



HAL
open science

**L'intensité urbaine comme aide à l'amélioration :
conception d'un indice axé sur les usages et d'une
méthode pour l'évaluation de ses variables basée sur un
CIM**

Adeline Deprêtre

► **To cite this version:**

Adeline Deprêtre. L'intensité urbaine comme aide à l'amélioration : conception d'un indice axé sur les usages et d'une méthode pour l'évaluation de ses variables basée sur un CIM. Géographie. Université Paris-Est; Université de Mons, 2023. Français. NNT : 2023PESC0009 . tel-04629933

HAL Id: tel-04629933

<https://theses.hal.science/tel-04629933v1>

Submitted on 1 Jul 2024

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

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

THÈSE DE DOCTORAT



L'INTENSITÉ URBAINE COMME AIDE À L'AMÉLIORATION : CONCEPTION D'UN INDICE AXÉ SUR LES USAGES ET D'UNE MÉTHODE POUR L'ÉVALUATION DE SES VARIABLES BASÉE SUR UN CIM

Thèse de doctorat de l'Université de Mons
et de Paris-Est Sup

Ecole Doctorale Thématique AUIAU, EDT 62, Architecture, Urbanisme, Ingénierie Architecturale et Urbaine
Ecole doctorale n° 528, Ville, Transports et Territoires – Paris Est Sup
Art de bâtir, Urbanisme et Génie Urbain

Thèse préparée dans les unités de recherche **Lab'Urba et FA+U**
sous la direction de **Bruno BARROCA**, Professeur à l'Université Gustave Eiffel,
la co-direction de **Vincent BECUE**, Professeur à l'Université de Mons et à l'EIVP,
le co-encadrement de **Florence JACQUINOD**, Enseignant-Chercheur à l'EIVP,

Thèse soutenue à l'Université de Mons, le 29 juin 2023, par

Adeline DEPRETRE

Composition du jury

Membres du jury avec voix délibérative :

Aurélie DE BOISSIEU, Professeur titulaire, Université de Liège
Etienne GODIMUS, Professeur et Doyen, Université de Mons
Hafida BOULEKBACHE, Professeur, UPHF
Henry ABANDA, Professeur Agrégé, Université d'Oxford Brookes
Maria Fabrizia CLEMENTE, Chercheuse, Université de Naples Federico II

Présidente et examinatrice
Secrétaire et examinateur
Rapporteuse
Rapporteur
Examinatrice

REMERCIEMENTS

Bien que ce travail de longue haleine soit le fruit d'une épopée et d'une production personnelle, il n'aurait pas pu voir le jour sans l'accompagnement, le soutien et les apports de nombreuses personnes.

Je remercie tout d'abord mes directeurs de thèse, Vincent BECUE et Bruno BARROCA, pour l'opportunité qu'ils m'ont offert de réaliser cette thèse ainsi que pour les discussions et les apports particulièrement intéressants. Merci de m'avoir fait confiance et d'avoir enrichi ce travail jusqu'à sa fin.

Ensuite, je tiens à adresser mes remerciements les plus chaleureux et sincères à Florence JACQUINOD, co-encadrante de cette thèse, pour son indéfectible appui et pour sa passion de la recherche particulièrement contagieuse. Merci pour tout le temps qui m'a été accordé notamment dans les innombrables heures d'expérimentations et les nuits de préparation d'articles. Véritable guide dans les méandres du doctorat, l'aboutissement de cette thèse te doit énormément.

Pour suivre j'aimerais remercier les autres membres de mon comité de thèse à savoir Etienne GODIMUS, Aurélie de BOISSIEU et Gregorio SAURA LORENTE pour l'intérêt porté à mon travail, leurs conseils et critiques constructives ainsi que leur bienveillance.

Je souhaite aussi remercier les différents membres du jury de thèse, pour le temps qu'ils ont consacré à la lecture de ce manuscrit et sans qui ce travail ne pourrait être évalué ni validé.

Merci aux différentes personnes intégrées au projet E3S et aux chercheurs que j'ai pu rencontrer pour les discussions, entretiens, réunions et autres investissements.

Merci à l'ensemble des doctorants et chercheurs que j'ai côtoyé durant plusieurs années et avec qui une réelle amitié s'est créée dans les locaux du Verlaine d'abord et à la rue d'Houdain ensuite. J'adresse un merci tout particulier à Emeline et Elodie pour les symboliques discussions « cookies » ainsi qu'à Marianne, Alexis, Larissa, Anis et Sésil pour les nombreux partages et rigolades.

Sur un plan plus personnel, je tiens à rendre hommage à mes amis et ma famille pour leur soutien sans faille. Maman et papa, je vous suis reconnaissante pour tout ce que vous m'avez offert et permis d'accomplir. Merci à mes sœurs, Gwen et Emi, pour vos différents encouragements et réconforts quels qu'ils soient. Et finalement, je remercie profondément Florent, mon pilier de tous les jours, qui a réussi à me supporter et me maintenir sur les rails durant ce long parcours particulièrement mental qu'est la thèse. Merci de m'avoir écoutée, de m'avoir remonté le moral et de m'avoir toujours encouragée. Sans ton soutien inconditionnel, je ne serais pas parvenue à me dépasser toujours plus et maintenir le cap.

Je dédie ce travail à mon frère, Thomas, qui est parti bien trop tôt et n'a pas eu l'opportunité de suivre mon parcours jusqu'ici ainsi que mes divers accomplissements.

RÉSUMÉ

Cette thèse s'inscrit au cœur d'un projet de recherche-action (E3S) et associe diverses thématiques reliant les domaines de l'urbanisme, du génie urbain et des sciences de l'Information. Ce travail se concentre sur l'utilisation de modèles numériques sémantiques dans le cadre de la réalisation d'analyses spécifiques orientées sur l'aménagement pérenne et sobre. D'une part, la thèse interroge la possibilité pour le concept existant d'intensité urbaine, au cœur de multiples recherches depuis de nombreuses années, de constituer un outil d'analyse complet et adapté aux systèmes urbains. En effet, la notion d'intensité urbaine présente un potentiel certain pour une utilisation réfléchie des espaces dans un contexte de changements, de complexité grandissante et de consommation des espaces limitée. Cependant, ce concept reste flou, non défini unilatéralement et présente des caractéristiques variées selon les recherches à son égard. D'autre part, la thèse questionne les possibilités d'utilisation des City Information Models (CIM), au moyen des données qu'ils présentent, notamment pour réaliser des analyses urbaines spécifiques en phase de conception et à l'échelle du quartier. Au vu du développement grandissant de ces modèles, la question de l'utilisation, de la structure et du stockage des données qu'ils intègrent constitue un vaste terrain d'exploration pour de nombreuses recherches.

L'état des lieux concernant les thématiques abordées a permis de faire émerger trois hypothèses qui rythment le déroulement de cette recherche. Du fait de multiples changements dans les modes de vie, dans les rôles des espaces et dans les manières de les produire, la thèse part du postulat qu'un focus sur les usages des espaces est nécessaire pour le développement d'outils de conception adaptés. Elle pose également l'hypothèse que l'intensité urbaine, si elle est formalisée, peut être un moyen de saisir les réalités multiformes des systèmes urbains et d'adapter leur conception. Enfin, la dernière hypothèse suggère que les CIM peuvent permettre d'appréhender des notions multiples comme l'intensité urbaine au vu de la richesse qu'il présente en termes de données géométriques et sémantiques.

La démarche adoptée s'articulant de façon itérative entre des observations, des entretiens, des analyses de bonnes pratiques et référentiels, des échanges, des explorations et des expérimentations sur un CIM concret a permis de produire différents résultats répondant à la problématique de la thèse et validant les hypothèses. Dans un premier temps, la thèse propose une caractérisation et une formalisation d'un indice d'intensité urbaine ciblé sur les usages et des variables qui le composent comme outil d'analyse pour la phase de conception, dans une logique de pérennité et viabilité des espaces urbains. Ensuite, elle expose et met en évidence le potentiel des CIM pour de nouveaux usages encore inconnus, à savoir appréhender l'indice d'intensité d'usages préétabli, en établissant une méthode d'évaluation pertinente de sa variable principale. Enfin les différentes explorations et connaissances produites ont permis de constituer diverses préconisations générales et détaillées concernant la génération de modèles numériques sémantiques pertinents et adaptés aux analyses à une échelle urbaine.

Mots clés : Intensité urbaine, CIM, Usages, Méthode d'évaluation, Analyses urbaines, Conception, Quartier, Préconisations

RESUME

This thesis is part of an action-research project (E3S) and combines a variety of themes linking the fields of urban planning, urban engineering and information sciences. This work focuses on the use of semantic digital models in the framework of specific analyses oriented towards sustainable and sober development. Firstly, the thesis questions the possibility for the existing concept of urban intensity, which has been at the heart of multiple research projects for many years, to constitute a complete and adapted analysis tool for urban systems. Indeed, the notion of urban intensity has a potential for a thoughtful use of space in a changing context of increasing complexity and limited space consumption. However, this concept remains unclear, not unilaterally defined and has diverse characteristics according to researches on it. Moreover, the thesis questions the possibilities of using City Information Models (CIM), using the data they present, especially for specific urban analyses in the design phase and at the district level. Given the increasing development of these models, the use, structure and storage of the data they contain is a vast field of exploration for many research projects.

The state of the art concerning the themes tackled has allowed three hypotheses to emerge which are the basis for the development of this research. Because of multiple changes in lifestyles, in the role of spaces and in the ways of producing them, the thesis starts from the idea that a focus on the uses of spaces is necessary to develop adapted design tools. It also suggests that urban intensity, if it is formalised, can be a means of capturing the multifaceted realities of urban systems and adapting their design. Finally, the last hypothesis proposes that CIM can be used to capture multiple notions such as urban intensity because of its richness in geometric and semantic data.

The adopted approach, articulated iteratively between observations, interviews, analyses of good practices and reference systems, exchanges, explorations and experimentations on a concrete CIM, allowed to produce different results addressing the thesis' problematic and validating the hypotheses. Firstly, the thesis proposes a characterisation and formalisation of an urban intensity index targeted on uses and the variables that make it up as an analysis tool for the design phase, in a logic of sustainability and viability of urban spaces. Secondly, it exposes and highlights the potential of CIM for new, as yet unknown, uses, i.e. to capture the pre-established use intensity index, by establishing a relevant evaluation method for its main variable. Finally, the different explorations and knowledge produced have made it possible to constitute various general and detailed recommendations concerning the production of relevant semantic digital models adapted to analyses at an urban scale.

Keywords: Urban intensity, CIM, Uses, Evaluation method, Urban analyses, Design, District, Recommendations

TABLE DES MATIÈRES

RESUME.....	III
RESUME.....	V
TABLE DES MATIERES.....	VII
LISTE DES FIGURES.....	XI
LISTE DES TABLEAUX.....	XV
INTRODUCTION GENERALE.....	1
Le projet E3S comme terreau de réflexion et de développement du sujet.....	1
Une orientation induite par le contexte de recherche, l'encadrement et le domaine de formation.....	2
l'intérêt d'approfondir le champ de recherche de l'intensité urbaine.....	4
La multiplication des maquettes numériques urbaines appuyant le contexte de la recherche.....	6
Structure du manuscrit de thèse.....	8
PARTIE 1 : ÉVOLUTIVITÉ DES APPROCHES SPATIALES ET MUTATIONS DU SOCLE ANALYTIQUE.....	11
INTRODUCTION DE LA PARTIE 1.....	13
CHAPITRE 1 : ENTRE EVOLUTION ET COMPLEXITE : QUELS MOYENS POUR COMPRENDRE ET ADAPTER LES SYSTEMES URBAINS ?.....	15
1.1 Les espaces urbains, entre complexité et évolution.....	17
1.1.1 Un terrain spécifique et complexe.....	17
1.1.1.1 De la sectorisation de l'urbain à l'approche scalaire.....	18
1.1.1.2 Complexité et systèmes.....	20
1.1.2 Évolutions majeures dans l'aménagement des espaces.....	22
1.1.2.1 Changements et mouvements sociétaux impactants du siècle passé à aujourd'hui.....	23
1.1.2.2 Les types d'espaces de l'urbain : évolutions de la vision des espaces publics.....	26
1.1.2.3 L'urbanisme durable : pensée controversée au fil du temps.....	36
1.1.2.4 Des théories et pensées inspirantes.....	37
1.2 Les analyses urbaines pour la compréhension des espaces.....	43
1.2.1 Des outils nécessaires pour l'action urbanistique.....	43
1.2.1.1 Urbanisme et Aménagement du Territoire.....	43
1.2.1.2 Le diagnostic : étape indispensable en aménagement.....	46
1.2.1.3 Les objectifs des indicateurs et indices.....	48
Conclusion du Chapitre 1 : miser sur la pérennité et la vivabilité au moyen d'outils spécifiques.....	54
CHAPITRE 2 : LA RECHERCHE DE L'INTENSITE URBAINE POUR LA VIABILITE DES ESPACES ?.....	57
2.1 Introduction à un principe flou.....	59
2.1.1 Des origines fondées sur des idées et des actes antérieurs pour l'avenir.....	59
2.1.1.1 Les conséquences de certaines pratiques et de changements passés.....	59
2.2 Vers une compréhension du concept.....	69
2.2.1 Un concept multiple et peu défini malgré une utilisation croissante.....	69
2.2.1.1 Quels éléments de définition scientifique ?.....	69
2.2.1.2 Quels éléments de mise en œuvre opérationnelle ?.....	75
2.2.1.3 Quelles valeurs prospectées par les praticiens à propos de l'intensité urbaine ?.....	87
2.2.1.4 Quelles recherches sur l'intensité urbaine ?.....	88
2.2.1.5 Quelle méthode d'évaluation de l'intensité urbaine ?.....	92
2.2.1.6 Vers de nouvelles méthodes et outils adaptés.....	93
Conclusion du Chapitre 2: Favoriser l'emploi d'un concept global et le formaliser pour les aménagements ainsi que pour les analyses urbaines.....	94
CHAPITRE 3 : DEVELOPPEMENT ET SPECIFICITES DES CIM.....	97
3.1 Le recours aux représentations urbaines en marge des cim.....	99
3.1.1 Des représentations variées des espaces pour les analyser et les aménager.....	99
3.1.1.1 Des productions physiques.....	100
3.1.1.2 Des productions numériques.....	106

3.2	Focus sur les modèles 3d sémantiques urbains de type cim	119
3.2.1	Exploration de la notion de Digital Twin liée à l'étude du CIM	119
3.2.1.1	Qu'est-ce qu'un City Information Model (CIM) ?	120
3.2.1.2	Qu'est-ce qu'un Digital Twin (DT) ?	125
3.2.1.3	Quelles réalisations pratiques ?	129
	Conclusion du Chapitre 3 : Multiplication des modèles numériques sémantiques 3D urbains et potentiel pour les analyses urbaines	133
PARTIE 2 : CONCEPTION D'UN INDICE D'INTENSITÉ CONCRET BASÉ SUR L'HÉRITAGE D'EXPÉRIENCES		135
INTRODUCTION DE LA PARTIE 2.....		137
CHAPITRE 4 : POSITIONNEMENTS, OUTILS ET DEMARCHES DE RECHERCHE		139
4.1	Positionnements de la recherche.....	141
4.1.1	Objectifs.....	141
4.1.1.1	Formaliser un indice d'amélioration adapté à la complexité urbaine et pertinent ...	142
4.1.1.2	Établir une méthode pour l'évaluation d'une variable de l'indice d'intensité	143
4.1.1.3	Proposer des préconisations pour l'utilisation des CIM pour certaines analyses ...	143
4.1.2	Épistémologie et Méthodologie de la recherche	144
4.1.2.1	Un positionnement constructiviste.....	144
4.1.2.2	Une recherche – action – exploratoire, financée en partie par le Projet E3S	145
4.1.2.3	Une recherche en Génie urbain intégrant des réflexions de gestion et d'exploitation de données numériques	147
4.1.2.4	Les étapes de la recherche	148
4.1.2.5	Variation des méthodes d'accès aux données	151
4.2	Démarche de la recherche.....	159
4.2.1	Motifs et déroulé de la recherche	159
4.2.1.1	Élaboration d'une intention pour la recherche	159
4.2.1.2	Description de la « situation »	160
	Conclusion du chapitre 4 : Une recherche-action-exploratoire proposant des connaissances théoriques et des pistes de changement opérationnel	165
CHAPITRE 5 : VERS UNE CONCEPTION ET UN AMENAGEMENT PERENNE ET VIABLE DES ESPACES 167		
5.1	Quelles réalités traductrices de pérennité et de viabilité ?	169
5.1.1	Démarche méthodologique d'accès aux données	169
5.1.1.1	Appui sur des approches complémentaires	169
5.1.2	Données recueillies résultant des deux approches.....	171
5.1.2.1	Analyses des quartiers : approche pratique	171
5.1.2.2	Analyse des guides et référentiels : approche théorique	183
5.1.2.3	Catégorisation des principes issus des analyses :.....	188
5.1.2.4	Contributions et limites des analyses	192
	Conclusion du Chapitre 5 : Des principes théoriques et opérationnels à la base de nos réflexions	193
CHAPITRE 6 : LE CHOIX D'UN INDICE D'INTENSITE URBAINE ORIENTEE VERS LES USAGES.....		195
6.1	Vers un indice d'intensité ciblé.....	197
6.1.1	Pour une intensité des usages	197
6.1.1.1	Une orientation spécifique sur l'utilisateur et ses actions	197
6.1.1.2	Le choix de l'échelle du quartier pour son application.....	199
6.1.1.3	Le choix d'un indice d'aide à l'amélioration pour la conception	201
6.1.2	Quelle formalisation et cadre d'action de l'indice ?	202
6.1.2.1	L'intensité électrique : Analogie à l'origine de notre indice.....	202
6.1.2.2	Mise en place de l'indice et de ses variables	203
6.1.2.3	Cadre d'intervention de l'indice	204
6.2	Focus sur une variable de l'indice.....	207
6.2.1	Structure du potentiel d'usages	207
6.2.1.1	Une arborescence à quatre niveaux.....	207
6.2.2	Explications des critères et paramètres du Potentiel d'usages	214
6.2.2.1	État et qualité de l'environnement spatial.....	214
6.2.2.2	Développement, intérêt du territoire et réponses aux besoins des usagers	216

6.2.2.3	Attributs démographiques.....	218
	Conclusion du chapitre 6 : un indice d'amélioration pertinent basé sur une variable multiple et adaptée.....	221
	PARTIE 3 : QUEL POTENTIEL ET AVENIR DES MODÈLES SEMANTIQUES URBAINS POUR DES ANALYSES SPÉCIFIQUES ?.....	223
	INTRODUCTION DE LA PARTIE 3.....	225
	CHAPITRE 7 : EXPLOITATION D'UN CIM EXISTANT COMME BASE D'EXPÉRIMENTATIONS POUR LA METHODE.....	227
7.1	Appui sur un cas d'usage existant.....	229
7.1.1	Le Projet La Vallée comme terrain d'étude.....	229
7.1.1.1	Description du projet et du CIM.....	229
7.1.2	Données nécessaires au calcul du Potentiel d'usages.....	235
7.1.2.1	État et qualité de l'environnement spatial.....	235
7.1.2.2	Développement, intérêt du territoire et réponses aux besoins des usagers.....	239
7.1.2.3	Attributs démographiques.....	244
7.1.3	Exploration du cas d'étude.....	245
VII.1.3.1	Constats et identification des données utiles pour Le Potentiel d'usages.....	245
7.2	Conception du matériel pour les expérimentations.....	247
7.2.1	Établissement d'un modèle allégé.....	247
7.2.1.1	Processus de filtration et d'extraction des données.....	247
7.2.1.2	Traduction, réassemblage et ajouts de données.....	250
7.2.1.3	Vers un établissement de préconisations.....	255
7.2.2	Constats à propos des données contenues dans le CIM.....	255
7.2.2.1	Des variances entre la théorie et l'opérationnel.....	255
	Conclusion du chapitre 7: les CIM comme outils actualisés présentant du potentiel pour les aménagements urbains et qu'il est nécessaire d'affiner.....	259
	CHAPITRE 8 : METHODE DE QUANTIFICATION DU POTENTIEL D'USAGES, SYSTEME DE PONDERATION ET PRECONISATIONS.....	261
8.1	Expérimentations sur BASE DE la maquette allégée.....	263
8.1.1	Quantifier les paramètres du Potentiel d'usages.....	263
8.1.1.1	Description des processus automatisés de calcul des paramètres.....	263
8.2	Evaluation du Potentiel d'usages.....	290
8.2.1	Pondérer les paramètres du Potentiel d'usages.....	290
8.2.1.1	Le ressenti des usagers comme base pour la pondération.....	290
8.2.1.2	Le choix des réseaux de neurones artificiels.....	291
8.2.1.3	Méthode théorique de pondération par le réseau neuronal.....	295
8.3	développement des modèles sémantiques futurs.....	302
8.3.1	Établissement des préconisations.....	302
8.3.1.1	Préconisations générales relatives aux modèles sémantiques.....	302
8.3.1.2	Préconisations de conception des modèles sémantiques.....	304
8.3.1.3	Préconisations utiles relatives à l'échelle urbaine.....	306
	Conclusion : développement de méthodes de calcul et de pondération pour l'évaluation du potentiel d'usages et établissement de préconisations pour les modèles numériques urbains à venir.....	313
	CONCLUSION GENERALE.....	315
	Renouvellement des outils, méthodes et pratiques pour la production d'analyses urbaines centrées sur l'utilisateur.....	315
	Limites et perspectives.....	320
	BIBLIOGRAPHIE.....	323
	ANNEXES.....	347
ANNEXE 1.....		351
Guide d'entretiens de la première catégorie d'entretiens.....		351
ANNEXE 2.....		355
Synthèse de la première catégorie d'entretiens.....		355
ANNEXE 3.....		359
Guide d'entretiens de la seconde catégorie d'entretiens.....		359

ANNEXE 4.....	365
Entretien anonymisé 1- Chargé d'étude, 12 juillet 2022.....	365
Entretien anonymisé 2- Paysagiste, 10 juin 2022.....	371
Entretien anonymisé 3- Directeur d'agence, 10 juin 2022.....	380
Entretien anonymisé 4- Chargé de BIM, 13 juin 2022.....	387
Entretien anonymisé 5 – Architecte, 10 juin 2022.....	395
Entretien anonymisé 6 – Architecte, 15 juin 2022.....	403
Entretien anonymisé 7 – Urbaniste et BIM Manager, 16 juin 2022.....	411
Entretien anonymisé 8 – Architecte, 15 juin 2022.....	428
Entretien anonymisé 9 – Responsable technique, 8 aout 2022.....	435
ANNEXE 5.....	445
Synthèse de la deuxième catégorie d'entretiens.....	445
ANNEXE 6.....	453
Synthèse de l'analyse du Référentiel Quartiers Durables.....	453
Synthèse de l'analyse du Référentiel pour un Aménagement Durable du Territoire.....	454
Synthèse de l'analyse du Référentiel des Villes et Territoires Durables.....	455
Synthèse de l'analyse de la grille du RST02.....	456
ANNEXE 7.....	457
Processus de filtration pour l'extraction des données.....	457
ANNEXE 8.....	469
Détail des opérations des processus de quantification des paramètres.....	469
ANNEXE 9.....	483
Questionnaire d'influence des différents paramètre sur le ressenti.....	483
ANNEXE 10.....	491
Code informatique modélisant le réseau de neurones de pondération du Potentiel d'usage.....	491

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Schéma de structure du manuscrit, Illustration personnelle	10
Figure 2 : Modèle structurel de l'urbain selon Burgess, Park et Burgess (1967).....	18
Figure 3 : Dimensions de l'espace public selon M. Zepf (2004)	30
Figure 4 : Éléments participant à une perception positive d'un espace selon Montgomery (1998).....	31
Figure 5 : Les paramètres d'usage d'un espace public selon Dessouroux (2003)	31
Figure 6 : Schématisation de la ville du quart d'heure, © DPZ CoDesign	41
Figure 7 : Thèmes de la certification HQE Aménagement, Certivéa (2022).....	50
Figure 8: Exigences du label, Ministère de la Transition Ecologique (2022)	51
Figure 9 : Illustration de la théorie du Donut, Raworth,(2018)	53
Figure 10 : Urban Life Cycle, (Van den Berg et al., 1982)	60
Figure 11 : Comparaison des densités nettes selon les formes d'habitats, CAUE 93 (2014)	65
Figure 12 : Projet d'Écoquartier des Noés (gauche), APM Architecture et associés (2022) et sa situation (droite), Illustration personnelle	76
Figure 13 : Plan de situation du quartier des Noés, Illustration personnelle	76
Figure 14 : Crues décennales, triennales et centennales (Cerema, 2016).....	77
Figure 15 : Projet de Mantes Université (gauche), SEY (2017) et sa situation (droite), Illustration personnelle	79
Figure 16 : Situation de la ZAC Mantes Université, Illustration personnelle	80
Figure 17 : Situation et projet de la ZAC Mantes Université, Illustration personnelle	81
Figure 18 : Projet d'Ørestad (gauche), Estudio Lunar (2014) et situation (droite), Illustration personnelle	83
Figure 19 : Situation d'Ørestad, Illustration personnelle	84
Figure 20 : Ørestad Nord, Ørestad City et Ørestad Sud, Illustration personnelle	85
Figure 21 : Plan « Portrait » de Paris dit Plan de Bâle, Truschet & Hoyau (1552)	101
Figure 22 : Partie de la vue en perspective de Venise par Jacopo de' Barbari (1500).....	101
Figure 23 : «Modello o Sia Pianta di Genova », Garrè, G.B., Scaniglia, S., Corradi, P.A., Bianco, G.B., Torriglia, A., Ghiso, G.B., Storace, G.B., Torriglia G.B. (1656)	102
Figure 24 : Plan géométral de la ville, citadelles, port et arcenaux de Marseille, Joseph Razaud (1743)	103
Figure 25 : Plan-relief de la ville de Lille, Nicolas de Nézot (1743).....	104
Figure 26 : Maquette du Plan voisin, Le Corbusier (1925).....	104
Figure 27 : Maquette d'aménagement réalisée lors du cursus en Architecture de l'auteure, illustration personnelle	105
Figure 28: Maquette de Lyon Confluence exposée à la Maison de La Confluence.....	105
Figure 29 : Plan de secteur de la région de Mons, illustration personnelle (2023)	106
Figure 30 : Structure d'un SIG d'après Malczewski (1999).....	107
Figure 31 : Comparaison du mode Vecteur et Raster, (gauche) Godart (2022) et (droite) Chakhar (2006)	108
Figure 32 : Modules thématiques du CityGML, illustration personnelle d'après Kutzner et al. (2020)	110
Figure 33 : Niveaux de détails de la version 2.0 du CityGML, Biljecki et al.(2016).....	111
Figure 34 : Sélection des façades ensoleillées selon une requête spécifique (gauche) et zones d'inconfort selon une requête spécifique (droite), Siret et al. (2006).....	112

Figure 35 : Processus BIM, Celnik & Lebègue (2015)	113
Figure 36 : Hiérarchie d'héritage, Borrmann et al. (2018).....	113
Figure 37 : Relations entre les objets, Borrmann et al. (2018).....	114
Figure 38 : Hiérarchie d'agrégation spatiale des objets modélisés, Lozinski (2021)	114
Figure 39 : Représentation d'un bâtiment en BIM et ses propriétés sémantiques	115
Figure 40 : Simulation de la lumière du jour dans le logiciel Revit, Montiel-Santiago et al. (2020)	118
Figure 41 : Le CIM comme extension du BIM, illustration personnelle	124
Figure 42 : Données collectées au format BIM et SIG, Xu et al. (2014)	124
Figure 43 : Écosystème d'un DT, illustration personnelle d'après ARUP (2019).....	127
Figure 44 : Flux de collecte des données pour le CIM « sommaire », Duloup et Fredon (2019)	130
Figure 45 : Flux de collecte des données pour le CIM « immersif », Duloup et Fredon (2019).....	130
Figure 46 : Flux de travail de production du modèle maillé, Ville d'Helsinki (2019).....	131
Figure 47 : Conception des bâtiments existants via le balayage laser, Ville d'Helsinki (2019)	132
Figure 48 : Synthèse des objectifs, illustration personnelle	142
Figure 49 : Schéma des étapes de la recherche d'après Deprêtre et Jacquinod (2021).....	151
Figure 50 : Plan de situation du quartier de Hunziker Areal, Illustration personnelle	172
Figure 51 : Répartition des âges de la population (gauche) et de la taille des ménages (droite), illustration personnelle	173
Figure 52 : Situation des différents espaces publics du quartier d'Hunziker Areal, illustration personnelle	173
Figure 53 : Différentes architectures retrouvées à Hunziker Areal	174
Figure 54 : Éléments de mobilité du quartier d'Hunziker Areal, illustration personnelle	175
Figure 55 : Situation des services et équipements, illustration personnelle	176
Figure 56 : Situation du quartier d'Hammarby Sjöstad, illustration personnelle	177
Figure 57 : Configuration de la trame urbaine du quartier, illustration personnelle	179
Figure 58 : Perspectives de l'îlot en U (gauche) et aménagement de l'îlot en U (droite), illustration personnelle (gauche).....	179
Figure 59 : Situation des transports en commun d'Hammarby Sjöstad, illustration personnelle	180
Figure 60 : Différents types de voiries du quartier d'Hammarby Sjöstad, illustration personnelle	181
Figure 61 : Détail des types de voiries retrouvés à Hammarby Sjöstad, illustrations personnelles....	181
Figure 62 : Situation des services et équipements de Hammarby Sjöstad, illustration personnelle...	182
Figure 63 : Structure des catégories des principes	188
Figure 64 : Schématisation de notre vision de l'intensité des usages, Illustration personnelle	204
Figure 65 : Facteurs d'influence du Potentiel d'usages, illustration personnelle	208
Figure 66 : Thèmes relatifs aux facteurs d'influence du potentiel d'usages	210
Figure 67 : Critères relatifs aux facteurs d'influence et thèmes du potentiel d'usages	211
Figure 68 : Phase du Projet La Vallée, d'après Eiffage Aménagement (2018)	230
Figure 69 : Plan masse de l'écoquartier, Eiffage Aménagement (2018).....	231
Figure 70 : Généralisation de la structure du CIM du quartier La Vallée au format Natif (.nwd), illustration personnelle	232
Figure 71 : CIM de La Vallée au format natif (.nwd).....	233
Figure 72 : Structure du CIM de La Vallée et organisation des fichiers, illustration personnelle	234
Figure 73 : Diagramme d'activité pour le critère Imperméabilisation des sols	235

Figure 74 : Diagramme d'activité pour le critère Gabarits des îlots	236
Figure 75 : Diagramme d'activité pour le critère Ambiances urbaines	238
Figure 76 : Catégories d'arrêts et niveaux selon l'Observatoire du Territoire du Canton de Neuchâtel (2014)	239
Figure 77 : Diagramme d'activité pour le critère Mobilité	239
Figure 78 : Diagramme d'activité pour le critère Diversité fonctionnelle	241
Figure 79 : Diagramme d'activité pour le critère Visibilité et interactivité	242
Figure 80 : Diagramme d'activité pour le critère Adaptabilité.....	243
Figure 81 : Répartition temporelle des fonctions d'après Ghilardi+Hellsten Arkitekter (2019)	244
Figure 82 : Diagramme d'activité pour le critère Possibilités temporelles.....	244
Figure 83 : Diagramme d'activité pour le critère Densités statiques et dynamiques	244
Figure 84 : Diagramme d'activité pour le critère Profil de la population.....	245
Figure 85 : Schéma du processus de recherche et du Projet La Vallée, illustration personnelle	247
Figure 86 : Exemple de fichier initial et de données extraites, illustration personnelle basée sur les IFC individuels	248
Figure 87 : Processus de traduction des données du format IFC au format Shapefile	252
Figure 88 : Processus automatisé et résultat du calcul du paramètre « Superficie imperméabilisée »	265
Figure 89 : Processus automatisé et résultat du calcul du paramètre « Superficie perméable »	266
Figure 90 : Processus automatisé et résultat du calcul de la « Compacité énergétique »	268
Figure 91 : Processus automatisé et résultat du calcul de la « Compacité bâtie ».....	269
Figure 92 : Processus automatisé et résultat du calcul de la « Porosité horizontale ».....	270
Figure 93 : Processus automatisé et résultat du calcul de la « Porosité verticale »	271
Figure 94 : Processus automatisé et résultat du calcul de la « Diversité des âges »	272
Figure 95 : Processus automatisé et résultat du calcul de la « Diversité des matériaux »	273
Figure 96 : Processus automatisé et résultat du calcul de la « Variation dans le Vélum urbain »	274
Figure 97 : Processus automatisé et résultat du calcul de la « Porosité horizontale des Espaces publics ».....	275
Figure 98 : Processus automatisé et résultat du calcul de la « Desserte en Transports publics ».....	276
Figure 99 : Processus automatisé et résultat du calcul de la « Superficie des espaces alloués aux différents modes de déplacement »	277
Figure 100 : Processus automatisé et résultat du calcul de la « Diversité de l'offre en stationnement »	278
Figure 101 : Processus automatisé et résultat du calcul de la « Connexions aux autres quartiers »	278
Figure 102 : Processus automatisé et résultat du calcul de la « Diversité urbaine »	279
Figure 103 : Processus automatisé et résultat du calcul de la « Polyvalence des Espaces publics »	280
Figure 104 : Processus automatisé et résultat du calcul de la « Polyvalence des Lots constructifs »	281
Figure 105 : Processus automatisé et résultat du calcul de la « Accès aux bâtiments »	282
Figure 106 : Processus automatisé et résultat du calcul de la « Hauteur des rez-de -chaussée »	282
Figure 107 : Processus automatisé et résultat du calcul de la « Recul par rapport à la voirie »	283
Figure 108 : Processus automatisé et résultat du calcul de la « Transparence des rez-de-chaussée »	284
Figure 109 : Processus automatisé et résultat du calcul de la « Adaptabilité des espaces publics »	285
Figure 110 : Processus automatisé et résultat du calcul de la « Plage d'activité »	286

Figure 111 : Processus automatisé et résultat du calcul de la « Densité résidente ».....	287
Figure 112 : Processus automatisé et résultat du calcul des « Activités humaines ».....	287
Figure 113 : Données relatives aux ménages fiscaux de Châtenay-Malabry et leurs revenus, Insee (2022)	288
Figure 114 : Monitoring des quartiers, Institut Bruxellois de Statistique et d'Analyse (2022)	288
Figure 115 : Processus automatisé et résultat du calcul des « Répartition des âges ».....	289
Figure 116 : Architecture à cinq niveaux de la variable du Potentiel d'usages	292
Figure 117 : Représentation d'un neurone formel d'après Laqrichi (2015).....	293
Figure 118 : Représentations d'un réseau de neurones simple (gauche) et profond (droite)	294
Figure 119 : Import de TensorFlow, illustration personnelle	295
Figure 120 : Import des données des enquêtes par questionnaire, illustration personnelle	296
Figure 121 : Séparation des entrées et sorties relatives aux questions, illustration personnelle	296
Figure 122 : Fixation des poids 0 et 1 automatique, illustration personnelle	296
Figure 123 : Définition des couches définissant les critères, illustration personnelle	297
Figure 124 : Définition des couches définissant les thèmes et facteurs d'influence, illustration personnelle	297
Figure 125 : Génération de données synthétiques avec SDV Copula, illustration personnelle	298
Figure 126 : Tableau présentant des données générées sur base des 101 réponses aux enquêtes, illustration personnelle	298
Figure 127 : Entraînement du modèle, illustration personnelle	298
Figure 128 : Poids obtenus pour chaque paramètre, critère, thème et facteur d'influence du Potentiel d'usages, illustration personnelle	299
Figure 129 : Courbe d'évolution de l'erreur en fonction du nombre de répétitions d'entraînement souhaité, illustration personnelle	300
Figure 130 : Vecteur comprenant les valeurs calculées des paramètres avec le CIM La Vallée, illustration personnelle	300
Figure 131 : Vecteur comprenant des valeurs scénarisées pour chaque paramètre, illustration personnelle	301
Figure 132 : Test de modélisation par nature et usage des voiries, CIM de La Vallée.....	306
Figure 133 : Schéma UML des éléments nécessaires aux analyses urbaines, illustration personnelle	308

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Comparaison du parc de logement individuel en 1998, Halleux et al.(2002).....	25
Tableau 2 : Évolution du nombre d'habitants, du nombre de ménages et de leur taille de 1970 à 1991	26
Tableau 3 : Crédits disponibles pour chaque thématique, tableau personnel d'après BRE Group (2022)	49
Tableau 4 : Résultat des degrés de certification, Tableau personnel d'après BRE Group (2022)	50
Tableau 5 : Synthèse des visions de l'intensité dans la littérature	74
Tableau 6 : Synthèse des principes de mise en œuvre de l'intensité dans la littérature et l'opérationnel	87
Tableau 7 : Guides et référentiels sélectionnés pour analyse complète	171
Tableau 8 : Résumé catégorisé des principes de l'approche théorique	191
Tableau 9 : Résumé catégorisé des principes de l'approche pratique	192
Tableau 10 : Premier niveau des approches théoriques et pratiques	208
Tableau 11 : Niveau 2 de l'approche théorique et Niveau 3 de l'approche pratique	210
Tableau 12 : Structure complète de la variable Potentiel d'usages de l'indice	213
Tableau 13 : Heures d'ouverture et fermeture des fonctions	243
Tableau 14 : Données modélisées dans le CIM La Vallée au format natif (.nwd) sur BIM360.....	246
Tableau 15 : Classes de stockage d'IFC relatives aux données existantes extraites	250
Tableau 16 : Données ajoutées par classes d'IFC de stockage des données traduites	254
Tableau 17 : Préconisations détaillées de modélisation des entités géométriques et de propriétés liées pour des modèles sémantiques adaptés aux analyses urbaines.....	311

*« Comprendre, c'est compliquer. C'est enrichir en profondeur.
C'est élargir de proche en proche. C'est mêler à la vie. »*

Lucien Febvre, *Combats pour la vie*

INTRODUCTION GÉNÉRALE

LE PROJET E3S COMME TERREAU DE RÉFLEXION ET DE DÉVELOPPEMENT DU SUJET

Notre recherche doctorale s'inscrit dans le cadre de la démarche E3S (Écoquartier Smart Sobre et Secure) qui constitue un projet de recherche-action collaboratif autour de la conception et de la construction du quartier La Vallée à Châtenay-Malabry. La démarche E3S est animée parallèlement entre l'Université Gustave Eiffel et l'entreprise Eiffage. Le quartier La Vallée se construit selon trois phases dont la première est en cours d'exploitation et les deux suivantes en cours de conception et de construction. Le quartier La Vallée, qui présentera une programmation mixte, prend place sur l'ancien site de l'École Centrale de Paris et est une zone d'aménagement d'une vingtaine d'hectares.

Le projet E3S vise la promotion d'une approche intégrée de la planification urbaine, en utilisant des technologies innovantes de sorte à réduire la consommation d'énergie, améliorer la qualité de vie et garantir la sécurité des futurs résidents. De multiples thématiques sont abordées dans ce projet et incluent également des solutions de transport durables ou encore de la gestion de l'eau et de l'environnement. Au sein de la démarche E3S, les chercheurs et les praticiens travaillent ensemble afin de faire émerger des innovations au service de la durabilité à l'échelle urbaine et de réaliser diverses expérimentations sur le quartier même de La Vallée.

Le Projet E3S se subdivise en huit ateliers qui s'intéressent, pour chacun d'entre eux, à des thématiques différentes. L'atelier dans lequel s'insère notre recherche est intitulé « *Usages prédits et décrits par le numérique* » et rassemble des participants travaillant sur les usages des données géonumériques, et plus spécifiquement d'un City Information Model (CIM) du quartier, dans plusieurs domaines comme la mobilité, l'écoconception et les analyses urbaines. Les recherches de cet atelier s'appuient principalement sur une maquette numérique urbaine commandée par la SEMOP Châtenay-Malabry Parc centrale (société d'économie mixte à opération unique), appelée CIM La Vallée. En effet, le CIM en question est réalisé au fur et à mesure de la conception des différentes phases du quartier, en amont des chantiers, notamment dans le but de tirer profit du potentiel du BIM à l'échelle d'un quartier, mais aussi de livrer une maquette numérique à la collectivité en fin de chantier. Étant donné que le CIM est modélisé au fil des phases de conception et de construction, il représente donc l'avancement à un instant T et inclut divers niveaux de détails sur l'ensemble du modèle.

La thèse que nous présentons ici a été financée pour moitié par le Projet E3S. Ce contexte a ainsi fait émaner divers premiers objectifs de recherche relatifs au CIM La Vallée. En effet, nous avons ainsi été amenés à nous focaliser sur ce type de modèle spécifique (CIM) afin d'en rechercher de potentiels usages innovants, dans le cadre de la conception d'un quartier. Dans un second temps, la démarche E3S nous a aussi offert diverses opportunités lors de la réalisation même de notre travail de thèse. En ce sens, cet encadrement nous a donné la possibilité d'échanger avec des acteurs de terrain en charge de la conception et de la construction, mais aussi avec d'autres chercheurs. Enfin, nous avons eu un accès facilité au CIM du quartier, avant même que la construction n'ait lieu, et avons en l'occurrence pu assister aux diverses réunions organisées concernant le déroulé du projet de quartier et y intervenir. Le cadre de la démarche E3S a ainsi déterminé notre terrain de travail et a proposé un questionnement en lien avec le CIM produit, en nous laissant toute la liberté sur le déroulé, les processus et les résultats de nos recherches.

UNE ORIENTATION INDUITE PAR LE CONTEXTE DE RECHERCHE, L'ENCADREMENT ET LE DOMAINE DE FORMATION

Nous nous sommes, au début de notre travail de recherche, intéressés plus en profondeur aux stratégies d'aménagements mises en place depuis plusieurs décennies dans des zones urbaines et par la suite dans le quartier La Vallée. Ainsi, il est aisé de constater que, dans une grande partie des aménagements des villes ou dans des parties spécifiques de ces dernières, la quantité d'espaces investie semble parfois gigantesque à la vue de l'exploitation qui en est faite. La vacance immobilière et les grandes surfaces d'espaces publics désertées guettent de nombreux quartiers, même dans les grandes villes très prisées comme Bruxelles ou Paris. Pourtant, de nombreuses réflexions sur la consommation plus sobre en espaces (Ministère de la Transition écologique et de la cohésion des territoires & Ministère de la Transition énergétique, 2022), étant donné sa rareté grandissante, se développent dans le cadre d'opérations d'aménagements ou de réaménagements urbains. Les profils de certains encadrants et de la doctorante ont déclenché la suite des investigations et discussions dans ce sens, de sorte à construire une réflexion sur ces constats. En effet, étant donné que certains directeurs de thèses se focalisent principalement sur des questionnements issus de l'architecture, de l'urbanisme ou du Génie urbain et que la doctorante présente une formation d'architecte à finalité spécialisée en urbanisme, l'orientation des recherches dans le domaine de la conception urbanistique était évidente. D'autant plus que le développement de propositions pour une planification plus soutenable, pérenne, vivable et raisonnée est, plus que jamais, un impératif dans la profession. Par ailleurs, nous nous sommes questionnés sur la signification et les principes pensés par les concepteurs du quartier La Vallée derrière la notion « Intense » fièrement arborée par ces derniers. Ce cadre nous a ainsi conduits à nous intéresser à des dispositifs et concepts existants, relatif à la notion d'intensité mise en valeur dans le projet La Vallée, qui pourrait permettre d'accompagner la transition vers un aménagement plus réflexif et adapté aux enjeux de sobriété. Dès lors, la trajectoire de la thèse s'est dessinée, tout comme les objectifs complémentaires à ceux induits primairement par la démarche E3S, à savoir la recherche des usages potentiels d'un CIM. En ce sens, un bref état de l'art au début du

travail de recherche a fait remonter le concept d'intensité urbaine à la surface, jugé comme porteur pour une planification plus pérenne et soutenable et faisant l'objet de plusieurs études (Amphoux, 2003; Barretto et al., 2012; Da Cunha & Kaiser, 2009; Darley et al., 2009; Fouchier, 2010; Guan & Rowe, 2016; Ku, 2020; Meiqing, 2018; Muminovic, 2014; Sevtsuk et al., 2013; Stonor, 2019).

L'intérêt développé à l'égard du concept d'intensité urbaine dans notre travail est aussi naturellement souligné par les enjeux environnementaux et sociétaux, mis en évidence depuis plusieurs décennies. Effectivement, il est reconnu que le secteur de l'urbanisme et de l'aménagement joue un rôle clé dans le processus d'atténuation de l'impact sur les ressources, mais aussi dans celui d'amélioration des conditions de vie et d'accomplissement des citoyens. Plusieurs congrès et rapports ont ainsi abordé ces préoccupations concernant l'homme et son environnement. Par exemple, en octobre 1972, le rapport Meadows, rédigé par le Club de Rome, soulignait déjà la mise en péril de l'environnement et, en d'autres mots, de l'humanité. La croissance était vue comme un danger, entre autres, concernant l'épuisement des ressources et la dégradation de l'environnement. Durant cette période et en raison de la croissance abrupte de la population, les conditions de vie se sont peu à peu détériorées et la fracture sociale s'est de plus en plus marquée. D'autres documents ayant pour but d'éveiller les consciences et de faire naître des actions innovantes se sont également développés dans la foulée. En effet, en avril 1987, le Rapport Brundtland, dans sa première version, appelait à un développement plus soutenable, de sorte à garantir l'avenir de la planète, de ses habitants, mais aussi d'assurer la réponse à leurs besoins. Il remettait en question les modes de consommations et incitait au développement de nouvelles stratégies pour assurer une bonne pérennité environnementale et sociétale. Peu de temps après, en novembre 1988, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat s'est créé. S'en sont suivis de multiples rapports jusqu'à aujourd'hui (six au total) qui rendent compte, à la suite d'évaluations objectives et scientifiques, du contexte sociétal alarmant, en soulevant diverses problématiques qu'elles soient sociales, économiques ou environnementales. Les Agendas 21, développant des pistes de solution concrètes, ont également éclos quelques années plus tard (1992), lors du sommet de Rio. C'est pourquoi, l'orientation de notre travail de recherche sur des thématiques liées aux aménagements urbanistiques s'explique très naturellement

Plus récemment, et spécifiquement au début de notre travail de recherche – en novembre 2019 – la crise du coronavirus SARS-CoV-2, plus communément appelé COVID-19, s'est développée. Les confinements se sont multipliés et ont impliqué des conditions de vie parfois très problématiques. L'espace public, pourtant si important pour l'épanouissement, mais aussi la santé et les interactions sociales, ont par ailleurs été régulé par rapport à l'habitude. Le constat déjà réalisé dans les années 70', observant la perte de liens sociaux en raison de la sectorisation des espaces promus par l'urbanisme moderniste, s'est à nouveau reproduit, mais dans un contexte différent. Cette crise sanitaire a ainsi souligné une fois de plus l'importance des contacts, des relations et de la cohésion sociale. L'épanouissement, la réponse aux besoins et le bien-être, bien qu'ils soient au cœur des priorités depuis les années 90' ont alors une fois de plus été remis sur le devant de la scène et se sont avérés être des contraintes inévitables pour la conception et la planification.

Par ailleurs, il nous semble que ces rapports et événements non exhaustifs soulèvent notamment que la discipline urbanistique et la conception en elle-même devraient évoluer au gré des crises, des changements et devrait s'adapter de sorte à répondre aux multiples défis qui se dressent. L'augmentation de la population urbaine ainsi que la pression sur les ressources est de plus en plus forte. Les modes de consommation soutenus jusqu'à aujourd'hui impliquent le développement de réflexions spécifiques sur les stratégies d'urbanisme à adopter. En effet, il est indispensable que les praticiens des espaces garantissent d'une part, un développement pérenne des espaces urbains minimisant les impacts sur l'environnement et d'autre part cernent les besoins minimaux des hommes nécessaires à leur réalisation. Cependant, notamment en Europe, l'importance a souvent été placée sur le rendement financier des espaces construits et d'autres objectifs à court terme plutôt qu'orienté sur la qualité de vie des habitants. L'orientation sur les usagers, sur leur bien-être dans l'urbain et la préservation de cet environnement ne doit pourtant pas être uniquement abordée a posteriori ou être considérée comme accessoire (AMU, 2020). Effectivement, nous pensons que cette dernière doit se matérialiser sous la forme d'approches adaptées où la pérennité des lieux et la réponse aux besoins des usagers règnent en maître et animent les diverses politiques de conception.

Dans ce domaine, les analyses urbaines constituent une base de travail et de développement des réflexions pour les architectes, urbanistes, chargés d'études ou pour tout concepteur d'espace. Elles permettent de rendre compte de faits, comme la structure de l'espace ou les dynamiques de déplacements présentes, et de développer des stratégies à long terme pour les espaces urbains. De plus, elles orientent généralement les décisions et les applications des politiques urbaines pour qu'elles contribuent positivement à la qualité de vie des habitants. Aujourd'hui et plus que jamais, il est indispensable que les outils pour réaliser ces analyses urbaines soient actualisés et globaux, afin d'offrir une perspective plus complète pour aider à planifier et concevoir demain de façon intégrée et responsable. En effet, la notion de globalité n'est pas liée au hasard et est induite par les interactions qu'entretiennent les espaces urbains avec d'autres éléments comme la mobilité, les usagers ou encore l'environnement sur lequel il est établi. Ces différents facteurs « extérieurs » influencent les manières dont l'espace doit être appréhendé et souligne la nature multidimensionnelle que les outils doivent essentiellement présenter. Étant donné que l'état de l'art sur la notion d'intensité urbaine, réalisé aux prémices de notre recherche, a fait ressortir son caractère composite, il nous a semblé pertinent de proposer de l'étudier dans le cadre de la réalisation d'analyses urbaines, pour une conception plus adéquate et actualisée.

L'INTÉRÊT D'APPROFONDIR LE CHAMP DE RECHERCHE DE L'INTENSITÉ URBAINE

Les questionnements suscités par le terme « intense » attribué à certaines opérations, le manque de réponse retrouvées dans ce cadre ainsi que les recherches primaires à l'égard de l'intensité urbaine nous ont poussés à développer cet angle de recherche qui nous semblait alors plutôt creux en termes de définitions et assez flou selon les différents discours à son égard. Selon Carmona et Sieh (2004), la qualité de vie est un vaste sujet de préoccupation des praticiens de la planification et de la conception.

Lorsqu'on explore la littérature scientifique actuelle se rapportant à la qualité de vie, nous relevons de nombreuses discussions affirmant que le dynamisme urbain est un élément indispensable à sa mise en œuvre. Depuis les années 90' et le développement de théories urbanistiques telles que le « New Urbanism » ou encore la « Smart City » plusieurs auteurs, comme Grant (2006) ou encore Sternberg (2000), soutiennent que ce dynamisme, reflétant un intérêt commun pour le lieu, jouerait un rôle majeur dans le bien-être général des usagers. Ainsi, les lieux présentant une intensité urbaine, ou une vitalité, plus importante intégreraient une qualité de vie plus remarquable grâce aux interactions et aux actions qu'elle induit (Montgomery, 1998).

L'intensité urbaine, traduite la plupart du temps comme la densité d'occupation de la population et des diverses activités dans une zone urbaine spécifique est étudiée et envisagée comme jouant un rôle capital dans la gestion des défis auxquels la planification et la conception doivent répondre. Initiée comme terme moins agressif et plus complet que celui de la densité, elle est aujourd'hui aussi appelée revitalisation urbaine ou encore développement intérieur. Elle est observée comme manifestant l'intérêt et la qualité urbaine, impactant positivement la durabilité des lieux et leur utilisation par la population. En augmentant l'intensité urbaine, les zones urbaines seraient en mesure réduire la consommation d'espace, d'optimiser davantage l'emploi des ressources et maximiser l'offre en termes de besoins aux utilisateurs. Ce concept est visualisé comme intégrant de multiples facettes connexes à l'urbanisme et constituerait un outil relativement adapté aux attentes en termes d'analyses urbaines. En ce sens, les analyses urbaines conditionnent les aménagements et le focus sur l'intensité urbaine pourrait être en adéquation avec les ambitions de dynamisme et de maximisation de l'usage de l'espace. Cependant, la caractérisation formelle de l'intensité urbaine reste un défi majeur, tant il existe de visions de cette notion. Par ailleurs, elle est abordée comme véritable tremplin pour une conception plus centrée sur les besoins des utilisateurs ainsi que pour la minimisation de l'impact sur les ressources en général, grâce à la multiplication des utilisations de l'espace qu'elle permettrait.

Da Cunha (2015) met en évidence que la fréquentation des espaces urbains publics caractérise la qualité d'un espace. Il soutient d'ailleurs que la diminution des distances entre les espaces supportant les activités quotidiennes, impliquant une limitation de l'empreinte de ces espaces, est une intention ferme depuis de nombreuses années. Ainsi, le même auteur affirme que des relations entre la façon dont les espaces sont organisés, l'empreinte écologique et l'utilisation plus vertueuse de ces espaces sont à mettre en évidence. Cette pensée nous amène à reconsidérer particulièrement l'optimisation de l'organisation urbaine, de sorte à assurer une meilleure qualité de vie et durabilité.

En outre, la diversification et la densification des usages, de sorte à répondre aux différents besoins des citoyens et aux impératifs de sobriété environnementale, sont également de plus en plus intégrées aux décisions programmatiques de nombreux projets. Par exemple, différents bureaux d'architecture et d'urbanisme des Pays-Bas en font leur fer de lance de recherche, comme dans la redynamisation du Port de Hamburg et la Markthall réalisés par le bureau MVRDV ou encore dans le projet « De Rotterdam » de Rem Koolhaas. Ces priorités de développement ramènent ainsi le sujet de la diversité

d'usages, l'usager lui-même ainsi que ses besoins au cœur des préoccupations d'aménagement. En écrivant « *L'intensité urbaine est la densité d'activités* », Béatrice Mariolle (2007, p. 65) souligne la notion d'usage rattachée et majoritairement partagée du concept discuté. Les ambitions portées par l'intensité urbaine semblent donc se rapprocher intimement des enjeux architecturaux et urbanistiques de notre siècle, en favorisant une utilisation plus vertueuse de l'espace existant, dont le potentiel est souvent trop peu exploité, se manifestant par une obsolescence rapide des espaces. Toutefois, les usages faits des lieux semblent influencés par de nombreux facteurs comme la disposition et l'offre en infrastructures et services publics, ainsi que par les caractéristiques socioculturelles des populations ou encore les différents dispositifs de mobilités qui sont développés. C'est pour cette raison que nous nous sommes centrés sur la mise en place d'une méthode fiable et formalisée pour la caractérisation de l'intensité urbaine centrée sur les usages.

Bien que le concept d'intensité urbaine soit au centre des attentions et influencerait positivement les espaces, il est important de mettre en évidence qu'elle est souvent observée après l'édification des aménagements. Cette focalisation à *posteriori*, c'est-à-dire après que l'espace ait été accaparé, nous semble peu propice à un aménagement le plus pérenne et optimisé possible. C'est pourquoi il nous semble indispensable de centrer cette recherche d'intensité axée sur les usages en phase de conception, bien en amont de la construction et de l'exploitation. L'idée majeure est ainsi de produire un espace dont l'utilisation est maximisée et dont la conception peut être améliorée grâce à ce type d'analyse avant même la mise en chantier.

Dans un premier temps, nous nous questionnons donc sur le développement d'une approche indicielle efficace pour caractériser et évaluer l'intensité urbaine ciblée sur les usages, de sorte à constituer un outil global et actualisé d'aide à la décision et d'amélioration dans la phase de conception.

LA MULTIPLICATION DES MAQUETTES NUMÉRIQUES URBAINES APPUYANT LE CONTEXTE DE LA RECHERCHE

La transition numérique, et son développement dans le cadre de l'architecture et l'urbanisme, n'en sont plus à leurs débuts. Nous pouvons notamment souligner l'expansion du BIM (Building Information Modelling) qui est en marche et commence à gagner de nombreux bureaux lors de la réalisation de multiples projets et dans plusieurs pays d'Europe, notamment en Grande-Bretagne, aux Pays-Bas, au Danemark ou encore en France et en Belgique. Ce processus, ciblé sur l'échelle du bâtiment, qui a pour objectif de minimiser les coûts d'un projet, de prévoir les divers aléas et de maximiser la collaboration soutient la conception de maquettes numériques tridimensionnelles enrichies en données pertinentes relatives à la construction et disponibles tout au long du cycle de vie du projet. Grâce au succès grandissant du BIM, son homologue à l'échelle urbaine, le CIM (City Information Modelling) est de plus en plus demandé dans les projets à une grande échelle, bien que peu de cas existent encore. À côté de ce modèle spécifique, les jumeaux numériques, en raison de leur large développement dans le

secteur de l'industrie, sont également de plus en plus discutés dans le secteur de la planification, comme en démontre le programme de jumeau numérique national de la Grande-Bretagne (Centre for Digital Built Britain, 2020). Quelles sont donc les motivations qui incitent les autorités et praticiens à la tête de projets variés de développer des modèles numériques urbains enrichis sémantiquement ? L'une des réponses à cette question est le potentiel que peuvent fournir ces maquettes numériques lors de l'entièreté du cycle de vie des projets, déjà mis en évidence dans le BIM.

En effet, ces différents modèles, représentant les infrastructures et les différents éléments constituant des espaces urbains, semblent présenter de nombreux avantages et possibilités pour une planification plus réflexive, voire « *intelligente* » et adaptée aux enjeux actuels. Le terme « *intelligente* » traduit ici une meilleure compréhension et gestion grâce au rassemblement d'informations. Les CIM constitueraient de réels tremplins pour aider les planificateurs à prendre des décisions grâce aux données contenues dans ces maquettes, à gérer l'impact sur les ressources et à coordonner les projets de développement des zones urbaines. Ainsi, les avantages cités des maquettes numériques urbaines incluent une meilleure compréhension des infrastructures existantes, une planification plus efficace des nouveaux projets grâce aux analyses variées, une amélioration de la coordination entre les différents acteurs impliqués dans le développement des espaces urbains, le tout dans des phases très avancées et en amont du projet.

Le contexte de la démarche E3S dans lequel s'intègre notre recherche, les diverses possibilités pour les praticiens de la planification / conception ainsi que les avantages revendiqués dans les recherches théoriques nous amènent à penser que les modèles numériques urbains pourraient constituer une potentielle aide dans le processus d'analyses urbaines. La question est donc de déterminer si les avantages théoriques revendiqués de ces modèles peuvent réellement être appliqués dans le secteur opérationnel. Plus précisément, nous pensons qu'il serait intéressant, et nécessaire étant donné leur déploiement, de mesurer la pertinence et la fiabilité de ces modèles numériques urbains pour des analyses urbaines spécifiques, et déterminer s'ils forment une solution viable et réaliste pour les concepteurs et décideurs en matière de planification urbaine. Pour Antonio Da Cunha (2015), il est important que l'urbanisme repose sur une mutualisation des disciplines et des connaissances afin qu'il soit possible de développer des méthodes nouvelles et des outils appropriés à un aménagement pérenne et qualitatif.

Nous souhaitons ainsi nous interroger, par l'expérimentation d'un cas réel, sur le potentiel des maquettes numériques à l'échelle du quartier ou de la ville de type CIM, à former une base de données pertinente pour réaliser des analyses urbaines spécifiques – comme l'intensité urbaine axée sur les usages – durant la phase de conception d'un projet.

STRUCTURE DU MANUSCRIT DE THÈSE

La thèse que nous présentons ici est multidisciplinaire, car elle associe les domaines de l'urbanisme et des sciences géographiques, mais aussi multithématique, étant donné que nous nous intéressons à la notion d'intensité urbaine et au potentiel des modèles numériques urbains comme les CIM. Cependant, nous avons directement souhaité établir une liaison de ces deux thématiques, de sorte à produire des connaissances les plus porteuses possibles au sein des diverses disciplines touchées dans le monde opérationnel relatif à la conception et la construction des espaces. La thèse est donc construite sur base de trois parties que nous expliquons en détail ci-après et qui est résumé dans la Figure 1.

La première partie de la rédaction constitue une contextualisation vis-à-vis du sujet de recherche ainsi que l'établissement de l'état de l'art des deux thématiques principales que nous abordons dans nos recherches. Nous débutons en abordant certaines des évolutions qui se sont succédé concernant la vision et l'organisation des espaces urbains ainsi que leurs analyses pour l'appréhender. Nous revenons ainsi sur certains changements d'approches qui se sont enchaînés en raison de la complexité de ces zones. Par ailleurs, nous nous recentrons sur des modèles emblématiques en termes de structures spatiale et sociale, constituant des piliers théoriques pour les urbanistes et aménageurs des espaces urbains contemporains. Ensuite, nous approchons des éléments historiques et sociétaux particuliers qui ont marqué l'aménagement et l'organisation des aires urbaines du dernier siècle et ont constitué de véritables impulsions au changement en termes de conception et de planification. Au travers du premier chapitre, nous soulignons l'intérêt de considérer de façon non accessoire l'usager et le rôle des espaces publics dans leur réalisation quotidienne ainsi que l'importance des analyses urbaines pour à la fois réfléchir à la diminution des pressions engendrées par les opérations urbanistiques traditionnelles sur notre environnement et à la fois, répondre plus humainement aux attentes des utilisateurs des espaces urbains. Une première hypothèse a ainsi pu être formulée, privilégiant un focus sur les usages des espaces dans le développement d'outils pour la conception. De plus, il introduit directement les deux chapitres suivants, qui se focalisent respectivement sur les revues de littérature pour l'une, de la notion d'intensité urbaine qui présente un vaste potentiel pour les analyses urbaines et pour l'autre, des modèles numériques de type CIM induits et cernés en raison du projet E3S. Le chapitre 2 détaille ainsi les intrants du basculement vers des concepts plus complets comme celui de l'intensité urbaine, mais aussi les grands principes théoriques et pratiques retrouvés derrière la notion. Une seconde hypothèse découle de ce chapitre, nous amenant à considérer l'Intensité urbaine comme un outil d'analyse urbaine capable de saisir les réalités multiformes des systèmes urbains et d'adapter leur conception. En contrepartie, le chapitre 3 se concentre sur l'évolution d'outils amenant au CIM pour la réalisation d'analyses urbaines diverses depuis les représentations visuelles jusqu'à la maquette numérique, étant donné que c'est sur ces modèles que nous nous concentrons dans cette recherche. Dans ce troisième chapitre, nous dressons aussi un état de l'art sur des modèles sémantiques portant le label CIM ainsi que le label de jumeau numérique (DT). En effet, l'exploration des jumeaux numériques s'est révélée nécessaire à la suite de notre étude des CIM, étant donné que certains modèles peuvent être définis comme des CIM, mais portent la dénomination de jumeau numérique. Notre troisième hypothèse émane

de ce chapitre et suggère que des modèles numériques sémantiques comme les CIM peuvent permettre d'appréhender des notions multiples comme l'intensité urbaine.

La **seconde partie** débute par un chapitre méthodologique décrivant l'entièreté de notre processus de réflexion et de réalisation de cette recherche. Le chapitre 4 aborde ainsi notre positionnement et les outils et méthodes utilisés afin d'aboutir à nos résultats. La suite de la seconde partie se subdivise en deux chapitres alternants entre analyses et productions de résultats répondant à nos premiers questionnements concernant la caractérisation et la formalisation de l'intensité urbaine. Le chapitre 5 s'intéresse donc à l'analyse d'opérations concrètes et de guides théoriques permettant d'établir des listes regroupant les éléments garantissant la qualité et la pérennité des espaces, liées au concept d'intensité urbaine. Quant au chapitre 6, il constitue une suite directe aux analyses reposant sur les deux approches performées au préalable, de sorte à formaliser notre vision de l'intensité urbaine au travers d'un indice, à savoir l'intensité orientée sur les usages, et à aborder plus spécifiquement une variable en particulier de cet indice. La production de ces premiers résultats figure essentielle pour la suite de notre travail étant donné qu'elle est à la base des ambitions portées par notre second questionnement, qui est abordé dans la dernière partie du manuscrit.

Enfin, la **dernière partie** s'intéresse majoritairement au développement de la méthode pour l'évaluation de l'intensité urbaine mise en place dans la deuxième partie, aux principaux moyens employés pour y parvenir, ainsi qu'aux préconisations pour l'adaptation de ces outils. En effet, le Chapitre 7 se focalise sur notre cas d'étude, le CIM de la Vallée, afin de présenter les données qu'il présente et qui nous ont été utiles pour développer la méthode d'évaluation et réaliser nos expérimentations. Nous établissons aussi dans ce chapitre un protocole précis qui met en évidence les données minimales nécessaires pour évaluer la variable principale de l'intensité urbaine d'usages. Cette focalisation, d'une part, sur les données disponibles dans notre cas d'étude et, d'autre part, sur les données requises pour le calcul de la variable de l'indice d'intensité urbaine, rend possible la production d'un support exploitable pour nos expérimentations, qui est expliquée pour clôturer le septième chapitre. Finalement, le chapitre 8 expose les diverses expérimentations et leur processus automatisés pour calculer l'ensemble des constituants de la variable majeure de notre intensité urbaine sur base du CIM de La Vallée. Il aborde également la méthode choisie pour pondérer chacun des constituants calculés au préalable et établis par la suite des recommandations quant aux données, leur structure et leur exhaustivité. La dernière partie fournit ainsi d'autres résultats, qui sont la méthode d'évaluation de l'indice d'intensité établi comme résultat primaire sur base du CIM de La Vallée, décrivant leur potentiel et leur pertinence, et des préconisations pour améliorer les maquettes numériques futures de sorte à maximiser leur adéquation pour la réalisation d'analyses urbaines.

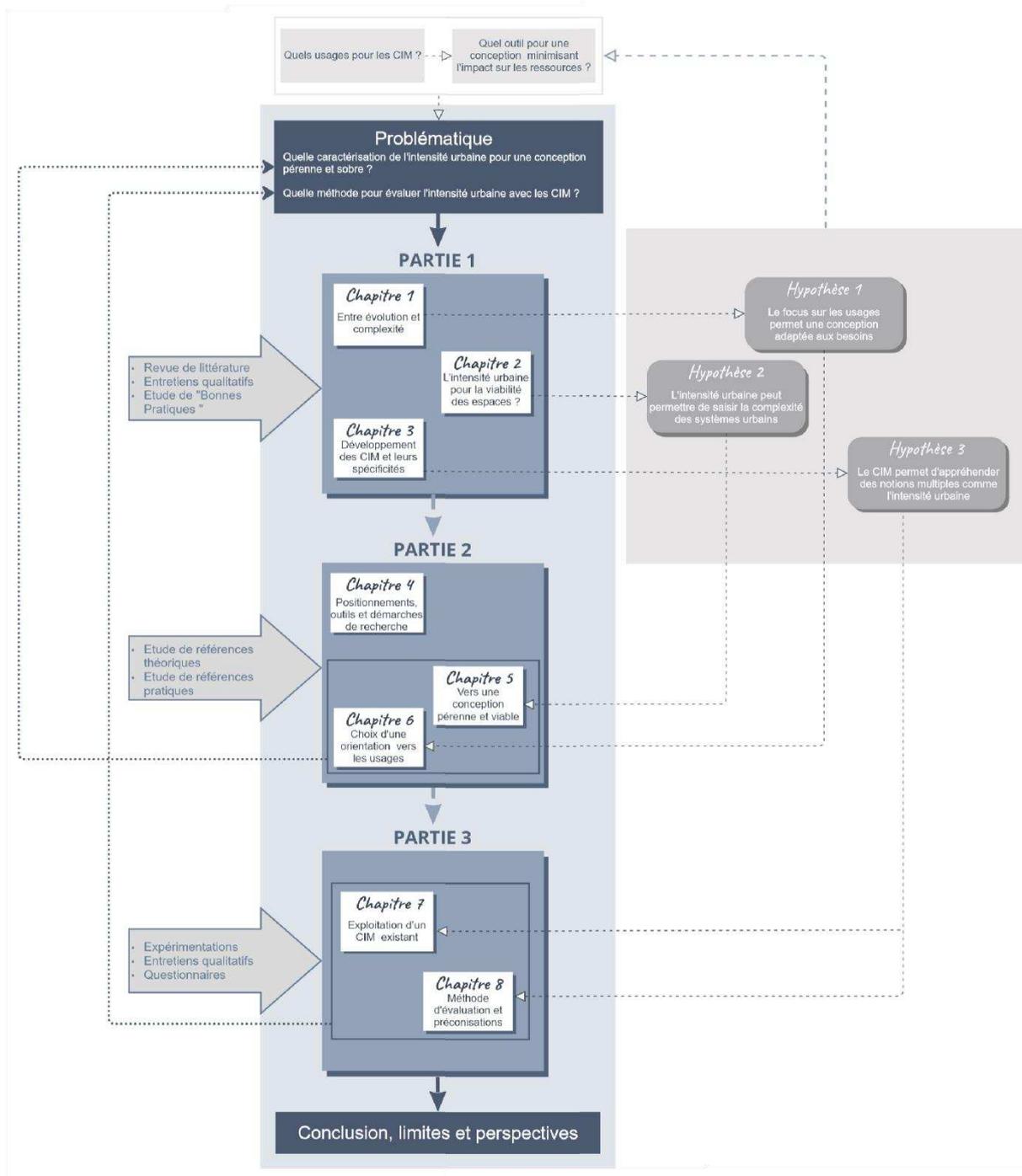


Figure 1 : Schéma de structure du manuscrit, Illustration personnelle

PARTIE 1 :

ÉVOLUTIVITÉ DES APPROCHES SPATIALES ET MUTATIONS DU SOCLE ANALYTIQUE

INTRODUCTION DE LA PARTIE 1

Différents changements ont pu être observés au cours du dernier siècle du point de vue urbanistique, autant concernant le contenant, à savoir l'utilisation des espaces, leurs accès ou encore leur utilisation que du contenu, c'est à dire, la société, ses activités, ses modes de vie et modes de déplacements. Selon nous, les façons de concevoir l'espace et de l'étudier devraient alors prendre en compte ces évolutions observées ainsi que les multiples dimensions qui l'impactent. Un des objectifs de cette thèse est de nous intéresser à des approches considérées comme innovantes en termes d'analyses et de conception spatiale. En effet, les besoins des citoyens évoluent en raison de la transformation de la structure des ménages, des manières d'habiter, de travailler, ou encore de faire des liens. Dans ce contexte, la première partie de cette recherche a pour ambition de :

- Mettre en évidence que les changements qui se sont succédé, les mutations dans la pratique des espaces et les impératifs de transition environnementale et sociétale amplifient la complexité d'organisation des systèmes urbains et appellent à des notions et méthodes multithématiques, orientant vers une compréhension et une conception plus résiliente et viable.
- Explorer et évaluer la pertinence de concepts existants, comme celui d'intensité urbaine, qui sont peu définis, mais considérés comme essentiels à une réflexion globale, qualitative et résultant de conséquences spatiales et sociales diverses.
- Étudier les possibilités attribuées à des outils fortement demandés dans des projets urbains comme le CIM et les définir dans une optique d'utilisation pour la conception et les analyses urbaines.

Afin d'y parvenir, le chapitre 1, après avoir contextualisé la complexité du terrain auquel notre étude s'intéresse, aborde certains événements majeurs qui ont impulsé un changement dans les façons de planifier, d'aménager et d'utiliser les espaces bâtis. Dans un premier temps, notre approche se concentre sur les changements sociétaux qui ont impliqué des modifications dans les pratiques et dans les attentes des populations urbaines, notamment en ce qui concerne les espaces publics et leur rôle. Nous questionnons également la notion d'urbanisme durable introduite au cours de ces changements. Est-elle unanimement partagée ? Porte-t-elle toujours le même message ? Rassemble-t-elle les acteurs de l'aménagement autour d'objectifs communs ? Autant de questions traitées afin de développer des éléments de réponses en interrogeant des pensées, théories et mouvements, qui offrent de potentielles nouvelles pistes pertinentes d'action. Étant donné le cadre de notre recherche et nos thématiques de recherche, l'intérêt des analyses urbaines, comme étape indispensable à l'action, est approché, tout

comme la nécessité d'élargir le panel d'outils et leurs objectifs en faisant basculer les réflexions vers davantage de viabilité. Mais quelle idée globale existe, laquelle poursuivre ? Quel est l'outil capable de considérer autant d'éléments ?

Le chapitre 2 poursuit la dynamique enclenchée dans le chapitre 1 en s'intéressant au concept d'intensité urbaine qui, bien qu'il ne présente pas de définition claire, est largement porté depuis le siècle précédent par différents auteurs (K. Lynch, 1984; Maas, 1984; Montgomery, 1998). En effet, selon ces chercheurs, la notion d'intensité urbaine prendrait en compte de multiples aspects liés aux systèmes urbains, à leur vivabilité et dynamisme. Un état de l'art afin de caractériser le concept plus spécifiquement est réalisé et l'étude de trois quartiers considérés comme inducteurs d'intensité urbaine est menée suivant une analyse dite traditionnelle dans les pratiques urbanistiques. Ainsi, le chapitre 2 esquisse, sur base scientifique et opérationnelle, les grands thèmes abordés par ce concept considéré comme global, expose son origine et les opportunités qu'il offre par rapport à des outils traditionnellement employés devenus aujourd'hui insuffisants (Da Cunha & Kaiser, 2009). Il interroge par ailleurs les méthodes de formalisation et d'évaluation existantes afin de souligner les défis qu'il reste à relever. Dès lors, la question du moyen adapté pour répondre aux thématiques abordées par l'intensité urbaine émerge. Quel outil sera capable d'amener les informations nécessaires à la formalisation, l'emploi et l'évaluation de concept tel que l'intensité urbaine ?

De ces questionnements découle le chapitre 3, qui se concentre sur les City Information Models (CIM). Plus particulièrement, nous revenons sur certains outils employés avant les CIM, de sorte à relever les éventuelles continuités et ruptures par rapport à ce type de modèle (CIM) fortement demandé aujourd'hui. Ainsi, nous étudions une partie des outils employés avant les CIM pour représenter, analyser et agir sur les espaces urbains, leur matérialisation et les dimensions de l'espace qu'ils ont succinctement intégrés (2D, 3D, ...). Aboutissant sur les outils les plus récents, l'accent sera placé sur les modèles 3D sémantiques de type CIM, tirant son origine du BIM. Ces modèles sont étudiés en détail par le biais de la littérature, mais également *via* des applications, dans le but d'explorer leur pertinence pour la conception, mais aussi les informations qu'ils peuvent apporter pour des analyses urbaines spécifiques.

CHAPITRE 1 : ENTRE ÉVOLUTION ET COMPLEXITÉ : QUELS MOYENS POUR COMPRENDRE ET ADAPTER LES SYSTÈMES URBAINS ?

Le premier chapitre approche le vaste sujet des Espaces urbains et sa complexité globale dans le territoire. Il aborde dans un premier temps la question spécifique de son évolution interdépendante des théories urbanistiques marquantes et examine ensuite les méthodes et outils relatifs à leur analyse et compréhension.

01



1.1 LES ESPACES URBAINS, ENTRE COMPLEXITÉ ET ÉVOLUTION

- 1.1.1 Un terrain spécifique et complexe
- 1.1.2 Évolutions majeures dans l'aménagement des espaces

1.2 LES ANALYSES URBAINES POUR LA COMPRÉHENSION DES ESPACES

- 1.2.1 Des outils nécessaires pour l'action urbanistique

1.1 LES ESPACES URBAINS, ENTRE COMPLEXITÉ ET ÉVOLUTION

« La ville est plutôt un état d'esprit, un corps de coutumes et de traditions, ainsi que d'attitudes et de sentiments organisés qui sont inhérents à ces coutumes et qui sont transmis avec cette tradition. La ville n'est pas, en d'autres termes, un simple mécanisme physique et une construction artificielle. Elle est impliquée dans les processus vitaux des personnes qui la composent ; elle est un produit de la nature, et particulièrement de la nature humaine.

Park et Burgess (1967)

1.1.1 UN TERRAIN SPÉCIFIQUE ET COMPLEXE

Les investigations du début de recherche, l'importance de la multiplicité programmatique et les possibilités variées d'usages de l'espace pour que l'humain se réalise, notamment soulignées dans l'introduction générale, nous ont amenés à orienter nos recherches vers un concept spécifique en aménagement. En effet, nous nous focalisons, dans ce manuscrit, principalement sur le sujet précis de l'intensité urbaine axée sur les usages pour l'amélioration concrète des aménagements urbanistiques, en vue de fournir un apport réel aux concepteurs de ces espaces, qui sont en constante évolution. Le concept d'intensité urbaine, largement étudié dans le chapitre suivant et initialement non formalisé concrètement, nous invite à souligner de prime abord les difficultés, qui persistent depuis des décennies, à cerner et comprendre les espaces qui nous entourent et leurs limites. Nous proposons également de s'intéresser aux lois qui les régissent pour les adapter au mieux aux populations qui y résident, tout en les rendant pérennes et adaptés aux enjeux de sobriété et de bien être actuels. Ce premier point qui aborde les espaces urbains et leur vision systémique constitue une introduction à la fois au second point (1.1.2), en expliquant en détail l'origine des changements dans les façons d'appréhender et d'aménager ces systèmes complexes, et à la fois à la seconde partie du chapitre 1 (1.2), en soulignant la nécessité de réaliser des analyses urbaines avec des moyens actualisés au vu des mutations et de la complexité systémique des espaces urbains.

Dans la première partie de ce premier point (1.1.1.1), notre objectif est donc de replacer le contexte concernant notre terrain d'étude ainsi que le cadre dans lequel il s'intègre. Pour ce faire, nous revenons sur la signification du terme *urbain* et sur les différences qui lui sont conférées en fonction de l'époque, des professions, mais aussi des approches de certains auteurs qui se sont intéressés aux limites des espaces, à leur organisation et la structure sociospatiale.

Dans la seconde partie de ce point (1.1.1.2), nous nous concentrons sur la complexité qui est un élément en constante croissance, de façon transversale, dans le monde qui nous entoure. Nous mettons en évidence le lien que la complexité entretient avec les systèmes et abordons leurs grandes caractéristiques descriptives et théorisées en précisant certaines des causes et concepts liés à ces

derniers. Enfin, nous positionnons le cas des systèmes urbains comme complexes à la lueur des différents éléments théoriques avancés au préalable.

1.1.1.1 De la sectorisation de l'urbain à l'approche scalaire

La majorité des villes européennes caractérisées comme des espaces urbains ont, durant de nombreuses années, été étudiées et mises en tension avec les espaces périurbains et ruraux qui, de plus en plus, sont dits « hybrides » à cause de leur décoloration et l'affaiblissement de l'un par rapport à l'autre (Bonnerandi et al., 2003; B. Grosjean, 2007). L'impact du 18^{ème} siècle sur ces deux zones avec, dans un premier temps, l'ouverture des frontières territoriales induite par des courants postrévolutionnaires et, ensuite, la révolution industrielle (Hanne, 2020) en est une des causes. Aujourd'hui, divers changements peuvent être observés. D'une part, au niveau des termes employés pour ces deux zones qui étaient alors souvent placées en opposition et, d'autre part, au niveau de la systématisation des éléments qui les composent ainsi que leurs relations. L'organisation des espaces et des populations, les usages qui sont faits sur l'un par l'autre ainsi que leurs frontières semblent indéniablement se positionner au cœur des recherches urbaines depuis des décennies. Les travaux de Neil Brenner (2019) défendent que, dans les études urbaines du 20^{ème} siècle réalisées par divers sociologues urbains des Etats-Unis comme ceux de l'École de Chicago, l'espace urbain (ou la ville) était représenté comme une variété spécifique de territoire. Ce type de territoire était donc par définition différent, voire opposé à d'autres régions généralement situées au-delà de ses limites. Le même auteur prône que c'est cette représentation de l'urbain qui est à l'origine du modèle de Burgess établi en 1925, où divers types de territoires se succèdent depuis un centre vers l'extérieur (Park & Burgess, 1967). Ce modèle présente un caractère emblématique pour les concepteurs actuels comme les urbanistes et architectes puisque déjà, il soulignait le lien étroit entretenu entre une entité spatiale, l'humain et ses activités. De plus, ce dernier reste largement employé actuellement pour théoriser les structures de l'urbain (Clerc & Garel, 1998).

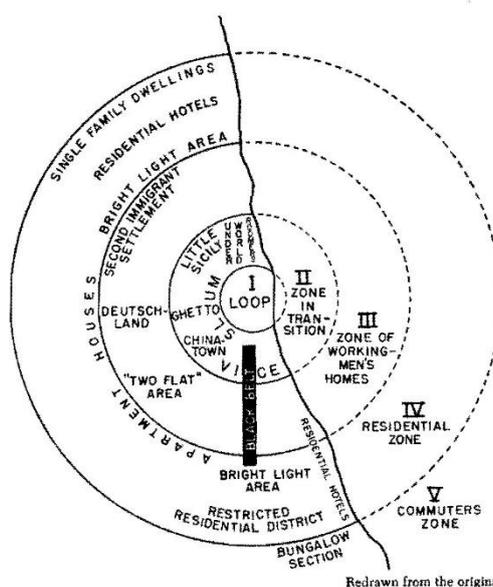


Figure 2 : Modèle structurel de l'urbain selon Burgess, Park et Burgess (1967)

Bailly (1973) expose toutefois que ce modèle a suscité de vives critiques impliquant sa reformulation par d'autres chercheurs. En effet, le modèle de Burgess s'assimile à une approche organique, représentant la ville comme un assemblage de milieux sociaux sectorisés (Baudelle & Ducom, 2009). L'ensemble est visualisé comme un modèle englobant et érige strictement un intérieur et un extérieur, de réelles frontières et différences, qui mènent à une ignorance palpable des relations intrinsèques au système en lui-même. Malgré l'engagement de plusieurs chercheurs et leurs tentatives de modifications de ce modèle, la vision initiale de Burgess de l'espace urbain dominait les pensées et travaux d'agencement spatial et les règles les asservissant sur lesquels reposent la majorité des études urbaines de cette époque. Cette idée peut être transposée, selon Brenner (2019), sous forme d'une cartographie « *horizontale* », véritable panorama territorial étendu sur lequel différentes composantes étaient établies, en les supposant bien délimitées, mitoyennes et sans juxtaposition. Le contenu de chacune de ces zones, bien que leurs limites puissent se déplacer, était considéré comme immuable, spécifique et différent des autres. Cette sectorisation spatiale traduisait donc une appartenance sociale où l'occupation du sol faisait l'objet d'une réelle compétition (Baudelle & Ducom, 2009). En réalisant ce modèle primaire sur la ville de Chicago, terrain d'étude et d'observation de l'École du même nom, Burgess souhaitait fournir une explication théorique idéale en étant conscient qu'il ne serait pas applicable à n'importe quelle ville, bien que de nombreuses tentatives d'applications telles aient été expérimentées (Pacione, 2005).

Les années passant et le champ des investigations urbaines évoluant, divers modèles étudiant également la structure sociale et spatiale se sont succédé, modifiant celui de Burgess (Clerc & Garel, 1998). Nous pouvons notamment citer ceux de Hoyt (1933), mais aussi celui de Harris et Ullman (1945), ce dernier étant à la base de *L'analyse spatiale* portée par Ullman et popularisant la théorie de lieu central de Christaller (Ullman, 1941). La seconde partie du 20^{ème} siècle s'est annoncée suggestive en termes de modification des concepts, objectifs et méthodes. En effet, Brenner (2019) affirme que, dans les années 1990, *l'urbain* s'est réellement imposé comme une échelle plutôt qu'une portion de territoire. L'idée que ce même auteur caractérise de cartographie « *horizontale* », c'est-à-dire séparant les diverses zones, s'est alors modifiée en opérant un glissement vertical dans la schématisation et la configuration primaire des espaces (Brenner, 2019). Cette approche souligne que l'échelle urbaine met en relation les différents niveaux qui la constituent et évoluent en son sein. L'échelle urbaine fait graviter autour d'elle des échelles plus petites, notamment celle du quartier ou de l'îlot, mais également plus grandes comme l'échelle régionale, nationale ou encore mondiale (Brenner, 2004). Ce changement d'approche de *l'urbain* le conceptualise moins comme une unité spatialement définie et circonscrite, mais plutôt comme un rapport entre éléments spatiaux et sociaux en constante évolution (Brenner, 2019). Il n'est pas spécifiquement territorialisé, mais émerge d'interrelations entre les constituants qui le façonnent. Ces interrelations peuvent être économiques, politiques, culturelles, institutionnelles, environnementales et englobent parfois diverses échelles comprises dans et au-delà de l'urbain. *L'urbain* comme échelle, s'étant principalement imposée à partir des années 1980 (Taylor, 1982) a dès lors ouvert la voie à une nouvelle conceptualisation, un véritable outil permettant d'étudier l'urbanisation au fil de l'histoire et des événements. L'échelle urbaine permet donc de saisir la notion d'espace urbain

et de définir, en quelque sorte, les limites de ce dernier. Cette vision scalaire de l'urbain, où sont en relation des échelles plus petites, mais également plus larges du territoire et définissant l'espace urbain, a notamment permis de mettre en évidence la complexité et la multitude des relations entre les divers éléments au cœur de l'urbanisme, induisant la notion très connue de systèmes urbains.

