de la biodiversité. Cet accueil de la biodiversité est aussi favorisé par les bâtiments eux-mêmes qui forment des réceptacles d'une végétation abondante et continue par le biais de :

- Jardins accessibles ou sanctuarisés en toitures intermédiaires et hautes
- Jardinières intégrées aux façades
- Treilles végétales courant le long des façades reliant ainsi les sols aux jardins en terrasses
- l'occupation végétale des habitants/usagers permise par la générosité des espaces extérieurs privés.

Accentuer les porosités

Affirmer le caractère insulaire du quartier se traduit dans l'implantation du bâti par une accentuation des porosités physiques et visuelles, notamment par :

- La fragmentation des volumes qui offrent des vues cadrées dans la profondeur de l'île
- L'alternance des masses dégageant des vues biaisées jusqu'aux berges
- La création de percées généreuses à RDC entre les bâtiments offrant des échappées visuelles dans les parours du quotidien et donnant à voir les cœurs d'îlots végétalisés
- La grande transparence des RDC et leur ouverture sur les espaces publics, notamment ceux du secteur PE, aux façades largement ouvrantes et connectées à la place des Arts pour offrir des usages augmentés et mixtes entre intérieur et extérieur.
- Par des circulations verticales extérieures ou des escaliers rendus visibles depuis l'extérieur



Prendre de la hauteur — belvédères partagés

Le travail sur la morphologie des bâtiments s'appuyant sur une variété des hauteurs et une gradation progressive des hauteurs du Petit Bras vers le Grand Bras a permis d'assurer des échappées visuelles systématiques vers les berges et le ciel.

Les terrasses hautes des différents bâtiments sont rendues accessibles et constituent de véritables lieux de vie. Ces belvédères partagés accueillants proposent des usages pour tous. Ils donnent à voir la vie du cœur du quartier et offrent des points de vue d'où chacun peut apprécier le grand paysage des berges de la Seine, accentuant ainsi ce sentiment d'identité insulaire propre à l'île-Saint-Denis et à l'Ecoquartier fluvial.

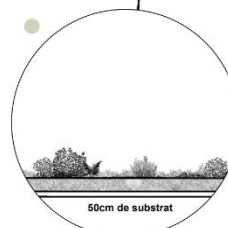
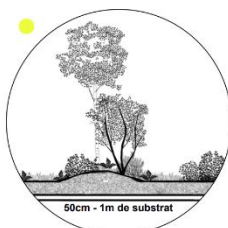
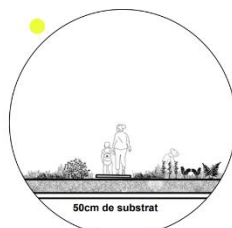
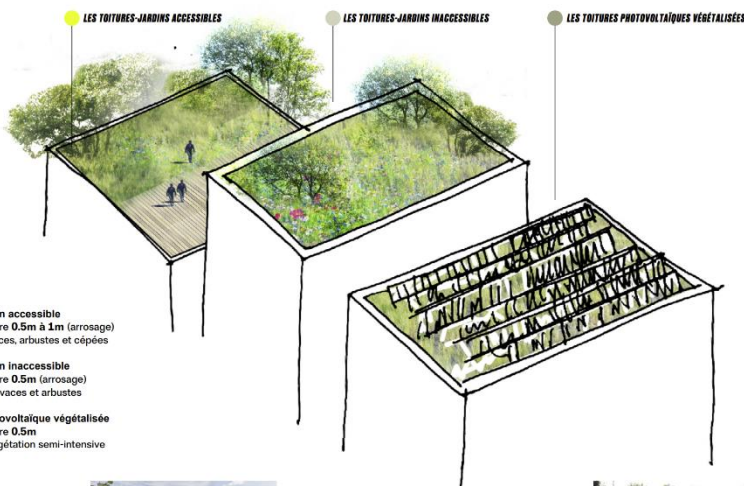
BIODIVERSITÉ — UN PAYSAGE FAÇONNÉ PAR L'EAU SURFACES VÉGÉTALISÉES ET SURFACES DE TOITURES TERRASSES

Les toitures végétalisées : entre biodiversité et usages

Les toitures terrasses deviennent de véritables pièces à vivre au sein du nouvel écoquartier. Elles s'organisent selon trois typologies, qui répondent chacune à différents enjeux. Les toitures jardins accessibles offrent des espaces extérieurs partagés aux copropriétaires ne possédant pas d'espaces de pleine terre suffisants. Leur aménagement varie en fonction des copropriétés : serre d'agriculture urbaine, salon extérieur convivial, espace libre pour des activités sportives ou de loisirs... Les toitures jardins inaccessibles créent quant à elles des micro-paysages foisonnants observables depuis les fenêtres de certains logements. Les toitures accueillant des panneaux photovoltaïques sont également végétalisées dans un souci d'efficacité énergétique.



- Toiture-jardin accessible : épaisseur terre 0.5m à 1m (arrosage) potager, vivaces, arbustes et cépées
- Toiture-jardin inaccessible : épaisseur terre 0.5m (arrosage) graminées, vivaces et arbustes
- Toiture photovoltaïque végétalisée : épaisseur terre 0.5m complexe végétation semi-intensive



ANNEXE 5 : JOP Colline d'Elancourt

Les plaquettes de projets depuis les aménageurs

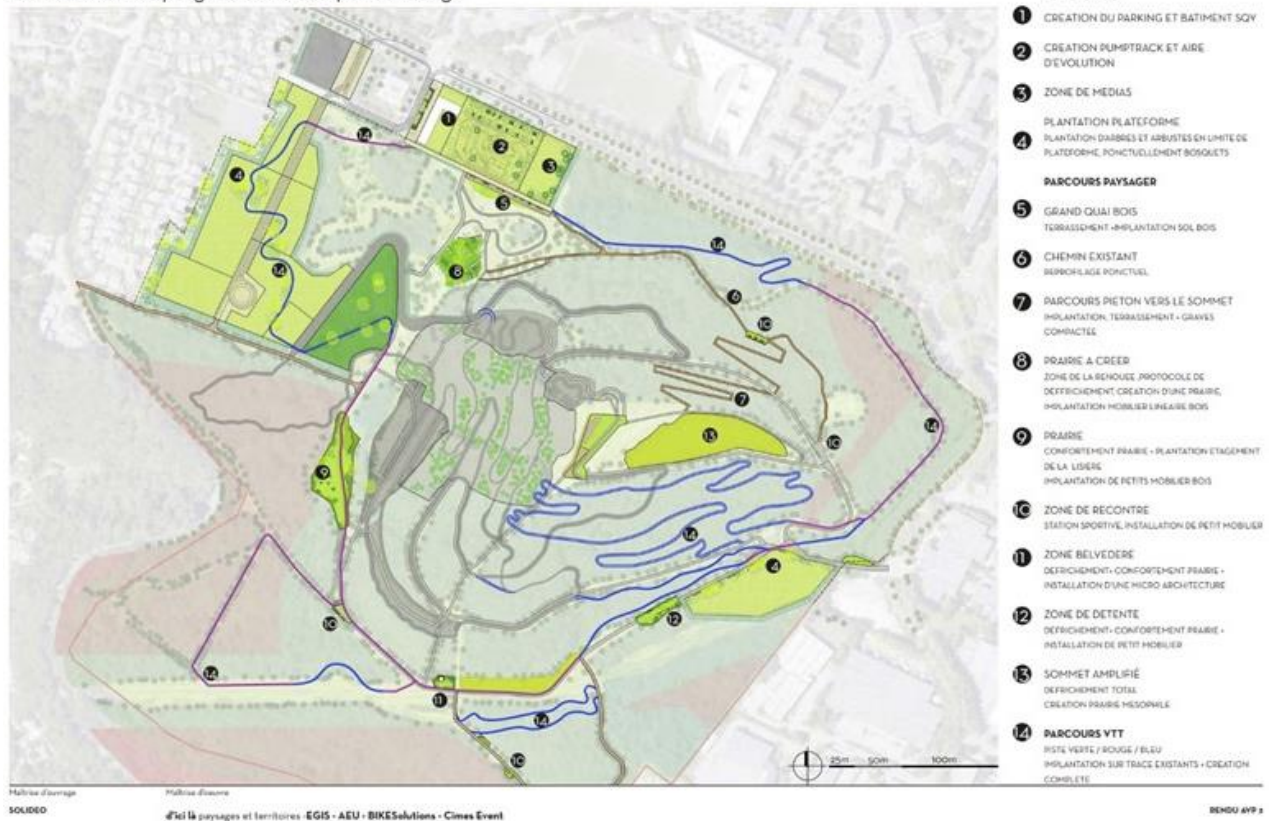
Figure 74 : Cartographies des principes d'aménagements de la Colline d'Elancourt (Source : **SOLIDEO**)

CONTEXTE

Accès et parcours actuels



Nature de travaux par grandes entités - phase Héritage



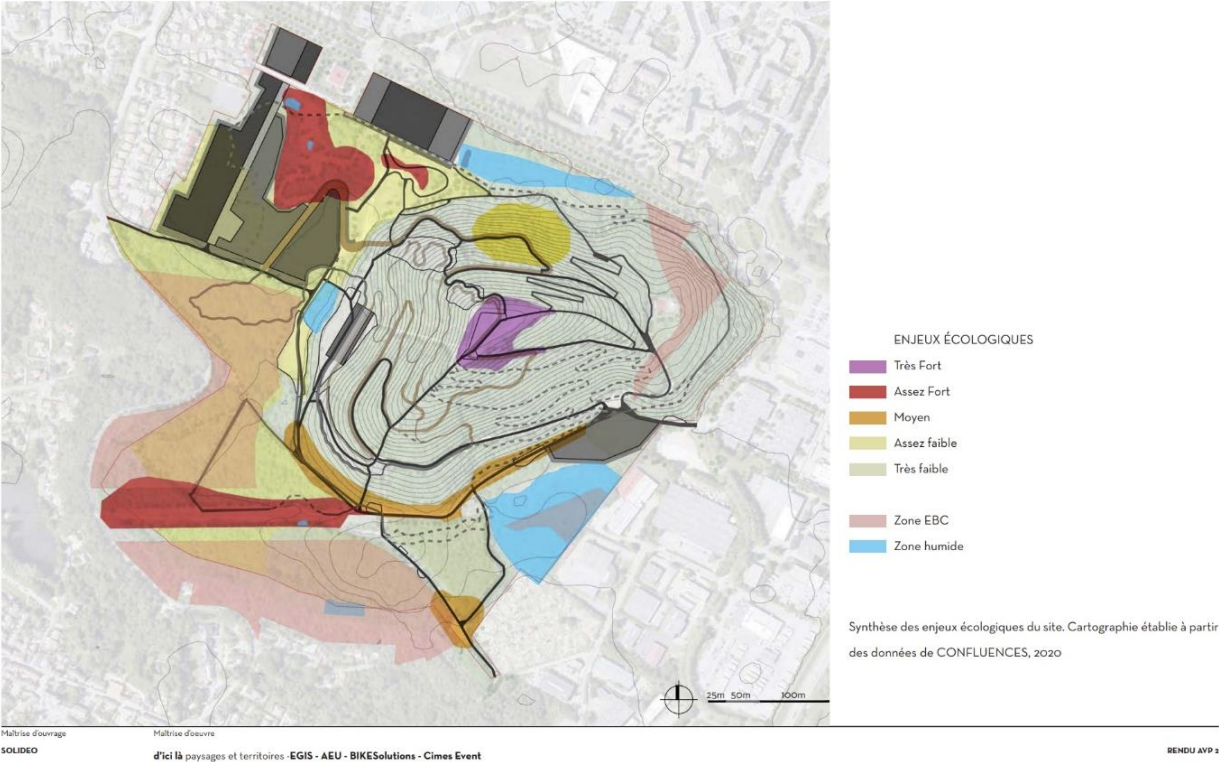
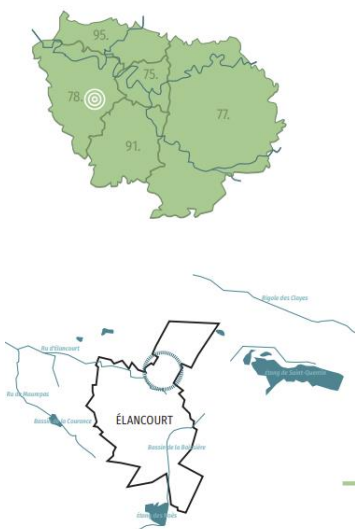


Figure 75 : Plaquette du diagnostic écologique Faune-Flore-Habitat de d'aménagements de la Colline d'Élancourt (Source : BET Confluences)



Maîtrise d'ouvrage :
SOLIDEO

Superficie :
130 hectares

Date de réalisation de l'étude :
2019

Compétences :
Écologie, Botanique, Entomologie, Herpétologie, Ornithologie, Mammalogie, Chiroptérologie et Cartographie

Missions de Confluences :
Inventaires naturalistes, synthèse bibliographique, analyse et hiérarchisation des enjeux. Autres missions sur ce site : étude Zone Humide, évaluation environnementale

COLLINE D'ÉLANCOURT //

Élancourt (Yvelines - 78)

Diagnostic écologique Faune-Flore-Habitat



Point culminant de l'Ile-de-France avec ses 231 mètres au-dessus du niveau de la mer, la colline d'Élancourt est totalement artificielle. Érigée avec les excédents de terre de la Ville nouvelle de Saint-Quentin-en-Yveline dans les années 70, elle est fréquentée par les promeneurs et les sportifs. Elle constitue l'un des sites potentiels d'accueil de l'épreuve de VTT, à l'occasion des Jeux Olympiques et Paralympiques 2024.

Confluences a réalisé un diagnostic écologique complet afin de dresser un état initial des enjeux écologiques du site pour évaluer les incidences du projet.

La mission s'est déroulée en plusieurs étapes : Réalisation d'une étude bibliographique

présentant les enjeux déjà identifiés et les enjeux potentiels au vu des habitats et du contexte.

Réalisation d'inventaires naturalistes adaptés aux potentialités écologiques du site et à l'exigence de l'autorité environnementale.

Analyse des données, bioévaluation des espèces en fonction de leur statut réglementaire, de rareté et de menace ; Mise en évidence des enjeux identifiés : cartographies tableaux de synthèse, hiérarchisation des enjeux.

Ces éléments ont orienté la conception du projet, notamment en recherchant l'évitement de tous les habitats sensibles (adaptation du tracé des pistes, des infrastructures, etc).