1.1.1.2 Complexité et systèmes

La complexité ne cesse de s'accroître dans le monde qui nous entoure par la multiplication globale des flux et échanges. Pourtant, nombreuses sont les pensées qui se développent de sorte à appréhender cette complexité du milieu dans lequel ils évoluent, bien qu'Edgard Morin (1988) mette en évidence qu'elle est insolvable. C'est inévitable, notre environnement devient complexe et la société tente davantage d'appréhender cette complexité. Le concept de complexité induit la notion d'organisation et plus précisément, celle de niveaux d'organisation théorisée par Jean-Louis Le Moigne (1994). Notre monde n'échappe pas à la règle, c'est ce processus qui l'a façonné jusqu'à aujourd'hui.

Dans la littérature, la complexité est la plupart du temps liée à la notion de système (Li Vigni, 2022). Ce terme, tiré du grec « *sustêma* » signifiant « assemblage » (Le Robert, 2022b), présente une définition très générale à notre sens dans le dictionnaire. En effet, les systèmes sont définis dans le même ouvrage comme « *Ensemble de pratiques organisées en fonction d'un but* » ou encore « *Ensemble complexe d'éléments naturels de même espèce ou de même fonction* ». Bien que l'on puisse mettre en évidence les termes « *organisées* », « *complexe* » et « *but* » engageant l'idée d'objectif, nous pensons que les définitions généralisées retrouvées sont trop imprécises. Les travaux spécialisés sur les systèmes sont nombreux, mais retracent cependant tous d'une façon semblable l'origine de cette notion très étudiée devenue un réel concept. Ce concept, dans sa vision actuelle, est décrit dans la littérature comme « *nouveau* » et se serait développé petit à petit durant la seconde moitié du 20^{ème} siècle. Il s'est retrouvé lié à de nombreux domaines scientifiques, techniques, mais il a également été fondamental dans diverses manœuvres militaires. Plusieurs définitions portées par divers auteurs peuvent être mises en évidence pour aborder ce concept dit « *moderne* ». Parmi les pionniers, nous retrouvons Ludwig von Bertalanffy qui, dans son livre *General System Theory*, définit les systèmes comme « *ensembles d'éléments se trouvant en interaction* » (von Bertalanffy, 1969, p. 38). La définition de de Rosnay est plus explicite et spécifie qu'un système est « *un ensemble d'éléments en interaction dynamique, organisés en fonction d'un but* » (de Rosnay, 1975, p. 93) en précisant qu'il peut être de deux natures, à savoir ouvert ou fermé. Edgar Morin (1991) quant à lui intègre dans sa vision des choses la notion d'« *unité globale organisée* ». C'est également une idée défendue par Ferdinand Saussure (1995), un linguiste, bien qu'il ajoute que les éléments qui composent le système sont caractérisés en fonction de leur place dans ce tout.

Dans son livre *La Systémique*, Durand (2017) met donc en évidence quatre concepts fondamentaux que les systèmes présentent :

- L'**interaction**, qui souligne qu'il y a un échange entre les composantes d'un système. La relation comporte bien une action double de chacun des éléments du système sur un autre. Il existe plusieurs types d'interactions ainsi que divers niveaux. Il souligne également qu'une forme distinctive d'interaction est la rétroaction, qui est centrale dans les travaux traitant de la cybernétique.
- La **globalité**, qui sous-entend qu'un système n'est pas simplement une somme de ses composants. Un système est un tout qui suggère la formation d'attributs qualitatifs nouveaux, inexistantes à la base de chaque composante. C'est d'ailleurs avec cette émergence de propriétés que la notion de hiérarchie apparaît. En effet, plus on s'élève dans la hiérarchie du système, plus les propriétés sont difficiles à saisir.
- L'**organisation**, qui fait référence d'une part aux diverses relations entre les éléments constituant le système. Et d'autre part, qui concerne le mécanisme de mise en œuvre du système, qui est pour certains autoréorganisé. Ce concept recouvre donc deux aspects, l'un assimilé à la structure et l'autre associé au fonctionnement du système.
- La **complexité**, qui est finalement présente dans chaque système, quel qu'il soit. La complexité n'est pas équivalente à la notion de complication qui n'a pas la même signification. En effet, Durand expose qu'un système compliqué présente en réalité un agencement simple, mais dont les constituants ne sont pas ordonnés.

Trois éléments de réponses peuvent expliquer la complexité des systèmes. Le premier est lié à la constitution du système, à savoir les différentes composantes de ce dernier, leur nombre ainsi que leurs relations. D'autres causes comme l'instabilité et les aléas relatifs à leur environnement peuvent également être mises en évidence. Enfin, l'ambivalence due aux diverses logiques opposées qu'on retrouve au sein des systèmes comme la confrontation entre l'ordre, le désordre ou encore l'éventualité et la prévisibilité.

Aussi, cinq problèmes auxquels les systèmes doivent faire face ont été mis en évidence dans l'ouvrage susmentionné :

- Ils ont des **relations avec leur environnement**. Un système peut être ouvert ou fermé, mais ne sera jamais vraiment reclus et présente donc de nombreuses relations à la fois avec son milieu et avec les systèmes avec lesquels il interagit.
- Ils présentent une **organisation** spécifique où se distinguent deux aspects : le structurel et le fonctionnel. Du point de vue fonctionnel, un système présente des sous-systèmes organisés dans un espace, ils sont aussi appelés modules. Du point de vue structurel, cette organisation se décline sous forme d'une hiérarchie de niveaux et est liée à la notion temporelle. Cette problématique est directement liée à la complexité et à l'apparition de nouvelles propriétés absentes initialement des composantes du système.
- Ils doivent **se maintenir** en trouvant une sorte d'équilibre. Cet équilibre est souvent lié à la notion de finalité ou de but qui engagerait l'attitude du système afin qu'il survive.

- Ils doivent nécessairement être **variés**, c'est-à-dire qu'en fonction du système et de son environnement, il peut prendre diverses tournures. Cette variété est directement liée au maintien et donc à l'adaptation des systèmes afin qu'ils subsistent.
- Ils **évoluent**, ce qui induit une augmentation de la complexité et également l'intégration de la notion de différenciation. Cette évolution est liée aux interactions avec l'environnement qui les entourent et à l'adaptation des systèmes aux nouvelles conditions auxquelles ils sont confrontés.

À la lueur de ces divers éléments, nous pouvons d'ores et déjà notifier que l'Espace urbain est un système complexe qui est assez difficile à comprendre par une démarche directe. L'espace urbain fait référence plus généralement à un vaste ensemble de constituants en relation, qui peuvent être des réseaux (physiques ou de communication) ou encore des flux (de matière ou d'information). Ces quelques éléments font référence aux aspects fonctionnels et structurels intervenant dans l'organisation auxquels les systèmes complexes doivent faire face. Patrick Geddes, biologiste étudiant les (éco)systèmes urbains et inspirant de nombreux chercheurs par le caractère actuel de ses recherches, revendiquait déjà hautement les relations complexes et systémiques des éléments constituant l'espace urbain (Levy, 2016).

Au sein de ce système complexe, les notions de sous-systèmes et de hiérarchies peuvent également être mises en évidence. En effet, nous pouvons mettre en évidence divers modules qui sont en lien les uns avec les autres comme l'environnement, l'économie, la population ou encore les transports. Les systèmes urbains ont pour objectif de se maintenir et de survivre en s'adaptant aux divers changements de son entourage qui pourraient le bousculer. Les systèmes urbains sont cependant confrontés à une posture double de changement, en opposition l'une de l'autre, appuyant leur constitution complexe. D'une part, l'impulsion de changement, qui est au cœur de la nature de ces systèmes, par la capacité de réorganisation de ces composantes liées à leur évolution, que nous détaillerons par la suite. D'autre part, nous pouvons aussi pointer des réserves quant à certaines politiques d'introduction de projets, soulignant la posture parfois rigide des composantes des systèmes urbains. Tous ces éléments confortent l'hypothèse que les espaces urbains sont de réels systèmes complexes, qu'il est nécessaire de creuser en termes d'études afin qu'ils se maintiennent sur une temporalité longue et partagée. Les systèmes urbains sont l'expression du développement historique et complexe des connaissances, des ambitions ainsi que des techniques. Les diverses activités formées et programmées se transforment en fonction des tendances technologiques et des organisations sociales en place. Laborit (1971) conçoit les espaces urbains et les villes comme un moyen de production de la vie, un résultat des rapports humains.

1.1.2 ÉVOLUTIONS MAJEURES DANS L'AMÉNAGEMENT DES ESPACES

Pour suivre les investigations engagées dans le point précédent – abordant la vision de l'urbain, ses frontières, ses attributs sociaux ainsi que la complexité des éléments et lois qui régissent ce système spécifique, appuyant les difficultés qui lui sont intrinsèques – nous souhaitons mettre en évidence les

origines et impulsions des différents changements observés au fil des années ainsi que les mutations qui en sont les conséquences.

Dès lors, au travers de la première partie de ce point (1.1.2.1), nous retraçons l'origine des formes urbaines actuelles dans un contexte européen, de sorte à mettre en évidence les évolutions survenues au cours du dernier siècle dans l'aménagement des espaces urbains.

Ensuite (1.1.2.2), nous revenons sur les divers types d'espaces (privés et publics) constituant les systèmes urbains et précisons leur rôle en nous attardant de façon plus conséquente sur les espaces publics, sujets d'un grand intérêt depuis plusieurs années dans le domaine de l'urbanisme et davantage depuis les événements récents concernant la COVID-19.

Dans la troisième partie de ce point (1.1.2.3), nous discutons du concept de développement durable et de ses objectifs qui ont également eu un impact considérable sur les changements observés et ciblent la durabilité sous l'angle de la pérennité, qui est l'approche sur laquelle nos travaux sont développés.

Enfin la dernière partie de ce point (1.1.2.4) traite des pensées et théories du siècle dernier qui présentent, selon nous, un lien particulier avec le concept d'intensité urbaine et s'intègrent pleinement dans le contexte de nos recherches.

1.1.2.1 Changements et mouvements sociétaux impactants du siècle passé à aujourd'hui

La Seconde Guerre mondiale ayant laissé des traces, la décennie suivante a été synonyme de reconstruction massive et de développement démographique surprenant, appelant à davantage de logements dans l'Europe entière. En France, les grands ensembles modernistes ont fleuri tandis qu'en Angleterre de larges lotissements densément peuplés ont été construits sous le nom de *New Town* (Jolley, 2019). L'urbanisation moderniste est marquée par la nécessité de construire vite, avec des procédés industrialisés, généralisant l'usage des méthodes de préfabrication (Simonetti, 1977). Nous abordons ici divers grands mouvements qui nous semblent intéressants d'approfondir. Ils concernent particulièrement l'établissement des citoyens et leur statut changeant (1.1.2.1.A), les éléments qui ont soutenu certaines dynamiques spatiales comme l'amplification du parc automobile (1.1.2.1.B), influençant les décisions des citoyens (1.1.2.1.C) et leurs actions (1.1.2.1.D).

1.1.2.1.A L'accès à la propriété facilité

Ces multiples grands ensembles sous forme de tours ou de barres, qui ont poussé la classe moyenne en zone urbaine, essuient aujourd'hui encore de nombreuses critiques, poussant à développer des solutions minimisant les difficultés au niveau social ainsi que leur implantation enclavée. Déjà durant les années 50', les classes moyennes commencent à émettre le souhait de désertier les zones urbaines,

rêvant d'une maison propre dans un « meilleur » cadre, bien que les grands ensembles continuent à se développer en masse. Dès 1960 et de nombreuses années durant, les grands ensembles commencent à perdre de leur attractivité primaire. Ce désintérêt pour les ensembles modernistes va de pair avec l'attrait croissant des pavillons individuels. Dans l'imaginaire collectif, ces ensembles collectifs, souvent peu entretenus et devenus insalubres avec le temps, sont encore aujourd'hui liés à une qualité de vie médiocre et dont la population résidente est défavorisée. À cette époque, les politiques suivent le pas en proclamant qu'il est nécessaire d'offrir à la population ce qu'elle souhaite. En effet, en France, la maison individuelle se démocratise et pousse à vive allure, devenant une réelle concurrence aux grands ensembles collectifs. L'opportunité de posséder sa propre résidence individuelle se popularise notamment avec les prêts à taux dérisoires et les aides diverses (Frouard, 2012). Ce désir de posséder son propre logement coïncide avec l'évolution des valeurs de la société qui est de plus en plus individualiste et rejette le fait urbain, rimant avec densité et restriction des libertés. En effet, les besoins de cette époque changent et les cadres verdoyants, aérés, sont synonymes d'indépendance et d'autonomie.

1.1.2.1.B L'essor de l'automobile et de ses structures

Diverses taches périurbaines se sont donc multipliées, promouvant des problématiques bien connues et toujours d'actualité comme l'usage croissant de l'automobile. Les différents progrès s'étant également illustrés dans les industries automobiles, ceux-ci ont grandement participé à l'explosion de ce mode de mobilité tout comme l'augmentation des revenus et du niveau de vie. Bien que nous ne nous étalions pas sur cet aspect, il est à noter qu'un débat subsiste à propos de la causalité ou non de l'acquisition d'une voiture sur l'étalement urbain, bien que la multiplication au sein des mêmes foyers d'automobile y soit incontestablement liée.

Cette dynamique de périurbanisation n'a pas uniquement touché les grandes villes, mais bien tous les noyaux existants. En effet, des zones emplies de maisons individuelles pouvaient se développer autour de n'importe quel village ou n'importe quelle petite ville (Charmes, 2011). Ce phénomène peut par ailleurs être retrouvé sur d'autres continents comme en Amérique, il ne s'agit pas d'une exclusivité européenne. En Belgique, le souhait de la maison individuelle est profondément marqué et le reste toujours actuellement, comme en témoigne l'ininteruption de la construction pavillonnaire, pourtant critiquée et « gérée ». Qui ne rêve pas de sa jolie maison quatre façades, son jardin verdoyant et isolé ? Néanmoins, ce phénomène d'isolement et d'éparpillement a causé d'une part l'effacement des limites entre zones habitées et naturelles et, d'autre part, est à la base de la perte de cohésion et de solidarité entre les divers habitants de ces zones (Charmes, 2011). Halleux et al. (2002) mettent en évidence que ce besoin n'est pas le même dans tous les pays européens. En effet, des pays comme l'Italie, la Suisse ou encore l'Autriche sont loin derrière les pays comme la Belgique et les Pays-Bas (Tableau 1).

	Part de la maison individuelle	Part de propriétaires occupants	Locataire du secteur privé	Locataire du secteur public	Part de logements défectifs
Belgique	79%	67%	10%	23%	8%
Pays-Bas	73%	65%	28%	6%	13%
Danemark	71%	49%	13%	38%	8%
Portugal	61%	53%	19%	26%	6%
Norvège	61%	65%	15%	3%	20%
France	58%	59%	19%	3%	5%
Suède	56%	54%	22%	18%	6%
Autriche	54%	42%	17%	23%	1%
Allemagne	48%	50%	29%	10%	6%
Espagne	46%	39%	37%	24%	5%
Italie	36%	85%	14%	1%	9%
Suisse	32%	70%	20%	4%	9%
Grande-Bretagne	21%	31%	67%	2%	1%

Tableau 1: Comparaison du parc de logement individuel en 1998, Halleux et al.(2002)

1.1.2.1.C Allongement des distances et multiplication des dépendances territoriales

L'augmentation de l'emploi de la voiture dû à l'allongement des distances a également favorisé le développement des structures routières secondaires à cause de l'augmentation de la congestion des voiries principales (Beaudet & Wolff, 2012). La place conséquente de l'automobile a indéniablement diminué celle du piéton et donc les déplacements de proximités, notamment en raison de nombreuses ruptures urbaines (Panerai et al., 1999). La multiplication des réseaux a aussi conduit à la délocalisation des équipements et services en dehors des zones primairement urbaines et plus largement à un zonage fonctionnel (Speck, 2013). Durant les années 70', 80' et 90' apparaissent et se multiplient, dans les zones périurbaines, des autoroutes, hypermarchés, parcs d'activités industriels et enfin, des centres commerciaux qui sont populaires en termes de concurrence et d'attractivité. En effet, ce développement s'est ainsi amplifié suite aux divers bouleversements économique-sociaux ainsi qu'aux évolutions dans les politiques urbaines de l'époque. Les mutations de notre société, les modes de vie et les façons de consommer ainsi que la croissance démographique ont contribué au développement de ces phénomènes. La différenciation territoriale entre résidence et lieu de travail est alors particulièrement marquée tout comme les déplacements liés aux besoins changeants et plus libres de la vie quotidienne. Cette multiplication de territoires différenciés en fonction du lieu de vie, des activités et du travail souligne une dépendance à plusieurs territoires différents pour un même foyer (Pasquier et al., 2016). Les progrès et l'accroissement de la rapidité des modes de transports ont donc promu un raccourcissement du rapport entre l'espace et le temps, expliquant les changements dans les conceptions d'éloignement et de proximité.

1.1.2.1.D Évolutions récentes dans les modes de vie

Une première évolution s'est marquée dès les années 60' avec une réduction de la taille des foyers, mais également une multiplication de ceux-ci (Tableau 2). En effet, les diverses générations ne partagent plus la même résidence et le phénomène de décohabitation se généralise. Ce phénomène peut ainsi s'expliquer par l'allongement de l'espérance de vie grâce aux divers progrès de la médecine. Les procédures de divorce étant facilitées, elles ont également eu un impact sur cette multiplication de foyers monoparentaux. En parallèle, les esprits se sont peu à peu intéressés aux diverses problématiques environnementales et climatiques résultantes, notamment, de l'ensemble de ces

changements au niveau de l'aménagement des espaces urbains. Depuis quelques années, une partie de plus en plus importante de la jeune génération, aussi appelée génération Z, évolue en pleine rupture par rapport au système libéral et capitaliste mis en place depuis plusieurs décennies. Cette génération s'oppose principalement à la génération précédente, la génération Y, en bouleversant les principes largement partagés de cette dernière. Les notions de décroissance et d'a-croissance, popularisées à la suite de divers rapports alarmants dont celui du GIEC (IPCC, 2022), sont de plus en plus portées ces dernières années. Ces dernières étant directement en lien avec les préoccupations climatiques qui effraie particulièrement cette génération. Cette appréhension particulière pour la planète se manifeste également dans les modes de consommation, d'habiter et de vie. La simplicité devient un terme qualifiant essentiellement leurs habitudes, l'abondance n'est plus essentielle et vivre avec peu, mais qualitativement est une norme que cette génération prône. Pierre Rhabhi (2013) partageait pareillement cette vision de la vie, recommandant ce type de modèle afin de parvenir à la satisfaction des besoins primaires et quotidiens, de manière plus respectueuse et qualitative. Ne plus posséder de voiture, ou du moins, la limiter est également une volonté écologique davantage partagée et priorisant l'usage des mobilités douces et des parcours courts. Les comportements minimalistes priorisant le bien-être, les relations sociales et la qualité de vie, les volontés de réemploi et de réutilisation d'objets ou de lieu ainsi que les préoccupations écologiques et climatiques redéfinissent de nouvelles exigences, notamment en termes d'aménagement des espaces.

ZONE	VARIABLE	1970	1981	1991
BRUXELLES - VILLE	Nombre d'habitants	161 080	139 678	136 424
	Nombre de ménages	71 879	66749	67077
	Taille des ménages	2,24	2,09	2,03

Source : Statbel

Tableau 2 : Évolution du nombre d'habitants, du nombre de ménages et de leur taille de 1970 à 1991

1.1.2.2 Les types d'espaces de l'urbain : évolutions de la vision des espaces publics.

À l'image des points présentés précédemment, les espaces étudiés dans cette thèse sont urbains. Nous avons d'ailleurs démontré que l'urbain peut être un système composé de pléthore d'éléments distincts. Différents types d'espaces, tout comme le temps, façonnent les systèmes urbains et peuvent être assimilés à des « moyens » ou des « supports » de l'urbanité. Nous reviendrons d'ailleurs plus en détail sur cette notion d'urbanité dans le Chapitre 2. Nous relevons, non exhaustivement, deux grandes catégories d'espaces qui peuvent être mises en évidence et qui impactent les systèmes urbains.

La première catégorie est assimilée à **l'espace privé**. Pour qualifier cet espace, Raymond (1988) reprend le terme de « *refuge* », où le retour à ses origines, à ses propres pensées et à ses convictions est possible. Cet espace est le plus généralement isolé des autres espaces, c'est-à-dire qu'il est délimité par rapport à ces derniers et est uniquement partagé par le foyer ou la sphère familiale. Cet endroit - qui est préservé du public, mais qui le cerne, s'ouvre et est affecté par ce dernier - est également repris

sous le terme d'espace « domestique » par Toussaint (2003). L'un des rôles majeurs de cet espace dans les systèmes urbains a été souligné par certains comme un moyen d'entretenir et perpétuer les cultures (Raymond, 1988). Bien que cet espace soit particulièrement important pour la population et les opérations urbanistiques en général, nous ne nous étendons pas plus sur ce type d'espace, bien qu'il ait un véritable impact sur celui présenté ci-après.

La seconde catégorie est celle de **l'espace public**, cet espace est celui sur lequel nous allons davantage nous focaliser dans la suite de ce point. Cet espace est finalement un concept particulier et ardu à définir, mais qui représente le support des actions et des interactions qui peuvent avoir lieu dans leur dimension la plus étendue. Il est défini par Casillo (2013) comme un espace physiquement accessible par tous et qui miroite la société urbaine à la fois dans ses pratiques et dans sa pluralité. Au sein de cette catégorie, nous relevons celle des espaces privatisés (Dessouroux, 2003) qui est également très considérée dans notre travail. En effet, il s'agit d'espaces le plus souvent publics qui ont été annexés et investis de mobilier offrant des services à destination de la population, mais qui ont une appartenance d'ordre privée ou organisationnelle. Les terrasses de cafés, la signalétique et les abris relatifs aux transports ou encore les panneaux publicitaires sont de beaux exemples. Il faut néanmoins faire attention aux services publics qui s'édifient sur le domaine public, mais qui ne constituent en aucun cas des espaces publics. Étant donné que les espaces publics sont de plus en plus au cœur des préoccupations urbanistiques actuelles et sont surtout perçus comme un défi pour la revitalisation et les opérations urbaines, nous détaillons divers sujets à leur égard.

1.1.2.2.A De l'évolution des lieux à usages publics aux espaces publics

Terme particulièrement réinvesti à l'heure actuelle, le terme « espace public » trouve son origine en plein milieu de la seconde partie du 20^{ème} siècle, bien que la réalité qu'il recouvre agite les pensées depuis l'Antiquité et le Moyen-Âge. En effet, les fortifications médiévales englobaient divers espaces distribués par des réseaux dont l'organisation était inexistante. Cette désorganisation trouve comme point de départ l'inexistence de règles urbanistiques imposées ainsi que les problématiques liées au terrain et à la topographie des lieux. L'Italie est un exemple de transformation dans l'agencement des espaces à cette époque puisque de nombreuses places ont *crescendo* vu le jour. Les temps modernes seront également marqués par cette détermination d'aménager et légitimer ces lieux et incluront des dimensions pratiques et esthétiques. Durant le 18^{ème} et 19^{ème} siècle, l'intégration de lieux publics sous de nouvelles figures telles que des squares et des boulevards est une véritable mesure hygiéniste qui s'ordonne dans les agglomérations (A. Lévy, 2020). L'espace urbain sera véritablement organisé en fonction de ces lieux, supports de l'ensemble des réseaux structurant, aboutissant à la fin du 19^{ème} siècle à des espaces incohérents et bondés (Thiberge, 2003). L'idée tentée du moment pour contrer ce déclin n'est autre que la création des cités-jardins où les lieux d'usages publics, sous forme d'espaces verts destinés à une utilisation collective séparant les jardins privés et l'espace de la rue, auront une place particulièrement favorisée (Dubost, 1996). L'urbanisme moderniste va bouleverser les pratiques et les formes des lieux à usages publics mis en œuvre jusque-là. Se développeront donc des espaces

standardisés et fonctionnalistes où l'habitat règne en maître et où les pratiques sociales auparavant insufflées par la rue s'effacent. Les rues et espaces sinueux laissent place à des espaces dits "ouverts" de sorte à maximiser la pénétration lumineuse et aéralique, valorisant les circulations automobiles au détriment des piétons. La volonté est alors de mettre en œuvre des espaces collectifs destinés notamment à la circulation plutôt que des lieux publics. Les tours de hauteurs conséquentes et non alignées aux parcelles poussent, les équipements collectifs se multiplient également et les espaces ouverts accueillant ces derniers deviendront rapidement des espaces verts non appropriables, puisque destinés à la croissance des activités collectives (Le Corbusier, 1971). Ces espaces verts avaient pour objectif de favoriser les échanges, mais a contrario ont fini par se transformer en d'énormes stationnements, tout comme l'ont été les quelques espaces « sans utilité » pour l'époque. La séparation des divers réseaux, en fonction du lieu auquel ils conduisent, est également privilégiée. La période d'après-guerre connaît par ailleurs une explosion de surfaces gigantesques, aussi appelées dalles, bordées d'équipements et séparant l'ensemble des fonctionnalités et des flux, se manifestant comme la réflexion précise des lieux à usages publics modernistes. Cette époque marque en quelque sorte la disparition des relations sociales dans les lieux à cette fin, à cause de la généralisation et de l'accroissement de l'utilisation de la voiture. Les espaces attirant le public, les zones résidentielles et de travail sont majoritairement accessibles en voiture et représentent des nœuds *mis en relation* au sein de réseaux de circulation desservant une quelconque *mise en relation*. Peu à peu, les espaces collectifs modernistes aménagés ne sont plus investis par les passants. En effet, ces derniers n'ont plus d'intérêt à s'y rendre par la séparation des fonctions, laissant comme unique passage les quelques résidents du coin. Ce phénomène a amplifié l'insécurité et ouvert la porte à la perte de cohésion sociale et à la dévalorisation des espaces concernés. Finalement, cette disposition a sonné le glas général d'une quelconque continuité entre les divers lieux à usage publics.

Il faut attendre le milieu de la seconde moitié du 20^{ème} siècle et plus précisément les années 70' pour que de nouvelles attentions soient portées à l'égard des lieux qui seront, peu de temps après, repris sous les termes d'espaces publics. C'est à ce moment que se développe une nouvelle culture touchant l'urbain, invitant à revisiter l'image des lieux à usage publics (Tomas, 1995). Le nouvel élan insufflé réintroduit les architectes qui reprennent du service, jusqu'à là effacés derrière les ingénieurs. Ceux-ci dénoncent l'urbanisme moderniste, coupable d'avoir créé des espaces sans réelle identité et dans lesquels peu d'éléments qualitatifs sont retrouvés. Les objectifs de cette époque sont clairs et principalement destinés à rétablir l'urbanité effacée par les mises en œuvre modernistes responsables de la disparition massive des pratiques sociales. Ces actions urbanistiques reprennent les pensées culturalistes existantes historiquement en les revisitant et en visualisant les lieux à usages publics comme réel moyen d'intégration sociale. Dès lors, le passé n'est plus rejeté, mais il est intégré aux nouveaux contextes, de sorte à recréer les échanges et la vie alors perdus de ces espaces. En plus d'être réinvestis au sein de l'urbanisme, les lieux à usages publics sont aussi largement considérés dans les sciences sociales, où l'étude de l'homme et de son lieu de vie s'accroît. Les travaux de H. Lefebvre, figure emblématique de ce réinvestissement, montrent que la préoccupation à l'égard des lieux publics renaît de la volonté de replacer l'habitant et plus particulièrement l'homme dans l'urbain.

Les qualités spatiales et sociales seront donc deux grandes caractéristiques au centre de la notion, presque établie à l'époque, d'espaces publics. Dans les années 1980, l'emploi du terme « espaces publics » catégorisant des espaces présentant des caractéristiques propres se développe et se généralise (Merlin & Choay, 1988). À cette période, la délocalisation de l'industrie et des commerces en dehors des centres urbains contribuant à leur déclin est aussi prise en compte par les divers acteurs. En effet, comme précédemment exposé, ces espaces ne sont plus que des lieux de passage, amplifiant les ségrégations, mais également des disparités dans l'accès aux divers équipements et services. Une question se pose alors, à savoir celle du rôle de l'espace public dans la reconquête de l'urbanité. Les espoirs pour une revitalisation urbaine réussie se placent dans l'espace public étant reconnu comme vecteur fondamental de centralités et de fonctionnalités (Bassand et al., 2001).

1.1.2.2.B Une articulation de diverses dimensions

Le concept d'espace public est au cœur de plusieurs phénomènes urbains et de réseaux d'acteurs. Pour comprendre cela, il faut dans un premier temps définir et caractériser les réalités qu'il recouvre et plus précisément cerner les relations qui peuvent persister entre les aspects spatiaux, sociaux et productifs.

Cette notion enveloppe deux facettes dont la première est d'ordre immatériel renvoyant à ce que Habermas (1988) nomme la sphère publique, faisant référence à un lieu matériel, support de pratiques sociales et témoin d'actes citoyens divers. Bien qu'ils recouvrent tous deux des réalités sociales, les espaces publics sont propices à la rencontre tandis que la sphère publique, elle, recouvre la spatialité matérielle et immatérielle des échanges et interactions entre individus (Aubin, 2014). Pour Habermas (1988), l'idée de sphère publique renvoie à un espace qui n'est autre qu'une abstraction étant donné qu'elle cible la recherche d'un consensus issu des débats démocratiques et des critiques à propos de l'État. L'ampleur du public est donc surtout fondée par des discussions et les opinions échangées, mais aussi par la capacité des divers acteurs de la société à confronter et proposer des idées (Bassand et al., 2001). À travers cette conceptualisation de l'espace public, la théorie *Habermassienne* ne néglige pas l'importance des lieux d'échanges ou de culture (cafés, théâtres ...), mais insiste essentiellement sur le fait que ces lieux sont des moyens et que l'espace public en lui-même est mutable, qu'il est relatif à la sphère publique qui naît des débats et des rassemblements de la société. C'est cette théorisation qui est fréquemment aux prémices du terme « Espace public ». Les échanges sociaux n'ont alors pas d'identité spatiale spécifique puisque cette idée simplifierait toute l'ordonnance spatiale et la complexité de la société. Cependant, cette conception de l'espace public néglige toute personne insuffisamment instruite pour participer à des discussions publiques. Hannah Arendt va également s'attarder sur le sujet et pour elle, la sphère publique est un espace d'*action*, opposé à celui du travail relatif, quant à lui, à la sphère privée (Trabelsi, 2001). L'espace public est en conséquence, dans cette conceptualisation, défini par la pratique politique et constitue un moyen d'objectiver les expressions publiques. Dans sa théorie, elle relève que l'espace public s'efface à cause de l'absorption de la sphère publique par des expériences privées provoquant une perte d'objectivité.

Comme l'explique Tomas (2001), la crise des espaces publics, mettant en évidence le fait que ceux-ci doivent privilégier les liens sociaux ainsi que les affaires citoyennes, intègre plus profondément la vision matérielle des lieux à usages publics. Cette pensée a donc joué un rôle sur l'établissement de plus en plus fort du terme « espace public » comme une catégorie associée à la sphère publique qui désigne des espaces spécifiques comme la rue ou les jardins. L'espace public devient un lieu concret, intégrant diverses actions de la vie citoyenne et publique. À l'aube du 21^{ème} siècle, le terme « espace public » est banalisé et comme l'explique Bassand et al. (2001) il n'appartient pas à une seule personne ou à une organisation, mais à tous, est dépourvu de bâti et est géré par le public. Des apports dans cette vision matérialiste de l'espace public vont être faits à la fois par l'École de Chicago, mais également par le I. Joseph, philosophe français dont les travaux portent sur ces sujets. En effet, l'École de Chicago insiste sur les rapports sociaux qui permettraient de faire des rencontres dans le contexte spatial. Ce contexte spatial, au-delà d'être un espace physique, est aussi, pour ces penseurs, un espace éveillant les sens (Zepf, 2004). Pour Joseph, la notion d'espace public induit une problématique pluridisciplinaire qui demande un apport transversal. La priorité est ainsi appliquée à la considération de l'interaction complexe entre les aspects sociaux relatifs à ses utilisations, les aspects spatiaux relatifs à la configuration et aux aspects productifs relatifs au contexte administratif et politique (Zepf, 2009). Comme le montre la Figure 3, Zepf (2004) met donc en interaction, sans forcément les lier, trois dimensions autour du concept d'espace public, à savoir son aspect matériel (forme spatiale), son aspect immatériel (les représentations qui en sont faites) et enfin son aspect expressif (les usages).

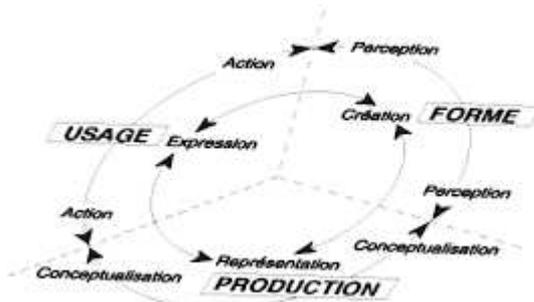


Figure 3 : Dimensions de l'espace public selon M. Zepf (2004)

L'interaction de ces trois aspects complexifie la tâche des concepteurs et décideurs, mais est considérée par certains comme primordiale (Bassand et al., 2001). L'interdisciplinarité et la multiplication des échelles concernées par l'espace public lui offrent la possibilité de devenir un vecteur de discussion sur l'adaptation des modes de vie tout comme sur l'évolution des pratiques urbanistiques (Zepf, 2009). Plus tôt, Montgomery (1998), dont la pensée est synthétisée dans la Figure 4, a également soutenu qu'il existe une réelle interdépendance entre les activités, la forme et la perception, contribuant à l'établissement d'un « *bon endroit* ».

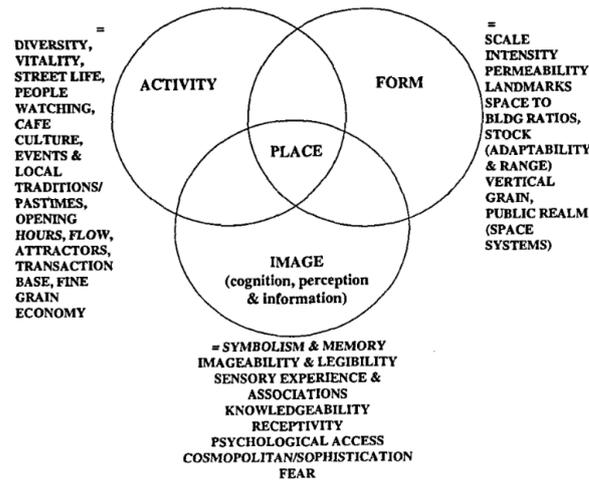


Figure 4 : Éléments participant à une perception positive d'un espace selon Montgomery (1998)

Pour illustrer les multiples possibilités de disposition qui peuvent apparaître dans l'espace formé par l'espace public, Christian Dessouroux (2003) relève trois paramètres relatifs à leur usage, qu'il associe à ses *dimensions*. Elles sont illustrées dans la Figure 5 et mettent en évidence qu'il peut exister des formes dites « hybrides » incluant les intermédiaires déclinés selon les différentes dimensions qui sont indépendantes les unes des autres. Selon la pensée du même auteur, l'espace public est alors considéré comme « idéal » lorsqu'il se situe au point 0 des trois axes, correspondant à des endroits dont la gestion et l'entretien sont appliqués par les autorités publiques, libres d'accès par tous et dont l'usage est libre, non défini et non contraint (Dessouroux, 2003) .

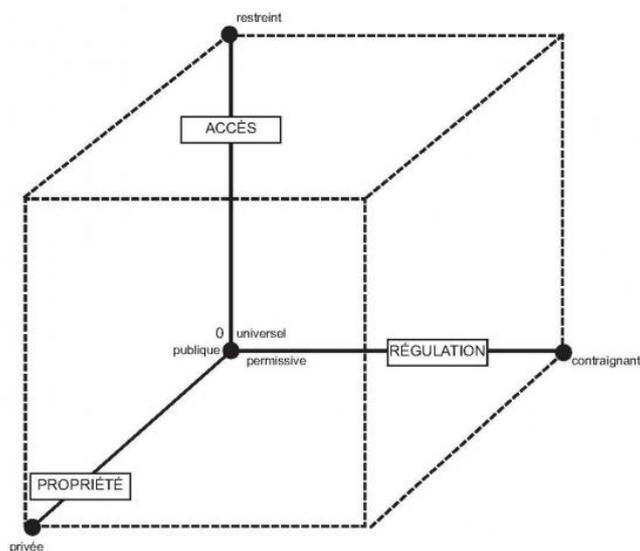


Figure 5 : Les paramètres d'usage d'un espace public selon Dessouroux (2003)

1.1.2.2.C Des enjeux spécifiques autour des espaces publics et leurs rôles

La multiplication de l'exploitation des espaces publics depuis la fin du 20^{ème} siècle est une preuve de reconsidération pour ces derniers. On retrouve des espaces publics très différents, notamment en termes de formes, d'utilisation, mais aussi de moment ou de temps de fréquentation. Des types

spécifiques d'espaces publics comme les *Shoppings mall* ou les parcs d'attractions accueillent également de larges populations en tout temps. Les espaces publics jouent un rôle essentiel dans la grande partie d'échecs qu'est l'aménagement urbain et qu'il est nécessaire de réfléchir pertinemment. La subjectivité règne en maître dans la perception qualitative des espaces publics faisant intervenir de multiples sens. Pourtant, c'est la requalification de ces espaces qui va figurer dans le haut des préoccupations des collectivités, amenant ces dernières à cibler les enjeux pour atteindre la qualité nécessaire à leur bon fonctionnement. Bassand et al.(2001) conçoivent l'organisation des espaces publics comme l'aménagement d'un théâtre où se déroule la vie urbaine, offrant la possibilité aux citoyens de prendre conscience de leur place et de leur cohabitation. Selon eux, c'est grâce à l'urbanisme et l'architecture appliquée aux espaces publics qu'une véritable identité, un attachement et diverses utilisations peuvent avoir lieu, de sorte à donner un sens à l'espace urbain dans sa globalité (Bassand et al., 2001). La Figure 3 et la Figure 4 illustrent à quel point la notion d'espace public regorge de dimensions différentes et, surtout, son importance dans le champ urbanistique actuel. C'est pourquoi il n'est pas rare que les collectivités s'intéressent majoritairement aux enjeux multiscales de l'aménagement de ces derniers de sorte à maximiser la qualité générale des lieux.

- Un **premier enjeu** peut rapidement être relevé et concerne la *composition urbaine*, directement impactée par l'organisation spatiale des espaces publics et privés. Diverses réflexions peuvent en effet ouvrir sur de nouvelles conceptions paysagères, créant à certains endroits des ruptures et à d'autres, des liens et des connexions.
- Un **second enjeu** concerne *les accès et les déplacements* qui doivent être possibles par et pour tous, impliquant des spécificités spatiales intégrant la diversité des modes de déplacements (Bassand et al., 2001). Cet enjeu doit être réfléchi à diverses échelles de sorte à produire des espaces pertinents selon l'utilisation qui est faite des sites alentour. Pour certains, la qualité de la participation à la vie urbaine publique ainsi que l'épanouissement en tant que citoyen est facilité par une bonne accessibilité et ouverture de l'espace public (Tonnelat & Terzi, 2013). La valeur d'usage est particulièrement importante dans la conception d'espaces publics puisqu'ils se définissent par les utilisations qu'ils offrent, permettent une appropriation par les usagers et confèrent un dynamisme aux espaces (Augoyard, 2010). Les réflexions vont donc porter sur les pratiques sociales, la diversité des comportements et des cultures impliquant la création de diverses règles de sorte à maximiser la cohésion qui est visée. B. Bertoncello (2012) met d'ailleurs en évidence dans ses travaux la nécessité de relier les enjeux sociaux aux enjeux spatiaux, de sorte à assurer des porosités bénéfiques entre les sites tout en ayant une continuité dans le maillage. Finalement, la recherche d'urbanité et de cohésion sociale est présente depuis 1970 comme à Barcelone, bien qu'elle se soit développée une à deux décennies plus tard dans les pays comme la France et la Belgique, où les espaces publics sont restructurés afin de rassembler les gens autour d'appropriations collectives (Toussaint, 2003). L'épidémie récente de la COVID-19 a largement freiné l'investissement de l'espace public par les usagers à cause des risques liés aux contacts. Pourtant, graves ont été les effets des confinements sur la santé mentale, mais également sur les liens et rapports sociaux qui ont été impactés par le manque

d'échanges réels, de cohésion, mais aussi d'accès à un espace vert ou libre (Voisin-Bormuth, 2020).

- Un **troisième enjeu** cible son importance à une échelle plus macroscopique dans la *composition paysagère*. C'est ce paysage qui permet de mettre en évidence l'identité de l'espace urbain qui l'entoure et contribue à son attractivité (Bassand et al., 2001). Certains espaces publics vont ainsi permettre de valoriser les caractéristiques patrimoniales et naturelles des lieux par le biais de quelques outils spécifiques comme l'éclairage ou encore les matériaux, dans le but de lui offrir une valeur unique (Stein, 2003). Le rapport à la nature peut facilement intervenir dans cet enjeu, constituant dès lors un réel tremplin pour l'établissement de la biodiversité. La reconsidération et la prise en compte des trames vertes et bleues jouent également un rôle dans le paysage urbain et peuvent en contrepartie atténuer les aléas dû à certains dérèglements climatiques (CPDT, 2019).
- Enfin, un **quatrième enjeu** peut être relevé, celui de la *revitalisation ou le renouvellement urbain* qui se manifeste davantage à des échelles comme celle du quartier. Comme dit précédemment, son rôle dans la vie sociale, mais également dans l'organisation spatiale, le place en tête de liste en ce qui concerne la réflexion à lui apporter. En d'autres mots, il n'est plus synonyme de vide entre le bâti, mais il constitue un réel levier à la vie sociale et à l'appropriation du lieu. Interviennent également à ce stade les diverses activités permises par l'espace de sorte à répondre aux besoins des usagers. La notion de qualité urbaine, qui est positionnée au centre des ambitions collectives actuelles, est largement associée aux réflexions portées à l'égard des espaces publics tant elle renvoie à une appétence de « bien habiter » (Da Cunha & Guinand, 2014). Cet enjeu est notamment important afin de revaloriser les quartiers dits « sensibles » ou « en difficulté » dans le but de leur rendre une image attractive (Toussaint & Zimmermann, 2001). Dans cette visée, la problématique de l'inoccupation accrue des espaces pourrait être restreinte en garantissant une utilisation plus développée des espaces revitalisés et dynamisés.

1.1.2.2.D Quels acteurs autour de la notion ?

La question des acteurs retrouvés autour de la mise en œuvre des espaces publics est une notion importante à considérer. Ils se multiplient, c'est un fait qui ne facilite pas les problématiques et enjeux liés à la réussite de l'aménagement ou de la mise en œuvre de ces derniers, étant donné qu'il est nécessaire qu'ils interviennent parallèlement.

Les espaces publics ne pourraient pas voir le jour sans des professionnels de l'aménagement du territoire et des espaces, dont les connaissances appropriées à l'espace urbain ne sont plus à démontrer. En effet, l'aménagement des espaces publics concerne entre autres les urbanistes, mais également les architectes, paysagistes ou encore sociologues pour qui les questions urbaines importent beaucoup. C'est grâce à leurs esquisses, dessins, plans et sensibilité esthétique, notamment, que les espaces publics prennent vie.

Au-delà de ces professionnels, d'autres acteurs s'intègrent au processus de mise en œuvre des espaces publics à partir de 1970 et principalement dans nos régions dans les années 80' et 90' (Toussaint & Zimmermann, 2001). Cette nouvelle intervention apparaît avec la crise touchant le déficit en liens sociaux provoqués par l'inadéquation des lieux à usages publics et collectifs de l'époque moderniste. Les ambitions des pouvoirs publics sont d'agir sur la forme de ces espaces nouveaux afin de changer leur impact sur la société en elle-même et, ainsi, renforcer la cohésion sociale. Évidemment, la réduction des échelles de pouvoir prendra quelques années pour que les élus locaux soient concernés par les problématiques urbanistiques plus directement et qu'ils prolongent les ambitions portées plus haut dans la hiérarchie.

Les années 80' voient apparaître, en France, l'intervention des chercheurs auprès des architectes, des urbanistes, des sociologues urbains et des acteurs publics. En effet, plusieurs pistes de recherches naissent du Plan Urbain, programme de recherche qui fera l'objet d'un ouvrage à part entière, dans lequel divers chercheurs de domaines pertinents et variés creusent les problématiques recensées en rapport avec les espaces publics (Betin, 2001). Le groupe de travail concerné met en évidence que la notion d'espace public est scientifiquement porteuse par son caractère ambigu, faisant graviter des enjeux de qualité sociospatiale clairs. Betin (2001) ajoute que cette impulsion sera particulièrement appuyée par le philosophe I. Joseph, qui travaille lui-même dans le groupe de travail du Plan Urbain, voyant cette catégorie d'espace comme pertinente pour l'action. L'investissement des chercheurs sur le sujet des espaces publics confirme l'idée, pour les pouvoirs publics, que des changements globaux peuvent être réalisés en agissant sur certains espaces spécifiques, comme les espaces publics (Toussaint & Zimmermann, 2001). Cependant, le rôle et les productions des chercheurs restent très souvent théoriques et semblent moins intervenir dans les phases opérationnelles, sur le terrain.

Au fil du temps, de plus en plus d'acteurs privés s'associent, ou se substituent aux pouvoirs publics, dans les réflexions et aménagements de l'espace public. En effet, il n'est pas rare de voir des promoteurs ou des propriétaires prendre part dans la conception d'espaces publics, notamment dans de grands lotissements immobiliers ou commerciaux. Cette nouvelle intervention provient sans doute de l'affaiblissement des moyens publics nécessitant des partenaires économiques pour la réalisation de divers projets.

Enfin, les habitants apparaissent comme des acteurs indispensables pour la conception d'espaces publics de qualité. Ils sont les premiers acteurs de ces espaces puisqu'ils dépendent de leurs besoins, pratiques et appropriations. L'utilisateur est en quelque sorte responsable de la dynamique de l'urbain et notamment des espaces publics, image réelle du succès de ces derniers. Cependant, leur rôle ne s'arrête pas à l'utilisation en phase d'exploitation, ils sont aujourd'hui de plus en plus intégrés au processus de conception, spécifiquement *via* la participation citoyenne qui se manifeste sous diverses formes. La multiplication des projets où l'avis du citoyen n'était pas pris en compte, provoquant une réelle opposition aux propositions réalisées, a progressivement permis de repositionner le citoyen au cœur des dispositifs de conception. C'est cette prise de conscience de l'importance de l'utilisateur dans la

conception des espaces publics qui a fait naître la notion de Maîtrise d'usage (Vulbeau, 2014). Le but de la co-construction des projets ou des aménagements est de garantir une meilleure mise en lumière des besoins et, par conséquent, la conquête des espaces concernés lors de l'exploitation, mais aussi de limiter et maîtriser les coûts. Leurs positions apportent une plus-value dans la conception du projet, bien qu'ils ne soient pas les auteurs de la forme et des décisions relatives.

1.1.2.2.E En faveur d'un dialogue entre les espaces publics et privés

L'espace public n'est pas un espace spécifiquement délimité et particulier. Sa place ainsi que son rôle dans les relations et dans l'appropriation des usagers n'est pas anodine et questionne la relation qu'il peut entretenir avec les espaces privés, comme le bâti. La conception et l'aménagement des espaces publics passent donc par une prise de conscience du contexte, de sorte à engager un réel dialogue où les éléments architecturaux qui intègrent ce contexte, les « bords » comme les nomme Jan Gehl (2010), délimitent l'espace public en tant que lieux et lui confèrent une réelle identité. L'implication des « bords » dans la définition des espaces publics et dans le lien qu'il entretient avec les espaces privés ou le bâti qui constituent ces « bords » amène à traiter la question des rez-de-chaussée. En effet, les rez-de-chaussée ont également une responsabilité dans l'interrelation globale entre les espaces publics et les autres éléments qui les entourent, y compris dans sa qualité (Gehl, 2010).

Les espaces privés et publics semblent, spatialement parlant, moins se confronter qu'interagir ensemble. Bien entendu, sur le fond, ils sont opposés, n'étant pas destinés aux mêmes individus ou aux mêmes actions. Dans la théorie Habermassienne, la sphère privée relève du « personnel » et est assujettie à la règle de la conciliation, tandis que la sphère publique dépend du « collectif » et obéit à la règle de l'acceptation. La notion de « domaine public » renvoie à une appartenance publique, mais également à un usage direct (comme les places, les réseaux routiers ou les parcs) ou un service public (comme les hôpitaux ou les bureaux de poste). Cependant, diverses confusions sont souvent retrouvées, notamment par rapport aux bâtiments accueillants des services publics qui ne sont pas forcément des espaces publics. Cette confusion souligne l'ambiguïté qui existe dans la relation que possèdent ces différents espaces. L'opposition entre public et privé s'estompe tout comme leurs frontières et peut s'illustrer spécialement par le dialogue qu'entretiennent les infrastructures routières (public) qui amènent aux résidences (privé). Le flou peut aussi se marquer pour les bâtiments privés destinés à accueillir le public qui sont généralement compris comme des espaces publics, comme les restaurants ou les commerces (Bassand et al., 2001). La crise de la COVID-19 en est la preuve, ces espaces ont dû respecter une fermeture le temps des confinements. L'ouverture est un aspect directement relatif à l'espace public. En effet, il doit être accessible à tous et, au niveau de sa forme, doit permettre une circulation fluide et sans obstacle. La particularité des gares et des centres de loisirs ou commerciaux émerge de la privatisation de ces derniers durant le 20^{ème} siècle. Ces espaces sont particuliers puisqu'ils sont ouverts au public, mais selon des horaires précis. L'espace public définit donc des lieux dont le but est la communication sous toutes ses formes.

La communication concerne également la relation avec les autres types d'espaces, comme le privé. C'est à ce moment que de nouvelles questions se posent sur les frontières qui s'amenuisent et deviennent de réelles interfaces relationnelles. Les rez-de-chaussée, qui font la transition entre l'ordre public et privé, possèdent des caractéristiques spécifiques, à savoir ses accès, sa visibilité, son esthétique ou encore son rôle dans la composition paysagère. Pourtant, il n'est pas rare que leurs traitements soient laissés de côté, ou du moins l'étaient puisque les autorités publiques s'y intéressent aujourd'hui avec ferveur étant donné la place prépondérante du piéton. L'espace public étant autrefois considéré comme un lieu de rencontre et de partage (Panerai, 2013), les attentions accordées à son égard sont peu à peu devenues résiduelles avec l'avènement de l'architecture fonctionnaliste qui n'a d'yeux que pour l'automobile et peu pour le ressenti piéton. Le rôle actuel des rez-de-chaussée dans les parcours piétons, qui sont remis au-devant de la scène, a toute son importance puisqu'il est en contact direct avec l'espace public. Il serait donc bénéfique qu'ils participent aux ambiances et à la composition paysagère de l'espace urbain dans sa globalité afin de favoriser les mobilités douces tout en attirant d'autres usagers. Les Rez-de chaussée participent d'une part à la qualité architecturale des lieux en créant une frontière charnière entre le privé et le public et d'autre part, il participe au dynamisme des systèmes urbains.

1.1.2.3 L'urbanisme durable : pensée controversée au fil du temps

En parallèle des changements sociétaux, les théories autour de la durabilité et les facettes qui la constituent interviennent également dans les mutations observées dans l'aménagement. Les questionnements et constats autour de diverses problématiques liées à la préservation de la planète se multiplient depuis le Club de Rome jusqu'au Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Dès les prémices de ces préoccupations, le développement durable s'est peu à peu installé dans les discours et documents institutionnels, favorisant une définition dite « classique » comme celle retrouvée dans le rapport Brundtland (1987). La notion de développement durable de l'époque a donc rapidement touché le secteur urbain, bien que déjà quelques années auparavant, certains prônaient que des lignes de durabilité étaient d'ores et déjà esquissées (Raffaud, 2003). L'approche de durabilité mise en évidence à cette époque fait valoir trois grands axes : les enjeux environnementaux, sociaux et économiques (Brundtland, 1987). Hamman (2012) souligne qu'il s'agit finalement d'une première image du monde comme un organisme fébrile qui suggère de nouvelles réflexions à la fois sur l'environnement, mais aussi sur la société et ses activités. Plusieurs débats vont également émerger de cette association de termes qui, pour certains, ne recouvrent que peu de légitimité au vu de leur quasi-opposition (Vivien et al., 2013).

Au nom de ce développement censé « *répondre aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs* » (Brundtland, 1987), ont fleuri dans le secteur urbanistique les notions d' « urbanisme durable » ou de « ville durable ». Ceux-ci ont vu le jour à la suite des grands travaux et discours opposant notamment espaces diffus et espaces denses et compacts. En effet, dès les années 70' c'est le modèle compact qui s'impose et qui introduit de nombreux questionnements du point de vue des morphologies idéales (Dubois et al., 2005). L'ancrage de la notion

d'urbanisme durable s'est également amplifié avec le Sommet de Rio et la Charte d'Aalborg qui se sont respectivement déroulés en 1992 et 1994. Les villes compactes et denses deviennent un modèle privilégié et les Agendas 21 font leur entrée afin de développer les initiatives locales de durabilité. Peu de temps après, de nombreux écoquartiers ou écovillages voient le jour et, doucement, la compacité tant mise en avant s'efface au profit de la réintroduction de la nature dans les espaces urbains. Aujourd'hui, l'urbanisme durable prône les logements collectifs aux dimensions modérées comprenant des seuils de densités minimaux, la création et la revalorisation des coulées vertes et bleues ainsi que l'intégration de la *résilience* face aux aléas divers. Pourtant, nombreux sont les débats concernant la fabrique urbaine durable et les enjeux auxquels elle doit répondre (Levy, 2013). La notion d'urbanisme durable soulève de nombreuses questions, liées à la complexité des systèmes urbains et des enjeux auxquels ils doivent faire face. Souvent employée dans diverses politiques publiques, cette vision d'urbanisme durable dépeint de nombreuses contradictions et risque finalement de ne jamais aboutir en laissant la place à un urbanisme limitant les « pots cassés », de sorte à pérenniser les espaces et les rendre plus viables.

1.1.2.4 Des théories et pensées inspirantes

Différentes théories, pensées et pratiques se sont succédé au cours des dernières décennies, témoignant de l'évolution naturelle des pensées pour « améliorer » le développement urbanistique. Nous voulons dans ce point revenir sur deux théories spécifiques qui, selon nous, présentent de nombreux liens avec les enjeux actuels d'urbanité, de pérennité et de pistes pour une mise en œuvre des espaces urbains qui les prend en compte. Ces deux théories sont différentes, mais semblent toutes deux être des leviers pour tendre vers un urbanisme plus responsable et en adéquation avec les demandes et besoins du moment. Évidemment, nous ne pensons pas qu'elles constituent des solutions prêtes à l'emploi, mais ces dernières ouvrent sur des propositions qui peuvent influencer les démarches actuelles d'aménagement des systèmes urbains. Elles permettent notamment de réaliser des liens entre des pensées émises durant le siècle précédent et les ambitions que nous mettons en avant dans notre recherche de sorte à réformer les aménagements dans une vision de pérennité et d'amélioration.

1.1.2.4.A L'Écologie urbaine et ses transformations

L'écologie urbaine est un courant (Berdoulay & Soubeyran, 2010) dont le terme a été établi par l'École de Chicago sans qu'elle en soit pour autant son initiatrice. En effet, les théories que recouvrent ces termes ont été initiées bien plus tôt dès que des mises en œuvre dites « écologiques » ont été établies (Emelianoff, 2000). Au 19^{ème} siècle, les pratiques engagées, notamment de réintroduction de la nature dans les espaces urbains, relevaient davantage de l'hygiénisme que de la prise de conscience des nécessités environnementales. À cette époque, Geddes est convaincu que les éléments nécessaires au bien-être des usagers sont liés à la présence de la nature (Emelianoff, 2000). Derrière la notion d'écologie urbaine se retrouvent des ambiguïtés et des questionnements, particulièrement du fait que les divers essais de théorisation ainsi que les mises en œuvre qui y sont relatifs ne sont pas vraiment connectés. En effet, il existe un réel pont entre le contenu des discours scientifiques et les réalités

opérationnelles en son nom. Emelianoff (2000) justifie ce fait par la volonté scientifique que la notion d'écologie urbaine soit globale, mais que les applications pratiques soient finalement très sectorisées. Les travaux initiés par l'École de Chicago sont également révélateurs de ce constat. Ceux-ci traitent les dynamiques urbaines de l'époque et leurs influences sur les réalités sociales nouvelles et les diverses évolutions culturelles au sein des espaces urbains. Les écrits retrouvés dans l'ouvrage *The City* (Park & Burgess, 1967) ne semblent pas destinés à être directement appliqués, mais s'apparentent davantage à des pistes de réflexion pour les actions. Park et Burgess ont largement participé au déploiement de l'écologie humaine, soutenant une vision pluridisciplinaire et complexifiée des zones urbaines (ou de la ville si l'on prend le vocabulaire de l'époque) (Park & Burgess, 1967). Ces piliers de l'École de Chicago vont finalement inscrire l'urbain comme un véritable écosystème, en le comparant aux écosystèmes rassemblant populations végétales et animales. À partir de ces observations, ils vont étudier et questionner l'impact de l'urbain comme milieu à la base de la formation de profils sociaux spécifiques, des divers phénomènes ainsi que de leur organisation (Joseph & Grafmeyer, 2009). L'environnement urbain est donc le résultat des interactions sociales, sans mise en relation avec le milieu écologique. La pensée de cette École conçoit l'urbain comme un milieu naturel de l'homme, autonome, qui dépend de trois ordres (territorial – économique – culturel) contribuant à la « vitalité » de ces écosystèmes. L'urbain, qui est modelé par l'homme et qui l'influence à son tour, est alors un terrain d'expérimentation social. Les conclusions très controversées de l'École de Chicago sont souvent considérées comme réductrices. Cependant, la mise en évidence des relations qui existent entre le milieu qu'est l'urbain et l'homme sont en adéquation directe avec les phénomènes actuels d'interrelation entre les composantes des systèmes urbains, synonyme de leur complexité particulière.

En opposition à la notion d'écologie urbaine de l'École de Chicago, les années 60' voient la notion de métabolisme urbain se répandre, notamment avec des auteurs et écologues comme les frères Eugène et Howard Odum et surtout Wolman, qui introduit la notion en 1965. Les sciences appliquées à l'environnement et à la vie vont faire émerger l'écologie dans le sens scientifique du terme et l'appliquer à l'urbain. La notion de métabolisme urbain permet d'introduire les notions de circulation et de flux dans l'urbain. L'homme et tout ce qu'il produit seront donc, dans cette optique, intégrés à la science de l'écologie. Les préoccupations de l'époque tournent alors majoritairement autour des limites des ressources naturelles. De nombreuses réglementations émergent de cette vision afin de protéger l'environnement de l'homme et de ses activités dès lors considérées comme néfastes, l'urbain y compris. L'urbain est stigmatisé par les écologistes qui s'opposent aux pensées sociologistes du début du siècle. La notion d'empreinte écologique verra également le jour pour assurer une meilleure gestion des flux et garantir par la même une harmonie entre l'environnement et l'urbain (Goxe & Rousseau, 2008). Les théories écologistes, dont cette vision de métabolisme urbain, essuieront de larges critiques durant les années 80'- 90', en raison de l'inspiration fonctionnaliste dont elle est empreinte. Par la suite, divers outils apparaissent afin d'intégrer le mieux possible l'urbanisme à l'environnement. En effet, c'est à partir de ce moment-là que les différentes composantes des systèmes urbains ont été toutes prises en compte sans se focaliser uniquement sur leur dimension écologique. Le paradigme passera de l'écologique au durable, introduisant la notion de *nouvelle écologie urbaine* qui fera, à partir de ces

années-là, graviter les diverses dimensions sociales, économiques et environnementales autour des systèmes urbains.

La notion d'empreinte écologique sera visualisée comme un levier puisque l'écologie urbaine est une notion qui permettrait de la maîtriser tout en privilégiant les solutions capables d'améliorer la qualité de vie (Da Cunha, 2015). En effet, Da Cunha (2015) établit un lien entre les principes de la nouvelle écologie urbaine et la volonté de conception plus respectueuse des ressources. L'urbain est considéré comme une interface à l'origine des relations entre l'homme et son milieu. L'écologie urbaine souligne alors les relations qui peuvent exister entre la circulation des flux au sein de l'urbain et les ressources qui s'amenuisent. Finalement, cette nouvelle écologie urbaine met en lumière que la durabilité ne peut pas convenir à des systèmes urbains ouverts, mais qu'elles peuvent y contribuer en fermant la boucle. Cette vision de l'écologie urbaine, si elle s'étend au-delà des critères écologiques, est plus que porteuse. En effet, elle invite à privilégier le réemploi, le recyclage et l'économie de proximité. Dans ce sens, certaines études démontrent que l'urbanisme et l'écologie urbaine sont deux champs qui se complètent (PUCA, 2009). Par conséquent, l'organisation des espaces et la réduction de leur impact sur les ressources seraient des moyens de restreindre l'empreinte écologique des zones urbaines tout en assurant une qualité spatiale liée à l'habitabilité et à l'appropriation pour plus de pérennité. Berdoulay et Soubeyran (2010) ajoutent que la notion de nouvelle écologie urbaine actuelle se rapproche de celle défendue par l'École de Chicago. Ces derniers considèrent de façon prépondérante les questions sociales, notamment *via* la conception des espaces publics, de leur appropriation et partage par les usagers.

1.1.2.4.B Le nouvel urbanisme – New Urbanism

Ce concept, principalement développé aux États-Unis, mais aussi en Angleterre, est apparu en réponse à la multiplication des espaces urbains diffus et étalés. D'abord conçu comme un mouvement théorique, ensuite devenu une pratique d'aménagement urbain, le *New Urbanism* a vu ses principes se dessiner dans les années 1990. En effet, dans le prolongement des principes de Ahwahnee proposant des pistes pour la mise en œuvre d'espaces durables et viables, diverses réunions ont été organisées par le CNU (Congress for the New Urbanism). Elles ont permis de dessiner différents principes de conception urbanistiques spécifiques repris dans la charte du Nouvel Urbanisme. Ces principes étaient appliqués à plusieurs échelles, allant de la rue à l'espace régional en passant par l'îlot, de sorte à offrir des pistes de solutions durables et prenant en compte les qualités environnementales face aux expérimentations plus ancrées de l'époque (A. M. Garde, 2004). Ces expérimentations rattachées aux principes fonctionnalistes et promouvant des densités faibles ne participaient en rien à l'utilisation plus faible des voitures. En revanche, les ambitions du Nouvel Urbanisme avaient pour objectifs de promouvoir les formes compactes et diversifiées, multipliant les usages et encourageant les modes de transports piétons et communs. Ce sont ces éléments qui nous semblent particulièrement pertinents, faisant le lien avec la mise en avant du concept d'intensité urbaine axée sur les usages que nous prônons dans nos

recherches. Il est à noter que cette vision semble être partagée par des concepteurs actifs dans la diversité programmatique et d'usage des espaces dans leurs projets comme la firme MVRDV.

Les ségrégations raciales et spatiales étant très développées dans ces régions, tout comme la dégradation environnementale, ont poussé les initiateurs du Nouvel Urbanisme à formuler des principes censés contrer ces pratiques. Une autre ambition affichée de ce concept est la volonté de stimuler la diversité et les relations sociales afin que la cohésion et le sens de la « community » soient revalorisés. En ce sens, le Nouvel Urbanisme souhaitait renforcer le sentiment d'urbanité et d'appartenance des espaces dans lesquels les usagers auraient été amenés à évoluer. Les collectivités, soucieuses de contrer les problématiques de l'aménagement de l'époque et de tendre vers la notion durable qui avait le vent en poupe, ont ancré ce concept en approuvant des « New Urbanist projects ». Soutenant notamment les aménagements centrés sur les transports en commun, les projets imageant ce concept se sont multipliés (Ohm, 2004). Bien que son développement ait été plus important sur le continent américain, divers principes inspirés du New Urbanism se sont répandus dans divers pays européens, mais aussi en Inde ou encore au Japon (Grant, 2006). Pour les ambassadeurs de ce concept, la forme physique des espaces est à la base des transformations économiques, sociales et environnementales de ces zones (A. Garde & Kim, 2017; Knaap & Talen, 2005).

Certains défendent le New Urbanism au regard des principes qu'il met en évidence. Par exemple, on retrouve différentes recherches sur le rôle de la conception physique à l'égard de certains problèmes spatiaux et sociaux (CNU, 2001; Talen, 1999). D'autres critiquent ce concept en le considérant comme limité aux classes à revenus hauts, bien qu'il ait permis de lancer des pistes sur la recréation de l'urbanité (community), sans pour autant proposer d'alternatives (A. M. Garde, 2004; Grant, 2006). Plusieurs chercheurs comme Ellis (2002), Garde (2004) et Trudeau (2016) se sont intéressés à l'impact des pratiques du Nouvel Urbanisme sur les espaces urbains. Plusieurs avantages des aménagements favorisant la compacité, la mixité et la superposition des fonctions, mais aussi la diversification des logements, y compris dans leur coût, ont été mis en lumière. Nous pouvons par exemple citer la réduction de la dépendance à la voiture grâce à l'augmentation de la proposition des modes de transports, l'augmentation des utilisateurs de transports en commun ou encore l'affaiblissement des émissions polluantes et de la consommation énergétique.

Concernant les principes initiaux de ce mouvement à proprement parler, il promeut l'interconnexion des rues, la présence de centralités et la mixité des fonctions et de l'usage du sol. Aussi, les formes compactes étaient privilégiées tout comme l'était la diversité dans l'offre en logements. La réflexion générale formelle, qui favorise les déplacements piétons, défend notamment la ville du quart d'heure (Duany & Steuteville, 2021), illustrée dans la Le mouvement est par ailleurs décrit comme un vecteur de minimisation de la consommation des ressources et d'une intensification de la diversité des usages d'un espace (Grant, 2002).

Figure 6. En effet, cet autre concept peut être expliqué comme une mise en place géographique idéale où la plupart des besoins humains et de nombreux désirs sont situés à moins de 15 minutes de trajet. Le mouvement est par ailleurs décrit comme un vecteur de minimisation de la consommation des ressources et d'une intensification de la diversité des usages d'un espace (Grant, 2002).

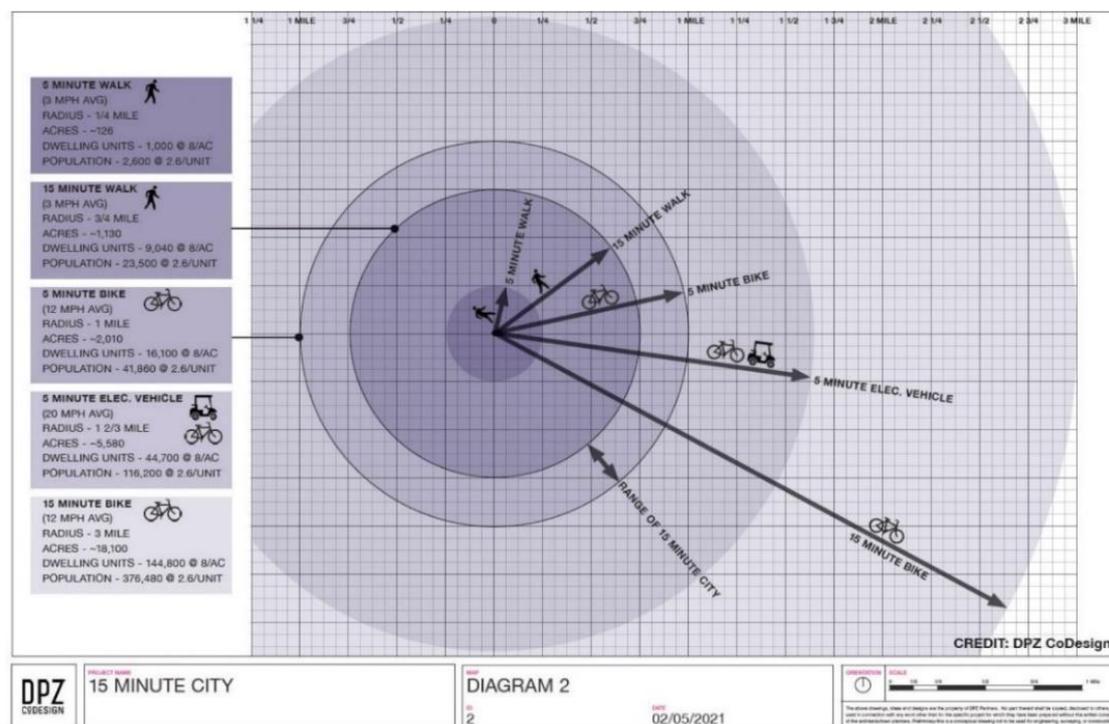


Figure 6 : Schématisation de la ville du quart d'heure, © DPZ CoDesign

D'un point de vue social, la Charte du Nouvel Urbanisme prévoit notamment de rétablir une identité forte aux espaces afin de soutenir la notion de bien commun, de privilégier les liens sociaux, de recréer de réelles communautés ainsi que de favoriser l'équité sociale en proposant une offre en logement et en activité diversifiée. Il est important de noter que certains auteurs suggèrent que le Nouvel Urbanisme fasse davantage l'objet d'études sur ses fondements et impacts afin d'établir des retours critiques sur ce concept (Fulton, 2017). Ce besoin serait expliqué par la banalité que recouvre le terme à l'heure actuelle et l'amalgame fait entre ce concept et les projets denses, compacts et promouvant les mobilités douces.

Le premier point de chapitre (1.1) a soulevé diverses problématiques et des faits relatifs à la complexité multiforme des systèmes urbains, mais aussi aux diverses dynamiques de modification de l'organisation sociale et spatiale. Ces mutations ont été engendrées par des évolutions sociétales multiples, impliquant des changements dans les besoins des citoyens d'aujourd'hui, qu'il est nécessaire de prendre en compte pour améliorer les aménagements futurs de sorte qu'ils soient adaptés. Nous avons également rendu compte de la fonction primaire de l'espace public qui se doit d'être un espace fédérateur, partagé, multiple et adapté à tout usager afin de favoriser à nouveau les liens sociaux et l'urbanité. En abordant les diverses visions de l'urbanisme durable, nous avons également souligné l'importance de pérenniser ces espaces, initialement nommés « *espaces à usages publics* », en les adaptant du mieux possibles

aux réalités actuelles. Ces différentes observations justifient le glissement d'approche vers une compréhension globale et systémique, dont l'une des réponses pourrait être le concept d'intensité urbaine. Cette notion étant peu définie dans la littérature, nous émettons l'hypothèse qu'elle peut devenir un réel outil d'analyse urbaine pour l'amélioration des aménagements urbains. La suite du chapitre s'intéresse ainsi plus en détail aux analyses urbaines, véritable moyen d'action pour une conception urbanistique adéquate.

1.2 LES ANALYSES URBAINES POUR LA COMPRÉHENSION DES ESPACES

« L'urbanisme ne peut ignorer les héritages du passé. Mais c'est avant tout une action qui engage l'avenir, parfois à long terme, pour plusieurs générations, voire plusieurs [...] ».

Merlin (2018)

1.2.1 DES OUTILS NÉCESSAIRES POUR L'ACTION URBANISTIQUE

Étant donné que notre recherche est orientée sur des thématiques de conception urbanistique pérennes, il nous est indispensable d'aborder le sujet des analyses urbaines. En effet, cette étape est essentielle et précède toute adaptation ou tout changement de l'organisation spatiale. Cette partie de chapitre s'intéresse donc principalement aux objectifs de ces analyses et à certaines méthodes utilisées pour les effectuer. Nous souhaitons d'abord, dans ce point, revenir brièvement sur le statut et les ambitions de l'urbanisme pour ensuite exposer l'importance des analyses urbaines dans ce domaine. Afin d'y parvenir, nous abordons diverses définitions retrouvées dans la littérature ainsi que les évolutions dans ses finalités actuelles.

Dans un second temps, nous discutons des diagnostics et indicateurs, très fréquemment employés, afin d'aboutir à la compréhension des espaces dans une optique d'action urbanistique réfléchie. Nous revenons également sur les objectifs variés des outils mis à dispositions des chercheurs et urbanistes lors de la réalisation d'analyses variées.

1.2.1.1 Urbanisme et Aménagement du Territoire

1.2.1.1.A Des termes subtilement différents ?

De nombreux auteurs s'accordent à dire que l'Urbanisme n'est pas aisément définissable (Frey, 1999; Merlin, 2018; Merlin & Choay, 1988), ce fait est notamment justifié par l'abondance des caractérisations de ce terme. Le terme «urbanización» serait à son origine et a été initié par Cerdà, qui est revendiqué comme l'un de ses inventeurs, dans les années 1860 (Tocquer, 2018). Le terme français n'apparaît qu'au début du 20^{ème} siècle, tandis que Camillo Sitte publie un livre qui traite de cette notion, dont la traduction en français est « L'art de bâtir les villes », à la fin du 19^{ème} siècle (Sitte, 1890). La définition défendue par F. Choay dans son ouvrage « *L'Urbanisme, utopies et réalités* » est finalement celle retrouvée dans le *Larousse* comme « Art, science et technique de l'aménagement des agglomérations humaines » (Larousse, 2022b). L'urbanisme n'est, selon Merlin (2018), ni une science, ni un art, ni une technique, mais bien une action délibérée et une pratique relative à l'espace urbain. Cette conception de l'urbanisme souligne la distance prise à l'égard du terme « Science » concernant cette discipline. Dans la dernière édition du célèbre ouvrage de Choay et Merlin (2015, p. 792), l'objectif de l'urbanisme est « *l'organisation spatiale des établissements humains* ».

L'aménagement du territoire est une notion visualisée comme inhérente à l'Urbanisme dans un contexte local et comme indépendante lorsqu'il porte sur de plus larges espaces. La notion peut être traduite en anglais par le mot *Planning* auquel d'autres adjectifs soulignant des spécificités peuvent être ajoutés par exemple *Town / City / Spatial Planning*. L'utilisation de ce terme est récente et s'est répandue à la suite de diverses préoccupations et déséquilibres de l'urbanisation au cours du 20^{ème} siècle. L'aménagement territorial a, dans un premier temps, été appréhendé comme une politique à l'échelle nationale ou le seul intervenant était l'État devenant une section de l'action publique (Pontier, 2014). Santamaria (2016) l'assimile, plus récemment, à une opération volontaire menée par des individus ou un groupe social afin de structurer ou adapter l'espace à des fins positives pour la collectivité dans son ensemble.

Les notions d'Urbanisme et d'Aménagement territorial se distinguent donc uniquement par l'échelle à laquelle ils s'appliquent ainsi que par le fait que l'aménagement peut se faire dans d'autres espaces que l'urbain. Cependant, comme nous l'avons exposé plus tôt dans ce manuscrit (cf. 1.1.1.1) l'urbain ne correspondrait pas à une portion délimitée du territoire, mais plutôt à une échelle qui, selon Marchal et Stébé (2014a) est généralisée. Selon cette approche, tout aménagement peut alors s'assimiler à une opération urbanistique. Dans notre travail, nous soutiendrons cette perspective selon laquelle l'aménagement du territoire peut également être un aménagement urbanistique ou simplement de l'urbanisme, ces termes recouvrant des réalités semblables. L'aménagement du territoire et l'urbanisme sont tous deux à la frontière entre la communauté humaine et l'espace. Ils sont par exemple visualisés comme des techniques ethnologiques qui repositionnent l'humain par rapport à son environnement. Ce positionnement ne les restreint pas uniquement à la technicité, mais les considère comme un réel médiateur entre la société et son environnement. Il s'agit également de deux notions qui semblent être interdisciplinaires puisqu'elles sont appliquées à l'urbain qui est un réel système (cf. 1.1.1.2) où gravitent divers éléments et, par conséquent, domaines.

L'aménagement urbanistique ou du territoire renvoie aux événements passés et notamment à l'introduction des chercheurs pour émettre des propositions les plus adéquates face aux problématiques de la seconde moitié du 20^{ème} siècle. C'est surtout à partir de cette époque que les recherches et études urbaines sont devenues officiellement liées aux possibles actions volontaires qui pouvaient être engagées. À cette époque, les études urbaines étaient sectorisées par l'unidisciplinarité des chercheurs et donc de leurs résultats. Les recherches urbaines de l'époque (publiques ou privées) concernaient principalement l'impact et les conséquences naissantes des productions modernes sur le territoire. Aujourd'hui, l'intérêt scientifique de l'aménagement est toujours présent, mais l'objectif est différent, conduisant à étudier le territoire ou l'urbain en tant qu'objet multidimensionnel recouvrant diverses sphères et différents processus. Les chercheurs sont aujourd'hui des acteurs toujours aussi sollicités, spécialement par les collectivités qui les consultent dans des perspectives d'actions opérationnelles. Les chercheurs ainsi que les bureaux d'études spécialisés doivent ainsi tenter d'apporter des connaissances au sujet des environnements complexes que sont les systèmes urbains afin d'embrayer sur diverses actions. Au travers des analyses et études urbaines, ces acteurs tentent en conséquence

de répondre aux questions fondamentales et complexes posées par le territoire pour agir de façon réfléchie et adaptée sur les espaces en question. Les espaces publics semblent d'ailleurs être un terrain privilégié pour les réaliser et souligner l'interaction entre les décideurs et les chercheurs (Betin, 2001).

1.2.1.1.B Les analyses urbaines, des leviers pour l'action

Il existe deux positionnements de l'analyse urbaine selon S. Baum (2021). La première est orientée sur la théorie, c'est-à-dire sur son établissement ou à ses tests relatifs, et la seconde, est opérationnelle et induit donc par la suite un acte spécifique afin de résoudre un dysfonctionnement. Il semble que ces deux approches aient des buts qui convergent, ce qui implique qu'elles ne s'excluent pas l'une de l'autre. Leur finalité commune est, comme Panerai et al. (1999) le mentionnent, la volonté de comprendre l'espace complexe dans lequel nous évoluons. Quoi qu'il en soit, l'étendue des outils utilisés pour les deux approches est semblable et recouvre les mêmes ambitions, bien que les manières de les employer peuvent diverger. D'un point de vue général, les analyses urbaines tentent de répondre à des questionnements tels que « *Comment ? Où ? Quoi ?* » afin d'apporter une compréhension nuancée à un questionnement spécifique, dont la finalité est d'aboutir à une action (publique ou autre). En d'autres termes, l'analyse urbaine est destinée à identifier et à apporter des propositions de réponses, selon une méthode spécifique et réfléchie, à des problématiques présentes dans les systèmes urbains qui nous entourent. L'appui sur des sources systématiques est indispensable dans les analyses urbaines puisque ce sont celles-ci qui apportent une certaine objectivité et une logique par rapport aux sources dites non systématiques, c'est-à-dire celles relatives aux expériences personnelles (Babbie, 2016). Certains spécifient qu'une part importante des analyses urbaines est ciblée sur l'analyse descriptive d'une question spécifique (Mondada, 1999). Dès lors, des méthodes pour brosser rationnellement des comportements ou des événements sont utilisées, tout comme l'emploi d'éléments mesurés et statistiques. Certaines analyses urbaines tentent également, dans certains cas, de mieux comprendre une question particulière. Celles-ci s'assimilent davantage à une démarche dite exploratoire qui se base sur des théories existantes et des applications spécifiques afin de mettre en évidence les corrélations et d'établir des interprétations adéquates.

L'aspect temporel est un point important dans les opérations d'aménagement, les analyses urbaines doivent donc être réalisées en ce sens également. Cerdà et Camillo Sitte considéraient d'ailleurs l'histoire comme élément important de l'urbanisme pour l'un et comme signification spécifique de l'agencement spatial pour l'autre. Merlin (2018) souligne que le passé tout comme le futur sont à prendre en compte du point de vue urbanistique. Les analyses urbaines, et plus largement l'urbanisme, appellent de ce fait des réflexions prospectives en intégrant la notion de pérennité. Les analyses prospectives se fondent sur des événements passés afin de prendre des précautions quant à la linéarité des évolutions possibles. En d'autres termes, elles examinent le futur sur base de multiples versions imaginées (Massé, 1965). Dans le cadre des analyses urbaines, le présent est par ailleurs un élément fondamental à prendre en compte dans le but de comprendre à la fois les tendances et les besoins de la société dans l'espace (Merlin, 2018). Pour ce même auteur, l'espace est inévitablement lié à l'urbanisme, mais

il en est de même pour le temps. Ces deux notions (temps et espace) semblent donc consubstantielles, tant pour l'élaboration d'analyses urbaines que pour les actions qu'elles vont induire.

1.2.1.2 Le diagnostic : étape indispensable en aménagement

Les acteurs de l'aménagement urbain, notamment les urbanistes et les chercheurs, s'appuient depuis longtemps sur diverses analyses urbaines afin de répondre de la manière la plus adéquate possible aux demandes (Ayeni, 2017). Il est pour nous inévitable d'aborder ici les diagnostics territoriaux et leurs finalités pour en comprendre le fonctionnement.

1.2.1.2.A L'utilisation d'indicateurs comme outils :

Le diagnostic du territoire, comme il est envisagé aujourd'hui, est une véritable analogie au domaine des sciences médicales, traduisant l'identification, à partir de symptômes observés et de tests réalisés, des causes de l'altération d'un corps dans une logique de rétablissement. En effet, le diagnostic urbanistique permet de s'imprégner d'un territoire, de comprendre ses dynamiques et besoins inhérents en y portant un jugement ainsi que de cerner les leviers d'amélioration (Lardon & Piveteau, 2005). L'approche couverte par le diagnostic territorial a cependant muté au fil des années et au fil de l'évolution de la pensée autour de l'urbain. Il y a d'ici quelques années, ces diagnostics territoriaux n'intégraient plus cette notion « d'organisme malade » et n'envisageaient donc pas les besoins de manière similaire aux analyses et diagnostics actuels. De plus, l'aménagement urbain, durant la fin du 20^{ème} siècle, se focalisait principalement sur le développement de croyances et structures de planification uniques et reproductibles, quels que soient le contexte et l'époque. Cette tendance semble bien loin de la démarche engagée actuellement, considérant l'ancrage dans le présent que Geddes avait pourtant déjà bien compris durant ses recherches, notamment avec ses « *Civic survey* » (Geddes, 2018). Les analyses urbaines, indissociables du diagnostic territorial, constituent donc une étape indispensable participant au développement pérenne et à la survie d'un aménagement, qu'il est nécessaire de réactualiser en fonction de l'évolution des besoins (Panerai et al., 1999).

Moine (2004) défend que le diagnostic est fondé sur deux approches dont l'une est spatiale et l'autre est organisationnelle. Il liste également six finalités spécifiques des diagnostics qui sont :

- L'apport de propositions par rapport à des ambitions spécifiques, portées par des acteurs variés ;
- La considération de toutes les pressions qui s'étendent sur l'espace étudié ;
- La prise en compte des positions adoptées par les autres acteurs au préalable ;
- La mise en évidence spatiale des faits et actes socio- économiques ;
- La prise en compte des valeurs partagées dans l'espace étudié
- L'attention de l'espace étudié vis-à-vis des espaces environnants, et ce, à plusieurs échelles

Initialement destinée aux études de gestion et d'économie, l'utilisation des indicateurs s'est également étendue au fil du temps au domaine de l'urbanisme. Les indicateurs sont généralement définis par des

valeurs qui renseignent sur un phénomène particulier pour en établir une représentation synthétique (Guy & Kibert, 1998). Ils quantifient des modèles complexes pour simplifier la communication d'informations (Dhakal, 2002 ; Huovila et al., 2019). Pour reprendre l'analogie faite par rapport aux sciences médicales, divers indicateurs constituent des outils permettant de conduire au diagnostic, abordé précédemment, de sorte à dresser un « bilan ». Ces indicateurs, lorsqu'ils sont observés et interprétés, permettent d'aboutir à une certaine compréhension. Delen (2019) revient sur la théorie du processus décisionnel de Simon (1977) en mentionnant que cette association « *observation-compréhension* » est à la base même de ce processus induit par « *l'intelligence* ». Aussi, Jégou et al (2012) mentionnent que l'évaluation par indicateur est une manière de « [...] *montrer, mesurer ou apprécier un phénomène : ils constituent une représentation au moins tout aussi subjective que qualificative* ». Les dynamiques territoriales, de création des espaces urbains et de gestion de ces derniers, appellent constamment à la régénération du cadre d'action et des outils appropriés offrant des possibilités de réponse originales et appropriées s'inspirant des échelles, enjeux et temporalités des territoires en question (Zepf & Andres, 2012). Tout comme il en convient pour les méthodes et les analyses urbaines, les indicateurs peuvent être limités, nécessitant certains ajustements et mises à jour en fonction de l'évolution des besoins. Ce constat peut nous conduire à nous interroger, d'une part, sur l'adéquation de ces indicateurs par rapport aux enjeux actuels et, d'autre part, sur des perspectives nouvelles.

Encore une fois, le temps est une notion importante et liée aux analyses urbaines, y compris au diagnostic. En effet, les actions futures se basent sur des analyses urbaines du passé ainsi que sur les diagnostics de la situation dans le présent. L'ensemble de ces notions – passé, présent et futur – doivent donc être considérées comme interdépendantes dans toute analyse urbaine menant à un acte spécifique.

1.2.1.2.B Ou d'indices :

Les villes et plus largement les espaces urbains sont de plus en plus considérés comme des systèmes, voire des écosystèmes (Bozza et al., 2015). La diversité des villes superposant des dimensions, qu'elles soient physiques, démographiques, économiques ou sociales, rend les systèmes urbains très complexes (Batty, 2008; Delaître et al., 2016; Dovey & Wood, 2015; Joerin et al., 2005; Seto et al., 2014; Solecki et al., 2013). C'est pourquoi des outils actualisés d'analyse et de compréhension de ces systèmes sont nécessaires, englobant des références traditionnelles telles que la mixité fonctionnelle, la densité ou la compacité, pour n'en citer que quelques-unes. Ces dernières sont jugées insuffisantes lorsqu'elles sont utilisées seules dans une vision monocritère vision (Florida, 2012; Maas, 1984; Mouratidis & Poortinga, 2020; Pelegrin-Genel & Pelegrin, 2008; Rerat, 2012; Rodriguez, 2015; Stonor, 2019; Teller & Fontaine, 2018; Vujic, 2014; Xia et al., 2020). En effet, les indicateurs basés sur une seule variable ne permettent pas de mesurer toutes les caractéristiques variées et interconnectées présentes dans les systèmes urbains d'aujourd'hui. Même lorsque différents indicateurs monocritères sont utilisés dans le même cadre politique, leur interrelation est souvent perdue (Haapio, 2012).

L'utilisation d'indicateurs individuels est donc limitée et pousse au développement d'indicateurs moins monolithiques pour représenter les systèmes urbains d'aujourd'hui, de manières plus holistiques et fiables. Ces faits conduisent de nombreux chercheurs en urbanisme à se tourner vers les indices, également appelés "indicateurs composites". Ceux-ci agrègent divers indicateurs, liés à des critères variés, en une seule valeur pour répondre à des problématiques et des questions actuelles. Par exemple, Alam et al.(2016) créent un indicateur composite pour les services écosystémiques. Les services écosystémiques (SE) sont un concept multidimensionnel qui combine un grand nombre de valeurs écologiques, biophysiques et sociales et leur indicateur composite donne un aperçu général de la performance d'un système en termes de fourniture de services écosystémiques, les sous-indices fournissent des sources de variation. Un autre exemple est l'indicateur de bien-être de Sarra et Nissi (2020) qui permet de prendre en compte les particularités locales et identifier les villes les plus performantes à suivre comme exemples de bonnes pratiques administratives pour promouvoir le bien-être urbain. D'autres travaux utilisant des indices peuvent être retrouvés à propos de la qualité de vie (Valcárcel-Aguilar & Murias, 2019), des transports (Haghshenas & Vaziri, 2012) ou de la résilience et de la durabilité des villes en général (Beccari, 2016; Rajaonson & Tanguay, 2017).

Les indices sont généralement construits par la combinaison de plusieurs indicateurs individuels liés à des critères et basés sur un modèle secondaire (OECD et al., 2008; Saltelli, 2007). Les indices sont des moyens concrets de mesurer et de résumer les multiples dimensions d'un concept et d'ouvrir le champ des comparaisons (Cherchye et al., 2006) en donnant une vue d'ensemble claire qui contribue à réduire les listes d'indicateurs (Saltelli, 2007). D'autre part, plusieurs objections et critiques concernant les indices sont trouvées dans la littérature. En effet, plusieurs chercheurs nous alertent sur le mauvais usage ou la mauvaise application des indices, comme cela a été noté dans divers guides au sujet de leur création (Nardo et al., 2005a, 2005b; Saisana & Tarantola, 2002). Malgré ces objections, Amartya Sen (2003), qui était initialement opposé aux indices, les a finalement utilisés dans l'indice de développement humain des Nations unies pour illustrer son concept de « capacité » basé sur diverses variables. L'indice qu'il propose s'adapte à un éventail de recherches multidimensionnelles. Il est évident qu'il est indispensable de tenir compte des limites et des avantages mis en évidence dans la littérature dans le développement d'indices.

1.2.1.3 Les objectifs des indicateurs et indices

Dans le domaine de l'aménagement du territoire, nous relevons deux grandes finalités des indicateurs et indices qui sont complémentaires, à savoir la mesure de performances ainsi que l'ambition d'améliorer ce qui est en place.

1.2.1.3.A Logique de performances

Souvent dans l'aménagement du territoire, les indicateurs sont liés au vaste sujet du Développement Durable et recommandés comme méthode pour atteindre le défi clé de sa mesure (Lee & Huang, 2007).

Dans le contexte urbain, les indicateurs soutiennent la fixation d'objectifs et le suivi des performances dans le temps (ISO, 2018). La durabilité environnementale ou socio-économique est donc l'objectif principal de la plupart des indicateurs urbains. En effet, lors du Sommet de la Terre de Rio en 1992, un consensus a été atteint par tous les pays présents pour adopter une approche globale de développement durable. Guy et Kibert (1998) suggèrent que, dans ce domaine, les indicateurs puissent être utilisés pour obtenir des informations suffisantes sur les performances d'un système tout en réduisant la quantité et la fréquence des mesures. Cette logique de performance est souvent liée à des outils d'évaluation qui regroupent un ensemble d'indicateurs de sorte à devenir de réelles normes et proposant des certifications. L'impact des projets est donc mesuré afin de correspondre à des performances et des objectifs ambitionnés.

Parmi ces outils d'évaluation, nous pouvons retrouver quatre labels qui sont très souvent employés pour les opérations d'aménagement et que nous décrivons brièvement ci-après. L'objectif de ce point n'est pas de dresser un état de l'art exhaustif des différents outils présentant une logique de performance, mais bien de fournir un aperçu de certains labels reconnus.

- **BREEAM** : Ce label signifie Building Research Establishment Environmental Assessment Method et constitue la certification la plus courante dans le monde de la construction. Portée par BRE35, cette méthode présente une approche globale, qui se décline sous forme d'un référentiel spécifique gravitant autour de diverses notions comme la gestion, la matérialité, les réseaux de transports ou encore l'implantation des éléments. Le référentiel aborde huit thématiques différentes comme la gestion de l'énergie, les enjeux climatiques, les interactions et le bien-être sociétal, la mobilité, la gestion des ressources naturelles, la morphologie urbaine, les enjeux écologiques ainsi que l'environnement bâti (Tableau 3). Cette évaluation permet de mesurer les performances et les qualités en termes d'environnement des diverses constructions. Ce label demande que chaque étape, allant de la conception des plans jusqu'à la destruction du bâtiment, respecte l'environnement. Lorsque le demandeur de la certification obtiendra cette dernière, il devra prouver son investissement en s'intégrant dans des actes globaux.

CHAPITRE	CRÉDIT DISPONIBLE
Gestion des opérations	10 crédits disponibles
Santé et bien-être	14 crédits disponibles
Énergie	21 crédits disponibles
Transport	10 crédits disponibles
Eau	6 crédits disponibles
Matériaux	12 crédits disponibles
Déchets	7 crédits disponibles
Terrains utilisés et écologie	10 crédits disponibles
Pollution	12 crédits disponibles
Innovation	10 crédits disponibles
TOTAL POSSIBLE :	112 crédits disponibles (crédits bonus inclus)

Tableau 3 : Crédits disponibles pour chaque thématique, tableau personnel d'après BRE Group (2022)

NIVEAU DE CERTIFICATION BREEAM	SCORE EN %
Non classé	<30
Passable	≥30
Bon	≥45
Très bon	≥55
Excellent	≥70
Exceptionnel	≥85

Tableau 4 : Résultat des degrés de certification, Tableau personnel d'après BRE Group (2022)

- **HQE Aménagement** : Cette méthode tente de contribuer à la qualité des aménagements présents et futurs ainsi qu'à la minimisation de leurs conséquences sur l'environnement. Cette démarche vise trois objectifs, à savoir la cohérence et l'intégration de l'opération dans le contexte à diverses échelles, la consommation parcimonieuse des ressources tout en assurant que l'environnement soit de qualité y compris d'un point de vue sanitaire et enfin, la présence de dynamiques sociales et économiques. Cette certification s'articule autour de 19 thèmes différents contribuant aux trois objectifs cités ci-avant.



Figure 7 : Thèmes de la certification HQE Aménagement, Certivéa (2022)

- **LEED-ND** : Cette certification, qui désigne signifie Leadership in Energy and Environmental Design for Neighborhood Development, se base sur différents critères accordant des points selon différents « crédits » relatifs à la conception et à la construction d'un quartier. On y retrouve un panel important d'indicateurs dits « techniques » dont l'objectif est de fournir une aide dans les décisions d'aménagement. Elle regroupe cinq catégories de crédits dont les ambitions pointées sont de favoriser de courts déplacements piétons, diminuer l'utilisation des véhicules individuels, limiter la propagation de l'urbanisation, optimiser l'utilisation des ressources naturelles et énergétiques, favoriser les trames vertes et bleues ainsi que la biodiversité ou encore assurer une qualité de l'air suffisante.
- **Éco Quartier** : Cette approche vise à amplifier l'apparition d'une nouvelle manière d'imaginer, créer et guider un quartier ou une ville. Elle englobe toutes les phases de l'aménagement durable, depuis l'initiation du projet jusqu'aux formalités les plus techniques, davantage reliées aux usages et à la qualité de vie. La démarche comprend également tout ce qui est relatif au développement du

territoire et économique et enfin, elle prend particulièrement en compte les divers enjeux actuels comme le climat et l'environnement. Le label Eco Quartier récompense donc les quartiers qui se veulent « exemplaires » et qui, par conséquent, respectent la charte comprenant vingt exigences. Ces exigences se déclinent selon quatre grands thèmes exposés dans la Figure 8.

Démarche et Processus	Cadre de vie et Usages	Développement Territorial	Environnement et Climat
<p>1 Réaliser des projets répondant aux besoins de tous en s'appuyant sur les ressources et contraintes du territoire</p> <p>2 Formaliser et mettre en œuvre un processus de pilotage et une gouvernance partagée</p> <p>3 Intégrer la dimension financière tout au long du projet dans une approche en coût global</p> <p>4 Prendre en compte les pratiques des usagers et les contraintes des gestionnaires dans les choix de conception tout au long du projet</p> <p>5 Mettre en œuvre des démarches d'évaluation et d'amélioration continue</p>	<p>6 Travailler en priorité sur la ville existante et proposer une densité adaptée pour lutter contre l'artificialisation des sols</p> <p>7 Mettre en œuvre les conditions du vivre-ensemble et de la solidarité</p> <p>8 Mettre en œuvre un urbanisme favorable à la santé pour assurer un cadre de vie sûr et sain</p> <p>9 Mettre en œuvre une qualité de cadre de vie qui concilie intensité, bien vivre ensemble et qualité de l'environnement</p> <p>10 Valoriser le patrimoine naturel et bâti, l'histoire et l'identité du site</p>	<p>11 Contribuer à un développement économique local, durable, équilibré, social et solidaire</p> <p>12 Favoriser la diversité des fonctions et leur proximité</p> <p>13 Optimiser l'utilisation des ressources et développer les filières locales et les circuits courts</p> <p>14 Favoriser les modes actifs, les transports collectifs et les offres alternatives de déplacement pour décarboner les mobilités</p> <p>15 Favoriser la transition numérique en faveur de la ville durable</p>	<p>16 Proposer un urbanisme permettant d'anticiper et de s'adapter au changement climatique et aux risques</p> <p>17 Viser la sobriété énergétique, la baisse des émissions de CO₂ et la diversification des sources au profit des énergies renouvelables et de récupération</p> <p>18 Limiter la production des déchets, développer et consolider des filières de valorisation et de recyclage dans une logique d'économie circulaire</p> <p>19 Préserver la ressource en eau et en assurer une gestion qualitative et économe</p> <p>20 Préserver, restaurer et valoriser la biodiversité, les sols et les milieux naturels</p>

Figure 8: Exigences du label, Ministère de la Transition Ecologique (2022)

1.2.1.3.B Logique d'amélioration

Si les indicateurs sont souvent visualisés comme un moyen d'atteindre un résultat et de comparer des valeurs de référence (Verma & Raghubanshi, 2018), la notion de progrès leur est également souvent associée (Böhringer & Jochem, 2007). Dans cette perspective, les indicateurs peuvent aussi être considérés comme des leviers de compréhension et d'amélioration, non seulement comme une mesure normative montrant l'écart par rapport à une norme, mais aussi comme un moyen de mettre en évidence des faits. Joerin et al. (2005) affirment que les indicateurs permettent de "faire le point" et de "comprendre" pour améliorer et progresser. En ce sens, les indicateurs peuvent être considérés comme des mécanismes de rétroaction guidant la prise de décision (Huang et al., 1998).

Qu'ils soient destinés à évaluer des performances ou à améliorer l'existant, les indicateurs sont souvent considérés comme des aides à la décision grâce à leurs apports importants dans le cadre de futures opérations. Ils semblent aider grandement dans le domaine de l'urbanisme afin de garantir le succès des opérations, étant donné la complexité des systèmes urbains. Concrètement, les aides à la décision fournissent des informations précises et actualisées pour réaliser une certaine évaluation et ainsi poursuivre dans les meilleures conditions possibles. Ils permettent d'orienter les décisions selon diverses ambitions en optant pour un choix optimisé qui s'avère être la solution la plus adéquate pour atteindre les objectifs. Dans ses recherches, Cherqui (2005) relève quatre méthodes d'aide à la décision, à savoir la représentation sous forme de tableau des données, la confrontation selon des critères, le raisonnement ordinal et la méthode multicritères.

Récemment, Kate Raworth (2018) a réalisé un ouvrage intitulé *La théorie du Donut* dans lequel elle représente sous forme d'un donut les limites qu'il est indispensable de respecter tant au niveau social (Plancher) qu'environnemental et écologique (Plafond) (

Figure 9).

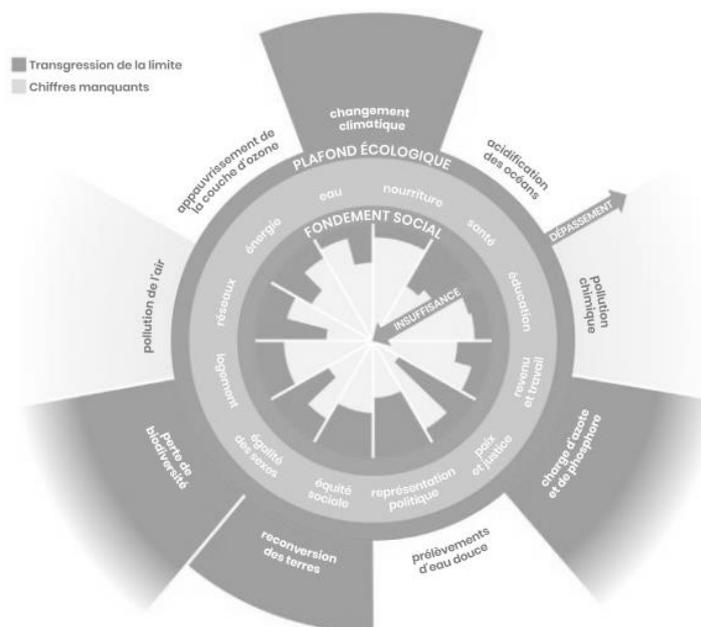


Figure 9 : Illustration de la théorie du Donut, Raworth,(2018)

Entre ces deux bornes se situe un espace viable et juste économiquement pour la communauté ainsi que soutenable écologiquement. L'objectif ciblé est donc de favoriser le bien-être d'une communauté sans nuire à celui des autres ni à l'environnement en général. Le Donut tente d'apporter des solutions, en condensant divers indicateurs afin de représenter localement un espace, selon ces diverses facettes, à savoir sociales, économiques et environnementales. Aussi, le Donut tente de rendre compte de la façon dont ces facettes sont impactées au-delà des limites de l'espace étudié. Il s'agit d'un parfait exemple d'outil d'aide à la décision, basé sur des indicateurs, qui permet à la fois de rendre compte des réalités d'un territoire afin d'en dresser une certaine analyse et à la fois de dessiner l'orientation des actions.

CONCLUSION DU CHAPITRE 1 : MISER SUR LA PÉRENNITÉ ET LA VIVABILITÉ AU MOYEN D'OUTILS SPÉCIFIQUES

Ce chapitre a dans un premier temps mis en évidence la difficulté que peut représenter l'urbain en termes de complexité, notamment à cause des notions gravitant autour de celui-ci en faisant un réel système. En effet, l'urbain doit être appréhendé comme une échelle où interagissent diverses composantes. Nous avons également abordé les différentes évolutions des espaces à la fois quant aux pratiques d'aménagement, mais également du point de vue des changements sociétaux. Cette mise en lumière des mutations a souligné la complexité intrinsèque avec laquelle les systèmes urbains doivent faire face aux divers enjeux et tourments actuels, qu'ils soient sociaux, économiques ou environnementaux. Nous avons par ailleurs relevé les changements de dogmes, pratiques et dictats urbanistiques en fonction des époques, les transformant de temps à autre en véritables causes ou déclencheurs des problématiques actuelles. Aussi, il nous semblait indispensable de nous pencher sur la question de l'espace public qui est au cœur des attentions actuelles et qui semble constituer un réel levier pour l'aménagement d'espaces adéquats pour la société. En effet, leur rôle, leur structure et leur mise en œuvre présentent un impact qu'il est nécessaire de prendre en compte pour l'avenir. En approchant la thématique de l'urbanisme durable, nous avons fait ressortir l'ambiguïté que revêt la notion, d'une part au fil du temps et d'autre part au fil des pensées des acteurs. Cette notion rajoute une complexité à l'aménagement urbanistique dans le sens où les diverses facettes liées à l'urbanisme ou à l'aménagement durable demandent une articulation spécifique en fonction des dynamiques, des espaces et des temporalités variées. Toubin et al. (2012) soulignent que la durabilité de l'urbain peut être considérée comme une réelle utopie dont il est essentiel de se rapprocher, et favorise d'ailleurs le terme de *Résilience*. Du point de vue de nos recherches, nous pensons qu'il est nécessaire de revoir la notion d'urbanisme durable afin qu'elle cible davantage une démarche résiliente où pérennisation et vivabilité des espaces portent les théories et actions opérationnelles.

Au travers de ce chapitre, il était nécessaire d'insister sur le fait que les questionnements et recherches autour de la ville ou de la forme idéale ne sont pas partagés par tous. Les débats sont notamment nourris par les diverses positions qui peuvent être retrouvées autour de la notion de durabilité. Nous l'avons abordé, les différents modèles de villes, qu'ils favorisent la compacité ou la multiplicité des pôles centraux, ont été vus comme solutions à l'étalement et à l'allongement des distances. Pourtant, certains auteurs ne sont pas du même avis et en perçoivent diverses limites (Pouyanne, 2004). En effet, cet auteur dénonce que l'idéal compact ne rime pas forcément avec les ambitions environnementales et écologiques à cause des conséquences de sa mise en œuvre comme la congestion, l'augmentation des prix ou des nuisances. Cependant, nous pensons que divers éléments de réponses dans des pensées et théories qui n'ont pas forcément été exploités dans leur globalité peuvent inspirer pour de nouvelles méthodes.

Les divergences et débats autour de l'urbain révèlent un autre enjeu très actuel qui est celui de la compréhension de la structure et de l'agencement des territoires urbanisés dans leur globalité. En les

considérant en tant que systèmes complexes, de sorte à mettre en évidence leurs fonctionnements, mais aussi leurs évolutions. Les tissus urbanisés d'aujourd'hui ne sont que l'héritage du passé qu'il est nécessaire de comprendre afin d'orienter l'avenir. Dans cette optique, les études et analyses urbaines constituent des étapes essentielles pour l'aménagement urbanistique de demain puisqu'elles sont à la base de toute action réfléchie. Cependant, la complexité croissante appelle à l'émergence de nouveaux outils, de systèmes d'indicateurs, de supports et de méthodes plus globales et moins sectorisées. Nous avons vu que les indicateurs et indices fournissent des informations précieuses qu'il est nécessaire d'interpréter afin d'orienter les politiques décisionnelles. Leurs objectifs pointent souvent des ambitions de performances, mais celles-ci semblent insuffisantes pour un passage à l'action et les perspectives d'amélioration doivent être davantage visées. Ils constituent donc de réels moyens d'orienter les aménagements dans une logique de résilience, de vivabilité et de soutenabilité.

Ce chapitre introduit la première partie du manuscrit constitué de deux autres chapitres, mais pose également leurs fondations. En effet, les chapitres 2 et 3 sont les suites directes des questionnements posés dans celui-ci. Dans ce sens, le second chapitre aborde en détail le concept d'intensité urbaine. Celui-ci est de plus en plus discuté en termes de proposition pour un aménagement viable et soutenable et semble aborder les systèmes urbains dans leur complexité. Cependant, il semble également s'inspirer des théories conceptuelles et opérationnelles abordées au chapitre 1, comme le Nouvel Urbanisme et l'écologie urbaine. Les chapitres 1 et 2 permettent également d'introduire le chapitre 3, puisque ce dernier s'intéresse à la variété des supports notamment utilisés pour les diagnostics du territoire et plus largement pour les analyses urbaines au fil du développement de la discipline urbanistique, allant de pair avec la complexité croissante des systèmes urbains et l'émergence d'outils comme le CIM.

CHAPITRE 2 : LA RECHERCHE DE L'INTENSITÉ URBAINE POUR LA VIABILITÉ DES ESPACES ?

Le deuxième chapitre se focalise sur le concept d'intensité urbaine, qui est spécifiquement abordé dans le domaine de l'aménagement du territoire. Dans un premier temps, diverses conséquences aux pratiques et changements antérieurs sont dressées ouvrant la voie à ce concept considéré comme global. Ensuite, la littérature scientifique à son propos ainsi que divers cas opérationnels sont étudiés afin d'éclairer davantage sur sa caractérisation et les défis qui subsistent à son égard.

02



2.1 INTRODUCTION À UN PRINCIPE FLOU

2.1.1 Des origines fondées sur des idées et des actes antérieurs pour l'avenir

2.2 VERS UNE COMPRÉHENSION DU CONCEPT

2.2.1 Un concept multiple et peu défini malgré une utilisation croissante

2.1 INTRODUCTION À UN PRINCIPE FLOU

« Bien qu'un lieu particulier puisse avoir des identités très différentes pour différents groupes, il existe néanmoins un terrain d'entente sur l'identité de ce lieu. Il s'agit de l'identité consensuelle d'un lieu, ce qui en fait son plus petit dénominateur commun »

Lynch (1960, p. 46)

2.1.1 DES ORIGINES FONDÉES SUR DES IDÉES ET DES ACTES ANTÉRIEURS POUR L'AVENIR

Les propos avancés dans le premier chapitre présentent différents facteurs qui, d'une part, invitent à bousculer les manières d'appréhender l'espace et, d'autre part, fournissent des informations supplémentaires nous poussant personnellement à étudier le potentiel caché derrière le concept d'intensité urbaine. De plus, le contexte de la thèse et nos recherches au début de ce travail ont fait ressortir que la notion d'intensité urbaine pouvait être pertinente et potentiellement répondre à diverses problématiques. Nous pouvons par exemple citer des problèmes marquants rattachés à la notion étudiée comme l'obsolescence rapide des espaces favorisant l'utilisation abrupte des ressources, l'impact de la construction sur les divers écosystèmes, ou encore les diverses évolutions dans les modes de vie et des besoins ainsi que le manque de cohésion et d'attachement au lieu.

Ainsi, dans ce premier point, nous mettons en évidence à la fois la provenance du concept d'intensité, c'est-à-dire depuis quand il est diffusé, mais surtout pour quelles raisons. Nous exposons notamment ici qu'il émerge de diverses politiques et pensées héritées du siècle dernier d'un point de vue urbanistique. Nous introduisons aussi dans cette section les principales ambitions que ses défenseurs lui associent. En ce sens, nous abordons les intentions fermes, et en rupture avec les pratiques précédentes, que ce concept présent depuis plusieurs décennies induit. Ces intentions permettent d'ouvrir la voie vers une définition plus précise sur ce concept censé pallier certaines problématiques d'aménagement actuelles.

2.1.1.1 Les conséquences de certaines pratiques et de changements passés

Comme nous l'avons exposé dans le chapitre 1, des évolutions concernant les espaces urbains, leur mode d'urbanisation et la société se sont succédé, non pas sans laisser de traces. En effet, les diverses politiques urbanistiques qui ont été adoptées au cours de la seconde moitié du 20^{ème} siècle jusqu'à aujourd'hui ont profondément impacté la nature des tissus urbains actuels. Le concept d'intensité urbaine n'est pas récent, son introduction sur le devant de la scène s'est donc construite autour de diverses problématiques qui sont apparues au fil du temps. Selon nous, il est possible d'extraire trois conséquences qui ont résulté de ces diverses expériences et qui semblent être à l'origine de l'émergence du concept d'intensité.

2.1.1.1.A Des espaces impactés par une urbanisation contemporaine

Les espaces qui nous entourent actuellement sont, en dehors des centres urbains primaires, issus de la croissance urbaine et semblent concentrer de moins en moins d'individus. L'étalement urbain est une image qui transpose spatialement ce phénomène puisqu'aujourd'hui, les espaces urbains ont incorporé des zones abritant une plus faible densité de bâti, mais également d'individus. Aussi appelé « desserrement », il a en partie eu un rôle dans les variations des déplacements journaliers. Nous pouvons, entre autres, noter l'allongement des trajets parcourus, mais également la multiplication de l'usage des véhicules rapides et individuels.

L'étude des zones urbanisées et de leur croissance est souvent expliquée par la théorie du *cycle de vie urbain* (Champion, 2001). Antrop (2004) met en évidence qu'il s'agit d'un modèle théorique défendant que toute urbanisation se déroule cycliquement selon quatre phases spécifiques, à savoir :

- L'**urbanisation** est un phénomène où l'augmentation de la population est marquante. Ce phénomène peut se dérouler dans n'importe quel espace, qu'il soit dans lesdits centres urbains ou situés autour de ceux-ci.
- La **suburbanisation** est la seconde phase du cycle de vie urbain et caractérise un intervalle de temps où l'accroissement des espaces centraux s'amenuise tandis que celui des espaces périphériques bat son plein.
- La **désurbanisation** représente la phase où le déclin des espaces centraux est supérieur à l'accroissement démographique des espaces périphériques.
- La **réurbanisation** est l'étape finale de cette théorie et dessine la fin de la désurbanisation par une progression positive des espaces centraux.

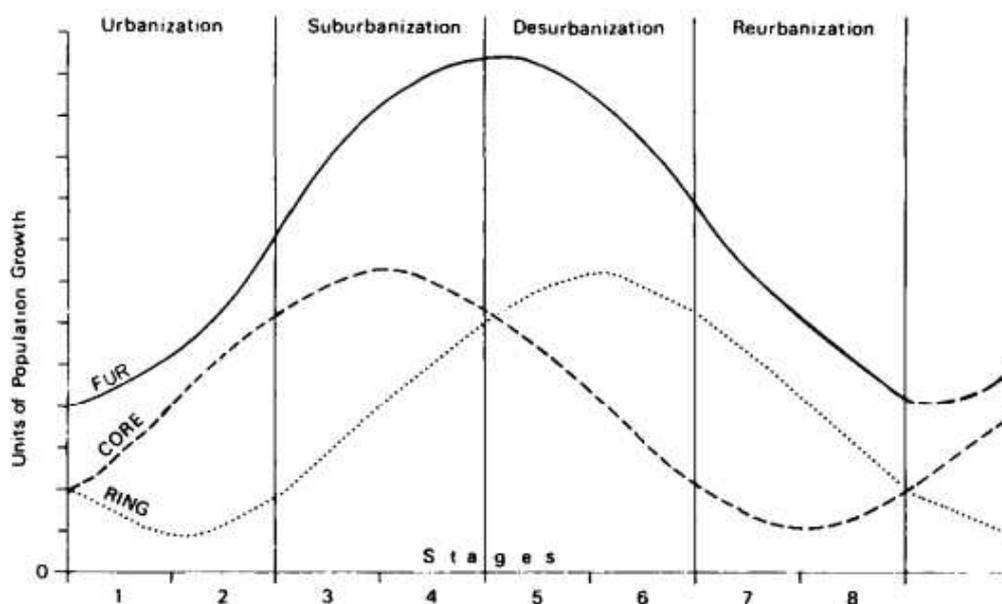


Figure 10 : Urban Life Cycle, (Van den Berg et al., 1982)

Ce modèle compare donc les variations des taux démographiques des espaces centraux et des espaces périphériques, mais semble toutefois limité. En effet, on peut à nouveau associer aux dynamiques actuelles une complexité particulière, amplifiant les difficultés concernant la classification de ces espaces (cf. 1.1.1.1). L'urbain regroupe un éventail de territoires. Il est fréquent, aujourd'hui, qu'un quartier soit caractérisé par une diminution de démographie ou d'attrait tandis qu'un autre appartenant à un même espace dit central soit réinvesti, notamment au travers d'opérations de gentrification. Les espaces urbains, qu'ils soient assimilés à des métropoles, des villes, des centres ou à des zones périurbaines, se disséminent et s'étendent (Lefèvre & Pinson, 2020). L'urbanisation se calque ainsi sur l'étalement et plus largement la globalisation de l'urbain et la dilution des limites, façonnant des espaces mixtes. Ces espaces, bien que spatialement plus larges, semblent présenter des variations de densités de population se répercutant directement sur la part de sol consommé par personne. Cette augmentation majeure de l'occupation par individu s'explique également à cause de la trop récurrente spatialisation fonctionnelle, impactant finalement l'occupation des activités humaines. L'OCDE (2018) précise par ailleurs que, bien que la densité urbaine moyenne soit plus élevée, 60% des espaces urbains sont qualifiés de peu denses.

Autant en Belgique qu'en France, l'accroissement démographique n'est pas insignifiant. En effet, les scénarios de perspectives démographiques pour la Belgique envisagent une augmentation de 11,66% entre 2022 et 2070. Cet accroissement élèverait le nombre de la population belge de 11 521 238 personnes en 2022 à 12 863 874 en 2070 (Statbel, 2022). Cette progression nécessite donc de réfléchir plus largement et différemment aux mises en œuvre urbanistiques, par rapport aux politiques qui ont été prises en matière d'aménagement jusqu'à présent. Par ailleurs, le rapport du GIEC insiste sur l'impact qu'a le bâti sur le réchauffement climatique. Dans leurs propos, ils précisent que les émissions directes et indirectes des bâtiments, résidentiels ou non, ont augmenté de plus de 50% par rapport aux années 90'. L'émergence de cette augmentation proviendrait notamment de l'accroissement de la surface de plancher par habitant, s'amplifiant notamment à cause de la croissance démographique abordée ci-avant (IPCC, 2022).

« *L'urbanisation contemporaine* », pour reprendre les termes de Lefèvre et Pinson (2020), et l'augmentation de la surface de plancher par individu font écho à la notion de « *Zéro Artificialisation Nette* », aussi abrégée ZAN, qui intègre maintenant la Loi Climat et Résilience depuis 2021 (L. n°2021-1104, 2021). En effet, l'objectif est de parvenir à cette ZAN en 2050, impliquant une adaptation des mises en œuvre urbanistiques et d'aménagement. Entre 2015 et 2018, pas moins de 10,7 km² ont été artificialisés par an en Belgique, majoritairement au détriment de terres agricoles (IWEPS, 2020). Les modes de déplacement individuels motorisés semblent aujourd'hui indispensables pour de nombreux ménages étant donné la répartition spatiale des activités encore trop fragmentée. Spatialement parlant, l'impact de ce mode de transport est ancré, tant au niveau des infrastructures de réseaux qu'au niveau des services et équipements. Récemment, l'épidémie de la COVID-19 a à nouveau souligné cette dépendance à l'automobile en raison de l'aménagement et de la fragmentation des espaces urbains actuels. En effet, bien que quelques commerces de proximité existent, les distances à parcourir entre

les différents lieux de ravitaillement impliquent une utilisation accrue de ce mode de transport. Le détachement par rapport à cette dépendance est d'autant plus compliqué par le développement des infrastructures particulièrement adaptées à ces déplacements et facilitant son utilisation. Pourtant, à l'heure où les enjeux climatiques figurent être au centre des préoccupations, l'augmentation de la surface artificialisée (SPW, 2019b) est un facteur aggravant quant au phénomène d'étanchéification des sols ou encore de non-renouvellement des eaux souterraines, qui participe à l'érosion précoce et accélérée de certains sols, contribuant à un effondrement drastique de la biodiversité. Il y a plus d'une décennie, Bertrand (2009) indiquait que, à cause de l'augmentation de l'artificialisation, les différents habitats naturels étaient pour la plupart détériorés et l'ensemble des biotopes naturels semblait être de plus en plus morcelé. Aussi, l'augmentation de la surface imperméabilisée menace nos territoires en termes de catastrophes environnementales comme les inondations. À l'été 2021 et 2022, des épisodes de crues ravageant tout sur leur passage ont eu lieu dans plusieurs pays de l'Europe, dont la Belgique, notamment à cause de l'étanchéification et plus largement de l'artificialisation trop répandue.

Face aux nombreux effets de l'urbanisation de la fin du 20^{ème} et du 21^{ème} siècle, l'idée d'intensification des espaces déjà urbanisés, afin de répondre aux besoins démographiques tout en limitant l'impact sur l'environnement et les ressources, se répand depuis plusieurs décennies.

2.1.1.1.B Des espaces dépouillés de cohésion et d'appartenance

Comme abordé dans le premier chapitre de ce manuscrit, les mises en œuvre des Modernes en période d'après-guerre ne semblent pas anodines quant au rôle joué dans les prémices de la perte de cohésion sociale. En effet, la fragmentation des espaces, provoquée notamment par la disjonction entre les flux de population et les diverses fonctions, l'usage accru de l'automobile ainsi que la faible utilisation des modes de déplacements doux sont quelques causes à l'origine de la désertion des espaces publics. Rompant une quelconque continuité entre ces espaces qui, à l'origine, étaient majoritairement investis par les usagers et qui, peu à peu, se sont détériorés. Aujourd'hui encore, la question de la perte de cohésion et la recréation des liens sociaux rythment toujours les politiques entreprises par les collectivités, tout comme la question de la valorisation des espaces publics et de leur rôle. En Belgique, des actions telles que les Plans de cohésion sociale se multiplient afin de contribuer en faveur de cette dernière et de limiter les inégalités et ségrégations (SPW, 2019a). Les espaces urbains semblent être particulièrement fragmentés fonctionnellement, mais également socialement, bien qu'on observe une réduction de la diversité du tissu urbain (Li et al., 2022). Des logiques spécifiques peuvent y être retrouvées au niveau des processus sociaux actuels comme l'accroissement de l'individualisation (Bauman, 2000), de l'anonymat (Pétonnet, 1994), de la perte de liaisons et d'interrelations sociales ou encore d'identité et d'attachement (Durczak, 2014). Comme conséquence de cette perte d'attraction et de cohésion, nous pouvons notamment noter la désertion générale des espaces publics, la ségrégation sociale de certains quartiers, l'accroissement de la gentrification, l'isolement, mais aussi la vacance immobilière.

Simard (2020) relève que par nature, les hommes se rassemblent, qu'importe les situations. Cette affirmation semble d'autant plus vraie aujourd'hui, après les nombreux confinements provoquant un isolement social diminuant radicalement les interactions « réelles ». Bien sûr, les interactions « virtuelles » se sont accrues sans pour autant assouvir le besoin naturel et humain de contacts en « face à face ». En effet, la société paraît nécessiter d'espaces attractifs et adéquats pour, possiblement, recréer du lien social en interagissant avec les autres. Déjà pour Jane Jacobs (1991), les interactions sociales paraissent être une force motrice impulsant le dynamisme dans les espaces en question. En ce sens, elle défendait et accordait davantage d'importance au processus de *vitalité* sociale et au développement d'activités. Concernant les travaux de Gehl (2010) et Maas (1984), les interactions sociales sont également au centre de leurs discours étant donné qu'elles participeraient à l'attachement, à l'attractivité et à la vie publique. Ainsi, Montgomery (1998) précise que l'infrastructure physique n'est pas l'unique point d'attention dans l'aménagement, mais que les occupations et actions sociales ont aussi toute leur importance. Le *genius loci*, c'est-à-dire le génie du lieu, paraît s'estomper à cause des diverses mutations accélérées et de la perte de singularité dans le paysage urbain. Norberg-Shulz (1997) parle de la dilution des limites et l'atténuation des particularités des espaces comme effets de dissolution des lieux, de diminution de la qualité et de rattachement pour les citoyens. Dans ce contexte, les espaces publics jouent un rôle particulier dont l'un des objectifs est de multiplier les interactions sociales, qu'elles soient formelles ou informelles afin de constituer un tissu urbain dynamique. Leur aménagement, privilégiant les modes doux, devrait selon certains multiplier les opportunités d'échanges entre les usagers (Dhau Decuypere, 2009).

La cohésion sociale est une notion qui regrouperait l'ensemble des liens et de la solidarité entre les différents groupes sociaux et semble être associée au concept de capital social, qui porte quant à lui sur les spécificités liées à l'organisation sociale et constitue un moyen de simplifier les actes collectifs (Berkman & Kawachi, 2000). Selon Poortinga (2006), les deux concepts ont une importance prépondérante sur la société en termes de bien-être et de santé. Les liens constitués avec le voisinage paraissent aujourd'hui délaissés par les populations n'ayant pas d'attache particulière à leur lieu de résidence. Pourtant, certains auteurs insistent sur le fait que pour des individus fragiles, mais aussi pour l'esprit communautaire, elles sont indispensables, notamment au niveau du bien-être (Kawachi & Subramanian, 2007). D'après Boessen et al. (2018), le bâti est impliqué dans l'accroissement et la continuité des liens sociaux entre ses habitants au sein d'un même quartier. Certaines études ont d'ailleurs démontré que les caractéristiques spatiales et leur organisation influent sur la cohésion sociale (Mazumdar et al., 2018). Les conséquences de l'urbanisation et de l'étalement pourraient également avoir un lien avec la diminution de cohésion sociale. En effet, la faible densité qui lui est souvent associée pourrait être vectrice d'éloignement des individus, impactant les événements sociaux (Le Bras, 1996). Dans les espaces urbains, nombreux sont les résidents de logements ne possédant pas d'extérieur et pour qui la présence d'espaces verts est nécessaire, voire indispensable à leur bien-être. Ces espaces peuvent en effet également encourager une certaine forme de cohésion.

Outre les notions d'interactions et de cohésion, les travaux de certains sociologues de la fin du 20^{ème} siècle arguent que le phénomène d'appartenance aux espaces semble ne plus avoir énormément de sens à cause, notamment, de l'importance majorée des flux devenus globaux (Lefèvre & Pinson, 2020). Cette diminution de l'importance de l'appartenance serait corollaire à la globalisation de la production et de la culture, ôtant aux lieux un quelconque rôle dans ce phénomène. Or, si l'on suit les travaux de Marchal et Stébé (2014b), grâce à la diversité des références culturelles présentes dans les milieux urbanisés, l'appartenance identitaire doit se construire de façon autonome. Lefèvre et Pinson (2020, p. 30) insistent sur l'influence de ce milieu en tant que « *support* » ou de « *matériaux* » pour le processus identitaire et expriment que « [...] *la pratique des lieux devient cruciale dans la construction des identités individuelles et collectives.* ». Cela sous-entend que le réinvestissement des lieux est une condition nécessaire à la (re)création de l'appartenance par ces derniers et qu'il est plus que judicieux d'accorder de réelles réflexions dans leurs mises en œuvre lorsque la société ne les pratique pas ou peu. De cette façon, ils pourraient eux aussi se forger une identité propre. Le seul rapport aux fonctions d'un espace ne semble pas réaliste ni satisfaisant concernant les besoins quotidiens des usagers, car en s'appropriant les espaces, ils créent diverses caractéristiques identitaires à la fois individuelles et communautaires (Lefèvre & Pinson, 2020). Aussi, ce mécanisme constructif de l'identité se base sur la diversité et les distinctions spatiales, mais les façonne également (Lefèvre & Pinson, 2020). Reprenant les pensées de Lussault (2016), ce processus de création identitaire est un événement lié aux relations et aux espaces. Les interactions sociales ainsi que les lieux semblent, selon cette logique, être des éléments prépondérants, participant à l'attachement des usagers aux espaces urbains qu'il est nécessaire de revigorer, voire de réinstaurer.

2.1.1.1.C Des espaces empreints de stigmates

Le stigmatisme est également un phénomène qui touche l'urbain. Depaule (2017) affirme qu'il est courant que les étiquettes associées à certains espaces urbains désignent une catégorie sociale ou de population et donc une certaine identité. Soulevant souvent des caractéristiques négatives relatives à un lieu (Kokoreff, 2007), les stigmates deviennent de véritables labels de classification des espaces urbains, voire une sorte d'exclusion au sens physique ou mental du terme. Ainsi, les stigmates peuvent être relatifs par exemple aux ressentis, aux caractéristiques architecturales ou encore aux politiques d'aménagements et à leurs enjeux. Les stigmates pourraient être à la base de ce qu'Erdi Lelandais (2009) appelle les « *frontières intérieures* », qui semblent rompre la continuité des espaces, les fragmenter et les séparer d'un point de vue spatial ou social, alors qu'initialement, ils appartiennent au même ensemble. Le phénomène de stigmatisation serait synonyme de réalité, son origine proviendrait du passé, de l'histoire qui n'a cessé de perdurer. Certains termes au départ sans signification négative, parfois utilisés seuls ou accompagnés d'autres termes précis, deviennent stigmatisants (Depaule, 2017). Cependant, il peut également tirer son origine d'un renversement complet et observable. C'est notamment le cas des espaces gentrifiés (Clerval & Crieckingen, 2021). Pesavento (2017) affirme dans ses travaux que les termes stigmatisants agissent à une échelle large, englobant tous les éléments au nom d'un terme, comme l'expression « *tous les mettre dans le même sac* » l'exprime. Néanmoins, il

n'est pas rare d'observer des mouvements de contestations venant d'individus stigmatisés à tort à cause de leur lieu de résidence, en proposant d'autres visions de l'espace stigmatisé. C'est notamment le cas dans la ville de Saint-Étienne en France ou encore de Charleroi (Pala, 2017).

Aujourd'hui, plusieurs stigmates à divers degrés peuvent être relevés concernant les espaces urbains, mais aussi à propos des pistes d'aménagement. Par exemple, Orfeuil (2020) met en évidence que l'étalement ou l'urbanisation discontinue, est toujours stigmatisé à cause de ses répercussions négatives variées, qu'il s'agisse de l'usage automobile et l'augmentation des distances, du zonage fonctionnel, de l'amplification de l'artificialisation des sols ou encore des limites des ressources foncières. Largement réduite à une faible densité (Rerat, 2012), les discours politiques ainsi que divers travaux préconisent la densification pour tenter de remédier aux maux produits par cette urbanisation diffuse (Touati, 2010). La densification est notamment envisagée pour certains comme un remède pertinent pour minimiser l'impact de l'urbain sur l'environnement, contribuant à la qualité de vie et renvoyant à l'urbanité (Charmes, 2010). Cependant, cette même notion conçue comme une possible solution est, elle aussi, victime de stigmates, parfois contradictoires, venant soit des citoyens, soit des chercheurs. En effet, certains individus conçoivent la notion de densité comme négative, qui renvoie aux grands ensembles modernistes, voire à l'entassement. Paradoxalement, d'autres ne voient pourtant aucun problème à dépenser des sommes astronomiques dans les quartiers parisiens haussmanniens (Charmes, 2010; Touati, 2010). Le premier étant factuellement moins dense que le second (Figure 11). Pour Grosjean et al. (2014), ce sont les caractéristiques culturelles des individus qui influencent leurs perceptions de la densité. Pour certains chercheurs, la notion de densité en soi est aujourd'hui dépourvue de sens à cause de la dilution des frontières (G. Grosjean et al., 2014). Pour d'autres, si elle n'est pas encadrée la densité peut très vite s'apparenter à une démarche scientifique universalisante qui devient contre-productive (Teller & Fontaine, 2018). Pour d'autres encore, la densité renvoie à une augmentation du bâti dans un espace qui l'est déjà (Fouchier, 2010). Grosjean et al. (2014) soulignent qu'on assiste à une diminution de l'emploi du terme, que ce soit dans l'opérationnel ou dans les discours politiques autour de l'urbanisme, étant donné qu'elle serait davantage assimilée à une conséquence qu'à un élément d'entrée dans un projet.

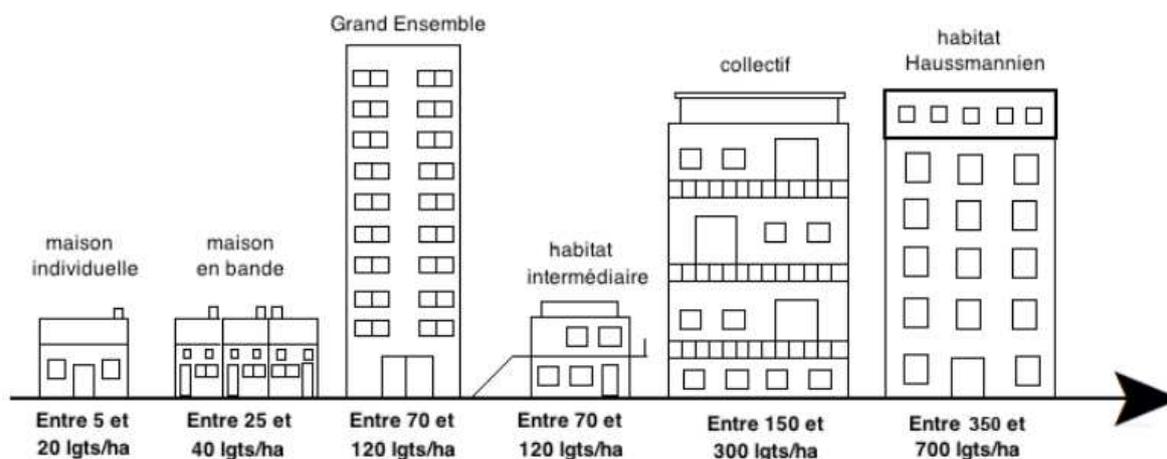


Figure 11 : Comparaison des densités nettes selon les formes d'habitats, CAUE 93 (2014)

La notion de compacité, qui n'échappe pas au phénomène de stigmatisation, est dans plusieurs travaux et pensées associée à la densité (Charmes, 2010; De Smet, 2018; Rerat, 2012). Elle est également perçue comme un modèle effectif de qualité de vie (Bardhan et al., 2015; Jenks, 2019; Jenks et al., 1996). La compacité serait moins consommatrice d'espace ou d'énergie et participerait à réduction des distances (Bochet, 2007). Il est important de nuancer que densité et compacité ne vont pas forcément de pair. Tout comme la densité, la compacité est perçue différemment en fonction des chercheurs, bien que les citoyens y voient aussi quelques stigmates. Par exemple, pour certains chercheurs, les espaces compacts sont mis en pleine opposition avec les espaces urbanisés diffus (Dieleman & Wegener, 2004). Or pour d'autres, les espaces les plus compacts seraient ceux où l'on retrouve le plus de problématiques, qu'il s'agisse de sécurité, d'insalubrité ou encore de dérangements sonores (Mouratidis, 2017). D'autres encore questionnent les effets positifs de la compacité, notamment du point de vue de la consommation énergétique liée aux déplacements de loisirs (Nessi, 2010). Pouyanne (2004) met en évidence que rendre les espaces compacts ne va pas toujours de pair avec les ambitions et choix des citoyens. En effet, cela serait dû aux politiques de "compactification" qui demandent de grands investissements, allant parfois à l'encontre des volontés citoyennes (Pouyanne, 2004). Certains présument que ce type de modèle joue un rôle dans les inégalités spatiales des logements et sont sceptiques quant à son impact sur la production de cohésion sociale (Bochet, 2007).

L'ensemble de ces stigmates, bien qu'il en existe beaucoup d'autres que ceux présentés ici, mettent en lumière certains éléments. D'une part, les étiquettes associées à certains espaces, où des fragmentations sociales et spatiales peuvent être retrouvées, jouent un rôle dans la perte de cohésion et biaisent l'identité de certains espaces urbanisés. D'autre part, les divers modèles et les pistes d'aménagements basculent vers des préjugés plus ou moins fondés par les chercheurs, qui en voient certaines limites. De plus, ces propositions d'aménagements sont pour certains citoyens difficiles à accepter, à cause des différentes images auxquelles elles renvoient. Ces stigmates révèlent que certains termes sont porteurs d'images parfois biaisées, mais ils révèlent aussi les aspects négatifs qui leur sont liés. Il était donc logique et naturel que d'autres termes moins stigmatisants et plus adaptés aux enjeux, qu'ils soient environnementaux ou sociétaux, soient employés de façon plus courante afin d'introduire de nouvelles actions (Fouchier, 2010).

2.1.1.1.D Des espaces nécessitant un retour centré sur les individus et leurs besoins

Certaines stratégies, pourtant initiées dans le but de requalifier les espaces ou embellir le paysage urbain, ont parfois abouti en des espaces dépourvus de singularité, limitant les interactions et provoquant un faible intérêt pour la population, voire leur départ (Batty, 2016). L'épidémie récente de la COVID-19 qui a frappé le monde entier a précisément montré que l'humain est un être pour qui les relations et les interactions sociales sont indispensables. Une observation faite par Braun et Malizia (2015) décrit que le dynamisme des espaces est une caractéristique majoritairement recherchée par les individus. Il ne faut cependant pas confondre dynamisme et agitation, les deux présentent des degrés bien différents. En effet, la notion de dynamisme serait intimement liée à l'attractivité, pourrait

contribuer à l'attachement et permettre la (re)création de liens sociaux contribuant à la qualité de vie (Cusin & Damon, 2010). Certains prônent donc l'ajustement et l'optimisation de la relation Homme-lieu de sorte à tendre vers la durabilité ou, comme mentionné dans le premier chapitre de ce manuscrit, vers la pérennité des espaces (Li et al., 2022).

Ce rapprochement aux volontés des citoyens pour la conception et l'aménagement des espaces fait appel à une compréhension de la relation particulièrement complexe entre la société et les dynamiques spatiales urbaines qui semblent évoluer (Lang et al., 2016). En ce sens, les travaux sur les espaces publics et les moyens de mise en œuvre notamment, afin que ceux-ci soient de réel support de qualité et de dynamisme, se multiplient. Ils induisent donc, dans un premier temps, de réintroduire les pratiques de ces espaces, aussi diverses qu'elles soient, de sorte à réinvestir l'espace. Certains auteurs mentionnent qu'il est nécessaire de se focaliser sur le bien-être dans les espaces et d'imaginer l'attractivité de ces derniers sous le prisme de la qualité de vie et de leur réponse aux besoins. Ainsi, Bourdin et Cornier (2017) reprennent les termes de Sen (2003) dont les travaux traitent de la « *Capability* », en soulignant que tout individu doit être capable, dans un espace, d'être et d'agir. Les mêmes auteurs relèvent cependant que le bien-être dépend davantage des situations auxquels les individus sont confrontés au fil du temps, tandis que la qualité de vie est d'ordre sensible et subjectif (Bourdin & Cornier, 2017). La sensibilité des citoyens affecterait donc son ressenti, notamment concernant la qualité d'un espace. Bailly et Marchand (2016) relèvent d'ailleurs un besoin de plus en plus prononcé de s'éloigner de l'aménagement purement technique, impliquant plus de subjectivité et de traitements sensibles des espaces. Fleury-Bahi et al. (2017) soulignent que la qualité de vie correspond à un système complexe englobant plusieurs dimensions, qu'elles soient physiques, psychologiques et sociales. Dans cette logique, il est donc nécessaire d'aller au-delà des caractéristiques purement techniques, souvent abordées dans les modèles traditionnels cloisonnés, car la qualité de vie semble dépendre de multiples domaines (Bourdin & Cornier, 2017).

L'aménagement et la conception des espaces devraient donc être centrés sur les citoyens en leur offrant la possibilité de s'y réaliser et de répondre à leurs besoins essentiels. Les caractéristiques des espaces devraient également faire appel aux sens des individus et les interpeller du point de vue de leur ressenti. En développant des espaces sensibles, qualitatifs et satisfaisant les besoins de la population, les interactions sociales, le dynamisme et l'attractivité pourraient se développer et en faire de réels espaces viables de qualité. C'est le fer de lance de la notion d'intensité. Stonor (2019) affirme dans ses travaux que « *l'intensité* » est un mot que n'importe quel individu utilise, à la différence du terme « *densité* », surtout car le premier représenterait davantage une expérimentation. Pour lui, l'intensité semble revêtir une dimension sensible, subjective, voire émotionnelle, mais il nuance tout de même cette subjectivité en certifiant que l'intensité est finalement un résultat et une réponse à une composition contextuelle des espaces, mais aussi de la société (Stonor, 2019). L'intensité urbaine, par la dimension sensible qu'elle revêt, serait, pour certains, un résultat soulignant le rapport de l'individu à l'espace, amplifiant l'urbanité et l'identité d'un espace (G. Grosjean et al., 2014). Lynch (1984, p. 131) souligne notamment que « [...] *la forme sensible la plus simple est l'identité, dans le sens étroit de ce terme commun "sens du lieu".* »

Au regard de ces diverses pistes à l'origine de la mise en avant du concept d'intensité (Urbanisation contemporaine – Perte de cohésion et d'interactions sociales – Stigmatisation – Retour à l'individu), nous souhaitons dans la suite de ce chapitre nous pencher davantage sur sa définition ainsi que sur les éléments qui l'influencent, et qui confèreraient aux espaces une dimension de vivabilité, grâce à leur dynamisme, leur attractivité et leur qualité.

2.2 VERS UNE COMPRÉHENSION DU CONCEPT

« Toute réévaluation du nouveau quartier urbain devrait tenir compte de la capacité de la forme urbaine à communiquer avec nous en intensifiant et en densifiant le monde »

Filep et Thompson-Fawcett (2020, p. 405)

2.2.1 UN CONCEPT MULTIPLE ET PEU DÉFINI MALGRÉ UNE UTILISATION CROISSANTE

Les différents phénomènes impulsant à la fois un changement de paradigme, une meilleure prise en compte de l'usager et de ses besoins ainsi qu'une vision plus sensible de la conception se sont manifestés par l'apparition et le développement du concept d'intensité urbaine, qui reste pourtant très nébuleux.

Dans ce point, nous tentons de ce fait de définir le concept d'intensité urbaine afin de mettre en évidence ces possibilités face aux enjeux actuels. Cette recherche de définition, tant au niveau scientifique qu'opérationnel, est indispensable étant donné qu'un flou constant demeure autour de cette notion, bien qu'elle soit au cœur de divers discours et politiques d'aménagement.

Dans la suite, nous approchons les divers travaux dans lesquels l'intensité urbaine est traitée et à quelles fins. Au travers de cette étude, nous mettons également en lumière les diverses méthodes existantes pour l'évaluer dans l'état actuel des connaissances. Nous tentons également de comprendre les valeurs retrouvées derrière ce concept, notamment dans les discours de praticiens.

2.2.1.1 Quels éléments de définition scientifique ?

Afin de caractériser plus spécifiquement ce concept qui ne partage encore aujourd'hui aucune définition unanime, nous avons décidé de nous concentrer dans un premier temps sur la littérature scientifique. En effet, nous nous sommes intéressés aux caractéristiques théoriques retrouvées dans le domaine de la recherche pour en extraire les principales composantes. Cependant, nous nous sommes heurtés à divers discours, soulignant le manque d'unité autour de l'intensité urbaine et son flou persistant, bien que certaines idées majeures en ressortent.

2.2.1.1.A Plusieurs dénominations pour un concept

Bien que le concept d'intensité urbaine soit largement utilisé et partagé par plusieurs chercheurs, il ne dispose pas encore d'une définition scientifique claire, stable et précise applicable à la planification urbaine. Différentes interprétations du concept peuvent être retrouvées selon les chercheurs, selon leurs visions et les éléments auxquels ils associent la notion d'intensité urbaine. Nous constatons que, en

plus de différer selon les chercheurs, l'appartenance à des domaines variés et la focalisation sur différents objectifs influent sur les diverses approches de ce concept. Il est important de noter que dans la littérature, d'autres dénominations telles que la vitalité ou la vivacité urbaine ainsi que le dynamisme urbain, partageant des principes semblables, se sont développées au fil des années (Braun & Malizia, 2015; Jacobs, 1991; Maas, 1984; Mouratidis, 2017; Sijja et al., 2020; Xia et al., 2020). Selon nous, il était important d'intégrer ces autres dénominations dans notre recherche sous le terme « intensité urbaine ».

La définition issue du dictionnaire à propos du terme « *intensité* » ne suffit pas à lever le flou. Cependant, lorsqu'on s'intéresse à son étymologie, certains éléments de réponse commencent à émerger. Le mot « intensité » figure être d'origine latine « *intensus, a, um* » signifiant « intense, violent » lui-même issu du mot « *intedere* », qui se traduit par « *tendre dans une direction* » (Gaffiot, 1934, p. 837-838). De plus, dans le domaine de la physique, l'intensité acoustique est définie par la puissance véhiculée par les ondes sonores dans une surface définie, elle traduit donc l'amplitude d'une vibration (Bellier et al., 2016). Aussi, toujours dans le même domaine, l'intensité électrique est, par définition, la charge électrique véhiculée par les électrons parcourant une section par unité de temps (Fredon et al., 2016). Dès lors, il est aisé de comprendre que l'un des termes principaux du concept étudié dans ce chapitre revêt une dimension sensible, qualificative, directionnelle et temporelle, répercutée dans le concept lui-même. Le terme « urbain » sous-entend quant à lui que ce principe s'intéresse principalement aux espaces urbanisés, renvoyant à une certaine échelle.

2.2.1.1.B Une approche centrée sur l'homme

Les conséquences de l'urbanisme moderniste semblent être à l'origine de recherches spécifiques mettant au centre des actions l'homme et ses besoins, notamment dans les espaces urbains (cf. Chapitre 1). C'est également à la suite de ces premières réflexions anthropocentrées que divers chercheurs ont mis en évidence à la fois la nécessité de faire des espaces pour et adaptés aux usagers et à la fois la valeur de la fréquentation et de l'occupation de ces mêmes espaces par les citoyens (Gehl, 2010; Jacobs, 1991; Whyte, 1980). Jane Jacobs (1991) est une des premières figures qui a enclenché des réflexions concernant la façon de produire les espaces. En effet, cette activiste et journaliste a très rapidement accusé la conception d'espaces de l'époque ne prenant pas en considération les usagers, les rendant inoccupés et isolés (Jacobs, 1991). Elle introduira d'ailleurs dans un de ses ouvrages majeurs le concept de « *Eye on the street* » soulignant l'importance, selon ses observations, de garantir un dynamisme certain dans les espaces publics, et spécifiquement la rue, pour la sécurité à la fois du quartier et de la collectivité (Kanigel, 2017). Selon elle, la réussite des espaces ou « d'une ville » se traduit par la diversité et le dynamisme qui sont créés de manière générale dans l'ensemble des lieux qui les constituent. Jacobs (1991) affirme donc que c'est l'interaction entre les personnes, l'espace et leurs activités qui produit la diversité de la vie urbaine, représentation directe de l'intensité urbaine. La vision de Maas (1984) est très similaire à l'approche de Jacobs (1991) et est basée sur l'interrelation de trois piliers : les personnes, leurs activités et leurs opportunités ainsi que l'environnement qui les

soutient. Pour qualifier l'intensité urbaine, il emploie le terme « *synergie* » qui serait synonyme d'appartenance et résulterait de la rencontre entre une population dense et diversifiée avec des lieux offrant une variété d'activités, qu'elles soient expérientielles, commerciales ou autres (Maas, 1984). Cette vision synergique est retrouvée chez d'autres chercheurs à propos de la notion d'intensité urbaine (Dovey & Pafka, 2014; Dovey & Symons, 2014).

Gehl (2010), architecte et urbaniste danois, appuie également sur le fait que l'humain et son échelle doivent être mieux considérés dans la conception. Dans ses travaux, il étudie notamment la vie et les activités qui se déroulent dans les interstices produits par le bâti ainsi que les facteurs qui y contribuent (Gehl, 2011). Il spécifie par ailleurs que l'importance ne se limite pas au niveau de l'abondance de personnes accumulées en un endroit, mais bien des interactions qui émergent par la rencontre d'individus dans l'espace (Gehl, 2011). Le même auteur prône que le dynamisme émerge essentiellement de la conception de l'espace public et de la diversité de formes qu'il peut prendre ainsi que des usages dont il peut devenir le support. Dans son livre *Life between buildings*, Jan Gehl (2011) distingue trois types d'activités extérieures, à savoir les activités nécessaires, les activités optionnelles et les activités sociales. Il souligne que les second et troisième types (activités optionnelles et sociales), lorsque l'endroit est qualifié de « bonne qualité », se multiplient, soulignant l'intensité urbaine (Gehl, 2011). L'intensité serait donc synonyme, selon ce même auteur, d'interactions libres, volontaires et positives entre divers citoyens et un espace émergeant de diverses activités. Pour lui, l'intensité urbaine peut être favorisée en réduisant la place de la voiture et des parkings contribuant à une diminution du trafic et en favorisant les piétons et la mobilité douce en général, en mettant en place davantage de pistes cyclables (Gehl, 2010). Shelton et al. (2011) envisagent l'intensité urbaine de la même manière et la décrivent comme une interaction complexe entre des concentrations de bâtiments, de personnes et d'activités.

L'approche de Kevin Lynch (1984) lie l'intensité urbaine au potentiel d'un espace urbain à soutenir les fonctions vitales, les besoins et capacités biologiques des humains et la durabilité de toutes les espèces. En effet, dans son ouvrage *Good City Form*, il cite cette notion comme l'une des cinq dimensions fondamentales pour que l'espace soit bien conçu et la privilégie pour parvenir à une bonne qualité de vie (K. Lynch, 1984). Il associe également à la notion d'intensité cinq autres éléments différents (K. Lynch, 1984, p. 129) :

- La **subsistance** qui correspond à « [...] *l'adéquation du débit d'eau, d'air, de nourriture, d'énergie et de déchets.* »
- La **sécurité** qui signifie « [...] *l'absence de poisons, de maladies ou de dangers environnementaux.* »
- La **consonance** qui traduit « [...] *le degré d'adéquation entre l'environnement et les exigences humaines en matière de température interne, de rythme corporel, d'entrée sensorielle et de fonction corporelle.* »
- L'assurance que l'environnement puisse fournir pour les autres êtres vivants « [...] *la santé et la diversité génétique des espèces qui sont économiquement utiles à l'homme.* »

- Le maintien de « [...] la **stabilité actuelle et future** de l'ensemble de la communauté écologique. »

Sa définition de l'intensité souligne qu'un espace intense soutient la qualité de vie des citoyens et les besoins de toutes les espèces, y compris celle des hommes, dans un milieu sécurisé et vecteur de nombreuses activités. Pour cet auteur, l'intensité urbaine englobe à la fois la morphologie, les fonctions et la société. Montgomery (1998) a, dans ses recherches, également abordé la notion (sous le terme de vitalité) en étudiant comment concevoir des espaces dits « réussis ». Il propose trois éléments de composition pour ces lieux, à savoir l'activité, l'image et la forme. Selon lui, la vitalité est un élément caractéristique qui constitue les activités. Cette notion traduirait donc une certaine qualité des espaces et participerait à leur « réussite ». Certains chercheurs comme Landry (2006) considèrent l'intensité urbaine comme une capacité brute permettant à un espace urbain d'être viable. Ce même auteur associe la notion d'intensité à la ville créative, ces deux notions ayant une influence l'une sur l'autre (Landry, 2006). Ravenscroft (2000) fait allusion à l'intensité urbaine comme moyen de mise en évidence de la « bonne santé » des espaces comme les centres urbains.

Dans des recherches plus récentes, l'intensité urbaine est associée à l'occupation de l'espace et à son développement. Par exemple, Chadee et Stoute (2018a, 2018b) considèrent l'intensité urbaine comme un moyen de définir un gradient d'urbanité et de ruralité. D'autres auteurs comme Checa et Nel.lo (2018), Meiqing (2018) ainsi que Lynch et al. (2020) associent également l'intensité urbaine à la présence d'établissements humains et d'activités. En accord avec cette vision du développement urbain, certains auteurs se concentrent principalement sur la variable humaine pour caractériser l'intensité urbaine. Sevtsuk et al. (2013), visualisent l'intensité urbaine comme le produit de concentrations et de diversités plus élevées d'activités et de commerces le long des rues. Plus récemment, Y. K. Ku (2020) illustre sa vision de l'intensité urbaine par l'intensité des activités humaines correspondant à la concentration de la population dans une zone donnée sur une certaine période.

2.2.1.1.C Un assemblage de principes

Certains chercheurs pensent que la notion a pris de l'ampleur pour enrichir le discours sur la densité, ce dernier terme semblant « insuffisant » voire « effrayant » pour une meilleure fabrique urbaine (Da Cunha & Kaiser, 2009, p. 16, 26). Pour certains, l'intensité urbaine est décrite comme une notion fondatrice de la qualité urbaine ou encore comme une reformulation de la densité en termes de qualité, se dépeignant donc comme une représentation subjective (Tsien & Tsien, 2013). Pourtant, Jacobs (1991) et Maas (1984) insistent sur le fait que la densité participe au fondement de l'intensité urbaine sans en constituer un moyen pour sa mesure. Certains auteurs visualisent de ce fait l'intensité urbaine davantage comme une atmosphère, résultant de l'interaction et de la connexion de divers constituants urbains (DeLanda, 2006). En accord avec ces visions, l'intensité urbaine est conceptualisée par différents auteurs comme la combinaison de principes urbains très spécifiques (Cervero, 2002; Da Cunha & Kaiser, 2009; Darley et al., 2009; Guan & Rowe, 2016; Lavadinho, 2009; Lehmann, 2010; Marry & Arantes, 2013; Muminovic, 2019; Nessi, 2010; Porqueddu, 2015; Stonor, 2019; Tsien & Tsien,

2013). Nous pouvons citer ces principes constituant l'intensité urbaine qui sont parfois objectivés (a, b, c, d) et parfois subjectivés par les chercheurs (e, f et g) :

- a) **La densité** est un principe qui permettrait, entre autres, une intensification de l'usage sol (Da Cunha & Kaiser, 2009, p. 21; Fouchier, 2010, p. 35). Vincent Fouchier (1998) considère l'intensité urbaine comme la densité humaine nette, parfois appelée densité nette d'activité humaine. Il s'agit d'un rapport entre la somme des habitants et des emplois sur une quantité de surface urbanisée (activités résidentielles et économiques). Ces mêmes auteurs soutiennent également que la densité doit être vue comme le moteur d'un projet urbain durable et, dans ce sens, qu'elle est destinée à quantifier à la fois la portion de population, mais également tous les autres facteurs urbains sur une surface donnée, décrivant les ingrédients bruts à manipuler. Cela dit, elle n'est pas suffisante à elle seule et constitue un des fondements de l'intensité urbaine.
- b) **La centralité** est un élément influençant l'intensité urbaine et est associée par plusieurs chercheurs à la notion de densité (Da Cunha & Kaiser, 2009; Fouchier, 2010; Sevtsuk et al., 2013). Un lieu dense offrirait davantage de possibilités d'accéder à une quantité plus élargie de choses, qu'il s'agisse de la population, des aménités ou autres. Cette étendue d'éléments offerts est synonyme de centralités. Pour Nessi (2010), les centralités renvoient au degré d'urbanité aidant à comprendre la concentration de population dans un espace.
- c) **La mixité** ou la diversité compléterait les termes précédents (Cervero, 2002; Da Cunha & Kaiser, 2009; Darley et al., 2009; Tsien & Tsien, 2013). Qu'elle soit fonctionnelle ou sociale, la mixité est envisagée comme un levier (Barretto et al., 2012). En ce sens, les pôles centraux seraient caractérisés par la mixité en accueillant une variété de fonctions et d'espaces publics en quantité suffisante pour répondre aux besoins introduits par la densité (Guan & Rowe, 2016).
- d) **La mobilité** rassemble des notions telles que l'accessibilité, les transports ou encore la proximité. Zunino (2009) emploie le terme « multiple » pour qualifier la mobilité, et soutient l'articulation des centralités et des infrastructures en général autour des nœuds de transports collectifs afin de connecter les centralités entre elles (Darley et al., 2009).
- e) **Les usages** sont la représentation du caractère anthropocentré conféré à l'intensité urbaine. Vincent Fouchier (2010) prétend que plus les activités sont présentes et rassemblées, plus le lieu est intense. Certains pensent que l'intensité urbaine est caractérisée par la pluralité des usages, intrinsèquement liés aux différents échanges (Da Cunha & Kaiser, 2009). L'intensité urbaine est décrite comme un produit de sensations provoquées par la relation entre le corps et la ville (Marry & Arantes, 2013).
- f) **La temporalité**, les temps sociaux et les dynamiques événementielles sont pour Lavadinho des éléments qui façonnent l'urbanité (2009). La ville se transforme et est perpétuellement en mouvement selon diverses temporalités, celles-ci dépendent notamment des usages. Luc Gwiazdinski (2013) précise que l'évolution des modes de vie modifie les relations entre l'espace et le temps, mais aussi les différents rythmes, chamboulant l'environnement spatio-temporel et la planification des usages retrouvés traditionnellement. La notion temporelle comme élément introductif amène diverses interrogations et questionne la polyvalence, et la flexibilité des espaces

autour du concept d'espaces « malléable » (Gwiazdzinski, 2014). Par ailleurs, Revol (2013) soutient qu'analyser et comprendre les différents rythmes devient un enjeu incontournable afin de proposer une solution associant différentes strates rythmiques qui, d'ordinaire, se trouvent en tension.

- g) **La qualité** est abordée à de nombreuses reprises concernant l'intensité urbaine (Barretto et al., 2012; Da Cunha & Kaiser, 2009; Gehl, 2010; K. Lynch, 1984; Paquot, 2009b; Sevtsuk et al., 2013; Tsien & Tsien, 2013; Zunino, 2009). La qualité est synonyme du regroupement des diverses notions citées plus haut exacerbant la sensorialité des usagers (Amphoux, 2003). Geneviève Dubois-Taine soutient d'ailleurs qu'un lieu peut être dense, mais qu'en aucun cas la quantité ne fera la qualité, puisqu'elle n'intègre pas les notions symboliques et culturelles (Dubois-Taine, 2002).

Nous observons que la notion que nous étudions dans ce chapitre, celle de l'intensité urbaine, apparaît dans la littérature à l'intersection de divers éléments qui diffèrent quelque peu selon le chercheur et le domaine d'étude. Cependant, de nombreux chercheurs s'accordent dans leurs observations sur l'approche systémique du concept, soulignant son caractère composite. Le concept met en tension différents types de répertoires de cadres urbains, il renvoie donc à une multitude de pensées interconnectées. Il est aussi important de souligner que l'absence de définition fixe conduit les auteurs à visualiser l'intensité urbaine de manière distincte selon les cas. En effet, beaucoup la considèrent comme une idée, combinant diverses notions et principes traduisant un résultat.

2.2.1.1.D *Synthèse des visions*

Nous synthétisons, dans le Tableau 5, les diverses visions de l'intensité urbaine retrouvées dans la littérature et dont nous avons discuté précédemment afin de pouvoir mieux observer les représentations conceptuelles de la notion étudiée.

Visions de l'intensité urbaine	Auteurs
Moyen de définir un gradient rural-urbain. Relatif au mitage de l'activité humaine et à la densité humaine nette.	Chadee et Stoute, (2018a,b); Checa et Nel.lo, (2018); Meiqing, (2018); Lynch et al., (2020), Fouchier (1998)
Résultat de la concentration et de la diversité des activités	Sevtsuk et al., (2013)
Produit de l'interaction entre l'environnement bâti, les personnes et leurs activités	Maas, (1984); Jacob, (1991); Shelton et al., (2011)
Atmosphère causée par la connexion de divers constituants urbains	DeLanda, (2006); Dovey & Pafka, (2014); Dovey & Symons, (2014)
Résultat de la combinaison de divers principes urbains spécifiques (densité, centralité, mobilité, ...)	Amphoux, (2003); Cervero, (2002); Da Cunha & Kaiser, (2009); Guan & Rowe, (2016); Lavadinho, (2009); Lehmann, (2016); Marry & Arantes (2013); Muminovic (2014); Nessi (2010); Porqueddu (2015); Stonor (2019); Tsien & Tsien, (2013); Zunino, (2009)
Moyen de répondre aux besoins biologiques, aux fonctions vitales, aux capacités humaines et à la durabilité des espèces.	K. Lynch, (1984)

Tableau 5 : Synthèse des visions de l'intensité dans la littérature

2.2.1.2 Quels éléments de mise en œuvre opérationnelle ?

Pour compléter au mieux la façon dont ce concept est caractérisé du point de vue des principes à mettre en œuvre, nous avons décidé d'étudier la conception de trois projets de quartier présentant des étendues diverses et visualisés comme « leviers » d'intensité urbaine. En effet, s'appuyer sur la littérature seule nous semblait quelque peu limité pour nous aider à développer une définition globale. Ces différents projets de quartiers sont analysés afin de comprendre et mettre en évidence les actions engagées pour en faire de véritables « vecteurs d'intensité urbaine ». Certains des projets ont été construits tandis que d'autres sont encore en cours de réalisation.

Les cas d'études choisis sont les suivants :

- a) **L'écoquartier des Noés** en France. Localisé dans une commune récente, l'écoquartier semble être un véritable laboratoire qui a permis une revitalisation de la ville nouvelle de Val-de-Reuil et une fédération à la fois de sa communauté et de son tissu.
- b) **Le quartier de Mantes Université** en France. Situé sur le trajet du nouveau RER Éole permettant de relier la Défense en peu de temps, la ZAC de Mantes Université semblait être le lieu idéal pour accueillir un quartier multifonction attractif à proximité de Paris.
- c) **Le quartier d'Ørestad** au Danemark. Prenant place à proximité du centre-ville de Copenhague, entre l'aéroport et le remarquable pont Øresund, ce quartier aujourd'hui très attractif a été développé en raison de sa situation et de son potentiel notamment pour la mobilité collective.

Ces quartiers ont été choisis sur base des critères suivants :

- a) Superficies variées : <10 ha, <50ha et >50ha
- b) Programmation mixte : Résidentiel, activités commerciales, éducation, bureaux, ...
- c) Revendication de bonnes pratiques favorisant l'intensité urbaine : Discours, articles scientifiques.
- d) Des récompenses sous forme de labels ou de prix

Les analyses ont été réalisées sur base de documents graphiques émis par les concepteurs ou décideurs (plans, coupes, élévations, vues 3D, ...) ainsi qu'à partir des discours des aménageurs justifiant leurs projets. Pour proposer un cadre précis, nous nous sommes basés sur des critères d'analyse traditionnels en urbanisme (situation générale, typo morphologie et programmation, mobilité et accès, afin de faire ressortir des éléments de conception pratiques et des observations globales généralisables. Dans le but d'être les plus synthétiques possibles, nous avons décidé de présenter les analyses synthétisées de chacun des quartiers suivis d'un résumé, repris sous forme de tableau, mettant en évidence les principes de mise en œuvre qui contribueraient à l'intensité urbaine.

2.2.1.2.A L'Écoquartier des Noés

Figure 12 : Projet d'Écoquartier des Noés (gauche), APM Architecture et associés (2022) et sa situation (droite), Illustration personnelle

- Analyse générale du projet

La politique de création de nouvelles communes initiée dans les années 60 dans l'optique de désengorger des métropoles comme Paris et créer d'autres pôles multiples aux alentours est à l'origine de la création de la commune de Val-de-Reuil en 1970 (Étienne & Girard, 2007). Cette commune est située en Normandie dans le département de l'Eure. Les deux chocs pétroliers peu d'années après l'émergence de cette ville nouvelle ont été à l'origine de l'interruption des divers projets à son égard, ôtant toute possibilité de dynamisme qui lui était pourtant promise. Il faut attendre le 21^{ème} siècle pour qu'une politique de revitalisation soit engagée dans la commune qui à cette époque était particulièrement fragmentée. C'est peu de temps après que la ville s'est également engagée en s'inscrivant dans une démarche de transition écologique et énergétique, notamment en amorçant la construction de la ZAC des Noés de 2010 à 2016.



Figure 13 : Plan de situation du quartier des Noés, Illustration personnelle

La ZAC du quartier s'étale sur 4,6 hectares dont 3,1 sont végétalisés, incluant les toitures vertes, et comprend un total de 98 logements. La surface plancher s'élève à un peu plus de 8 hectares dont 560 m² sont destinés à des équipements publics. Du point de vue des espaces publics, ils recouvrent environ 1,9 hectares, ce qui représente approximativement 63m² par habitant.

L'écoquartier des Noés, a été planifié dans le but de recréer une continuité du tissu initialement morcelé en réinvestissant les berges de l'Eure, situées entre le centre-ville et la gare (Figure 13). Véritable fracture entre les espaces, l'Eure scinde donc l'urbanité domestique des quartiers aux alentours et l'étendue naturelle de la vallée verte et bleue. Le quartier a ainsi été réfléchi comme une « accroche » à la partie déjà urbanisée dans une optique de jonction et de redynamisation. La ZAC des Noés comprenant des espaces inondables de près de deux hectares et étant située aux abords de l'Eure, un travail particulier afin de valoriser ces espaces a été engagé en y installant divers jardins, parcs, vergers et autres terrains destinés à des activités potagères. Le terrain, la situation très campagnarde et l'identité du département en général ont en conséquence induit le développement d'une optique qui se calque sur une démarche rurale à la fois du point de vue économique que social et fonctionnel. En raison des potentielles crues importantes, une réflexion particulière a été apportée au niveau de l'aménagement du terrain de sorte à les maîtriser au moyen de noues et bassins spécifiques. Le projet permet de mettre en valeur des écosystèmes naturels au pied de la trame bleue et soutient un prolongement écologique et paysager entre le bâti et les rives de l'Eure grâce à la plantation de nombreuses essences végétales locales.

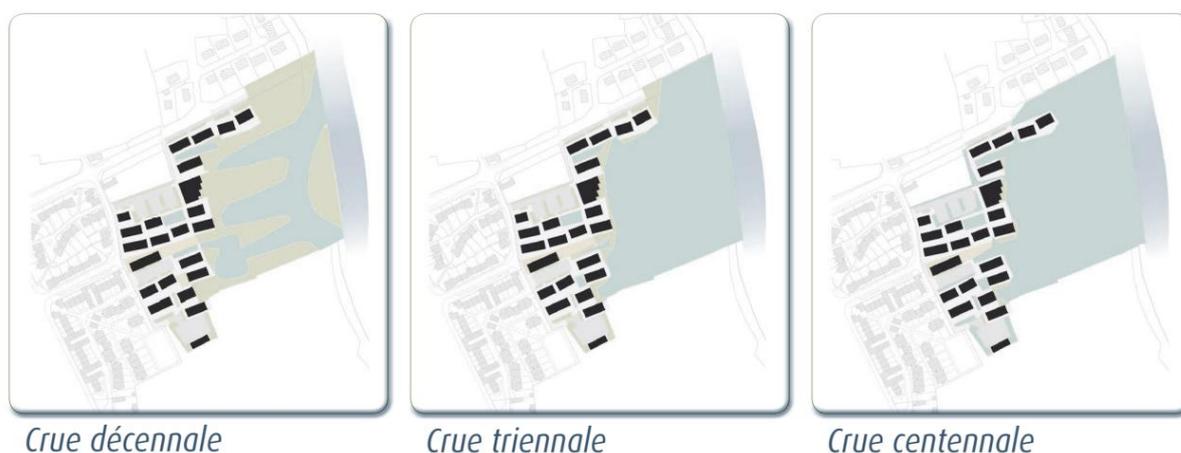


Figure 14 : Crues décennales, triennales et centennales (Cerema, 2016)

La ZAC du quartier revêt des caractéristiques et qualités particulières et se situe à la rencontre de types de paysages différents, à savoir une forêt (Bords-Louviers), un lac et des falaises (Vexin). Cette situation est particulièrement favorable à l'intégration du quartier et de ses diverses composantes. Les objectifs engagés par la commune dans sa politique de revitalisation sont en parfait accord, notamment grâce au terrain, propice à la réunification de la nature et de l'urbain.

- **Accès et structures de mobilité**

L'accès principal à l'Écoquartier se déploie depuis la Voie Verte et se poursuit jusqu'aux berges de l'Eure. Les différents accès piétons, cyclistes et automobiles se font directement depuis la rue du lièvre et la voie du Gallon (Figure 13).

L'usage de l'automobile est principalement d'application en périphérie. En effet, l'écoquartier offre une variété de porosités afin de privilégier les déplacements doux pour parcourir le quartier d'un bout à l'autre. Les stationnements sont regroupés sous forme de poches près des voiries automobiles autour de la ZAC et des véhicules sont en autopartage. D'anciens chemins ont été réaménagés dans la ZAC pour traverser le quartier du nord au sud et d'est en ouest et de relier la ville à la rivière.

La gare située de l'autre côté de l'Eure et très proche doit également avoir un impact et favoriser indirectement les déplacements doux. Un anibus, c'est-à-dire un déplacement à dos d'âne, est aussi organisé sur la ZAC, notamment pour les déplacements des enfants jusqu'aux infrastructures scolaires. On constate cependant que le quartier, sûrement en raison de sa petite échelle, n'a pas induit de réflexion sur la politique des transports en commun tels que le réseau de bus ou la construction d'un arrêt en bord de ZAC.

- **Analyse typo morphologique et programmatique des îlots et du bâti**

Le quartier reprend le modèle historique et pertinent de la disposition du bâti présent sur la rue de Verdun en faisant une véritable continuité du tissu déjà en place. Le bâti est agencé perpendiculairement à la voie, de manière à le protéger des vents et à privilégier l'orientation au sud. Un retrait par rapport au cours d'eau a été maintenu afin de garantir le respect de la vie de la rivière en ses débordements, mais aussi pour introduire la création d'un parc des Rives de l'Eure.

Le bâti est composé de typologies variées regroupant à la fois des logements collectifs et des maisons familiales allant du T1 au T5. Les habitations sont de styles architecturaux divers, parfois comprenant des toitures à pans et parfois des toitures plates et végétalisées. Les logements sont de temps en temps en accession et parfois en location, sociale ou privée. La réflexion apportée sur la diversité de types de logements qu'il met en place garantit une mixité sociale et intergénérationnelle. La hauteur des bâtiments est également variable et diverge entre des rez-de-chaussée uniques et des R+7. La confrontation avec l'existant est adoucie grâce à la variation dans les hauteurs du bâti, ainsi les hauteurs et densités croissent en s'éloignant des limites du terrain. L'architecture est à la fois variée et simple quant à l'articulation des volumes, des matériaux et des couleurs utilisés. L'ensemble des logements est orienté côté sud afin de maximiser les apports solaires et offrir un certain confort dans la vie quotidienne. L'organisation des logements permet que cette lumière s'invite dans toutes les pièces de vie ainsi que dans les salles de bains, et la ventilation traversante est optimisée grâce aux deux façades libres opposées dont chaque logement bénéficie.

L'écart entre les volumes bâtis permet un ensoleillement suffisant de chaque unité et l'implantation des constructions dans le site assure la protection des habitations en cas de débordements de la rivière.

La variété de logements est associée à des programmes à destination collective, on retrouve notamment une crèche dotée d'un jardin pour les enfants, une halle accompagnée d'un magasin d'alimentation bio, la maison des jardiniers et divers jardins familiaux, sans oublier toutes sortes d'activités économiques et sociales développées par les activités d'horticulture et de jardinage. La mixité des programmes s'intègre dans un ensemble urbain accompagnant au quotidien les usagers. Chaque hameau possède son propre centre de convivialité. La Halle, quant à elle, débouche sur une série d'espaces à partager dont une place, un verger, et, de l'autre côté du secteur d'activités horticoles, le parc et le chemin vers les berges (APM Architecture et associés, 2022).

À l'image des espaces privés, l'écoquartier présente aussi une grande diversité dans les espaces publics. Une réflexion particulière a été portée sur l'agencement de diverses centralités que forment les hameaux du Bois, du Lièvre et du Pré. Cette multipolarité confère au quartier une qualité urbaine écoresponsable dépassant la simple organisation résidentielle.

2.2.1.2.B Le quartier de Mantes Université



Figure 15 : *Projet de Mantes Université (gauche), SEY (2017) et sa situation (droite), Illustration personnelle*

- Analyse générale du projet

Le projet Mantes Université s'inscrit dans un projet bien plus vaste puisqu'il appartient à une zone d'intervention stratégique ayant comme perspective le développement du Grand Paris. Les territoires qui nous intéressent dans le cadre du réaménagement de ce quartier se situent à la frange ouest de la Métropole parisienne. Aussi, nous pouvons situer le Mantois à moins de 200 kilomètres du Havre. Le projet se situe donc dans le département des Yvelines et s'étale au confluent de trois communes, à savoir Mantes-La-Jolie, Mante-La-Ville et Buchelay. Le réaménagement de la ZAC Mantes Université fait partie d'un projet global comprenant également la ZAC Innovaparc et le parc d'activités des Gravières sur une superficie totale de 180 hectares. Le Projet d'aménagement de Mantes Université concerne une superficie de 45 hectares, et semble avoir commencé de devenir une centralité en lien direct avec le pôle d'échange multimodal à venir.