Écologie, Environnement, Hydrologie, Paysage, Techniques de l'aménagement



INDICATEURS DE FIABILITE

Les données IGN utilisées par les maquettes CIM

Figure 76 : Cartographies du découpage topographique par datation de la donnée topographique Scan25 et de sa mise à jour TOP25 de la Colline d'Elancourt (Source : **Réalisation personnelle** sur QGIS)



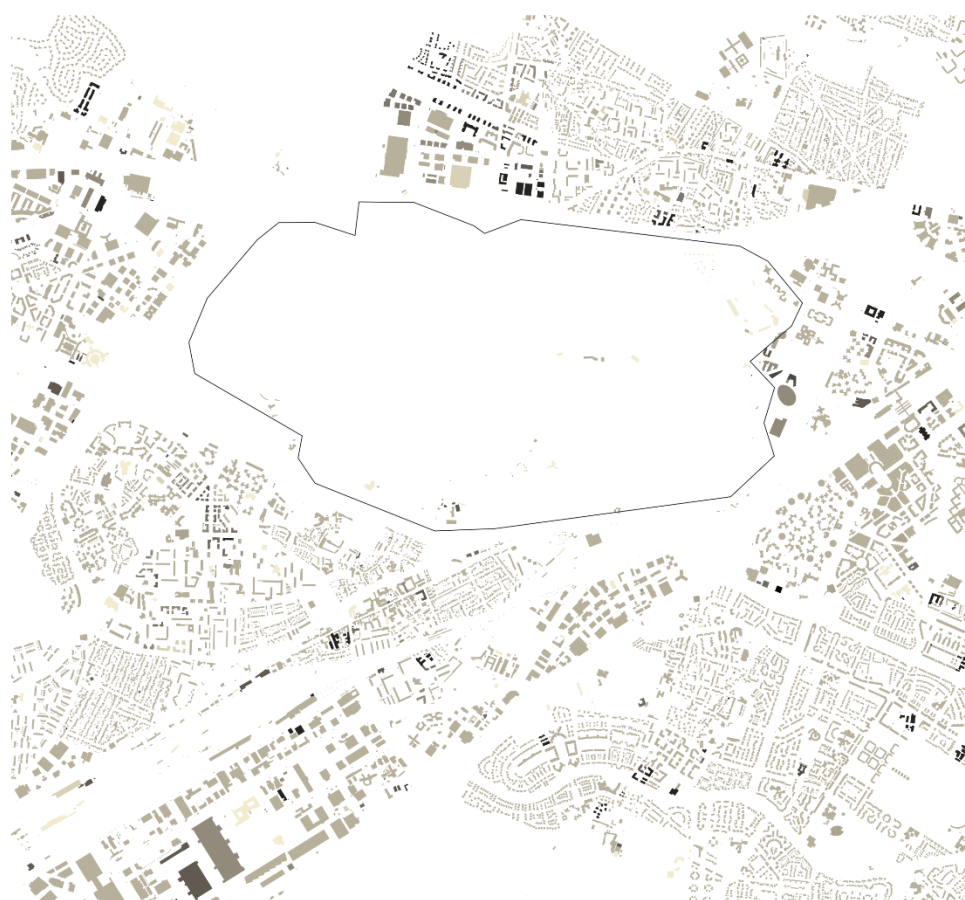
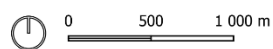
Figure 77 : Cartographies du découpage topographique par datation de la donnée BD TOPO Bâtiment de la Colline d'Elancourt (Source : **Réalisation personnelle** sur QGIS)

Les données initiales BD TOPO (IGN)

Bâti

- 2023
- 2022
- 2021
- 2020
- 2019
- 2018
- 2017
- 2016
- 2015
- 2014
- 2013
- 2012
- 2011
- 2010
- 2009
- 2008
- 2007
- 2006

□ Site Colline d'Elancourt



Les données réactualisées BD TOPO (IGN)

Bâti

- 2023
- 2022
- 2021
- 2020
- 2019
- 2018
- 2017
- 2016
- 2015
- 2014
- 2013
- 2012
- 2011
- 2010

□ Site Colline d'Elancourt

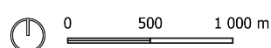


Figure 78 : Cartographies du découpage topographique par datation de la donnée BD TOPO Route de la Colline d'Elancourt (Source : **Réalisation personnelle** sur QGIS)

Les données initiales BD TOPO (IGN)

Route

- 2023
- 2022
- 2021
- 2020
- 2019
- 2018
- 2017
- 2016
- 2015
- 2014
- 2013
- 2012
- 2011
- 2010
- 2009
- 2008
- 2007
- 2006

Site Colline d'Elancourt



0 500 1 000 m



Les données réactualisées BD TOPO (IGN)

Route

- 2023
- 2022
- 2021
- 2020
- 2019
- 2018
- 2017
- 2016
- 2015
- 2014
- 2013
- 2012
- 2011
- 2010
- 2009
- 2008
- 2007

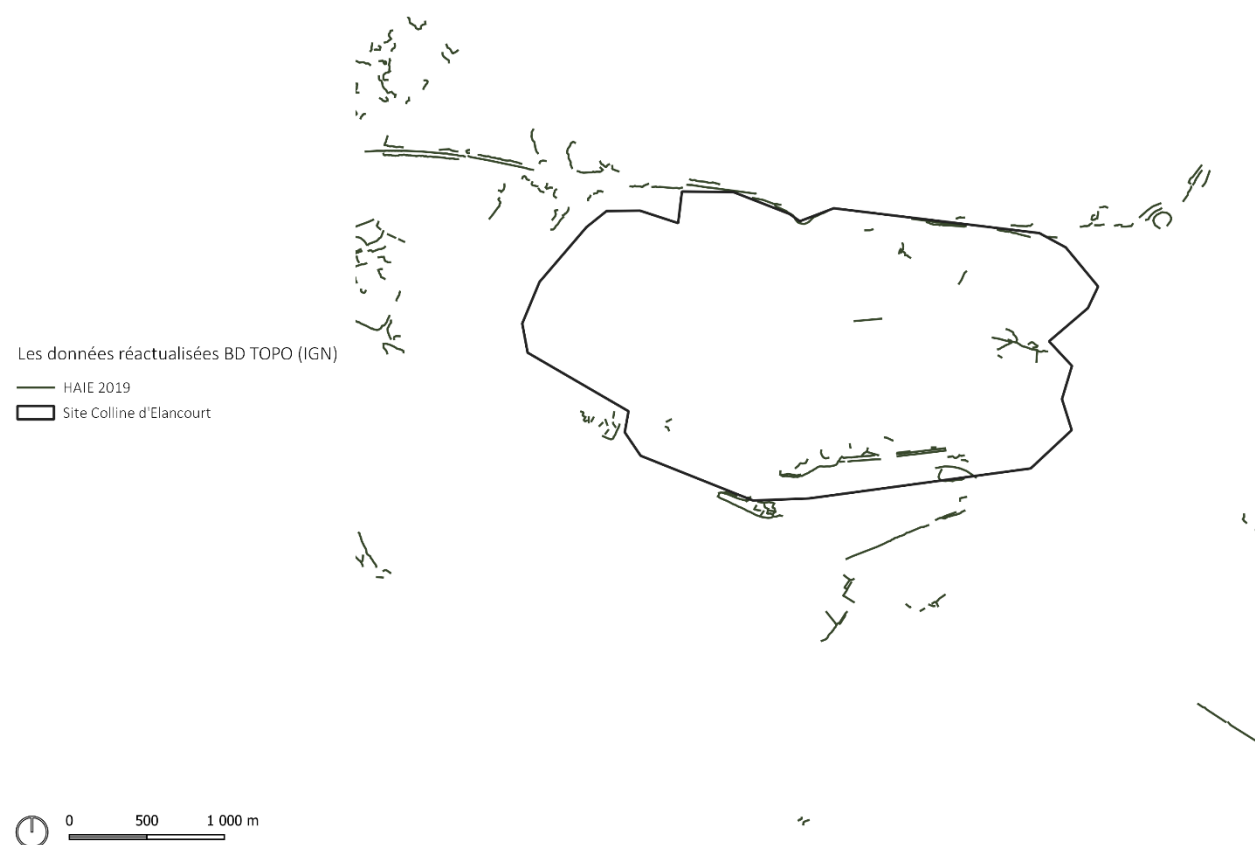
Site Colline d'Elancourt



0 500 1 000 m



Figure 79 : Cartographies du découpage topographique par datation de la donnée BD TOPO Végétation de la Colline d'Elancourt (Source : **Réalisation personnelle** sur QGIS)



ENQUETE - FLUX DE CIRCULATION DES MAQUETTES NUMERIQUES - AMENAGEURS DU TERRITOIRE

VERS LES AMENAGEURS – Questionnaire enquête par mail

Avez-vous dans ce-cadre mis en œuvre une maquette numérique sous un modèle d'information ? BIM, CIM, LIM et avec quel type de logiciel (Revit, Autodesk...)

Avez-vous utilisé des données informationnelles d'autres maquettes pour effectuer votre projet ? Si oui de quels types d'acteurs provenaient-elles (VRD, BE Architectes, BE environnement, BE du paysage, BIM manager...) pour quel type de fichier.

Avez-vous fourni votre maquette pour intégrer les projets des autres acteurs ? Vers qui s'est-elle adressée ensuite ? (BE paysage, CIM manager, Solideo, BE spécialisé...)

Cette maquette a-t-elle été utilisée pour les étapes prévisionnelle et de budgétisation (BIM 4D, 5D, 6D, 7D) ou s'est-elle arrêtée à la phase de conception ?

En lien avec les grands enjeux environnementaux, avez-vous utilisé la maquette numérique comme ressource de simulation ? (Thermique, aléas climatiques, montée des eaux...)

Quelle opinion avez-vous de l'utilisation de cette méthodologie de travail BIM, CIM, LIM par rapport à la notion de collaboration et de représentativité dans le cadre de ce projet ?

VERS CIL DE PIGEON – Questionnaire enquête par mail

Avez-vous dans ce-cadre utilisée une maquette numérique sous un modèle d'information pour établir vos vues d'artistes ? BIM, CIM, LIM et avec quel type de logiciel (Revit, Autodesk...)

De qui provenait cette maquette ? (BE Architectes, BE environnement, BE du paysage, BIM manager...)

Vos vues ont-elles été utilisées pour un type de communication particulière ? Pouvant être en lien avec la maquette numérique et ses possibles barrières de représentativité

VERS CERTAINS AMENAGEURS – Entretien individuel

Avez-vous déjà mis en œuvre une méthode de travail basé sur un ou plusieurs modèles d'informations BIM, CIM, LIM ?

A quelle phase avez créé votre maquette ? A quelle phase votre maquette a été prise en compte par les autres aménageurs ?

Qui a participé à renforcer la donnée informationnelle au sein de votre maquette ?

Avez-vous collaboré avec un architecte paysage dans la mise en place d'une maquette numérique ? A quelle étape est-il intervenu ?

Avez-vous ressenti une transformation professionnelle et organisationnelle depuis que vous travaillez avec la maquette numérique sous un modèle d'information ?

Quel point de vue avez-vous sur la notion de représentation dans le cadre de la maquette numérique, notamment pour le végétal ?

Quels sont les logiciels que vous utilisez autrefois et aujourd'hui, des pratiques traditionnelles aux pratiques par maquettes numériques collaboratives ?

Les réunions de concertations ont-elles relevé des limites en termes de collaboration ?

Avez-vous du faire des choix de représentation selon le public ciblé ?

Bien que votre processus n'ait pas été dans le développement du BIM, avez-vous reçu de la donnée informationnelle sur l'état existant et sur les projets architecturaux à venir ? Comment avez-vous géré cette donnée, sous quel logiciel ?

Savez-vous si votre projet a été repris par la suite par un BIM Manager ? Était-il nécessaire de changer le format de fichier, ou les dwg pouvaient permettre un minima l'interopérabilité ?

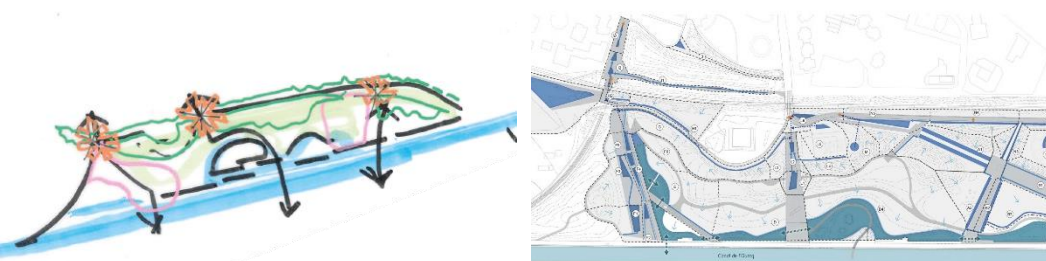
Etes vous intervenus dans les trois phases de du projet des JOP ? A partir de quelle phase a commencé pour vous la création de maquette ?