Figure 16 : Situation de la ZAC Mantes Université, Illustration personnelle

La ZAC, empreinte d'un passé industriel, semble être un terrain idéal pour créer un pôle dynamique, notamment grâce à sa situation ancrée au cœur de la Seine-et-Oise. Les terrains sont majoritairement d'anciennes friches industrielles et ferroviaires où se dressent en partie certaines phases du projet déjà construites.

Le projet a été réfléchi pour devenir un cœur d'agglomération et une connexion entre les trois communes historiquement destinées aux activités ferroviaires et industrielles. Il permettrait d'offrir diverses accroches et liens avec le maillage urbain environnant ainsi que la fluidification de la circulation au sein du quartier. Les ambitions du quartier semblent s'aligner sur des objectifs de qualité environnementale, notamment au niveau des matériaux employés, des réflexions concernant la gestion de l'eau ou encore d'un appel à « *méthodologie innovante* » (EPAMSA, 2021). Le projet est établi de sorte à ramener un équilibre des fonctions entre les différentes parties de la gare qui est déjà active, surtout au nord et au sud de celle-ci. La Halle Sulzer, qui est le monument emblématique et identitaire industriel de la ZAC, va être réemployée et mise en évidence au niveau de sa structure afin de devenir le cœur symbolique du quartier. Au total, quatre grands objectifs sont cités : créer un véritable noyau d'agglomération, développer l'offre en logements diversifiés, développer l'économie du territoire grâce au secteur tertiaire et se concentrer sur des politiques innovantes de mobilité.

En termes de chiffre, la ZAC Mantes Université représente environ 266000 m² de surface plancher dont 47000m² d'équipements, un parc urbain prendra notamment place sur 1,5 hectares (GPSEO, 2020). Dans ce projet, environ 96000 m² sont destinés à des services comme des commerces ou à des bureaux

et environ 3000 logements sont prévus, dont 1000 sont déjà construits pour une surface plancher de 123000 m² (SEY, 2017).

- Accès et structures de mobilité

Au niveau de la mobilité et des accès de la ZAC, une gare est déjà présente actuellement permettant le passage du Transilien ainsi que d'un TGV, mais de nouveaux accès aux quais vont être réalisés. Le RER Éole est prévu pour 2024 et permettra d'accéder à la Défense en 35 minutes. Deux axes principaux ainsi qu'une place, où se trouve actuellement l'ISTY et où le reste du pôle universitaire viendra se greffer, connectent le boulevard Salengro au nouveau quartier (EPAMSA, 2022). Une gare routière est également prévue sur ces axes. La place située aux abords de la gare deviendra notamment l'une des entrées principales du quartier. Ce pôle intermodal est destiné à devenir un large espace public ouvrant sur le quartier se prolongeant grâce au parc urbain faisant tampon entre les zones de la gare et celle du secteur Sulzer (défini par la halle Sulzer). Un parking automobile sera réalisé quant à lui en sous-sol, sous le parc urbain. L'aménagement de la ZAC ainsi que les diverses gares et mobilités collectives poussent aux déplacements piétons grâce à des chemins plus simples et sécurisés au cœur d'espaces publics réfléchis et agréables. Une répartition des flux grâce aux diverses restructurations viaries va aussi permettre d'alléger la congestion actuelle des axes existants.



Figure 17 : Situation et projet de la ZAC Mantes Université, Illustration personnelle

- **Analyse typo morphologique et programmatique des îlots et du bâti**

D'un point de vue général, les logements sont retrouvés sous la forme d'immeubles de logements collectifs et de maisons de ville dont la hauteur maximale est de R+7 et dont la qualité est soignée par des matériaux nobles et des structures innovantes. Ils se retrouvent à divers endroits de la ZAC comme à l'arrière de la Halle, à l'arrière du centre aquatique et à proximité du parc urbain et de la gare. Différentes typologies et styles architecturaux sont retrouvés afin de garantir une offre diversifiée entre toitures à pans et toitures plates. Les ensembles de logements sont planifiés sous forme d'îlots ouverts au centre desquels se retrouvent des espaces verts. Les logements seront pour 20% d'entre eux à destination sociale. Ils varient entre logements locatifs sociaux, en accession à la propriété, logements pour étudiants et jeunes actifs ou encore résidences intergénérationnelles.

La partie centrale de la ZAC préfigure un grand parc urbain qui, à terme, rejoindra le quartier de Mantes-la-Ville à la gare et permettra le prolongement de la coulée verte déjà présente le long des axes routiers et des îlots. La ZAC dispose déjà de certains espaces publics et de plusieurs équipements. Divers commerces et services viendront s'y greffer afin de maximiser la mixité fonctionnelle du quartier.

D'un point de vue programmatique, au-delà de l'offre en logement sont construits depuis plusieurs années l'école Nationale de musique, un centre aquatique ainsi que l'ISTY (Institut des Sciences et Techniques des Yveline). Afin d'accueillir les différents étudiants du pôle universitaire qui se trouvera sur la ZAC, divers logements d'étudiants et de jeunes travailleurs sont également déjà construits. Divers commerces et bureaux ainsi qu'une crèche sont par ailleurs déjà réalisés en entrée de ville, c'est-à-dire près de la gare Mantes Station. La Halle Sulzer, dont la structure sera conservée et rénovée, est destinée à devenir une réelle centralité au cœur du quartier en accueillant à la fois des parties du pôle universitaire, des équipements culturels et un jardin ouvert vers le parc urbain en partie centrale. D'autres bâtiments scolaires vont pousser dans les années à venir ainsi que des bureaux, commerces et logements. Une passerelle est également planifiée dans le but d'ouvrir le quartier vers l'extérieur et de souder les parties nord et sud de la ville.

Dans ce nouveau quartier, les concepteurs ont misé sur la mixité fonctionnelle et la mobilité pour rendre les lieux intenses. Cette diversité se transpose également au niveau des formes puisqu'on y retrouve des configurations allant de l'immeuble à la maison de ville. Le quartier privilégie donc l'établissement d'une diversité de fonctions, notamment commerciale, universitaire et résidentielle afin d'attirer un maximum de population dans un cadre vert, multimodal et à proximité immédiate de la capitale. Les équipements sont, au sein de ce projet, utilisés comme leviers d'intensité à travers divers moyens. Le premier est d'ancrer des équipements structurants autour du pôle universitaire, devenant un élément central. Le second moyen est d'amener suffisamment de structures de proximité dont les logements et les emplois créés auront besoin.

2.2.1.2.C Le quartier de Ørestad



Figure 18 : Projet d'Ørestad (gauche), Estudio Lunar (2014) et situation (droite), Illustration personnelle

- Analyse générale du projet

Ørestad est un projet urbain situé à Copenhague, conçu à la fois par la ville et à la fois par l'État danois comme un nouveau quartier mixte. Durant les années 70' et 80', la ville de Copenhague a connu un déclin économique, notamment en raison d'un taux de chômage croissant ainsi que d'une perte globale de population. Une sérieuse politique de régénération a alors été entreprise afin de rompre avec le schéma de l'époque périssant. Il était nécessaire de conférer à la ville une identité contemporaine et actualisée dans le but de redynamiser la ville et ses alentours et la rendre attractive.

Dans ce projet, diverses fonctions telles que des bureaux, de l'éducation et des logements cohabitent. Ce quartier est implanté de manière stratégique entre la ville de Copenhague et son aéroport et est établi de façon linéaire, le long d'une nouvelle ligne de métro. L'infrastructure ainsi que l'aménagement des terrains ont été réalisés par une même société d'aménagement et sont valorisés par l'accessibilité que le métro offre. Le projet a difficilement débuté, mais le secteur est particulièrement devenu attractif et vivant. Sa localisation stratégique, à mi-distance entre le centre historique et l'aéroport de Copenhague, en fait un point idéal pour les entreprises, mais pas seulement.

D'un point de vue urbanistique, il était nécessaire de dissoudre les obstacles administratifs afin que l'aménagement tant des zones autour du port que des zones urbaines adaptées aux activités industrielles et tertiaires soit possible. Ørestad possédait une situation clé. Il y avait divers besoins, notamment en termes de structures hôtelières et de centre des congrès. Il était également nécessaire d'attirer divers projets culturels de grande envergure afin de cultiver les intérêts envers ce quartier.

L'un des premiers points soumis à de larges réflexions consistait en l'amélioration et l'agrandissement du système de transports en commun. La construction d'un pont / tunnel à la fois routier et ferroviaire traversant la région de l'Øresund a été prioritaire. Cette liaison permettait de rejoindre le Danemark et la Suède grâce à une ligne de chemin de fer permanente. L'amélioration du système de transport (Métro - voiries - pistes cyclables) a été réalisée avant même que les habitants n'arrivent dans le quartier afin que les infrastructures soient complètement fonctionnelles. C'est ainsi que la ligne de métro

complètement automatique permet de desservir Ørestad depuis n'importe quel endroit de la ville dans la capitale.

Le quartier d'Ørestad est scindé en plusieurs parties : Ørestad nord, Ørestad City et Ørestad sud. Ces trois « sous-quartiers » sont reliés entre eux par des espaces verts, des rues piétonnes et des infrastructures de transports en commun, de façon à les unifier et les connecter. Il s'étale sur 5000 mètres de long et plus de 600 mètres de large signifiant une surface de 310 hectares.

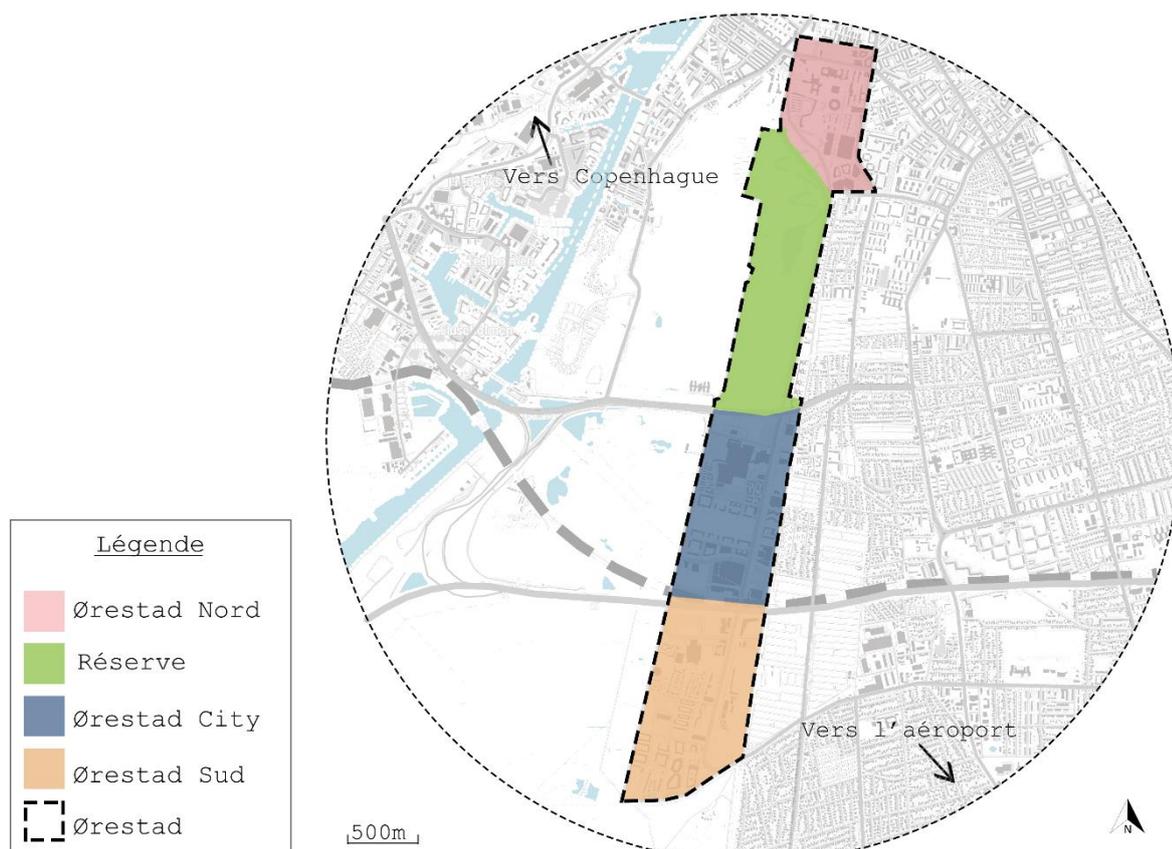


Figure 19 : Situation d'Ørestad, Illustration personnelle

- Analyse des accès et des structures de mobilité

Le quartier d'Ørestad est considéré comme présentant une qualité particulière et une durabilité exemplaire en termes de mobilité, à des échelles variées (Grillet-Aubert et al., 2007).

Le métro est donc visualisé comme une véritable « épine dorsale » du quartier, il relie ainsi tous les « sous-quartiers » d'Ørestad. Tout a été réfléchi sur un même pied d'égalité, de la construction de la ligne de métro elle-même, en passant par sa visibilité ou encore par la fréquence de passage de celui-ci. Cette attention particulière démontre la priorité accordée aux concepteurs de ce moyen de transport particulièrement privilégié à Ørestad. En effet, la ligne de métro a été conçue sous forme de viaduc, traversant l'entièreté du quartier, en ligne droite, ce qui en fait un véritable symbole de la ville, sans cette ligne, le quartier n'aurait que peu d'intérêt. Nous comptons cinq stations de métro sur l'ensemble du quartier d'Ørestad. Le métro est un des modes les plus utilisés puisqu'il fonctionne tous les jours, 24h/24

et compte des départs toutes les 3 minutes aux heures de pointe. Le métro est également un symbole parce qu'il présente une voie ferrée aérienne, qui souligne sa proximité par rapport à Copenhague centre.

L'ensemble des espaces publics, particulièrement soignés et mis en scène, incitent au déploiement de la mobilité douce. Il en est de même pour l'architecture et la disposition du bâti favorisant les courts déplacements.



Figure 20 : Ørestad Nord, Ørestad City et Ørestad Sud, Illustration personnelle

- Analyse typo morphologique et programmatique des îlots et du bâti

Au nord d'Ørestad, on retrouve le campus sud de l'Université de Copenhague regroupant les Facultés de Sciences humaines et de Droit. À proximité, se dresse la bibliothèque universitaire, la résidence Tietgen accueillant les étudiants ainsi que l'Institut de Technologie appartenant à la même université. Ces différentes infrastructures travaillent de concert dans le domaine scientifique et éducatif. Sur cette zone, on retrouve également d'autres fonctions comme des sièges d'une radiotélévision danoise, des bureaux d'entreprises, des commerces, une salle de concert, un théâtre, des collèges, des salles de sport, des musées, des parcs et espaces publics, des canaux ainsi que des zones résidentielles mixtes (logements locatifs, en accession et sociaux cohabitent).

Ørestad City est le deuxième « sous-quartier » principal. Il est séparé du quartier nord par une large réserve naturelle de 2230 Hectares, mais y reste cependant très bien connecté grâce aux réseaux routiers et de transports en commun. Cette réserve naturelle est un véritable poumon vert dans ce quartier. Dans cette zone, on retrouve des hôtels, un centre des congrès, des halls d'expositions, un cinéma, des infrastructures sportives, des bureaux, des restaurants et commerces, des immeubles de logements sans oublier des parcs et un grand centre commercial central. En termes de connexions avec le reste de la ville, ce « sous-quartier » multiplie les avantages ; le pont d'Øresund est à 7 minutes, l'aéroport de la ville à 3 minutes et le centre-ville historique à 5 minutes, le tout en transport en commun.

Ørestad Sud est le « sous-quartier » le plus proche de l'aéroport. C'est dans cette partie du quartier que se retrouve l'Arena de Copenhague, bâtiment phare du quartier accueillant une diversité d'événements. On retrouve également différentes typologies de logements, des commerces et restaurants, une patinoire, une maison de retraite, une crèche, des écoles, une résidence estudiantine ainsi que divers bureaux et entreprises. Les différents styles des bâtiments constituent une identité forte et symbolique au quartier et suivent l'axe principal du quartier le long de la ligne de métro. On retrouve divers traitements de façades, des proportions variées, des aménagements spatiaux distincts en fonction des zones et une grande palette de typologies tout en créant une structure urbaine lisible. Certains bâtiments servent de véritables « liants » avec le contexte environnant du quartier grâce à leur architecture et favorisent ainsi une intégration paysagère avec l'existant, tout comme le permet l'impact minimal sur les sols (Ile, 2021).

Ørestad est devenue un quartier où les multiples activités se mélangent et continueront à évoluer, étant donné que la construction du quartier n'est pas encore tout à fait terminée. En effet, des universités, des fonctions culturelles, des services urbains, des logements en accession/location et sociaux ou encore des infrastructures d'activités se côtoient. Au commencement même du projet, une réflexion a été apportée sur le devenir du quartier. L'idée était donc d'éviter qu'Ørestad ne regroupe que les tranches plus riches ou à l'inverse, les plus pauvres de notre société. L'importance de la mixité de fonction était bien ancrée dans les intentions des décideurs et concepteurs, afin que le quartier soit occupé à toute heure du jour, mais aussi complètement intégré et connecté au reste de la ville.

2.2.1.2.D Des principes qui convergent

Nous avons, à la suite des analyses de mise en œuvre des quartiers considérés comme « leviers » d'intensité, formulé et synthétisé divers grands principes retrouvés d'un point de vue opérationnel. Rapidement, des relations ont pu être réalisées puisque les éléments issus de l'analyse de la mise en œuvre de quartiers favorisant l'intensité urbaine s'apparentent aux principes associés dans la littérature scientifique. C'est pourquoi nous avons décidé de synthétiser les principes issus des analyses réalisées en classant ces diverses « bonnes pratiques » dans le Tableau 5, en les positionnant en parallèle des composantes provenant de la littérature.

Principes mis en évidence dans la littérature	Principe de mise en œuvre dans les quartiers
Densité	- Seuils minimaux de population résidente - Seuils minimaux de logements à l'hectare
Centralités	-Symboles mis en évidence dans le quartier -Points d'intérêts, structures particulières
Mixité	- Mixité fonctionnelle - Mixité des typologies de logements - Mixité sociale

	- Mixité intergénérationnelle
Mobilité	- Accessibilité au quartier favorable aux diverses mobilités - Infrastructures pour la mobilité douce - Stationnements en suffisance pour les diverses mobilités - Développement des modes de déplacements autres qu'automobiles
Usages	- Variété d'usages liée à la variété des fonctions, services et équipements présents
Temporalité	- Travail sur les rythmes saisonniers - Travail sur les périodes des activités - Réflexions sur l'évolution des espaces
Qualité	- Espaces publics réfléchis et en suffisance - Travail sur les trames vertes et bleues - Travail sur les ambiances - Lisibilité du paysage et du bâti - Qualité de l'architecture

Tableau 6 : Synthèse des principes de mise en œuvre de l'intensité dans la littérature et l'opérationnel

2.2.1.2.E Proposition de définition de l'intensité urbaine

Selon les principes relevés dans la revue de littérature et dans les études de leviers d'intensité urbaine, nous tentons ici de définir ce concept. Nous considérons donc l'intensité urbaine comme le résultat d'un espace présentant une densité et une diversité des activités – humaines, sociales, économiques et culturelles –, mettant en œuvre la proximité pour le développement de la mobilité douce et garantissant une connectivité au réseau de transport en commun, de sorte à soutenir la réponse aux besoins des usagers selon des temporalités variées, une bonne qualité de vie et une évolution pérenne des espaces ainsi qu'une diminution de l'impact sur les ressources.

2.2.1.3 Quelles valeurs prospectées par les praticiens à propos de l'intensité urbaine ?

La caractérisation et la définition du concept sont les deux premières choses auxquelles nous nous sommes intéressés dans ce chapitre. Cependant, il est intéressant de comprendre ce qu'elle éveille auprès des praticiens et chercheurs. Notre première catégorie d'entretiens auprès d'acteurs spécifiquement choisis (cf.4.1.2.5.A) a permis de faire un état des connaissances et des valeurs attribuées à ce concept. Pour quelles raisons ce concept est de plus en plus discuté, tant au niveau opérationnel qu'au niveau de la recherche ? Nous avons pu recenser deux types de « valeurs » associées à l'intensité urbaine : celle de soutien et de référence à la qualité urbaine (2.2.1.3.A), mais

aussi celle de garantie de bon fonctionnement et rentabilité pour les investissements financiers (2.2.1.3.B).

2.2.1.3.A Valeur d'appui de la qualité des aménagements

Qu'il s'agisse des chercheurs ou des acteurs opérationnels, l'intensité urbaine est considérée par certains comme un gage de qualité qui traduirait l'adéquation du lieu avec les besoins des utilisateurs de l'espace et témoignerait de son dynamisme. La valeur conférée à l'intensité urbaine est dans ce cas associée à une sorte de labellisation relative à la "bonne santé" de l'espace, rejoignant la vision de plusieurs chercheurs. Lors de nos diverses rencontres, un des acteurs nous a fait part de l'importance de l'adaptation et de l'ajustement de la réponse mise en œuvre lorsque les premiers habitants s'installent, dans le cas d'un nouveau quartier. Les attentes de certains praticiens sont donc placées sur le développement d'un outil qui permet d'orienter les décisions et de les réajuster ainsi que de faire évoluer le programme préétabli en amont.

2.2.1.3.B Valeur d'appui et d'assurance financière

Cette valeur concerne davantage le côté opérationnel et s'explique par des aléas auxquels sont souvent confrontés les aménageurs. Un problème récurrent, revenant sur divers projets d'aménagement ou de construction, est la complexité pour les investisseurs de s'intégrer dans un projet sans preuve de bon fonctionnement. La valeur recherchée et souhaitée pour l'intensité urbaine vise donc, à ce niveau, celle d'argument de bon fonctionnement et de diminution du facteur « risques ». Cette valeur confirmerait en amont de la construction et de l'exploitation finale que la programmation du quartier, au terme de sa construction, permet de rentrer dans les clauses financières. De plus en plus d'espaces dédiés à la présentation d'un projet, type « maison de quartier » ou encore « maison du projet », fleurissent lors de divers projets urbains. Dès lors, certains acteurs envisagent l'indicateur comme un outil de stratégie commerciale afin d'attirer de futurs exploitants du projet.

2.2.1.4 Quelles recherches sur l'intensité urbaine ?

Notre recherche sur le concept d'intensité urbaine tant du point de vue de la recherche que du point de vue des mises en œuvre opérationnelles nous a conduits à proposer une définition du concept étudié dans ce chapitre. L'intensité urbaine semble être une notion qualitative qui exprime un degré d'activité, de mouvement, de dynamisme ou de vie au sein d'un espace ou d'un ensemble d'espaces à divers moments. Ce dynamisme peut être favorisé par divers principes qu'il est nécessaire d'associer étant donné que leur interaction est l'unique moyen de mettre en exergue la sensibilité, l'identité et la qualité du lieu durant diverses périodes.

Le concept d'intensité est du fait de sa nature une notion difficile à saisir, mais fait l'objet d'un intérêt grandissant, témoignant du dynamisme voir de la « réussite » de divers espaces conçus et vécus. Dans

cette section, nous nous intéressons plus particulièrement aux diverses recherches sur l'intensité urbaine afin de mieux comprendre comment les chercheurs tentent d'en déterminer les facteurs. Nous distinguons les recherches selon leurs échelles d'application, c'est-à-dire à l'échelle de la rue (2.2.1.4.A), du quartier (2.2.1.4.B) et de la ville (2.2.1.4.C) et les classons par ordre chronologique. Cette différence d'échelle implique une variation dans les outils, des méthodes ainsi que dans les éléments observés dans les diverses recherches que nous reprenons ci-après.

2.2.1.4.A L'échelle de la rue :

Déjà dans les années 80', l'intensité urbaine a été étudiée par Maas (1984) dans sa thèse de doctorat sous le terme de « Vitalité Urbaine ». Dans son travail, il choisit comme méthode l'analyse comparative et prend comme cas d'étude quatre rues de la ville de Vancouver au Canada. Du point de vue de leur typologie, les rues se distinguent puisque deux sont situées en plein centre de la ville et constituent des artères commerciales tandis que deux autres sont situées en périphérie. Ce chercheur a voulu identifier les divers facteurs à l'origine de l'intensité urbaine et les a ensuite classés. De son travail, il est ressorti que l'intensité urbaine est possible grâce à la population piétonne principalement, mais aussi de la structure matérielle et sociale, de l'environnement, des ressentis ou encore des services et équipements. Il a également souligné que la notion d'intensité émane de la singularité soit de l'endroit, par le biais de sa situation ou de son agencement spatial, de son offre en termes d'activité et de commerces, soit de la population. Il insiste sur le caractère hétérogène à la fois de l'espace et de la population pour que l'intensité urbaine puisse être observée et augmentée. Comme nous l'avons mentionné (2.2.1.1.B), le rapport à l'homme ainsi que la sensibilité, notamment dans l'échelle, doivent être privilégiés.

Dans des travaux plus récents, certains chercheurs ont travaillé sur l'intensité dans la ville de Téhéran en Iran et plus particulièrement sur deux rues, dont l'une est située dans le centre historique et l'autre dans une extension plus contemporaine de la ville (Zarin et al., 2015). L'étude a été réalisée sur base de 384 questionnaires et d'observations *in situ* et la méthode de régression multivariée et rétrograde a été utilisée par les auteurs pour l'analyse des résultats. Ils ont identifié 8 facteurs favorisant l'intensité urbaine, à savoir la variété des centres d'attraction, les diverses activités des foyers, le bien-être, la disponibilité des accès et les connexions, la sociabilité entre les personnes, la lisibilité des espaces, l'esthétique et les conditions d'hygiène de l'environnement. Certains facteurs relevés sont les mêmes pour la rue située dans le cœur historique que pour la rue plus contemporaine, tandis que d'autres varient. Par exemple, les facteurs d'accessibilité et de variété de centres attractifs sont des éléments privilégiés pour les deux rues, tandis que l'esthétique est essentielle pour les questionnaires réalisés dans la rue contemporaine et ne l'est pas pour la rue ancienne. Ils concluent donc que la disponibilité des accès et les connexions sont les facteurs les plus importants pour promouvoir l'intensité urbaine. Cependant, ils mentionnent que bien que la lisibilité des espaces soit l'élément le moins cité dans leurs enquêtes, elle ne doit pas être mise de côté.

Dans une logique similaire, des chercheurs chinois ont étudié neuf rues issues de trois zones différentes de la ville chinoise de Nanjing (Xu et al., 2018). Les trois zones étudiées sont d'époques différentes et ont été spécifiquement choisies pour cette distinction temporelle. Leur analyse qualitative a montré que la vitalité est plus présente dans les zones anciennes et les facteurs les plus importants pour la favoriser seraient la densité et la continuité du bâti ainsi que les ratios entre la hauteur des bâtiments et la largeur de la rue. Ils soulignent que ces facteurs incitent les déplacements piétons et montrent l'importance de l'accessibilité des espaces et de la multiplicité des activités fonctionnelles.

2.2.1.4.B L'échelle du quartier

À l'aube du 21^{ème} siècle, un chercheur d'Afrique du Sud a collectionné des données recueillies sur diverses décennies du 20^{ème} siècle afin de construire un outil constatant les évolutions de l'activité et du dynamisme du quartier choisi, qu'il nomme « *la santé urbaine* » (Ravenscroft, 2000). Il a déterminé divers indicateurs d'intensité urbaine comme la diversité des utilisations de l'espace, les déplacements piétons, la sécurité ainsi que la qualité du milieu. Après une comparaison scrupuleuse de chaque indicateur pour chaque période et espace étudiés, il est ressorti de ses recherches que la diversité des usages est le facteur qui possède un impact majeur sur l'intensité de l'espace.

Pour aborder l'intensité urbaine, certains chercheurs se sont également penchés sur la qualité de vie définie par la diversité (Saeidi & Oktay, 2012). En effet, les deux auteurs en question prennent pour facteur essentiel de l'intensité urbaine la diversité. Pour réaliser leur étude, ils ont sélectionné quatre cas d'études dans le nord de Chypre dont deux étaient situés dans un quartier historique, un dans un quartier résidentiel et le dernier dans un quartier en périphérie. Leur analyse sur les divers sites a permis de classer les divers éléments qui influencent la diversité qu'ils reprennent sous trois grandes catégories, à savoir les formes, les utilisations et les utilisateurs. Le constat de leur étude souligne que pour augmenter la qualité de vie, il est nécessaire de davantage varier les typologies dans les quartiers résidentiels, de multiplier les usages dans les quartiers historiques et d'accroître l'hétérogénéité.

Une autre recherche, basant également la vision d'intensité urbaine sur les activités humaines, a étudié des quartiers situés en périphérie de la ville de Pékin en Chine (Wu et al., 2018). La recherche a été possible grâce à l'utilisation de traceurs GPS que plus de 500 personnes ont accepté de porter afin d'enregistrer leurs divers déplacements en fonction du temps et des espaces durant une période d'étude d'une semaine. Les mêmes personnes ont par ailleurs renseigné l'ensemble de leurs caractéristiques sociologiques ainsi que leurs activités extérieures dans un questionnaire en ligne. Les chercheurs ont défini des facteurs qui influencent ces activités humaines à savoir les systèmes de circulation internes et de trafic externe, la densité, la mixité d'usage des sols et enfin, l'accessibilité des espaces. Ils ont comparé les déplacements enregistrés avec ces facteurs définis au préalable. De cette façon, ils ont constaté que la densité forte ainsi que les diverses utilisations des sols favorisent l'intensité urbaine tandis que l'accessibilité n'influence pas cette dernière dans le cas de cette recherche.

Au Chili, deux autres chercheurs travaillent également sur l'intensité urbaine en approchant la morphologie urbaine (Zumelzu & Barrientos-Trinanes, 2019). Leur processus de recherche consiste en la sélection de cinq quartiers au sein d'une même ville afin de saisir les caractéristiques formelles de ces derniers qui affectent le dynamisme engendré par les activités humaines, qui correspond à leur vision de l'intensité. Pour y parvenir, ils étudient donc le niveau d'activités humaines dans les espaces sélectionnés ainsi que la provenance des usagers. Leur approche s'intéresse à la fois aux flux piétons, automobiles et emploie la méthode de syntaxe spatiale pour les calculer. Ils analysent aussi les diverses densités de population, l'utilisation des sols ou encore les dimensions des fronts bâtis et des lots pour déterminer les caractéristiques formelles des quartiers choisis. De leurs recherches il ressort qu'à l'échelle du quartier, la mixité des usages, la taille des îlots et l'adaptabilité des espaces sont des caractéristiques influençant l'intensité urbaine.

2.2.1.4.C L'échelle de la ville

Aux Pays-Bas, une chercheuse a, lors de sa recherche doctorale, étudié deux villes dans deux pays aux cultures différentes (Pays-Bas et Chine) afin de déterminer les éléments spatiaux et sociaux qui influencent l'intensité urbaine (Zhou, 2012). Dans ses recherches, elle utilise la théorie de la syntaxe spatiale pour déterminer comment les espaces influent sur les flux, l'observation et l'enquête de terrain ainsi que des représentations cartographiques des usages du sol et des activités établies dans les espaces étudiés. Comme résultat de son travail d'analyse, elle note que l'un des facteurs principaux de l'intensité urbaine est lié aux activités du territoire et plus précisément qu'il est nécessaire qu'elles ne soient pas toutes concentrées en un endroit pour éviter la sectorisation. Elle ajoute également que l'accessibilité doit être particulièrement traitée vu son influence sur l'intensité urbaine.

Dans d'autres recherches à cette échelle, des chercheurs ont comparé les caractéristiques spatiales de diverses villes chinoises aux données de médias sociaux, utilisées pour traduire leur vision de l'intensité urbaine (Lu et al., 2019). Pour ce faire, les chercheurs ont réalisé une étude de l'accessibilité, de la densité, de la mixité, de la qualité paysagère et de la compacité des formes bâties. La méthode de régression linéaire a été employée pour comparer la représentation de l'intensité urbaine et a souligné l'existence d'une relation entre les caractéristiques spatiales et l'intensité urbaine, représentée par les données de réseaux sociaux. L'accès en transports en commun, la mixité des fonctions, la compacité des formes ainsi que les trames vertes et bleues semblent, dans cette étude, être les éléments les plus favorables pour l'intensité urbaine.

Les recherches à l'échelle de la rue, du quartier ou de la ville, ne partagent pas les mêmes caractéristiques favorisant l'intensité urbaine. Il est aisé de noter que le flou à propos de l'intensité urbaine, malgré les nombreuses investigations à son propos, n'est toujours pas levé. Ce fait rend complexe la formalisation de l'intensité urbaine et pose également la question de son évaluation.

2.2.1.5 Quelle méthode d'évaluation de l'intensité urbaine ?

La dimension qualitative et sensible de l'intensité urbaine pose la question de son évaluation. En effet, comment mesurer un tel phénomène ? Avec quels outils et méthodes ? Lors de nos recherches, nous avons pu relever quatre méthodes actuelles que les chercheurs mettent en place dans leurs travaux afin de mesurer leurs visions de l'intensité qui diffèrent, comme nous l'avons précisé précédemment (2.2.1.1.B). Nous synthétisons ces méthodes ci-dessous.

2.2.1.5.A L'intensité urbaine déterminée par la densité humaine nette

Vincent Fouchier évalue l'intensité urbaine en l'assimilant à la densité humaine nette (Fouchier, 1998), parfois appelée densité d'activité humaine nette. C'est-à-dire un rapport entre la somme des habitants et des emplois sur une quantité de surface urbanisée (activités résidentielles et économiques). Cette méthode offre, selon Da Cunha et Kaiser (2009), une manière de comparer l'intensité de l'usage des sols urbains.

2.2.1.5.B L'intensité urbaine déterminée par l'affectation et l'urbanisation des sols

Chadee et Stoute (2018a, 2018b) considèrent l'intensité urbaine comme un moyen de définir un gradient d'urbanité et de ruralité. Leur étude est construite sur une approche d'agrégation d'indicateurs d'urbanisation. Checa et Nel.lo (2018) emploient quant à eux des images satellitaires nocturnes de la Terre, émises par la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) des États-Unis, pour détecter la présence d'établissements humains et d'activités. Meiqing (2018) développe une méthode qui utilise à la fois des images de télédétection nocturnes et diurnes pour caractériser sa vision de l'intensité urbaine. Lynch et al. (2020) s'appuient sur les classes d'intensité urbaine établies par la National Land Cover Database et fondées sur des groupements de surfaces imperméables dérivés de satellites pour les affiner.

2.2.1.5.C L'intensité urbaine déterminée par la quantité et la surface des activités

Dans cette méthode, Sevtsuk et al. (2013) capturent la concentration des activités situées au rez-de-chaussée dans une zone particulière en utilisant une métrique d'accessibilité, se concentrant principalement sur la forme urbaine. À partir de SIG, les réseaux sont qualifiés (types) et quantifiés (nombre de chaque type) afin de déterminer le nombre d'aménagements commerciaux et la surface accessible dans un rayon de 200 mètres à pied, autour d'une zone particulière. Cette méthode visualise l'intensité urbaine comme produit de concentrations et diversités plus élevées des activités et commerces le long des voiries.

2.2.1.5.D L'intensité urbaine déterminée par la quantité de personnes dans le temps

Très récemment, Y. K. Ku (2020) a développé une nouvelle méthode pour capturer sa vision de l'intensité urbaine. Selon elle, l'intensité des activités humaines est illustrée par la concentration de personnes sur une surface donnée pendant un certain laps de temps appelé « TOS » (Temporal occupied spaces). Elle est évaluée sur base de photographies en « Time-lapse » qui sont par la suite cartographiées et interprétées.

D'autres chercheurs considèrent la quantité d'individus dans un intervalle de temps comme moyen d'évaluer l'intensité urbaine (S. Liu et al., 2019). Pour y parvenir, ces derniers emploient les données de position des réseaux téléphoniques. Ils comparent donc ces données après les avoir analysées aux caractéristiques des espaces du point de vue de l'affectation des sols.

2.2.1.6 Vers de nouvelles méthodes et outils adaptés

L'état des lieux des valeurs attribuées à l'intensité urbaine par les acteurs de terrain, des recherches et des méthodes d'évaluations sur l'intensité urbaine met en évidence que plusieurs études se déclinent autour de ce concept. Il montre également que divers moyens sont engagés pour l'évaluer, relativement à la définition que chacun en fait.

Selon la définition que nous avons proposée de l'intensité urbaine, dans le domaine de la conception, et au regard de notre intégration dans le projet 3ES, nous proposons de nous intéresser davantage aux modèles numériques urbains de type CIM pour tenter de cerner leur potentiel en termes de développement d'une méthode d'évaluation. En effet, comme nous l'avons abordé au chapitre 1, les analyses urbaines pour être plus adaptées aux systèmes complexes actuels et pourraient notamment évoluer en termes d'outils sur base desquelles elles sont effectuées. L'objectif étant de tenir davantage compte des diverses relations qui coexistent. Cependant, le domaine des maquettes numériques est vaste et nécessite de se pencher plus en détail sur l'origine du développement des CIM, mais aussi sur les différences relatives aux dénominations qui sont portées à leur égard afin de mieux les comprendre. Le troisième chapitre tente donc de fournir des éléments clés pour une bonne compréhension des modèles numériques de type CIM mais aussi de cerner les différences avec les outils qui l'ont précédé. Finalement, il expose ses attributs et souligne les raisons pour lesquelles les CIM sont couramment demandés dans les processus de projets.

CONCLUSION DU CHAPITRE 2: FAVORISER L'EMPLOI D'UN CONCEPT GLOBAL ET LE FORMALISER POUR LES AMÉNAGEMENTS AINSI QUE POUR LES ANALYSES URBAINES

Dans la première partie du chapitre, nous avons souligné que de nombreux éléments passés ou plus récents sont à l'origine et influencent les opinions en faveur de la promotion de l'intensité urbaine, dans le secteur de l'aménagement urbain. À travers cette première partie (2.1), nous avons réalisé plusieurs constats issus des tentatives et changements passés. Nous avons dans un premier temps mis en évidence les divers aléas qui ont émergé de l'urbanisation contemporaine. Comme exemples, nous pouvons citer l'augmentation de la démographie, la sectorisation des fonctions, une fragmentation des espaces ou encore une augmentation de la part de ressource foncière par individu. Cette artificialisation des sols qui ne cesse de s'accroître depuis de nombreuses années, amplifiant d'autres fléaux liés aux perturbations climatiques et environnementales. D'autres facteurs comme la perte de cohésion, qu'il est nécessaire de limiter et d'inverser, ont été mis en évidence. Les interactions sociales, le sentiment d'appartenance et l'identité sont notamment des sujets nécessaires à la condition humaine et dont l'intégration dans le champ de l'aménagement est indispensable. En lien direct avec cette diminution de relations sociales, nous avons abordé plusieurs stigmates qui collent à la peau des espaces et des pratiques urbanistiques, mettant en évidence les nombreux préjugés qui leur sont attachés et qu'il est impératif d'estomper, spécialement par l'introduction ou la promotion d'autres valeurs et concepts. Nous avons finalisé cette première partie du Chapitre 2 en mettant en évidence le besoin émis par de nombreux chercheurs d'un retour aux usagers et à leurs besoins. Dans cette logique, les réflexions portées par les acteurs de l'aménagement et chercheurs orientent vers un plus grand intérêt sur des aspects sensibles qu'il est nécessaire d'intégrer aux pratiques, mais aussi de cibler la qualité de vie et le bien-être des individus afin qu'ils puissent satisfaire leurs besoins et développer leur appartenance au lieu. En réalisant ce constat, nous avons souhaité mettre en lumière les diverses conséquences aux pratiques et changements antérieurs à l'origine du développement et de l'expansion du concept d'intensité urbaine qui, tant au niveau opérationnel que scientifique, progresse.

Dans la seconde partie de ce chapitre, nous avons donc logiquement abordé plus en détail les visions rattachées à l'intensité urbaine. Nous avons constaté qu'il n'existait pas une seule dénomination, bien que certaines soient davantage employées que d'autres. Nous avons également mis en lumière le fait qu'il s'agit d'un concept multiple qui serait finalement résultat de l'association de divers principes et autres notions déjà bien connues du secteur de l'aménagement. Nous avons toutefois réalisé à quel point la dimension qualitative était associée à l'intensité urbaine et avons saisi les ambitions des chercheurs et praticiens à son égard. Nous avons par ailleurs étudié trois quartiers considérés comme leviers dans leur présentation et qui, par le biais d'analyses traditionnellement réalisées en urbanisme, ont permis la mise en évidence de principes de mise en œuvre favorisant l'intensité urbaine. Nous nous sommes aussi intéressés aux recherches qui existent depuis plusieurs décennies à propos de l'intensité urbaine afin de comprendre comment les chercheurs la visualisent dans des cas d'études concrets ainsi qu'aux méthodes existantes pour évaluer ce concept. Enfin, nous avons mis en évidence et synthétisé

les valeurs, majoritairement retrouvées au cours de notre revue de littérature et échanges avec des acteurs opérationnels, qui sont ciblées sur la qualité et l'assurance d'un bon fonctionnement.

Le chapitre, au travers de ses deux parties complémentaires, expose donc les raisons du basculement d'outils et indicateurs traditionnellement employés en urbanisme et en aménagement vers le concept d'intensité urbaine qui pourrait faire l'objet d'une formalisation. En effet, ce dernier semble pour certains plus complet, étant donné sa globalité et son approche ciblant de multiples notions. Nous constatons également, grâce à l'étude de la littérature, que l'intensité urbaine est finalement un sujet d'analyse urbaine répandu et pourrait constituer une approche plus pertinente pour aborder les aménagements que d'autres notions davantage mises en valeur auparavant. Son apport s'intégrerait dans une logique plus respectueuse et plus adaptée aux besoins de tous. Ses défenseurs nous proposent de privilégier l'intensification des espaces déjà urbanisés ou d'intensifier les nouvelles conceptions plutôt que de les étaler et construire sans réfléchir à l'impact sur les ressources environnementales et sociales. Cependant, la revue de littérature et les diverses recherches à son propos ont confirmé la difficulté de la caractériser et surtout le manque d'unanimité des notions qui la composent et qui l'influencent. Elle résulterait de l'association de divers principes mis en action, certains prévalant plus que d'autres, pouvant orienter sa formalisation vers un indice. Néanmoins, nous constatons qu'il n'existe pas encore de formalisation de l'intensité urbaine, bien qu'elle soit investiguée depuis de nombreuses années et qu'elle représenterait la dimension sensible et qualitative d'un lieu, à diverses échelles. Il existe encore un flou constant à propos de ce concept malgré les discours qui lui sont favorables, notamment en termes de production d'un espace vivable et adapté aux changements dont les bénéficiaires se ressentiraient du point de vue des ressources, des liens sociaux et de l'appartenance. Les méthodes d'évaluation existantes ne permettent pas, à ce stade, de lever cette obscurité à propos de l'intensité urbaine, surtout à cause de leur diversité ainsi que des diverses visions à son égard. Ces méthodes sont également basées sur l'emploi d'outils et de données d'origine bien distinctes et sont toujours réalisées a posteriori, c'est-à-dire sur des espaces existants. Le chapitre que nous concluons actuellement illustre donc que le concept, bien qu'il annonce des ambitions pertinentes et justifiées, nécessite davantage d'approfondissements quant à sa définition claire et ciblée, sa formalisation et son évaluation dans le champ des analyses urbaines, y compris pour des phases de conception, le tout en explorant des outils innovants et actuels valables pour toutes les phases du projet.

CHAPITRE 3 : DÉVELOPPEMENT ET SPÉCIFICITÉS DES CIM

Le troisième chapitre examine certains modes de représentation, employés avant les CIM, des zones urbaines du point de vue de leur matérialité ou de leurs dimensions dans l'espace. Il met particulièrement en lumière le rôle de ces outils dans les approches analytiques et compréhensives de l'espace. Ce chapitre expose également la multiplication de dénominations attribuées à des outils innovants à priori semblables, mais qui finalement diffèrent du point de vue technique ou des objectifs.

03



3.1 Le recours aux représentations urbaines en marge des cim

3.1.1 Des représentations variées des espaces pour les analyser et les aménager

3.2 Focus sur les modèles 3d sémantiques urbains de type cim

3.2.1 Exploration de la notion de Digital Twin liée à l'étude du CIM

3.1 LE RECOURS AUX REPRÉSENTATIONS URBAINES EN MARGE DES CIM

« Comme toute innovation, elles ne naissent pas de rien ni de nulle part, mais prennent place dans une continuité historique dont elles se nourrissent en même temps qu'elles cherchent, peu ou prou, à s'en affranchir. »

Arab et Vivant (2018)

3.1.1 DES REPRÉSENTATIONS VARIÉES DES ESPACES POUR LES ANALYSER ET LES AMÉNAGER

Notre travail de thèse se focalise en partie sur les CIM et les usages qui peuvent être faits à partir de ce type de modèle numérique. Plus particulièrement, nous souhaitons étudier la manière dont le CIM peut être utilisé pour la réalisation d'analyses urbaines spécifiques, comme celle de l'évaluation de l'intensité urbaine. Cette partie de chapitre traite donc principalement des fondements qui ont ouvert la voie à son développement dans le cadre de la représentation, de la conception et potentiellement de l'analyse urbanistique.

Pour y parvenir, nous proposons de parcourir diverses méthodes de représentations de l'espace et les supports utilisés tantôt pour la reproduction, la conception, la planification et notamment pour la réalisation d'analyses spatiales, avant le développement et la diffusion des CIM. Nous approchons ainsi diverses représentations urbaines établies sur de multiples supports, dans diverses dimensions et sur base de divers modes de production. Pour réaliser cet aperçu, nous nous sommes en partie basés sur la thèse de Florence Jacquinod (2014) qui s'est spécifiquement penchée sur le sujet de la géovisualisation tridimensionnelle dans l'aménagement. Nous ne réalisons pas ici un état de l'art exhaustif de tous les outils et méthodes de représentations et d'analyse des aires urbaines. Toutefois, nous dressons un premier aperçu des spécificités exploitées dans ces représentations à des fins d'aménagement urbanistique, de sorte à tirer des perspectives de ceux-ci jusqu'aux CIM.

Dans un premier temps, nous discutons des reproductions matérielles, c'est-à-dire physiques, qui peuvent être produites matériellement en deux ou trois dimensions. Ainsi, nous nous intéressons aux productions anciennes et contemporaines prenant place sur des supports physiques et manipulables comme les maquettes volumiques ou encore les représentations urbaines (2D ou 3D) dressées initialement « à plat » sur différents supports et matériaux.

Ensuite, dans la seconde partie de ce point, nous ciblons des représentations spatiales sous une forme numérique, grâce au développement de multiples outils et systèmes qui permettent leur création et leur manipulation virtuelle. Nous abordons ainsi les représentations spatiales numériques en multiples dimensions allant des productions graphiques en deux dimensions jusqu'aux modèles numériques tridimensionnels, de plus en plus demandés et rependus dans le secteur de l'aménagement du territoire et de l'urbanisme.

3.1.1.1 Des productions physiques

Nous considérons dans ce premier panorama les productions représentant l'espace à une échelle intermédiaire à large, c'est-à-dire à une échelle supérieure à celle du bâtiment. Nous entendons par productions physiques, des représentations de l'espace, qui sont matérialisées et prennent place sur des supports tangibles, qui peuvent être manipulés.

3.1.1.1.A Représentations 2D et 3D de l'espace, produites sur un support physique bidimensionnel

Destinées à fournir une image d'un territoire ou à produire des savoirs à son propos, de nombreuses productions anciennes ont été mises en œuvre en deux dimensions sur des matériaux tels que le papier, le tissu, la pierre ou tous les matériaux pouvant garder et faire durer la trace (Nichols, 2012). Cependant, celles-ci représentent l'espace en deux ou trois dimensions. Aujourd'hui, elles peuvent aussi être visualisées sur des écrans, si une numérisation de ces représentations physiques est réalisée.

D'après Söderström (2000), différents types de représentations visuelles comme les cartes sont depuis très longtemps des outils employés pour situer dans l'espace différentes connaissances, pour orienter les décisions ainsi que pour communiquer dans le champ urbanistique. Boutier (2005) expose l'évolution dans la finalité des productions représentant les zones urbaines ainsi que le public auquel elles étaient destinées et utiles. D'une image de la ville et ses grandeurs à sa gestion, réglementation et organisation, ces représentations matérielles ont été destinées dans un premier temps à tout individu ne pouvant pas se rendre à un endroit spécifique, mais aussi aux divers décideurs et praticiens de la planification. L'objectif esthétique de ces représentations s'est, au fil du temps, transformé en outil d'analyse pour la pratique urbaine, bien qu'elles soient particulièrement immobiles et fixes. Nous reprenons les formes de représentation issues de ses travaux ci-dessous :

La **représentation comme « Portait »**, ce type de production s'est développé depuis la Renaissance italienne au début du 15^{ème} siècle, s'est affirmé vers la fin du même siècle et s'est imposée comme représentation dans toute l'Europe, notamment en France, durant le 16^{ème} siècle (Harvey, 1987). Ce type de représentation reprend plusieurs modèles, notamment les vues à vol d'oiseau, la perspective cavalière ou encore les plans portraits (Figure 21). Alan Day (1994) souligne que, bien que les représentations du 15^{ème} siècle indiquaient déjà des informations quant aux géométries du bâti et au tracé des voiries, la grandeur symbolique de certains éléments primait par rapport à la réalité observée. Ce n'est que lors du siècle suivant, grâce au développement de divers moyens plus précis de mesure, que la fidélité dans la manière de représenter le territoire et ses attributs s'est développée, sans forcément évincer les représentations plus déformées de la réalité. Dans les représentations présentant l'espace de façon plus objective et globale du 16^{ème}, l'association de mesures relevées et du dessin permettaient notamment de répondre aux diverses attentes qu'elles concernent la géométrie ou encore la visualisation (Boutier, 2005). En effet, ces productions très visuelles exposaient également, à la vue de tous et particulièrement de ceux ne pouvant pas s'y rendre, les caractéristiques architecturales et

topographiques mesurées d'une ville, mais aussi son importance ou ses symboles représentatifs forts, comme les enceintes défensives, les activités économiques ou encore la richesse architecturale.

Figure 21 : Plan « Portrait » de Paris dit Plan de Bâle, Truschet & Hoyau (1552)



Source : gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France

Pour illustrer cette réponse aux attentes, Ola Söderström (2000, p. 49) explique, dans son ouvrage *Des images pour agir*, que la vue de Venise réalisée par Jacopo de' Barbari peut être définie « *d'expérience plurielle* ». Il affirme que cette vue exprime plusieurs objectifs de visualisations, d'une part pour des acteurs spécialisés comme les urbanistes et d'autre part, pour un public plus large (Figure 22). Ce même auteur atteste aussi que le dispositif de vue en perspective avait été introduit dans une optique urbanistique. Selon lui, cette représentation en perspective formait une illustration globale, mais rigoureuse de l'élément à construire ainsi que les rapports qu'il entretiendrait avec les autres éléments environnants. Il résume l'intérêt des représentations en perspective pour les urbanistes grâce à trois éléments qu'elle apporte à leur fonction : la perception cognitive des configurations urbaines, la possibilité de modifier ces configurations ou d'en produire d'autres et la distinction sociale et intellectuelle de l'urbaniste (Söderström, 2000). Les représentations comme portraits marient au sein d'un même ensemble à la fois l'art et la rigueur.



Figure 22 : Partie de la vue en perspective de Venise par Jacopo de' Barbari (1500)

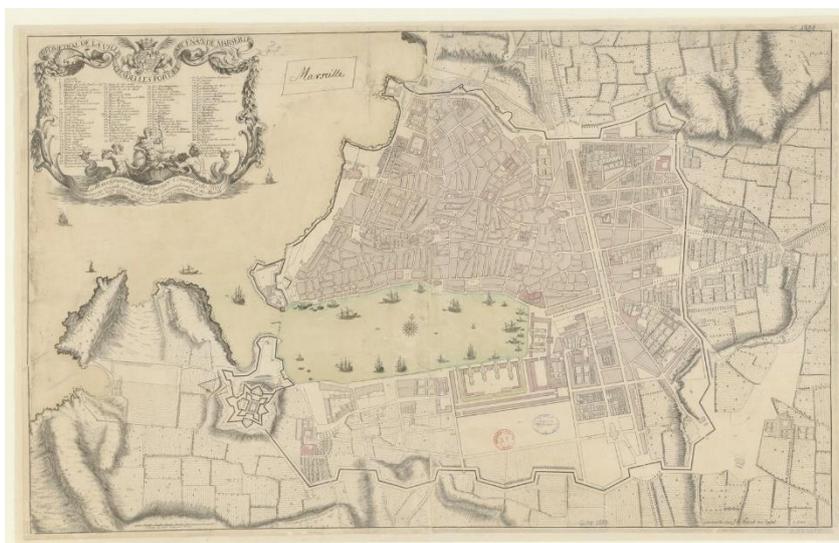
La **représentation, comme « Emprise de la géométrie »**, souligne l'avènement de la science de la géométrie durant le 17^{ème} siècle (Debuiche, 2016). Dans ce type de représentation, la prolifération de symboles exagérés abordés dans les « portraits » disparaît, conférant à ce type spécifique une allure cartésienne, plus abstraite et objective (Figure 23). L'apparition de ce type de représentation n'impose cependant pas une homogénéité des productions. Les méthodes de relevés et de représentations plus abstraites s'affirment et les intervenants dans la création de ces représentations se multiplient. La rigueur est davantage présente, notamment par la précision dans les mesures des divers éléments imagés, par la multiplication de la triangulation ainsi que de l'articulation des échelles (Boutier, 2005). Par ailleurs, les usages de la représentation urbaine ont évolué de sorte à situer et à rendre compte des divers changements ainsi que de recenser des savoirs supplémentaires à la morphologie urbaine traditionnelle. Ces usages sont d'ailleurs toujours d'actualité dans les représentations actuelles. Il est toutefois important de spécifier que les divers types de représentations n'épuisent pas les usages. En effet, certaines représentations très rigoureuses étaient parfois employées à des fins de portraits. Il n'y a parfois pas de réel lien entre les objectifs ambitionnés et le type de représentation choisi. Les diverses représentations ont donc ouvert la voie à certains usages spécifiques, mais ils ne définissent en aucun cas une exclusivité d'usages.



Figure 23 : «Modello o Sia Pianta di Genova », Garrè, G.B., Scaniglia, S., Corradi, P.A., Bianco, G.B., Torriglia, A., Ghiso, G.B., Storace, G.B., Torriglia G.B. (1656)

- La **représentation comme « Outil de gestion de l'urbain »**, qui s'est généralisé à la suite de nombreuses évolutions tant au niveau démographique qu'urbanistique. En effet, le 18^{ème} siècle en Europe rime avec l'expansion des limites des villes et l'émergence d'espaces non maîtrisés, voire chaotiques. Les représentations matérielles sont plus que jamais utilisées par les décideurs afin de rationaliser la morphologie urbaine, mais permettent aussi d'organiser les espaces en testant diverses modifications de planification (Antonini-Fournier, 2012). Ces représentations prennent notamment la forme dite de « Plan géométral » (Figure 24), sont très rigoureuses, n'insistent plus sur la richesse symbolique et architecturale des bâtiments publics, mais privilégient l'abstraction et la vue en plan. Boutier (2005) mais aussi Antonini-Fournier (2012), mettent en évidence que les représentations visuelles « à plat », au fil de leur développement, sont devenues des outils d'analyses urbaines permettant de réglementer l'espace à divers niveaux et d'en comprendre les

évolutions et nécessités. En effet, de nombreux règlements urbanistiques établis sous une forme plane (comme des plans et des cartes) seront développés jusqu'au 20^{ème} siècle.



Source : gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France

Figure 24 : Plan géométral de la ville, citadelles, port et arcenaux de Marseille, Joseph Razaud (1743)

3.1.1.1.B Représentations 3D de l'espace, produites sur un support physique tridimensionnel

À côté des représentations sur des supports bidimensionnels, les représentations de l'espace sous la forme de maquettes physiques permettent de matérialiser ce même espace dans les trois dimensions, au moyen de matériaux variés comme la pierre, le bois, le carton, le métal ou encore le plastique.

Les représentations de l'espace à grande échelle, produites tridimensionnellement sous forme de maquettes, sont utilisées depuis bien longtemps. On retrouve par exemple les plans-reliefs qui se sont développés à partir du 16^{ème} siècle et qui constituent des réductions en trois dimensions de l'espace réel. Ces plans-reliefs étaient également produits par le biais de divers matériaux qu'il était possible de « façonner ». Ces représentations ont été produites dans plusieurs régions dont de grandes collections ont été réalisées en Italie, en Bavière ou encore en France. La première représentation de ce type connue en France est celle de Pignerol, qui est l'un des nombreux plans-reliefs commandés par Louis XIV (Dereymaeker, 2020). Durant plus de dix ans, ce sont environ trente plans-reliefs qui seront réalisés, principalement à des fins militaires, de sorte que le souverain maîtrise son propre espace, réfléchisse aux projets de fortifications et connaisse le terrain de l'ennemi (Cros, 2011). Les plans-reliefs peuvent être de petites à très grandes tailles, s'étendant ainsi sur des surfaces inférieures à un mètre carré jusqu'à 165 mètres carrés. Utilisés en complément des représentations urbaines planes, ils serviront à marquer la topographie des espaces qui ne semble pas assez claire sans cette représentation en relief. La troisième dimension sera donc proposée comme une aide à la compréhension des espaces, complémentaire aux représentations déjà déployées. L'utilisation croissante des plans-reliefs marquera l'amplification du besoin de représentations urbaines tridimensionnelles à la fois pour les manœuvres militaires – qui seront par la suite réalisées au moyen de représentations numériques – mais également pour toutes les questions architecturales et urbanistiques. Par exemple, afin de mieux gérer l'espace

urbain de l'époque, le plan-relief de Lille (Figure 25) a été utilisé par des urbanistes afin d'effectuer des plans d'urbanisme les plus cohérents possibles pour la ville (Trenard, 1992). De plus, le plan-relief lui-même expose de nombreux changements urbanistiques réalisés dans le courant du 17^{ème} siècle tels que l'extension de la ville, l'élargissement des voiries à la suite des épidémies de peste, la construction de quartiers nouveaux, le développement des fortifications bastionnées ou encore la construction de la citadelle et des casernes, pour ne citer que ceux-ci.



Source : Palais des beaux-arts de Lille, <https://pba.lille.fr>

Figure 25 : Plan-relief de la ville de Lille, Nicolas de Nézot (1743)

Durant la période moderniste, les ambitions d'architectes-urbanistes ont également été illustrées par le biais de maquettes. Ainsi, en 1925, Le Corbusier a produit une maquette de son Plan Voisin (Figure 26), mettant en exergue les principes de l'urbanisme moderniste, et l'a superposé au-dessus du plan de Paris. Cette mise en place a permis de souligner le décalage entre la vision qu'il prônait et celle qu'il repoussait. Par ailleurs, cette maquette avait pour but d'exposer les nouvelles formes d'espaces recommandés par l'urbanisme moderniste ainsi que leurs effets.



Source : FLC/ADAGP

Figure 26 : Maquette du Plan voisin, Le Corbusier (1925)

Aujourd'hui, les maquettes physiques sont toujours largement déployées dans le domaine de l'architecture et de l'aménagement du territoire, que ce soit dans le cursus d'architecte-urbaniste ou encore dans le monde professionnel. Par exemple, la Figure 27 et la Figure 29 montrent l'utilisation de maquettes physiques de sorte à rendre compte des spécificités du terrain, des gabarits des formes bâties, de l'insertion de projets dans le contexte, mais aussi le développement des infrastructures de mobilité, l'agencement des espaces publics et du mobilier urbain ou encore la situation des espaces verts et bleus.



Figure 27 : Maquette d'aménagement réalisée lors du cursus en Architecture de l'auteur, illustration personnelle



Source : <https://www.lyon-confluence.fr>

Figure 28: Maquette de Lyon Confluence exposée à la Maison de La Confluence

Depuis leurs premiers développements, les représentations spatiales sous forme de maquettes physiques sont souvent considérées comme indispensables pour relater les principes mis en œuvre dans divers projets d'aménagement urbanistiques. C'est d'ailleurs pour cette raison qu'elles sont toujours recommandées actuellement, autant dans les formations que dans la pratique. Elles constituent un outil censé permettre une meilleure compréhension des diverses propositions d'actions relatives à un espace, que ce soit pour les décideurs ou le public. Elles ont ainsi une fonction pédagogique qui permet de visualiser du mieux possible l'intégration d'un projet dans son contexte et, de cette façon, de comprendre les multiples interactions, relations et enjeux qui en résultent. Elles mettent en évidence les changements de façon concrète tout en pouvant évoluer et être mises à jour. Leur objectif final est de rendre compte des transformations, mais aussi de provoquer un certain engagement d'acteurs variés autour d'un projet de conception ou de construction. Il faut cependant remarquer que leur exécution peut parfois prendre beaucoup de temps et que leur mise à jour demande de nombreux efforts.

3.1.1.2 Des productions numériques

3.1.1.2.A Représentations 2D de l'espace, produites sur un support numérique bidimensionnel

Les représentations de l'espace « à plat » sont toujours utilisées dans tout le secteur de l'aménagement du territoire et de l'urbanisme, bien qu'elles présentent beaucoup plus d'informations que les représentations historiques des zones urbaines abordées dans la première section, dédiée aux productions physiques (cf. 3.1.1.1). Par exemple, nous retrouvons des représentations visuelles qui transposent les législations appliquées à certaines portions du territoire (Figure 29). Celles-ci sont produites numériquement, sur un ordinateur par le biais de logiciels et de bases de données, peuvent être imprimées sur du papier ou être consultées sur un écran. Comme nous le mentionnions dans le premier chapitre (cf. 1.2.1.2), le diagnostic, qui s'inscrit dans le champ des analyses urbaines, est encore basé sur ces représentations urbaines dans le but d'orienter les décisions, de comprendre des faits ou de réaliser des simulations. Cette utilisation spécifique s'explique notamment par le fait que ces représentations établissent un cadre pour l'action.

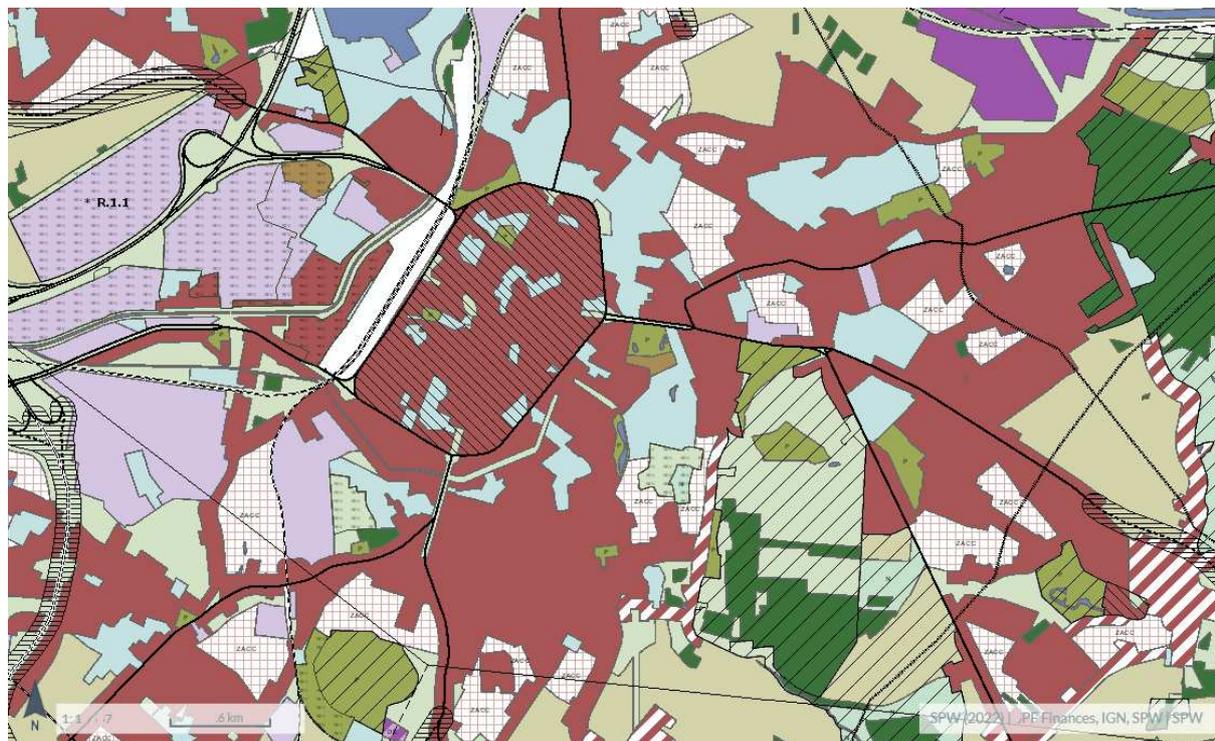


Figure 29 : Plan de secteur de la région de Mons, illustration personnelle (2023)

L'évolution dans les modes de représentation et le passage au numérique s'explique, selon Moine (2004), en raison de la complexité du territoire qui dépend de nombreux facteurs (cf. 1.1.1.2). Les outils et les méthodes disponibles afin de réaliser les analyses urbaines et comprendre les dynamiques inhérentes aux territoires étudiés se sont ainsi élargis au fil des technologies. Le développement du traitement automatique des informations, ou aussi appelé informatique, ainsi que l'augmentation des données à manipuler, ont notamment ouvert la voie à la numérisation des représentations urbaines. L'une des origines de la modification des techniques pour représenter les différents savoirs urbains,

notamment au format numérique, est le développement des outils informatiques (Desbois, 2015). À partir des années 1980, les données du territoire numérisées, aussi appelées données spatiales ou géographiques, se sont multipliées. Gatrell (1991) définit ces informations comme la figuration d'un système d'objets géographiques, chargé à la fois de diverses caractéristiques et de relations entre eux. Goodchild et al. (2007) distinguent les objets géographiques, en reprenant les visions traditionnellement partagées dans la littérature, sous les termes « *objet discret* » et « *champ continu* », présentant des caractéristiques spatiales qui permettent de les localiser. Le premier est considéré comme un objet géographique simple ou « *homogène* » et le second comme un objet géographique simple « *non homogène* » (Goodchild et al., 2007). Les objets discrets possèdent des limites claires permettant de connaître où ils commencent et où ils terminent, tandis que les champs continus représentent davantage la variation spatiale des phénomènes (Aschan-Leygonie et al., 2019).

Durant les années 1980, les systèmes capables de traiter ces données se sont également bien développés sous l'appellation de « Système d'Information Géographique » (SIG) (Desbois, 2015). Dans la littérature, de nombreuses définitions des SIG sont retrouvées, dont celle décrivant un SIG comme « *un ensemble organisé d'éléments qui permet de grouper, de classier, de traiter et de diffuser de l'information sur un phénomène donné* » (DRIAAF, 2012). Cinq termes, constituant la règle des 5A, reprennent l'ensemble des fonctionnalités d'un SIG : Affichage (production de cartes), Analyse des données (création d'une nouvelle information), Acquisition des données, Abstraction (représentation des éléments choisis) et enfin, Archivage. Ils permettent notamment de manier et traiter les objets géographiques grâce à un géoréférencement, qui rend possible leur localisation, dans un système de coordonnées spécifiquement choisi et établi. Dans son ouvrage *GIS and Multicriteria Decision Analysis*, Malczewski (1999) précise qu'une entité géographique (ou spatiale) désigne une réalité tandis que l'objet géographique (ou spatial) qualifie une représentation des entités dans les SIG. Pour le même auteur, les SIG induisent une véritable interaction entre l'environnement SIG stockant et gérant les données, l'utilisateur et les données elles-mêmes. C'est ce qu'il a voulu retranscrire dans la Figure 30 en spécifiant qu'un SIG présente quatre composantes à savoir une entrée et une sortie des données, une capacité de stockage et de traitement des données, une aptitude d'analyse et de maniement des données et enfin une disposition à interagir avec l'utilisateur.

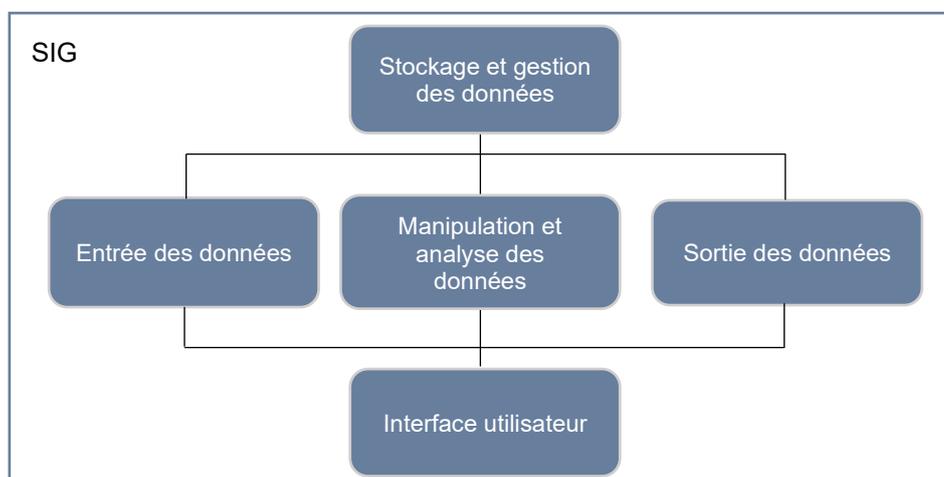


Figure 30 : Structure d'un SIG d'après Malczewski (1999)

L'un des premiers objectifs visés pour les SIG était de produire des connaissances du territoire sous forme de cartographies en les réalisant de façon plus rapide et automatisée grâce aux ordinateurs, augmentant la productivité et la rigueur topologique. Le champ des possibles s'est enrichi notamment grâce à l'aisance dans le changement des thématiques abordées par les cartes et la multiplicité des données mises à disposition ainsi que par les possibilités de stockage et de précision. Du point de vue de l'aménagement du territoire, cette multiplication de carte thématique s'est fait en parallèle de la complexification des différents réseaux, des affectations du sol, des problématiques liées à l'urbanisation ou encore des affectations du bâti. Au fil de leur production, les cartes commencent à être plus facilement accessibles, notamment avec le développement du web, ouvrant vers une démocratisation des informations territoriales.

Goodchild (1987) ajoute qu'au-delà de la visualisation, l'analyse spatiale est également une des capacités offertes par les SIG qui lui confère un grand potentiel valorisable. D'une part, car la multiplication des productions cartographiques a inévitablement conduit à l'information statistique (Picon, 2018). Et d'autre part, puisque les objets géographiques (ou spatiaux) présentent, au-delà d'un attribut spatial qui s'assimile à sa représentation géométrique géoréférencée, des attributs descriptifs renseignant sur sa nature, son état ou encore ses caractéristiques liées à sa composante spatiale. Les tables attributaires, qui sont de réelles bases de données, stockent les attributs descriptifs relatifs aux attributs géométriques et fournissent une véritable « intelligence » aux cartes, multipliant les possibilités d'analyses (Day, 1994; Donnay, 2005). Les diverses analyses sont notamment permises grâce aux différents outils de traitement des informations agissant à la fois sur des attributs spatiaux et descriptifs, comme étudié dans plusieurs travaux (Steiniger & Weibel, 2007). L'Organisation internationale de normalisation (ISO) a défini des standards en termes de fonctions géométriques qui sont estimés indispensables pour la réalisation de diverses analyses, dans le but de produire de nouvelles connaissances sur un espace grâce à des données primaires. En effet, la diversité des données et des analyses a permis d'ouvrir les SIG à de nouveaux usages comme la prise de décision en dépassant l'aspect représentatif et en s'intéressant aux diverses interventions de chaque composante du territoire.

Les informations géographiques ou spatiales peuvent être représentées selon deux modes, à savoir le Vecteur et le Raster (Figure 31). Ces modes de représentation sont la traduction géométrique des champs discrets et continus.

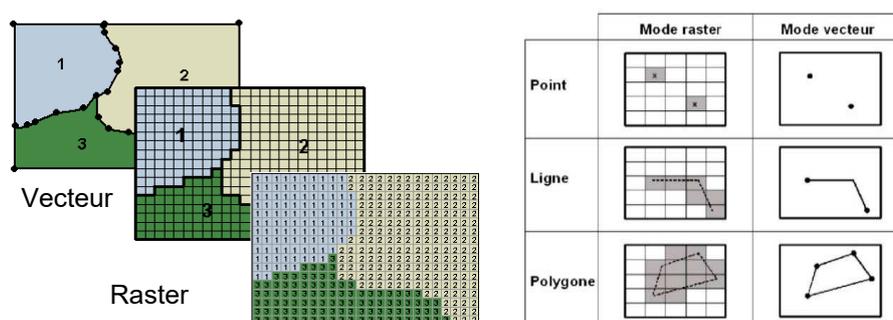


Figure 31 : Comparaison du mode Vecteur et Raster, (gauche) Godart (2022) et (droite) Chakhar (2006)

Le mode vecteur permet de représenter des objets sous une forme géométrique simple comme un point, une ligne ou un polygone. Le point est caractérisé par des coordonnées tandis que la ligne est définie par une suite de points et un polygone par une suite de lignes formant une surface. Le mode Raster représente un espace en le subdivisant en diverses cellules, qu'il est possible d'assimiler à un maillage. Dans ce mode, la représentation d'un point, d'une ligne ou d'un polygone est permise par des pixels dont l'intersection avec ce point, cette ligne ou ce polygone est différente de zéro (Chakhar, 2006). Ces modes de représentation intègrent également la notion de *couches*, qui peuvent se superposer et qui qualifient un ou plusieurs ensembles d'objets géographiques (ou spatiaux), exprimant diverses thématiques, mais recouvrant une même portion de l'espace (Gupta et al., 1999).

L'évolution s'est poursuivie, soulignant un besoin de reconsidérer l'espace dans toutes ses dimensions avec suffisamment de précisions, comme le permettaient les plans-reliefs et les représentations en perspectives. De nouvelles techniques se sont développées afin de pouvoir produire et représenter des données géographiques (ou spatiales) tridimensionnelles, sans pour autant remplacer les représentations qui les ont précédées.

3.1.1.2.B Représentations 3D de l'espace établies sur un support numérique bidimensionnel

L'intérêt porté à l'égard de la troisième dimension ainsi que le progrès des diverses techniques et outils mis à disposition ont notamment offert plus de précision et de libertés pour représenter certaines informations. En effet, les diverses données retrouvées dans les représentations bidimensionnelles urbaines concernant la topologie, le bâti, les réseaux et d'autres spécificités ont ouvert la voie à la création de modèles tridimensionnels globaux de ces informations. La pratique de la modélisation est le moyen d'aboutir à un « modèle » et correspond à l'action de représentation d'un système ardu afin de saisir l'influence de divers facteurs sur ce dernier. La première définition du Robert (2022a) nous indique qu'un modèle est « *Ce qui sert ou doit servir d'objet d'imitation pour faire ou reproduire quelque chose* » et la seconde nous informe sur la notion de classe associée aux modèles par la présence de caractéristiques relatives à des événements ou des éléments réels. Un modèle peut également être une « *représentation schématique d'un processus* » (Larousse, 2022a).

La démocratisation des techniques, leur généralisation ainsi que la multiplication des outils ont participé au développement accru de modèles tridimensionnels à diverses échelles dans l'aménagement du territoire et de l'urbanisme. En effet, l'automatisation, qui a été permise par les informations géographiques et leurs outils de traitement, prend part dans l'augmentation de la production des modèles 3D. Ceux-ci étant largement retrouvés à l'heure actuelle et se multipliant du point de vue de leur diversité de conception, il est intéressant de se questionner sur les méthodes à l'origine de ces modèles, qu'elles reposent sur les systèmes géographiques, ou pour le secteur de la construction, sur des logiciels de conception assistée. Nous sommes conscients que ce domaine est vaste et regorge de documentations. C'est pourquoi nous nous limitons à une présentation brève et synthétique de quelques méthodes et leurs caractéristiques dans une logique chronologique. En effet, l'objectif des précisions

qui suivent n'est pas de fournir une littérature exhaustive sur toutes les possibilités de modélisations, techniques de mise en œuvre et usages de ces dernières, mais de mettre en lumière l'existence d'une diversité d'approches, nécessaire à la suite de ce travail de recherche.

- Des modèles basés sur les systèmes géographiques

La modélisation tridimensionnelle de certains des objets spatiaux (ou géographiques) a permis d'affiner les significations et les rendre moins abstraites dans les systèmes géographiques. Les points, lignes et polygones précédemment utilisés ont laissé place à des géométries 3D qui précisent et rendent plus concrètes les représentations de certains éléments modélisés. Là où les SIG 2D représentent principalement les bâtiments, les espaces, ou les infrastructures par des polygones et des lignes, la représentation 3D offre une vision plus concrète de l'objet par l'ajout de notions de dimension et de volume. Dans les systèmes géographiques, ces représentations tridimensionnelles sont standardisées grâce au format **City Geography Markup Language** (CityGML), basé sur le Geography Markup Language (GML) établi par l'Open Geospatial Consortium (OGC) (Gröger & Plümer, 2012) et qui est actuellement dans sa version 3.0 (Kutzner et al., 2020). C'est ce format ouvert qui permet le stockage, le partage et la représentation des données sémantiques liées aux modèles 3D de la ville dans certains outils SIG et sur le web. Il permet de regrouper différentes thématiques au sein d'un seul modèle tridimensionnel, par la définition de classes spécifiques. Pour certains auteurs, les modèles à l'échelle urbaine sont constitués de la représentation tridimensionnelle d'un espace urbain et des infrastructures urbaines traditionnelles comme les bâtiments (Billen et al., 2014; Lancelle & Fellner, 2010). Les classes (ou modules) se rapportent donc au terrain, au bâti, aux éléments constituant le bâti (fenêtres, éléments de toitures, façades, ...), à la composition interne du bâti (différentes pièces, spécificités techniques, ...), aux plans d'eau, à la végétation ou encore aux diverses infrastructures et réseaux (transports, réseaux souterrains, ponts, ...) (Gröger & Plümer, 2012). Les différentes classes thématiques sont reprises dans la (Figure 32).

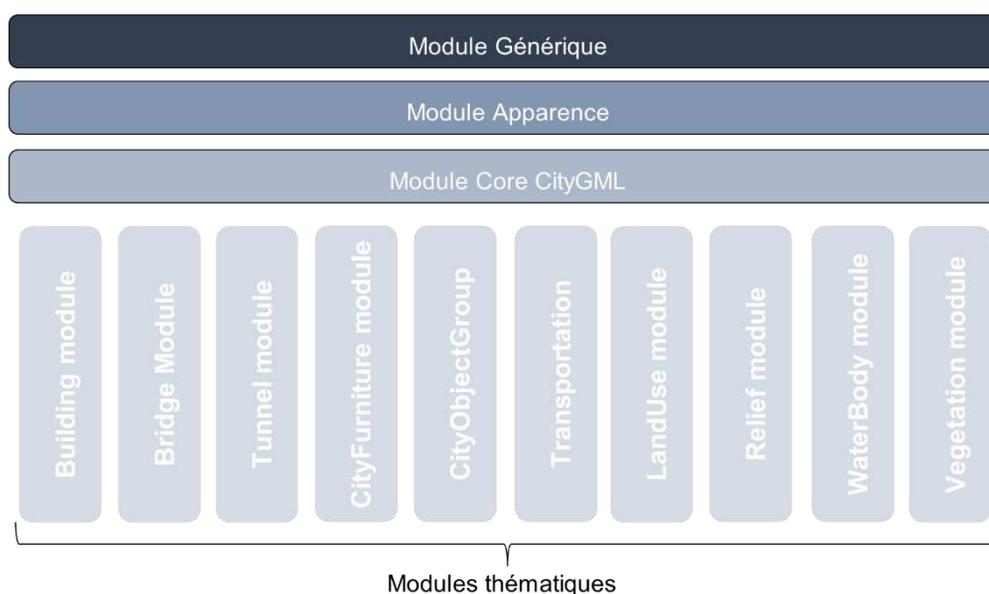


Figure 32 : Modules thématiques du CityGML, illustration personnelle d'après Kutzner et al. (2020)

Différents *Levels of details* (LOD) existent pour le format CityGML et ont été révisés au vu de la complexité qu'ils engendraient. En effet, dans la version 2.0 du CityGML, les LOD étaient au nombre de cinq, allant du niveau 0 au niveau 4 (Donkers et al., 2016; Gröger & Plümer, 2012).

- Le **LOD 0** n'identifie qu'une emprise au sol
- Le **LOD 1** présente un volume simple
- Le **LOD 2** détaille davantage la forme du volume comme les toitures
- Le **LOD 3** représente le volume plus précisément avec les divers percements, les agréments de toitures et les renseignements topographiques
- Le **LOD 4** présentait la structure intérieure en plus de ce qui a été dit précédemment.

Cependant, Biljecki et al. (2016) mettent en évidence que les LOD du CityGML 2.0 sont ambigus, notamment pour la production des modèles et les géométries 3D qui en résultent. Dans la version actuelle, les LOD ne sont plus qu'au nombre de 4, allant du niveau 0 au 3 (Kutzner et al., 2020). Aussi, dans la version 2.0 du CityGML, chaque classe (ou module) caractérisait elle-même les géométries nécessaires, provoquant diverses répétitions au niveau du modèle, spécifiquement dans les modules thématiques *Buildings*, *Tunnel* et *Bridge*. La version récente du format CityGML permet de régler ce problème puisque le module *Core* présente une définition centrale des diverses géométries ainsi que la représentation de l'intérieur des objets représentant les infrastructures, à tous les niveaux de détails (Kutzner et al., 2020). En d'autres termes, les représentations géométriques sont reliées aux notions sémantiques d'espaces et de limite d'espace et ne sont plus placées dans les modules thématiques, mais bien dans le module *Core*. Il existe aussi d'autres changements mineurs comme la possibilité de représenter certains espaces et leur sous-classe selon diverses géométries en fonction des LOD ou encore la possibilité d'employer les nuages de points en 3D (Löwner et al., 2016), mais nous ne nous attarderons pas sur ce sujet.



Figure 33 : Niveaux de détails de la version 2.0 du CityGML, Biljecki et al.(2016)

Par ailleurs, il existe diverses méthodes afin de constituer les modèles tridimensionnels à diverses échelles, qui semblent parfois être employées conjointement. En effet, les données peuvent être issues d'orthophotographies bidimensionnelles apposées sur un Modèle Numérique de Terrain (MNT) (Kolbe et al., 2005), de bases de données fournissant des informations descriptives sur les infrastructures afin qu'elles soient modélisées ou extrudées en trois dimensions (Arroyo Ogori et al., 2015), de données acquises *via* la photogrammétrie ou de balayage laser offrant directement une géométrie tridimensionnelle ou de nuages de points (Blaschke, 2010; Sirmacek & Lindenbergh, 2014) ainsi que de modélisations ou de plans réalisés à partir d'outils de Conception Assistée par Ordinateur (CAO) (Yin et al., 2009).

Du point de vue des usages, la visualisation semblait être une des premières utilisations spécifiques à l'origine de l'émergence de ces modèles. Cependant, Biljecki et al. (2015) ont recensé plus de 25 utilisations différentes que l'on peut synthétiser sous diverses catégories comme la (géo) visualisation, les analyses et estimations d'ingénierie et urbaines (irradiation solaire, demande énergétique, éclairage, inondations, ...), la gestion (de parcelles cadastrales, de bâtiments, d'infrastructure, d'espaces, de crises, ...) ou la planification (du trafic, de la population, de l'accessibilité, ...). Par exemple, Siret et al. (2006) utilisent un modèle tridimensionnel urbain dans un SIG pour réaliser diverses analyses sur deux opérations différentes. Dans un premier temps, dans le cadre d'une opération de réhabilitation de bâtiments dans la ville de Nantes, ils effectuent des analyses d'ensoleillement de sorte à proposer diverses améliorations des enveloppes de bâtiments d'un point de vue environnemental (exploitation de l'énergie solaire, ombres portées, ...) (Figure 34 (gauche)). Ensuite, dans le cadre d'une opération de renouvellement urbain, ils réalisent une analyse d'irradiation solaire et aérouatique concernant des espaces ouverts extérieurs d'un quartier des années 1970 et proposent diverses analyses d'inconfort dans ces espaces (Figure 34 (droite)).



Figure 34 : Sélection des façades ensoleillées selon une requête spécifique (gauche) et zones d'inconfort selon une requête spécifique (droite), Siret et al. (2006)

Les modèles urbains basés sur les SIG peuvent être soit schématiques, soit plus précis et détaillés en fonction des techniques employées pour leur modélisation, influençant également leur utilisation. Il paraît souvent à des fins bien précises, dans des contextes spécifiques et définis, qu'ils soient utilisés par des experts, des chercheurs ou des praticiens spécifiques. Bien que certains métiers de l'aménagement du territoire, les collectivités et certains concepteurs les utilisent, ils restent tout de même relativement peu mis en place dans la pratique opérationnelle.

- **Des modèles basés sur les logiciels de conception 3D**

En ce qui concerne les domaines de l'architecture, de l'Ingénierie et de la Construction, d'autres modèles sémantiques se sont développés, se focalisant sur une échelle moindre et plus localisée, celle du bâtiment. L'appellation BIM, elle est apparue lorsque les méthodes de conception ont commencé à intégrer des informations sémantiques et que le terme CAO ne semblait plus assez pertinent pour couvrir toutes les couches et la complexité des nouveaux processus. En effet, la CAO simple permet de réaliser des modélisations tridimensionnelles, mais présente peu de caractéristiques attributaires à

lier avec la géométrie. La démarche BIM s'est donc étendue peu à peu depuis plusieurs années, tout comme les outils nécessaires à sa mise en œuvre, et a même été dans certains pays rendue obligatoire pour des projets de certaines envergures (Dowd & Marsh, 2020).

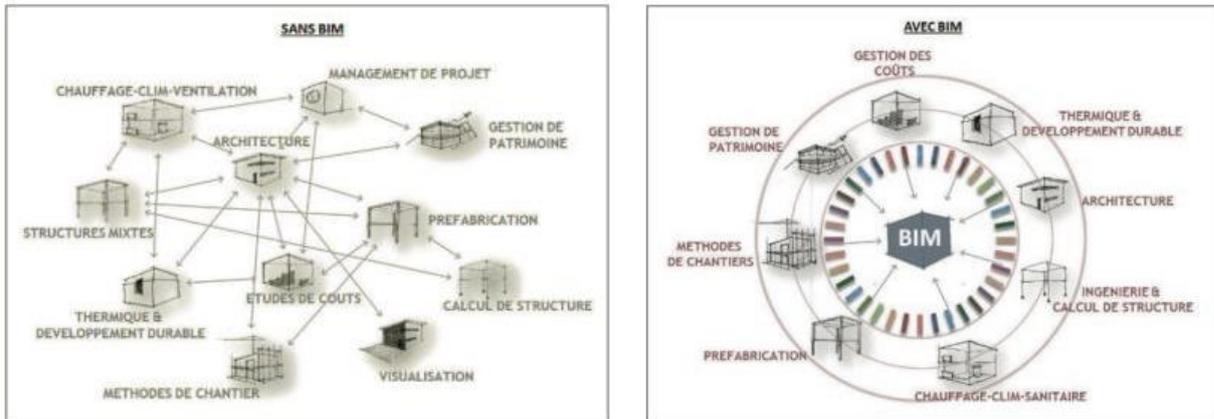
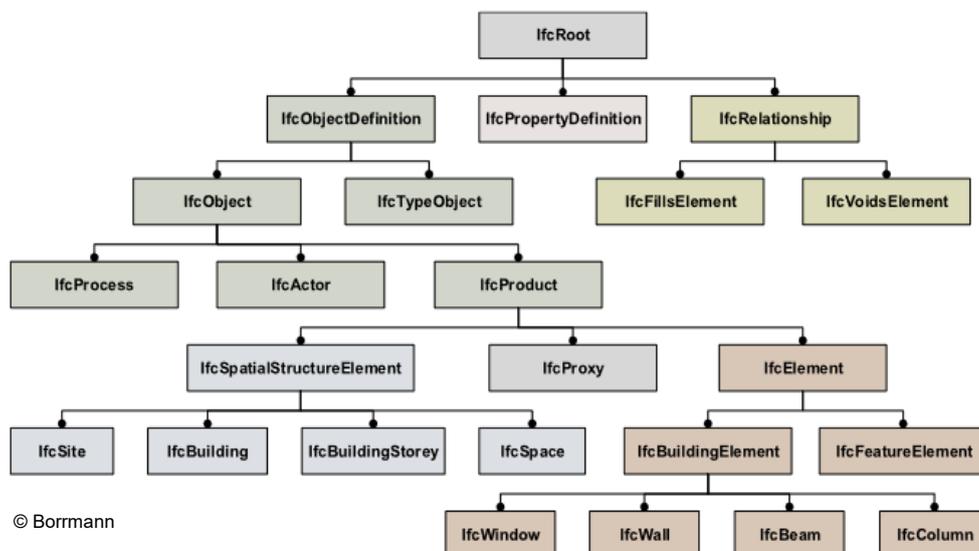


Figure 35 : Processus BIM, Celnik & Lebègue (2015)

Le format normalisé reconnu dans la démarche BIM est l'Industry Foundation Classes (IFC) qui permet une standardisation de ces modèles et rend possible l'échange des données du modèle entre divers acteurs ou divers outils. Le format IFC a été développé et est mis à jour par Building SMART International et son usage permet l'interopérabilité grâce à une organisation commune des données (Borrmann et al., 2018). Il soutient à la fois l'échange des données, l'adjonction d'informations attributaires ou provenant de sources externes, l'établissement d'une structure de description des éléments modélisés ainsi que de leurs données liées, l'établissement des géométries représentant les objets modélisés, les liens entre les différents objets présents dans la modélisation. L'IFC définit environ 900 classes, dont 60 à 70 classes ont une représentation sémantique similaire à celle du format CityGML, se rapportant à la hiérarchie d'héritage (Figure 36), les relations entre les objets (Figure 37) ou encore la hiérarchie d'agrégation spatiale des différents objets (Figure 38).



© Borrmann

Figure 36 : Hiérarchie d'héritage, Borrmann et al. (2018)

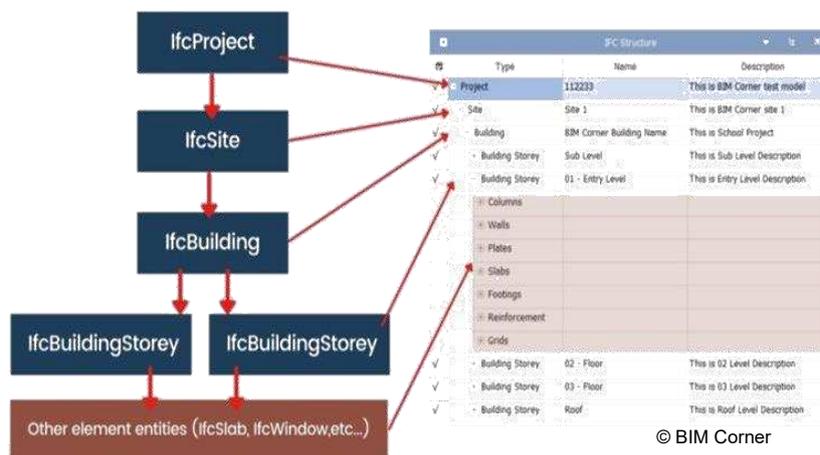


Figure 37 : Relations entre les objets, Borrmann et al. (2018)

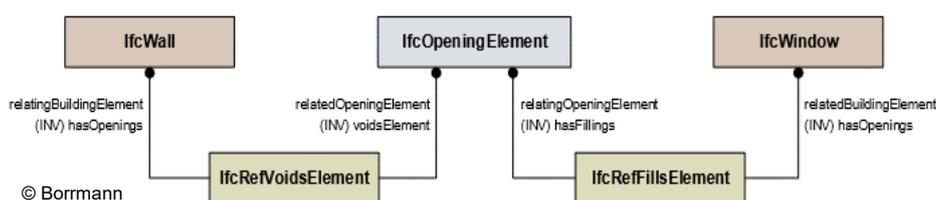
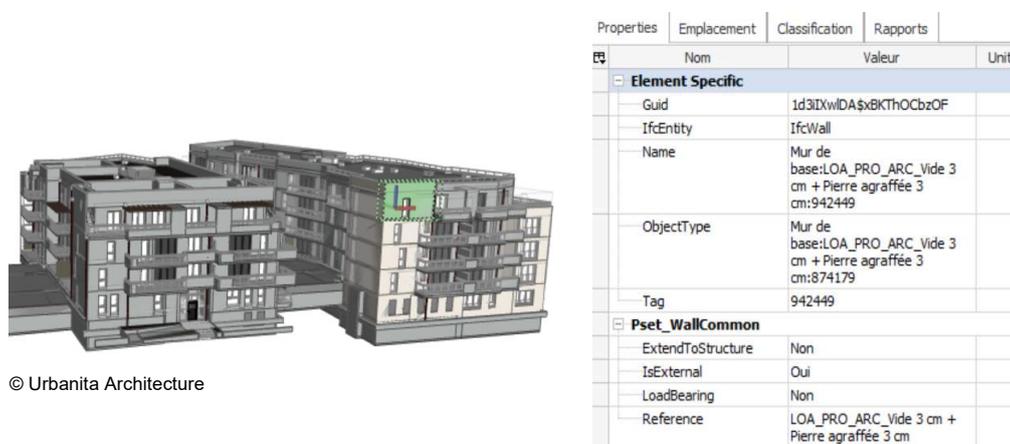


Figure 38 : Hiérarchie d'agrégation spatiale des objets modélisés, Lozinski (2021)

Le BIM est également un processus orienté objet pour lequel, en fonction des phases de projet, la définition du niveau de détails est nécessaire. Les LOD, comme pour le CityGML 2, se divisent en 5 niveaux et définissent précisément le niveau de représentation graphique et les informations nécessaires dans le modèle numérique pour être utilisés dans les diverses phases du projet (American Institute of Architects, 2013). Ce niveau de détail constitue donc une référence permettant à chacun des acteurs de préciser à la fois la précision, mais aussi la fiabilité des diverses informations contenues dans le modèle durant chacune des phases du cycle de vie du projet. Selon Dadashi Haji et al. (2021), ces LOD sont liés aux différents niveaux de maturité de la démarche BIM.

- **Le LOD 100** représente l'objet de manière « générique » ou *via* un symbole. Parfois, certaines informations plus précises peuvent être issues d'autres objets ou précisées par des informations liées autres que géométriques.
- **Le LOD 200** apporte une certaine caractérisation de l'objet, en lui attribuant une taille, une forme ainsi qu'une position et une orientation.
- **Le LOD 300/350** détaille l'objet en fournissant ses dimensions, son orientation (LOD 200) ainsi que son intégration correcte avec les autres objets du modèle. Il inclut aussi des éléments non graphiques.
- **Le LOD 400** présente l'objet comme le LOD 300 et contient en plus des détails relatifs à la confection ou à son montage.
- **Le LOD 500** correspond à la représentation fidèle de la réalité, il s'agit de la vision « tel que construit » d'un projet dont le modèle peut servir à la gestion ou à la maintenance.

Dans le protocole d'échange d'informations de la norme internationale ISO 29481-1 : 2017 (European Committee for standardization, 2017), le BIM est défini comme « [...] l'utilisation d'une représentation numérique partagée d'un objet construit (comprenant bâtiments, ponts, routes, usines, etc.) pour faciliter les processus de conception, de construction et d'exploitation et former une base fiable pour les décisions ». Aussi, toujours selon le même protocole, l'acronyme BIM traduit « [...] a représentation numérique partagée des caractéristiques physiques et fonctionnelles de tout ouvrage de construction ». Selon cette définition, les modèles chargés de données à la fois géométriques et sémantiques qui en résultent deviennent de réels puits de connaissances partagées, dans le but de faciliter les diverses prises de décisions quant à l'installation du modèle (dès la phase de conception jusqu'à la phase de démolition). Par conséquent, les constituants d'un projet BIM sont des « objets » géométriques implémentés d'informations qui leur sont relatives (Figure 39).



© Urbanita Architecture

Figure 39 : Représentation d'un bâtiment en BIM et ses propriétés sémantiques

L'acronyme BIM revêt diverses formes en fonction de la signification du « M ». Pour comprendre les particularités qui se dressent derrière les différentes acceptions, cette dernière lettre (M) permettra donc une meilleure compréhension des divers critères à prendre en compte, afin de se diriger par la suite vers les CIM et par conséquent, vers une échelle plus étendue.

Dans la littérature, trois significations distinctes sont conférées au « M » de l'acronyme BIM : Model, Modeling ou encore Management (Lebègue & Celnik, 2015; Vervandier, 2019).

- **Le Building Information Model** qui est la maquette numérique du bâtiment, où sont structurées diverses informations d'un bâtiment déjà établi ou un projet
- **Le Building Information Modeling** qui est le processus garantissant aux divers acteurs d'un projet d'avoir accès aux informations d'ordre numérique afin de les partager et les actualiser tout au long du cycle de vie du projet.
- **Le Building Information Management** qui est relatif à l'ordonnance et à l'expertise du processus exploitant les données contenues dans la maquette numérique afin de planifier le partage des diverses informations tout au long du cycle de vie du projet.

Il existe diverses descriptions de ce que représente le BIM en fonction des auteurs. En effet, Da Silva Almeida et Andrade (2018), soulignent que la diversité des approches du BIM illustre la vision globale de tout ce que le BIM représente. Par exemple, Eastman et al. (2004) décrivent le BIM comme un modèle « *impliquant un changement révolutionnaire dans la façon dont les projets sont conçus, comment les informations du bâtiment sont représentées et comment ces mêmes informations seront utilisées plus tard dans les opérations de construction* » durant toute la durée du cycle de vie. Selon Eastman et al. (2008), le BIM bouleverse la manière de concevoir étant donné qu'il s'agit d'un véritable système structuré d'information, permettant la conception, la visualisation, l'analyse, la simulation et la gestion des comportements, le tout en favorisant le travail collaboratif entre tous les acteurs durant chacune des étapes du projet (Figure 35). Quelques années plus tard, Andrade (2012), dans sa thèse, considère le BIM comme « *un processus de projet ou une activité humaine, ou un ensemble de systèmes, ou une méthodologie, basée sur une gestion des informations du bâtiment par le biais d'un modèle numérique, visant à la collaboration, la coordination, l'intégration, la simulation et l'optimisation de la conception, de la construction et de l'exploitation du bâtiment, pendant son cycle de vie* »¹, élargissant la dimension du concept. Dall'O' (2020) insiste sur le fait que les villes évoluent vers des modèles plus durables et « *intelligents* ». Cette évolution s'inscrit notamment dans la sphère technologique, mais également dans les sphères environnementales, culturelles et sociales. Selon lui, tout est en constante évolution comme les modes de vie, les interactions sociales ou encore les déplacements et le BIM permet, à l'échelle du bâtiment, de considérer ces évolutions et changements selon une approche harmonieuse et dynamique, prenant en compte tous les éléments qui la caractérisent (Dall'O', 2020).

Il existe dans la littérature le concept de « dimensions » dans le processus BIM, celles-ci correspondent aux niveaux de collaboration ou plus récemment au stade de « maturité » du projet (Vervandier, 2019). Afin de déterminer ce stade et participer au développement d'un climat de confiance et d'une démarche transparente, chaque membre expose sa propre maturité BIM. Aujourd'hui, on distingue 6 dimensions, très théoriques, dans le processus BIM allant de la 3D à la 8D, qui intègrent des dimensions comme la temporalité, les coûts, la gestion du cycle de vie, la durabilité et la sécurité (Najjar et al., 2019). Ces diverses dimensions sont très théoriques et très discutées dans la littérature comme l'explique Koutamanis (2020) puisque le BIM ne peut, selon cet auteur, n'être que 4D (Prise en compte de la temporalité). En effet, les dimensions supérieures à la 4D font référence aux capacités de calculer divers aspects sur la base des propriétés des éléments représentés dans cette dimension du BIM (4D) (Koutamanis, 2020). Certains auteurs valorisent davantage la conceptualisation de niveaux de « maturité » BIM allant du niveau 0 à 4, mais nous privilégions une autre approche, nous semblant plus pertinente, qui considère les niveaux allant de A à E (Dadashi Haji et al., 2021). Il nous semble

¹ Traduction personnelle : « [...] como um processo de projeto ou atividade humana, ou conjunto de sistemas, ou metodologia, fundamentado num gerenciamento das informações do edifício por meio de um modelo digital, visando à colaboração, coordenação, integração, simulação e otimização do projeto, construção e operação do edifício, durante seu ciclo de vida. »

intéressant d'aborder ces niveaux étant donné qu'ils traduisent l'implication des acteurs dans le processus. Dans leurs travaux, Succar et Kassem (2016) présentent les niveaux de la façon suivante.

- **Le niveau A** correspond au niveau initial exprimant peu ou pas de conduite globale et peu de définition de la mise en œuvre du processus BIM. Les auteurs exposent que ce niveau correspond à un usage des outils BIM par certains acteurs, mais sans réel usage approfondi de ces derniers ainsi qu'un manque d'implication et de collaboration et de connaissances des normes.
- **Le niveau B** exprime plus de connaissances et d'aisance de certains praticiens en charge de la modélisation du projet vis-à-vis de la démarche et des outils BIM. Les acteurs du processus sont formés précisément en fonction du besoin et la collaboration est issue de multiples échanges.
- **Le niveau C** traduit une compréhension approfondie des objectifs et de la démarche BIM de la part des concepteurs du modèle. Le BIM est utilisé à multiples niveaux que ce soit pour la conception, mais également pour le partage et la communication. Les modèles sont précis et suivent des normes précises, que ce soit sémantiquement parlant ou pour des tâches de représentations ou quantification.
- **Le niveau D** comprend les caractéristiques du niveau C à la différence qu'ils sont partagés par l'ensemble des équipes autour du projet (hiérarchiquement inférieures et supérieures), allant des concepteurs aux entrepreneurs sur le chantier en passant par la maîtrise d'ouvrage. Aussi, les logiciels choisis correspondent aux objectifs ambitionnés du projet et les documents produits et les retours d'expérience sont partagés et aisément accessibles.
- **Le niveau E** dépeint un processus optimisé où la démarche BIM est généralisée et globale auprès de l'ensemble des acteurs et leurs actions sont continuellement mises à jour afin de les améliorer et d'atteindre un niveau d'excellence de la démarche. L'implication est maximale, car la démarche est valorisable auprès de l'ensemble des corps de métiers.

Il est important de préciser que la littérature concernant le côté « Management » du BIM s'est développée très rapidement et abondamment. Toutefois, ces questions se sont également posées dans d'autres formats et modèles que le BIM. Les problèmes relatifs au management se retrouvent donc également pour les modèles basés sur les systèmes géographiques, à la différence qu'ils sont moins mis en évidence.

Le développement des modèles intégrant une démarche BIM et les modèles 3D sémantiques qui en résultent à l'échelle du bâtiment ont révélé l'importance de la vision transversale des divers acteurs dans la conception, mais aussi l'apport de ces modèles dans le domaine de la conception, grâce notamment à leur richesse en termes de données stockées. Ces outils s'avèrent être des leviers d'améliorations de la qualité de planification, de la construction ou encore de la gestion durant tout le cycle de vie d'un projet (Arroyo Otori et al., 2018; Gil, 2020). En effet, plusieurs applications étudient divers effets sur la construction à l'échelle du bâtiment au travers d'analyses spécifiques. Par exemple, Montiel-Santiago et al. (2020) réalisent des analyses concernant la luminosité naturelle des bâtiments, sur les modèles BIM (Figure 40). Cependant, le processus BIM, bien qu'en cours d'ancrage, semble

selon certains incomplet pour la pratique et les démarches de conception et de prise en compte globale des interactions des différentes thématiques dans les aménagements urbains (interface public/privé, organisation de la mobilité, impact sur le contexte, ...).

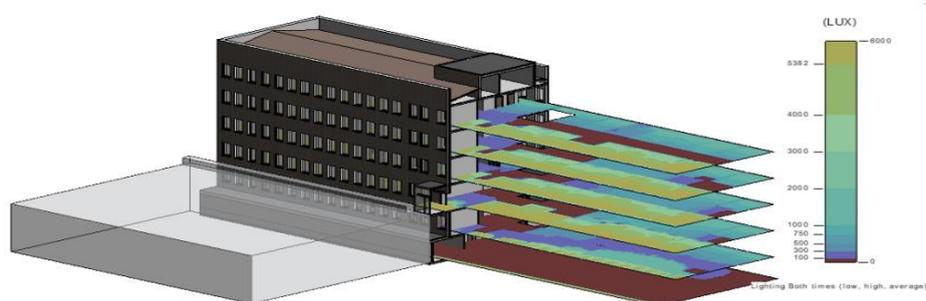


Figure 40 : Simulation de la lumière du jour dans le logiciel Revit, Montiel-Santiago et al. (2020)

La complémentarité qu'arbore le BIM avec différents outils a été mise en évidence par certains travaux (Halbout, 2016), supposant un changement d'échelle spatiale et par conséquent du modèle numérique. En effet, modéliser un bâtiment, sans représenter le contexte dans lequel il s'implante, rend la compréhension du projet assez laborieuse. Dall'O et al. (2020) soulignent que cette pratique n'est plus une solution envisageable dans le processus actuel, entre autres vis-à-vis de la volonté actuelle d'un développement plus durable des espaces. Le besoin d'une vision contextuelle s'est fait ressentir afin de réfléchir plus globalement pour répondre aux ambitions et enjeux actuels, ouvrant la voie à d'autres pistes de réflexion, allant au-delà de la conception uniquement. À la vue des possibilités à la fois du BIM et à la fois de la méthode de modélisation des informations, des modèles présentant d'autres dénominations, à des échelles plus vastes comme l'espace public ou la ville, se sont développés tant pour la conception que pour la réalisation de diverses analyses. Parmi ces dénominations, nous nous cibons sur le modèle étudié dans ces recherches, à savoir les City Information Models (CIM) afin de les comprendre davantage.

3.2 FOCUS SUR LES MODÈLES 3D SÉMANTIQUES URBAINS DE TYPE CIM

« Nous vivons en revanche un moment très particulier dans l'histoire de l'humanité, puisque pour la première fois l'intelligence collective et la création coopérative peuvent être organisées et amplifiées à l'aide de la technologie. [...] C'est cette intelligence humaine collective, couplée à l'intelligence technologique, qui permettra d'inventer la ville de demain. »

Missika (2013)

3.2.1 EXPLORATION DE LA NOTION DE DIGITAL TWIN LIÉE À L'ÉTUDE DU CIM

Pour notre travail de thèse, il est indispensable de s'intéresser aux caractéristiques des CIM et aux façons de les concevoir afin de comprendre ses potentiels futurs usages. Nous nous sommes donc lancés dans la réalisation d'une revue de littérature à leur propos. Cependant, l'étude des CIM induit inévitablement une exploration de la notion de Digital Twin étant donné que les deux notions se retrouvent toutes deux au cœur des débats concernant les outils de réflexion et d'aménagement urbain actuels.

Dans cette seconde partie de chapitre, nous nous centrons ainsi sur ces deux grands modèles qui semblent parfois se confondre et monopoliser les pratiques ainsi que les recherches actuelles dans le domaine de l'aménagement des espaces et territoires, pour qu'il soit réfléchi et soutenable. En effet, les appellations « CIM » et « Digital Twin » semblent se développer de façon considérable tantôt dans le monde opérationnel et tantôt dans les études théoriques, sans que la frontière entre ces deux domaines soit imperméable. Cependant, il est très facile de mettre en évidence les nombreuses confusions entre ces deux modèles lorsqu'on s'y intéresse plus en détail. L'objectif des deux premières sections de ce point est donc de comprendre les réalités cachées derrière ces deux appellations et établir pour chacun d'entre eux un regroupement des connaissances provenant de la littérature scientifique. De cette façon, il nous a été possible de dresser une réelle carte d'identité des deux approches, tant sur leurs caractéristiques techniques que sur les usages qui en sont faits.

Ensuite dans la dernière section, nous revenons sur les caractéristiques théoriques qui leur sont liées en analysant des applications portant comme dénomination l'un des deux labels. Cette analyse exploratoire a pour objectif de montrer les éventuelles divergences entre les principes et caractéristiques attribuées à chacun des labels dans la littérature scientifique par rapport à la mise en œuvre pratique de ces modèles. De plus, l'analyse des deux applications que nous présentons informe, par les caractéristiques qu'elles expriment, sur l'utilisation qu'elles pourraient satisfaire. Nous complétons cette analyse par des retours de praticiens réalisés dans le cadre d'autres travaux scientifiques consacrés au sujet.

3.2.1.1 Qu'est-ce qu'un City Information Model (CIM) ?

Le sujet des CIM, comme le précisent Da Silva Almeida et Andrade (2018), est un sujet particulièrement émergent occupant les pensées des chercheurs depuis peu de temps. Pourtant, de nombreux travaux de recherches se penchent aujourd'hui sur ce domaine, apparaissant comme « *ouvrant des perspectives* », pour les stratégies opérationnelles à l'échelle de la ville (UNGE, 2020, p. 35). Les possibilités qu'offre le numérique en termes d'outils et de données ainsi que le besoin de sobriété global dans l'aménagement (United Nations, 2015) impliquent une augmentation des modèles sémantiques urbains ainsi que leur utilisation à diverses fins. Grimwood (2021) note que de multiples concepts sont utiles pour la planification sensibilisée aux enjeux d'aujourd'hui et de demain et qu'ils semblent être employés dans le monde opérationnel (Centre for Digital Built Britain, 2020). Dans ce cadre nous retrouvons le CIM, cet acronyme né en référence aux possibilités offertes par le BIM et dont la définition reste actuellement très floue en raison de la multiplicité de techniques et de vision concernant sa mise en œuvre ainsi que ses caractéristiques. Cette « tendance » pourrait, pour certains, s'imposer dans la fabrique urbaine ainsi que dans la gestion de demain, bien que les cas opérationnels soient encore peu nombreux (Alombert & Cristia, 2021). Selon Khemlani (2005), le CIM pouvait permettre l'intégration des différentes structures et services qui composent une ville afin que cette dernière puisse fonctionner de manière holistique et puisse être plus efficace et préparée face aux catastrophes. Cependant, Amorim (2016) précise que celui-ci est encore morcelé. Dans la littérature scientifique concernant les CIM, de nombreux auteurs semblent avoir des visions conceptuelles diverses et exposent également des différences du point de vue de la caractérisation technique de ces modèles.

3.2.1.1.A Un terme multiconceptuel

L'évolution des villes vers des modèles durables et intelligents (évolutions technologiques, mais aussi culturelles, environnementales et sociales), mais aussi les modes de vie, les interactions sociales ou les évolutions des déplacements ont contribué à l'établissement de ce concept. Dal'O' et al. (2020) considèrent que le BIM, à l'échelle du bâtiment, permet de prendre en compte ces évolutions et changements dans une approche harmonieuse et dynamique, intégrant tous ses éléments caractéristiques. Ces facteurs montrent, d'une part, le potentiel et l'intérêt du processus BIM et, d'autre part, les éventuels obstacles qui peuvent être rencontrés concernant la diversité des dimensions qui évoluent constamment dans les villes/espaces urbains d'aujourd'hui. Bien que le CIM soit de plus en plus discuté dans la littérature scientifique, Sielker et Sichel (2019) soulignent dans leur étude que 60% des personnes interrogées dans le cadre de l'étude ont une connaissance limitée ou nulle des CIM. L'utilisation opérationnelle du CIM est actuellement relativement faible, mais la même étude montre que les futurs praticiens de l'urbanisme adopteront probablement le CIM dans une plus large mesure, car certains des enseignants ayant répondu à l'étude le transmettent dans leurs cours. L'approche CIM est perçue par certains comme ayant un très fort potentiel en termes d'outils, notamment pour des professions telles que les architectes ou les urbanistes (Dall'O', 2020). Dans cette même perspective, le CIM est décrit comme un nouveau paradigme pour penser et gérer les développements urbains,

proposant un ensemble d'outils pour coopérer à la fois sur l'intégration d'informations hétérogènes et sur l'harmonisation des différents métiers (Berman, 2018).

L'acronyme CIM, introduit par Khemlani (2005), est composé de trois termes différents, certains auteurs se concentrent sur les deux derniers « *Information Modeling* » et souligne que ces deux mots sont issus du domaine de l'informatique, faisant référence aux analyses de systèmes (Da Silva Almeida & Andrade, 2018). Des auteurs soutiennent que cette modélisation des informations met un accent sur les liens entre les différents éléments (Kilov & Ross, 1994). Pour illustrer ces propos, Da Silva Almeida et Andrade (2018) expliquent que cette modélisation des informations observe la construction de symboles structurés, saisit la signification des informations et les organise afin de les rendre compréhensibles et utiles. Ces mêmes auteurs s'intéressent au terme « modeling » qui, du point de vue des architectes et ingénieurs, est largement accepté en raison de son utilisation de plus en plus généralisée comme prototype virtuel (Da Silva Almeida & Andrade, 2018). C'est pourquoi certains affirment que, dans le domaine de la construction, la modélisation des informations est au cœur des débats et est observée comme un moyen de surpasser les problèmes de fragmentation des échanges données en raison de la multitude d'outils employés (Isikdag et al., 2004).

Biljecki et al. (2015) s'appuient sur les propos de Billen et al. (2014) et de Lancel et al. (2010) en définissant un CIM comme la représentation d'un environnement urbain présentant une géométrie tridimensionnelle des structures et des divers objets urbains couramment présents dans cet environnement, les bâtiments étant l'élément le plus important. D'autres définitions des CIM sont considérées comme trop simplistes, par exemple Amorim (2015) déclare que la définition de Hisham (2010) ne contribue pas à la compréhension de l'idée de CIM dans toute son extension et sa complexité. En effet, Hisham (2010) prétend que le CIM vise à transformer la manière dont les urbanistes traitent leurs plans comme les architectes, mais Amorim (2015) nuance en soulignant que les objectifs et les outils des architectes et ceux des urbanistes sont quelque peu différents.

Bien qu'un large intérêt lui soit conféré, des divergences dans les considérations des modèles CIM ont souvent été constatées, ce qui prouve que le CIM englobe une quantité certaine de notions. Une des approches conceptuelles présentées par Hamilton (2005) exprime que le CIM doit intégrer divers aspects urbains tels que les couches économiques, sociétales et environnementales en superposant à la fois le modèle 3D urbain et à la fois la dimension temporelle. Stojanovski (2013) et al Furjani et al. (2020) développent également cette approche visualisée comme globale et intégrante. D'autres chercheurs complètent l'approche précédente en indiquant qu'un CIM doit être un « système » de gestion qui est intégré, multifonctionnel, efficace, très complet en termes de données, très précis, dont le but est de partager et collaborer entre les différents organismes et domaines intervenants, afin de parvenir à une meilleure gestion commune, aussi bien horizontale que verticale de la ville (Xu et al., 2014). Les auteurs conceptualisent ici le CIM comme un système où les différents éléments sont intrinsèquement liés. Le modèle étant dans la première approche visualisé comme un contenant, il évolue en contenu dans la seconde approche (Da Silva Almeida & Andrade, 2018). Dans la littérature

scientifique, certains auteurs se sont particulièrement intéressés au CIM dans leurs travaux, mais l'intérêt porté était lié au développement d'outils pour la planification et le design urbain comme l'instrument *City Induction*. Pour leur projet, ils ont repris certains éléments du BIM tels que les informations géométriques et géographiques des structures, les diverses relations existant entre ces dernières ainsi que les quantités et caractéristiques de ces divers principes de construction (Montenegro & Duarte, 2009). Ces derniers définissent donc le CIM comme « [...] *la création d'un modèle de connaissances et de spécifications standard lisible par un ordinateur concernant l'environnement urbain et son processus de développement [...]* » (Montenegro et al., 2011, p. 80). Par la suite, Beirão a complété la définition précédente en décrivant le CIM comme « [...] *une plateforme de conception, d'analyse et de suivi des villes. Il réunit des informations géoréférencées et des outils d'analyse et de conception spécialisés. Les outils de conception sont générateurs pour permettre la génération de scénarios de transformation. Les outils d'analyse associés aux outils de conception vous permettent d'analyser (calculer) les indicateurs d'aide à la décision en évaluant objectivement les qualités des solutions générées [...]* »² (Da Silva Almeida & Andrade, 2018, p. 32). Thompson et al. (Thompson et al., 2016) dans leur papier reprennent les propos de différents auteurs (Gil et al., 2009; Gil, Duarte, et al., 2011; Hamilton et al., 2005) en synthétisant que le CIM comme une philosophie globale et transversale génératrice de modèles de données spatiales dans lesquels « [...] *l'intégration, l'application et la visualisation des données urbaines sont utilisées pour gérer et arbitrer la demande de terres, de biens et de ressources environnementales ; elle vise à équilibrer les besoins des différentes parties prenantes dans le but de fournir des villes durables et vivables où les citoyens jouent un rôle important dans leur gouvernance [...]* » (Thompson et al., 2016, p. 80). Une autre approche du CIM qui a retenu notre attention propose le CIM comme « [...] *un modèle de connaissances informatisé impliquant processus, politiques et technologies et qui permet à plusieurs parties prenantes de collaborer dans le développement d'une ville durable, participative et compétitive.* » (Almeida & Andrade, 2018, p. 33).

Le CIM est donc considéré par certains comme une méthode de compréhension des systèmes urbains et d'intégration collaborative des divers intervenants afin d'aboutir à une amélioration de ces derniers en s'approchant le plus possible de notions telles que la durabilité et la qualité (Amorim, 2016; Billen et al., 2015; Dantas et al., 2019; Petrova-Antonova & Ilieva, 2019; Sielker & Sichel, 2019; Thompson et al., 2016). Étant donné que le CIM permettrait de toucher plusieurs domaines, certains l'assimilent davantage à un instrument qui épaulé et simplifie les tâches des acteurs comme les urbanistes ou architectes au sujet de nombreuses problématiques comme les menaces résultant des phénomènes naturels comme les inondations, l'accessibilité, les connexions entre les espaces ou encore les embouteillages (Khemlani, 2016). D'autres certifient ainsi qu'un CIM pourrait, à l'image d'un métamodèle, accueillir diverses données concernant la population, ses activités et son environnement

² Traduction personnelle : « uma plataforma para projeto, análise e monitorização de cidades. Congrega informação georreferenciada com ferramentas de análise e projeto especializadas. As ferramentas de projeto são generativas para permitir a geração de cenários de transformação. As ferramentas de análise associadas às ferramentas de projeto permitem analisar (calcular) indicadores de apoio à decisão avaliando objetivamente as qualidades das soluções geradas »

(Mityagin et al., 2020). Dans une logique d'amélioration, le CIM serait vecteur d'une planification plus efficiente grâce aux divers outils et aux nombreuses informations qu'il rassemble au sein d'un même modèle (Hägglöf & Salminen, 2015). Il permettrait d'éviter diverses erreurs majeures et des conflits entre les infrastructures modélisées (Bi et al., 2021). Sielker et Sichel (2019) ajoutent également qu'ils peuvent offrir une possibilité d'étude des conséquences sur les systèmes urbains si les évolutions dans le temps y sont modélisées. Alombert et Cristia (2021) notent aussi que le CIM pourrait permettre un transfert de connaissances concernant l'espace modélisé, au travers de divers moyens, afin qu'ils soient partagés et discutés de manière collective. Les mêmes auteurs ajoutent que la démarche CIM permettrait ainsi de garantir que les informations géométriques et sémantiques liées puissent être employées publiquement par n'importe quel acteur, à l'image d'un objet appartenant à la collectivité (Alombert & Cristia, 2021).

Malgré cet ensemble de conceptualisation des CIM, cette notion semble assez floue et ne partage pas de définition commune et unanime. La notion de CIM paraît davantage s'apparenter à un idéal qu'un domaine strictement délimité. Il est donc important de préciser, dans un premier temps, quelles réalités techniques leur notion de CIM englobe. En effet, lorsqu'on s'y intéresse en profondeur, il est aisé de constater que certains modèles très hétérogènes techniquement parlant sont regroupés sous cette appellation.

3.2.1.1.B Mis en œuvre par une variété de techniques

En ce qui concerne la production et l'exploitation des CIM, les chercheurs dans la littérature discernent divers formats et outils. Une première manière d'envisager les CIM les présente sous la forme de productions visuelles enrichies sémantiquement qui vont au-delà de la fonction de visualisation et qui présentent un panel d'informations. Ces représentations se matérialisent parfois sous l'apparence de plateformes dont les utilisations reprennent l'analyse de la durabilité, l'aide à la décision, à la conception et à la planification (Gil, 2020; Petrova-Antonova & Ilieva, 2019). Certains chercheurs considèrent donc de temps en temps le CIM comme une extension des approches SIG (Gil, Almeida, et al., 2011; Schiefelbein et al., 2015). En effet, en couplant les représentations à l'échelle urbaine de données SIG, cette approche vise l'établissement de diverses simulations et visualisations prospectives.

Une autre approche, qui se répand de plus en plus aujourd'hui, met en perspective le CIM comme une extension du BIM (Chen et al., 2018; Correa, 2015; Müller et al., 2016). Dans cette approche, plusieurs modèles, qu'ils s'agissent d'infrastructures, de bâtiments ou d'espaces publics, sont modélisés dans un format BIM et représentent donc un projet et son environnement à l'échelle de l'espace public, du quartier ou de la ville (Figure 41). Cet usage particulier à une échelle « CIM » a été nommé par Gil (2020) sous l'appellation « BIM+ ». L'accent en matière de caractère systémique, de gestion et de collaboration, comme le préconise le BIM à l'échelle du bâtiment, est également associé à cette approche du CIM (Da Silva Almeida & Andrade, 2018; Xu et al., 2014; Zhang & Schnabel, 2017). Il semble cependant que cette approche demande encore de nombreux efforts sur le plan du

géoréférencement, de l'extraction et de la conversion des données incluses dans le BIM ainsi que de leur organisation pour diverses utilisations futures.

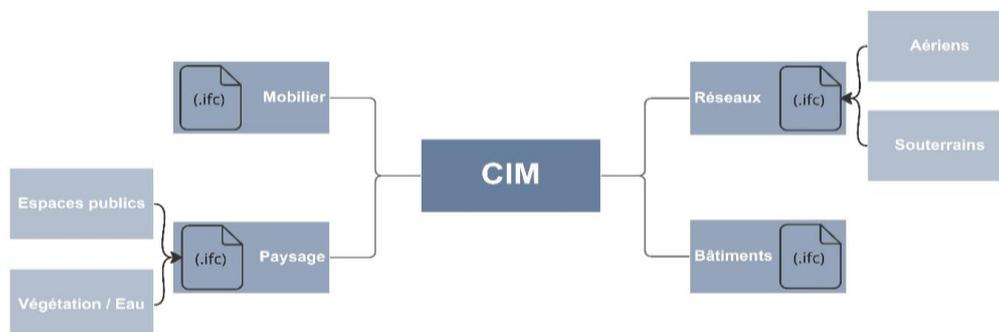


Figure 41 : Le CIM comme extension du BIM, illustration personnelle

L'intégration du BIM et du SIG ou leur utilisation dans un ensemble commun sont également des approches inévitablement liées à la notion de CIM. En effet, plusieurs auteurs visualisent le CIM comme méthode pour associer les formats ouverts BIM et SIG, à savoir l'IFC et le CityGML (Dall'O', 2020; Müller et al., 2016; Xu et al., 2014). Il est important de noter que de nombreuses études portent sur cette intégration des formats CityGML et IFC ainsi que sur les possibilités qu'elle offre, bien qu'elle ne soit pas encore possible sans occasionner de perte de données à cause des différences entre les deux formats, des nombreuses variances dans la création, la gestion et l'utilisation de leurs données dans les pratiques professionnelles (Noardo et al., 2020; Salheb et al., 2020; Stouffs et al., 2018; Tauscher, 2020). Pourtant, de nombreuses méthodes existent afin d'intégrer les formats BIM et SIG, notamment au niveau des données, des applications ou des processus, ou par le biais d'un modèle unifié englobant – ou définissant les relations entre – les deux normes (Arroyo Ohori et al., 2018). Cette difficulté de jonction dans un même cadre des deux formats explique qu'actuellement, dans le monde opérationnel, cette utilisation associée fasse l'objet de nombreux défis et appelle au développement de méthodes spécifiques en fonction des cas d'usages. Dans la même dynamique, une autre approche décrit la notion de CIM comme des modèles de données paramétriques CAO où des données SIG sont intégrées (Beirão et al., 2012; Stojanovski, 2019).

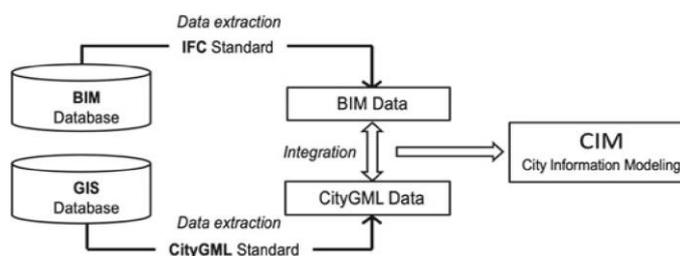


Figure 42 : Données collectées au format BIM et SIG, Xu et al. (2014)

3.2.1.1.C Synthèse des caractéristiques d'un CIM

Selon la littérature scientifique, un CIM, pour pouvoir être appelé de la sorte, doit présenter les trois caractéristiques synthétisées suivantes. Dans un premier temps, les espaces souterrains (comme les différents réseaux ou parkings) et aériens (comme les bâtiments et les différentes infrastructures de mobilité ainsi que les espaces publics) doivent être modélisés en trois dimensions (Bi et al., 2021). Il est également nécessaire que ces représentations géométriques tridimensionnelles soient enrichies de

données sémantiques (Billen et al., 2015; Dall'O' et al., 2020; Petrova-Antonova & Ilieva, 2019). Ces diverses informations liées à la géométrie offrent la possibilité de réaliser diverses tâches de filtration, mais aussi de réaliser des simulations et des analyses diverses. Enfin, du point de vue des acteurs et intervenants d'un projet, le CIM doit fournir un cadre soutenant d'une part la collaboration lors des différentes étapes du projet et d'autre part l'interopérabilité des données afin de simplifier les divers échanges (Berman, 2018; Gil, 2020; Sielker & Sichel, 2019).

3.2.1.2 Qu'est-ce qu'un Digital Twin (DT) ?

Comme susmentionné, l'étude des CIM nous a incontestablement amené à nous pencher plus en détail sur la notion de jumeau numérique ou Digital Twin puisque cette notion est de plus en plus utilisée par les praticiens pour labelliser leurs approches de modélisation des villes, bien qu'elle ne soit pas toujours clairement définie (Dawkins et al., 2018; Kang et al., 2021; Ketzler et al., 2020; Shahat et al., 2021). En effet, diverses définitions des DT coexistent et leurs réalités techniques concrètes sont, tout comme pour le CIM, très variées. Étant donné l'utilisation croissante du terme DT à la fois dans la littérature scientifique et dans les pratiques professionnelles, cette notion doit être prise au sérieux, même si certains chercheurs (Ketzler et al., 2020), ainsi que certains praticiens, considèrent le DT plus comme un label à la mode ou une nouvelle façon d'étiqueter des méthodes et des outils existants que comme une façon innovante de réaliser la conception et la gestion urbaines.

3.2.1.2.A Un double virtuel

Considéré comme l'une des dix principales tendances technologiques stratégiques en 2019 (Gartner, 2019) le terme « Digital Twin » aurait été officiellement initié en 2003 par Grieves (2014) dans le cadre d'un cours sur la gestion du cycle de vie des produits (domaine de l'industrie). Avant 2003, l'industrie utilisait des termes aussi divers que « ombres numériques », « avatars numériques » et « modèles numériques » (ARUP, 2019, p. 10). Cependant, le terme « Digital Twin » apparaît déjà dans des recherches datant des années 1990 traitant les applications des modèles numériques 3D pour l'urbanisme (Hernandez & Hernandez, 1997). D'un point de vue terminologique, les termes employés dans la littérature sont souvent hétérogènes, toutefois, selon Kritzinger et al. (2018) les définitions des modèles numériques, des ombres numériques et des jumeaux numériques peuvent être distinguées. En effet, un modèle numérique est défini comme une image numérique où aucun échange de données entre le physique et le numérique n'est établi automatiquement. En ce qui concerne l'ombre numérique, celle-ci intègre un flux de données gravitant entre le physique et le numérique, qui ne fonctionne que dans un sens, tandis que le flux de données est bidirectionnel dans le cas des jumeaux numériques. Selon le même auteur, le BIM serait associé à la notion de modèle numérique, ce qui le distingue d'un DT bien qu'il semble constituer une très bonne base à sa construction.

Dans un premier temps, la collecte de données était limitée et non automatisée (Grieves, 2014). Le peu de littérature entre 2003 et 2011 illustre bien que le niveau technique n'était pas suffisant pour le

développement des DT (Tao et al., 2019). Par la suite, le concept s'est largement développé dans des domaines connexes grâce à l'essor de nouvelles technologies. Le concept de DT est apparu dans le domaine de l'aérospatial dans les années 1960, le définissant comme « *une réingénierie de la prédiction et de la gestion de la vie des structures* » (Tuegel et al., 2011, p. 2). Il s'est par la suite développé dans le domaine de la production industrielle (production) (Boschert & Rosen, 2016; Schleich et al., 2017) ainsi que plus récemment dans le domaine de l'urbanisme et des villes intelligentes (Mohammadi & Taylor, 2017). Grieves a également mis en lumière les opportunités des DT pour l'environnement bâti (ARUP, 2019). En effet, dans le secteur de l'environnement bâti, les jumeaux numériques entrent progressivement dans la conversation, car ils peuvent offrir une valeur substantielle à toutes les parties prenantes associées (Brilakis et al., 2019). Cet élan d'intérêt dans l'environnement bâti serait en partie dû aux lacunes du secteur en termes de numérisation qui, comparé à d'autres domaines, semble être le moins numérisé (Bughin et al., 2016)

Le concept de DT dans la sphère scientifique est relativement cohérent, mais diffère quelque peu selon les auteurs et les domaines. Au niveau industriel, les principales différences se situent au niveau des objectifs des DT établis (par exemple, l'entité jumelée est un « objet », un « produit », un « processus », un « système » ou un mélange de ceux-ci). Brilakis et al. (2019) estiment généralement que le contenu d'un DT et la mise en œuvre de la représentation du jumeau réel sont déterminés par son objectif. Comme mentionné précédemment, les DT ont été largement développés dans le secteur manufacturier. Dans ce contexte, l'industrie 4.0 considère les DT comme des « *systèmes de systèmes* » où l'objectif est de transmettre les données de manière plus optimale pour agir durablement sur les systèmes et leur évolution (Howell et al., 2017). De manière plus figurative, El Saddik (2018) visualise le DT comme une réplique numérique d'une entité physique vivante ou non vivante faisant le pont entre le physique et le virtuel afin de fournir un outil de surveillance, d'optimisation et de prédiction des processus pour atteindre le bien-être et la qualité de vie de l'homme. Par exemple, Wagg et al. (2020) affirment qu'au-delà de la supervision et de l'exploitation des actifs physiques, les DT doivent être prédictifs et quantifier la fiabilité des actifs physiques. Pour Grieves et Vickers (2017), Qi et Tao (2018) et Boje et al. (2020), un DT représente tous les constituants d'un produit ou d'un système et toutes les informations qui s'y rapportent pendant tout le cycle de vie grâce à l'interaction entre le réel et le virtuel, Kemp (2020) souligne ce lien. Boschert et Rosen (2016) notent qu'un DT décrit la conduite, mais fournit également des solutions pour le jumeau réel afin de l'optimiser. Dans le contexte de l'environnement bâti, le Centre for Digital Built Britain promeut qu'un DT est « *une représentation numérique réaliste des actifs, des processus ou des systèmes dans l'environnement bâti ou naturel.* » (Bolton et al., 2018, p. 11). D'autres ajoutent que, dans le domaine de l'urbanisme, un DT devrait améliorer la créativité, se concentrer davantage sur les personnes dans la conception ainsi qu'être réactif (ARUP, 2019). Selon Batty (2018), un DT reflète un processus physique correspondant précisément à son fonctionnement en temps réel, il estime donc que ces modèles, dans un cadre urbanistique, sont une vision idéaliste et irréalisable car il ne représente qu'un ensemble limité de variables, incluant rarement des processus sociaux et économiques. Dans cette perspective, certains pensent qu'il serait préférable d'utiliser le terme d'intégration cyberphysique (Haag & Anderl, 2018; Tao et al., 2019; Tomko & Winter, 2019).

3.2.1.2.B Avec des figurations techniques hétérogènes

Les auteurs scientifiques s'accordent principalement sur les caractéristiques techniques du DT. L'approche de Grieves (2014) est à la base de nombreuses figurations techniques caractérisant les jumeaux numériques par différents chercheurs. En effet, le DT est représenté comme un processus itératif sous la forme d'un cycle continu reliant le physique au virtuel. Les données, sous leurs différentes formes, gravitent entre le physique et le virtuel. Boje et al (2020) affirment que de nombreux concepts et applications déjà abordés dans le passé sont réutilisés et renommés en tant qu'éléments constitutifs du DT. La raison de ce réemploi viendrait du besoin croissant d'interopérabilité, d'automatisation et d'intelligence des systèmes. Un DT nécessite la création (ou la réutilisation) d'un modèle géométrique « voisin » du jumeau physique. Dans le domaine de l'environnement bâti, certains auteurs préconisent d'utiliser le BIM ou le CIM pour construire le modèle tridimensionnel permettant de visualiser le jumeau physique (Boje et al., 2020; Deng et al., 2021; Ding et al., 2018; Petrova-Antonova & Ilieva, 2019), sur la base de diverses méthodes de collecte de données. Cette allusion au BIM et au CIM reflète la définition peu claire des termes et renvoie à des réalités techniques variées.

La capacité de détection, décrite comme essentielle dans les DT (Batty, 2018; Glaessgen & Stargel, 2012; Grieves, 2014; Haag & Anderl, 2018; Howell et al., 2017; Mohammadi & Taylor, 2017; Qi & Tao, 2018; Schleich et al., 2017; Schluse et al., 2018; Tomko & Winter, 2019; Tuegel et al., 2011) caractérise le flux de données « en temps réel » (Haag & Anderl, 2018; Tao et al., 2019). Ce phénomène est souvent attribué à l'*Internet of Things* (IoT), c'est-à-dire l'Internet des Objets, comme moyen de relier le physique et le virtuel (Figure 43).

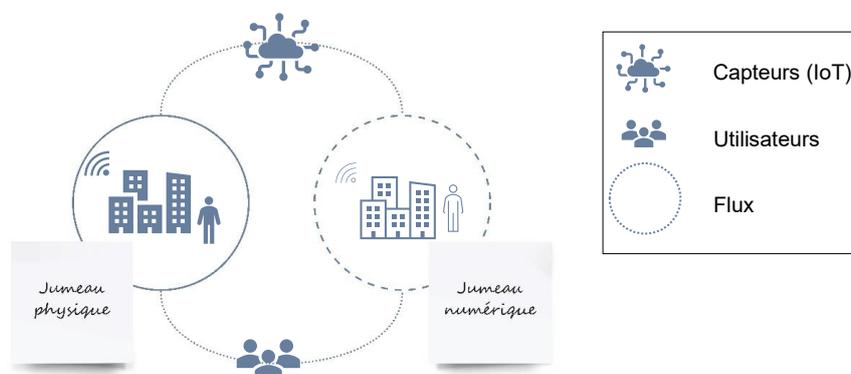


Figure 43 : Écosystème d'un DT, illustration personnelle d'après ARUP (2019)

Cependant, cette étape n'est pas claire et soulève des questions sur les détails des divers capteurs ou réseaux et sur la manière de les employer. Le travail de Martinez (2018) exprime cette ambiguïté à travers l'emploi d'un environnement virtuel comme capteur virtuel pour prédire le comportement des installations. Ces données, considérées comme « non traitées » par Grieves (2014), doivent être traitées pour devenir exploitables pour le reste du processus et établir des bases de connaissances, fournissant l'une des valeurs ajoutées associées au DT.

L'accent mis par le BIM sur l'IFC soulève également des questions sur l'automatisation et l'interopérabilité. En effet, l'IFC semble trop hétérogène et statique pour assurer une connexion « en

temps réel » avec son homologue physique et ses capteurs. Howell et al. (2017) accordent donc une importance particulière au web sémantique pour les questions d'interopérabilité entre les différents acteurs échangeant des informations. Cependant, dans le secteur du bâtiment, Howell et Rezgui (2018) établissent un cadre, assurant une structuration ordonnée et sémantiquement riche des données, en positionnant le DT comme interdépendant des modèles IFC. La capacité à réaliser diverses analyses, simulations et prédictions pour aboutir à des décisions et à des optimisations, en utilisant notamment l'Intelligence Artificielle, sont considérées comme interdépendantes avec le DT (Batty, 2018; Tomko & Winter, 2019; Tuegel et al., 2011).

Certains chercheurs nuancent la possibilité et la facilité de production de DT représentant l'environnement urbain (Nochta et al., 2021; Tao et al., 2019; Wright & Davidson, 2020). En effet, pour Nochta et al. (2021), les données relatives aux systèmes urbains sont difficilement disponibles ou productibles pour de multiples raisons comme les problèmes de propriété ou de confidentialité pour ne citer que ceux-ci. Tao et al. (2019) précisent également que l'optimisation dans le secteur de l'industrie est assez similaire durant toutes les phases du cycle de vie, ce qui n'est absolument pas le cas dans les systèmes urbains où des phases variées se succèdent. En effet, le cycle de vie d'une ville comprend de nombreuses phases avec divers objectifs d'optimisation. De plus, nous savons aujourd'hui que de nombreux gains peuvent être réalisés grâce à l'établissement d'un cadre coalisé ainsi que l'interopérabilité et la collaboration. Il semble donc important de prendre en compte certaines phases lors de la conception d'un DT puisque certaines des données produites durant cette phase sont susceptibles d'être utilisées dans d'autres ultérieures. Toujours relatif à ces différentes phases, s'il est nécessaire d'avoir un jumeau physique au DT, tout comme la littérature le mentionne au sens « puriste », alors il n'est pas possible de concevoir un DT en phase de conception. Ces différents éléments induisent également que les simulations d'un DT urbain peuvent être complètement différentes de l'industrie puisqu'il est nécessaire de traiter diverses échelles et phases, complexifiant le procédé.

3.2.1.2.C Synthèse des caractéristiques d'un DT

Lorsqu'on synthétise la revue de littérature à leur propos, les DT sont censés posséder trois caractéristiques spécifiques pour pouvoir porter cette dénomination. Tout d'abord, il est nécessaire qu'un modèle tridimensionnel soit conçu afin de représenter, de façon numérique, l'ensemble des éléments présents dans la version physique du jumeau dont il est question. Il est important de spécifier que le DT doit inclure des informations sémantiques relatives au cycle de vie du jumeau physique (Boje et al., 2020; Grieves, 2014; Qi & Tao, 2018). Aussi, le DT implique un flux de données bidirectionnel en constant mouvement entre le jumeau physique et virtuel. Ce flux de données caractérisé comme « en temps réel » est récolté grâce à des capteurs variés placés dans/sur le jumeau réel, fournissant des informations qui vont être traitées pour produire des connaissances et pouvant être variées selon les besoins (Batty, 2018; Grieves, 2014; Haag & Anderl, 2018; Howell et al., 2017; Mohammadi & Taylor, 2017; Qi & Tao, 2018; Tomko & Winter, 2019; Tuegel et al., 2011). Cette élaboration de base de

connaissances est d'ailleurs l'une des principales qualités mise en évidence à leur égard. Enfin, diverses analyses, simulations et prédictions doivent pouvoir être opérées, sur base des connaissances établies grâce aux traitements des données recueillies par les capteurs, afin d'orienter les décisions pour aboutir à une optimisation des processus (Batty, 2018; Tomko & Winter, 2019; Tuegel et al., 2011).

3.2.1.3 Quelles réalisations pratiques ?

Afin d'éclaircir davantage les différences retrouvées tant dans la littérature concernant tant les CIM que les DT, nous reprenons la comparaison réalisée entre deux modèles urbains existants, synthétisée dans l'article de Deprêtre et al. (2022), portant soit le label CIM, soit celui de DT. Cette comparaison permet la mise en évidence de similitudes ou de distinctions entre les caractéristiques formalisées à la suite de la revue de littérature des labels et les applications opérationnelles.

3.2.1.3.D Exemples de CIM et DT

Nous présentons ici une comparaison de la mise en œuvre et des caractéristiques retrouvées entre un modèle urbain étiqueté CIM, à savoir le modèle « Le Belvédère » et un modèle urbain portant la dénomination de DT, celui de la ville de Kalasatama. Ces deux modèles semblent a priori différents par leurs appellations mais lorsqu'on s'y intéresse cette distinction semble quelque peu s'effacer.

- Le Belvédère, Bordeaux – CIM

La description de ce modèle est basée sur les explications de conception du modèle, réalisées par Duloup et Fredon (2019). Le modèle urbain de Bordeaux, considéré comme un CIM, représente les diverses infrastructures traditionnellement retrouvées dans l'environnement urbain comme les bâtiments, les espaces publics, les réseaux ou encore la végétation et le mobilier urbain dans un même cadre. Ce CIM s'est affiné et enrichi en plusieurs étapes. En effet, l'assemblage de divers modèles BIM, à savoir celui des espaces publics (aériens et souterrains) et celui des bâtiments, a permis de produire la première version fédérée qualifiée de « sommaire » du CIM. Cette version a été utilisée comme une base pour la réalisation d'analyses des interfaces entre les espaces publics et privés (

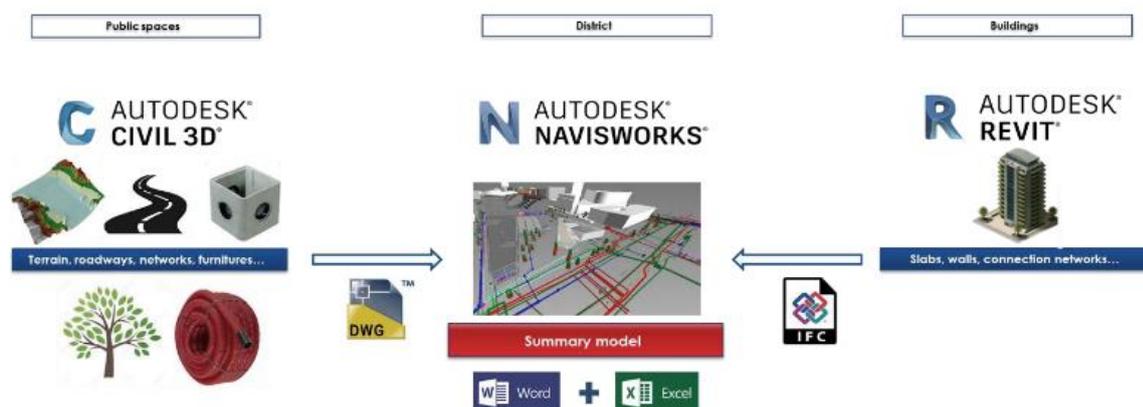


Figure 44).

Figure 44 : Flux de collecte des données pour le CIM « sommaire », Duloup et Fredon (2019)

Le second modèle, présentant davantage de réalisme, a été réalisé à des fins de compréhension et de visualisation du projet par les différents intervenants, en les plongeant dans celui-ci, ainsi qu'à la mise à jour du projet selon son évolution. Il intègre la topographie et les bâtiments du contexte autour et dans le projet, le mobilier urbain, la végétation, mais également des informations sémantiques liées aux divers éléments modélisés comme la nature de leurs revêtements ou encore la délimitation des différentes zones. La

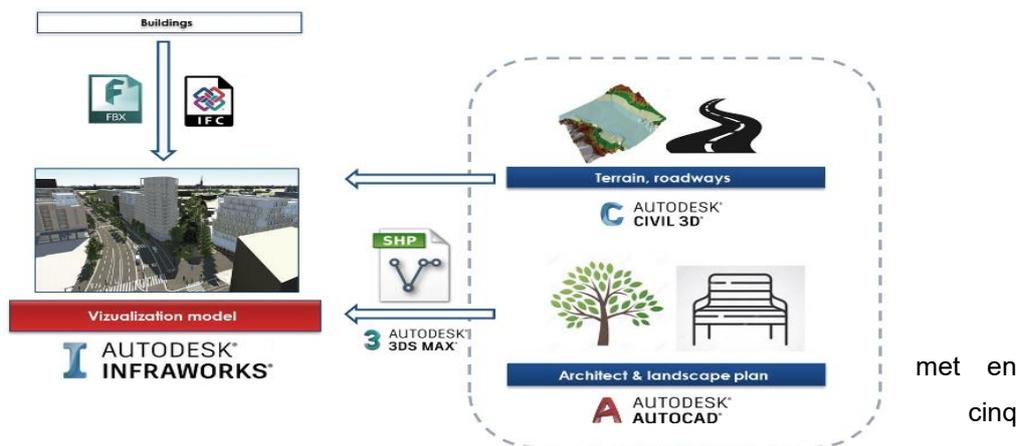


Figure 45
lumière que
formats

met en
cinq

différents ont été nécessaires à la conception de ce CIM « immersif » (dwg, Ifc/fbx, CityGML, Raster, SHP). Cette modélisation finale est par conséquent le résultat de l'intégration de données produites selon un processus BIM ainsi que de données issues de SIG.

Figure 45 : Flux de collecte des données pour le CIM « immersif », Duloup et Fredon (2019)

Lorsque l'on compare cette application aux caractéristiques établies précédemment à la suite de la revue de littérature des CIM (3.2.1.1.C) nous pouvons constater que ce modèle représente les différentes infrastructures urbaines grâce à un modèle géométrique tridimensionnel auquel sont liées des informations sémantiques qui sont destinées notamment à réaliser des analyses variées. De plus, ce cas d'étude est le résultat d'un travail collaboratif produit par plusieurs acteurs (Architectes, paysagistes, modeleurs de voiries, ...) autour d'un même objectif. Cependant, nous ne sommes pas en mesure de préciser si les échanges sont facilités étant donné que nous n'avons pas d'information spécifiant si le modèle final existe dans le format IFC. Nous pouvons également ajouter que par

l'inexistence de flux de données bidirectionnel issu de capteurs, ce modèle ne correspond pas aux caractéristiques clés d'un DT.

- Kalatatama, Finlande – DT

La description de ce modèle repose sur le rapport final du projet de DT réalisé par la Ville d'Helsinki (2019). Le modèle de Kalatatama est conçu sur base d'un modèle 3D enrichi en informations sémantiques (appelé CIM) au format CityGML et un modèle de maillage de la réalité. L'objectif est de créer une application de conception test ainsi qu'une plateforme de services pour l'ensemble du cycle de vie de l'environnement bâti, mais également pour le développement urbain « intelligent ».

Le modèle de maillage de la réalité est construit sur un modèle géométrique mis en œuvre à travers un réseau uniforme de triangles pour créer un modèle de ville photoréaliste basé sur des photographies aériennes. Actuellement, le DT est utilisé pour effectuer diverses simulations d'ingénierie du vent, de l'irradiation solaire et des ombres solaires. Dans le cadre du processus de numérisation d'Helsinki, le développement d'une plateforme intelligente et ouverte est prévu.

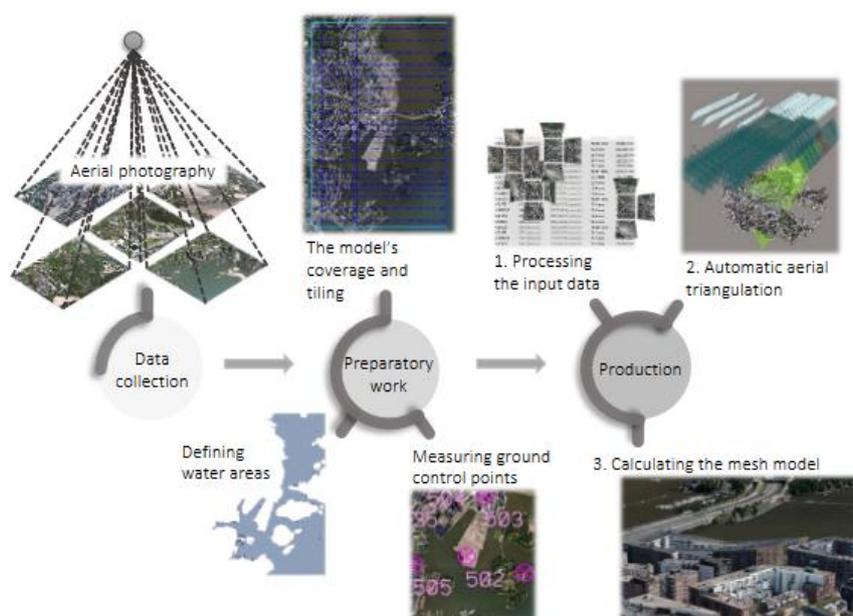


Figure 46 : Flux de travail de production du modèle maillé, Ville d'Helsinki (2019)

La création du modèle 3D qu'ils ont dénommé CIM (au format CityGML) implique la modélisation et la mise en œuvre d'informations sémantiques des bâtiments actuels, mais aussi de ceux en construction ou prévus (modélisés séparément), des plans d'eau, des ponts (actuels et prévus), des terrains et de leurs utilisations. La modélisation au format CityGML des bâtiments existants a été produite grâce à diverses sources de données comme les empreintes des bâtiments issues de cartes existantes, des nuages de points obtenus grâce à un balayage laser ou encore d'un registre municipal comprenant les caractéristiques relatives aux éléments à modéliser comme leurs attributs.

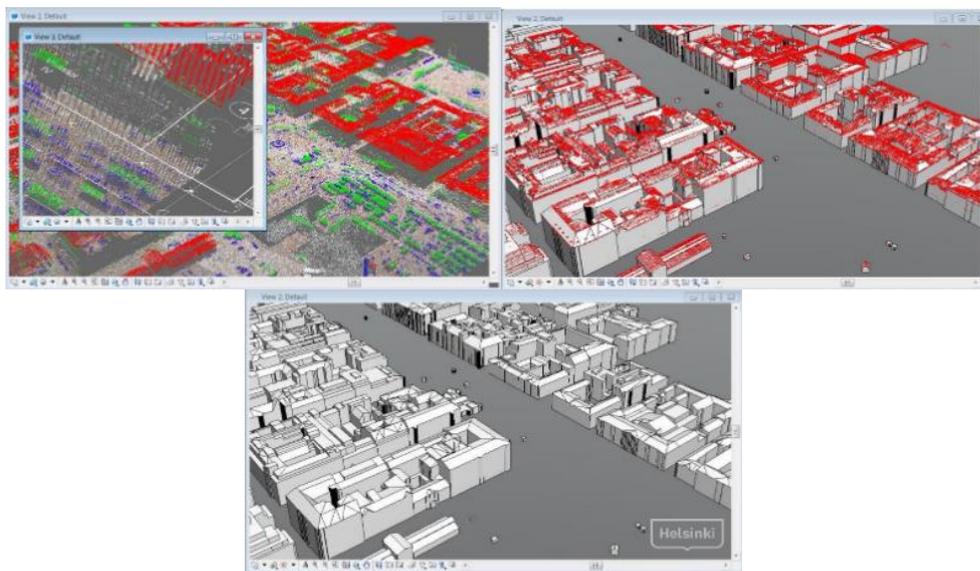


Figure 47 : Conception des bâtiments existants via le balayage laser, Ville d'Helsinki (2019)

Les bâtiments futurs ont ensuite été modélisés dans un logiciel de CAO au format DGN, en s'appuyant sur les empreintes du projet mises à disposition ainsi que des informations concernant les attributs de hauteurs des différents bâtiments. Ces informations ont permis de réaliser une extrusion afin de concevoir des bâtiments au LOD 1, c'est-à-dire sous une forme simple, sans percement et sans l'inclinaison des toitures. Cette modélisation a ensuite subi diverses procédures *via* différents outils spécifiques (Rhinoceros et Grasshopper) dans le but de transformer le format DGN au format CityGML. Les plans d'eaux ont été réalisés sous une forme vectorielle grâce à des orthophotographies, des données vectorielles existantes, ainsi que le modèle de terrain produit au préalable. Les données au format vectoriel ont ensuite été traduites au format CityGML grâce à un autre logiciel de traduction spécifique (FME). En ce qui concerne les ponts, ils ont été réalisés sous une forme vectorielle en réalisant une extrusion sur base de leur empreinte au sol et ont ensuite été convertis au format CityGML.

Lorsqu'on compare les caractéristiques clés relevées dans la littérature au modèle de Kalasatama, nous constatons que des modélisations tridimensionnelles des bâtiments et de diverses infrastructures urbaines aériennes sont réalisées. Ils comportent également des informations sémantiques regroupées dans les tables d'attributs, fréquemment retrouvées dans le format CityGML. Ce modèle, considéré comme un DT par ses concepteurs, est par ailleurs utilisé pour réaliser des analyses et simulations variées afin d'orienter la prise de décision. Toutefois, il n'existe pas de lien bidirectionnel entre la réalité et le DT qui est censé être « en temps réel » et issu de capteurs. Il semble dès lors que, si l'on s'en tient aux critères relevés dans la littérature, ce modèle ne peut pas être étiqueté DT mais pourrait être appelé CIM.

CONCLUSION DU CHAPITRE 3 : MULTIPLICATION DES MODÈLES NUMÉRIQUES SÉMANTIQUES 3D URBAINS ET POTENTIEL POUR LES ANALYSES URBAINES

Les chapitres précédents ont mis en lumière l'évolution des systèmes urbains du point de vue de leur complexité, mais aussi en ce qui concerne les variances dans les modes de vie et de consommer actuellement. Le monde évolue rapidement et c'est en toute logique que les modes de le représenter, l'appréhender et de l'analyser aussi. Dans la première partie de ce troisième chapitre, nous avons voulu illustrer cette évolution, qui semble s'être installée d'elle-même au fur et à mesure de l'évolution des techniques et des technologies. Ainsi, les représentations de la ville ont évolué, passant d'un support physique au numérique ou encore du bidimensionnel au tridimensionnel. Bien sûr, cette évolution ne signe pas l'arrêt de chacun des modes de représentation, mais bien un enrichissement ainsi qu'une certaine innovation du point de vue des possibilités que chacun d'eux offre. Au-delà de la fonction d'images des espaces, urbains notamment, ces représentations ont depuis des centaines d'années pour les méthodes plus anciennes été le support d'analyses et de prises de décisions. Depuis de nombreuses années les modèles numériques basés sur les SIG, les modèles tridimensionnels ainsi que leurs données sont employés par les urbanistes ou praticiens de l'aménagement du territoire (Goodchild, 2010; Longley et al., 2005). Ces différents outils évoluant ont permis de dépasser les outils « classiques » particulièrement mono-informatifs grâce à leur capacité d'agglomération de données au sein d'une même et seule interface. Chose particulièrement nécessaire à l'heure où la complexité des interconnexions de chaque élément constituant les systèmes urbains croît. L'évolution des outils ainsi que des méthodes d'analyses induisant leur renouvellement ouvre la voie à une planification optimisée pour demain. Ils ne suffiront bien évidemment pas à résoudre tous les aléas et problèmes rencontrés actuellement ni à saisir toutes les lois régissant les systèmes urbains. Cependant, ils pourraient relever de nouveaux défis en maximisant la compréhension et en conférant une dimension qualitative aux analyses et aux décisions futures, en matière d'aménagement des espaces.

Nous avons rendu compte que, bien qu'elles aient permis de nombreuses évolutions et qu'elles semblent être pertinentes pour la conception et la réalisation d'analyses urbaines, les modélisations numériques tridimensionnelles se multiplient et varient du point de vue de leurs buts, de leur mise en œuvre et de leurs utilisations. Dans la seconde partie de ce chapitre, nous nous sommes donc intéressés plus particulièrement à deux labels fortement discutés (CIM et DT) dans le secteur de l'aménagement et inévitablement liés lorsqu'on s'y intéresse, bien qu'ils soient finalement peu définis et très flous. En effet, ces modèles en particulier sont considérés comme des leviers dans les discours opérationnels, mais aussi dans la littérature scientifique relative à la planification, à la conception ou aux analyses. Dans un premier temps, l'étude sur la littérature à propos du CIM a souligné les multiples approches conceptuelles et techniques possibles pour ses mises en œuvre ainsi que, à l'image du BIM, les diverses possibilités qu'il offre pour de multiples tâches. En ce qui concerne les DT, la littérature offre des pistes pour le développement de DT urbains dérivés du secteur de l'industrie, mais certains auteurs signalent qu'elle est plus complexe à mettre en œuvre pour les systèmes urbains (Nochta et al., 2021; Tao et al., 2019). En effet, certains aspects semblent difficiles ou impossibles à capter (les

facteurs humains), ce qui n'est pas le cas dans le secteur industriel. Les phases du cycle de vie d'une entité urbaine compliquent également la vision d'un DT urbain, notamment à cause de la phase de conception qui ne paraît pas conciliable avec la définition puriste de DT, impliquant une contrepartie physique tout au long du cycle de vie. C'est pourquoi il ne semble pas pertinent d'ignorer la phase de conception lorsqu'on cherche à déterminer le modèle numérique le mieux adapté à la planification urbaine. Les cas d'application existants portant chacun des labels ont aussi permis de mettre en lumière que les limites entre les CIM et les DT sont particulièrement floues dans les pratiques professionnelles et qu'il est nécessaire de le considérer lorsque nous sommes amenés à travailler sur ces sujets (Deprêtre et al., 2022). Cependant, nous avons constaté que les deux modèles étudiés correspondaient aux caractéristiques mises en évidence à partir de la littérature scientifique du CIM. Ce bilan induit que les DT pourraient être un type de CIM. Aussi, les critères clés formalisés sur la base de la littérature indiquent que le CIM et les jumeaux numériques ne semblent pas être destinés aux mêmes éléments. En effet, le DT semble être associé aux capteurs, au flux bidirectionnel de données et aux actions prises dans le monde réel, relatives aux traitements et aux simulations réalisées dans le modèle virtuel. Le CIM quant à lui, semble être davantage orienté sur la conception et la gestion plurithématique et multiacteur, soulignant les approches collaboratives autour des zones urbaines. Dans le cadre de nos recherches, cette caractéristique plurithématique que présente le CIM nous intéresse particulièrement. En effet, il est possible de réaliser un lien pertinent entre la notion d'intensité urbaine, que nous étudions et qui est composite, avec le CIM, notamment pour proposer une méthode d'évaluation de notre vision de l'intensité.

Il est à noter que l'utilisation correcte des labels selon leurs caractéristiques établies par la littérature n'est finalement pas l'élément le plus essentiel puisque d'autres labels et techniques vont encore être introduits. Comme le mentionnent Jones et al. (2020), l'importance se situe au niveau de la mutualisation des connaissances de l'ensemble de ces modèles numériques urbains. En effet, bien que les DT et les CIM présentent à la fois des ressemblances et des divergences (techniques ou conceptuelles), il est nécessaire de s'intéresser aux domaines connexes afin d'établir des connaissances transversales en termes de modèles numériques urbains dans le but de les intégrer dans un cadre commun, quel que soit le label choisi.

PARTIE 2 :

CONCEPTION D'UN INDICE D'INTENSITÉ CONCRET BASÉ SUR L'HÉRITAGE D'EXPÉRIENCES

INTRODUCTION DE LA PARTIE 2

Étant donné le contexte de nos recherches, nous avons dans la première partie du manuscrit commencé par mettre en évidence les principaux éléments qui ont induit des changements dans les méthodes d'aménagement et dans l'utilisation des espaces par les citoyens. Nous avons par ailleurs mis en évidence certaines limites des indicateurs et outils traditionnellement employés lors de diagnostics, déjà pointées par certains auteurs dans le cadre d'améliorations des aménagements. En effet, ces outils d'analyses semblent présenter des lacunes en termes de prise en compte multiple, face à l'accroissement de la complexité des systèmes urbains (cf. 1.1.1.2), aux transformations des modes de vie et de consommation ainsi que des rôles escomptés des espaces, notamment publics (cf. 1.1.2.1 et 1.1.2.2). Comme mentionné dans l'introduction générale, le focus sur l'intensité urbaine semblait évident au vu des propos émis à son égard, notamment concernant son caractère composite et sa pertinence pour un aménagement plus durable. Nous avons ainsi dressé un état de l'art de ce concept d'intensité urbaine, en nous basant sur des travaux et études existantes ainsi que sur de « bonnes pratiques ». Par ailleurs, nous avons commencé à étudier le sujet particulier des CIM en abordant divers types de représentations des espaces qui les ont précédés, de sorte à comprendre leur utilisation dans le cadre de l'aménagement urbanistique. Nous avons ensuite exploré la notion de Digital Twin qui est inévitable lorsqu'on s'intéresse plus en profondeur aux CIM. Nous avons ainsi constaté que le CIM pouvait être une notion englobant d'autres labels largement utilisés aujourd'hui et pouvait surtout être pertinent pour nos recherches étant donné sa représentation multithématique des espaces à moyenne et grande échelle.

La deuxième partie de ce manuscrit se focalise donc majoritairement sur le développement d'un outil d'analyses urbaines spécifique et composite, à savoir un indice d'intensité ciblé sur les usages, permettant d'améliorer les aménagements en phase de conception dans une optique de dynamisation et de pérennité des espaces.

Les méthodes et pratiques urbanistiques ne se sont jamais réinventées du tout au tout. C'est pourquoi nous prenons le parti de nous baser sur des expériences, des travaux et des guides existants afin de développer un outil d'amélioration globale. Nous souhaitons que notre indice agrège de nombreuses facettes qu'il est nécessaire de prendre en compte pour parvenir à maintenir, sur un espace donné sans en grignoter davantage, des infrastructures et espaces de vie pérennes, promouvant la qualité et le bien-être de ses usagers.

Pour exposer les moyens mis en œuvre afin d'atteindre ces objectifs, le chapitre 4, aborde le positionnement adopté pour cette recherche, les outils employés ainsi que les étapes de notre démarche. Nous abordons dans un premier temps les objectifs finaux de notre travail. Ceux-ci concernent le développement de l'indice et d'une méthode pour son évaluation ainsi que la réponse à des ambitions à la fois théoriques et opérationnelles, notamment par le biais d'établissement de préconisations concrètes. Nous exposons ensuite l'épistémologie et notre méthode de recherche en expliquant notre positionnement constructiviste ainsi que la nature de notre travail qui est une recherche-action exploratoire. Nous insistons aussi sur l'originalité que présente notre recherche du fait de sa multidisciplinarité. Nous terminons cette première partie en détaillant les étapes de notre recherche ainsi qu'en expliquant la variété des méthodes d'accès aux données. La seconde partie du chapitre pose concrètement nos ambitions en relatant l'intention de production de connaissances ainsi qu'en exposant notre « situation » de recherche.

Afin de se replonger au cœur de notre travail, le chapitre 5 relate les différents éléments qui traduisent d'une façon ou d'une autre la qualité urbaine. Nous contextualisons notre démarche en présentant la méthodologie d'accès aux données, qui repose sur deux approches complémentaires. La première que nous abordons est l'approche pratique, qui repose sur l'analyse de deux exemples de « bonnes pratiques », appuyant davantage notre démarche et se fondant sur l'héritage d'expériences. Nous questionnons ainsi les facteurs impactant le succès, l'appropriation et la durabilité des espaces. Ensuite, nous développons notre seconde approche, qui est basée sur huit références théoriques (guides, référentiels, ...) ciblant la durabilité et la qualité urbaine. De ces références, nous ciblons la qualité spatiale et la durabilité, en omettant volontairement les axes orientés sur le marketing et les aspects écologiques comme l'énergie et la gestion des déchets au vu du nombre de travaux s'y consacrant. Nous expliquons aussi la catégorisation des différents éléments issus des analyses pratiques et théoriques pour qu'ils puissent dans le chapitre suivant être mis en perspectives et servir de base pour notre indice.

Le chapitre 6, qui aborde plus en détail l'indice d'intensité en indiquant l'orientation choisie à savoir celle des usages, a émergé à la suite de ces analyses. Ainsi, nous approchons l'indice sous des prismes variés. Quelle échelle est la plus adéquate pour cet indice et pour quelles raisons ? Quelle formalisation permet de percevoir toutes les nuances de cet indice ? Quelle finalité est-il possible d'attendre d'un tel indice en fonction de sa formalisation ? Toutes ces questions sont à l'origine de nombreuses réflexions retrouvées dans ce chapitre comme le cadre précis d'intervention de l'indice. Ensuite, nous nous intéressons à la variable centrale de cet indice, directement fondée sur les deux analyses complémentaires réalisées au chapitre 5. La partie qui s'intéresse en particulier au Potentiel d'usages décrit sa structure, qui s'organise en divers niveaux ainsi que l'explication de l'existence de ces niveaux et comment ils peuvent permettre de quantifier cette variable pour la suite de notre recherche, dans la dernière partie de ce manuscrit.

CHAPITRE 4 : POSITIONNEMENTS, OUTILS ET DÉMARCHES DE RECHERCHE

Le quatrième chapitre s'intéresse au positionnement adopté pour cette recherche en présentant les objectifs ambitionnés ainsi qu'en exposant les principes épistémologiques et méthodologiques. Ce chapitre aborde également la démarche de recherche mise en pratique dans notre travail de thèse afin de décrire le processus d'élaboration de nos résultats obtenus dans les chapitres suivants.

:

04



4.1 POSITIONNEMENTS DE LA RECHERCHE

4.1.1 Objectifs

4.1.2 Épistémologie et Méthodologie de la recherche

4.2 DÉMARCHE DE LA RECHERCHE

4.2.1 Motifs et déroulé de la recherche

4.1 POSITIONNEMENTS DE LA RECHERCHE

« [...] on ne peut se passer d'une méthode pour se mettre en quête de la vérité des choses. »

René Descartes, *Discours de la Méthode* (1637)

4.1.1 OBJECTIFS

Dans ce point, nous exposons les objectifs liés à notre problématique de thèse, à savoir la formalisation de l'intensité urbaine *via* un indice pertinent et d'une méthode pour l'évaluation d'une de ses variables, ouvrant de nouvelles possibilités en termes d'usages des CIM. D'une manière générale, notre ambition est de répondre à des questionnements opérationnels spécifiques dans le cadre de la démarche E3S, menée sur l'écoquartier La Vallée. En effet, l'inscription de cette thèse dans le cadre d'un projet de recherche-action implique des attentes opérationnelles concernant la problématique ciblée dans nos recherches.

Pour rappel, la démarche E3S, a pour objectif de faire travailler ensemble praticiens et chercheurs sur diverses innovations urbaines durables expérimentées sur ce quartier en cours de construction (économie circulaire, matériaux dépolluants, mobilité intelligente). L'essence même de la recherche a pour ambition d'amener des éléments de réponse à la demande opérationnelle. D'une part, par rapport à l'identification d'un usage potentiel pour le modèle mis à notre disposition, et donc des caractéristiques minimales en termes de données et de structure qu'ils doivent comporter. Et d'autre part, par rapport à la demande formulée par certains acteurs intégrés à la démarche, notamment en ce qui concerne leurs besoins pour la conception et l'aménagement. Ce deuxième point est ciblé dans notre approche par l'apport d'un indice d'intensité.

Les objectifs de cette recherche sont considérés comme contribuant à l'établissement d'un environnement de réflexions prospectif pour l'aide à l'amélioration de la conception des espaces, ainsi que pour la mise en œuvre de modèles numériques 3D urbains utiles. La genèse de la recherche constitue des clés de réponse aux préoccupations opérationnelles concernant à la fois l'exploration des possibilités offertes par les modèles numériques urbains de type CIM et à la fois le développement d'outils orientant la conception par le biais d'analyses spécifiques. Pour E3S, l'une des finalités est d'avoir apporté des éléments concrets tout au long du travail de recherche qui ont pu, pour certains de ceux-ci, être intégrés à la démarche afin de l'améliorer dans le cas du projet La Vallée et l'appliquer sur d'autres expériences ultérieures. Au-delà de ces objectifs, notre recherche a également joué un rôle concernant l'évolution de la place et de la pertinence du modèle numérique de type CIM au sein des entreprises touchées par la démarche E3S. L'entreprise Eiffage, en participant à cette démarche impliquant à la fois chercheurs et praticiens, a souhaité mettre en évidence son rôle d'initiateur de

méthodes innovantes pour la construction, mais aussi enrichir les connaissances afin de les intégrer pour d'autres applications.

Ce contexte de « *recherche-action* » pour reprendre les termes de Bruno Latour (1997) et les divers objectifs théoriques et opérationnels justifie le positionnement méthodologique de cette recherche et la position scientifique adoptée.

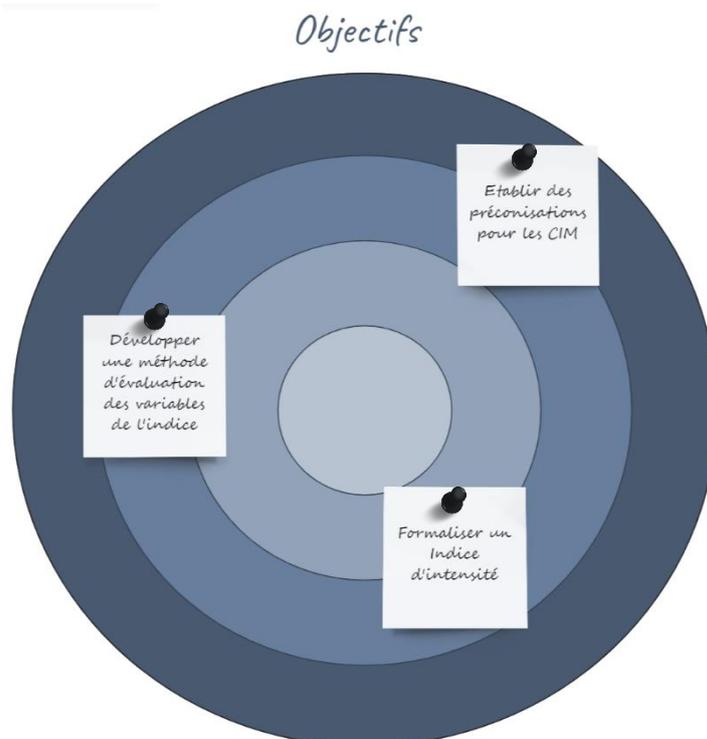


Figure 48 : Synthèse des objectifs, illustration personnelle

4.1.1.1 Formaliser un indice d'amélioration adapté à la complexité urbaine et pertinent

Au travers de ce travail et de nos investigations, notre contribution cible principalement l'apport d'un nouvel outil d'analyses urbaines visant particulièrement l'amélioration de la conception et l'orientation de la prise de décision dans les démarches d'aménagements. Comme le chapitre 5 l'expose en détail, cet indice est basé sur diverses références à la fois théoriques et opérationnelles reprises comme piliers de développement. Nous intéressant aux systèmes urbains, présentés dans le chapitre 1 comme des écosystèmes particulièrement complexes, nous priorisons une approche transversale reposant à la fois sur son contenant, mais également sur son contenu.