SOUS ANNEXE : Parc de la Bergère, Land'Act

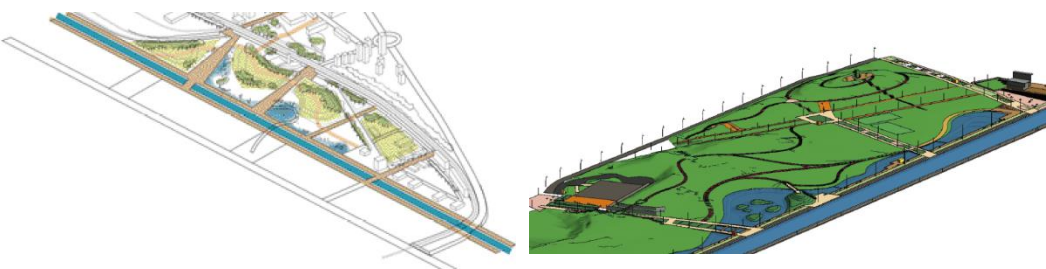
INDICATEURS DE REPRESENTATIVITE

LES PRODUCTIONS DE LA MAQUETTE DU PROJET ET DU BUREAU D'ETUDE EN ARCHITECTURE DU PAYSAGE AVANT ET APRES MAQUETTE

Avant maquette



Pendant maquette



Après maquette



Figure 80 : Illustrations des productions du Parc de la Bergère, avant, pendant et après la mise en place de maquette numérique (Source : Land'Act)

ANNEXE 6 - Bionatics

TABLEAU RECAPITULATIF DES SONDAGES

Les acteurs de projet : (**document personnel** basé sur interview, prise de contact) (**Paysagiste**)

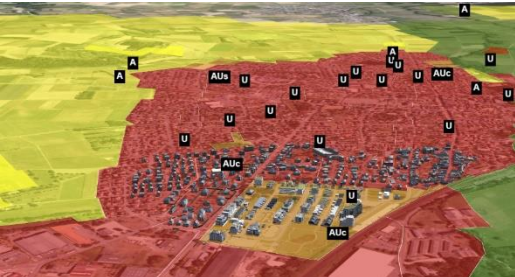
| Logiciels | Entreprise, Bureau d'étude, association | Participation à la maquette numérique sous le modèle CIM |
|-----------|---|---|
| LandSim3D | BIONATICS | <p>Croissance végétale par la technologie AMAP du Laboratoire Cirad.</p> <p>Les différentes phases d'un projet reprennent le travail des bureaux d'études en environnement et d'Impact, ceux des VRD et Cabinet Géomètre. Les données BIM des architectes peuvent se lire sur la maquette.</p> <p>Réduit le traitement de la donnée, qualité plus importante de la data – interlocuteur Stéphane Gourgout</p> |
| | ONF | <p>8 personnes produisent des maquettes</p> <p>Travail à l'interface Ville / Forêt, pas d'espace d'échange, de données mais plutôt utilisé comme outil de synthétisation de tous les projets. Vraiment utile pour montrer l'évolution des changements paysagers</p> <p>En 2008 j'ai été formé par le pôle 3D, pendant 1 semaine chez Bionatics. « Dans certains cas il s'agit d'un rôle qui a muté » par l'acquisition « d'une compétence technique [...] dans d'autres cas une réorganisation d'équipe se fait par la formation à un pôle 3D, utiliser la maquette demande des connaissances poussées en SIG et les profils paysagistes que nous avons recruté avait du mal à gérer un système d'information, la formulation à l'outil » passe essentiellement par la gestion de « fichier raster et vecteur ». On n'a cependant « pas vraiment de changement au niveau organisationnel ». Les spécialistes ont vu leur rôle muter pour obtenir de nouvelles compétences techniques « Pas facile d'utilisation car il faut avoir une base solide en SIG » et une réorganisation d'équipe</p> <p>L'ONF utilise la maquette numérique comme finalité des propositions de projets validés par tous les acteurs, il n'y a pas de réel niveau de maturité quant-à-l'utilisation de LandSim3D car elle ne « reste la composante d'un même seul producteur, 3D, qui récupère le résultat de la synthèse et fait la simulation » – interlocuteur Benoît DESTTRIBATS</p> |

| | | |
|--|-------------------------|---|
| | ILEX Paysage | |
| | Phytolab | <p>Projet Quartier de la « Réno » intégré à la maquette territoriale de la ville de Cayenne, Guyane française sous le logiciel LandSim3D</p> <p>Concernant les études spécifiques du quartier de la Réno à Cayenne, elles se sont déroulées de 2013 à 2014, suivi du chantier avec différentes adaptations, encore en cours</p> <p>Dans notre contrat de MOE, nous n'avions pas cette demande de maquette numérique BIM/LIM, donc nous avons engagé aucune maquette numérique pour ce dossier. Nous avons classiquement que des fichiers 2D au format DWG pour cette opération</p> <p>Dans le cadre d'autres opérations en métropole, nous commençons effectivement à intégrer le BIM/CIM</p> <p><u>Complément d'information sur leur point de vue</u> « Difficile de s'y retrouver, de se positionner suivant les demandes des MOA, et suivant la finalité de ces supports de conception (Revit, Civil...), qui pour nous, bride la créativité. En conception, le métier du paysage évolue en permanence, on sort du générique, on innove, on expérimente, on prototype, on floute les limites, le regard du paysagiste zoome et dézoome en permanence, où se trouve le curseur dans tout ça ? » – interlocuteur Matthieu THEAUDIN</p> |
| | FONCIM | « Plus on avance dans le projet, plus l'on donne des détails à la maquette numérique » – interlocuteur Xavier Guillotin |
| | NEXITY pôle Natura City | <p>« On a fait évoluer la maquette numérique sur des aspects bioclimatiques en collaboration avec Bionatics » Réflexion d'une maquette bioclimatique pour simuler les îlots de chaleurs et autres facteurs climatiques</p> <p>« Dans notre cas, on a dû adapter les rôles mais pas de nécessité d'intégrer d'autres corps de métier [...] nous n'avons pas fait la formation qui nous permettent de pratiquer la maquette numérique LandSim3D, c'est Bionatics qui à la main mise pour nous » – interlocuteur Valentin CAILLAVET</p> |
| | LM Architecture | Outil de concertation facile d'utilisation |

| | | |
|--|-----------------|---|
| | | <p>Permet d'exprimer le paysage actuellement et dans son temps</p> <p>« Chacun travail un peu se son côté, il faut voir le numérique comme un outil de collecte et de contexte dont le projet se base sur des hypothèses formées par l'évolution du territoire », la maquette numérique est la synthèse de toutes les composantes existantes environnementales dont chaque acteur en est la source d'alimentation avec possibilité d'en extraire les couches.</p> <p>Plusieurs maitres d'ouvrage imposent la mise en place d'un méthodologie BIM – interlocuteur Louis Moutard</p> |
| | Ville d'Avignon | <p>La ville est propriétaire d'une maquette numérique</p> <p>La maquette est utilisée comme outil de concertation, de visualisation d'une synthèse de projet réunissant différent acteurs.</p> <p>Dans le cadre du Grand Avignon, un projet de ligne de Tram a été intégré dans le processus de la maquette numérique avec des paysagiste</p> |

Figure 81 : Tableau récapitulatif des enquêtes dans le cadre du logiciel Landsim3D (Source : **réalisation personnelle**)

PRESENTATION DES DIFFERENTES MAQUETTES



Diagnostics PLU

Accès

Circulations

ZAC de la Scierie (Capture personnelle à partir de la maquette)



Description Macrolots

Description Etat des réservations

Description Emprises constructibles



Transports



Description Projet



Description de l'îlot

ZAC du Souchet (Capture personnelle à partir de la maquette)



Infrastructures réseaux 2D



Infrastructures réseaux 3D



Programmation



Phasage



Infrastructures réseaux 2D



Circulations

Triangle des Crêtes (Capture personnelle à partir de la maquette)





Ambiance extérieure avec rendu 3D



Organisation chantier



Vues panoramiques



Commerces



Services



Transports et pistes cyclables



Contexte urbain densité

Multilom Nexity (Capture personnelle à partir de la maquette)



Phasage



Circulations



Présentation du projet



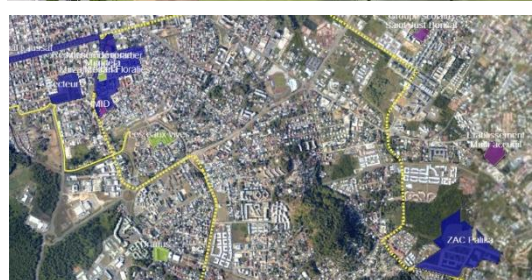
Programmation



Lots Collectifs



Zac du Feuil (Capture personnelle à partir de la maquette)



Carte des projets



Tissus urbain 2019

Ville de Cayenne (Capture personnelle à partir de la maquette)



Surface ilots

Ville de Cayenne (Capture personnelle à partir de la maquette)





Nuisances Sonores

Réseaux techniques

Transports



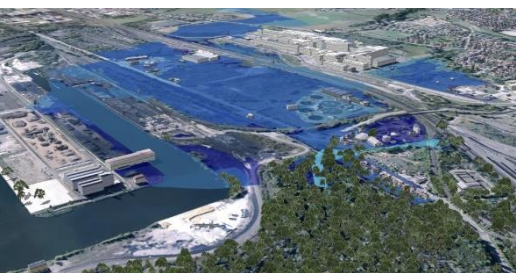
Arbres remarquables

Zonage PLU

Espaces naturels

Le Plessis Robinson (Capture personnelle à partir de la maquette)





Diagnostics Risques d'inondation



Parc d'activité

Mairie Ville de Florange (Capture personnelle à partir de la maquette)



Transports

Communauté de Communes Pays Haut Val d'Alzette (Capture personnelle à partir de la maquette)

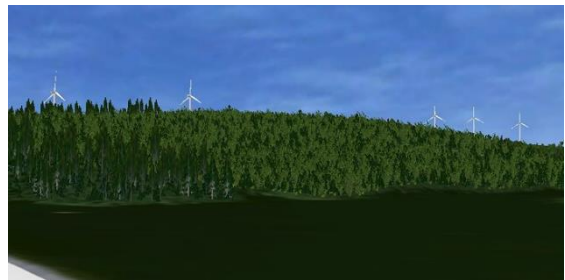


Figure 82 : Illustrations des maquettes des acteurs utilisateurs de Landsim3D (Source : Captures personnelles sous Landsim3D, depuis Stéphane Gourgout)

LES PRODUCTIONS DES BUREAUX D'ETUDE EN ARCHITECTURE DU PAYSAGE

Avant maquette



Maquette



Après maquette

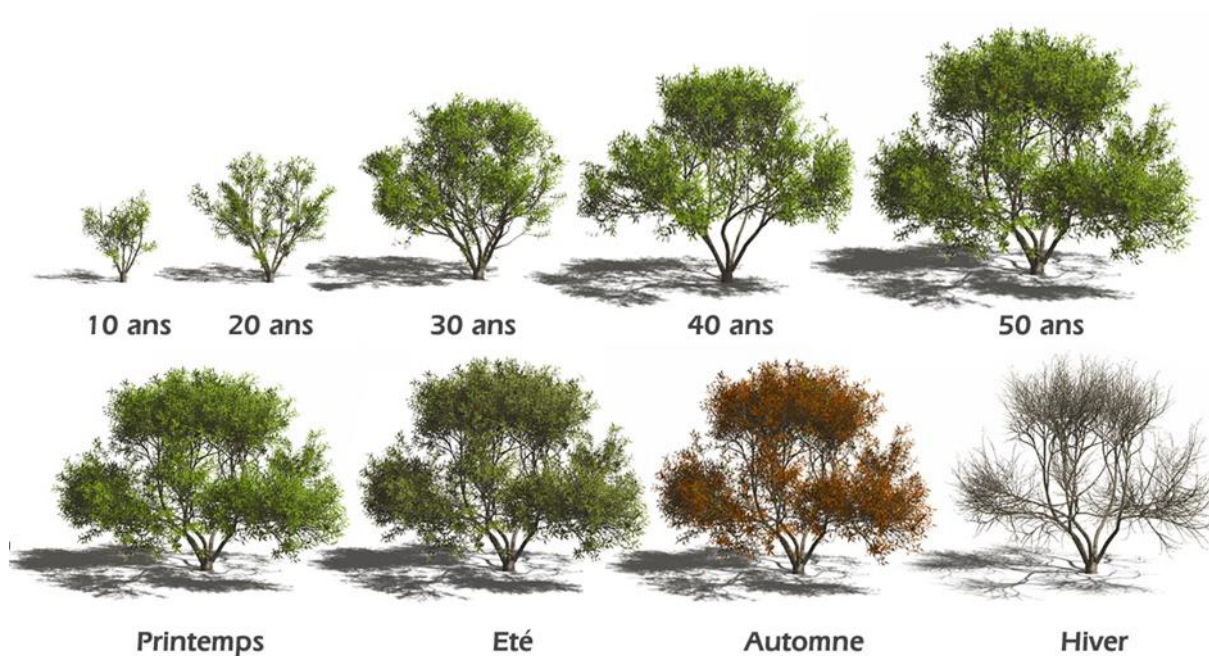


Figure 83 : Illustrations des productions du projet de Cayenne, avant, pendant et après la mise en place de maquette numérique (Source : *Captures personnelles à partir de la maquette Landsim3D de la ville de Cayenne, Bionatics, Phytolab et la Ville de Cayenne*)

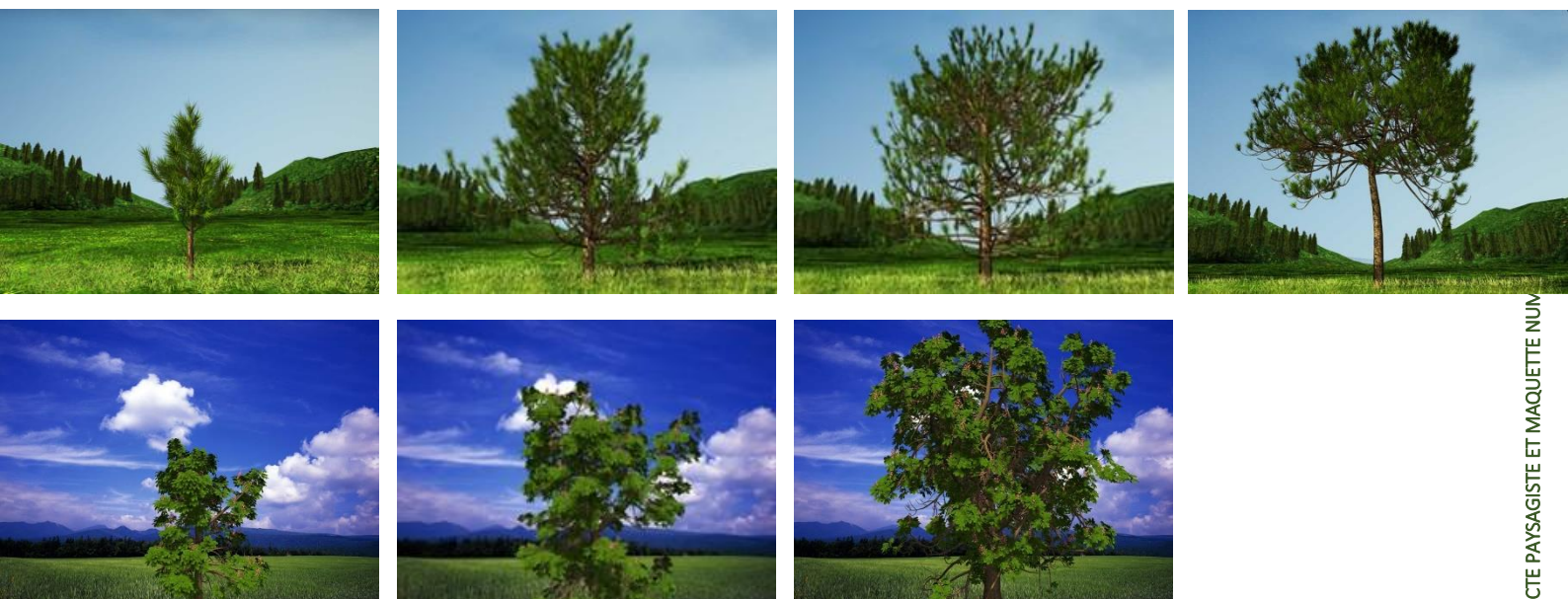
CROISSANCE VEGETALE

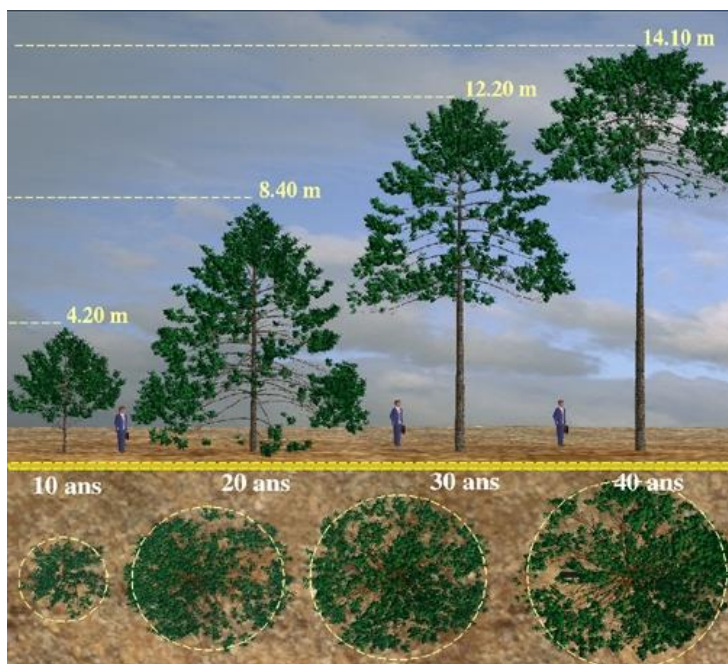
Les plaquettes reçues par Bionatics – Stéphane Gourgout