Cet indice se veut global et pratique, agissant sur une grande partie d'éléments qui semblent traditionnellement traités séparément. Le dépassement de la vision monocritère des indicateurs est permis grâce aux possibilités offertes par les indices. En effet, la démarche de création d'un indice, bien qu'elle puisse être critiquée (cf.1.2.1.2.B), offre la possibilité de traiter pléthore de notions intervenant dans les systèmes urbains. À ce titre, le nombre de variables est restreint, bien qu'un éventail de critères agrégés puisse être retrouvé en arrière-plan de certaines variables.

Comme plusieurs outils d'aide à la décision ou à l'amélioration dans le domaine de l'aménagement, la prospection en phase de conception et l'adaptation pour la construction sont des rôles recherchés pour cet indice, en misant sur des besoins actuels fondés sur des revendications réelles. En effet, l'intervention des premiers intéressés, c'est-à-dire les usagers des espaces, a été essentielle pour l'agrégation des variables de l'indice. L'indice n'est donc pas formulé au hasard, mais bien selon une implication spécifique d'acteurs essentiels.

Bien qu'une formalisation adaptée à la phase de conception dans ce travail de thèse ait été réalisée, il n'est pas impossible que cette dernière évolue, selon les temporalités et besoins changeants. En effet, une adaptation par les acteurs souhaitant mobiliser des éléments présentés dans cette recherche pourrait être réalisée grâce aux différents principes avancés. La démarche de formalisation, d'agrégation et de pondération des critères derrière certaines variables de l'indice, expliquée au chapitre 8, présente l'avantage d'être adaptable en fonction des diverses évolutions.

4.1.1.2 Établir une méthode pour l'évaluation d'une variable de l'indice d'intensité

Ce travail d'établissement d'une méthode n'a pas l'arrogance de se revendiquer comme la seule « *bonne méthode* » pour évaluer les variables de l'indice formalisé. En effet, nous tentons de mettre en place un protocole méthodologique basé sur la manipulation des données des modèles numériques 3D urbains à disposition (CIM La Vallée), de sorte à la rendre reproductible et transparente pour les praticiens intéressés. De cette manière, nous participons à l'établissement d'un cadre d'intervention pour l'évaluation de l'indice dans un contexte opérationnel.

Comme le révèle la littérature du chapitre 2 concernant les méthodes d'évaluation de l'intensité urbaine, aucune de ces dernières ne propose, à notre connaissance, d'approche capable d'être utilisable par les praticiens facilement sans formation supplémentaire. Dans notre travail, nous attachons une attention particulière au développement d'une utilisation simplifiée de cette méthode par les acteurs de la conception. L'objectif est donc que n'importe quel praticien du secteur puisse, avec ses propres connaissances, exploiter cette méthode. Pour approcher ces ambitions, nous développons une automatisation de la méthode afin qu'elle soit utilisable et appropriable. Nous soulignons donc notre investissement sur la méthode, mais également sur sa conception afin de la rendre la plus pratique possible.

4.1.1.3 Proposer des préconisations pour l'utilisation des CIM pour certaines analyses

Notre méthode d'évaluation repose sur les modélisations numériques 3D afin qu'elles deviennent de réelles bases de données et qu'elles puissent devenir un support contemporain et global pour réaliser des analyses urbaines spécifiques. Dans ce contexte, l'apport de préconisations diverses à propos des données modélisées dans les modèles numériques 3D est essentiel. En effet, il est impératif de déterminer les prérequis minimaux à propos des données présentes dans ces modèles. Nous avons mis en évidence dans le chapitre 3 que les modèles numériques 3D urbains présentent une certaine

hétérogénéité tant du point de vue des techniques pour leur mise en œuvre qu'à propos des données qu'ils contiennent. Notre objectif, dans ce cadre, est donc de fournir une possibilité pour tous les modèles numériques 3D urbains d'être utilisable pour la méthode d'évaluation des variables de l'indice d'intensité établi.

De plus, l'utilisation des modèles numériques 3D urbain à des fins d'évaluation d'un indice utilisable pour réaliser des analyses urbaines étoffe le panel d'utilisation que le CIM La Vallée présente actuellement. Aussi, dans le cadre de notre travail, le modèle numérique 3D ne s'appuie sur aucune donnée SIG. En effet, bien que les modèles 3D numériques se développent et que des usages semblables sont annoncés dans la littérature, la majorité des travaux avançant réaliser des analyses sont rarement opérationnalisés à une échelle plus large que celle du bâtiment (Deprêtre & Jacquinod, 2021) et reposent le plus souvent sur des données SIG complémentaires.

4.1.2 ÉPISTÉMOLOGIE ET MÉTHODOLOGIE DE LA RECHERCHE

L'établissement de la méthodologie relative au travail de thèse peut être visualisé selon diverses approches en fonction du chercheur. Le caractère de la recherche que conduit le chercheur, qu'elle soit qualitative ou quantitative, influe notamment sur cette diversité. En effet, assimilée à une simple description, en amont des investigations, des instruments et moyens empruntés pour certains (Brunet et al., 2005), la méthodologie s'assimile pour d'autres, comme le mentionne Laurent Matthey (2005), à un parcours en lui-même à propos du processus de la recherche forgeant « [...] *un espace de réflexion sur la façon de « diriger sa conduite » [...] »*. Ainsi, la démarche se construisant au fil des diverses étapes de la recherche peut s'assimiler à la méthodologie générale engagée sans nécessiter de scénario précis et préconçu avant les explorations pour la recherche, bien qu'il faille l'exposer en amont de la phase d'analyse de ces recherches (Brunet et al., 2005). Cette position est celle pour laquelle nous optons dans notre démarche de thèse, cette dernière se construisant au fur et à mesure des étapes de la recherche, bien que nous adoptions une attitude spécifique constructiviste dans une recherche qualifiée d'action exploratoire.

4.1.2.1 Un positionnement constructiviste

La recherche présentée dans le cadre de cette thèse s'appuie sur un axiome constructiviste, s'assimilant à une proposition dont la finalité globale est double. Il est ainsi question de mettre en lumière les potentiels usages des modèles numériques 3D urbains de type CIM ainsi que l'essence de l'intensité urbaine et sa formalisation de sorte qu'elle contribue à un aménagement plus sobre et réfléchi en termes d'usages. D'abord, nous envisageons d'identifier et expliquer notre point de vue concernant l'intensité et les potentiels usages des modèles 3D. Ensuite, nous proposons des connaissances grâce à la compréhension, à l'expérimentation et à l'interprétation. Nous visons donc, comme le mentionne Pesqueux (2020), « (...) *un contexte de découverte et de justification et non seulement celui de la seule justification.* ». De cette manière, cette attitude considère une éclosion de connaissances tout en

intégrant la notion de subjectivité, intrinsèque à l'interprétation. Cette démarche souligne le fait que, dans nos recherches, nous souhaitons saisir divers éléments constituant « l'objet » de notre recherche et donc la caractérisation de l'intensité d'usages et son évaluation au moyen d'un CIM.

Notre positionnement dans cette attitude se justifie également par la volonté d'établir un cadre théorique participant à l'élaboration intellectuelle de connaissances dans une optique d'éclaircissement des faits étudiés (Dépelteau, 2010). Les productions théoriques en urbanisme s'avérant peu courantes, nous souhaitons participer à l'enrichissement de ce champ afin de contribuer considérablement aux apports scientifiques, d'un point de vue théorique (Collectif Champ Libre ?, 2018). Cette attitude constructiviste se dégage également par la problématique abordée. En effet, nous souhaitons mener une recherche à la fois sur l'intensité et à la fois sur les potentiels usages des CIM en associant les différents acteurs du projet La Vallée à notre méthode d'évaluation de l'intensité, lui conférant aussi un attribut exploratoire.

4.1.2.2 Une recherche – action – exploratoire, financée en partie par le Projet E3S

4.1.2.2.A Une recherche-action

Le concept de recherche-action introduit par Kurt Lewin (Hess, 1981) a également été suggéré par John Collier en 1945 à la suite d'observations qu'il a réalisées lors de ces recherches (Collier, 1945). En effet, ce dernier avait remarqué que dans le cas où la recherche part d'une nécessité d'action, davantage de domaines et d'acteurs touchés étaient inclus dans le processus, découlant sur une production plus adaptée. Dans le domaine de l'urbanisme dans lequel nos recherches s'inscrivent, la recherche-action tente de contribuer à l'élaboration de savoirs relatifs aux espaces et à leur conception sur base d'événements et expérimentations des acteurs concernés, chercheurs inclus. À l'inverse de nombreux autres types de recherche, elle associe la théorie à la pratique. En ce sens, la théorie agit comme soutien de l'action ou à l'inverse provient de cette dernière. Selon Roy et Prévost (2013), trois caractéristiques peuvent être attribuées à l'action : elle est exécutée avec d'autres acteurs, elle se fonde sur un besoin de changement et d'intervenir et enfin, elle présente une dimension cyclique et itérative se réajustant au fil de la recherche. Dans le cas d'une recherche-action, aucun cadre méthodologique ne peut être préfixé étant donné qu'il découle instinctivement des échanges et investigations. Bien que la recherche-action et la recherche collaborative peuvent être distinguées (Morrissette, 2013), la recherche-action implique une coopération entre le chercheur et les autres acteurs engagés.

En affirmant que « (...) *toute recherche est recherche-action* », Bruno Latour (1997) situait aussi le métier de chercheur comme un métier d'action. Cette recherche l'est d'autant plus qu'elle s'intègre immédiatement dans un projet actif dans le champ professionnel, où l'opérationnalisation de nos théories est directement visée. Dans le domaine des sciences sociales, la vision de certains auteurs souligne que des progrès théoriques peuvent être mis en place au même moment que des transformations sociales (Allard-Poesi & Perret, 2003). Dans notre cas, la démarche de recherche-

action intègre dans le processus un panel d'acteurs impliqués dans un cadre étudié et leur offre l'opportunité d'effectuer un changement dans leurs pratiques avec l'aide du chercheur, de ses savoirs ou productions théoriques et/ou de ses expériences. Dans le cadre de notre recherche-action, une demande spécifique avait été commandée par la société Eiffage, à savoir explorer de potentielles utilisations du CIM de La Vallée produit. Par ailleurs, le financement pour moitié de la recherche n'a pas empiété sur notre liberté de développement du sujet ni sur les manières de mener la recherche-action.

L'avantage de la recherche-action est de munir le chercheur d'un milieu propice à une expertise qualitative dans une « *situation* » spécifique (cf.4.2.1.2). Comme le mentionne Florence Saint-Luc (2014), la recherche-action, dans n'importe quel domaine, donne au chercheur la possibilité de s'impliquer afin de l'instruire et de lui donner l'opportunité de transformer l'état de l'objet étudié. Ainsi, le chercheur peut se former à reconnaître ses propres besoins tout en conservant un lien avec le « terrain » d'application de l'action et formaliser une conduite afin d'aboutir à de possibles transformations. La pratique de la recherche-action peut être variable (Jouison-Laffitte, 2009). Dans ce sens, elle plonge le chercheur dans ses réflexions de sorte à le rendre créateur de sa démarche en fonction du développement d'actions spécifiques et de la rétroaction qu'il opère vers la théorie. À un niveau global, nous souhaitons concevoir à la fois un indice et une méthode pour l'évaluation de certaines variables de cet indice de sorte à conférer une nouvelle utilisation des modèles numériques 3D et d'offrir de nouvelles possibilités en termes de pratiques, spécifiquement au sujet des analyses urbaines dans le domaine de l'aménagement. C'est d'ailleurs cette optique de recherche-action qui influence la dynamique de la thèse et les étapes de la recherche, engendrant un processus itératif, provoquant des allers et retours continus entre production de connaissances et intégration d'un « changement » dans la pratique.

À côté de l'élaboration du manuscrit de thèse final, au sens strict du terme, d'autres activités et productions ont également contribué à la réalisation de nos résultats. Il est vrai que l'atteinte des objectifs précédemment abordés constitue un aboutissement fondamental à la recherche, étant donné le cadre de notre recherche. Cependant, il nous semble tout aussi important de souligner l'importance des autres missions effectuées qui ont nourri notre thèse. Ainsi la production de divers articles scientifiques, les participations à des conférences ou encore le partage de méthodes et outils constituent également des finalités. En effet, ces diverses productions ont contribué à l'établissement de notre processus de recherche en alimentant notre réflexion ainsi qu'en orientant et influant la formulation de notre problématique.

4.1.2.2.B Une recherche exploratoire

Notre parcours de recherche s'est dessiné au fil de l'insertion de nos découvertes et expérimentations pratiques dans l'établissement de nos réflexions scientifiques. Cette recherche peut ainsi être caractérisée d'exploratoire. En effet, nous avons débuté notre recherche en ayant une finalité concrète à apporter, issue de la démarche E3S, mais ne constituant toutefois pas l'unique orientation de la thèse

pour la construction de notre problématique. Des investigations au départ de la recherche ont permis de définir des angles de travail que nous allons pouvoir traiter. Des entretiens ont été réalisés au début de la thèse et ont permis d'établir de premiers constats concernant le manque d'informations sur l'utilisation potentielle des CIM dans la pratique ainsi que la non-formalisation du concept d'intensité urbaine, bien que certaines valeurs lui soient accordées par les praticiens. D'un point de vue orienté sur la littérature et comme exposé dans le Chapitre 2, peu de travaux traitent des méthodes pour évaluer l'intensité urbaine de façon générale et aucun ne formalise une vision unanime. D'un autre côté, aucun dispositif concret n'existe concernant les possibilités d'employer un modèle numérique 3D appelé CIM en relation avec l'intensité urbaine. Ainsi, la plupart des travaux abordent l'intensité de manière très ciblée qui ne peut être employée en l'état. En ce qui concerne les CIM, nous avons pu constater qu'ils sont rarement utilisés pour de telles analyses et évaluations urbaines, encore moins à l'échelle du quartier ou de l'espace public. Ces multiples découvertes et observations ont ainsi précisé notre problématique de recherche, qui s'est finalement fixée au terme de notre recherche-action. Enfin, il nous a été indispensable d'explorer les diverses données « terrain » issues à la fois de seconds entretiens, de documents référentiels et d'analyses de cas (pour la définition de l'intensité) ainsi que de l'immersion et l'analyse du CIM (pour les données disponibles). Toutes ces étapes se sont succédé au fil des résultats obtenus et des zones d'ombres nécessitant davantage d'éclaircissements. Nous notons également que notre attitude peut être qualifiée d'exploratoire, tant sur les thématiques que sur la manière dont nous les abordons, du fait de l'éventuelle ouverture à d'autres travaux pouvant possiblement enrichir, réorienter et valider l'objet de nos recherches et les résultats relatifs.

4.1.2.3 Une recherche en Génie urbain intégrant des réflexions de gestion et d'exploitation de données numériques

Notre travail de thèse dessine une certaine originalité grâce à son implication dans le domaine des Sciences de l'Information. Dans ce domaine au spectre assez varié, nous ciblons un apport concernant la gestion et l'exploitation des données numériques contenue au sein des modèles numériques 3D. Cette science est ouverte à de nombreuses autres disciplines et sujets très variés du point de vue de leur contenu et semble de plus en plus associée au génie urbain depuis l'introduction des Systèmes d'Informations. Harold Borko, qui a été président de l'American Society for Information Science (ASIS) et qui intègre aujourd'hui les technologies (ASIS&T), définit la Science de l'Information comme « [...] *la discipline qui étudie les propriétés et le comportement de l'information, les forces qui régissent le flux d'information et les moyens de traiter l'information pour en optimiser l'accessibilité et l'utilisation. Elle s'intéresse à l'ensemble des connaissances relatives à l'origine, la collecte, l'organisation, le stockage, la récupération, l'interprétation, la transmission, la transformation et l'utilisation de l'information. Cela inclut l'étude des représentations de l'information dans les systèmes naturels et artificiels, l'utilisation de codes pour une transmission efficace des messages, et l'étude des dispositifs et techniques de traitement de l'information tels que les ordinateurs et leurs systèmes de programmation.* »

Il nous semble judicieux de souligner **l'apport de ce croisement de discipline** dans notre recherche étant donné que :

- La complexité des sujets traités dans le domaine du Génie Urbain invite à s'appuyer sur des éléments d'information complémentaires dont les mises en œuvre se multiplient. Cependant, ces informations sont gérées la plupart du temps par des acteurs du domaine de la science de l'information, sans pour autant comprendre leur but ou leur finalité dans les domaines dans lesquels ces données sont modélisées. Dans notre cas, l'aménagement et la conception. Dans cette recherche, le Chapitre 7 illustre notre démarche où l'auteure, qui est architecte et chercheuse en Génie Urbain, **prend un rôle axé sur l'exploitation et la gestion des données de sorte à les adapter aux problématiques urbaines**. Dès lors, nous mettons à profit notre expertise accumulée par la réalisation des états de l'art ciblés sur les thématiques de travail, par les expérimentations réalisées ainsi que par la validation des résultats lors d'échanges avec des experts relatifs aux thématiques abordées et publications.
- Les opportunités offertes par la réflexion pluridisciplinaire intégrée à la démarche ouvrent de nouvelles portes entre les domaines afin d'éclairer des interrogations qui subsistent. Dans ce cadre, nous nous inspirons d'une démarche particulièrement adoptée en sciences sociales, à savoir **la pratique d'un « excursionnisme » dans ce domaine, modifiant notre rapport à la production de connaissance** (Schmitt, 2018). Le positionnement épistémologique constructiviste du chercheur, comme nous l'avons avancé précédemment, prend encore davantage de sens.
- Dans les diverses phases itératives de notre recherche, et notamment lors de réunion avec les différents acteurs en charge de la construction du modèle numérique 3D (CIM) mis à notre disposition, les échanges (à propos de la production, la gestion et l'exploitation des données) ont été facilités grâce à **une immersion au sein de ces réflexions et une appropriation de ce sujet**.
- Pour finir, l'établissement d'une méthode évaluant un indice destiné aux analyses urbaines grâce aux données contenues dans le CIM étant l'un des objectifs principaux de ce travail de thèse, **la connaissance dans le domaine architectural et urbanistique a soutenu un traitement pertinent des données tout au long de notre recherche**.

L'ensemble des objectifs précédemment énoncés ainsi que l'épistémologie et la méthodologie adoptée pour cette recherche mettent en évidence l'originalité de notre travail de thèse. En effet, celui-ci constitue à la fois une production de connaissances théoriques ainsi qu'une implication dans l'opérationnel grâce au projet E3S.

4.1.2.4 Les étapes de la recherche

Le processus de réalisation de cette thèse s'articule autour de diverses étapes, itératives et parfois dans une temporalité en parallèle, du fait du profil de notre recherche (recherche-action-exploratoire).

4.1.2.4.A Étape 1 : Orientation des thématiques de recherche

Le choix de la thématique primaire de recherche, qui est le CIM, s'est imposé de prime abord par les questionnements opérationnels et théoriques issus de la démarche E3S. Nous ne sommes donc pas « partis de rien » et avons utilisé cette thématique comme point de départ pour créer un sujet adapté à notre formation d'architecte à finalité spécialisée en urbanisme. Malgré « l'imposition » d'une partie du sujet de cette thèse liée au financement reçu par le projet E3S, nous avons été totalement libres de l'orienter comme nous le souhaitions. Ainsi, nous avons en premier lieu décidé de la direction que nous allions prendre dans cette thèse quant aux thématiques abordées. Comme expliqué dans l'introduction générale de la thèse, le besoin d'une planification plus soutenable, pérenne, vivable ainsi que l'intérêt porté à l'égard de processus de conception mis en pratique nous ont amenés à étudier des notions telles que l'intensification des espaces. Le sujet de recherche s'est à la suite coconstruit au fil de discussions réalisées entre les encadrants et la doctorante, soulevant des relations déjà établies avec des problématiques d'aménagement urbanistique.

4.1.2.4.B Étape 2 : Revue de la littérature, entretiens et exploration dans le CIM

La deuxième étape de notre démarche s'est édifiée à la suite de l'orientation choisie des thématiques, comprenant la structuration de la recherche au moyen d'une revue de littérature (Intensité urbaine et CIM) et d'entretiens réalisés en parallèle. La revue de littérature des deux thématiques s'est donc basée sur une recherche bibliographique des productions scientifiques déjà établies. D'une part, des savoirs et pratiques sur l'intensité et la vitalité urbaine de sorte à saisir les raisons de l'engouement à son propos et tenter de caractériser ce concept non défini. D'autre part, sur les modèles numériques de type CIM, en abordant tantôt les représentations de l'urbain existant avant les CIM et les caractéristiques sur lesquelles s'appuient depuis longtemps les urbanistes et tantôt la notion de DT (Digital Twin) inévitable dans l'étude du CIM. De plus, des entretiens portant sur l'intensité et sur les modèles sémantiques de type CIM ont permis d'affiner les propos concernant les thématiques et leurs caractéristiques. De cette manière, nous avons pu recueillir et cerner le point de vue à la fois des acteurs opérationnels (de diverses professions) en charge du projet La Vallée et à la fois des chercheurs. Cette étape a été indispensable à la formulation de notre problématique et de la construction de nos connaissances. L'imprégnation et l'exploration de la maquette CIM, afin d'en comprendre la structure et les données présentes, s'intègrent également dans cette seconde étape. En effet, grâce à l'intégration de nos recherches dans le projet E3S, nous avons eu un accès libre au CIM.

4.1.2.4.C Étape 3 : Définition de la problématique de recherche

Cette étape s'est construite et s'est affinée tout au long du processus de recherche de sorte à définir précisément l'objet de nos recherches et des connaissances produites par leur biais. Cependant, les grandes lignes de celle-ci sont apparues assez rapidement après le début des investigations des deux thématiques qui animent nos recherches, sans forcément être formulée précisément.

4.1.2.4.D Étape 4 : Design la recherche

En parallèle de ces diverses étapes, nous avons construit petit à petit le "*design*" de notre recherche (Royer & Zarlowski, 2014). Nous avons fait le choix de joindre deux approches complémentaires qui peuvent être reliées entre elles :

- Une **approche théorique** pour comprendre les principes favorisant l'intensité, préciser leurs implications dans la qualité de vie et cerner plus précisément les modèles sémantiques urbains. Cette approche s'est basée sur une revue bibliographique et l'analyse de guides et référentiels théoriques concernant l'aménagement durable et pérenne contribuant à la qualité de vie et à la satisfaction des besoins. Cette approche constitue une base de l'indice mis en place.
- Une **approche pratique** pouvant s'assimiler à une vision empirique. D'une part, cette approche permet de comprendre les critères d'opérationnalité des espaces induisant la viabilité des espaces et les caractéristiques clés des modèles sémantiques urbains étudiés. D'autre part, elle permet de proposer une vision croisée avec l'approche théorique des deux thématiques traitées. Cette approche repose principalement sur l'analyse de quartiers exemplaires en termes de qualité de vie faisant soit l'objet de récompense, soit l'objet d'enquêtes auprès des habitants tirés de travaux existants. D'un point de vue global ensuite, cette approche recouvre également les diverses expérimentations et calculs réalisés à partir du CIM à notre disposition ainsi que la pondération des critères repris dans les variables de l'indice.

4.1.2.4.E Étape 5 : Échanges avec les CIM managers, les modélisateurs et le directeur de projet

D'un point de vue temporel, cette étape en chevauche d'autres dans le cadre du processus de recherche. En fonction des données que nous avons et de l'établissement d'une version primaire de notre indicateur, divers échanges réguliers ont été organisés afin de faire évoluer tant la méthode d'évaluation que l'élaboration des diverses préconisations pour le CIM.

4.1.2.4.F Étape 6 : Établissement des diverses connaissances construites

Cette étape concerne la construction de connaissances réalisée au fur et à mesure de l'avancement des autres étapes de la recherche. Ces connaissances formalisées permettent de répondre à notre problématique de recherche en formalisant d'abord un indice d'intensité, basé sur des entretiens et analyses variées de « bonnes pratiques » ainsi que sur des documents théoriques (Guides et référentiels). Et ensuite, d'une méthode et des recommandations pour l'évaluation de l'indice reposant sur divers entretiens, questionnaires et expérimentations de notre part.

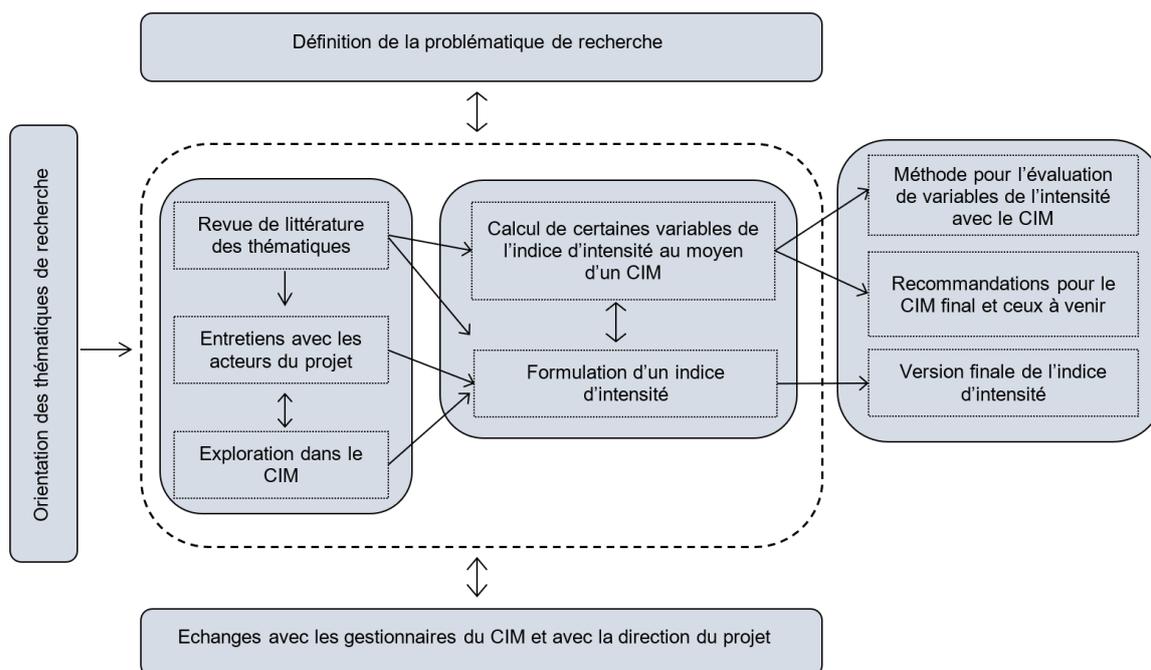


Figure 49 : Schéma des étapes de la recherche d'après Deprêtre et Jacquinod (2021)

4.1.2.5 Variation des méthodes d'accès aux données

Les objectifs scientifiques de notre recherche étant multiples et variés, les méthodes de recueil de données ont dû l'être tout autant. En effet, l'origine des données à récolter du point de vue de leur nature étant très différente en fonction des domaines étudiés, nous nous sommes appuyés sur plusieurs méthodes de recueil. Comme abordé précédemment, notre positionnement se revendique comme une recherche-action, avec une implication de notre part dans la démarche E3S. Cependant, nous avons délibérément choisi de ne pas inclure l'observation (participante ou non) dans les méthodes de recueil de données, du fait du manque d'immersion dans la sphère de travail, bien que nous ayons participé à de nombreuses réunions concernant les données produites dans le CIM de La Vallée.

Les données recueillies, en raison de la variété des objectifs de la recherche, sont très hétéroclites notamment à cause de leur nature très différente. En effet, parmi les données rassemblées, nous comptons des discours, des documents officiels dont la diffusion présente des degrés variés, des données numériques issues de modélisations de projet ou encore des données formalisées sur base de documents graphiques et descriptifs. Le panel de données semble constituer un atout pour la qualité de la recherche bien que parfois, il engage les connaissances et l'attitude du chercheur. Nous avons donc pour chaque analyse de données, aussi variées qu'elle soit, présenté nos résultats lors de comité de suivi de la thèse constitué de membres compétents en la matière, lors de réunions et de diffusion de la recherche au sein du projet E3S afin d'obtenir leur retour ainsi que lors de conférences et de publication d'articles scientifiques évalués par les pairs.

4.1.2.5.A Les entretiens

Durant notre travail de recherche, nous avons réalisé divers entretiens afin de recueillir divers types de données, touchant des acteurs variés. La réalisation d'entretiens se justifie par leur contribution au développement de connaissances privilégiant des approches qualitatives et se rattachant particulièrement à la posture constructiviste. En effet, les entretiens permettent de « *saisir le sens d'un phénomène complexe tel qu'il est perçu par les participants et le chercheur dans une dynamique de co-construction du sens* » (Imbert, 2010, p. 25). La première catégorie d'entretiens a été utile pour compléter une première exploration de la littérature et donc accéder à des données concernant les connaissances du concept d'intensité urbaine et des modèles numériques 3D de type CIM. La seconde catégorie d'entretiens a quant à elle contribué à l'exploration à la fois des potentiels apports des CIM dans le domaine de l'aménagement et à la fois des conséquences de leur mise en œuvre pour les acteurs impliqués sur base d'un retour d'expérience.

- Première catégorie d'entretiens – connaissance du concept d'intensité urbaine et des CIM

➤ Méthodes d'entretien

Étant donné la situation de crise sanitaire liée à la COVID-19, les entretiens ont été exclusivement menés en ligne grâce à une plateforme de visioconférence. La réalisation des entretiens s'est donc déroulée en parallèle d'autres actions et selon les disponibilités de ces acteurs. Les entretiens ont été enregistrés afin de pouvoir les retranscrire de façon optimale et fidèle pour leur analyse.

Ces entretiens anonymisés ont été menés selon un cadre semi-directif, particulièrement courants en recherche qualitative selon Chevalier et Meyer (2018), afin de garantir un traitement qualitatif des informations. Le cadre semi-structuré de ces entretiens permet une certaine souplesse tout en ayant un fil conducteur précis. Grâce à un guide d'entretien (Annexe 1), les questions, intitulées sous forme de questions semi-ouvertes, ont été subdivisées en diverses thématiques correspondant chacune à un objectif de connaissance. Toutefois, il est à noter que ce type d'entretien complexifie l'analyse et l'interprétation de résultats. En effet, en raison de la liberté d'expression qu'il permet, les discours sont très variés et la comparaison de ceux-ci est particulièrement ardue.

L'objectif de ces entretiens est tout d'abord d'enrichir les données issues de l'état de l'art à la fois sur la vision de l'intensité urbaine et à la fois sur les modèles numériques 3D. Ensuite, un autre objectif consistait à comprendre les besoins, relatifs à chaque typologie d'acteurs, afin de préciser nos objectifs de recherche.

Le guide d'entretien semi-dirigé s'est construit autour de quatre points distincts, dont les questions étaient semi-ouvertes de sorte à aiguiller l'interviewé vers nos objectifs de réponse, mais lui laissant une possibilité d'ouverture de ses pensées :

Une introduction :

Celle-ci a permis de dresser le profil de l'interviewé du point de vue de ses formations et compétences, mais aussi de comprendre son rôle au sein du projet de La Vallée.

La connaissance et image de l'intensité urbaine

Dans un second temps, nous avons tenté de comprendre si l'interviewé connaissait le concept d'intensité urbaine et comment il le visualisait/l'employait au sein de son domaine professionnel. Nous souhaitions également comprendre comment ce concept pouvait être évalué, selon lui, et comment cette mesure pouvait être pertinente en fonction de son domaine d'expertise.

Les besoins et l'utilité de l'intensité urbaine relatifs à la fonction de l'acteur :

Cette partie de l'entretien concernait principalement les apports de notre recherche et le cadre de notre intervention. Nous avons d'abord tenté de cerner les besoins par rapport au concept d'intensité urbaine afin de centrer notre définition de l'intensité en fonction de ces acteurs. Par la suite, la question de la valeur portée vis-à-vis de notre sujet de recherche s'est instinctivement dessinée, de sorte à saisir les objectifs attendus par les acteurs concernant notre travail de thèse.

La connaissance du CIM et ses usages actuels et potentiels :

Un panel de questions concernait également la maquette CIM et plus particulièrement celle de La Vallée afin de cerner la connaissance vis-à-vis de ces outils, son utilité ainsi que son potentiel en fonction des acteurs. Nous avons également abordé le sujet de la transition vers des outils tels que le CIM ainsi que l'ouverture des acteurs à leur utilisation dans leurs pratiques.

➤ Échantillon :

Les entretiens menés cernent certains acteurs impliqués dans le projet La Vallée. Cette première catégorie d'entretien a permis d'interroger cinq acteurs majeurs du projet La Vallée. Initialement, l'objectif était d'interroger davantage d'acteurs, mais les conditions sanitaires engrangeant de nombreux retards ont perturbé le calendrier et compromis la réalisation de certaines interviews. La deuxième catégorie d'entretiens a cependant permis de rattraper ce manque.

Nous avons ciblé nos interviews sur divers acteurs de la maîtrise d'ouvrage (MOA) et d'œuvre (MOE) en interrogeant :

- Des acteurs responsables du CIM Management : dont la mission concerne la compilation de l'ensemble des maquettes numériques afin de développer le CIM
- Un directeur des programmes : dont les tâches concernent le développement et la coordination technique financière et juridique
- Un responsable de l'innovation : dont le travail concerne le développement de la recherche et de l'innovation dans la programmation

- Un acteur de la maîtrise d'œuvre des espaces publics : dont le rôle concerne l'aménagement des espaces publics et paysagers à l'échelle du quartier

Les entretiens durent approximativement 1 h 30 et ont été retranscrits afin de réaliser une analyse structurée déclinée en divers modules, à savoir les caractéristiques associées à l'intensité urbaine, les méthodes pour son évaluation, les besoins précis des acteurs concernant l'intensité et les CIM, le niveau de connaissance des CIM, les différentes utilisations possibles du CIM et enfin, l'inclusion des CIM dans leurs pratiques et leur potentiel. Les diverses informations recueillies lors de ces entretiens ont été, au fur et à mesure de leur réalisation et analyse, intégrées dans nos recherches afin de les enrichir. En effet, certaines informations issues de ces entretiens sont reprises dans les chapitres 2 et 3. Les résultats issus de l'analyse de la première catégorie d'entretiens est consultable dans l'Annexe 2.

- **Seconde catégorie d'entretiens – apports et conséquences de la mise en œuvre de CIM pour les acteurs concernés**

➤ **Méthodes d'entretien**

La grande variété des acteurs, de leur localisation et de leur calendrier nous a poussés à réaliser ces entretiens de façon identique à la première catégorie d'entretiens, c'est-à-dire en visioconférences anonymisées et enregistrées.

L'approche semi-directive a à nouveau été choisie pour réaliser ces entretiens. Cependant, pour ces interviews faisant l'objet d'une publication, l'auteure du présent travail a été accompagnée d'un autre chercheur travaillant dans le cadre de la démarche E3S³. Un second guide d'entretien (Annexe 3) a été réalisé, toujours par thématique, en formulant les questions de façon semi-ouverte. Ces entretiens exploratoires ont été réalisés d'une part pour compléter la première catégorie d'entretiens, mais aussi afin de comprendre l'apport et l'implication des modèles numériques 3D de type CIM dans l'écosystème d'acteur du projet La Vallée et dans la pratique en général.

Le second guide d'entretien s'est construit autour de quatre points distincts, dont les questions étaient semi-ouvertes, de sorte à aiguiller l'interviewé vers nos objectifs de réponses, mais lui laissant une liberté d'expression.

Les données personnelles :

Elles permettent de poser un cadre et contextualiser sa formation, son rôle et ses compétences dans le projet.

³ Alexandre Mielniczek, Doctorant rattaché au LASTIG ainsi qu'au laboratoire NAVIER (ENPC)

Une introduction :

Qui contextualise la raison de l'établissement d'un CIM pour le quartier La Vallée. Dans ce cadre, nous ciblons les données d'entrées fournies à ces acteurs, mais aussi l'accompagnement dont ils ont bénéficié ou qu'ils ont sollicité pour le projet.

L'établissement de définitions par les interviewés :

Les questions posées dans cette thématique concernent les connaissances et les significations associées à certains concepts par les interviewés. Nous les questionnons sur leur définition d'un CIM, mais également sur les caractéristiques qu'ils leur associent ou encore les différences avec d'autres modèles numériques.

Les usages pensés ou pratiqués des CIM :

Cette thématique tente de pointer comment sont utilisés les CIM dans la pratique des interviewés, leurs apports dans leur organisation et dans leur rôle ou encore les différences remarquées entre les outils de la démarche CIM avec les outils traditionnellement utilisés, c'est-à-dire en dehors d'un cadre comme la démarche E3S.

Les variations dans le positionnement des acteurs du projet :

L'objectif des questions posées à ce stade de l'entretien concerne l'évolution dans le positionnement des acteurs à la fois dans leur organisation ou entreprise et à la fois avec les autres acteurs actifs dans la démarche CIM. Une attention est aussi portée sur l'intérêt et l'impact du CIM du point de vue de la gestion d'acteurs.

La connaissance de la structure et des normes des CIM :

Les questions de cette thématique sont destinées à mettre en lumière si les acteurs travaillant dans une démarche CIM sont des sachants ou manquent de formations / connaissances à propos des modèles numériques 3D de type CIM, du point de vue des aspects normatifs. Nous abordons également le niveau d'enrichissement du CIM par les acteurs et l'utilité qu'il leur apporte dans leurs missions.

Les perspectives :

Nous nous intéressons également à l'avenir des CIM en général lors des entretiens, mais plus particulièrement leur adoption par les acteurs. Nous questionnons aussi les acteurs concernant la diffusion des données de façon « ouverte » ou encore leurs perspectives pour la conception et les analyses de demain.

➤ Échantillon :

L'échantillon ciblé pour cette deuxième catégorie d'entretien est toujours basé sur les acteurs gravitant autour du projet de La Vallée dans la démarche E3S. Cependant, le panel est bien plus fourni que pour

la première catégorie d'entretiens. Pour cette catégorie, nous avons réalisé des entretiens avec 9 acteurs qui font partie soit de la MOA, soit de la MOE.

Les acteurs que nous avons interrogés sont :

- Un chargé d'étude
- Un directeur d'agence
- Un paysagiste
- Un géomètre
- Un chef de projet urbain
- Des architectes
- Un chargé de BIM
- Un BIM Manager
- Un responsable technique

Les entretiens ont duré entre 45 minutes et 1 h 30 et ont ensuite été retranscrits afin de réaliser une analyse la plus complète possible permettant de formuler des constats. Cette série d'entretiens a été réalisée sur la fin de la thèse, de sorte à cerner les possibilités et les perspectives possibles, notamment au niveau des CIM. Les éléments recueillis concernent majoritairement le chapitre 7. Les discours recueillis ainsi que la synthèse de ces entretiens peuvent être retrouvés dans l'Annexe 4 et l'Annexe 5.

4.1.2.5.B Les études de cas

D'autres données nécessaires tant pour l'état de l'art des notions abordées, à savoir l'intensité urbaine et les modèles numériques tridimensionnels, que pour nos objectifs de recherches sont issues de diverses études de cas variées. Barlatier (2018) considère que les études de cas ne sont pas associées directement au recueil de données, mais les considère davantage comme une méthode s'appropriant plusieurs techniques de rassemblement d'informations. Il précise également que les données issues des études de cas sont particulièrement substantielles. De plus, ce type de méthode a été choisi en raison de la capacité de répondre à des questions simples (comment, pourquoi, ...) à partir d'exemples concrets de sorte à multiplier les connaissances.

- Piliers de l'état de l'art

Concernant l'état de l'art du concept d'intensité urbaine (Chapitre 2), nous avons étudié la littérature sur le sujet, mais avons également trouvé pertinent de s'intéresser **aux applications opérationnelles revendiquées comme « Bonnes pratiques »**. Ces quartiers ont été sélectionnés dans un premier temps sur base de discours, d'articles scientifiques et de récompenses/labels les revendiquant comme leviers d'intensité urbaine grâce à leur mise en œuvre. Les différents quartiers choisis s'étendent aussi des surfaces variées afin d'étudier les divergences liées à leur importance. Enfin, l'ensemble des

quartiers devaient présenter une programmation mixte comprenant au minimum du résidentiel et des activités au sein du quartier.

Afin de mieux percevoir les différences techniques des différentes modélisations numériques 3D, nous avons également enrichi la littérature scientifique grâce à l'étude **de mises en œuvre existantes de modèles labellisés CIM ou Digital Twin** (Chapitre 3). Ces cas ont été choisis en raison de l'étiquette qui leur a été attribuée par leurs concepteurs ainsi que par leur portée large, à savoir la représentation d'espaces autre que l'échelle du bâtiment. Concernant leur analyse, elle a été réalisée sur base de documents réalisés par les concepteurs explicitant la majorité des détails techniques concernant leur mise en œuvre.

- **Piliers des résultats**

Concernant notre production de résultat et nos objectifs, nous avons également choisi de nous appuyer sur des études de cas pour la formulation de l'indice développé dans ce travail de thèse. **Nous nous sommes appuyés sur des documents sous forme de référentiels, de guides et de certifications considérés comme des outils théoriques de conception qualitative et durable.** Nous détaillons plus largement les critères de sélection de ces outils, la méthode d'analyse ainsi que les données recueillies et comment nous les avons intégrées dans nos recherches, dans le Chapitre 5, étant donné l'importance de cette procédure pour notre travail.

Enfin, toujours concernant nos résultats pour ce travail, **nous avons étudié deux quartiers de référence existants.** Le premier ayant reçu un award exposant sa haute qualité et le second étant revendiqué comme exemplaire et contribuant à la bonne qualité de vie de ses habitants selon divers documents officiels. Les méthodes de sélections d'analyses, le recueil de données ainsi que leur incorporation dans nos résultats font également partie du Chapitre 5.

4.1.2.5.C **Les questionnaires**

La méthode de recueil par questionnaire a été mise en œuvre dans cette recherche afin d'obtenir des informations nécessaires à la pondération des constituants de certaines variables de l'indice (Chapitre 8). Le questionnaire mis en place est exploratoire et a été établi de sorte à recueillir le ressenti direct d'habitants de quartiers urbains, de façon inductive. Les questionnaires exploratoires permettent notamment de cerner des influences contextuelles ou circonstancielles ou encore de mettre en évidence et comprendre les points de vue (Moscarola, 2018). À la façon de la « *Grounded Theory* », le questionnaire exploratoire permet de faire ressortir des éléments grâce à l'expérience réelle issue du terrain plutôt que sur base de la théorie.

Le questionnaire exploratoire est constitué de questions précises, relatives aux éléments constituant notre indice, et systématiques ainsi que de propositions établies que le répondant devra choisir. Sa

première formulation a été testée sur un premier panel expérimental afin de s'assurer de la bonne compréhension des diverses questions. Après diverses corrections, le questionnaire a été diffusé sur différents groupes de réseaux sociaux ainsi que sur les boîtes mail universitaires. Nous expliquons en détail dans le chapitre 8 comment le questionnaire a nourri nos recherches et nos résultats. Il est disponible dans l'Annexe 9.

4.1.2.5.D Les expérimentations

Tout comme pour les questionnaires et certaines études de cas, les objectifs visés par la méthode des expérimentations répondent à un besoin pour la formulation de nos résultats. En effet, l'objectif d'une partie des expérimentations était **de découvrir et d'investiguer le CIM afin d'en ressortir des données pertinentes pour répondre à notre problématique de recherche**. Ces expérimentations ont été réalisées par l'auteure de ce travail et ont duré plusieurs mois afin d'aboutir à des résultats exploitables. Bien que nous exposions brièvement le déroulement de ces expérimentations ici, elles sont détaillées dans le chapitre 7 et 8.

Les premières expérimentations ont tout d'abord permis **d'interroger le modèle mis à notre disposition afin de découvrir les données utiles à nos objectifs de recherche et plus particulièrement comment le CIM peut soutenir l'évaluation des variables de l'indice mis en place**. Pour réaliser cette première expérimentation, des outils ouverts tels que EveBIM ou encore BIMVision ont été employés. Cette phase d'expérimentation a permis, grâce à divers processus de filtration et d'extraction, de constituer notre base de données de travail comportant à la fois des données géométriques et sémantiques au format .ifc.

Les bases de données produites durant la première phase d'expérimentations ont été la source d'une seconde phase d'expérimentation destinée à **rendre les données exploitables dans un logiciel SIG afin de réaliser la troisième phase d'expérimentation**. Grâce à l'aide d'une personne compétente en traduction de formats, ces données ont été traduites du .ifc au SHP. grâce au logiciel FME. Ensuite, les données ont été remises en œuvre dans le logiciel SIG ArcGIS qui n'est pas ouvert, mais qui a été nécessaire pour la réalisation de notre troisième phase d'expérimentation. L'intégration des données dans ce logiciel a permis de créer une maquette de travail propre pour la suite de la recherche.

La troisième et dernière phase d'expérimentation a permis **l'établissement d'une partie de la méthode de façon automatisable** en réalisant les différents calculs nécessaires pour évaluer les variables de l'indice. Cette dernière a été mise en place sur base des données issues du CIM de La Vallée qui était mis à notre disposition. La dernière expérimentation a également permis le **développement d'une méthode de pondération des critères de l'indice**.

4.2 DÉMARCHE DE LA RECHERCHE

« *Heureux qui a pu pénétrer la raison des choses.* »

Virgile, *Géorgiques*, II, 489

4.2.1 MOTIFS ET DEROULE DE LA RECHERCHE

Nous souhaitons dans ce point exposer les détails de notre recherche et plus précisément, autour de quelles intentions nous avons dessiné notre projet de connaissances. Ensuite, nous évoquons les diverses raisons d'existence de notre recherche-action, les événements qui l'ont ponctuée ainsi que les réalités auxquelles nous avons dû faire face. Aborder ces éléments permet d'informer le lecteur sur les résultats de la recherche et leur aboutissement.

4.2.1.1 Élaboration d'une intention pour la recherche

Notre attitude dans ce travail de thèse se veut constructiviste, induisant ainsi la formalisation d'un processus de recherche précis cadrant notre travail (Giordano & Jolibert, 2008). L'intention au cœur de notre recherche a été introduite à la suite d'une double volonté englobant la réalisation d'analyses urbaines plus globales et adaptées aux enjeux actuels ainsi que la découverte des possibilités des modélisations numériques 3D à l'échelle urbaine pour les réaliser. Cette intention nous a ainsi menés à développer un indice d'intensité spécifique reposant sur diverses variables, dont l'élaboration est détaillée aux chapitres 5 et 6, ainsi qu'à exploiter les données présentes dans les modélisations urbaines 3D numériques, dont le processus est exposé aux chapitres 7 et 8. Nous avons souhaité dans ce travail produire des changements selon deux approches distinctes :

- **Au niveau opérationnel** en construisant un outil destiné à analyser des aménagements en adéquation à la situation actuelle en proposant de les instrumenter de façon innovante.
- **Au niveau scientifique** en définissant un concept qui ne l'est actuellement pas et en le développant et formalisant selon une approche pertinente (intensité urbaine). Mais aussi en ouvrant de nouvelles perspectives quant au potentiel de certains modèles numériques 3D, notamment les CIM.

L'intention animant cette recherche s'est donc basée sur des questionnements regroupant à la fois de la matière théorique comme les documents issus de la littérature ou les référentiels ; pratique comme les études de cas divers et variés ainsi que les expérimentations ; méthodologiques concernant les outils traditionnellement employés pour la réalisation d'analyse urbaine ou pour la mesure de l'intensité urbaine. En contrepartie, nous estimons que notre recherche a permis de construire un matériau théorique comme un indice formalisé et définissant un concept global pertinent ; pratique en développant une méthode utilisant les données de modèles numériques 3D urbains pour l'évaluation

des variables de l'indice formalisé ; méthodologique en s'inscrivant dans une démarche rassemblant à la fois praticiens et chercheurs au sein d'un même écosystème.

4.2.1.2 Description de la « situation »

Dans le domaine des sciences humaines et sociales, la notion de « situation » est largement retrouvée. Elle fait d'ailleurs partie intégrante de travaux de célèbres sociologues, notamment de l'École de Chicago, mais également d'autres comme le sociologue polonais Znaniecki (Pesce, 2019). La description de la situation revient à saisir l'origine des actions en examinant les raisons de cette situation ainsi que les contextes dans lesquelles elle s'est déroulée.

4.2.1.2.A Quelles raisons ?

Il existe plusieurs raisons différentes, en fonction des parties prenantes, à l'origine de la recherche-action dans laquelle s'inscrit ce travail de thèse. Selon nous, il en existe deux majoritaires, relatives aux acteurs impliqués dans cette recherche.

- Pour la démarche E3S

Il était question de développer de nouveaux usages innovants et encore inconnus pour le CIM développé dans le cadre de la construction de l'Écoquartier La Vallée et de développer des pistes d'amélioration de la maquette en conséquence.

- Pour la doctorante et ses encadrants

Les ambitions concernaient le développement d'une notion particulièrement discutée qu'est l'intensité urbaine et sa formalisation précise. Une prise en compte plus globale des enjeux actuels dans la conception que celle retrouvée avec les outils actuels pour la réalisation d'analyses urbaines était un premier angle d'approche. En ce sens, d'idée majeure était d'étoffer le panel de moyen de réaliser des analyses urbaines en introduisant un outil multicritère.

4.2.1.2.B Dans quelles conditions ?

La recherche-action donne l'opportunité d'accéder à un environnement d'échange et d'action, ce qui n'est pas forcément le cas dans d'autres types de recherches. Cependant les conditions de la réalisation d'une recherche-action peuvent varier en fonction de diverses conditions. Ces conditions peuvent notamment expliquer certains choix, les positionnements ainsi que les limites qui ont été établies dans notre recherche. Nous avons recensé trois grandes catégories de conditions relatives à notre recherche qui ont eu un impact sur le déroulé des opérations.

- **Des conditions de crise sanitaire**

La recherche doctorale a été conduite durant une période qui a bousculé le monde entier, nos habitudes et les manières de travailler habituelles. La recherche doctorale ayant pris cours durant le mois d'octobre 2019, les modes de fonctionnement classiques se sont vu prendre un tournant drastique après seulement cinq mois de recherche. Cette situation a perturbé les dispositions de nombreux acteurs inscrits dans le cadre de l'écoquartier La Vallée, se répercutant sur nos actions. En effet, la crise a compliqué les échanges, voire submergé certains acteurs en raison des retards accumulés en raison de la crise. Notre première série d'entretiens a notamment été sérieusement perturbée et n'a jamais pu être menée telle que nous l'avions imaginé, bien que nous ayons trouvé d'autres moyens pour les compléter.

La période de crise a également été synonyme de confinements et donc d'impossibilité durant de nombreux mois de se rendre en présentiel à divers endroits. Qu'il s'agisse des réunions autour du projet La Vallée ou encore d'autres échanges plus informels. Cependant, les différents acteurs se sont acclimatés à de nouvelles manières de travailler et d'échanger grâce à divers outils, devenus communs aujourd'hui, comme les visioconférences et les nombreux échanges de documents et plateformes. Ces confinements ont d'ailleurs été la raison majeure de la réalisation des entretiens en ligne.

Il est à retenir que, contrairement à ce que l'on peut penser, les divers acteurs de la démarche qui nous étaient essentiels pour atteindre nos objectifs n'ont jamais été désintéressés par notre travail bien qu'ils aient accumulé des retards et multiplié les réunions. Certes, le travail a certainement été rendu plus complexe et a requis davantage d'énergie par rapport à une situation traditionnelle, mais jamais nous n'avons été écartés ou exclus de la démarche. Les divers acteurs et intervenants impliqués dans la démarche E3S ont d'ailleurs été majoritairement enchantés à propos des recherches menées dans le cadre des divers ateliers.

- **Des conditions d'acteurs hétérogènes et évolutifs**

La conception de l'écoquartier de la vallée étant un projet étalé sur de nombreuses années, il a impliqué une évolution dans les acteurs. En effet, nous avons dû, à certains moments, construire de nouvelles choses avec de nouvelles personnes qui n'étaient pas initialement sur le projet en nous adaptant. Cette évolution d'acteurs a parfois été contraignante pour certains de nos questionnements, qui n'ont pas toujours trouvé des réponses, mais ne nous a pas empêchés de mener à bien nos recherches grâce à des échanges nouveaux et des approches adaptées.

L'hétérogénéité des acteurs et leur appartenance à diverses organisations rassemblées conceptuellement, mais non géographiquement autour du projet, est également à souligner. En effet, elle a, elle aussi, impliqué l'emploi de méthodes agrégeant les différents acteurs au même endroit en impactant le moins possible les horaires par le biais de la visioconférence. Notre deuxième catégorie d'entretiens, réalisée auprès de nombreux acteurs, a aussi été réalisée en un temps particulièrement optimisé, à la fois pour les intervenants que pour la doctorante grâce à la flexibilité permise de ces outils.

- **Des conditions techniques**

Durant notre recherche, il a été indispensable de saisir les diverses subtilités techniques intrinsèques au développement d'un modèle numérique 3D de type CIM, réalisé par divers intervenants dans un contexte d'émergence de ces modèles. Cependant, l'élaboration de ce CIM a rassemblé une variété d'acteurs dont les aboutissants consistaient en une production enrichie, relative aux divers domaines des acteurs, valorisant le CIM et la démarche.

Ce cadre rassemblant de nombreux acteurs a naturellement affecté notre recherche et notre démarche. En effet, nous avons dû surmonter des problématiques d'incompréhension concernant, d'une part, la variété des pratiques des divers acteurs et, d'autre part, les notions techniques variées et éloignées du domaine initial de l'auteure. Cette compréhension a constitué un passage obligé afin de pouvoir réaliser des échanges pertinents et ne pas être mis de côté par les différents intervenants impliqués.

Dans un autre registre, la recherche portant en partie sur des modélisations numériques à l'échelle urbaine, les données accumulées dans ces modèles requièrent des machines capables de supporter une telle lourdeur. L'arrivée tardive d'un équipement adapté a donc également eu un impact sur le calendrier de notre recherche.

4.2.1.2.C **Quels bénéfices et occasions pour les parties prenantes**

- **Le cadre de la démarche E3S**

L'intégration de notre travail de thèse dans le cadre de la démarche E3S a inévitablement orienté notre recherche-action. En effet, la démarche étant pilotée conjointement par Eiffage et l'I-site FUTURE, les différents acteurs qui ont influencé l'enrichissement de cette recherche ont donc dépendu de l'entreprise Eiffage et de la construction de l'Écoquartier La Vallée.

Dans ce cadre, autant l'entreprise Eiffage que les autres intervenants du projet E3S n'ont jamais constitué d'obstacle à la mise en œuvre de notre recherche-action, bien du contraire. En effet, tout au long de la réalisation de cette thèse, l'entreprise Eiffage a vivement accueilli l'ensemble de notre démarche et de nos propositions, convaincue de l'apport de notre recherche dans leurs propres tâches et travaux.

- **La doctorante et les intervenants concernés**

Le rôle extérieur de l'auteure, bien qu'impliquée dans la recherche, a induit un positionnement d'écoute et de prise en compte des discours optimistes, des réclamations et parfois des insatisfactions liées aux activités des intervenants dans le projet La Vallée. Lors des entretiens notamment, nous avons eu l'occasion de recueillir des témoignages et expressions qu'il nous aurait été impossible d'acquérir en dehors de la démarche E3S. Ce partage d'informations et d'expressions a d'ailleurs alimenté notre travail et assis l'apport de notre démarche de recherche auprès de ces intervenants.

4.2.1.2.D Quel encadrement dans la recherche-action ?

- **Les directeurs et co-directeurs de thèse**

L'encadrement de la thèse a été réalisé par trois chercheurs d'horizons divers et donc de domaines variés (L'Architecture, le Génie Urbain et les Sciences de l'Information Géographiques). La recherche mise en place dans ce travail de thèse a donc été enrichie par une triple voie disciplinaire.

- **Les comités de thèse et de suivi**

Le premier comité, celui d'encadrement de la thèse, était constitué de trois encadrants supplémentaires aux trois directeurs, comportant un membre externe et deux autres membres internes aux universités de cotutelle, ainsi que de la doctorante. Chacun des membres du comité de thèse a été choisi pour son expertise relative aux thématiques de la recherche. Chaque année, une rencontre abordait en détail les avancées et résultats aussi bien théoriques que pratiques de la recherche afin de les faire mûrir, les discuter et les valider. Le second comité, celui de suivi individuel, rassemblait deux membres du laboratoire de recherche de l'une des universités de la cotutelle, mais externe au comité de thèse, ainsi que la doctorante. Ce comité veillait, avec un regard externe à la recherche, au bon déroulement de la thèse ainsi qu'à la pertinence et la complétude des recherches.

- **Les intervenants impliqués dans la démarche E3S**

Lors de réunions convenues à cet effet ou lors d'événements intrinsèques à la démarche E3S, les résultats théoriques et pratiques intermédiaires issus de la recherche ont été présentés aux divers acteurs impliqués dans le projet La Vallée et dans la démarche E3S. Ces présentations ont permis de confronter à la fois les visions de la doctorante conçues sur base de la littérature, de ses intentions et de ses expérimentations avec celles des divers acteurs autour de la table.

4.2.1.2.E Quels principes de démarche intellectuelle et scientifique ?

Dans le domaine des sciences sociales, certains principes sont reconnus comme faisant la particularité de la posture du chercheur dans la recherche-action et la qualité scientifique des productions. Nous exposons ci-après les principaux que Hatchuel (1994) a mis en avant dans ses recherches.

- **La rationalité**

Ce premier principe informe sur le fait qu'un chercheur n'a pas la science infuse, mais participe au développement raisonné de productions qui peuvent être imaginées ou matériel de la réalité. Pour Hatchuel (1994, p. 68) « *Un tel principe ne se suffit ainsi ni de la mise en place des conditions d'un « bon » dialogue entre les acteurs, ni de l'existence de savoirs valides et efficaces : il pose que c'est leur mise en compatibilité qui constitue véritablement l'effort de rationalisation.* ». Selon Philippe Mongin (2002, p. 302), « *Chaque fois que nous envisageons le comportement humain sous l'angle de l'action, et plus précisément de l'action obéissant à des raisons, nous appliquons le principe de rationalité.* ». Ce

principe correspond à l'acceptabilité des productions des chercheurs dans le cadre de la recherche. Dans le cas de notre recherche, ce principe se situe au niveau de l'adéquation entre les décisions prises et les connaissances mises en place avec les pratiques et savoirs existants des divers acteurs. Nous avons donc, au fil des réunions présentant nos avancées, considéré les diverses réactions des acteurs concernés afin de formaliser des actions s'inscrivant dans une démarche de rationalité.

- **L'inachèvement**

Étant lié à la rationalité étant donné qu'il est la conséquence de la non-connaissance universelle, ce principe souligne que le parcours et les résultats d'une recherche-action ne peuvent être déterminés totalement en avance. Hatchuel (1994, p. 68) affirme que « *Certains acteurs peuvent en être les initiateurs, ils ne peuvent en être les maîtres. Si cela était le cas, cela signifierait tout simplement qu'aucune production de connaissances nouvelle n'est possible, qu'aucun point de vue n'est à découvrir.* ». Bien que ce travail soit présenté selon une démarche bien précise, notre parcours intellectuel et scientifique s'est, quant à lui, précisé au fil de la recherche. Les objectifs auxquels nous voulions répondre ont émergé très tôt dans la démarche de recherche-action, mais les résultats escomptés n'ont été révélés que graduellement. Aussi, il a été indispensable d'établir un moment de présentation des résultats auxquels nous avons abouti, en les considérant comme ouvrant d'autres pistes de recherches.

- **La scientificité et l'isonomie**

En ce qui concerne le principe de scientificité, Hatchuel (1994, p. 68) le décrit comme une répercussion de la méthodologie relative au principe de rationalité. En ce sens, le même auteur précise qu'il est impensable de réfléchir à de nouvelles connaissances sans les remettre en question en adoptant une posture critique, qu'importe le sujet de cette connaissance (Hatchuel, 1994). C'est pourquoi, à divers moments de notre recherche, nous avons approfondi nos questionnements concernant la validité de nos productions théoriques et pratiques. Ces remises en question ont notamment dessiné les divers freins et débouchés relatifs à notre démarche et orienté les choix pour lesquels nous avons opté durant ce travail de thèse. Le principe d'isonomie, qui est similaire à la scientificité, consiste à prendre en compte les points de vue de l'ensemble des acteurs impliqués dans la recherche-action. Dans notre cas, les diverses réunions réalisées avec les autres intervenants du projet E3S nous ont permis de porter une attention particulière aux discours des autres parties concernées.

- **Les deux niveaux d'interaction :**

Ce principe est directement relatif à l'action dans la recherche (Hatchuel, 1994). Le premier niveau est le dispositif d'intervention qui induit la création de nouvelles relations avec les acteurs de la démarche au fil de l'action. Le second niveau est la démarche de connaissance et concerne le rôle du chercheur comme « activateur » de la génération de connaissance. Dans le cas de notre recherche, d'une part aucune relation avec les acteurs n'a été déterminée à l'avance et d'autre part, notre rôle a permis de stimuler la production de connaissances grâce aux analyses, observations et expériences réalisées.

CONCLUSION DU CHAPITRE 4 : UNE RECHERCHE-ACTION-EXPLORATOIRE PROPOSANT DES CONNAISSANCES THÉORIQUES ET DES PISTES DE CHANGEMENT OPÉRATIONNEL

Dans ce chapitre, nous avons mis en évidence, dans le premier point, le positionnement de notre recherche en exposant d'abord les objectifs auxquels nous souhaitons parvenir ainsi que l'épistémologie et la méthodologie adoptées. Nous avons souligné que notre recherche s'inscrivait dans le cadre d'un projet, à savoir la démarche E3S, nous offrant la possibilité de nous immerger dans un « terrain » et inscrivant nos objectifs dans une visée théorique, mais également opérationnelle. Peu à peu, nous avons dévoilé notre positionnement constructiviste et l'approche de notre recherche par l'action et l'exploration. Ces détails sur notre recherche ont par ailleurs permis d'accentuer le caractère pluridisciplinaire de notre recherche, lui conférant à la fois originalité et qualité. Dans cette partie, nous avons finalement expliqué de différentes méthodes de recueil des données qui ont été employées aux différents stades de la recherche ainsi que les grandes étapes qui l'ont ponctuée.

Dans le second point du chapitre 4, nous nous sommes attardés sur notre démarche de recherche. Ainsi, nous avons décrit nos ambitions de production de connaissances et l'approche adoptée pour la construction de cette intention. La seconde partie de ce deuxième point a été dédiée au déroulé de notre recherche. En effet, nous avons pris la décision de décrire la « situation » de notre recherche en y abordant les raisons, les conditions, les bénéfices, l'encadrement ainsi que les principes de démarche intellectuelle et scientifique que nous avons appliqués dans notre démarche.

Cette partie méthodologique fournit à la fois des informations sur les chapitres précédents et introduit la suite de notre manuscrit en positionnant notre démarche et nos choix dans le cadre de cette recherche-action exploratoire.

CHAPITRE 5 : VERS UNE CONCEPTION ET UN AMÉNAGEMENT PÉRENNE ET VIABLE DES ESPACES

Le cinquième chapitre se concentre sur la mise en évidence de principes jouant un rôle dans la conception et les aménagements de qualité induisant leur pérennité et leur durabilité par leur emploi. Nous retraçons d'abord la démarche utilisée afin de recueillir les données pertinentes et les approches sur lesquelles elle repose. Ensuite, nous exposons les résultats de ces approches qui sont à la base de la suite de notre travail.

05



5.1 QUELLES RÉALITÉS TRADUCTRICES DE PÉRENNITÉ ET DE VIABILITÉ ?

- 5.1.1 Démarche méthodologique d'accès aux données
- 5.1.2 Données recueillies résultant des deux approches

5.1 QUELLES RÉALITÉS TRADUCTRICES DE PÉRENNITÉ ET DE VIABILITÉ ?

« [...] au milieu de nos incertitudes, nous savons que le futur de nos sociétés urbaines dépendra de notre capacité [...] à inventer de nouveaux modèles de développement urbain synonymes d'espaces urbains résilients, porteurs de diversité où il fera bon vivre. »

Da Cunha et Guinand (2014, p. 35)

5.1.1 DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE D'ACCÈS AUX DONNÉES

La revue de littérature du chapitre 2 a mis en évidence des propos qui orientent vers une production d'espaces privilégiant la qualité de vie et leur appartenance au lieu, de sorte à re favoriser la cohésion sociale et l'attractivité des espaces. La notion d'intensité urbaine est décrite comme un effet résultant de l'association de divers principes induisant une qualité et une pérennité des aménagements, mais dont la caractérisation reste floue. Pour contribuer à une caractérisation de ce résultat qu'est l'intensité urbaine, nous décidons de relever en détail les principes qui favorisent la qualité et la pérennité des aménagements, contribuant au dynamisme et à l'utilisation des espaces, à partir de sources existantes.

Nous exposons ici la démarche d'accès aux données, qui repose sur deux approches différentes, nous permettant dans la suite de notre travail de cibler les éléments favorables à un aménagement pérenne et de qualité. En effet, semblant être un enjeu particulièrement important aujourd'hui dans le domaine de l'aménagement, nous l'intégrons dans notre recherche. Les deux approches sont pour l'une, théorique, regroupant des documents assimilés à des références comme des guides et référentiels et pour l'autre, pratique, rassemblant des expériences opérationnelles existantes et reconnues.

5.1.1.1 Appui sur des approches complémentaires

Afin de maximiser la pertinence de nos recherches, un processus d'analyse a été réalisé à partir de deux sources distinctes, mais complémentaires et qui nous semblaient nécessaires. Nous appelons ces dernières « approche théorique » et « approche pratique ». Celles-ci nous paraissent judicieuses pour accroître la convenance de notre recherche. Pour chacune des deux approches, nous expliquons comment les références relatives ont été choisies pour parvenir à nos objectifs et quelle méthode d'analyse, nous avons suivi.

5.1.1.1.A Approche pratique par des quartiers exemplaires

Pour cette approche dite pratique, notre recherche se base sur l'étude de deux cas d'étude existants. Ces quartiers ont été choisis comme référence pour leur fonctionnement, à savoir Hunziker Areal dans la banlieue de Zurich, en Suisse, et Hammarby Sjöstad à Stockholm, en Suède. Le processus de

sélection, pour ces deux quartiers, est basé sur le « succès » des aménagements en termes de durabilité et de fonctionnalité. Ces « succès » ont été déterminés à la fois par des retours d'habitants recueillis dans des travaux illustrant leur attractivité, l'utilisabilité de l'espace et à la fois par l'obtention de prix dans la phase d'exploitation (Beatley, 2000, 2012; Boudet, 2015; Bruxelles Environnement, 2020; Ducas, 2000; Goel, 2013; Office fédéral du logement, 2021). L'appui sur de « bonnes pratiques » est comme le mentionne Nadia Arab (2007) une méthode particulièrement fréquente dans le domaine de l'aménagement.

La partie concernant l'analyse de ces quartiers se concentre principalement sur les différents éléments spatiaux et équipements (publics et privés) reflétant la qualité et le fonctionnement des quartiers en phase opérationnelle. Les analyses se basent sur une décomposition générique des espaces urbains, c'est-à-dire sur le contexte, la situation et les éléments spatiaux qui contribuent au fonctionnement, à la durabilité et à la qualité des espaces publics et privés (affectant les espaces publics). Au vu du nombre de travaux spécifiquement ciblés sur les axes concernant le marketing et les aspects écologiques comme l'énergie et la gestion des déchets, nous les avons volontairement exclus de notre analyse, afin d'éviter toute redondance. Ces analyses ont été réalisées à partir de divers documents graphiques (plans masse, plans, coupes, élévations, photos aériennes et autres), ainsi que de documents relatifs aux quartiers et de diverses données d'observation. Ensuite, sur le même principe que pour l'analyse des outils théoriques, une liste d'items émergeant d'un point de vue de la mise en œuvre pratique a été établie.

5.1.1.1.B Approche théorique par des guides et référentiels

Divers outils théoriques visualisés comme des références en Europe occidentale, mais aussi au niveau international pour la conception et la planification durable qualitative ont été analysés spécifiquement. Ces différentes références ont été choisies en raison de leur représentativité, de leur visibilité nationale, de leur lien avec notre recherche et de leur utilisation fréquente, y compris dans d'autres pays et continents. Dans un premier temps, 20 guides, référentiels et outils de certification différents ont été inclus dans la liste des outils théoriques. Ceux-ci semblaient pertinents aux premiers abords pour notre recherche, notamment par leur titre et les grandes lignes de présentation. Le traitement de ces outils a été divisé en différentes étapes, dont des phases de sélection et d'analyse en fonction d'axes spécifiques.

Plusieurs étapes ont été nécessaires pour la sélection des outils théoriques. En effet, nous avons filtré et classé leur pertinence par rapport à notre recherche en confrontant leur adéquation aux divers objectifs de notre travail. Dans un premier temps, nous avons réalisé une sélection portant sur l'identification et la compréhension de la finalité de ces outils pour établir une première catégorisation. Ensuite, nous avons dans un deuxième temps établi une seconde classification en prenant en considération les différentes perspectives des outils afin de sélectionner les plus appropriés à nos objectifs de connaissances.

Nous avons donc mis en évidence 8 outils lors de ces deux étapes de sélection pour les analyser en profondeur quant à leur finalité et leurs perspectives. Pour réaliser cette analyse spécifique, nous avons décidé de nous concentrer sur divers éléments concernant les espaces publics et privés qui ont un impact sur le public comme les principes techniques, la durabilité et la mise en œuvre de la qualité.

Comme pour l'approche pratique expliquée dans la section précédente, nous avons délibérément exclu les axes concernant les aspects strictement liés au marketing et à l'écologie. Les caractéristiques ou principes concourants et similaires retrouvés dans l'analyse des différents outils ont été unifiés sous une même appellation dans le but d'éviter les doublons dans les résultats des analyses. Grâce aux résultats des analyses des outils théoriques, nous avons pu dresser une liste précise des principes théoriques pertinents pour notre recherche qui est exposée dans la suite de ce manuscrit et qui a servi comme base pour le bon déroulé de nos recherches.

PERSPECTIVE			
<i>Energie, environnement et écologie</i>		<i>Globale</i>	
<u>Objectifs et actions</u>	<u>Evaluation et résultats</u>	<u>Objectifs et actions</u>	<u>Evaluation et résultats</u>
<ul style="list-style-type: none"> • AEU2 • MEEDAT 	<ul style="list-style-type: none"> • @D Aménagement durable • BREEAM • E+C- • LEED • NF HQE 	<ul style="list-style-type: none"> • C.H.A.R.T.E • Guide d'Aménagement et de Développement Durable • Guide de Qualité Urbaine et d'Aménagement Durable • Planungshandbuch • Référentiel Quartiers Durables • Référentiel pour un Aménagement Durable du Territoire • RFSC • RST02 	<ul style="list-style-type: none"> • Eco-Cities • Eco quartier • HQE Aménagement • HQVie • Sustainable Check-Up

Tableau 7 : Guides et référentiels sélectionnés pour analyse complète

5.1.2 DONNÉES RECUEILLIES RÉSULTANT DES DEUX APPROCHES

5.1.2.1 Analyses des quartiers : approche pratique

Nous présentons une synthèse des analyses pratiques selon un canevas spécifique pour chaque quartier, reprenant les diverses composantes génériques d'un espace urbain :

- Contexte et situation du quartier
- Analyse des éléments de qualité spatiale :
 - Population
 - Formes et typologies du quartier (Espaces publics, verts et privés)
 - Mobilité et accès
 - Services et équipements

5.1.2.1.A Hunziker Areal, Zurich, Suisse

- Contexte et situation

Ce quartier de la périphérie zurichoise est le fruit d'une volonté de création, d'une mise en œuvre d'exception à l'occasion du centenaire de la création des coopératives de logements de Zurich. C'est en 2007 que 50 coopératives se sont scindées afin de créer « Mehr als Wohnen »⁴ (Boudet, 2015; Bruxelles Environnement, 2020). Ce quartier, accueillant des logements sociaux, se distingue par la volonté de créer un quartier riche en termes de densités et de diversités sans ressembler à un grand ensemble de type moderniste. Deux distinctions lui ont été attribuées. La première est le Klaus-Novy-Preis 2017 et le second est le World Habitat Award 2016- 2017, récompensant tous deux des solutions innovantes et remarquables (Office fédéral du logement, 2021).

Le quartier d'Hunziker Areal se trouve dans la zone de Leutschenbach, à proximité de l'aéroport de Kloten, sur une friche industrielle de 4,1 Ha où se trouvait l'ancienne usine à béton de Zurich-Nord (Maier, 2013).

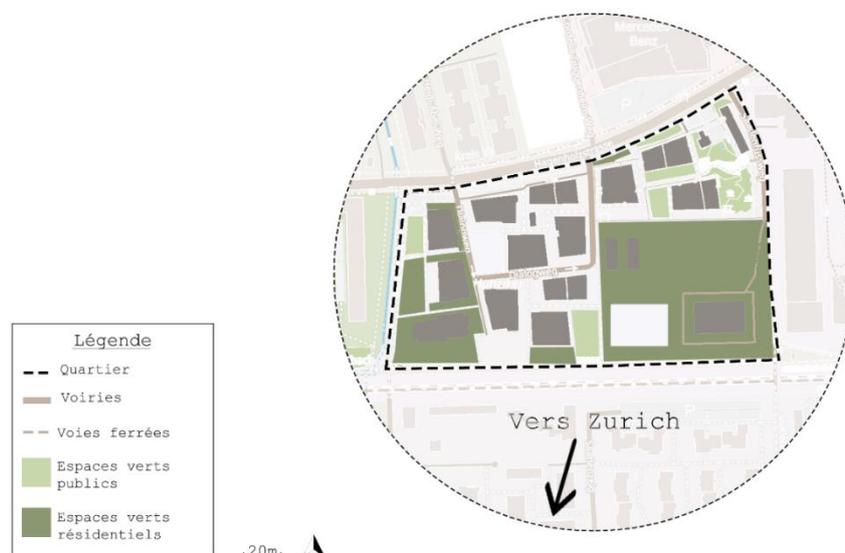


Figure 50 : Plan de situation du quartier de Hunziker Areal, Illustration personnelle

- Analyse des éléments de qualité spatiale :

Le cahier des charges de ce quartier s'est établi à la suite d'un « concours d'idées » mis en place afin de privilégier une certaine qualité de vie en intégrant des propositions multipliant à la fois des infrastructures de qualité et à la fois des usages collectifs (Bruxelles Environnement, 2020).

➤ **Population**

En ce qui concerne la population en termes de densité, le quartier n'abrite pas moins de 1200 habitants répartis dans 442 logements. La parcelle sur laquelle se dresse ce quartier comptabilise plus de 4 Ha

⁴ Traduit en français par « Plus que du logement »

et présente donc une densité de près de 108 logements à l'hectare. Le quartier organise des groupes résidentiels permettant aux personnes à mobilité réduite, aux plus jeunes et aux plus âgés d'être encadrés. L'objectif étant d'inclure toutes les catégories sociales et générationnelles (Bruxelles Environnement, 2020).

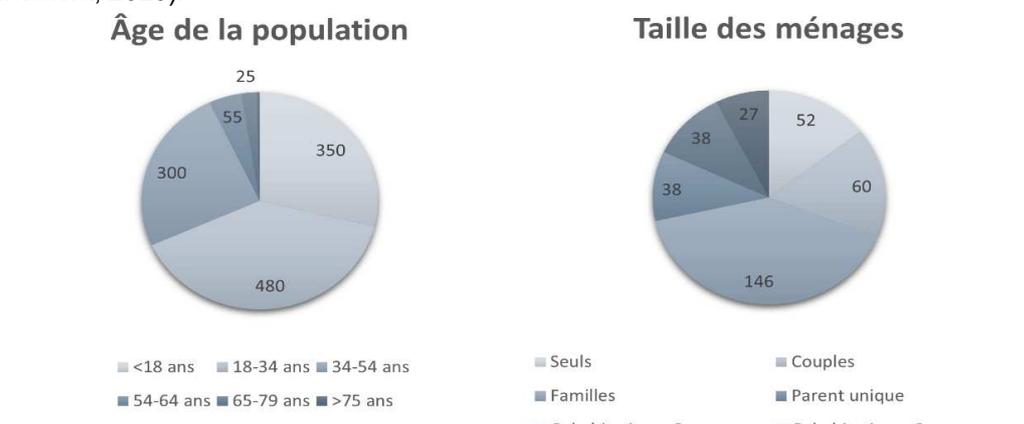


Figure 51 : Répartition des âges de la population (gauche) et de la taille des ménages (droite), illustration personnelle

➤ **Formes et typologies du quartier**

▪ Espaces publics et verts

Le master plan du projet met en avant le caractère « ouvert » du quartier au public. En effet, l'ensemble des espaces autour des lots constructifs sont accessibles au public et les accès aux bâtiments se font directement depuis l'espace public. Cette morphologie « ouverte » se dessine par l'agencement des lots constructifs conçus selon le modèle des « Palazzine ». En effet, les volumes épais ainsi que leurs décalages dessinent l'espace public et apportent massivité et originalité au projet. De ces volumes se dégagent donc des espaces publics sous forme de places et cheminements ouvrant sur diverses perspectives. Cette configuration est en complète rupture avec les grands ensembles habituellement créés pour les logements sociaux.

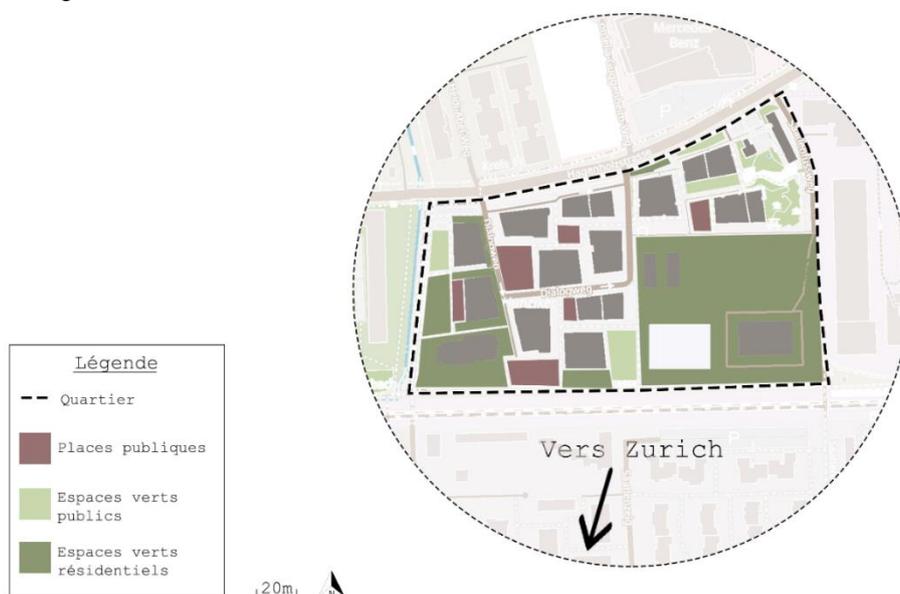


Figure 52 : Situation des différents espaces publics du quartier d'Hunziker Areal, illustration personnelle

La densité de l'ensemble est amplifiée par la proximité des volumes les uns des autres (maximum 9 mètres d'écart), reconstituant le schéma des « *gasse* », rues particulièrement enserrées du centre de Zurich (Boudet, 2015). Cependant, la qualité paysagère des places et cheminements ainsi que les multiples réflexions sur les plantations participent à l'ambiance particulière, aux relations sociales, à la convivialité dans l'ensemble et adoucissent la massivité des volumes urbains.

- Espaces privés

L'urbanisme zurichois, comparé aux autres pays européens, présente des réglementations assez flexibles lorsqu'il s'agit de construction d'utilité publique. Cette souplesse offre donc la possibilité aux bureaux en charge de la conception des lots constructifs d'innover en termes de formes, d'esthétisme et d'expérimentations. Cette flexibilité coïncide avec la multitude d'intérêts, d'optiques et de visions différentes que peuvent avoir les citoyens, de sorte à ne pas créer un style uniforme commun à tous.

Cette vision multiforme se ressent particulièrement dans la variété des typologies des lots du quartier, s'adaptant aux cycles de vie des citoyens. La diversité typologique des volumes regroupe des logements adaptés aux étudiants, aux couples, aux familles ou encore des personnes âgées. Cette variété permet d'assurer une bonne évolution au fil des générations afin d'attirer un large panel d'occupants et de répondre à leurs différents besoins. Des couleurs et matériaux variés sont également utilisés pour les bâtiments.



Figure 53 : Différentes architectures retrouvées à Hunziker Areal

La conception des divers volumes étant répartie entre cinq cabinets d'architecture différents, quelques règles simples ont été mises en place d'un commun accord de sorte à unifier l'ensemble des volumes sur certains points. Ces règles concernent les décalages d'un mètre maximum des volumes les uns par rapport aux autres, les découpes d'environ 10 à 12% du volume afin de maximiser l'éclairage naturel des logements, la disposition des entrées aux logements le long des rues et non le long des places publiques et enfin, le traitement distingué des façades donnant sur les places publiques (Bier & Bosch, 2017).

➤ Mobilité et accès

Le quartier est situé entre deux axes structurants : la voie ferrée et l'Hagenholzstrasse qui est une voie automobile. Le reste des voiries entourant le quartier sont des voies douces, dont l'Andreasstrasse qui longe les voies ferrées (Figure 54). Le quartier est accessible et connecté au réseau de voiries grâce aux voies douces ainsi que *via* l'Hagenholzstrasse, présentant trois accès automobiles et six accès doux. Le quartier n'est pas fermé par rapport à la voirie, il s'agit d'un quartier ouvert, sans obstacle, nuit et jour, par rapport à la voirie publique.

Comme le démontrent les multiples accès et les diverses voies douces traversant le quartier, les modes de transport actifs sont privilégiés dans ce quartier. En continuité directe, le quartier présente peu de stationnements voiture. En effet, 106 se retrouvent en souterrain et 60 en rez-de-chaussée, destinées majoritairement aux entreprises, livraisons et autres visiteurs. Les résidents, s'ils veulent garder leur logement, ne peuvent pas posséder de voiture hormis pour des raisons de santé ou professionnelles. Il s'agit d'un concept de mobilité particulier mis en place par les autorités municipales dans plusieurs opérations en exploitation (Mehr als Wohnen, 2017). Cependant, divers systèmes de mobilité tels que des vélos électriques ou encore le partage automobile sont mis à disposition des résidents (Bruxelles Environnement, 2020). Aussi, des transports en commun sont accessibles à proximité du quartier comme des arrêts de bus ou de tram permettant d'accéder aisément à la gare la plus proche.

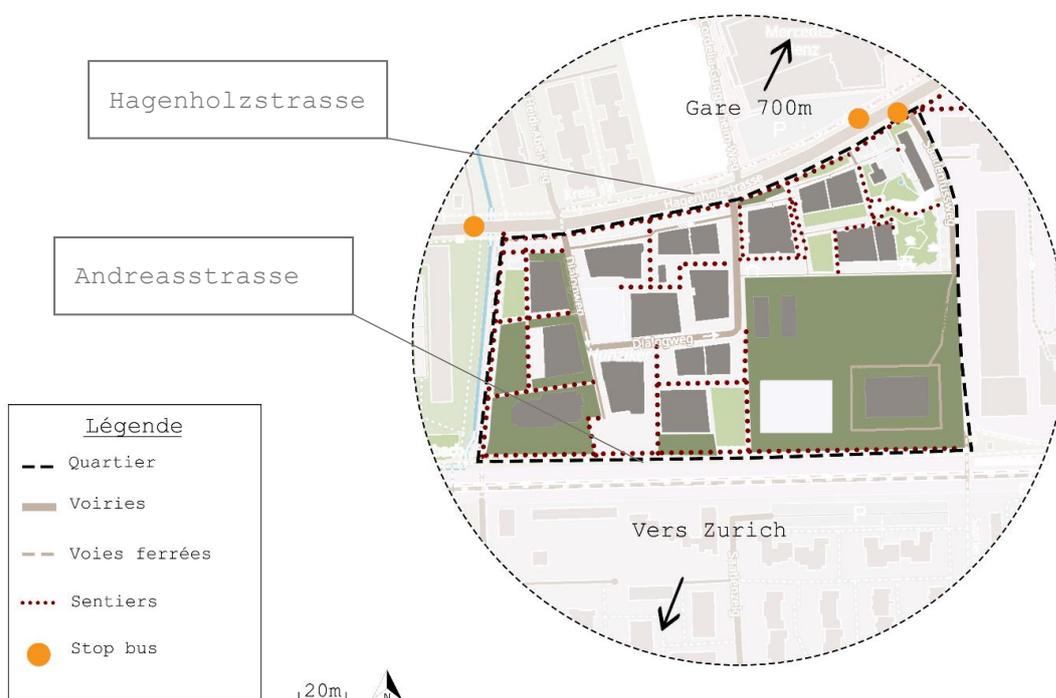


Figure 54 : Éléments de mobilité du quartier d'Hunziker Areal, illustration personnelle

➤ Services et équipements

Le quartier d'Hunziker Areal peut être qualifié comme multifonctionnel. Sur la zone, 7000 m² sont consacrés à des espaces commerciaux et 40000 m² aux logements et espaces collectifs, représentés de façon abondante de sorte à économiser l'espace et favoriser les interactions sociales.