Figure 84 : Illustrations de la croissance végétale (Source : **Landsim3D, Bionatics**)



Croissance et changement saisonnier du Saule Taillé simulé avec la technologie AMAP





INDICATEURS DE FIABILITE

Les données IGN utilisées par la maquette CIM – Cas de Cayenne, Guyane

Figure 85 : Cartographies du découpage topographique par datation de la donnée topographique Scan25 et de sa mise à jour TOP25 de la Guyane (Source : **Réalisation personnelle** sur QGIS)



Figure 86 : Cartographies du découpage topographique par datation de la donnée BD TOPO Végétation de Cayenne (Source : **Réalisation personnelle** sur QGIS)



Figure 87 : Cartographies du découpage topographique par datation de la donnée BD TOPO Bâtiment de Cayenne (Source : *Réalisation personnelle* sur QGIS)

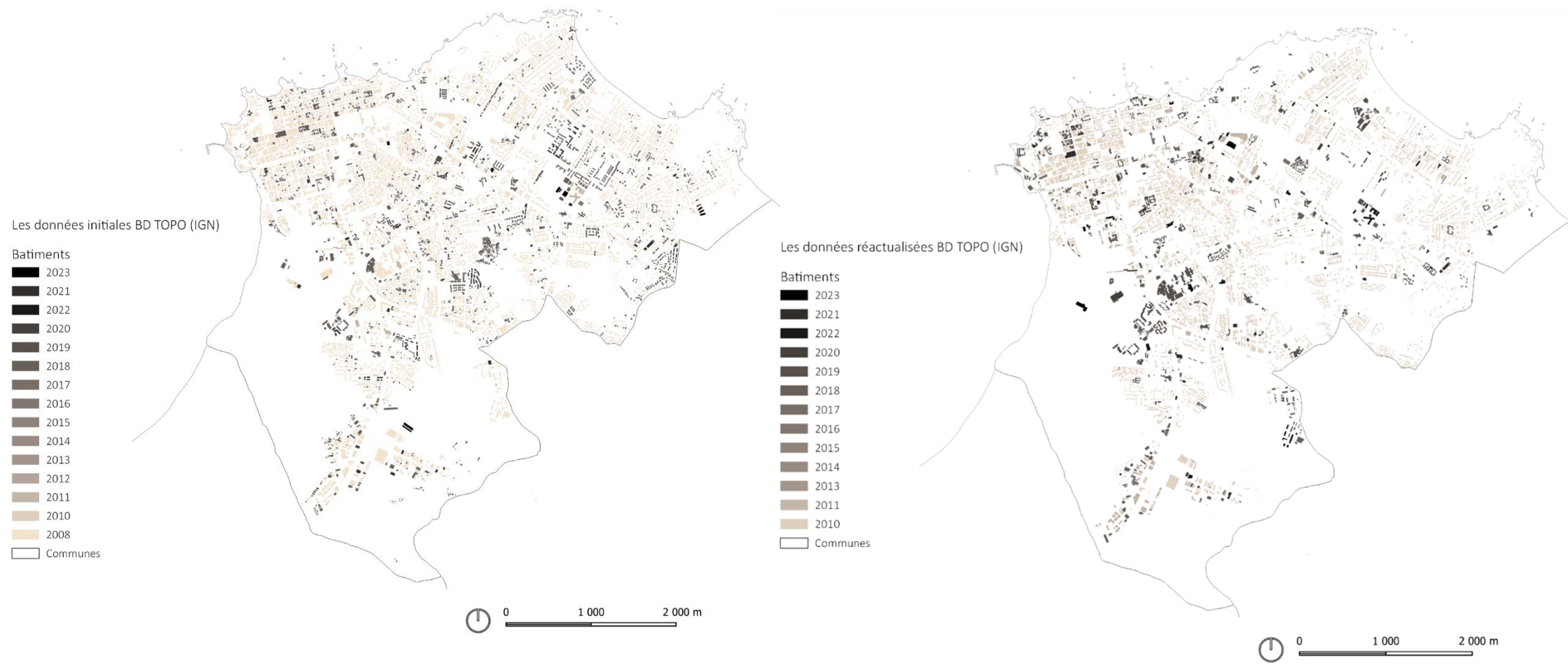
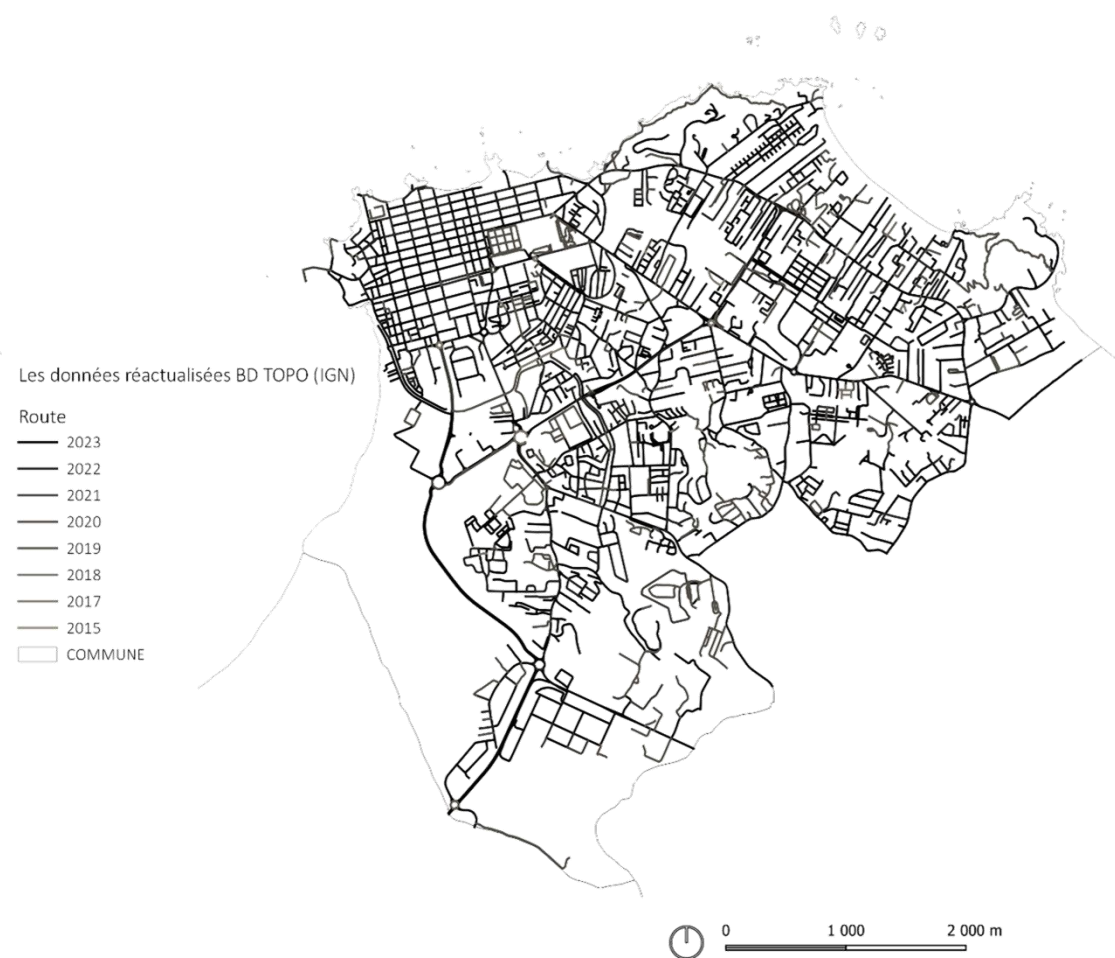
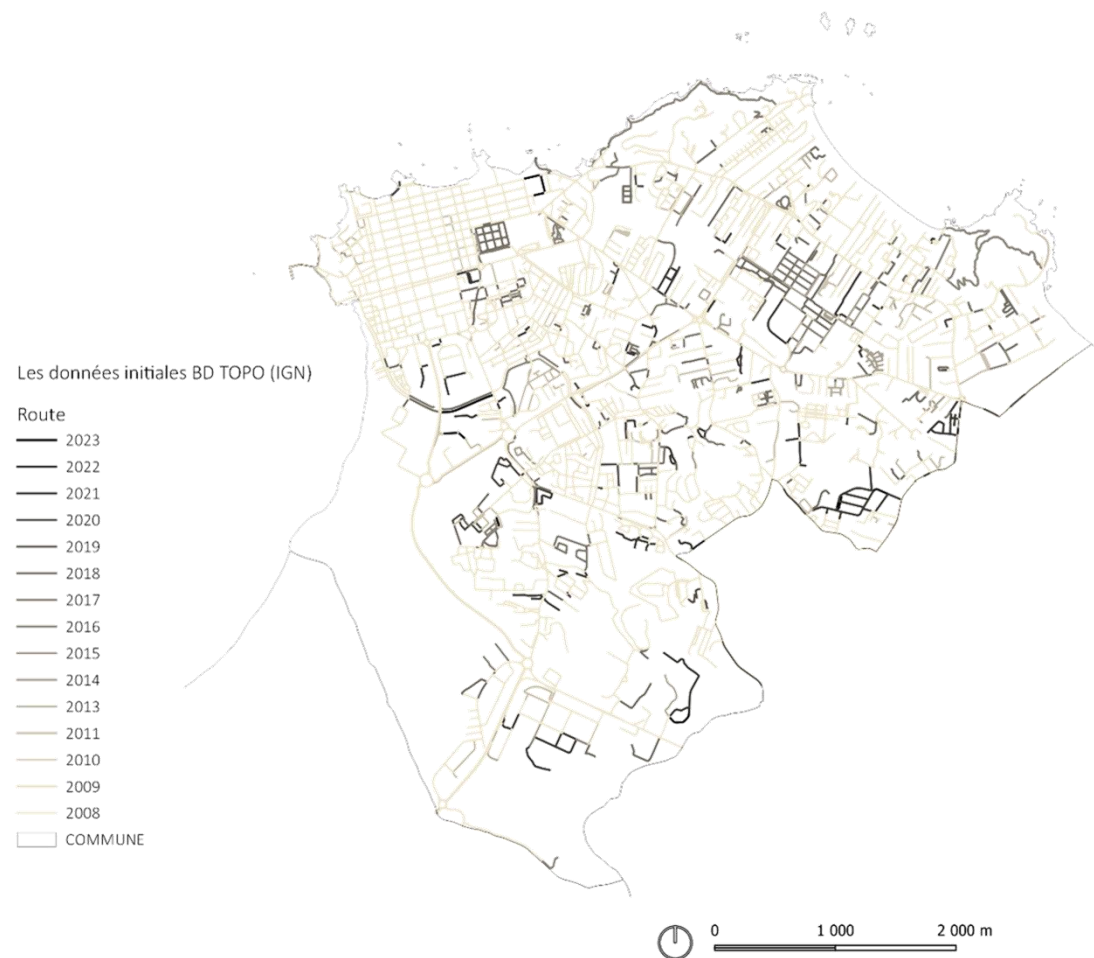


Figure 88 : Cartographies du découpage topographique par datation de la donnée BD TOPO Route de Cayenne (Source : **Réalisation personnelle sur QGIS**)



INDICATEURS D'APPRENTISSAGE

Figure 89 : Plaquette des logiciels LandSim3D (Source : Bionatics – Stéphane Gourgout)

Une gamme de logiciels spécialisés

Au travers de sa gamme logicielle LandSim3D, Bionatics apporte les solutions et les technologies 3D nécessaires aux aménageurs pour développer et opérer la maquette numérique de leur projet urbain.



LandSim3D 

Logiciel de développement et d'administration de la maquette numérique. Il permet de simuler des projets d'aménagement aux différentes étapes de leur cycle de vie et d'exporter des images, des vidéos ou des présentations interactives.

LandSim3D 

Logiciel de présentation 3D interactive des projets urbains. Il permet de présenter son projet urbain sur PC Windows avec ses étapes de temps dans une interface dynamique et séduisante.

LandWeb 

Solution Cloud permettant de présenter et partager la maquette numérique du projet urbain en 3D en ligne via Internet en utilisant les principaux navigateurs du marché : Chrome, Safari, Mozilla, Edge Une solution 100% Web sans plug-in.

La modélisation « bioclimatique »

Afin de mesurer les qualités environnementales d'un projet d'aménagement, Bionatics propose d'utiliser la maquette numérique pour réaliser des simulations Bioclimatiques. Elle permet de mesurer les forces et les faiblesses d'un projet (îlots de chaleur urbains, perméabilité des sols, impact de la renaturation) et de réaliser des arbitrages. Une démarche innovante pour garantir des aménagements résilients et décarbonés.

ENQUETE - FLUX DE CIRCULATION DES MAQUETTES NUMERIQUES - AMENAGEURS DU TERRITOIRE

VERS LES ACTEURS – Entretien individuel

Avez-vous vu une évolution dans la concertation des acteurs du territoire depuis l'utilisation des maquettes numériques ?

Avez-vous déjà collaboré avec plusieurs acteurs au sein d'une même maquette numérique ?

Avez-vous déjà mis en œuvre une méthode de travail basé sur un ou plusieurs modèles d'informations BIM, CIM, LIM ?

A quelle phase avez-vous créé votre maquette ?

Qui a participé à renforcer la donnée informationnelle au sein de votre maquette ?

Avez-vous collaboré avec un architecte paysagiste dans la mise en place d'une maquette numérique ?
A quelle étape est-il intervenu ?

Avez-vous ressenti une transformation professionnelle et organisationnelle depuis que vous travaillez avec la maquette numérique sous un modèle d'information ?

Quel point de vue avez-vous sur la notion de représentation dans le cadre de la maquette numérique, notamment pour le végétal ?

Quels sont les logiciels que vous utilisez autrefois et aujourd'hui, des pratiques traditionnelles aux pratiques par maquettes numériques collaboratives ?

Les réunions de concertations ont-elles relevé des limites en termes de collaboration ?

Avez-vous du faire des choix de représentation selon le public ciblé ?

Quelles sont les types de simulations que vous mettez en place ? Sous quelles réglementations étiez-vous amené à faire cela ?

VERS STEPHANE GOURGOUT – Entretien individuel

La maquette numérique LandSim3D aborde-t-elle la notion de maturité comme la méthodologie BIM ?

A-t-elle un format spécifique qui permet d'extraire de la donnée informationnelle, pour les insérer vers d'autres logiciels ? Pouvons-nous parler d'interopérabilité ?

Quels sont les modes de représentation possibles, visent-ils une communication particulière ?

Quelles sont les simulations possibles et utilisées dans le domaine paysager ? dans le domaine urbain ?

Quel type d'acteurs utilisent le plus votre maquette ?

Quelles ont été les différentes phases évolutives de vos maquettes depuis la création du tout premier logiciel ?

Vers quels types d'acteurs avez-vous eu des difficultés à collaborer, pour quelle raison ?

ANNEXE 7 – Martinique

COMPLEMENT D'INFORMATION DU RESUME

Ce projet a été lancé par le PlanBIM2022 dans le cadre d'un premier appel d'expérimentation par le Ministère du Logement, son pilotage est en provenance de ADNConstruction. Cet appel d'expérimentation a été accompagné par la Commune de Sainte-Luce, les services instructeurs de la Communauté d'agglomération de l'Espace Sud ainsi que le Laboratoire de Recherche ECHOES.PARIS dont la spécialisation est la collecte de données, de simulations et de visualisation des risques liés à l'environnement.

Une ouverture sur la loi ELAN prévoit dans son article 62 qu'à partir de janvier 2022 pour toutes les communes tel que Sainte-Luce ayant plus de 3 500 habitants d'être dans l'obligation de dématérialisées ce qui se rapporte au droit des sols, soit les demandes de permis de construire et certificat d'urbanisme.

LES OBJECTIFS POUR LA MISE EN PLACE DE LA MAQUETTE

- Mettre en avant la Recherche-Utilisateur, afin de comprendre comment les acteurs forment leurs usages et pratiques durant l'expérimentation et l'instruction des autorisations d'urbanismes.
- Utiliser la maquette numérique comme outil collaboratif à des fins d'identification de résolutions de problèmes. Créer à travers le BIM une réelle fluidité visant la qualité et la performance des aménagements mis en place.
- Mettre en place des ateliers visant la participation, nommé Recherche-Action, elles auront pour cible la détermination des potentialités et des contraintes concrètes entre les différents aménageurs. L'expérience de ces acteurs utilisateurs sera au centre du processus BIM.
- S'orienter vers la transition du numérique collaboratif via la mise en place de maquettes numérique dont la réglementation ELAN rend obligatoire d'ici 2022 (Démat ADS)
- Etablir via ce cadre expérimental un guide méthodologique ainsi qu'un retour sur le type de modélisation, adaptée aux différents cas d'usages.

TABLEAU RECAPITULATIF DES SONDAGES

Les acteurs de projet : (document personnel basé sur interview, prise de contact) (Paysagiste)

| Sites | Entreprise, Bureau d'étude, association | Participation à la maquette numérique sous les modèles BIM, CIM, LIM |
|--|---|--|
| Front de mer de Sainte-Luce (Martinique) | Erik Giudice Architecture | <p>Pas de possibilité de consultation des productions</p> <p>Je sais comment nous travaillions en interne chez EGA, principalement sur Revit – interlocutrice Marie Boutron</p> <p>Nous sommes intervenus avec l'ingénieur architecte paysagiste Laure Bordet Durieu, toutes ces productions étaient à la main, elle a enrichi la maquette de données à travers ses productions détaillées, annotées, chaque plante a été mis en croquis avec des détails poussés sur les différentes dimensions cime, racine</p> <p>Il y a deux types de processus BIM, le BIM d'OR projet en tant que tel, il s'agit de développer des cas d'usage, cela demande une charge de travail supplémentaire, génère un axe économique dans l'agence. Les différents BIM, d'Argent, etc ne définissent pas de cadre. Le deuxième processus est le Lauréat Plan BIM 2022, il s'agit d'une expérimentation pour la validation d'urbanisme</p> <p>Dans le cadre de notre projet, il y a la une représentante de la DEAL, (Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de la Martinique) en planification de l'aménagement de projet a participé à la mise en œuvre du BIM</p> <p>Ambition du Plan BIM 2022, on a été présenté aux élus le projet d'expérimentation, une maquette ponctuelle devenu un cadre expérimental</p> <p>La méthodologie mise e place était :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Une approche centrée sur les utilisateurs, on a fait des entretiens avec des architectes, des paysagistes, la DEAL - L'implication déjà des utilisateurs avant même d'être accepté dans le projet |

| | | |
|--|--|--|
| | | <ul style="list-style-type: none"> - D'innover avec agilité et bienveillance, cibler le besoin des acteurs <p>Le projet comporte une réalité physique, trois zones : zone de marché, un centre culturel, le village des pêcheurs</p> <p>Il n'y a pas beaucoup de touristes, pas mal de déchets sur place</p> <p>Une maquette numérique a été mise en ligne, permettant de faire comprendre en quelques minutes le projet, il est possible de reprendre des côtes</p> <p>Les autres cas d'usage de ce projet visent la résilience face aux inondations. Il y a des inondations régulièrement, des aménagements paysagers ont été mis en œuvre aux niveaux des rues</p> <p>L'utilisation de matériaux perméables pour temporiser la ville de l'eau le plus possible. La maquette numérique a permis d'établir des tableaux de calculs des niveaux</p> <p>Il y a une zone de plantation de mangroves pour renforcer la temporisation, systèmes par tranches, avec des noues paysagères</p> <p>Le dernier aspect vise la sensibilisation réaliste pour monter à la population, riverain, décisionnaires, commençant, comment réagissait le site face à cette eau</p> <p>Un dernier axe est celui de la biodiversité terre-mer, les différents endroits où cohabitent les habitats. Un bateau LIDAR a scanné le fond de mer pour savoir où sont les coraux par rapport à la topographie. Cela a permis de générer des images afin de rassurer la maîtrise d'ouvrage. Un type de béton particulier a été retravailler pour les poissons. Il y a également la réflexion de la cohabitation humain / non humain, notamment le cas des tortues pour la conservation des pontes. La simulation des luminaires ont permis de retravailler l'angle, la distance entre les poteaux et cône de lumière, afin de limiter l'impact lumineux</p> |
|--|--|--|

| | | |
|--|--------------------------------------|--|
| | | <p>La modélisation a été mise en œuvre afin de mieux comprendre chaque typologie de plante, avec leur paramètre associé, profondeur racine, cime etc. C'est le logiciel Revit qui était au centre de la mise en maquette</p> <p>Viewer Autodesk a été mis en place pour la lecture de la maquette</p> <p>La simulation de l'eau et la lumière ont été générées par twinmotion, l'interopérabilité est simple entre revit et twinmotion, cependant pour les plantes, il a fallu les remettre une par une</p> <p>Enscape a été utilisé pour la simulation de l'ensoleillement, il ne s'agit pas d'une étude scientifique mais sensorielle. Cela a permis de se rendre compte que les cabanons ne fournissaient pas assez d'ombre malgré ce que l'on avait imaginé, il a donc fallu rajouter plus d'arbres, ce sont les élus qui ont demandé le rajout. L'interopérabilité avec revit était plus facile, aucune problématique n'est perçue</p> <p>Des BCF, post-it, annotations ont été utilisés au sein de la maquette de manière interopérable – interlocuteur Augustin Roy-Verger</p> |
| | LBD Paysages | |
| | Egis Antilles-Guyane (BET Bâtiments) | |
| | ECHOES PARIS | |
| | CAESM | |
| | Sainte-Luce | |

Figure 90 : Tableau récapitulatif des enquêtes dans le cadre du projet du front de mer Sainte-Luce (Source : réalisation personnelle)

ENQUETE - FLUX DE CIRCULATION DES MAQUETTES NUMERIQUES - AMENAGEURS DU TERRITOIRE

VERS LES AMENAGEURS – Questionnaire enquête par mail

Avez-vous dans ce-cadre mis en œuvre une maquette numérique sous un modèle d'information ? BIM, CIM, LIM et avec quel type de logiciel (Revit, Autodesk...)

Avez-vous utilisé des données informationnelles d'autres maquettes pour effectuer votre projet ? Si oui de quels types d'acteurs provenaient-elles (VRD, BE Architectes, BE environnement, BE du paysage, BIM manager...) pour quel type de fichier.

Avez-vous fourni votre maquette pour intégrer les projets des autres acteurs ? Vers qui s'est-elle adressée ensuite ? (BE paysage, CIM manager, Solideo, BE spécialisé...)

Cette maquette a-t-elle été utilisées pour les étapes prévisionnelle et de budgétisation (BIM 4D, 5D, 6D, 7D) ou s'est-elle arrêtée à la phase de conception ?

En lien avec les grands enjeux environnementaux, avez-vous utilisé la maquette numérique comme ressource de simulation ? (thermique, aléas climatiques, montée des eaux...)

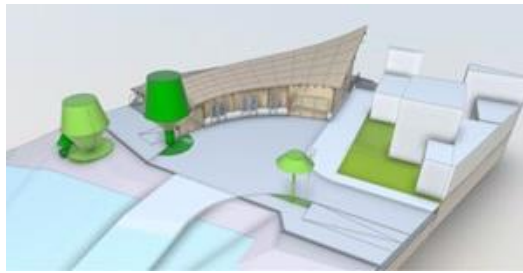
Quelle opinion avez-vous de l'utilisation de cette méthodologie de travail BIM, CIM, LIM par rapport à la notion de collaboration et de représentativité dans le cadre de ce projet ?

LES PRODUCTIONS DE LA MAQUETTE DU PROJET ET DU BUREAU D'ETUDE EN ARCHITECTURE DU PAYSAGE AVANT ET APRES MAQUETTE

Avant maquette



Maquette



A-30-0-00 AMÉNAGEMENT DU FRONT DE MER



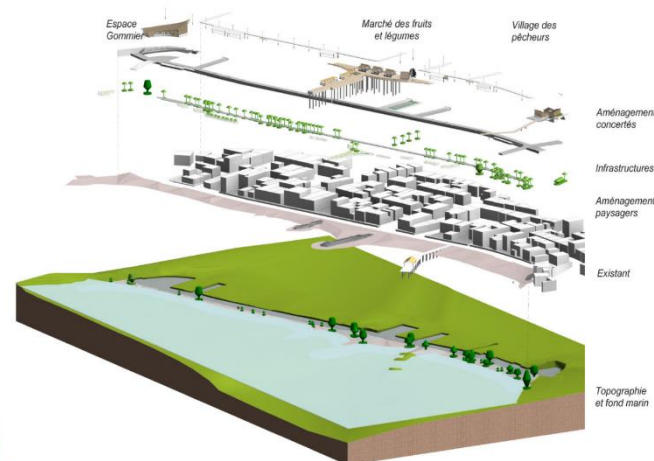
A-40-0-1 ESPACE GOMMIER



A-40-0-2 MARCHÉ DE FRUIT ET LEGUMES



A-40-0-3 VILLAGE DES PÊCHEURS



VILLE DE
SAINTE-LUCE

PROJET POUR UN FRONT DE MER LUCEEN INCLUSIF, DURABLE ET RÉSILIENT
Mission de maîtrise d'œuvre pour l'aménagement du front de mer du bourg de Sainte-Luce

ERIK GIUDICE ARCHITECTURE
LBD PAYSAGES - EGS



VILLE DE
SAINTE-LUCE

PROJET POUR UN FRONT DE MER LUCEEN INCLUSIF, DURABLE ET RÉSILIENT
Mission de maîtrise d'œuvre pour l'aménagement du front de mer du bourg de Sainte-Luce

ERIK GIUDICE ARCHITECTURE
LBD PAYSAGES - EGS

Après maquette



L'utilisation de la maquette de communication et de sensibilisation à travers l'explication du projet