En ce qui concerne la disposition des fonctions, les services et équipements sont majoritairement situés aux rez-de-chaussée des volumes construits. Cette disposition permet de prolonger le caractère public depuis l'extérieur (places et cheminements publics) vers l'intérieur des lots constructifs et d'assurer la réponse aux besoins, diverses dynamiques et des animations (Bruxelles Environnement, 2020). Cette prolongation entre l'intérieur et l'extérieur ainsi que la visibilité est soulignée par une hauteur d'au moins 4,5 mètres des espaces accueillant ces services et équipements et un travail sur la transparence des parois.

En ce qui concerne la programmation des services et équipements, nous retrouvons notamment des salles partagées, une crèche, des garderies pour enfants, des restaurants, divers commerces, des bureaux, une administration, des ateliers, des espaces d'art et de culture, divers ateliers, des cafés ou encore une maison d'hôte.

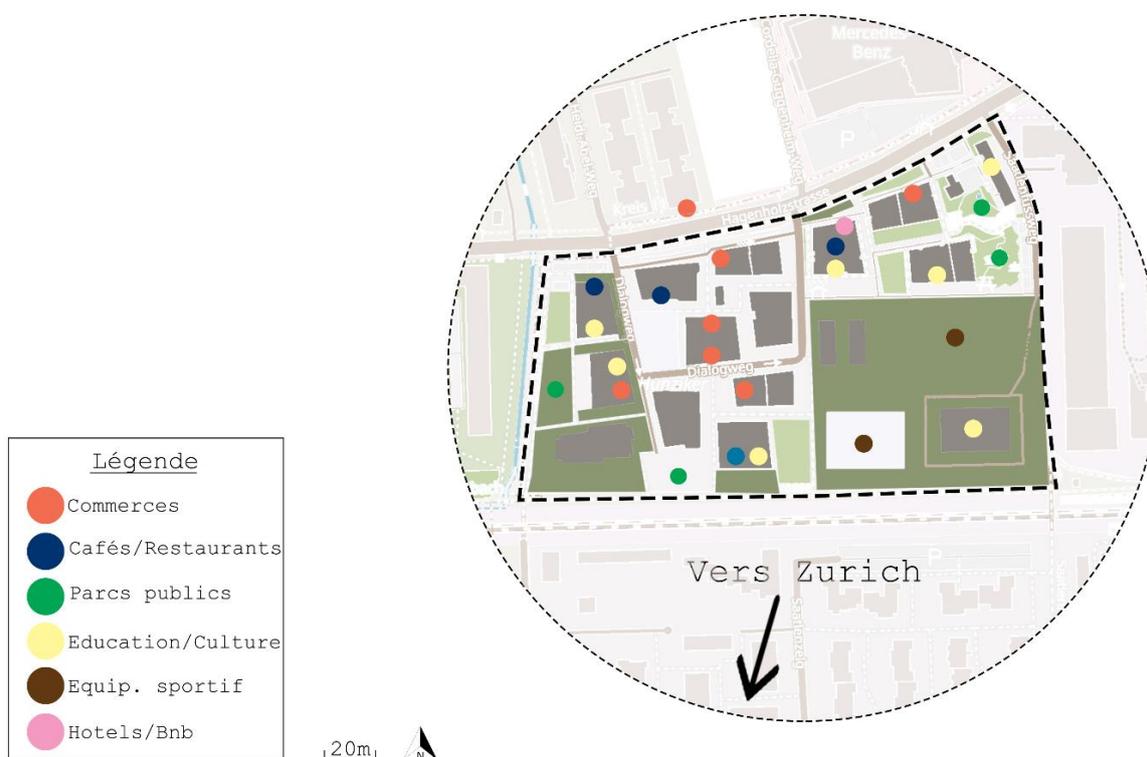


Figure 55 : Situation des services et équipements, illustration personnelle

5.1.2.1.B Hammarby Sjöstad, Stockholm, Suède- Contexte et situation

Hammarby Sjöstad se situe au sud-est de la ville de Stockholm, dans le district de Södermalm et se dresse sur une ancienne friche portuaire de l'époque industrielle de près de 200 Ha, aux abords du lac Hammarby sjö. Le quartier est visualisé comme un véritable continuum connecté au reste du centre-ville de Stockholm. Cette situation est directement en lien avec la volonté de la ville de ne pas étendre son urbanisation aux terrains agricoles autour de la capitale, mais bien de profiter des espaces autrefois en action au sein même de Stockholm. L'idée de conception de ce quartier est née lorsque la planification de l'ancienne friche portuaire a été lancée dans les années 1980, le lieu étant reconnu comme secteur stratégique de développement de la ville (Ducas, 2000). La conception du quartier a énormément évolué au fil des années, notamment grâce à un projet de village Olympique pour les JO de 2004. En effet, en 1994, lors de la participation du comité olympique au Sommet de Rio, il a été décidé que les jeux seraient « verts », prônant une réflexion durable (Bideaux, 2016). Ce quartier est qualifié comme unique et arborant une approche innovante de la conception des infrastructures, devant être pris comme exemple de bon fonctionnement (Fraker, 2013; Lindholm, 2019).

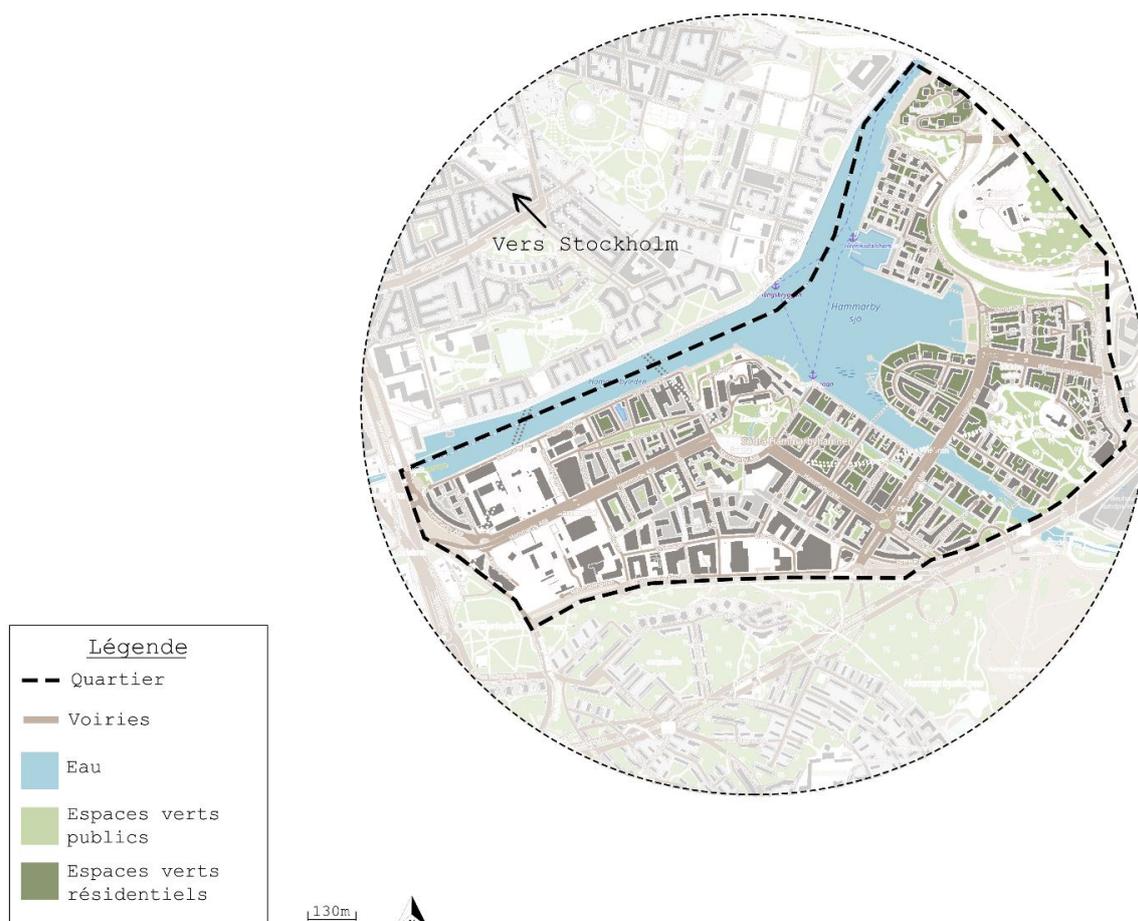


Figure 56 : Situation du quartier d'Hammarby Sjöstad, illustration personnelle

- **Analyse des éléments de qualité spatiale :**

➤ ***Population***

Le quartier, s'étendant sur de nombreuses années de construction, il abrite actuellement 28 000 occupants au sein d'environ 11 000 logements. Étant donné que la surface de la zone sur laquelle s'étend le quartier est de 200 Ha, la densité de logements correspond à approximativement 55 logements à l'hectare et à une densité de population de 140 personnes à l'hectare (F. Marchal, 2019).

En ce qui concerne les activités, la zone totalise environ 10 000 emplois en regroupant les diverses industries existantes avant la construction du quartier d'Hammarby Sjöstad.

➤ ***Formes et typologies du quartier***

Le master plan du quartier révèle une inspiration directe des quartiers centraux de Stockholm, traités de façon contemporaine. La forme générale du quartier se structure autour d'une voirie principale plus large, véritable colonne vertébrale du quartier, ainsi que de voiries transversales plus étroites situées perpendiculairement. L'ensemble forme un maillage accueillant les divers lots constructifs. La forme du quartier et de ce maillage suit directement l'orientation du front d'eau et crée diverses perspectives.

▪ **Espaces publics et verts**

Afin d'assurer une qualité de la zone, le site ainsi que le lac ont entièrement été dépollués à la charge de la ville. Cette première étape d'assainissement a permis une remise en valeur des trames vertes et bleues (Dumesnil & Ouellet, 2002). De plus, le master plan indique directement l'élément structurant du quartier qui est la trame bleue. En effet, le projet, conservant le tracé initial du lac ainsi que différents espaces naturels ponctuels, crée des interfaces sociales particulières le long de l'eau. La nature se retrouve mise en valeur au cœur du projet, des essences nobles d'arbres ainsi que des espaces naturels existants sur la zone avant la conception du quartier ont été gardés et de nouveaux espaces verts ont été aménagés afin d'assurer une continuité verdoyante.

La forme et la disposition des îlots constructifs dessinent des places publiques ainsi que des espaces semi-privés. Au nord de la voirie principale, les espaces publics jouent un rôle particulier dans la composition de la trame urbaine. En effet, la Figure 57 présente la configuration de la trame urbaine alternant – voie principale (1) – îlot constructif avec espace semi-privé (2) – espace public (3) – îlot constructif (4) – eau (5). Les espaces publics et verts constituent donc une grande partie des lieux de sorte à assurer une ouverture maximale aux divers citoyens, résidents ou simples visiteurs. Certains de ces espaces publics sont polyvalents et hébergent d'autres activités, comme le parc de Luma, qui abrite un amphithéâtre largement employé durant l'été. Les abords du lac, abritant des espaces verts, de repos et des pistes cyclables, constituent une vaste partie visuelle dans le quartier.

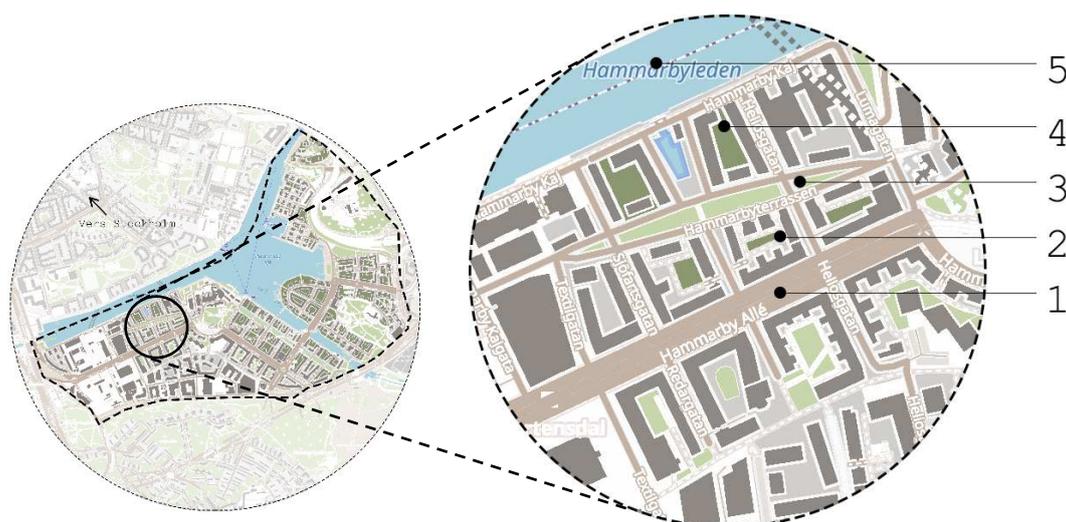


Figure 57 : Configuration de la trame urbaine du quartier, illustration personnelle

Du point de vue de l'inclusivité, diverses réflexions ont été menées de sorte à n'exclure aucune personne. C'est pourquoi la majorité des espaces publics est conçue avec un minimum d'escalier possible afin de pouvoir accueillir des personnes à mobilité réduite. Dans cette continuité d'inclusion, les espaces publics présentant de nombreux escaliers abritent à proximité des ascenseurs publics extérieurs.

- Espaces privés

Comme mentionné précédemment, le quartier est directement inspiré de la typologie du centre-ville de Stockholm où les îlots constructifs traditionnels mesurent environ 60-70 mètres sur 120-200 mètres de long, s'élevant sur 2 à 8 étages. Les blocs constructifs à Hammarby Sjöstad ont été modifiés afin d'ouvrir des perspectives sur le lac. La forme, percée sur la façade à front d'eau, créée par un îlot en U créant une certaine porosité du front bâti et des ruptures visuelles intéressantes permettant de multiplier les perspectives depuis n'importe quelle unité résidentielle sur le lac. Cette configuration de bâtiment permet de créer des espaces semi-privés verdoyants au cœur des îlots constructifs de sorte à satisfaire l'intimité et les besoins des résidents en termes d'interactions sociales. De nombreux balcons sont d'ailleurs tournés vers ces espaces semi-privés conférant une intimité et une ambiance particulière aux logements.



Figure 58 : Perspectives de l'îlot en U (gauche) et aménagement de l'îlot en U (droite), illustration personnelle (gauche)

➤ **Mobilité et accès**

Le quartier est accessible *via* de nombreux endroits, ce qui en fait un quartier connecté au reste de l'agglomération. L'idée principale des autorités était de maximiser l'emploi des transports en commun plutôt que la voiture individuelle (Hammarby Sjöstad, 2000). Une réflexion particulière a ainsi été apportée sur les réseaux de transport en commun. En effet, les arrêts de bus sont prévus tous les 350 mètres et le Tramway traversant le quartier permet une liaison rapide au train express qui se rend au centre de Stockholm.

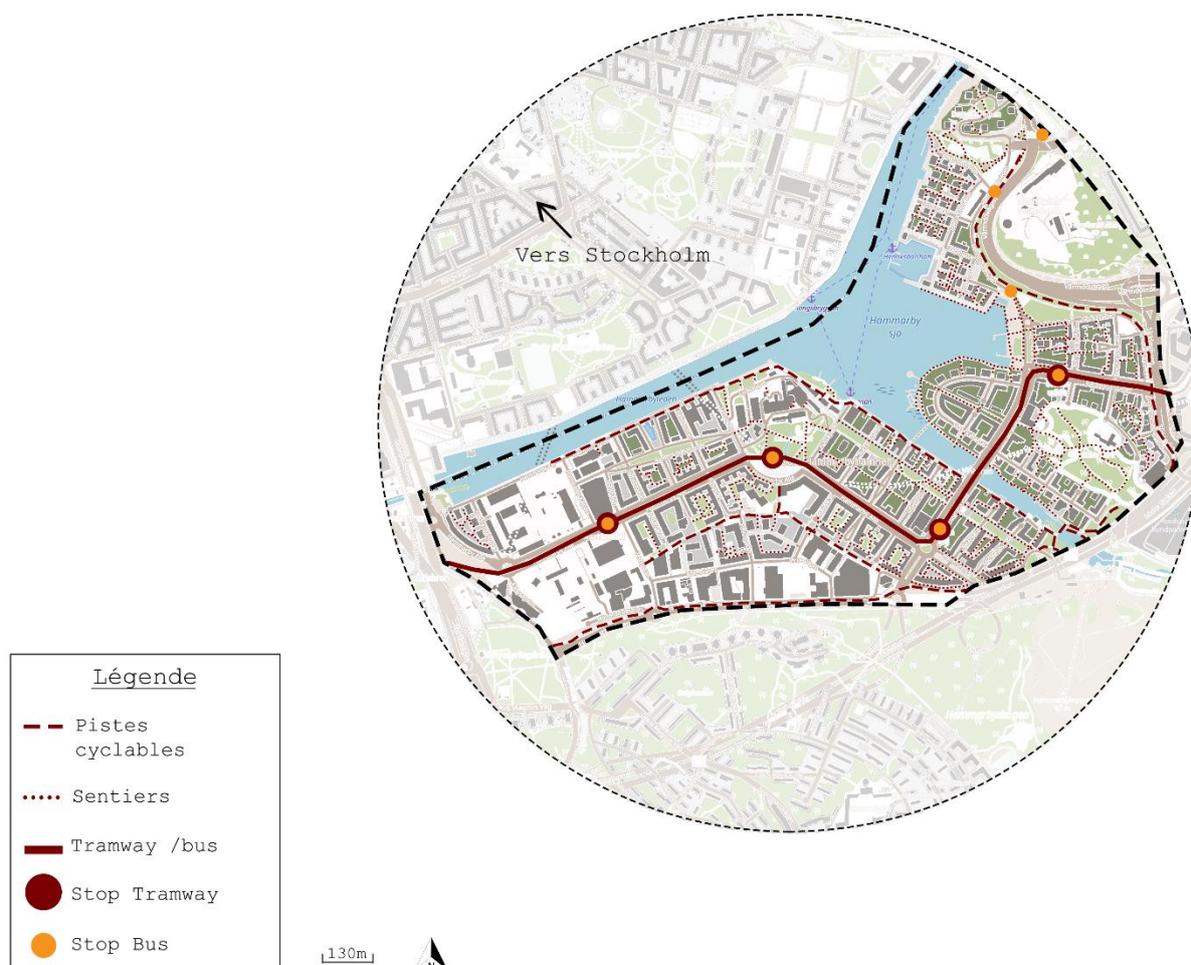


Figure 59 : Situation des transports en commun d'Hammarby Sjöstad, illustration personnelle

Comme l'illustre la Figure 60, la voirie principale (A), qualifiée précédemment comme colonne vertébrale du quartier, accueille le tram, des bus et des voitures. La structure de cette voirie est particulièrement large et unique dans le quartier, abritant deux voies de tram, et deux voies pour Transports en Commun et automobiles à double sens, ainsi que des espaces piétons. Cette voie principale permet de traverser aisément le quartier. Cependant, les voiries secondaires perpendiculaires plus résidentielles, représentées par la lettre B dans la Figure 60, sont conçues de façon à minimiser la vitesse, n'étant pas directement connectées les unes aux autres. Cet aménagement des voiries assure une minimisation de l'usage de la voiture pour se déplacer dans le quartier au profit de l'emploi massif des transports en commun et des mobilités douces. Les voiries secondaires permettent tout de même aux résidents à mobilité réduite d'accéder à leur logement et de s'y garer aisément grâce aux espaces de parkings

situés aux abords de ces voiries (Hammarby Sjöstad, 2000). Enfin, le bord de lac, représenté par la lettre C dans la Figure 60, abrite une voie automobile, des pistes cyclables et espaces piétons. Concernant les autres stationnements, il n'existe pas de grand ensemble de parkings, ceux-ci sont situés en sous-sol ou le long des deux types de voiries. Le covoiturage est une solution particulièrement adoptée dans le quartier d'Hammarby et de nombreux stationnements sont prévus à cet effet.

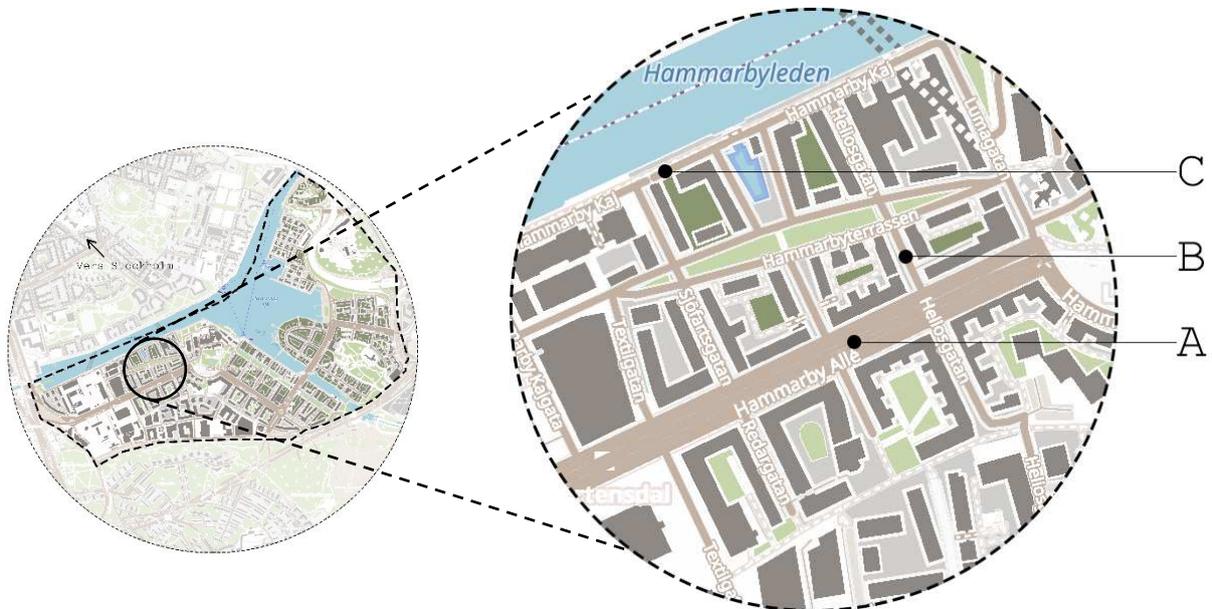


Figure 60 : Différents types de voiries du quartier d'Hammarby Sjöstad, illustration personnelle

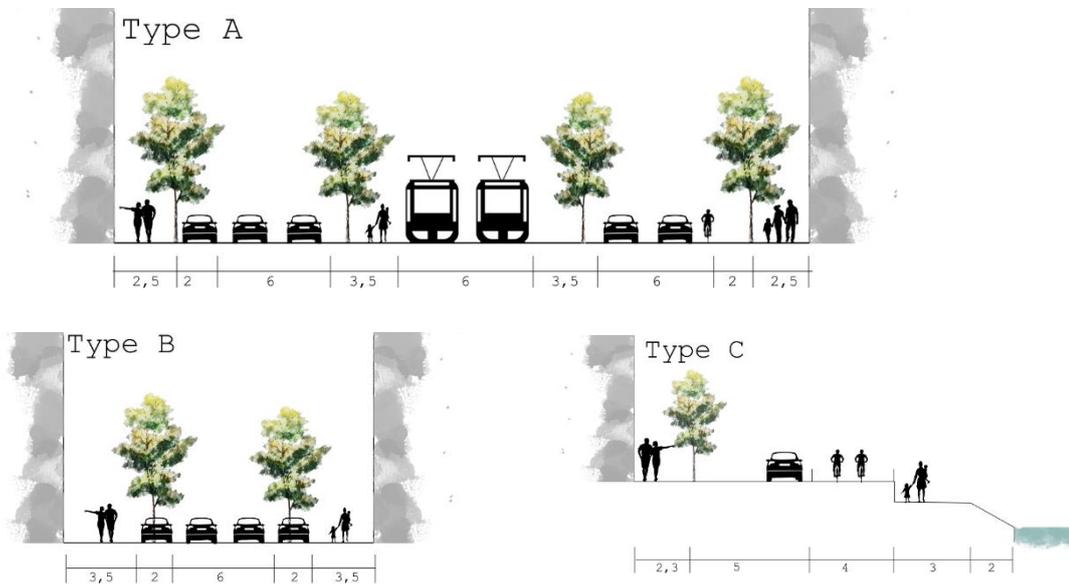


Figure 61 : Détail des types de voiries retrouvés à Hammarby Sjöstad, illustrations personnelles

➤ Services et équipements

Le quartier d'Hammarby Sjöstad a été conçu comme un quartier mixte, où cohabitent diverses fonctions résidentielles, commerciales, et autres. En effet, trois grandes catégories peuvent être établies concernant les divers services et équipements. La première reprend l'ensemble des équipements d'éducation, de culture et de soins tels que les écoles, les infrastructures pour les personnes âgées, les garderies pour enfants, mais aussi les espaces culturels comme les bibliothèques et musées, sans oublier les infrastructures publiques comme les parcs. La seconde catégorie reprend les services commerciaux englobant les diverses épiceries, restaurants et cafés. Enfin la dernière catégorie représente le secteur tertiaire, abritant les industries existantes avant le projet de quartier et conservées.

En ce qui concerne la disposition des fonctions, Les services commerciaux ont été placés en rez-de-chaussée de sorte à les répartir sur l'entièreté de la zone sans les regrouper à la manière fonctionnaliste. La majorité de ces rez-de-chaussée actifs sont traités avec des matériaux très translucides de sorte à améliorer l'interaction avec les passants de l'espace public et accroître leur visibilité.

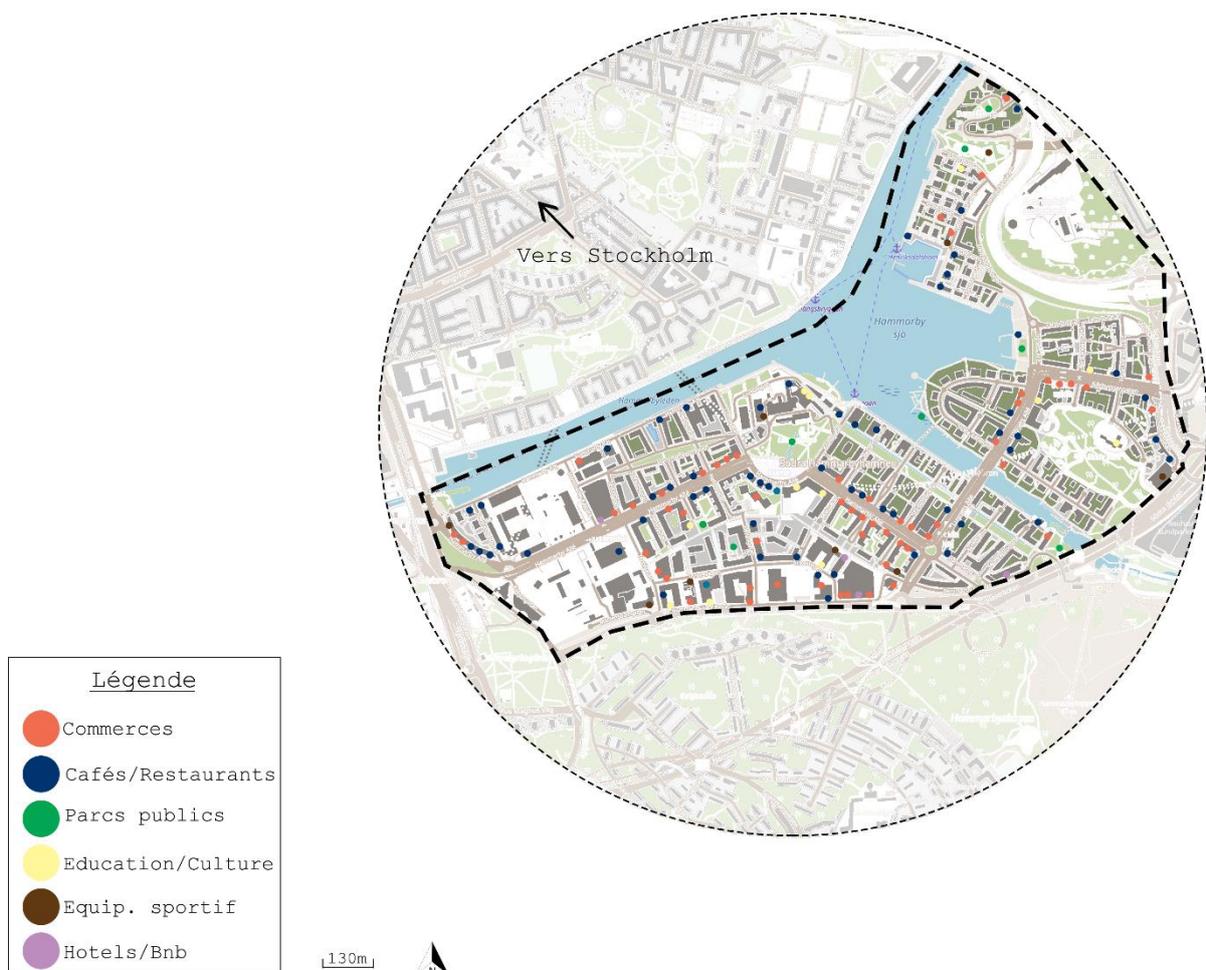


Figure 62 : Situation des services et équipements de Hammarby Sjöstad, illustration personnelle

5.1.2.2 Analyse des guides et référentiels : approche théorique

Pour notre recherche, nous avons analysé huit guides et référentiels définissant des objectifs et diverses actions à mettre en œuvre afin de rendre l'aménagement durable et de qualité dans une perspective globale. Par souci de concision, nous présentons ici la synthèse des analyses de quatre des huit guides et référentiels dans le but d'illustrer les principes majoritairement retrouvés, mais la synthèse des analyses des quatre autres documents peut être retrouvée dans l'Annexe 6. Cependant, il nous semble intéressant d'inclure pour les huit documents analysés une courte présentation.

5.1.2.2.A C.H.A.R.T.E. :

Ce document est en réalité une charte qui a pour objectif de mettre en évidence des principes exemplaires en termes de qualité et de durabilité auprès de praticiens de la construction afin qu'ils les intègrent dans leurs projets. Il s'agit d'une initiative de la Ville d'Haguenau qui s'inscrit dans une dynamique d'amélioration de la qualité et du cadre de vie dans le respect de l'environnement, en favorisant attractivité et cohésion du territoire. Ce document, qui pourrait évoluer, est incitateur et se présente sous la forme de sollicitations réunies sous sept thématiques différentes dont trois seront écartées de notre analyse étant donné leur spécificité éloignée de nos recherches.

La charte aborde dans un premier temps la qualité du paysage et donc **l'intégration d'un projet dans celui-ci ainsi que dans la trame urbaine**. Afin de s'intégrer au mieux dans le contexte paysager, la charte préconise une prise en compte de l'existant et sa mise en valeur grâce au nouveau projet ainsi qu'un traitement qualitatif des lisières du projet. Le document recommande également une insertion urbaine réfléchie, notamment en concevant des volumes et gabarits cohérents par rapport au contexte en matière d'échelle et d'emprise, tout en évitant les « effets de barre » par la mise en place de ruptures et percées visuelles. Une attention particulière est proposée concernant la diversité des formes architecturale, par exemple en mobilisant des couleurs et matériaux variés, de leurs toitures, qui doivent être intégrées au reste du tissu, ainsi qu'au traitement des espaces publics et leur structuration.

Ensuite, le document se concentre sur la **végétalisation** en proposant à la fois d'assurer une démarche de pérennisation des espaces verts initiée avant même le début de l'opération, le verdissement des toitures plates visibles ainsi que l'utilisation réfléchie et diversifiée du végétal, c'est-à-dire étant adapté à l'endroit et à son rôle, pour les espaces publics et leur continuité.

Une place est accordée au **développement de la mobilité douce et à la limitation de l'usage de l'automobile** en regroupant et mutualisant les stationnements en sous-sol du bâti ou pour ceux en surface, en les arborant et les plaçant à distance des habitations. Par ailleurs, il est conseillé de traiter spécifiquement les stationnements des vélos afin de leur conférer une qualité esthétique et d'usage.

La charte incite également de veiller à **l'économie des différentes ressources** en employant des matériaux locaux et pérennes, et en veillant à limiter l'imperméabilisation des espaces extérieurs.

5.1.2.2.B Guide d'Aménagement et de Développement Durable

Ce guide est destiné aux aménageurs et aux élus politiques afin de sensibiliser et orienter vers une pratique durable sans pour autant se prétendre comme une solution universelle. Le guide se concentre autour de cinq grandes finalités pointées par le développement durable auxquels les projets de demain doivent correspondre. Le guide est un outil pratique qui se décline en thématiques, formulant divers questionnements et éléments de réponses pour chacune d'elles et les illustrant à l'aide d'exemples. Parmi les dix thèmes qu'il présente, nous en écartons quatre non adaptés à notre angle de recherche.

Le guide propose dans un premier temps de **favoriser des déplacements doux, qui peuvent écarter l'usage de l'automobile**. Dans cette logique, il promeut le développement de chemins adaptés aux piétons et cyclistes, de stationnements pour les vélos en suffisance aux abords des équipements, de voies douces vers les arrêts de transports collectifs afin de les employer davantage et enfin, de miser sur le stationnement voiture à l'extérieur du projet favorisant le partage.

Pour **économiser la ressource « sol »**, le guide conseille de redensifier les espaces déjà bâtis en privilégiant les formes présentant des emprises modérées, mais dont la densité de population hébergée peut être optimisée. Cependant, il souligne également qu'il est indispensable de les agrémenter d'espaces publics de qualité et de conserver un équilibre entre espace bâti et non bâti.

En ce qui concerne **la qualité paysagère et l'attention portée à la biodiversité**, le guide invite à conserver le végétal en place au maximum et à établir des coulées vertes en privilégiant des essences locales et peu gourmandes en eau. Le guide recommande également de différencier dans leur traitement les espaces verts qui peuvent être plus bruts que les espaces publics, qui seront quant à eux plus organisés. Aussi, ils conseillent de minimiser l'imperméabilisation du sol par l'emploi de matériaux perméables.

Une thématique concernant **le cadre de vie du projet et son accessibilité** est également présente dans le guide. Il est donc souhaité que les espaces soient adaptables et adaptés à tous en variant les typologies, en équilibrant les diverses fonctions et équipements et en assurant des usages adéquats des espaces publics.

Le guide propose également d'apporter une réflexion sur **les éléments impactant la forme urbaine** en diversifiant les tailles et gabarits accueillants des fonctions et habitats variés et singuliers.

Enfin, **les aspects sociaux** sont abordés en appuyant sur la nécessité de diversifier les modes d'accessibilité sociale aux logements, et d'intégrer diverses générations au sein d'un même projet.

5.1.2.2.C Guide de Qualité Urbaine et d'Aménagement Durable

Ce document est décrit comme une aide didactique accompagnant vers l'optimisation des connaissances par ses initiateurs de la communauté urbaine de Bordeaux. Il a été établi par l'a-urba dans l'objectif de partager diverses expériences exemplaires validées par leur utilisation et actualiser les connaissances, sans pour autant restreindre la conception à ces dernières. Ce guide est basé sur des principes relatifs à la ville de Bordeaux mais induisent des lignes de conduite applicables généralement afin de cibler la qualité urbaine ainsi que la durabilité. Les acteurs visés sont ceux en charge de la mise en œuvre de la durabilité dans les projets ainsi que toute personne intéressée et soucieuse de ces notions sont les principaux. Le guide se structure sous forme de fiches thématiques regroupées selon trois déclinaisons spatiales allant de la plus macroscopique à la microscopique, mais nous nous détachons de ce format dans l'analyse afin d'éviter toute redondance.

À travers diverses fiches thématiques, **la qualité de la composition du paysage et de l'urbain ainsi que son insertion** est abordée en ciblant les éléments composites du lieu, c'est-à-dire en orientant vers la prise en compte des éléments existants dans le contexte paysager, tant du point de vue des échelles que de l'identité du lieu. Ensuite, la **conception des abords et des limites urbaines est discutée** en proposant de favoriser les relations entre l'environnement et le bâti ainsi que l'équilibre des espaces en misant sur leur ouverture. Le guide approche aussi le **caractère distributif des espaces à l'échelle du quartier** en privilégiant l'emboîtement des espaces publics dans le maillage mis en place, en les diversifiant de sorte à promouvoir les mobilités douces et créer une continuité hiérarchisée. Nous retrouvons également des préconisations de diversification des fonctions urbaines, en réfléchissant à l'adaptabilité à la fois des formes et des programmes et aux modifications dans les échelles. La question de **la structuration des espaces publics** est évoquée en proposant de mettre en valeur leur rôle, de diversifier leurs ambiances, matériaux et usages, mais aussi de porter une attention à leur lisibilité, à leur agencement, ainsi qu'à garantir la sécurité grâce à l'éclairage. Le guide suggère de **composer avec le végétal**, par exemple en installant des coulées vertes d'essences pérennes et locales, structurantes, équilibrant les surfaces minéralisées. En ce qui concerne **la qualité architecturale**, l'insertion du bâti et les trames horizontales doivent être adaptées au contexte tout comme les hauteurs, de sorte à continuer la rythmique installée. Le guide incite les praticiens à composer les façades en cohérence avec le contexte, autant du point de vue des ouvertures que des matériaux utilisés, tout en maintenant une singularité propre. Il est sollicité **d'animer les rez-de-chaussée**, d'identifier visiblement les accès aux bâtiments ainsi que de favoriser les ouvertures et percements entre ceux-ci en gérant les interfaces entre l'espace public et privé. Le guide expose également divers principes concernant **la gestion durable de l'urbain** au travers d'autres fiches explicatives. Ainsi, des principes comme la limitation de l'usage de l'automobile par le biais de déplacements courts et d'espaces publics doux sont envisagés. Lorsque c'est possible, le guide invite à intégrer les structures de stationnements au bâti et à développer les stationnements de vélos. Les auteurs du guide incitent à traiter particulièrement l'interface entre l'urbain et la nature pour la biodiversité et à diversifier la mise en œuvre des espaces publics et leur composition en limitant leur imperméabilisation.

5.1.2.2.D Planungshandbuch

Fruit du travail de divers bureaux d'études, d'autres acteurs tels que des administrations ou les ministères du Grand-Duché du Luxembourg, ce document est qualifié comme un guide pour les acteurs de l'aménagement. Son but est d'éclairer sur des éléments influençant la durabilité des projets et d'orienter la prise de décision. Neuf thématiques sont abordées au travers de fiches d'objectifs suggérés pour maximiser la durabilité et la qualité des espaces conçus, mais comme pour les autres guides, nous nous focalisons sur celles qui correspondent à notre champ de recherche. Il est aussi prévu que le guide soit adapté en fonction des diverses évolutions dans le domaine de l'aménagement pour garantir un cadre de vie optimal.

Le guide aborde dans un premier temps **le développement urbain** et suggère de privilégier la voie de la compacité en s'appuyant sur le bâti existant, en innovant du point de vue de leur forme et de rassembler à proximité l'habitat, les services et les équipements. Une importance est accordée à l'agencement de la trame urbaine, privilégiant des îlots plus restreints ancrés dans le maillage existant afin d'en poursuivre sa continuité ainsi qu'à l'existence d'espaces publics suivant une certaine structure et hiérarchie. Le document conseille de structurer le bâti en alignant les gabarits du bâti à ceux de l'existant tout en gardant une diversité typologique et une gestion réfléchie des échelles. Il est aussi demandé de s'inspirer du lieu et de sa mémoire en valorisant le patrimoine et les tracés, qu'ils soient parcellaires, végétaux ou d'anciens cours d'eau. Le guide incite à employer le végétal, en quantité suffisante, comme moyen pour structurer et valoriser les dents creuses ou les bordures d'espaces privés pour l'intimité. Il est préconisé de traiter l'interface entre les zones urbaines et de nature en créant par exemple des espaces tampons aux divers usages, maintenant une certaine porosité entre les zones variées, mais aussi de réfléchir à l'intégration du projet dans son contexte paysager.

Diverses fiches s'intéressent également à **la mixité urbaine** et la visualisent comme une opportunité de création d'interactions sociales, notamment en intégrant des espaces transitoires entre le domaine privé et public favorisant l'appropriabilité par les usagers. Pour favoriser la mixité urbaine, le guide propose de maximiser la mixité sociale et intergénérationnelle, grâce aux typologies proposées, ainsi que la mixité des fonctions pour limiter les déplacements longs et automobiles.

Ensuite, le Planungshandbuch se concentre **sur la structure et l'organisation du bâti** ainsi que sur la **continuité et le traitement des limites**. Il invite les praticiens à employer les espaces publics comme structure de l'implantation du bâti en leur conférant de réels rôles, des ambiances et des fonctions. Dans cette logique, il est recommandé d'équilibrer les espaces ouverts par rapport au bâti. La continuité du tissu peut selon les principes de ce guide également être mise en œuvre grâce aux hauteurs des bâtiments et leurs trames. Pour traiter l'interface entre le domaine public et privé, le document incite à placer les accès aux bâtiments à front de rue, afin qu'elles soient facilement identifiables et qu'elles servent d'espaces de transition.

Pour fournir des éléments en vue d'améliorer **la mobilité**, le guide approche également la **structuration des voiries** ainsi que celle des **stationnements**. La limitation de l'usage de la voiture est conseillée en ciblant le projet autour de diverses centralités, de sorte à réduire les déplacements, ainsi qu'en développant un réseau de mobilité douce et de transports en commun. Les initiateurs du guide proposent pour les stationnements automobiles de les centraliser sous forme de parking souterrain ou de poches de tailles variées et végétalisées et par ailleurs, de les mutualiser afin de diminuer leur nombre en les éloignant des voies de circulation. Concernant les stationnements pour vélo, ils doivent être nombreux et positionnés aux abords des différents services et équipements ainsi que près des arrêts de transports collectifs.

Pour aborder **les questions d'aménagements des espaces publics ouverts**, le guide offre une palette de possibilités en termes d'usages et propose l'installation de place et placette, de plaine de jeu, de jardins et de parcs, tout en réfléchissant à leur organisation et leur mise en réseau. Les matériaux employés doivent être variés en privilégiant ceux qui sont perméables, correspondre aux fonctions et utilisations de l'espace public en favorisant la polyvalence et l'adaptation de l'espace. Pour agrémenter ces espaces et leur conférer encore plus de fonctionnalité, le guide conseille de privilégier du mobilier urbain accessible à tous et amovible en cas de besoin d'adaptation ainsi que de réfléchir aux parcours lumineux pour qu'ils garantissent la sécurité sans pour autant favoriser la pollution lumineuse.

5.1.2.2.E Référentiel Quartiers Durables

Ce référentiel a été conçu pour diffuser des principes clés de durabilité des projets à diverses échelles du territoire. Il spécifie les caractéristiques minimales que doivent intégrer les projets opérationnels pour pouvoir être appelés « durables », sans pour autant constituer une certification. Il est destiné aux praticiens de l'aménagement et de la construction en vue de permettre une évaluation selon cinq thématiques aux diverses phases d'un nouveau projet. En plus de proposer des seuils minimaux dans certains cas, le référentiel illustre les principes et critères avancés grâce à des exemples de pratiques existantes ou schématisées.

5.1.2.2.F Référentiel pour un Aménagement Durable du Territoire

Ce document a été élaboré par l'établissement public territorial « Est Ensemble » et différents acteurs de l'aménagement du territoire du Grand Paris comme les aménageurs, la maîtrise d'œuvre, différents experts ou encore les Villes. L'objectif était d'assurer une durabilité dans les différents projets d'aménagement. Ce référentiel se subdivise en deux livrets dont l'un est un document méthodologique qui propose quatre nouvelles vues afin d'observer un projet d'aménagement et l'autre un document technique qui approche des attendus pour les aménagements selon diverses thématiques.

5.1.2.2.G Référentiel des Villes et Territoires Durables

Ce référentiel constitue un cadre de référence et une boîte à outils dont les ambitions sont d'orienter vers une durabilité des villes et des territoires. Il est destiné aux collectivités européennes qui souhaitent intégrer le développement durable aux projets urbains déployés à diverses échelles de leurs territoires. Le référentiel est constitué de 30 objectifs détaillés selon divers principes et regroupés en cinq dimensions, mais un outil en ligne gratuit permet également d'évaluer des projets en cours de construction.

5.1.2.2.H RST02

La grille de la RST02 est un outil porté par le Réseau Scientifique et Technique du Ministère en charge de l'écologie français, permettant à la maîtrise d'ouvrage d'évaluer des projets d'ampleurs diverses. Elle est basée sur sept thématiques regroupant divers questionnements qui permettent de mettre les forces ou faiblesses d'un projet dans la prise en compte du développement durable. L'outil en est à sa deuxième version et aborde les dimensions du développement durable ainsi que leurs interfaces relatives.

5.1.2.3 **Catégorisation des principes issus des analyses :**

Sur la base de l'analyse des outils théoriques et des cas d'étude pratiques, nous avons établi deux grilles relatives des éléments relevés impactant la qualité et la durabilité pour des aménagements. Ce panel a servi de base au développement de notre indice comme nous l'expliquons en détail dans le chapitre suivant.

Les analyses **des huit outils théoriques** ont été présentées précédemment de façon synthétique, mais ont abouti en réalité en une liste de pas moins de 88 principes différents. À la fin des analyses de chaque guide ou référentiel et dans le but d'établir cette liste de principes, les éléments similaires ou largement comparables ont été regroupés sous une même rubrique pour éviter de dresser une liste inutilement longue. Afin de maximiser la compréhension et le résultat de l'analyse, la liste des 88 principes obtenue a été caractérisée et structurée selon une arborescence à trois niveaux, comme l'illustre la Figure 63.

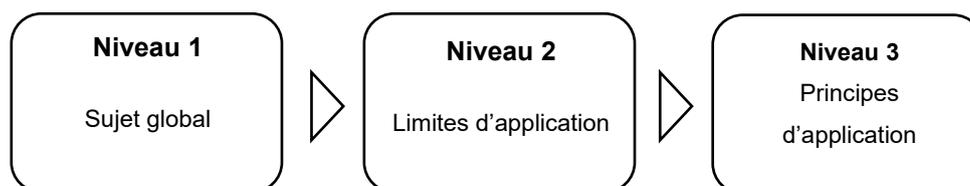


Figure 63 : Structure des catégories des principes

Le premier niveau présente les catégories établies et correspond au sujet traité dans son intégralité, le niveau 2 apporte des précisions supplémentaires au niveau 1 pour délimiter plus précisément le champ

d'application et le niveau 3 révèle les rudiments et les principes de qualité et de durabilité mis en œuvre dans la conception et dans la composition urbaine, tel que théorisé dans chaque outil. La grille des 88 principes catégorisée est présentée dans le tableau ci-dessous (Tableau 8).

Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
Insertion et composition contextuelles	Aménagement paysager	Prise en compte des éléments contextuels et paysagers Reflet paysager sur les limites du bâtiment Uniformité des toitures en fonction du contexte Cohérence de l'échelle du bâtiment par rapport au contexte Intégration des blocs bâtis par rapport au contexte Promouvoir des unités bâties compactes entre les espaces végétalisés S'harmoniser avec les trames parcellaires du territoire Créer des limites urbaines qualitatives Mettre en valeur les éléments singuliers, historiques et qualitatifs Gérer les transitions des bâtiments par leur hauteur
	Structure des espaces publics	Une attention particulière à la structure et aux parties visibles des Espaces Publics Créer une porosité des espaces en équilibrant les espaces libres, verts, publics et bâtis. Créer des ambiances relatives à l'espace et à sa fonction Maximiser le confort visuel (jour et nuit) Créer des zones de rencontre dans les espaces publics (mobilier, etc.) Gérer les transitions public-privé Réflexions sur les espaces publics et semi-publics pour lisser l'effet de densité Utilisation collective des limites (banc, jardin, etc.)
Qualité architecturale	Types et formes de bâtiments	Éviter les effets de volume "en barre" Traitement architectural favorisant la singularité Traitement qualitatif des toitures (vertes, habitées, techniques, etc.) Promouvoir des typologies en cohérence avec celles de la voirie. Favoriser les rez-de-chaussée commerciaux et tertiaires et leur visibilité. Privilégier la variété des typologies (studios, 1 chambre, 2 chambres, 3 chambres et plus).
	Matérialité	Traitement qualitatif de la façade du bâtiment (matériaux, couleurs, formes, etc.) Utilisation de matériaux durables de manière cohérente, harmonieuse et contemporaine. Privilégier les couleurs naturelles et chaudes en façade Utiliser des couleurs claires au sol pour limiter l'effet d'îlot de chaleur.
	Composition de la façade du bâtiment	Ruptures visuelles dans le linéaire de la façade Réflexion sur les vues et l'intimité du bâtiment en fonction du contexte et des fonctions. Travail sur la perméabilité du bâtiment Identification claire des entrées du bâtiment
	Adaptabilité de la forme	Prendre en compte l'adaptabilité des volumes et des espaces Encourager la réversibilité des installations

Gestion du paysage et de la végétation	Distribution et structure des espaces verts	Garantir une quantité minimale de surface perméable Garantir la disponibilité d'espaces verts et bleus Favoriser les corridors verts entre les espaces verts, publics et bâtis. Utiliser la végétation comme élément structurant <i>via</i> un réseau bien pensé. Modérer l'imperméabilisation des sols
	Mise en œuvre des espaces verts	Favoriser la végétalisation des toits plats Considérer les types de plantations entre les espaces publics et privés Préférer des espèces variées et adaptées au climat Utiliser des espèces peu gourmandes en eau pour l'arrosage Maximiser la conservation de la végétation existante Garantir la replantation d'arbres en fonction des logements construits Dupliquer les clôtures avec des espèces locales variées Utiliser des strates végétales variées Planter les espaces de stationnement Assurer la durabilité à long terme des espaces verts Assurer le pré-verdissement des espaces avant la livraison
Gestion de la mobilité	Offre et réseaux de mobilité	Assurer la présence d'une gare ferroviaire proche ou locale Présence d'arrêts de bus dans les environs immédiats du site Desserte minimale en bus Limiter les rues en cul-de-sac Donner la priorité à la mobilité douce et étendre le réseau Soutenir l'utilisation des transports publics Encourager les déplacements courts par les modes doux Encourager les pratiques de transport collectif et partagé (covoiturage, etc.) Limiter la place de la voiture Traiter les voiries de manière qualitative en fonction de leur largeur (plantations, etc.)
	Connectivité des espaces	Considérer l'échelle, la taille et la continuité du réseau par rapport aux espaces publics. Développer le réseau piétonnier et l'échelle douce Promouvoir la connectivité des espaces au sein du quartier et avec la zone environnante.
	Stationnement	Intégration des parkings et de leurs accès dans le bâtiment Centralisation des parkings Mutualisation des parkings Prévoir des bornes de recharge électrique dans certains parkings Prise en compte particulière des parkings à vélos et de leur localisation Présence d'au moins un emplacement pour vélo par unité de logement
Gestion des ressources de la construction	Formes bâties	Limiter l'expansion urbaine en développant les zones déjà urbanisées Encourager la requalification urbaine Promouvoir des formes de construction économes en espace Encourager la construction de logements mitoyens
	Matériaux	Utilisation de matériaux locaux
	Densité	Veiller à ce que les niveaux de densité minimum soient atteints

Dimension sociétale	Mixité	Planification de logements pour les revenus moyens Développer des logements pour les PMR Promouvoir la mixité intergénérationnelle Encourager la cohésion sociale
Intérêt et réponse aux besoins	Fonctions et usages	Présence d'équipements à proximité du site Favoriser la mixité des fonctions, des services et des équipements Présence d'exigences minimales en matière d'équipements et de leur diversité au sein du site Présence d'équipements éducatifs autour ou dans le site Développement au sein du site d'équipements complémentaires à l'offre existante autour du site Affectation d'usages variés pour les espaces verts/espaces publics et privés extérieurs. Favoriser l'accessibilité et la sécurité des espaces publics pour tous (PMR) Prévoir des zones de détente et de calme entre les zones de rencontre
	Temps et rythmes	Prise en compte des rythmes de vie des citoyens - accessibilité temporelle

Tableau 8 : Résumé catégorisé des principes de l'approche théorique

En ce qui concerne l'analyse des deux quartiers de référence, le nombre de principes identifiés était plus faible, à savoir 22 principes (Tableau 9). Ils ont donc été classés selon 2 niveaux : le sujet global et les principes d'application, correspondant respectivement au niveau 1 et au niveau 3 de la Figure 63.

Niveau 1	Niveau 3
Population	Densité de logement réfléchie (limitation de l'espace/du logement) Créer des emplois ou fournir un minimum d'emplois Promouvoir la mixité générationnelle Privilégier la mixité sociale (éviter les ghettos)
Formes et typologies	Intégrer les volumes dans le paysage Traiter les volumes de manière qualitative Diversifier et expérimenter les ambiances Maximiser les ouvertures/ruptures dans les façades et les volumes des bâtiments, créer des vues et des perspectives. Utiliser des matériaux de qualité pour l'esthétique et la durabilité Diversifier les typologies, les types de construction et les styles Équilibrer la quantité d'espaces publics et verts en proportion des volumes bâtis Limiter l'artificialisation des sols et souligner les trames vertes et bleues. Utiliser des matériaux perméables pour les sols
Mobilité et accès	Garantir l'utilisation et la facilité d'accès aux transports publics. Mettre l'accent sur l'intermodalité Encourager les déplacements doux et le stationnement approprié Limiter l'usage de la voiture Faciliter l'accessibilité depuis et vers les zones environnantes

Services et équipements	Adapter les espaces aux différentes fonctions Adapter les fonctions aux rythmes actuels Garantir des services/équipements suffisants pour limiter les déplacements Visibilité des services et équipements (hauteur sous plafond, matériaux de façade, localisation)
-------------------------	--

Tableau 9 : Résumé catégorisé des principes de l'approche pratique

5.1.2.4 Contributions et limites des analyses

5.1.2.4.A Les contributions :

Dans un premier temps, les diverses analyses réalisées, autant des outils théoriques que des deux cas d'études pratiques, ont permis de cerner les divers sujets et thématiques qui sont particulièrement traités dans le cadre de la mise en œuvre des espaces, dans un souci de qualité et durabilité. Ces thématiques ont donc finalement constitué une entrée structurant le champ de recherche relatif à notre travail, à savoir les éléments qui participent à l'attractivité et à l'emploi des espaces. Dans cette logique, nous avons mis en lumière divers principes issus de deux types d'approches différentes, de sorte à élaborer deux grilles catégorisées selon les thématiques structurantes identifiées.

Par ailleurs, ces deux grilles fournissent une véritable base pour la suite du travail et le développement de notre indice afin qu'il cible à la fois qualité et pérennité des aménagements. Les grilles obtenues amènent une « pierre à l'édifice » en rassemblant et détaillant des principes théoriques et pratiques issus de nombreuses et diverses sources de données. Elles permettent aussi de rendre davantage compte du rôle de chacune des thématiques afin d'orienter la conception et les aménagements vers une durabilité et qualité exemplaire.

5.1.2.4.B Les limites :

En ce qui concerne les limitations de cette démarche d'analyse des deux approches, elles ciblent pour certaines les sources que nous avons analysées. En effet, nous avons dû nous limiter à une quantité de références raisonnable, ce qui peut induire que les grilles de principes établies ne sont pas exhaustives. Toutefois, nous pensons, vu la quantité de principes relevés que les sources choisies et que nous avons analysées reprennent la majeure partie des principes influençant la qualité et la durabilité des espaces conçus.

Bien que l'établissement des grilles de principes apporte finalement une synthèse permettant de relever et comprendre en détail l'implication des thématiques identifiées pour maximiser la conception durable et qualitative, elles ne garantissent pas pour autant une efficacité sans faille. Nous sommes face à des principes qui sont censés influencer positivement la qualité et la pérennité sans constituer une « recette » fonctionnant à toute les reprises.

CONCLUSION DU CHAPITRE 5 : DES PRINCIPES THÉORIQUES ET OPÉRATIONNELS A LA BASE DE NOS RÉFLEXIONS

Dans la première partie de ce manuscrit, nous avons mis en évidence l'importance du développement d'une conception qualitative et assurant la pérennité des aménagements. En effet, ces notions de qualité et de pérennité sont particulièrement attendues aujourd'hui, étant donné leur rôle pour l'appropriation des espaces, pour leur attraction et leur utilisation, de sorte à satisfaire les besoins et évolutions des modes de vie ainsi que de favoriser les interactions sociales. Ces notions sont directement liées au concept d'intensité urbaine qui, comme l'expose la littérature à son égard, exprime un dynamisme et une attractivité résultant des pratiques des usagers des espaces où la qualité et la durabilité sont à la base des principes de mise en œuvre.

Dans ce chapitre, nous avons donc étudié plus en détail des outils théoriques et des cas d'usages pratiques considérés comme de véritables références dans le domaine de l'aménagement. En effet, les principes relevés permettraient d'aboutir à des espaces présentant une qualité particulière qui contribuerait à l'attractivité et au dynamisme de ceux-ci. Les principes mis en évidence maximiseraient également la pérennité des espaces conçus, grâce à l'investissement opéré par les usagers. Ces principes ont été catégorisés et listés et constituent finalement deux grilles détaillées qui exposent les grandes thématiques jouant un rôle particulier dans la qualité et la durabilité des espaces, toujours sur base des références choisies. Ces grilles de principes forment ainsi un point de départ pour la suite de nos recherches. Effectivement, elles expriment selon nous la façon de rendre un espace pertinent en termes de qualité d'usages et de répondre aux besoins des utilisateurs afin que ceux-ci les exploitent et les investissent durablement.

Les résultats obtenus dans ce chapitre déterminent l'orientation, le développement et la formalisation de l'intensité urbaine que nous adoptons. En effet, ils ouvrent des perspectives sur les principes qui induisent une mise en œuvre qualitative des espaces, soutenant l'utilisation des espaces par les usagers, constituant des opportunités de pérennité des aménagements.

CHAPITRE 6 : LE CHOIX D'UN INDICE D'INTENSITÉ URBAINE ORIENTÉE VERS LES USAGES

Le sixième chapitre s'intéresse en détail à notre indice d'intensité développé dans le cadre de cette recherche. Nous exposons, dans un premier temps, notre orientation vers les usages pour notre indice et la formalisation que nous avons établie à son égard. Nous nous penchons ensuite sur une variable en particulier de l'indice, à savoir le Potentiel d'Usages, nous expliquons sa structure et abordons ensuite la pertinence de chaque élément qui le constitue.

06



6.1 VERS UN INDICE D'INTENSITÉ CIBLÉ

6.1.1 Pour une intensité des usages

6.1.2 Quelle formalisation et cadre d'action de l'indice ?

6.2 FOCUS SUR UNE VARIABLE DE L'INDICE

6.2.1 Structure du potentiel d'usages

6.2.2 Explications des critères et paramètres du Potentiel d'usages

6.1 VERS UN INDICE D'INTENSITÉ CIBLÉ

« Là où la ville dense est un modèle urbain, la ville intense est une intention. La démarche de densification trouve ses limites du fait qu'elle occulte les usages. »

Barretto et al.(2012)

6.1.1 POUR UNE INTENSITÉ DES USAGES

L'intensité urbaine étant un concept vaste et peu établi, comme nous l'avons illustré dans les chapitres précédents, nous avons donc pris la décision de nous l'approprier en développant une intensité orientée, à savoir l'intensité des usages.

Dans un premier temps, nous abordons les raisons du choix que nous avons opéré en orientant l'intensité vers les usagers. L'approche théorique de notre recherche se base à la fois sur l'analyse des guides et référentiels développée dans le chapitre précédent (5.1.1.1.B) et à la fois sur une revue de la littérature large, y compris du terme intensité en lui-même. Elle a donc permis de mettre en évidence l'origine de notre vision de l'intensité et de décrire l'échelle d'application qui nous semble pertinente pour celle-ci.

6.1.1.1 Une orientation spécifique sur l'usager et ses actions

L'Homme, véritable acteur de l'espace, ne cesse de s'établir dans des endroits où il peut satisfaire à ses besoins, où il peut se sentir assez bien pour y demeurer et y vivre. Depuis la création des tout premiers noyaux urbains, les hommes se regroupent afin de vivre en société, créant une intensité de son urbanité en rassemblant leurs diverses activités, pour répondre aux divers besoins fonctionnels et sociaux (Lévy, 1999, p.208). Ainsi, les zones urbaines se sont formées, parfois par la proximité et l'intensité des ressources naturelles, notamment aux abords des cours d'eau et parfois à la suite d'un développement intense des activités commerciales ou encore industrielles. Des zones portuaires se sont ensuite établies, facilitant l'intensité des échanges, qu'ils soient commerciaux ou autres. Cette idée d'accomplissement des besoins et d'appropriation du territoire rejoint les objectifs urbanistiques actuels.

Dans ses travaux, Toussaint (2003) souligne l'importance de l'urbanité résultant de la mise en œuvre de moyens spatiaux et techniques en affirmant que : « *Urbain et urbanité sont pris ici comme deux termes équivalents. Ils se rapportent aux façons des gens des villes. Ces façons, comme toutes façons, impliquent, engagent, instrumentent, discernent, accréditent, etc., des objets fabriqués — ce que H. Raymond [1988, p. 4] désigne comme les « moyens matériels et mentaux de la convivialité »* ». Ce sont donc les actions et attitudes des citoyens qui créent l'urbanité grâce aux caractéristiques de l'urbain.

Comme nous l'avons abordé dans le premier chapitre de ce manuscrit (1.1.2.2.A), les espaces publics étaient autrefois dénommés « espaces à usages publics ». Il est clair que, et c'est une évidence depuis toujours, ces espaces sont destinés aux citoyens et aux utilisations qu'ils en font. Dans cette dynamique, nous nous approprions la notion d'intensité et la déclinons en « Intensité des usages ». Comme Y.K. Ku (2020) l'a exprimé, l'occupation du sol fait référence aux activités humaines. Dans certaines recherches, les citoyens sont considérés comme des experts des espaces et leurs pratiques peuvent informer quant au dynamisme d'un espace et de son attractivité (Ku, 2020; Stonor, 2019).

Les actions des usagers, aussi nombreuses qu'elles soient, sont par ailleurs la représentation et l'interprétation de la réalité sociale d'un espace, une certaine appropriation (Gérard, 2017). Pour Mitchell (2003), un espace public n'existe que par l'existence d'une appropriation par les usagers de cet espace et l'usage qu'ils en ont au quotidien. Nous considérons donc dans nos recherches que l'espace, lorsqu'il permet aux usagers de réaliser leurs activités et d'interagir socialement grâce à elles, implique instinctivement une appropriation et un attachement résultant en un dynamisme et une attractivité. Cette considération reprend l'idée de Mehta (2014), où l'espace suscite de l'intérêt lorsqu'il soutient les usages et, par ailleurs, les liens et interactions sociales grâce aux composantes qualitatives et diversifiées des espaces. Nous nous appuyons sur le postulat de ce même auteur, soutenant que l'aptitude d'un espace à satisfaire des besoins très divers et allant du plus simple au plus singulier ainsi qu'à induire des actions, traduit son utilité et fournit une signification précise à tout usager (Mehta, 2014). Certains travaux indiquent d'ailleurs que la satisfaction des besoins quotidiens, illustrée par les usages, implique des espaces publics plus dynamiques, fréquentés et utilisés, jouant un rôle dans l'attractivité, le sens de la communauté et la pérennisation du lieu (Francis et al., 2012; Johnston, 1992; Seamon, 1980). Ainsi, la valeur d'usage, selon laquelle l'urbain se fonde d'après Henri Lefèbvre (Toussaint, 2003), émerge et prend tout son sens. Pour certains, il est indispensable que les espaces permettent une variété et pléthore d'usages afin de maximiser l'appropriation sur le long terme (DAU & CDU, 1996, p. 20).

L'attribution de fonction « à tout prix » des espaces publics et leur investissement massif comptent bien moins que leurs aménagements et leurs morphologies dans les diverses interactions sociospatiales. Dans la conception des espaces publics, l'usage est considéré comme un véritable *leitmotiv* et constitue l'un des enjeux les plus cruciaux, résultant de leurs aménagements et de leurs dispositifs. Les usages peuvent être multiples et comprennent toute action qui se déroule dans un espace comme flâner, se déplacer, y jouer ou encore y travailler. Comme l'affirme Thierry Paquot (2009a), les usages qui se déroulent dans les espaces publics peuvent être prévus ou imprévus. Cependant, il est indispensable d'améliorer et de repenser ces usages au fur et à mesure de l'évolution de la société afin d'éviter tout conflit ou dysfonctionnement. Ainsi en fonction de la catégorie sociale ou générationnelle, les utilisations de l'espace varient, mais les usagers sont tous des acteurs impliqués dans le dynamisme urbain et en quelque sorte, dans l'intensité du lieu, témoignant de leur « réussite ».

6.1.1.2 Le choix de l'échelle du quartier pour son application

Les différentes réflexions urbanistiques relatives à la pérennité et la vivabilité des espaces deviennent indispensables pour les opérations d'aménagement afin de garantir la durabilité de ces derniers en maîtrisant l'impact sur le milieu. Comme nous l'avons précédemment démontré dans le Chapitre 2 (2.2.1.4), les recherches sur l'intensité urbaine ciblent différentes échelles d'intervention :

- L'échelle de la ville : Un groupement de quartiers
- L'échelle du quartier : Un groupement de rues, d'espaces publics et d'îlots
- L'échelle de la rue et de l'îlot : Un groupement de bâtiments et leurs espaces extérieurs

Ces trois (ou quatre) échelles, bien qu'elles interagissent et s'impactent les unes sur les autres dans l'aménagement du territoire, consentent à fournir un aperçu particulièrement palpable et exploitable des diverses suggestions proposées dans des recherches variées, pour différents acteurs qu'ils soient scientifiques, opérationnels ou citoyens.

La recherche de la pérennité et du dynamisme des espaces implique un terrain maîtrisable dans lequel il est indispensable de s'immerger afin d'en retirer un maximum de connaissances. Le travail à l'échelle du quartier est bien connu de nombreux intervenants, de la conception jusqu'à l'exploitation en passant par la redynamisation comme les aménageurs, les architectes, les bureaux d'études, les chercheurs ou encore les collectivités. Ils permettent, chacun à leur manière, d'insuffler de nouveaux éléments d'actions innovantes, pour garantir leur bon fonctionnement et à la fois contenir l'impact de l'aménagement sur l'espace en question.

Les recherches et expérimentations à une échelle intermédiaire comme celle du quartier, avec laquelle les différents acteurs ont pour habitude de « jouer », sont nécessaires pour assurer un impact à l'échelle plus large ou plus petite que celle du quartier. Les éléments à prendre en compte, à cause de l'augmentation de la complexité des systèmes urbains (1.1), ne cessent de se démultiplier en fonction de l'élargissement de l'échelle travaillée, tout en réduisant la précision de ces éléments étudiés. Il n'est pas rare que des réflexions sur des projets à une échelle globale induisent une action sur un terrain plus local comme le quartier (Gianinazzi, 2018). La recherche de pérennité, de dynamisme et de limitation d'impact tendant vers une durabilité de l'espace semble ainsi pertinente à l'échelle du quartier.

Le quartier, par les éléments qu'il comprend, forme une unité de travail satisfaisante en termes de fonctions et activités, d'interactions sociales, de réseaux de voiries et de transports, bien que cette échelle interagisse avec d'autres. Etant un intermédiaire, l'échelle du quartier est, par ailleurs, particulièrement exploitée comme espace de vie grâce aux infrastructures qu'elle comprend dans son périmètre (Anaya, 2018). Ainsi, les citoyens l'ont choisie et la pratiquent en y résidant, en s'y déplaçant par le biais des espaces publics et transports ou en s'y divertissant grâce aux services et équipements présents. À la différence du bâtiment (qui est un espace privé) et de l'agglomération ou du territoire (qui est un espace commun), le quartier est conçu comme un espace d'appropriation.

Le quartier semble être l'échelle instinctive, pour de nombreux profils variés, du vivre ensemble, de l'attractivité, de la satisfaction des besoins, de la proximité aboutissant à la qualité et au bien-être de ses résidents et usagers grâce aux espaces publics, à ses dispositifs techniques et les infrastructures proposés. C'est finalement un ensemble d'espaces qui est harmonieux et où les actions envisagées peuvent aisément être maîtrisées, adaptées voire améliorées. Cette échelle implique d'élargir les questionnements et recherches au-delà des bâtiments, tout espace interagissant avec ces derniers, puisqu'ils sont les supports des usages des citoyens.

Tout au long de l'histoire de l'urbanisme et de l'aménagement, l'échelle du quartier n'a pas forcément été définie de façon unanime, ni même présentant des caractéristiques semblables, remettant en question son utilité dans l'aménagement. De sa représentation comme « portion de ville », le quartier a ensuite été perçu comme un espace de vie agréable et adapté à l'Homme par rapport à l'agglomération. Il a fait l'objet d'attention à partir des années 1970, bien que des expérimentations s'apparentant à cette échelle mais présentant d'autres dénominations aient vu le jour bien plus tôt (Humain-Lamourre, 2007). À la suite de la guerre, le 20^{ème} siècle a vu fleurir des cités-jardins et de nombreux grands ensembles modernes, impliquant une réduction de la notion de quartier. En effet, l'homogénéisation des fonctions et des caractéristiques sociales des espaces s'est marquée, devenant un grand combat pour l'identité et les pratiques urbaines.

Anne-Lise Humain-Lamourre (2007) précise que la notion de quartier a été à la base de nombreux travaux, la considérant différemment en fonction des Écoles. Elle cite dans un premier temps l'école de Chicago, pour qui le quartier a été étudié en raison de ses caractéristiques impactant l'échelle de la ville, qui était alors privilégiée. Elle mentionne ensuite un autre mouvement considérant le quartier comme objet d'étude résultant des relations entre la communauté et l'espace territorialisé. Ce courant induira que le quartier est un espace de vie, qui impacte le ressenti, et dont les limites, les caractéristiques et leurs effets seront particulièrement étudiés.

La transition de l'échelle du quartier comme terrain d'action pour intervenir sur la représentation de l'échelle plus large qu'est l'agglomération s'est poursuivie et s'applique toujours. Jouant un rôle certain dans le dynamisme urbain et dans la recherche de qualité de vie, cette échelle a été le support de nombreuses expérimentations de rénovation, comme les quartiers historiques ou de grands ensembles, ou de réhabilitation, notamment des friches industrielles et des dents creuses en écoquartiers.

Cette échelle est également particulièrement sujette à diverses analyses urbaines, en quête de conception adaptée ou d'optimisation des espaces (Fijalkow & Nicolas, 2018). En effet, les dimensions sociales et les aspects techniques peuvent être inclus pour questionner la dynamique inhérente au système urbain et pour traiter de nombreuses questions telles que la qualité de vie, l'adaptation à l'évolution des besoins ou l'utilisation modérée des ressources (Delaître et al., 2016). Au cœur de nombreux enjeux, le quartier semble donc être l'échelle à privilégier pour développer de nouvelles méthodes et outils innovants pour la conception et pour la mesure de ses effets sur le territoire.

6.1.1.3 Le choix d'un indice d'aide à l'amélioration pour la conception

Il existe de nombreux enjeux concernant l'échelle du quartier dans l'aménagement du territoire et l'urbanisme pour tendre vers une durabilité de ces espaces. Comme mentionné dans notre premier chapitre, les systèmes urbains sont complexes et mettent en interaction de multiples sphères. Ceci implique une horizontalité et des relations entre les disciplines relatives aux opérations d'aménagements et aux réflexions à leur propos. De nombreux outils (de conception, de décision, d'évaluation) sont d'ailleurs demandés dans le monde opérationnel pour réussir à surpasser cette complexité et tendre vers une durabilité des aménagements impactant les interactions sociales et à une diminution des impacts sur les ressources, notamment le sol. Dans le cadre actuel, les acteurs concernés se doivent de répondre et intégrer divers facteurs dans la conception et d'y porter une attention particulière en établissant des scénarios de sorte à mesurer l'impact des choix opérés.

Ainsi, la tâche du concepteur est ardue puisqu'elle concerne, à l'échelle du quartier, des types d'espaces bien différents ainsi que de multiples échantillons de citoyens à satisfaire. Par ailleurs, leurs *modus operandi* pour les projets conçus doivent impérativement s'inscrire dans une logique de durabilité et de pérennité de ceux-ci. Cette contrainte, même si elle ne devrait pas en être une, appelle à un enrichissement des connaissances sur les diverses implications des champs en constante interaction avec l'aménagement des espaces, à une interrelation entre les domaines de recherches qui sont actuellement très fragmentés et qui impactent pourtant le territoire, ainsi qu'à un renouvellement des outils proposés pour ces intervenants qui semblent refléter la sectorisation des enjeux et leurs limitations.

Pourtant, de nombreux outils globaux peuvent être retrouvés, que ce soient des guides et référentiels pour la durabilité, comme nous en avons étudié dans le chapitre 5 pour notre recherche, ou encore des logiciels de modélisations spécifiques et pas toujours bien exploités. Les guides et référentiels ainsi que les diverses grilles de certification et labels (1.2.1.3 et 5.1.2.2) semblent, selon nous, être des supports primaires d'intentions particulièrement pertinents, permettant de cibler des objectifs ou encore des enjeux spécifiques en questionnant leur mise en œuvre et leurs interactions. Ils sont cependant souvent employés a posteriori en guise d'outils d'évaluation en phase d'exploitation, bien qu'ils soient aussi destinés aux phases de conception. La majorité des outils existants ne sont donc actuellement pas employés pour évaluer les aménagements en phase de conception de sorte à les améliorer et à tendre vers une optimisation globale.

Nous retrouvons également des outils orientés sur le développement durable, dont l'utilisation parfois complexe requiert une maîtrise particulièrement aiguisée de logiciels propriétaires. Ces outils s'intéressent pour la plupart à un axe en particulier, permettant d'évaluer et mesurer précisément et indépendamment différents thèmes, mais omettant la vision holistique particulièrement recherchée aujourd'hui, souvent à cause du manque d'informations accumulées en phase de conception.

Comme mentionné dans notre premier chapitre, les indicateurs sont souvent employés comme outils par des acteurs comme les architectes, concepteurs et décideurs. Cependant, la majeure partie d'entre eux présentent, comme les outils abordés dans le paragraphe précédent, des limites par leur vision souvent monocritère.

Nous avons jusqu'ici mentionné l'aspect multiple du concept d'intensité urbaine et les éléments variés auxquels il touche. Nous avons également mis en évidence la pertinence de cette notion pour maximiser la pérennité des aménagements et son impact sur la vivabilité et la qualité des espaces. Il nous a donc semblé particulièrement intéressant de réfléchir à la mise en forme de notre vision de l'intensité, l'intensité des usages, sous forme d'un indice qui, comme précisé plus tôt dans ce manuscrit (1.2.1.2.B), permet une prise en compte de multiples aspects de façon globale. Dans cette optique, nous avons décidé de le visualiser comme une aide à l'amélioration grâce à l'évaluation de ses composantes en phase de conception.

Nous détaillons dans la suite de ce chapitre notre démarche de formalisation de l'indice, définissons ses variables et détaillons ensuite leurs composantes, issues de notre approche théorique présentée dans le chapitre 5.

6.1.2 QUELLE FORMALISATION ET CADRE D'ACTION DE L'INDICE ?

Après avoir présenté l'orientation que nous trouvons la plus pertinente pour l'intensité urbaine et l'échelle qui nous semble la plus adaptée, nous souhaitons définir cette intensité des usages et détaillons la formalisation de l'indice sous forme d'une équation primaire. Ensuite, nous exposons le cadre d'intervention de l'indice en précisant les acteurs et aboutissants visés.

6.1.2.1 L'intensité électrique : Analogie à l'origine de notre indice

Au-delà de la revue de littérature concernant l'intensité urbaine, les analyses de quartiers revendiqués comme intenses et les entretiens qualitatifs réalisés auprès de divers acteurs, notre approche a également consisté en l'étude de l'intensité dans d'autres domaines que celui de l'urbanisme. Cette étape est particulièrement importante puisque c'est cette étude qui est à l'origine de la construction de notre indice d'intensité des usages.

Dans nos recherches préliminaires concernant le terme d'intensité, notre attention a été retenue par le domaine des sciences physiques, et plus particulièrement le domaine de l'électromagnétisme. Nous pensons qu'une analogie peut être réalisée entre la définition d'intensité électrique et notre vision de l'intensité. En effet, l'intensité électrique est par définition la *charge électrique* véhiculée par les électrons parcourant *une section* par *unité de temps* (Fredon et al., 2016). De plus, le potentiel électrique correspond à l'*énergie potentielle* d'une charge en un point.

Afin de formaliser notre vision de l'intensité, nous pensons qu'une analogie à cette définition dans le domaine de l'urbanisme est pertinente. Selon nous, le potentiel électrique dans l'intensité qui y est relative peut être transposé pour notre indice d'intensité des usages en « *potentiel d'usages* » rassemblant « l'énergie potentielle » que possède un espace. Aussi, étant donné que l'intensité se veut dynamique, la notion d'étude d'une charge sur un laps de temps présente dans l'intensité électrique est un levier pour notre intensité. Cette vision, sans le savoir, rejoint les divers propos recueillis lors de la revue de littérature et des entretiens avec les différents acteurs interrogés.

6.1.2.2 Mise en place de l'indice et de ses variables

Nous avons souligné précédemment que notre vision de l'intensité s'intéressait particulièrement aux usages et avons également dessiné l'origine de l'indice que nous mettons en place. Il convient cependant de d'abord définir ce que nous considérons comme intensité des usages.

Nous définissons l'intensité des usages comme **le volume des actions et des interactions sociales et spatiales qu'un quartier peut offrir sur une période grâce à sa composition**, remettant les usagers au cœur du processus, décrivant leurs pratiques de sorte à comprendre les dynamiques et pointer les dysfonctionnements. Nous pensons donc que l'évaluation de l'intensité peut être en partie basée sur les pratiques des usagers au fil du temps pour des espaces existants. Cependant, nous considérons que ces pratiques dépendent principalement de la structure de l'espace et donc des caractéristiques qu'il présente. Selon nous, prendre en compte uniquement les usagers sans comprendre comment l'espace est structuré ne permet pas de progresser en termes d'évaluation de l'intensité des usages et d'adaptation des aménagements. Notre vision de l'intensité des usages ne cible donc pas seulement une abondance de personnes, mais plutôt une succession d'actions et d'interactions réalisées sur une certaine période, en fonction de facteurs contextuels et sociétaux. Par ailleurs, nos travaux se concentrent sur les phases amont d'un projet, c'est-à-dire la phase de conception. Par conséquent, une simple observation des pratiques des usagers ne coïncide pas avec nos objectifs. L'indice que nous avons développé est donc visualisé comme un outil de conception et d'aide à la décision destiné à produire des scénarios prospectifs d'amélioration.

6.1.2.2.A Résultat d'une association de systèmes

Comme mentionné dans le chapitre 2 (2.2.1.1.B), Jane Jacobs (1991) affirme que l'intensité émerge de la relation entre les personnes, leurs activités et leur environnement physique. Le terme « *Ballet* » est utilisé par Jacobs (1991, p. 60-64) pour illustrer la gamme d'usages (voulus et non voulus) résultant de la spatialité et de l'association de la société. Pour la définition de l'intensité électrique, nous faisons une analogie avec le « *Ballet* » de J. Jacobs en proposant le terme Potentiel d'usages (P_u). L'interaction entre les éléments spatiaux (Espace) et les personnes (Sociétal) caractérise le Potentiel d'usages, génère des flux dans le temps (φ), dont l'ensemble traduit l'intensité des usages ($I_{u,t}$). La Figure 64 illustre notre vision de l'intensité d'usages sur laquelle nous nous appuyons et les différentes variables

qui la constituent. Étant donné que l'un des objectifs de notre recherche est de mesurer concrètement l'intensité urbaine, que nous avons traduite en Intensité des usages, nous l'avons transposée en une équation primaire considérant chacune des variables discutées précédemment et s'inspirant de l'intensité électrique :

$$I_{u,t} = \frac{P_u \cdot \Delta_{t,u}}{\Delta_{t,g}} + \varphi$$

Où P_u = Le potentiel d'usage
 $\Delta_{t,u}$ = Le temps d'usage
 $\Delta_{t,g}$ = Le pas étudié
 φ = Les flux nets

Équation 1 : Equation de l'intensité d'usages

L'indice d'intensité d'usages que nous mettons en place, par sa formulation, est donc constitué de diverses variables : le Potentiel d'usages, le temps (d'usage et le pas étudié) ainsi que les flux nets. Ces flux nets sont le ratio entre les flux entrants et sortants.

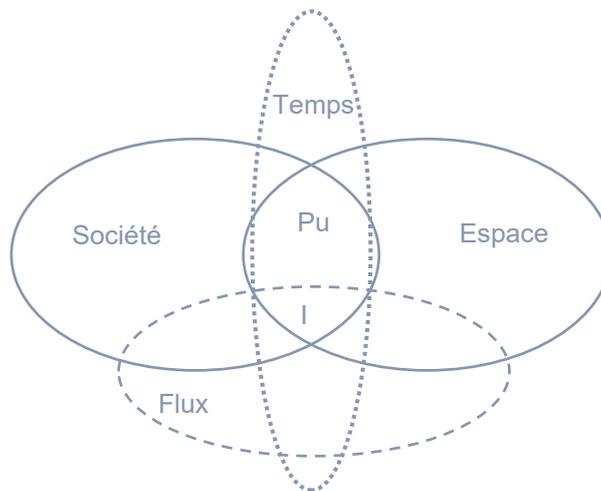


Figure 64 : Schématisation de notre vision de l'intensité des usages, Illustration personnelle

Nous revenons plus en détail sur le Potentiel d'usages dans la suite de ce chapitre (6.2) en précisant le processus de constitution suivi pour ce dernier, à la suite des analyses réalisées dans le chapitre 5.

Ayant défini notre indice d'intensité des usages et précisé les variables qui composent son équation, il nous semble important de caractériser son cadre d'intervention et les intentions ambitionnées à travers son établissement.

6.1.2.3 Cadre d'intervention de l'indice

Ayant mis en évidence les raisons de l'établissement de notre indice et brièvement abordé la finalité comme outils d'aide à l'amélioration que nous lui apposons, nous souhaitons ici rassembler et synthétiser les informations détaillées concernant le cadre dans lequel s'intègre notre indice d'intensité des usages. Nous décrivons donc trois éléments spécifiques, à savoir :

- À qui est destiné cet indice ?
- Quel est l'objet de l'évaluation par cet indice ?
- Pour exprimer quoi ?

6.1.2.3.A Un indice destiné aux acteurs de la conception et de la gestion des aménagements

Nous pensons que l'indice qui est mis en place peut se destiner aux praticiens de l'aménagement et de la construction (concepteurs, aménageurs, directeurs des programmes et innovations, bureaux d'étude...) afin d'évaluer, en termes de potentiel d'usages, un projet en phase de conception grâce à des scénarios, dans le but d'apporter de possibles améliorations. Cependant, nous pensons que cet indice peut également convenir aux responsables de la gestion des projets et aux collectivités pour les aider à optimiser ceux-ci durant la phase d'exploitation. À terme, nous pourrions envisager que l'indice d'intensité des usages soit, grâce à divers ajustements techniques en la matière, intégré à des logiciels de conception et d'évaluation.

6.1.2.3.B Un indice évaluant l'intensité des usages d'un espace à l'échelle du quartier

L'indice établi permettrait d'évaluer l'intensité des usages d'un quartier, notamment grâce à la méthode que nous mettons en place dans les chapitres suivants. Grâce aux éléments représentés par la variable de Potentiel d'usages, qui sont exposés dans la suite du manuscrit, il est possible d'évaluer l'énergie, en termes d'usages, qu'un espace peut offrir. Aussi, nous pensons que l'échelle du quartier, prenant en compte l'espace public, est optimale pour saisir les différents facteurs d'influence de notre indicateur. En effet, cette échelle permet de prendre en compte un panel d'éléments en interaction entre eux, comme les diverses fonctions urbaines, les voiries, les réseaux, les infrastructures ou même les flux. Les dimensions techniques et sociales peuvent ainsi être englobées, de sorte à questionner diverses dynamiques inhérentes à la complexité du système urbain et à traiter plusieurs enjeux (Colombert et al., 2011; Delaitre et al., 2016; Lotteau, 2017; Yopez - Salmon, 2011).