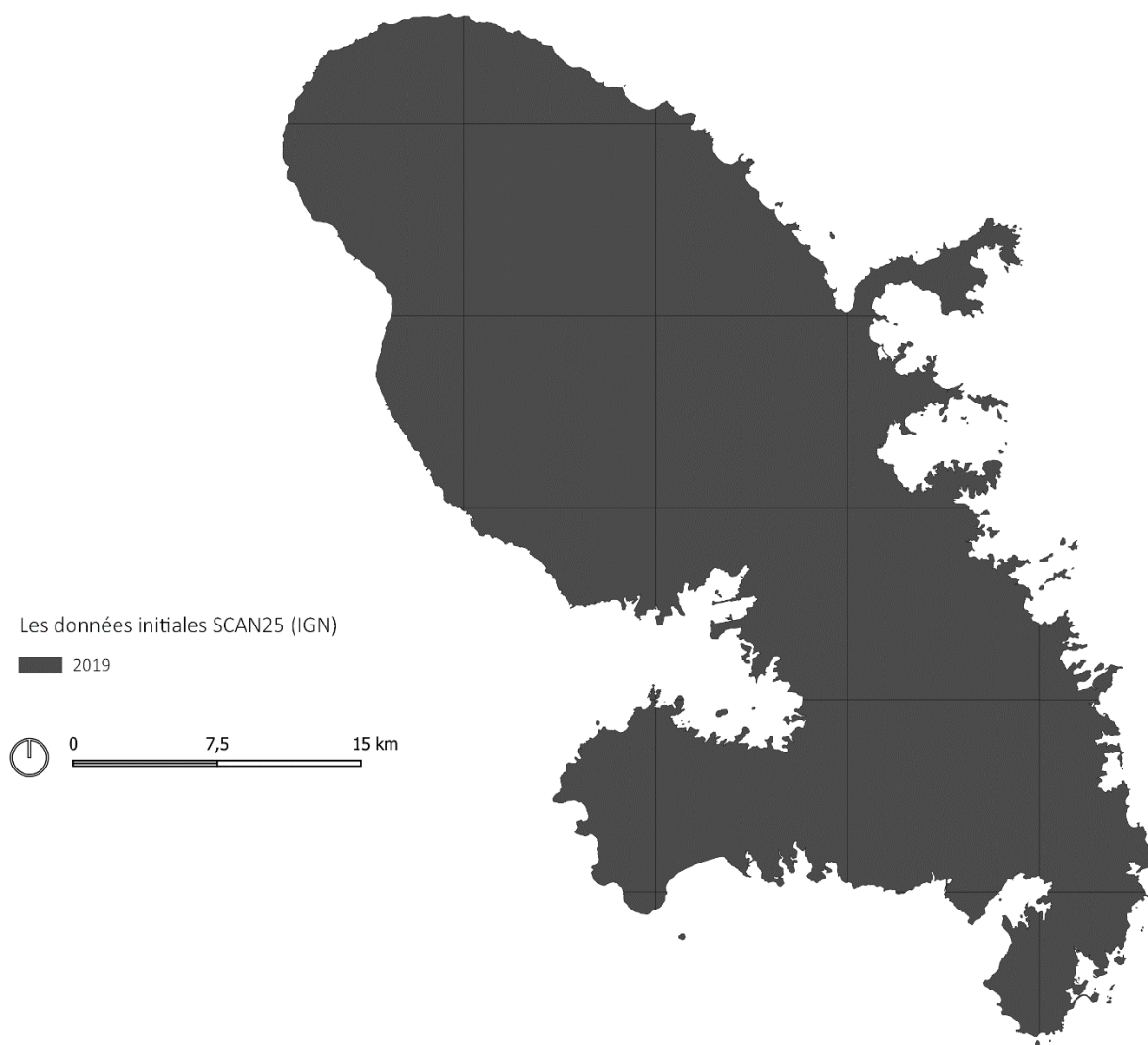


Figure 91 : Illustrations des productions du projet du front de mer Sainte-Luce, avant, pendant et après la mise en place de maquette numérique (Source : EGA)

INDICATEURS DE FIABILITE

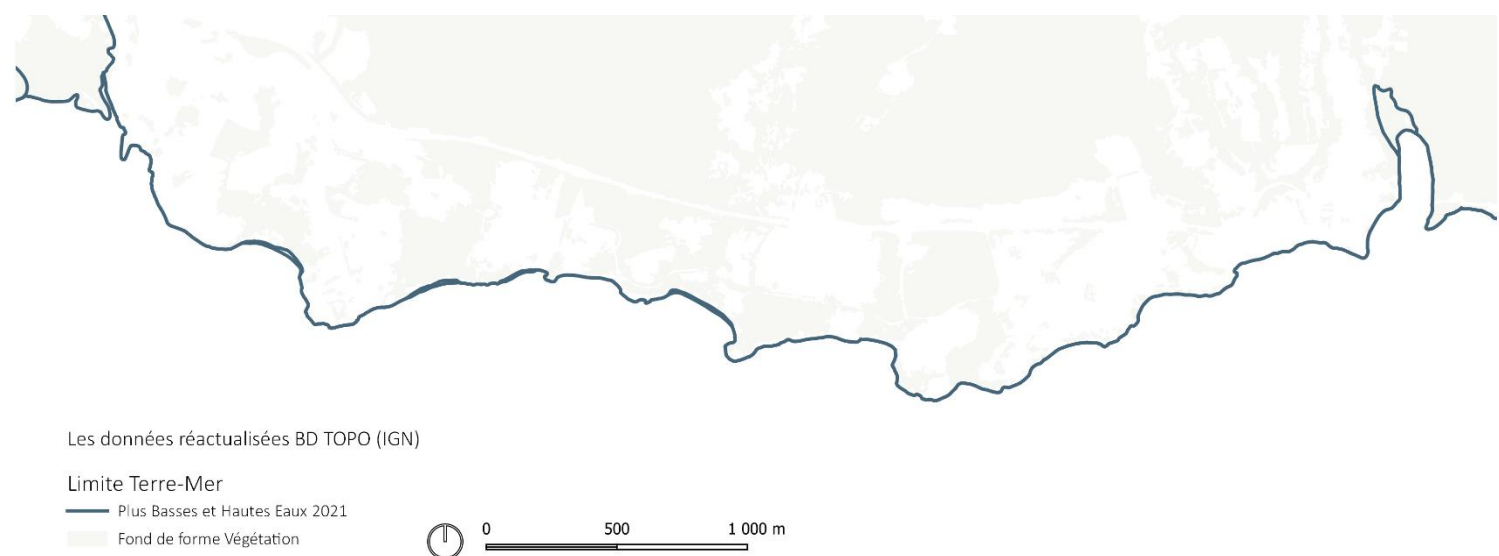
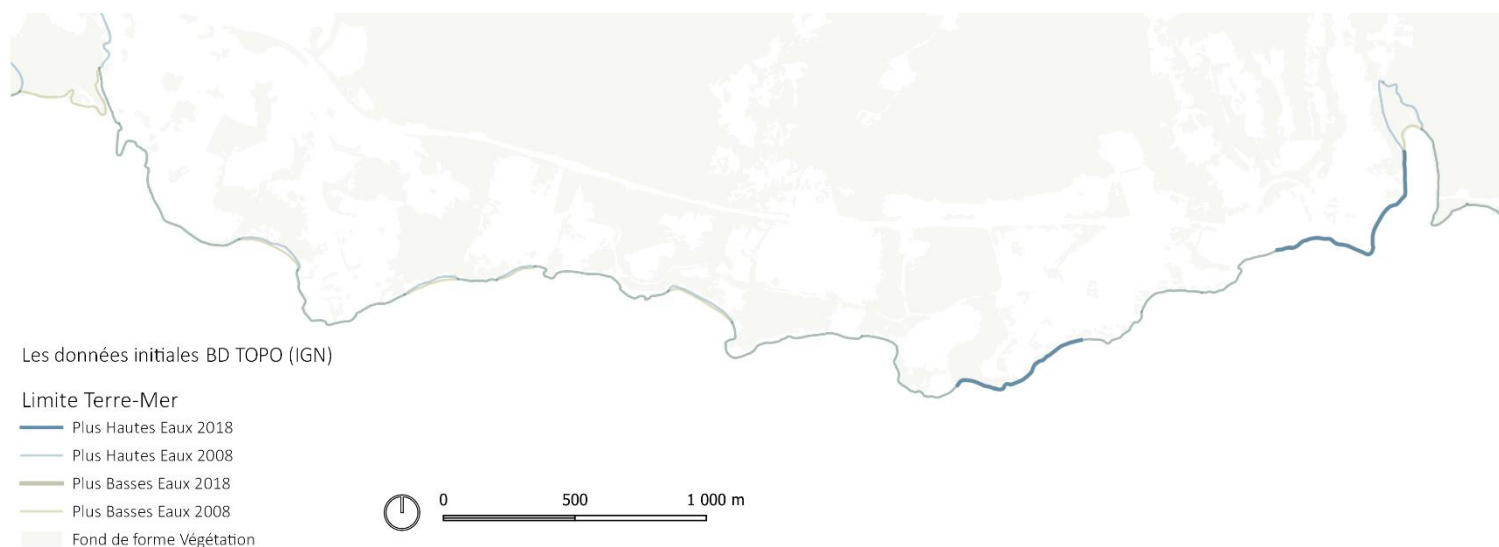
Les données IGN utilisées par la maquette CIM – Cas de Cayenne, Guyane

Figure 92 : Cartographie du découpage topographique par datation de la donnée topographique Scan25 de la Martinique (Source : **Réalisation personnelle** sur QGIS)



Les données IGN utilisées par la maquette LIM

Figure 93 : Cartographies du découpage topographique par datation de la donnée BD TOPO Limite Terre-Mer de Sainte-Luce (Source : **Réalisation personnelle** sur QGIS)



Les données IGN utilisées par la maquette CIM

Figure 94 : Cartographies du découpage topographique par datation de la donnée BD TOPO Bâtiment de Sainte-Luce (Source : **Réalisation personnelle** sur QGIS)



Les données initiales BD TOPO (IGN)

Batiments

2023

2022

2018

2015

2012

Front de mer Saint-Luce



0 500 1 000 m



Les données réactualisées BD TOPO (IGN)

Batiments

2023

2022

Front de mer Saint-Luce



0 500 1 000 m

Figure 95 : Cartographies du découpage topographique par datation de la donnée BD TOPO Route de Sainte-Luce (Source : **Réalisation personnelle** sur QGIS)

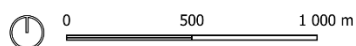


Les données initiales BD TOPO (IGN)

Route

— 2023
— 2022
— 2021
— 2019
— 2018
— 2017
— 2016
— 2015
— 2014
— 2012
— 2011
— 2008

Site front de mer Saint-Luce



Les données réactualisées BD TOPO (IGN)

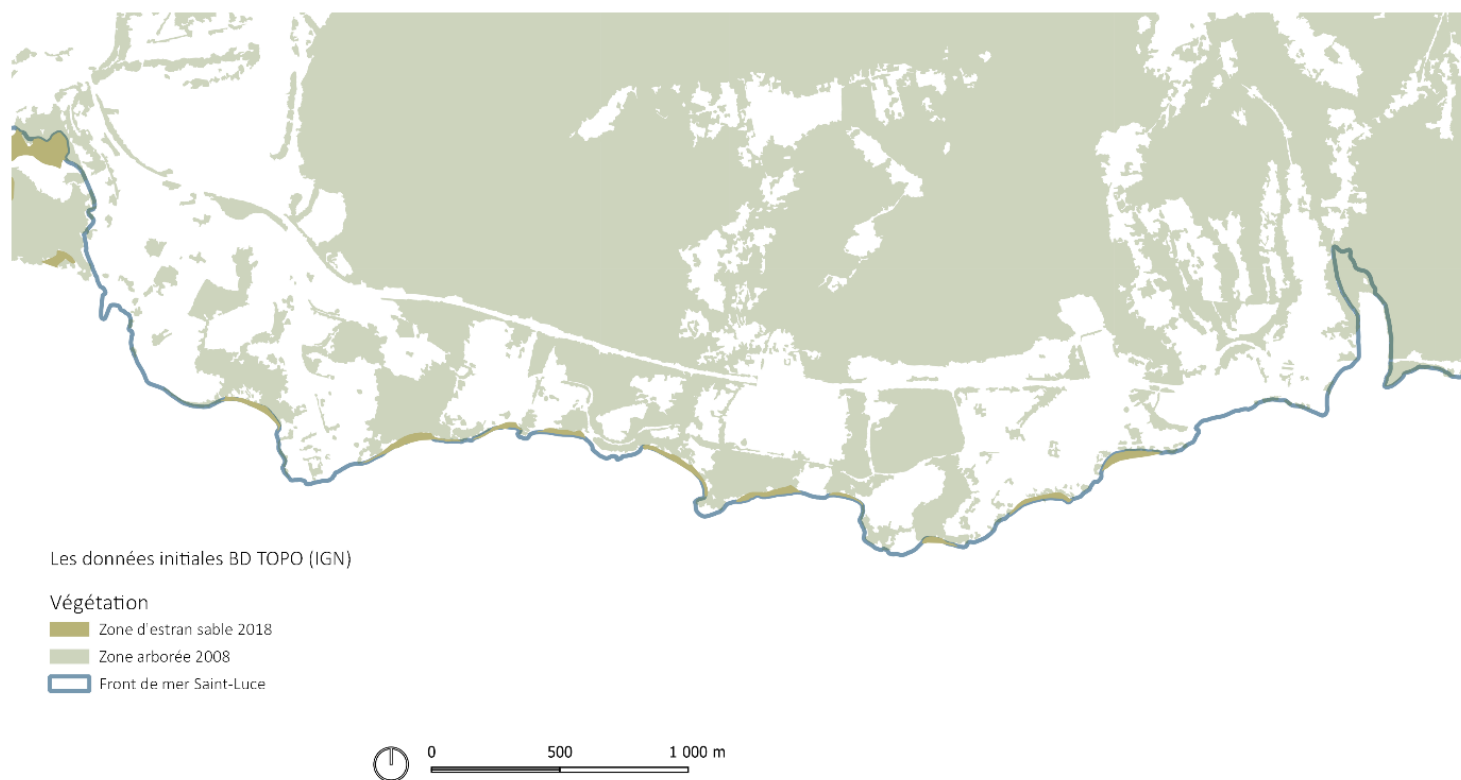
Route

— 2023
— 2022
— 2021
— 2020
— 2019
— 2018
— 2017
— 2015
— 2014
— 2012

Site front de mer Saint-Luce



Figure 96 : Cartographies du découpage topographique par datation de la donnée BD TOPO Végétation de Sainte-Luce (Source : **Réalisation personnelle** sur QGIS)



MISE A JOUR DE LA DONNEE SOUS L'INTERFACE DEAL MARTINIQUE

Les cartographies interactives des principales données localisées

Figure 97 : Cartographie de l'habitat (Source : Capture personnelle DEAL Martinique)

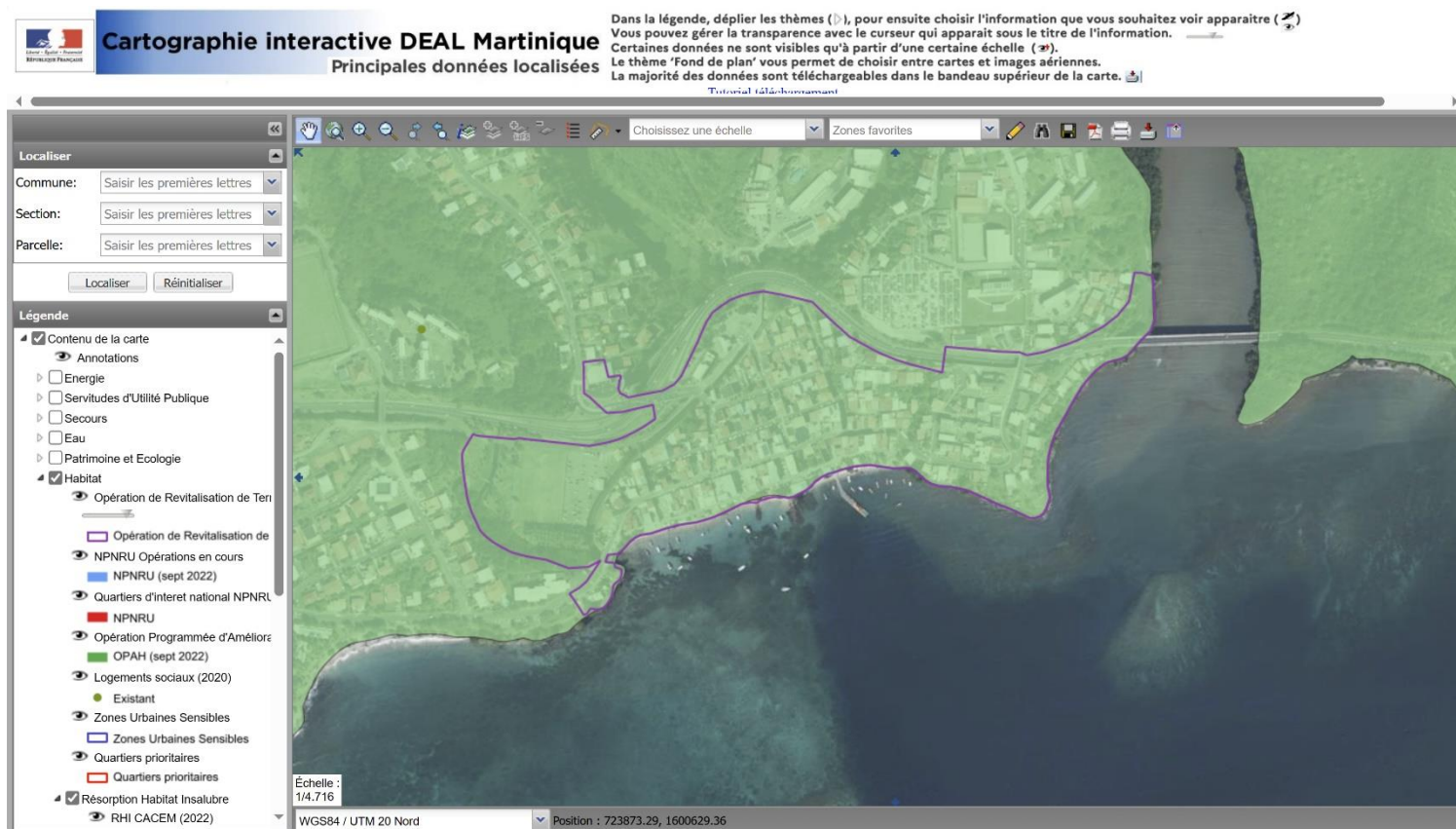
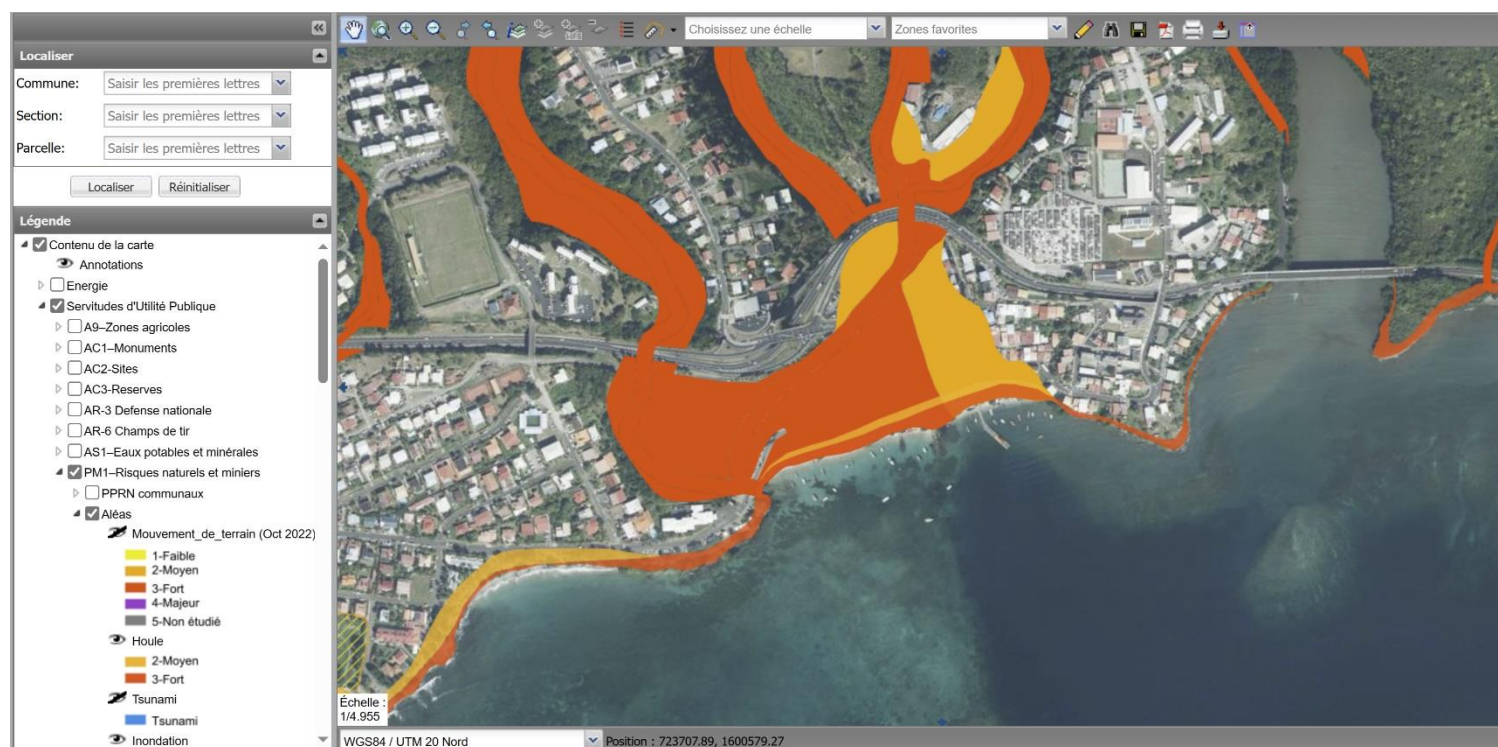


Figure 98 : Cartographie des risques naturels et miniers (Source : Capture personnelle DEAL Martinique)



ANNEXE 8 – BioBIM

COMPLEMENT D'INFORMATION DU RESUME

Ce projet de recherche s'est formé dans le cadre de trois points clés, **l'urgence environnementale** actuelle causés par la destruction, fragmentation des habitats naturels ainsi que la pollution générée source de la perte de biodiversité importe. **L'évolution de la réglementation française** avec principalement la loi de 2016, intitulé Reconquête de la Biodiversité, de la Nature et des Paysages qui a conduit à la renformer la démarche Eviter Réduire Compenser. Les infrastructures étant les plus soumis à une évaluation environnementale, sa transition vers une gestion davantage adaptée devient nécessaire, des attentes de plus en technique sont demandées rendant la loi de 2016 beaucoup plus exigeante. Une « pression réglementaire exige envers les aménageurs une obligation d'obtenir des résultats sur l'objectif de non perte nette de biodiversité lors de la mise en conception, développement des projets » (FEREC, 2019). Le dernier point étant **l'avancée technologique**, plus particulièrement la méthodologie de travail du modèle d'information BIM, permettant l'historisation des différents processus décisionnels semble être un point majeur pour les suivis lorsque les mesures environnementales sont moins efficaces que souhaité. L'intérêt de cette recherche a été de prendre un outil numérique aujourd'hui très demandé lors de conception de projet, adapté à l'échelle d'un objet de type infrastructure et le faire évoluer sur une composante inexistante dans la plupart des projets, l'intégration de composantes dédiées à la gestion environnementale et de la biodiversité.

LES OBJECTIFS DU PROJETS BioBIM

- Proposer un socle efficace pour les objets spécifiques à l'environnement adapté à la fois à la conception et à l'aboutissement d'une gestion de mesures environnementales dans un format ouvert compatible à un ensemble de logiciels, soit l'interopérabilité permise par les IFC.
- Constituer un ensemble de bureaux d'études spécialisées en environnement à intégrer à l'utilisation du BIM pouvant proposer des « projets technico-scientifiques » (FEREC, 2019) sur un court terme pour permettre la diffusion de cette recherche BioBIM et son potentiel futur développement.

UN CAS DE PROJET EXISTANT QUI A INSPIRE LA METHODOLOGIE DU MEMOIRE

Figure 99 : Représentation du flux d'information et des acteurs pour la réalisation des spécifications des objets IFC dédiés à la gestion de la Biodiversité (Source : **TerrOïko, SETEC**)

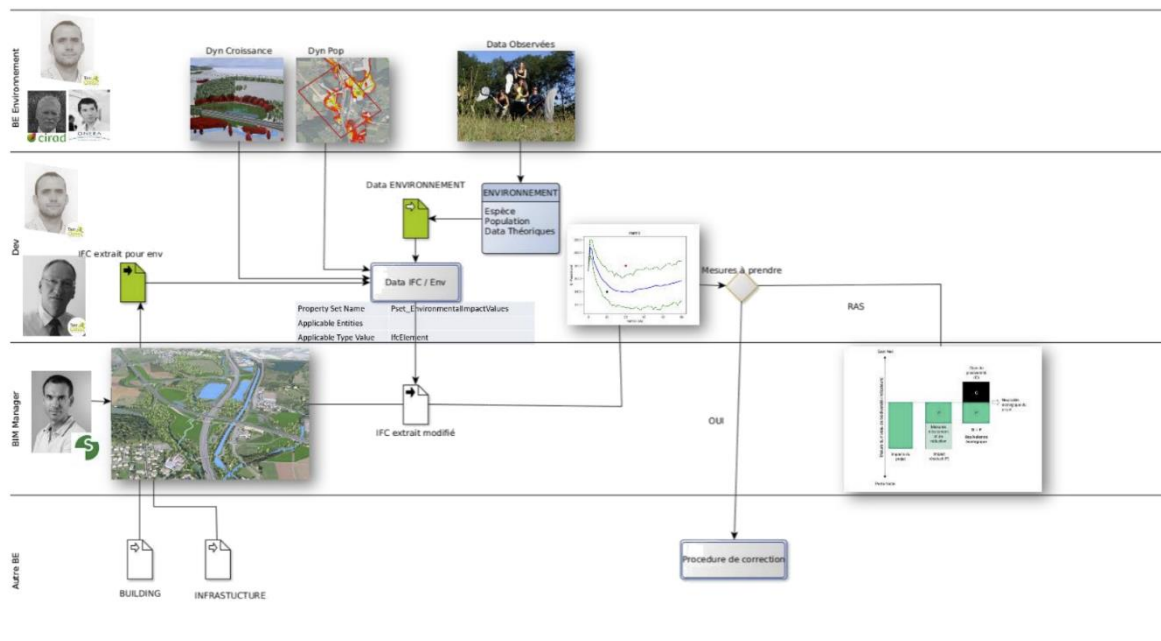


TABLEAU RECAPITULATIF DES SONDAGES

Les acteurs de projet : (documents personnels basé sur interview, prise de contact) (Paysagiste)

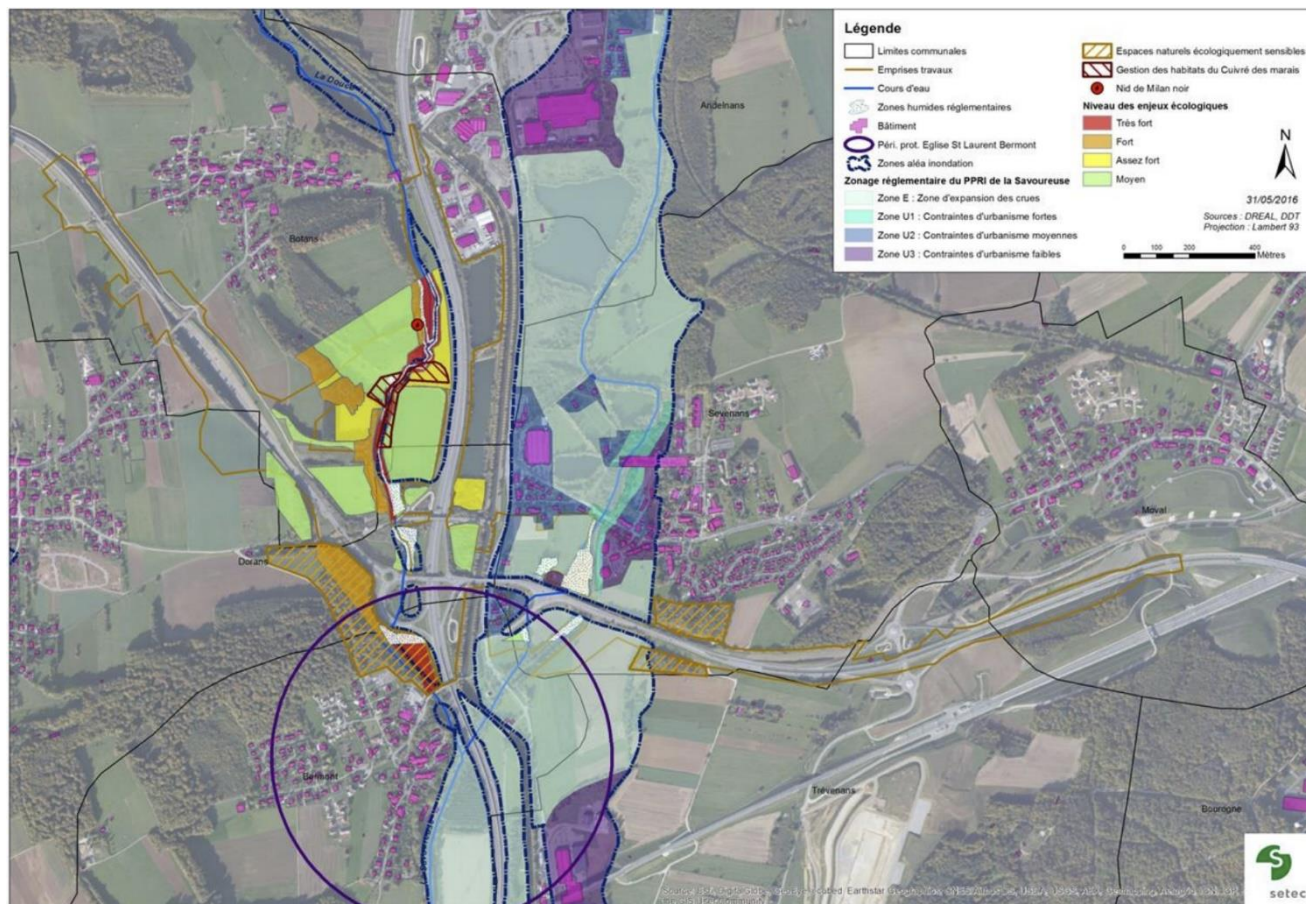
| Sites | Entreprise, Bureau d'étude, association | Participation à la maquette numérique sous les modèles BIM, CIM, LIM | |
|------------------------------------|---|--|--|
| Du projet BioBIM au BE spécialisés | SETEC | SETEC | <p>Concernant Landsim3D, non nous n'avons jamais eu l'occasion de travailler avec pour l'instant. Nous avons une filiale qui l'utilise mais nous n'avons pas eu l'occasion de voir le résultat.</p> <p>Au sein de mon pôle nous créons des maquettes et d'environnements 3D, dans une démarche CIM. Vous trouverez en pièce jointe la plaquette de présentation de nos compétences.</p> <p>Nous intégrons également des maquettes BIM réalisées en interne (service BIM) dans un environnement spécifique. Sinon, nous nous occupons également du BIM propre à la VRD (Association de propriétés aux réseaux, plateformes d'aménagements). Pas de LIM (très rare) dans notre domaine</p> <p>Concernant les fichiers de maquettes, tout dépend des données dont on parle. Nous pouvons les recevoir les données bâtiments sous forme d'un AutoCAD 3D (DWG 3D géoréférencé), mais aussi de fichiers Revit / IFC (géoréférencés) / Multipatch. Pour les éléments de mobiliers urbains = formats SIG (Shapefile).</p> <p>Logiciels que l'on utilise : InfraWorks pour le CIM puis AutoCAD / AutoCAD Map3D / Civil3D / Covadis / Navisworks / ArcGIS Pro + Online + Enterprise / QGIS / Mensura / Tout dépend des besoins mais voici les principaux ! On a également pu utiliser Twinmotion pour des rendus mais très rarement</p> <p>AutoCAD et AutoCAD MAP 3D ne sont pas des logiciels BIM, mais on peut utiliser AutoCAD pour dessiner/visualiser de la 3D. On utilise AutoCAD MAP 3D pour l'interaction CAO/SIG.</p> <p>Civil 3D, on peut l'utiliser dans le processus BIM (alimentation de données) + modélisations de terrains naturels + réseaux</p> <p>Suite ArcGIS, ce sont avant tout des logiciels cartographiques. ArcGIS Pro tend à se diriger vers le CIM, dans la création de scènes 3D à l'échelle d'une ville. Mais ne pas associer directement BIM avec ArcGIS Pro sans mentionner le SIG. Pareil pour QGIS, Pas de BIM</p> <p>L'utilisation implique du temps de formation et surtout de la pratique, difficile à quantifier – Interlocuteur Marie-Sophie CALEIRAS</p> |
| | | TN+ | |

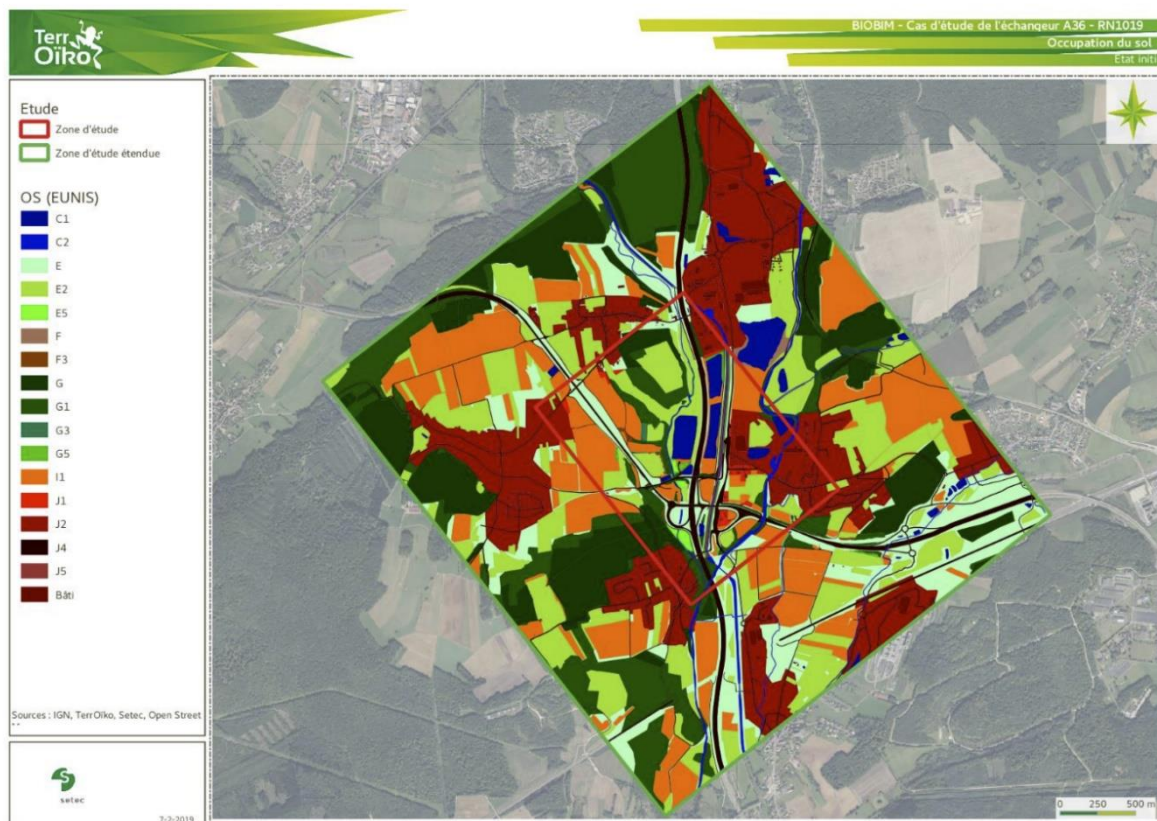
| | | | |
|--|----------|---|---|
| | | | Nous ne maîtrisons/utilisons pas du tout les logiciels BIM à l'agence – interlocuteur Andras Jambor |
| | | ANMA Architects Urban Planners (Equipe transversale en paysage) | |
| | | Architectures studio | |
| | TERROIKO | <p>Simulateur d'infrastructure, développement urbain, économique, développement de la mobilité</p> <p>La SETEC Collabore avec nous pour enrichir les données de la maquette numérique</p> <p>Les IFC ne sont pas toujours correct, le géoréférencement n'est parfois pas bien exécuté par les architectes, autres aménageurs du territoire, le site peut se retrouver à 200 km de sa localisation d'origine</p> <p>La partie purement visualisation n'est pas importante pour nous.</p> <p>Des consultations publiques peuvent se mettre en place lors de projet éolien avec une participation citoyenne – Interlocuteur Sylvain Moulherat</p> <div data-bbox="442 1064 1484 1848"> <p>DÉVELOPPÉ ET ENRICHI DEPUIS 2012 PAR TERROÏKO, SIMOÏKO EST EXPLOITÉ PARTOUT EN FRANCE :</p> <p>Type de mission :</p> <ul style="list-style-type: none"> Aménagement industriel et urbain Energies renouvelables Espaces Naturels Infrastructures Planification territoriale Evaluation de politiques publiques Recherche  </div> | |

Figure 100 : Tableau récapitulatif des enquêtes dans le cadre du projet BioBIM (Source : *réalisation personnelle*)

LES PRODUCTIONS DE LA MAQUETTE DU PROJET ET DU BUREAU D'ETUDE EN ARCHITECTURE DU PAYSAGE AVANT ET APRES MAQUETTE

Avant maquette





Maquette des représentations de points de localisations de Lycaena dispar

Figure 101 : Illustrations des productions du projet BioBIM, avant, pendant la mise en place de maquette numérique (Source : **TerrOïko, SETEC**)

PLAQUETTE SETEC – INTERVIEW PERSONNEL

Figure 102 : Plaquette des pratiques du BET SETEC (Source : SETEC)

Checklist

Les besoins en termes de données SIG

Cette fiche recense quelques données d'entrées qui sont nécessaires en phase amont des projets SIG.

Certaines de ces données sont accessibles en opendata sur des sites spécifiques. La qualité de ces données varie donc en fonction des acteurs et clients.

Pour les données bâtiments

Les données géographiques représentant les bâtiments s'expriment souvent sous la forme de données vectorielles, souvent au format **Shapefile** (comme la BD Topo de l'IGN). Cependant d'autres formats peuvent être demandés et transmis :

- **Multipatch**
- **CityGML**

Pour les intégrations de bâtiments projets géoréférencés dans des environnements 3D d'une démarche CIM :

- **DWG3D**
- **Revit**
- **IFC**
- **Multipatch**

Pour les réseaux

Les retours des **DT-DICT** doivent désormais fournir des données au format SIG. Le standard **StaR-DT** a été mis en place dans ce but.

C'est un format qui s'intègre bien aux logiciels cartographiques.

NOTA - Il est possible par la suite de récupérer ces données dans un logiciel de dessin grâce à AutoCAD MAP3D.

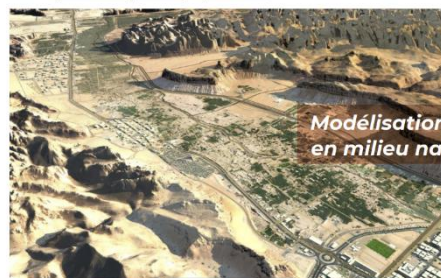
→ Voir support de formation dédié

Vers le CIM !

Agir pour l'ingénierie numérique en projets multi-échelles

Setec TPI valorise et s'appuie sur les données **SIG** afin de créer des **environnements 3D** enrichis d'informations pour inscrire les projets vers une démarche **CIM** (City Information Modeling).

En partant des données SIG nous réalisons des modélisations 3D de maquettes d'environnements industriel, urbain et naturel.



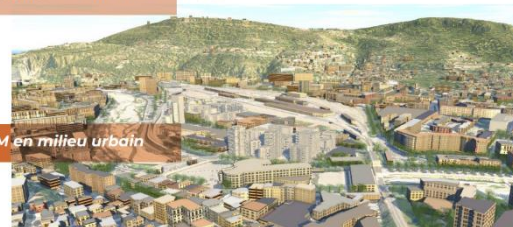
Modélisation CIM en milieu naturel



Modélisation CIM en milieu industriel

Modélisations qui mettent en lien des **données hétérogènes**.

Données SIG rasters et vectorielles & **Données BIM** de maquettes 3D modélisées en interne (ouvrages d'art, bâtiments, réseaux, voiries...).



Modélisation CIM en milieu urbain

ENQUETE - FLUX DE CIRCULATION DES MAQUETTES NUMERIQUES - AMENAGEURS DU TERRITOIRE

VERS LE BET SETEC – Questionnaire par mail

Quels sont les types de modèles auxquels vous avez participé ? BIM, CIM, LIM

Sous quel type de fichier logiciel avez-vous reçu les maquettes des autres aménageurs ? (Revit, ArchiCAD, AutoCAD avec dwg, ifc)

Sous quel type de fichier logiciel travaillez-vous ?

Cette transition vers le développement d'outils numériques tels que les maquettes, a-t-elle nécessité une formation particulière, en combien de temps ?

VERS LE BET TERROÏKO – Entretien individuel

Avez-vous déjà mis en œuvre une méthode de travail basé sur un ou plusieurs modèles d'informations BIM, CIM, LIM ?

Avez-vous collaboré avec un architecte paysage dans la mise en place d'une maquette numérique ? A quelle étape est-il intervenu ?

Avez-vous ressenti une transformation professionnelle et organisationnelle depuis que vous travaillez avec la maquette numérique sous un modèle d'information ?

Quel point de vue avez-vous sur la notion de représentation dans le cadre de la maquette numérique, notamment pour le végétal ?

Quels sont les logiciels que vous utilisez autrefois et aujourd'hui, des pratiques traditionnelles aux pratiques par maquettes numériques collaboratives ?

Les réunions de concertations ont-elles relevé des limites en termes de collaboration ?

Avez-vous du faire des choix de représentation selon le public ciblé ?

ANNEXE 8 - Enquêtes ouvertes sur des projets divers

TABLEAU RECAPITULATIF DES SONDAGES

Les acteurs : (document personnel basé sur interview, prise de contact) (Paysagiste)

| Sites | Entreprise, Bureau d'étude, association | Participation à la maquette numérique sous les modèles BIM, CIM, LIM |
|------------------------------|---|--|
| Nantes Métropole Aménagement | Jean-François Gloria | <p>Plusieurs projets à Nantes tel que le projet Pirmil Les Isles</p> <p>Prototypage de la Smart-City, IIIe millénaire Nantes métropole concrétisé en 2024, neutralité carbone 2050. Site industriel, 50 000 arbres, 4 puits avec réception carbone</p> <p>Revit la date de fiabilité est de 2020 car en 2019 il ne savait toujours pas faire de nomenclature</p> <p>Plateforme GED un seul document par projet pour éviter les doublons, le BIM de niveau 3 est possible qu'en interne</p> <p>On ne va pas plus loin que le 4D sauf le 6D pour de la synthèse architecturale</p> <p>AutoCAD géoréférencé IFC permet l'intégration de buisson, essence, colorimétrie, il est très proche d'un plan de VRD</p> |

Figure 103 : Tableau récapitulatif des enquêtes ouvertes (Source : réalisation personnelle)

ANNEXE 9 - Ouverture sur la partie discussion

Figure 104 : Schéma des catégories d'investissement mis en place par la méthodologie de travail BIM (Source : McGraw-Hill Construction, 2013)

Ce schéma décrit la notion temporelle d'acquisition des outils numériques par les acteurs, la perte de rendement occasionnée par ces nouvelles habitudes à prendre. Ce coût total comprend les différents matériels utilisés, les logiciels associés ainsi que les éventuelles formations pour maîtriser plus facilement les outils. Une moyenne de 15 000 euros représenterait la somme à déverser par poste de travail durant la première année de développement de cette méthodologie BIM (Frigelli, 2017)