6.1.2.3.C Un indice exprimant des valeurs de qualité, de réponse aux besoins et de pérennité

Autant du point de vue des concepteurs et des aménageurs que de celui des gestionnaires, la valeur de qualité des aménagements suivant les grands enjeux actuels (respect des ressources, environnement, dynamisme, attractivité...) et celle de la réponse aux besoins des occupants (résidents ou non) est celle qui nous semble la plus pertinente pour l'indice que nous mettons en place. Cela dit, la temporalité, pour les deux types d'acteurs auxquels notre méthode est destinée, sera différente. En effet, l'évaluation de l'intensité peut par exemple prendre la forme de scénarios prospectifs afin d'évaluer le potentiel qualitatif de la mise en œuvre d'un espace durant la phase de conception, mais aussi, dans le cas de projets de grande envergure, durant les phases juxtaposant conception / construction / exploitation afin d'adapter le programme aux usages observés. Il est tout de même nécessaire de rappeler que l'objet principal de la recherche ci-présentée se concentre sur la phase de conception. Cependant, il est possible qu'en phase d'exploitation totale, l'évaluation de l'intensité permette aux gestionnaires d'observer les usages qui sont faits des espaces, par exemple au niveau de plusieurs quartiers, de sorte à orienter les décisions et de les adapter à chaque espace, à chaque quartier. Pour illustrer ces propos, nous pourrions envisager d'observer au sein d'une même commune l'intensité des

usages dans plusieurs quartiers, afin de proposer des aménagements utiles dans les quartiers qui en ont besoin. De cette manière, nous ne pensons pas que l'intensité doit être maximale partout, mais que son évaluation à travers les usages pourrait être un marqueur pour les décisions et les projets d'aménagements, surtout en phase de conception ce qui est peu le cas actuellement. Aussi, en fonction de l'intensité des usages des différents espaces à différents moments d'un quartier, d'autres éléments urbains pourraient être gérés comme les éclairages.

6.2 FOCUS SUR UNE VARIABLE DE L'INDICE

« La présence d'usagers et d'usages variés sur l'espace public témoigne d'une vie locale dynamique, d'une convivialité et d'un bien-être. Aménager l'espace public, c'est diversifier les usages pour tous, permettre l'interaction, [...]. Tout projet d'espace public doit garantir plus d'usages et plus d'usagers. L'animation de l'espace public est un antidote à la vitesse, il invite à ralentir, voire à s'arrêter. »

(Grenoble Alpes Metropole, 2017)

6.2.1 STRUCTURE DU POTENTIEL D'USAGES

Après avoir formalisé l'équation de l'indice d'intensité des usages, cerné ses objectifs et exposé son origine dans notre démarche, nous nous intéressons en détail au potentiel d'usages qui permet, en fonction de divers éléments compris dans un espace, d'exposer la capacité qu'un espace présente en termes d'utilisations pour les usagers de l'espace, composante que nous jugeons essentielle pour le dynamisme de l'espace.

6.2.1.1 Une arborescence à quatre niveaux

Nous avons, dans le chapitre 5, réalisé une analyse de cas pratique, à savoir divers quartiers témoignant d'une réussite relative aux questions d'attractivité et de qualité de vie, ainsi qu'une analyse de documents théoriques comprenant des référentiels et guide pour l'aménagement durable. Ces analyses ont abouti sur deux listes d'éléments, organisées respectivement en deux et trois niveaux (cf.5.1.2.3) qui ont permis de structurer l'arborescence du Potentiel d'Usages en quatre niveaux.

6.2.1.1.A Les facteurs d'influence

L'interrelation du premier niveau (Sujet global) de la liste des éléments théoriques et de la liste des éléments pratiques a permis d'établir et de formuler trois principes constituant les catégories principales pour la variable Potentiel d'usages de l'indice d'intensité établi. Les premiers niveaux des deux approches (théorique et pratique) sont mentionnés dans le Tableau 10.

Sujet global (Niveau 1)	
<i>Approche théorique</i>	<i>Approche pratique</i>
- Insertion et composition contextuelles	- Population
- Qualité architecturale	- Formes et typologies
- Gestion du paysage et de la végétation	- Mobilité et accès
- Gestion de la mobilité	- Services et équipements

- Gestion des ressources de la construction
- Dimension sociétale
- Intérêt et réponse aux besoins

Tableau 10 : Premier niveau des approches théoriques et pratiques

Les 3 catégories principales constituent la base de la structure du Potentiel d'usages, nous les avons nommées « *Facteurs d'influence* ». Ces facteurs d'influences ne sont pas anodins, ils structurent le Potentiel d'usages et sont relatifs à trois éléments constitutifs des systèmes urbains retrouvés à l'échelle du quartier : l'environnement spatial, le contenu proposé dans ses composantes construites et sa population relative. Ils reprennent notamment les éléments que nous avons abordés pour la définition de l'intensité des usages plus tôt dans ce chapitre (6.1.2.2.A). En effet, le potentiel d'usages que nous mettons en place fait référence aux caractéristiques qu'un espace peut offrir pour permettre une gamme d'actions (usages) dans cet espace. Ce sont ces caractéristiques que nous associons à « l'énergie » du lieu.

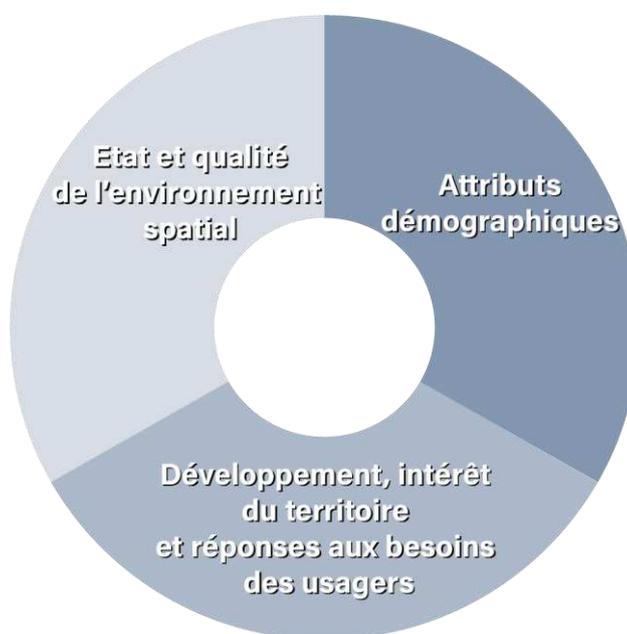


Figure 65 : Facteurs d'influence du Potentiel d'usages, illustration personnelle

6.2.1.1.B Les thèmes

Chacun des « facteurs d'influence » est à son tour divisé en « thèmes ». Ces thèmes sont nommés de manière concise et font référence à un « champ d'action » spécifique. Ils ont été exprimés sur la base du deuxième niveau de la liste de principes théoriques et du troisième niveau de la liste de principes pratiques (cf.5.1.2.3, Figure 63, Tableau 8 et Tableau 9). En ce qui concerne le troisième niveau de l'approche pratique, les principes repris ont participé à définir un champ d'action commun au deuxième niveau de l'approche théorique.

Dans le tableau suivant, nous listons les éléments qui sont intervenus dans la formulation des thèmes de la variable de Potentiel d'usages.

Limites d'application (Niveau 2)	Principes d'application (Niveau 3)
<i>Approche théorique</i>	<i>Approche pratique</i>
<ul style="list-style-type: none"> - Aménagement paysager - Structure des espaces publics - Types et formes de bâtiments - Matérialité - Composition de la façade du bâtiment - Adaptabilité de la forme - Distribution et structure des espaces verts - Mise en œuvre des espaces verts - Offre et réseaux de mobilité - Connectivité des espaces - Stationnements - Formes bâties - Matériaux - Densité - Mixité - Fonctions et usages 	<ul style="list-style-type: none"> - Densité de logement réfléchie (limitation de l'espace/du logement) - Créer des emplois ou fournir un minimum d'emplois - Promouvoir la mixité générationnelle - Privilégier la mixité sociale (éviter les ghettos) - Intégrer les volumes dans le paysage - Traiter les volumes de manière qualitative - Diversifier et expérimenter les ambiances - Maximiser les ouvertures/ruptures dans les façades et les volumes des bâtiments, créer des vues et des perspectives. - Utiliser des matériaux de qualité pour l'esthétique et la durabilité - Diversifier les typologies, les types de construction et les styles - Équilibrer la quantité d'espaces publics et verts en proportion des volumes bâtis - Limiter l'artificialisation des sols et souligner les trames vertes et bleues. - Utiliser des matériaux perméables pour les sols - Garantir l'utilisation et la facilité d'accès aux transports publics. - Mettre l'accent sur l'intermodalité - Encourager les déplacements doux et les stationnements appropriés - Limiter l'usage de la voiture - Faciliter l'accessibilité depuis et vers les zones environnantes - Adapter les espaces aux différentes fonctions

- Adapter les fonctions aux rythmes actuels
- Garantir des services/équipements suffisants pour limiter les déplacements
- Visibilité des services et équipements (hauteur sous plafond, matériaux de façade, localisation)

Tableau 11 : Niveau 2 de l'approche théorique et Niveau 3 de l'approche pratique

L'interrelation des principes d'application du troisième niveau de l'approche pratique ainsi que les limites d'application déjà établies dans le deuxième niveau de l'approche théorique ont découlé sur quatre grands thèmes, qui subdivisent les « facteurs d'influences ». Les thèmes permettent de préciser les « facteurs d'influence » et de regrouper les critères, expliqués dans la section suivante (6.2.1.1.C) de façon synthétique.

La Figure 66 reprend ces thèmes en les positionnant par rapport aux facteurs d'influence. Ces thèmes se veulent simples et clairs, exprimant de façon immédiate le domaine d'application et donc le constituant ciblé.

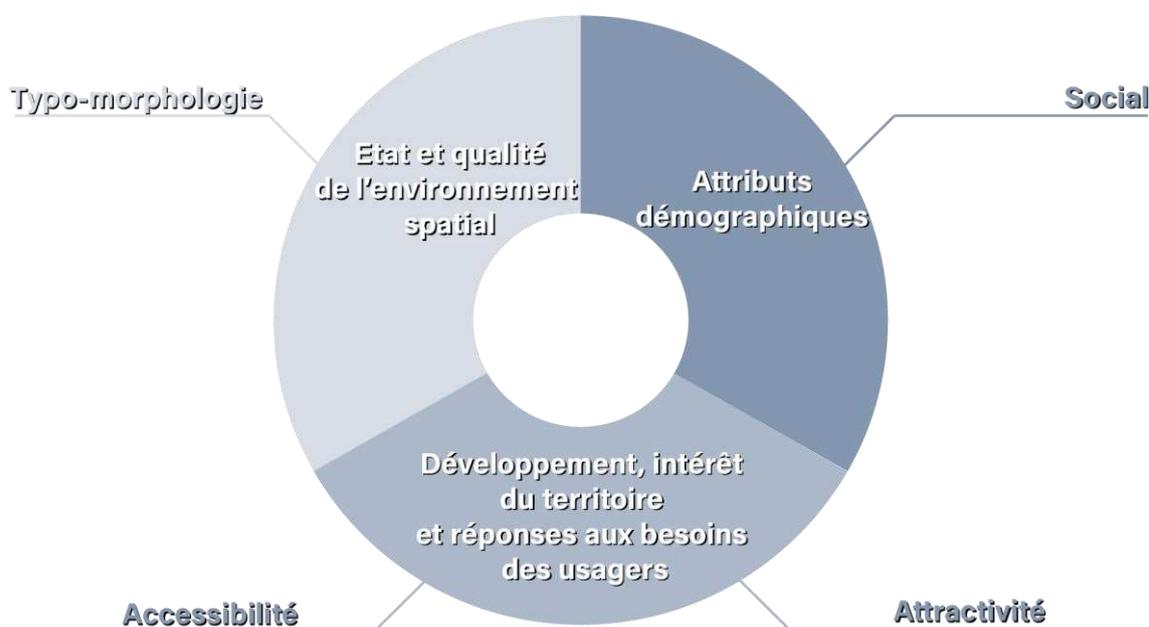


Figure 66 : Thèmes relatifs aux facteurs d'influence du potentiel d'usages

6.2.1.1.C Les critères

Dans une suite logique, aux thèmes sont associés des critères qui ont été formulés grâce aux principes d'application formalisés dans les listes de principes théoriques et pratiques.

Par définition, un critère est repris dans le Larousse comme « *Principe, élément de référence qui permet de juger, d'estimer, de définir quelque chose* » (Larousse, 2022c). C'est donc selon cette définition que les critères ont été établis, de sorte à centrer les attentions sur des éléments qui nous semblent particulièrement importants. Il est important de préciser que les critères sélectionnés peuvent avoir des impacts sur les orientations prises, ainsi que sur les méthodes qui sont mises en place.

Afin d'éviter toute redondance, nous ne reprenons pas l'ensemble des principes d'application, étant donné que nous les avons déjà listés dans le Tableau 8 et le Tableau 9. Cependant, nous les situons par rapport aux facteurs d'influence et aux thèmes dans la Figure 67.

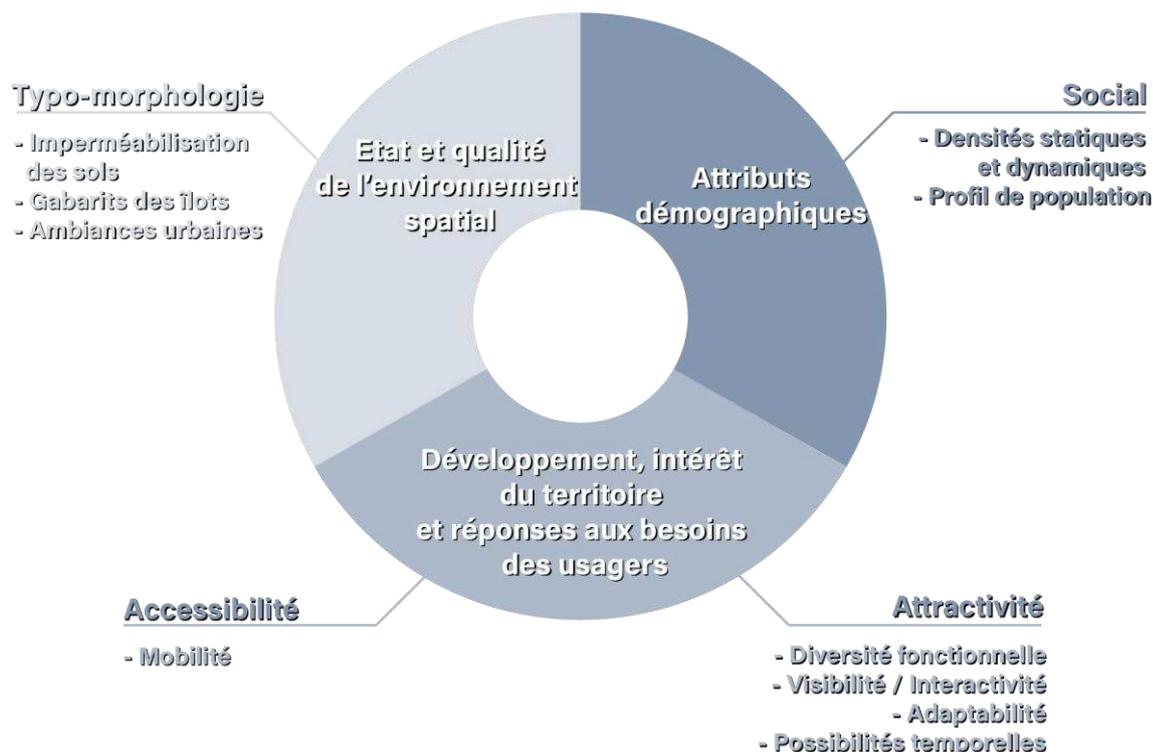


Figure 67 : Critères relatifs aux facteurs d'influence et thèmes du potentiel d'usages

6.2.1.1.D Paramètres

Afin de rendre les critères quantifiables, nous les avons déclinés en divers paramètres adaptables pour atteindre nos objectifs d'évaluation. Ces paramètres sont « *des éléments en fonction duquel on explicite les caractéristiques essentielles d'un phénomène, d'une question* » (Larousse, 2022d). Ils sont donc mesurables et offrent la possibilité d'exposer des caractéristiques majeures sous une forme simplifiée et condensée. Les paramètres différents attribués à un même critère sont en relation et fournissent des informations plus précises sur ce critère.

Au vu du nombre de paramètres que nous avons établi, nous ne les reprenons pas dans la figure évolutive dressée avec les facteurs d'influences, les thèmes et paramètres, mais les indiquons directement dans le tableau suivant.

6.2.1.1.E Synthèse des facteurs d'influence, thèmes, critères et paramètre

À des fins de bonne compréhension, nous avons décidé de synthétiser et structurer les différents facteurs d'influence, thèmes et critères au sein du Tableau 12. Par la suite, nous caractérisons en détail les différents thèmes, critères et paramètres qui constituent notre Potentiel d'usages et justifions leur prise en compte pour notre indice.

Facteurs d'influence	Thèmes	Critères	Paramètres	
Etat et qualité de l'environnement spatial	Typo-morphologie	Imperméabilisation des sols	Superficie imperméabilisée	
			Superficie perméable	
			Superficie totale	
		Gabarits des îlots	Compacité Spatiale	
			Ouverture / porosité verticale des îlots au RDC	
			Diversité des âges des bâtiments	
			Diversité des types de matériaux	
		Ambiances urbaines	Composition urbaine	Qualité de l'éclairage artificiel
				Velum urbain
				Porosité horizontale des espaces publics /ruptures visuelles
Développement intérêt du territoire et réponses aux besoins des usagers	Accessibilité des espaces publics	Mobilité	Desserte en transports publics	
			Superficie destinée à chaque mode de transport	

			Offre en stationnements
			Connections aux autres quartiers
			Diversité urbaine
		Diversité fonctionnelle	Répétition des services ou équipements dans un certain rayon
			Polyvalence / flexibilité
			Accès aux bâtiments
	Attractivité		Hauteur des RDC
		Visibilité / Interactivité	Recul par rapport à la voirie
			Transparences des parois du RDC
		Adaptabilité	Possibilités d'évolution
		Possibilités temporelles	Plages d'occupation
			Population résidente
		Densités statiques et dynamiques	Activités humaines
Attributs démographiques	Environnement Social		Niveau de vie de la population résidente
		Profil de population	Répartition des âges

Tableau 12 : Structure complète de la variable Potentiel d'usages de l'indice

6.2.2 EXPLICATIONS DES CRITÈRES ET PARAMÈTRES DU POTENTIEL D'USAGES

L'établissement d'une structure spécifique du Potentiel d'usages par le biais d'une catégorisation des facteurs d'influence et des thèmes permet d'énoncer clairement les critères et paramètres pertinents pour l'évaluation du Potentiel d'usages. Dans ce sous-point, nous décrivons chacun des facteurs d'influence et des thèmes pour ensuite définir les critères et les paramètres. De plus, nous expliquons les raisons pour lesquelles ils sont pris en compte dans l'évaluation du Potentiel d'usages à l'échelle du quartier. Cette partie de notre travail de recherche est particulièrement importante puisque la quantification du Potentiel d'usages, grâce aux paramètres, conduit directement au calcul de l'Intensité d'usages.

6.2.2.1 État et qualité de l'environnement spatial

Ce premier facteur d'influence concerne directement l'environnement spatial, c'est-à-dire l'environnement au sens contextuel ainsi que son contenu au sens structurel. Ce facteur d'influence nous permet de considérer à la fois les espaces publics et privés, leur interrelation et leur impact les uns sur les autres. Ainsi, ce facteur d'influence permet de dresser une sorte de panorama de la qualité spatiale à travers plusieurs axes repris sous le thème de la « Typo-morphologie ».

6.2.2.1.A Typo-morphologie

Comme son nom l'indique, ce thème aborde et évalue les principaux éléments typologiques et morphologiques présents dans l'environnement spatial. La typo-morphologie se trouve à la lisière de plusieurs domaines comme l'architecture, l'urbanisme, l'économie, ou encore l'histoire. Elle cerne la forme urbaine au moyen des agencements des divers bâtiments, espaces publics et privés selon lesquels elle est organisée. Les éléments que l'on souhaite évaluer *via* différents paramètres spécifiques sont la morphologie des espaces publics et privés, leur typologie ou encore l'impact de leur mise en œuvre. Ce thème reflète en quelque sorte l'histoire et l'identité du lieu, induisant une certaine impression en fonction de sa composition.

- Imperméabilisation des sols :

Les conditions climatiques actuelles, qui sont particulièrement préoccupantes, appellent à de nombreuses réflexions concernant la planification urbaine et son impact sur la ressource « sol ». Elles constituent assurément un enjeu phare de notre siècle (Amundson et al., 2015). Limiter l'imperméabilisation des sols semble plus qu'essentiel pour de nombreuses raisons, notamment, l'augmentation des risques d'inondations ou encore l'épuisement des ressources en eau (Pistocchi et al., 2015). Aussi, l'imperméabilisation des sols contribue entre autres au réchauffement de l'atmosphère et représente une menace importante pour la biodiversité (European Commission, 2012).

La limitation de l'imperméabilisation des sols est donc au cœur des préoccupations de l'urbanisme durable depuis de nombreuses années. Par ailleurs, il est nécessaire de limiter, voire de stopper, l'imperméabilisation en utilisant diverses méthodes d'agencement et de mises en œuvre des espaces ou encore différents types de matériaux (modulables, poreux, etc.). Le critère d'imperméabilisation des sols constitue pour ces raisons un élément pertinent pour caractériser la qualité de l'aménagement des espaces. Dans nos recherches, nous considérons que l'imperméabilisation des sols peut être obtenue grâce à différents paramètres qui sont la **surface imperméable**, la **surface perméable** ainsi que la **surface totale** d'un espace étudié.

- **Gabarits des îlots :**

La durabilité et l'esthétique peuvent être impactées différemment en fonction de certaines typologies et formes de bâtiments. En effet, diverses informations sur le type de bâti peuvent directement être déterminées par les configurations des îlots, eux même formés par les constructions. Les îlots, ces petits ensembles de bâtiments, peuvent même caractériser la morphologie d'un espace étudié. Pour préciser ce critère, deux paramètres sont choisis, à savoir la **compacité des volumes bâtis et des espaces non bâtis** ainsi que la **porosité des façades** des bâtiments. Ces paramètres aident à déterminer les formes de l'espace et les caractériser, notamment de bâti compact, dispersé, fermé, ouvert, vertical ou horizontal. Ces paramètres sont intrinsèquement liés à la forme des bâtiments et peuvent permettre une diminution d'emprise au sol, impliquant une incidence moindre sur cette ressource spécifique. Il nous semble également nécessaire de préciser que la coque extérieure du bâtiment, son enveloppe, peut évidemment avoir un impact sur les fonctions établies au sein du bâtiment. La caractérisation de la forme des bâtiments décrit partiellement leur impact et contribue à l'évaluation du potentiel d'usages.

- **Ambiances urbaines :**

Le terme « ambiance », utilisé comme perception sensible de l'environnement urbain et architectural, renvoie à une expérience qui peut être appréciée par tous. Cependant, celle-ci semble souvent difficile à transmettre au vu de sa nature initialement subjective. Dans notre travail, nous dissociions la dimension physique des phénomènes d'ambiance, en considérant les objets et les dispositifs mis en œuvre pour créer des atmosphères. De cette manière, il est possible d'associer les différents phénomènes physiques et sensibles – liés aux ambiances lumineuses, esthétiques et autres – à l'ambiance générale d'un lieu. Selon Chelkoff (2012, p. 123) « [...] *la matière transformée en matériau est désormais explorée en termes d'agent d'ambiance* [...] ». Selon le même auteur, les constructions, du fait de leur mise en œuvre architecturale, matérielle et accessoire, impactent les corps et les consciences. En ce sens, leur traitement direct (matériaux, style ...) ou indirect (luminosité, contexte, paysage, ...) provoque un changement des propriétés physiques initiales du lieu et celles des usagers. Pour déterminer ces ambiances, nous nous intéressons à **l'uniformité des âges des bâtiments**, à la réflexion sur les **types de matériaux** utilisés, à **l'éclairage artificiel** qui influence beaucoup les

ressentis ainsi qu'à la **composition urbaine** en fonction du **velum urbain** et de la **porosité des espaces publics**.

6.2.2.2 Développement, intérêt du territoire et réponses aux besoins des usagers

Le second facteur d'influence est directement lié au contenu spécifique d'un espace urbain, c'est-à-dire l'offre établie dans ce dernier pour satisfaire les différents besoins sociétaux. Ces besoins sont considérés comme fondamentaux et ont été repris par Le Corbusier (1971) dans la Charte d'Athènes, à savoir l'habitat, le travail, les loisirs et la mobilité. Toujours d'actualité, ces besoins suivent aujourd'hui une logique différente de ceux de l'époque, correspondant à des préoccupations et des enjeux tels que l'évolution des modes de vie et de déplacements ou encore la modification des différents rythmes. Ce facteur d'influence est décliné sous deux thèmes qui sont « l'accessibilité » et « l'attractivité » fournissant des informations sur le niveau de satisfaction du besoin des utilisateurs.

6.2.2.2.A Accessibilité des espaces publics

La nature des enjeux actuels, concernant notamment la réduction de la consommation d'espaces et d'aménagement urbain durable, appelle à un développement de réflexions sur les conditions d'accès aux ressources des différents espaces. Il s'agit donc d'une question d'évaluation des moyens et dispositifs disponibles pour satisfaire les besoins en termes d'accessibilité. En ce qui concerne la notion d'accessibilité de la population, nous faisons référence à la « capacité » de se déplacer dans l'espace ou à la notion de « motilité » de Kaufmann et Jemelin (2008). L'accessibilité du territoire détermine quant à elle l'accessibilité des ressources offertes par un espace en fonction de leur structure spatio-temporelle. Cette dernière est caractérisée par leur position dans l'espace et le degré de maîtrise des distances. C'est pourquoi certains auteurs caractérisent l'accessibilité comme un concept spatial (l'Hostis & Conesa, 2010). Pour évaluer cette accessibilité du territoire, nous abordons dans la suite la mobilité dans sa globalité.

- Mobilité :

Propulsée au centre des attentions en matière de planification urbaine et d'aménagement, la mobilité est également un enjeu au cœur des préoccupations sociales et environnementales. En effet, la mobilité est centrale jouant un rôle majeur sur les accès aux diverses commodités (Kokkola et al., 2022), la production de gaz à effet de serre ainsi que sur la qualité de l'air (Nikulina et al., 2019). Si la mobilité douce n'est pas réfléchie et favorisée, les longs déplacements ne cesseront de se multiplier (Emara & Khames, 2008). La mobilité « potentielle » caractérise « l'offre de mobilité » à travers différentes dimensions, qui mesurent la capacité à accéder à un espace ou à un espace (J. Lévy & Lussault, 2003). Il s'agit de l'opportunité d'atteindre un lieu afin d'y réaliser une activité (l'Hostis & Conesa, 2010). Les paramètres inclus dans ce critère sont **l'offre de transports publics**, **l'offre en stationnements** pour tous les modes de transport (transports publics, voitures et mobilité douce), **la surface allouée pour**

chaque mode de transport (transports publics, voitures et mobilité douce) ainsi que les différentes **connexions de l'espace** étudié aux autres espaces environnants.

6.2.2.2.B Attractivité

Elément complémentaire à l'accessibilité du territoire, l'attractivité d'un espace évalue l'ensemble de l'offre en infrastructures représentée. Dans notre champ d'étude, ce thème peut être défini comme la capacité du territoire à attirer ou retenir la population en fonction des infrastructures et activités disponibles. Selon Gérardin et Poirot (2010), l'attractivité d'un espace pour la population se traduit de deux manières distinctes à savoir par la localisation résidentielle ou temporaire et semble donc être un thème tout à fait pertinent dans la composition du Potentiel d'usages. Ces mêmes auteurs affirment que les facteurs d'attraction d'un territoire sur la population sont relatifs au concept de « Capabilité » mise sur pied par Amartya Sen (2003). En ce sens, un territoire attire par la capacité que les individus ont de se réaliser et d'être. Dans cette thématique, nous ciblons principalement les principes de développement et les opportunités spatiales et temporelles qu'ils recouvrent en termes d'interactions avec le territoire étudié.

- Diversité fonctionnelle

Les praticiens prônent, depuis de nombreuses années, la diversité ou la mixité fonctionnelle pour un aménagement durable (Becue et al., 2005), remettant en cause l'urbanisme moderne comme vecteur de séparation des fonctions spatiales. En effet, si elle est réfléchie et mise en œuvre adéquatement, la diversité fonctionnelle influencerait la durabilité d'un espace et la qualité de vie relative des populations le fréquentant, conférant des caractéristiques de vivabilité accrue à cet espace. Dans notre recherche, nous nous concentrons sur l'échelle du quartier mais aussi sur les bâtiments et îlots qui constituent ce quartier. Nous pensons également qu'à l'échelle du quartier, l'extrême profusion de fonctions similaires pourrait exercer une influence négative sur la diversité. Cependant, cette répétition pourrait surtout permettre de toucher un plus grand nombre de personnes, influençant ainsi positivement le potentiel d'utilisation d'un espace. La diversité fonctionnelle possède un lien étroit avec la mobilité et peut influencer les parcours des usagers en développant des processus de proximité et de consommation locale, encourageant ainsi l'usage de mobilité douces (CPDT, 2009). Par ailleurs, elle permet également de maximiser la polyvalence des espaces et leur mutualisation. Pour illustrer ce critère, les paramètres pris en compte sont **la distribution logements - bureaux - services - équipements**, **la répétition des services ou des équipements** dans un certain rayon et **la polyvalence - flexibilité** des espaces publics et privés.

- Visibilité/Interactivité

Le manque de visibilité d'un espace ou d'un bâtiment peut provoquer une ignorance de l'utilisateur et ne pas attirer l'attention. En effet, l'interface public/privé joue un rôle essentiel dans la vie urbaine. Dans

ses travaux, Gehl (2011) souligne l'importance des interfaces pour l'attraction sociale. Son approche différencie les interfaces imperméables associées au terme « antisocial » et les interfaces perméables associées au terme « social ». D'autres chercheurs (Bobic, 2004; Dovey & Symons, 2014) ont également affiné cette prise en considération des interfaces et nous utilisons certains des éléments mis en avant dans leurs travaux pour déterminer nos paramètres. Ce critère dépend de paramètres tels que *l'accès des bâtiments depuis la rue*, les *hauteurs des rez-de-chaussée*, les *marges de recul* par rapport aux limites de la rue et enfin *la transparence* des murs au rez-de-chaussée.

- Adaptabilité

Les espaces sont de plus en plus conçus dans une optique d'adaptabilité, qui est une notion liée à la réversibilité des aménagements (Serra, 2013), pour garantir des usages multiples d'un même espace et maximiser leur cycle de vie, sans augmenter leur impact environnemental. Ce critère est d'ailleurs relation avec d'une part, la pluralité des usages au sein d'un espace et d'autre part, la notion de recyclage pour contribuer à l'économie des ressources naturelles et non renouvelables comme le sol. Les besoins et les modes de vie des utilisateurs évoluent de manière exponentielle, une impulsion qui semble difficile à concilier avec un environnement statique. Ce critère est donc basé sur le paramètre de *possibilités d'évolution* applicables aux espaces privés et publics.

- Possibilités temporelles

L'évolution des modes de vie, a eu un sérieux impact sur les rythmes et la temporalité. En effet, ces derniers divergent grandement depuis quelques années. Les systèmes urbains sont composés de différentes couches qui fonctionnent selon des rythmes différents et semblent être étroitement liés à la diversité fonctionnelle. L'adaptation des possibilités temporelles aux rythmes de la société actuelle est un objectif. Dans cette logique, il s'agit de multiplier les interactions potentielles entre les utilisateurs et le territoire, en tenant compte de la réponse aux besoins. Ce critère permet de déterminer l'animation d'un espace au fil du temps en fonctions des types d'occupation de celui-ci. Par ailleurs, il permet aux praticiens de percevoir, en ce qui concerne l'attractivité hebdomadaire, l'importance de diverses rythmiques et activités qui peuvent être retrouvées dans un espace afin d'assurer un dynamisme constant. Le paramètre qui détermine les possibilités temporelles d'un espace est *le temps d'ouverture* offert aux utilisateurs dans les espaces étudiés.

6.2.2.3 Attributs démographiques

Le dernier facteur d'influence est particulièrement ciblé sur la population représentée dans un espace urbain spécifique. En fonction de sa composition et de ses attributs, la population est un facteur important qui influence l'espace. En effet, un espace peut évoluer de manière très distincte en fonction des personnes qui y vivent ou le visitent, selon leur profil, leurs besoins et leurs attentes par rapport à cet espace. Dans le cas de projets en phase de conception, ce facteur d'influence sera basé sur des

données simulées. L'avantage de la simulation de données est qu'elle permet de comparer différents scénarios prospectifs et d'adapter la conception en fonction des résultats obtenus. Ce facteur d'influence est décliné en un thème qui est « l'environnement social ».

6.2.2.3.A Environnement sociétal

Aujourd'hui considérés comme des unités dynamiques, les systèmes urbains invitent à s'intéresser à des dimensions autres que celles caractérisées de statiques. Par sa nature multithématique, la densité urbaine peut être mesurée selon différentes approches, à la fois statiques et parfois plus dynamiques : densité de logement, densité de population, densité d'emploi, densité de flux, etc. Dans ce thème, nous nous concentrons sur deux critères spécifiques décrits ci-dessous.

- Densités statiques et dynamiques

La densité est perçue dans les travaux de Jane Jacobs (1991) comme un facteur clé pour une ville dynamique et vivante. La densité de population dépend de la taille des ménages, mais aussi de l'offre en logements ainsi que des fonctions et infrastructures fournies par un lieu. Cependant, l'inverse est également vrai : sans une certaine densité, les infrastructures et les activités ne pourront pas se poursuivre de manière durable. Afin que les rouages du cycle ne se bloquent pas, il est indispensable de fixer des seuils minimaux. La densité est initialement dérivée de la physique en tant que quantité de masse par unité de volume. Lorsqu'elle est appliquée à l'urbanisme, le nombre de résidents et l'unité de surface choisie fournissent l'un des paramètres sur lesquels il faut se concentrer, c'est-à-dire la densité de population résidente. D'un autre côté, Fouchier (1998) utilise une autre densité comme méthode d'évaluation de l'intensité, la densité d'activités humaine. Elle permet de surmonter divers problèmes de quantification, comme la transformation d'espaces destinés à l'habitation en bureaux. Dans ce cas, la densité de population de la zone étudiée diminue alors que la densité d'emplois augmente et que la densité bâtie reste inchangée. Ce paramètre reflète la mixité des fonctions et l'impact que les espaces économiques peuvent avoir sur la zone en termes de dynamisme. Les paramètres pris en compte en termes de densités statiques et dynamiques sont donc **la population résidente** et les **activités humaines** d'un espace.

- Profil de la population

Bien que souvent perçue comme un idéal caractérisé d'utopique ou encore de mythique par Philippe Genestier (2010), la mixité de la population est un argument particulièrement actuel dans les réflexions sur l'aménagement du territoire. Cette mixité sociale joue un rôle majeur dans la lutte contre la ségrégation spatiale et permettrait de limiter les stigmates portés à l'égard de certains territoires et quartiers comme nous l'avons mentionné dans le Chapitre 2 (2.1.1.1.C). Elle est au cœur, à la fois, du vivre ensemble, mais aussi du dynamisme collectif et constitue un axe de réflexion très important. Pour assurer cette mixité, il est impératif que l'espace soit adapté à un plus large éventail de résidents et

utilisateurs. Par conséquent, une quantité minimale d'espace doit être ouverte et offerte à toute classe sociale ou générationnelle au sein d'un espace urbain. Dans notre contexte de recherche, le niveau de vie peut fournir des informations sur la répartition sociale de la population afin d'assurer une bonne mixité au sein d'une même zone. Ce paramètre peut également fournir des informations concernant l'offre de logements et l'offre fonctionnelle d'une zone. En effet, le niveau de vie fait référence à la qualité et à la quantité de biens et de services qu'une personne ou une population entière peut posséder. Aussi utilisé dans le même but que le niveau de vie de la population, le paramètre de répartition des âges vise à informer sur la composition de la population, ainsi que sur les fonctions adéquates et l'offre de logements qu'une zone présente. Le critère de profil de la population implique de considérer à la fois le **niveau de vie de la population résidente** ainsi que la **répartition des âges de la population** comme ses paramètres.

CONCLUSION DU CHAPITRE 6 : UN INDICE D'AMÉLIORATION PERTINENT BASÉ SUR UNE VARIABLE MULTIPLE ET ADAPTÉE

Ce chapitre, qui clôture notre seconde partie du manuscrit, se focalise sur la formalisation de notre indice d'intensité et, plus particulièrement, sur le Potentiel d'usages, qui est une variable essentielle pour nos objectifs. Il apporte donc des réponses à notre première question de recherche qui interroge la caractérisation de l'intensité urbaine ciblée sur les usages.

Dans un premier temps, nous avons assis notre choix d'orientation de l'indice sur les usagers et leurs actions. En effet, les espaces publics, initialement « espaces à usages publics », ont toujours été destinés aux utilisateurs afin qu'ils se réalisent. Comme nous l'avons mentionné, les usages que les citoyens font dans un espace spécifique représentent indéniablement une réalité sociale et un attachement à ce dernier. Finalement, comme Y.K. Ku (2020) le mentionne dans ses travaux, ce sont les activités humaines qui impactent l'occupation et l'affectation des sols, induisant une certaine utilisation de ceux-ci. C'est ainsi indéniable, un lieu est considéré comme remarquable s'il permet aux citoyens de répondre à leurs besoins, aussi variés qu'ils puissent être. Dans cette dynamique, nous avons saisi toute la pertinence de la notion de valeur d'usage, chère à Henri Lefèvre et qui, selon lui, est à la base de l'*urbain*. Nous avons également, dans cette partie de chapitre, justifié la pertinence de l'échelle du quartier comme échelle d'application de l'indice. De nombreux travaux et opérations le prouvent, l'échelle du quartier est largement partagée par les praticiens à propos de nombreuses réflexions concernant la planification, notamment par son caractère maîtrisable. Nous avons d'ailleurs insisté sur la nécessité d'expérimenter cette échelle du quartier afin d'en évaluer l'impact sur des rayons plus petits ou plus grands. Cette portion de territoire comprend une quantité et variété d'éléments suffisantes, faisant d'un espace un lieu vécu, autant du point de vue des infrastructures que des relations émanant entre les individus. Nous décrivons notre indice comme une aide à l'amélioration qui se distingue de nombreux outils existants. En effet, il aborde diverses dimensions sur lesquelles il est fondé et cible une application en phase de conception, de sorte à améliorer les aménagements et à tendre vers une optimisation globale. Afin de formaliser notre indice, nous nous sommes inspirés de l'intensité électrique, de sa définition et des principaux éléments qui en ressortent, à savoir l'énergie potentielle, la section et le temps. Cette formalisation nous a également amenés à définir un cadre d'application précisant que cet indice est destiné aux praticiens de l'aménagement, agissant dans la phase de conception, à l'échelle du quartier et qui exprime des valeurs associées à la pérennité ainsi qu'à la qualité du lieu.

La deuxième partie du chapitre a davantage cerné une variable de l'indice dont l'importance n'est pas insignifiante, le Potentiel d'usages. En effet, c'est cette variable qui, par sa composition, cible en majeure partie les objectifs ambitionnés de notre recherche, c'est-à-dire optimiser la pérennité et le dynamisme des espaces par l'évaluation d'éléments qui le composent et suscitent des utilisations variées. La structure en quatre niveaux de cette variable a été abordée et l'origine de cette organisation a également été retracée. Nous avons par la suite expliqué chaque thème, critère et paramètre qui composent le

Potentiel d'usages, ainsi que leur intégration au sein des facteurs d'influence, de sorte à l'évaluer. Pour la situation et la qualité d'un espace, nous nous intéressons à la typo-morphologie en étudiant l'imperméabilisation des sols, les gabarits des îlots ainsi que les ambiances qui en émanent. Ensuite, en ce qui concerne le second facteur d'influence traitant de l'intérêt du territoire et de sa réponse aux besoins, nous pensons que son évaluation repose sur à la fois l'accessibilité de l'espace étudié et à la fois sur son attractivité. Ces thèmes étant respectivement dérivé en un critère de mobilité et en quatre critères abordant la diversité fonctionnelle, la visibilité, l'adaptabilité et les possibilités temporelles. Enfin, pour aborder les caractéristiques démographiques de l'espace, nous ciblons les densités statiques et dynamiques. Ces dernières comprennent la densité de population résidente et celles les activités humaines, ainsi que le profil de cette population en nous intéressant à leur niveau de vie et à la répartition des âges.

Ce chapitre permet donc de poser, d'organiser, de synthétiser et de s'appropriier l'ensemble des éléments théoriques et pratiques issus de nos analyses et revues de littérature, réalisées au préalable et exposées dans les chapitres précédents. Par ailleurs, il introduit surtout la troisième partie de ce manuscrit, qui concerne l'exploration du potentiel des maquettes sémantiques à l'échelle urbaine afin de réaliser des analyses urbaines spécifiques, comme l'évaluation de l'intensité urbaine en permettant de quantifier la variable de Potentiel d'usages.

PARTIE 3 :

QUEL POTENTIEL ET AVENIR DES MODÈLES SÉMANTIQUES URBAINS POUR DES ANALYSES SPÉCIFIQUES ?

INTRODUCTION DE LA PARTIE 3

Dans la deuxième partie de ce manuscrit, nous avons mis en place un outil d'analyse urbaine spécifique, à savoir un indice d'intensité ciblé sur les usages, et avons abordé en détail l'une de ses variables majeures, le Potentiel d'usages. Ce dernier vise l'amélioration des aménagements en phase de conception dans une optique de dynamisation par les pratiques des usagers et de pérennité des espaces. Cet outil, que nous avons voulu global, a été fondé sur base d'expériences passées, c'est-à-dire des guides théoriques reconnus ainsi que des mises en pratique opérationnelles revendiquées comme fructueuses en termes de dynamisme et de qualité de vie.

Nous avons dans la première partie (Chapitre 3) discuté de l'évolution des différents « supports » pour réaliser des analyses urbaines. Dans ce sens, nous avons constaté que de nombreuses maquettes numériques sont développées à l'heure actuelle, notamment à l'échelle urbaine. Notre recherche souhaite – en plus de développer, caractériser et formaliser l'intensité urbaine axée sur les usages – s'interroger sur le potentiel de ces modèles urbains numériques pour réaliser des analyses spécifiques. Plus précisément, le CIM La Vallée, développé dans le cadre de la démarche E3S, permet de constituer un réel cas d'usage, sur lequel il nous est possible de nous appuyer pour réaliser nos expérimentations. Ces expérimentations se réfèrent plus en détail à l'évaluation et à la quantification de la variable principale de l'indice d'intensité d'Usages que nous avons développé dans la partie précédente, le Potentiel d'usages, au moyen des données contenues dans le CIM La Vallée. Deux grands objectifs sont ambitionnés dans cette partie :

- La mise en évidence du potentiel des modèles numériques urbains, ici le CIM La Vallée, pour la réalisation d'analyses spécifiques.
- Le développement d'une méthode de quantification de chaque paramètre constituant la variable de Potentiel d'usages sur base des données à disposition et de l'environnement choisi.
- L'établissement d'une méthode de pondération de sorte à parvenir à l'évaluation du Potentiel d'usages.

Le Chapitre 7 décrit logiquement la structure du CIM et les diverses données retrouvées dans ce modèle après une inspection rigoureuse de la maquette. Il expose également les données qui sont nécessaires pour calculer les différents paramètres constituant le Potentiel d'usages. Pour être les plus clairs possibles, chacune des données d'entrées et de sortie sera abordée et détaillée, d'un point de vue théorique et technique. Nous expliquons par la suite comment le CIM La Vallée a été utilisé pour arriver

à nos fins ainsi que les problématiques auxquelles nous nous sommes heurtés avec ce modèle. Il a aussi été question, dans ce chapitre, de réaliser de premiers constats quant au modèle en lui-même et les données qui y sont modélisées. Nous avons par la même occasion intégré des réflexions formalisées à la suite de la deuxième vague d'entretiens avec des acteurs opérationnels.

Le dernier chapitre s'intéresse, quant à lui, à l'explication des expérimentations réalisées pour cette recherche. En effet, nous revenons sur l'entièreté du processus de calcul des différents paramètres, en détaillant comment nous les avons automatisés. Cette partie de chapitre apporte donc une méthodologie automatisable reproductible et adaptable à n'importe quelles données. Ensuite, dans la seconde partie du chapitre, il est davantage question de l'évaluation de la valeur finale du Potentiel d'usages de notre quartier d'étude. En effet, nous développons sur base d'enquêtes par questionnaires et du développement d'un réseau de neurones une méthode de pondération de chaque élément constituant l'architecture du Potentiel d'usages. Nous pouvons de cette façon obtenir un prototype ouvert, réutilisable et fiable pour des recherches futures, y compris avec d'autres données. La dernière partie de ce chapitre final souhaite finalement réaliser des conclusions quant aux modèles urbains numériques, afin de déployer diverses recommandations utiles pour l'avenir et le développement de cette méthode, de sorte à la rendre plus efficace.

CHAPITRE 7 : EXPLOITATION D'UN CIM EXISTANT COMME BASE D'EXPÉRIMENTATIONS POUR LA MÉTHODE

Le septième chapitre s'intéresse à plusieurs thématiques. D'abord nous présentons le projet du quartier La Vallée ainsi que l'organisation de son CIM. Nous abordons aussi les données nécessaires au calcul et celles que nous pouvons exploiter dans le CIM. Ensuite, nous développons étape par étape notre processus de création d'une maquette allégée, justifiée par divers problèmes rencontrés avec les maquettes compilées dites CIM. Enfin, nous réalisons divers constats à la suite de nos diverses expérimentations.

07



7.1 APPUI SUR UN CAS D'USAGE EXISTANT

- 7.1.1 Le Projet La Vallée comme terrain d'étude
- 7.1.2 Données nécessaires au calcul du Potentiel d'usages
- 7.1.3 Exploration du cas d'étude

7.2 CONCEPTION DU MATÉRIEL POUR LES EXPÉRIMENTATIONS

- 7.2.1 Établissement d'un modèle allégé
- 7.2.2 Constats à propos des données contenues dans le CIM

7.1 APPUI SUR UN CAS D'USAGE EXISTANT

« *Penser usage, c'est penser adoption du système, sens et utilité, et surtout génération de valeur (d'usage, opérationnelle, économique) »*

(Metais-Wiersch et al., 2018)

7.1.1 LE PROJET LA VALLEE COMME TERRAIN D'ETUDE

Nous présentons, dans la première partie de ce point, le cas d'étude sur lequel nous nous appuyons pour nos expérimentations. Ces dernières sont ciblées sur les éléments que nous avons établis, étant relatifs à l'indice d'intensité d'usages et plus particulièrement, au Potentiel d'usages. Afin d'y parvenir, nous réalisons une description du contexte qui nous a permis de bénéficier de ce cas d'usage, notamment très important en termes de concrétisation de notre recherche et de nos apports. Il nous semble aussi indispensable de définir le type de modèle mis à notre disposition pour réaliser notre recherche et de s'attarder sur la structure et l'organisation de celui-ci.

Nous décrivons par après les données qui nous sont indispensables pour calculer le Potentiel d'usages, amenant à une évaluation et une scénarisation de l'indice d'intensité d'usages. Cette description est détaillée pour chacun des paramètres et est nécessaire pour l'étape concernant la prospection des données utiles à notre recherche pouvant potentiellement être modélisées dans CIM de La Vallée.

Enfin, nous nous centrons spécifiquement sur notre démarche d'exploration du CIM de La Vallée. L'objectif ici est d'exposer notre processus de mise en évidence des données modélisées et utiles pour le calcul du Potentiel d'usages, mais aussi de préciser les différents types de supports employés.

7.1.1.1 Description du projet et du CIM

7.1.1.1.A Le quartier La Vallée

L'écoquartier La Vallée, situé sur l'ancien site de l'école Centrale, est en cours de réaménagement. Depuis 1969, l'École Centrale était installée sur ce site de plus de 20 Hectares, formant un campus regroupant des bâtiments d'enseignement et de recherche, la résidence des élèves et plusieurs équipements tels que le restaurant universitaire, le stade ou encore le gymnase. Les travaux sont découpés en trois phases s'étalant sur plusieurs années (de 2018 à 2027). Plus précisément, diverses infrastructures seront accueillies sur une surface plancher d'approximativement 220 000m². L'une des principales volontés était de valoriser et souligner, d'une part, la situation notable du site et d'autre part, l'attention portée au futur cadre de vie. Le nom donné à l'écoquartier témoigne lui-même de cette mise en valeur, étant donné qu'il rend hommage au fondateur de l'école des Ingénieurs, Alphonse La Vallée (Eiffage, 2018). Il est opéré par la première SEMOP (Société d'Économie Mixte à Opération Unique)

d'aménagement en France. Cette dernière se compose de la Ville de Châtenay-Malabry, de la Caisse des Dépôts et d'Eiffage Aménagement. Dans ce cadre, la SEMOP a souhaité développer un véritable laboratoire, le programme E3S, en partenariat avec l'Université Gustave Eiffel rassemblant diverses grandes écoles et un institut. La finalité du programme était de développer et tester des solutions innovantes selon huit axes de recherche déclinés en divers ateliers, dont le numéro huit, portant sur les usages décrits et prédits par le numérique, est celui dans lequel notre recherche s'insère.



Figure 68 : Phase du Projet La Vallée, d'après Eiffage Aménagement (2018)

En ce qui concerne la philosophie portée par la maîtrise d'ouvrage, nous retrouvons cinq grands axes travaillés pour ce projet de quartier ciblant la redynamisation de la ZAC de l'ancienne École Centrale :

- Le premier concerne le **développement d'un cadre verdoyant** qui s'intègre dans l'esprit actuellement présent de la Ville de Chatenay et qui est déjà considérée comme une « Ville parc ». En effet, le nouveau quartier, dont la première phase s'est finalisée en été 2022, se situe en bordure ouest du parc de Sceaux, imaginé par André Le Nôtre, et à l'est de la Coulée Verte. Cette intégration du quartier dans un contexte particulièrement végétalisé se veut vectrice d'un essor de la biodiversité par l'apport d'espaces verts et plantés variés. De plus, une grande promenade plantée et une ferme urbaine, où seront également implantés des plans d'eaux et espaces de détente, seront créées et feront le lien entre les deux zones vertes existantes sur les lieux (Parc de Sceaux et Coulée Verte). La verdoyance des espaces publics et des réseaux de voirie semble être une priorité et une volonté bien affirmée dans la programmation du quartier.
- Le second axe cible principalement la mobilité et plus particulièrement, **la figure de connexion que peut former l'écoquartier La Vallée**. Faisant le lien entre le centre-ville de Châtenay-Malabry et le reste de la ville, le quartier pourrait devenir un espace central reliant également la Grande Voie des Vignes au Nord et l'Avenue de la Division Leclerc au Sud du quartier. De nouvelles infrastructures de Tramway desservant la grande place à l'entrée du quartier ainsi qu'un arrêt de bus qui s'intègre dans les lignes existantes autour de la ZAC sont également prévus. Privilégiant la mobilité douce, de nombreux cheminements piétons font ainsi partie intégrante du projet.
- Le troisième axe envisage ce quartier comme particulièrement **dynamique grâce à l'offre variée** qui devrait s'y retrouver. L'avenue reliant le Nord au Sud du quartier est destinée à accueillir divers commerces et services ainsi que certains équipements en son sein.

L'agencement à la fois des places, des rues et de la promenade plantée, qui sont des infrastructures destinées à accueillir diverses activités éphémères, est lui aussi visualisé comme créant des pôles qui doivent avoir un impact sur l'attractivité future du lieu. Avec l'implantation du siège social d'une grande chaîne de magasins augmentant l'emploi, cette dynamique devrait s'étendre à d'autres parties de la parcelle.

- Pour le quatrième axe, les concepteurs et maîtres d'ouvrage **convoient l'exemplarité afin de faire de l'écoquartier La Vallée un réel outil démonstratif** pour les réalisations à venir. Dans cette dynamique, diverses actions, comme la récupération et le réemploi de matériaux, ont été entreprises dès le démantèlement des bâtiments existants de la ZAC. D'autres initiatives de développement durable ont aussi été étendues aux bâtiments, notamment d'un point de vue énergétique ou encore structurel.
- Enfin, le dernier axe de travail concerne **l'amélioration de la qualité de vie**, de sorte à rendre le quartier idéal pour des populations ainsi que pour des activités variées.



Figure 69 : Plan masse de l'écoquartier, Eiffage Aménagement (2018)

Le projet La Vallée permet l'ouverture du site aux Châtenaisiens et à une autre échelle, à la population francilienne. D'un point de vue plus précis, de nombreux logements y seront développés dans les trois phases ainsi que des commerces, services et équipements. En ce qui concerne les aménagements, 2 121 logements sont programmés dont à peu près 350 seront des logements sociaux. Les bureaux s'étaleront sur une superficie de 36 500 m² et les commerces sur 15 000 m². Aussi, viendront se greffer à l'ensemble un collège de 700 élèves, un gymnase, un groupe scolaire de 22 classes, une crèche de

60 enfants ainsi qu'une ferme urbaine d'un hectare. L'offre en stationnements publics s'évaluera à environ 450 places, et environ 8,5 hectares seront destinés à de vastes espaces publics et privés végétalisés (Eiffage, 2018).

7.1.1.1.B Structure du CIM :

Le CIM de la Vallée est un modèle numérique sémantique qui est constitué de diverses maquettes dites « métiers » au format BIM, elles-même réalisées par différentes agences (d'architecture, de réseaux, de paysagisme, ...). Le CIM n'est pas encore complet, mais comprend l'ensemble des espaces publics tandis qu'uniquement la première phase des lots est modélisée. En effet, les maquettes métiers sont produites et fournies par les BIM managers internes aux diverses agences, au fil de l'avancement du projet. Il y a donc un enrichissement progressif de ce modèle concaténé qui se calque sur le processus de mise en œuvre, traduisant l'avancement et le développement du projet. Les concepteurs ont opté pour la plateforme BIM360 pour les échanges. Dans un premier temps, les maquettes métiers, déposées au format IFC, y sont récupérées afin que le CIM manager, en charge de la formation du modèle final puisse les concaténer dans un logiciel adapté à la production du dit CIM. Ensuite, la plateforme est aussi exploitée dans le but de mettre à disposition la maquette compilée aux différents acteurs et chercheurs inclus dans la démarche.

Le CIM de La Vallée, dans la mesure où il est basé sur plusieurs modèles au format BIM, peut donc être considéré comme un BIM+, notion établie par Gil (2020). La structure du CIM compilé est constituée sous une forme d'arborescence, intégrant les éléments modélisés qui se déploient en fonction de leur constitution et présentant des formats différents (.rvt et .ifc). Afin d'illustrer la structure et l'organisation du CIM compilé au format natif d'une manière synthétique, nous avons réalisé la Figure 70.

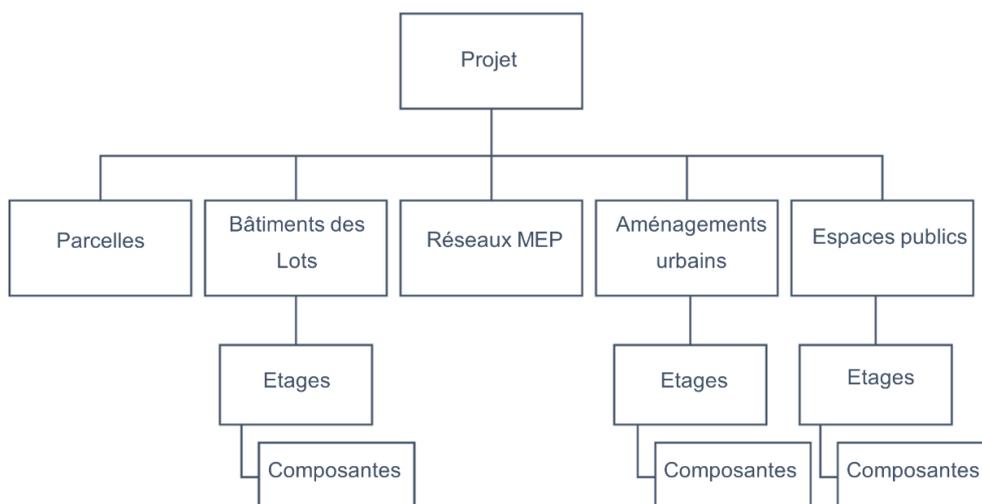


Figure 70 : Généralisation de la structure du CIM du quartier La Vallée au format Natif (.nwd), illustration personnelle

Les propos recueillis lors de la deuxième série d'entretiens auprès des divers acteurs de projets (Annexe 4 et Annexe 5) expriment et justifient l'organisation et la structure du CIM La Vallée. Effectivement, pour ces derniers, un CIM s'assimile naturellement à un BIM à une échelle plus large, où se côtoient des modélisations géométriques tridimensionnelles géoréférencées des bâtiments avec d'autres composantes d'un quartier comme les réseaux, voiries et espaces publics.

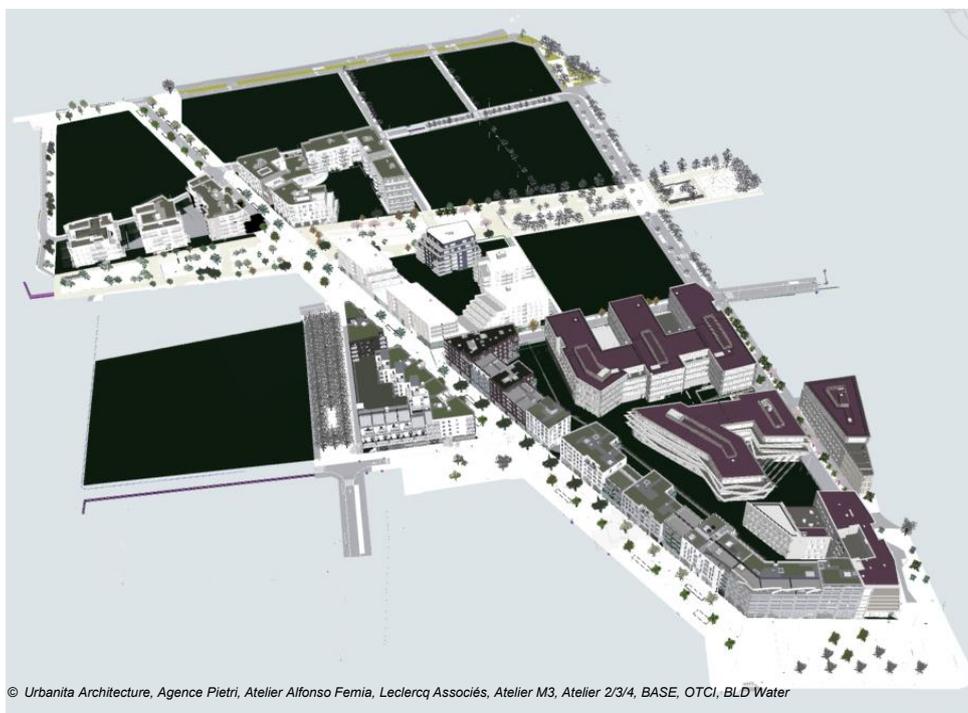


Figure 71 : CIM de La Vallée au format natif (.nwd)

Le modèle numérique dit CIM La Vallée est donc constitué comme un projet dans lequel différents modules s'insèrent et se déclinent selon leurs composantes et qui ont des propriétés liées à leur géométrie. Dans une perspective de précision, nous détaillons chaque module qui est présent dans le projet ainsi que les composantes qui les constituent en les exemplifiant grâce au modèle lui-même.

- **Les modules de Réseaux** : Dans la Figure 70, nous généralisons ce module en Réseaux MEP. En réalité, nous retrouvons dans le CIM compilé huit réseaux différents correspondants à l'alimentation en eau potable (AEP), de chaleur (CHA), le raccordement pour l'éclairage (ECL), les eaux pluviales (EP), les eaux usées (EU), le gaz (GAZ), le téléphone (TEL) et le réseau unitaire (UNIT).
- **Les modules de Parcelles** : Ils sont relatifs à chaque lot. Ils délimitent donc le périmètre de chacune des parcelles en illustrant leur topographie. Ces empreintes permettent de constituer un socle pour accueillir les diverses modélisations géométriques de lots.
- **Les modules de Bâtiments des Lots** : Ils sont relatifs à chacun des bâtiments qui se trouvent sur la ZAC. Chacun des modules de bâtiment est subdivisé **en étages** qui sont eux-mêmes divisés en composantes. Ainsi les étages varient en fonction du bâtiment, allant du sous-sol à la toiture et les

composantes de ces étages reprennent les modélisations des fenêtres, des sols, des murs, des escaliers, du mobilier, de l'ossature, des pièces, des poteaux, des portes, des plafonds ou encore des équipements spécifiques. Ces composantes se déclinent elles-mêmes en entités, c'est-à-dire que chaque mur est modélisé individuellement et porte ses propres propriétés.

- **Les modules d'espaces publics** : Ils sont modélisés selon les différentes phases de conception et de construction du projet (trois phases). Les trois modules s'articulent selon **des étages** qui se déclinent à leur tour en **composantes** variées comme le mobilier fixe (qui comprend les divers marquages de voiries, signalétiques de voiries, grilles d'arbres), les murs de soubassements, les gardes corps (de protection autour de la végétation), les parkings le long des voiries, les différents sols (Trottoirs, chaussées, espaces verts, ...), ainsi que certaines plantes et certains arbres.
- **Les modules d'Aménagements urbains** : Tout comme les modules d'espaces publics, ils sont modélisés en fonction des phases qui animent le projet La Vallée. Ils sont, eux aussi, fractionnés selon **les étages** d'implantation qui sont **composés** des luminaires, du mobilier d'agrément (tables, bancs, poubelles, ...) et de certaines plantes et arbres.

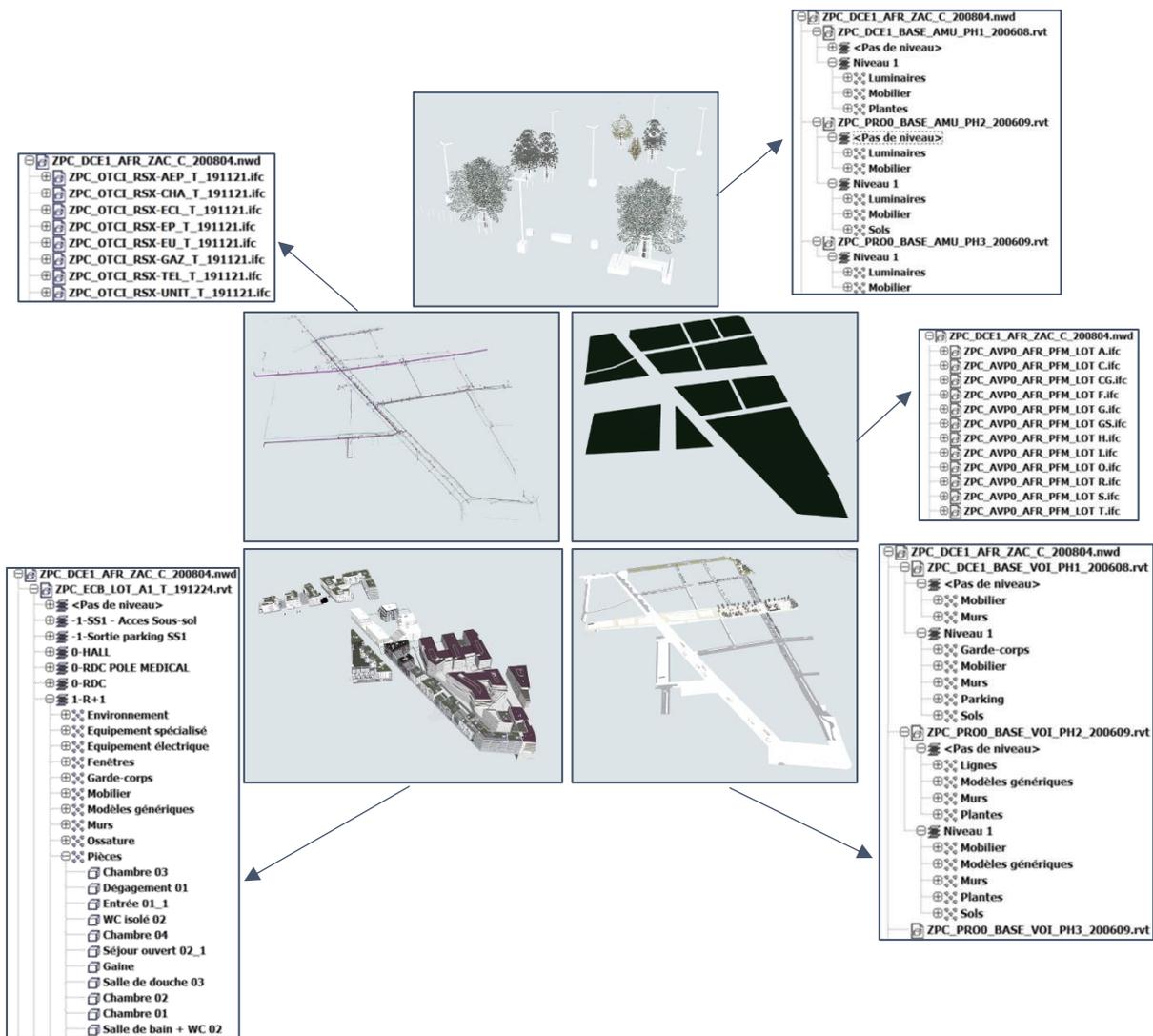


Figure 72 : Structure du CIM de La Vallée et organisation des fichiers, illustration personnelle

7.1.2 DONNÉES NÉCESSAIRES AU CALCUL DU POTENTIEL D'USAGES

Nous avons, dans le chapitre 5, abordé les différents facteurs d'influence, thèmes, critères et paramètres de la variable Potentiel d'usages de l'indice d'intensité que nous développons. Nous souhaitons dans ce point décrire avec précision les diverses données nécessaires pour quantifier chacun des paramètres composant les critères, thèmes et facteurs d'influence du Potentiel d'usages. Pour ce faire, nous réalisons des boîtes SADT (Structured Analysis and Design Technic), illustrant le processus opératoire grâce aux données d'entrées et permettant de calculer les différents paramètres qui sont considérées comme des sorties dans notre recherche. Les boîtes SADT ci-dessous sont donc regroupées par thèmes qui composent les trois facteurs d'influences précisés plus tôt dans ce manuscrit (cf. 6.2.2).

7.1.2.1 État et qualité de l'environnement spatial

7.1.2.1.A Typo-morphologie

Pour obtenir les données de sortie qui correspondent aux paramètres selon lesquels se décline le critère d'imperméabilisation des sols, les données d'entrées concernées pour l'échelle du quartier sont :

- Les superficies des îlots et des espaces publics dont les composantes sont **imperméables**, que nous déterminons sous les formes $S_{Imp\ I}$ et $S_{Imp\ EP}$.
- Les superficies des îlots et des espaces publics dont les composantes sont **perméables** (espaces verts, sentiers poreux, toitures végétales) que nous spécifions sous les formes $S_{Per\ I}$, $S_{Per\ T}$ et $S_{Per\ EP}$.
- La superficie de **référence** qui est évaluée, à savoir le quartier dans le cadre de nos recherches, que nous caractérisons sous la forme S_{Ref}

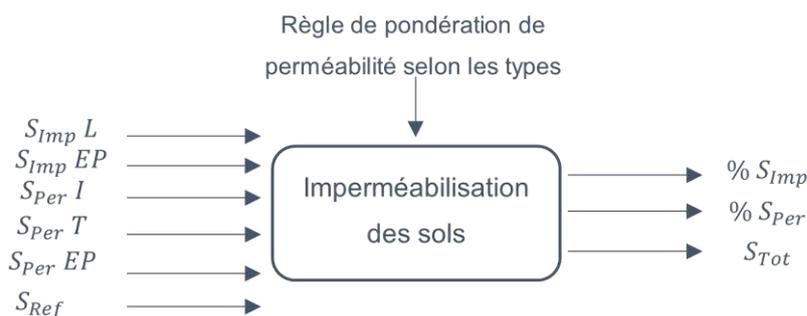


Figure 73 : Diagramme d'activité pour le critère Imperméabilisation des sols

Grâce à cet ensemble de données d'entrées, l'action reprise dans le diagramme concernant l'imperméabilisation des sols permet de déterminer les paramètres de sortie qui sont :

- Le **ratio de surface imperméabilisée** par rapport à la surface de référence, qui indique la quantité d'espaces imperméabilisés sur une zone étudiée et que nous définissons comme $\% S_{Imp}$
- Le **ratio de surface perméable** par rapport à la surface de référence qui, au contraire du ratio précédent, informe sur la quantité de surfaces perméables de cette même zone. Nous la traduisons comme $\% S_{Per}$

7.1.2.1.B Gabarit des îlots

Le critère de gabarits des îlots se décline en deux paramètres que nous ciblons comme sorties de cette boîte SADT. Pour déterminer ces paramètres de sortie, il est nécessaire de disposer des données d'entrées qui sont :

- Le **volume** total intérieur des bâtiments de l'îlot que nous posons comme $V_{Int} L$.
- Les superficies totales de **déperdition des parois** des bâtiments, c'est-à-dire, qui sont en contact avec l'extérieur (façades et toitures) que nous établissons comme A_T .
- Les superficies **habitables** des bâtiments de l'îlot, que nous définissons comme S_{Hab} .
- Les superficies **non bâties** de l'îlot, que nous nommons comme S_{NB} .
- Les **longueurs de parois** des bâtiments des îlots situés **face à la voirie**, que nous caractérisons comme $L_p V$.
- Le **périmètre et la superficie de la parcelle** de l'îlot étudié, que nous définissons comme P_p et S_p .

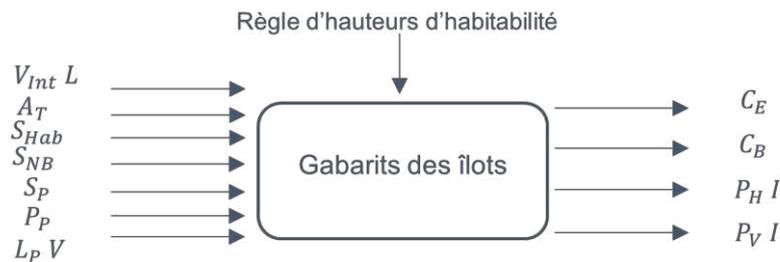


Figure 74 : Diagramme d'activité pour le critère Gabarits des îlots

Les données de sorties, qui sont assimilées à nos paramètres, sont donc relatives à la compacité spatiale, à la fois des bâtiments et des espaces non bâtis, mais aussi relatives aux ruptures visuelles. Le schéma SADT permet donc de faire ressortir :

- La **compacité énergétique**, que nous notons C_E , qui prend en compte le volume total d'un bâtiment ainsi que la surface de déperdition correspondante. Elle est le résultat de la moyenne du rapport entre la superficie de l'ensemble des surfaces de déperditions de l'enveloppe (A_T) et du volume intérieur des bâtiments ($V_{Int} L$).
- La **compacité bâtie**, qui repose pour sa part sur la surface habitable des bâtiments et non sur le volume total, permettant ainsi de mieux prendre en compte le potentiel d'exploitation d'un bâti

selon son gabarit. Nous la caractérisons comme C_B . Elle peut être obtenue en réalisant la moyenne du rapport entre la superficie de l'ensemble des surfaces de déperditions de l'enveloppe (A_T) et de la surface habitable des bâtiments (S_{Hab}).

- La **porosité horizontale des îlots**, que nous précisons comme $P_H I$, fait référence à la compacité spatiale des espaces non bâtis et considère ces espaces « vides » que l'on appelle porosités. Elle est obtenue en réalisant la moyenne du rapport entre les superficies non bâties et la superficie totale de l'étendue de référence.
- La **porosité verticale des îlots** qui, quant à elle, envisage le front bâti comme une réelle interface où se succèdent diverses ruptures visuelles et considère donc les espaces vides en façade. Nous notons cette dernière comme $P_V I$. Elle est mesurée en réalisant la moyenne du rapport entre les longueurs des parois le long de la voirie des bâtiments des îlots et le périmètre de chaque îlot. Étant donné que nous désirons mesurer les porosités, la formule est posée comme $P_V I = (1 - (\frac{L_P V}{P_P}))$

7.1.2.1.C Ambiances urbaines

Pour déterminer les paramètres de sortie du critère d'ambiances urbaines, il est nécessaire d'intégrer dans le diagramme d'activité des données d'entrées qui sont :

- La superficie **d'emprise au sol des bâtiments en fonction des âges** des bâtiments, qui correspond à leur date d'édification, informant sur leur style et époque architecturale et que nous notons $S_B A$.
- La superficie **d'emprise au sol des bâtiments en fonction de leur état de conservation**, que nous nommons $S_B E$.
- La superficie **des façades et des sols en fonction de leurs matériaux de construction**, que nous caractérisons $S_P M$.

Nous catégorisons **les matériaux de revêtements de façades** suivants : Parements en Briques/ Briquette (PB), Parements en Pierre (PP) Bétons peints et Enduits (E), Bardages Bois (BB), Bardages métalliques (BM), Mur rideau (MR)

Nous catégorisons **les matériaux de revêtements de sols** suivants : Pavés enherbés (PE), Pavés et Dalles Béton (PDB), Bois d'extérieur (BE), Enrobés (Er), Asphalte (As), Pierre (P), Béton désactivé (BD), Résines (R), Stabilisé (S), Sable (Sb), Gravier (Gr), Copeaux de bois (CB), Mélange terre/pierre (MTP), Gazon (Gz)

- Les informations **d'éclaircissements minimaux et maximaux** des espaces publics que nous appelons E_{Min} et E_{Max} .
- La hauteur des bâtiments constituant les îlots que nous traduisons comme H_B .
- Les superficies des espaces publics dont les composantes sont **perméables** (espaces verts, sentiers poreux) et **imperméables** que nous spécifions sous les formes $S_{Per} EP$ et $S_{Imp} EP$.

- La **superficie de référence** qui est évaluée, à savoir le quartier dans le cadre de nos recherches, que nous caractérisons sous la forme S_{Ref} .

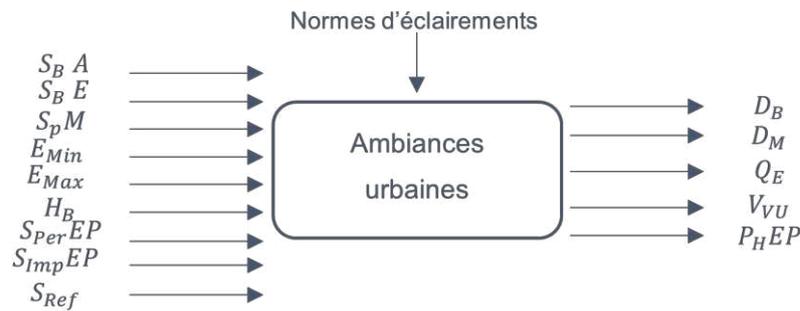


Figure 75 : Diagramme d'activité pour le critère Ambiances urbaines

Les différentes données introduites comme entrées dans la boîte SADT permettent d'établir les cinq paramètres de sorties qui constituent le critère d'ambiances urbaines, à savoir :

- La **diversité bâtie**, qui dépend des diverses dates de construction, exprimant une diversité de styles architecturaux, que nous référençons comme D_B .

Pour catégoriser les dates de constructions, nous nous appuyons sur les travaux de Sevtsuk et al. (2013) et créons des catégories qui sont : 1800-1900 ; 1900-1950 ; 1950-1975 ; 1975-1990 ; 1990-2000 ; 2000-2010 ; 2010-2018 ; 2018-2025. Ces catégories décroissent en se rapprochant du présent.

- La **diversité des matériaux** (des façades et des sols), qui montre une variété dans l'utilisation des matériaux à la fois pour les volumes bâtis que pour les espaces publics. Nous exposons cette diversité comme D_M .

Pour calculer les diversités (bâtie, de matériaux), nous nous basons sur l'indice d'entropie de Shannon adapté et défini par He (2022) sous l'équation $DIV = -c \cdot \sum_{k=1}^K ((\frac{S_k}{S}) \cdot (\log_2 \frac{S_k}{S}))$. Si le résultat vaut 0, la diversité est très faible, la valeur optimale de diversité est quant à elle identifiée comme $\log_2 S$.

- La **qualité de l'éclairage**, qui dépend de l'éclairage minimal et maximal des espaces publics que nous déterminons comme Q_E .
- La **variation dans le vélum urbain**, que nous notons comme V_{VU} et qui informe sur la différence de hauteur entre les bâtiments du quartier et celle des hauteurs moyennes d'un même quartier. La variation exprime donc un dépassement par rapport à la « skyline », formée par l'ensemble du bâti du quartier. La variation du vélum urbain est le résultat de la moyenne de la différence entre la hauteur moyenne du vélum urbain formé par les bâtiments et la hauteur réelle des bâtiments.
- La **porosité horizontale des espaces publics** donne une indication concernant la proportion d'espaces publics par rapport à la totalité d'un quartier. Nous décrivons comme P_{HEP} . Il s'agit d'un rapport entre les étendues d'espaces publics et la superficie de référence du quartier.

7.1.2.2 Développement, intérêt du territoire et réponses aux besoins des usagers

7.1.2.2.A Mobilité

La mobilité est un autre critère pour lequel il a été nécessaire de déterminer des données d'entrées afin d'en ressortir des éléments mesurables pour nos paramètres, à savoir :

- La **situation des arrêts de transports** autour du quartier, afin de déterminer leur distance par rapport à celui-ci.
- La **cadence de chaque arrêt**, c'est-à-dire le temps d'écart entre deux passages différents, qu'importe les lignes.

Nous nous basons sur une méthode existante et développée par l'Observatoire du Territoire du Canton de Neuchâtel (2014), qui a établi les tableaux repris dans la Figure 76. Pour obtenir des données quantifiables, nous suggérons de transposer les niveaux A, B, C et D en 1, 2, 3, 4 et nul (remplaçant la mention « aucun »). La qualité de la desserte est obtenue en réalisant une moyenne des différents niveaux de qualité. Afin que le résultat soit plus parlant, nous proposons de transformer le résultat en un pourcentage qui expriment davantage la qualité lorsqu'il augmente.

Catégorie d'arrêt	Type du moyen de transport			
	Groupe A		Groupe B	Groupe C
Cadence	Noeuds ferroviaires	Lignes ferroviaires	Tramway, bus, car postal, bus sur appel et bateaux	Transports à câble
< 5 min.	I	I	II	V
6 – 9 min.	I	II	III	V
10 – 19 min.	II	III	IV	V
20 – 39 min.	III	IV	V	V
40 – 60 min.	IV	V	V	V

Niveaux	Distance à l'arrêt			
	< 300 m	300 – 500 m	501 – 750 m	751 – 1000 m
I	A	A	B	C
II	A	B	C	D
III	B	C	D	aucun
IV	C	D	aucun	aucun
V	D	aucun	aucun	aucun

Figure 76 : Catégories d'arrêts et niveaux selon l'Observatoire du Territoire du Canton de Neuchâtel (2014)

- Les **superficies des espaces publics** dont les composantes sont **imperméables**, que nous déterminons sous la forme $S_{Imp EP}$.
- Le **type d'usagers** destinés aux diverses étendues imperméabilisées à savoir les piétons, cyclistes, voitures ou transports en commun.
- Les **différents stationnements** relatifs aux différents modes de déplacements : les voitures (souterrains/aériens), les motos et les cyclistes (arceaux) ainsi que les piétons (bancs/assises).
- Les **différentes entrées/sorties du quartier** qui permettent de rejoindre d'autres espaces autour de ce dernier.

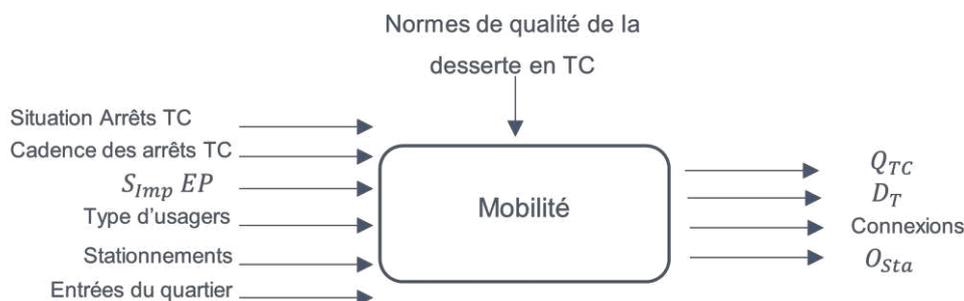


Figure 77 : Diagramme d'activité pour le critère Mobilité

Les données de sorties qui permettent de quantifier nos paramètres communiquent donc des informations relatives à la desserte en transports en commun, à l'espace prévu pour les divers modes de transports, aux stationnements retrouvés sur le quartier et enfin, à la connectivité de la zone étudiée avec ses alentours. Les données de sorties sont :

- La **qualité de la desserte en transports en commun**, qui est un résultat sous la forme d'un pourcentage dont la qualité augmente selon sa valeur. Nous la traduisons comme Q_{TC}
- La **diversité des surfaces allouées aux différents modes de transports**, que nous caractérisons comme D_T , afin de maximiser la multimodalité.
- L'**offre en stationnements publics**, que nous caractérisons comme O_{Sta} , pour tous les modes de transport également, allant de la marche à l'automobile en passant par les cyclistes.

Pour calculer la diversité des surfaces allouées aux différents modes de transports, nous nous basons sur l'indice d'entropie de Shannon adapté et défini par He (2022) sous l'équation $DIV = -c \cdot \sum_{k=1}^K ((\frac{S_k}{S}) \cdot (\log_2 \frac{S_k}{S}))$. Si le résultat vaut 0, la diversité est très faible, la valeur optimale de diversité est quant à elle identifiée comme $\log_2 S$.

- Les potentielles **connexions du quartier**, qui peuvent se démultiplier grâce à la conception et à l'organisation des réseaux, de sorte à former un tissu réuni, se rattachant aux autres parties de la ville et limitant notamment l'enclavement de ces derniers.

7.1.2.2.B Diversité fonctionnelle

Concernant le critère de diversité fonctionnelle, les données d'entrées requises pour aboutir à nos fins sont :

- Les **superficies des diverses activités** établies ou prévues dans les bâtiments, que nous spécifions sous la forme S_{Fct} .

Nous catégorisons les diverses fonctions sous quatre items différents qui sont :

- ➔ L'habitat (H), qui reprend l'ensemble des formes de logements
- ➔ Les services et équipements couverts (SF), qui reprennent les bâtiments de services publics (hôtels de ville, police, poste, ...), les autres bâtiments de services (Banques, maisons médicales, crèches, pharmacies, laveries, ou toute autre fonction de bien et de service à la personne), les équipements scolaires, sportifs et culturels (Écoles, Salles de sport, bibliothèques, théâtres, cinémas, ...), les commerces et l'HoReCa.
- ➔ Les bureaux (B), qui comprennent les espaces dédiés au secteur tertiaire (industrie, bureaux, espace de coworking, ...)
- ➔ Les Espaces publics verts et de transport (PS), qui regroupent les équipements en plein air (parcs, espaces verts, les voiries, les places, ...)

- Les **superficies des espaces publics** dont les composantes sont **perméables** (espaces verts, sentiers poreux) et **impermeables** que nous spécifions sous les formes $S_{Per EP}$ et $S_{Imp EP}$.
- Les **types d'usages** destinés aux diverses étendues imperméabilisées des espaces publics à savoir les piétons, cyclistes, voitures ou transports en commun. Les différents usages des espaces publics sont subdivisés en trois types qui sont Circuler (Move), Se divertir (Leisure), se détendre (Rest).
- La **nature des fonctions** qui sont reprises dans les différents bâtiments, comme des commerces, des brasseries, des restaurants, des cabinets médicaux, etc.

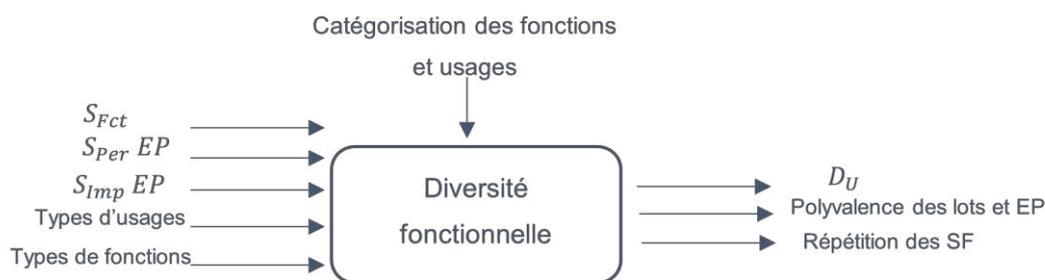


Figure 78 : Diagramme d'activité pour le critère Diversité fonctionnelle

Les données de sorties communiquent des informations relatives aux paramètres suivants :

- La **diversité urbaine**, que nous déterminons comme D_U , qui fournit des indices concernant l'équilibre des diverses fonctions, qui revendique et exprime une certaine mixité.

Pour calculer la diversité urbaine, nous nous basons sur l'indice d'entropie de Shannon adapté et défini par He (2022) sous l'équation $DIV = -c \cdot \sum_{k=1}^K (\frac{S_k}{S}) \cdot (\log_2 \frac{S_k}{S})$. Si le résultat vaut 0, la diversité est très faible, la valeur optimale de diversité est quant à elle identifiée comme $\log_2 S$.

- La **polyvalence des espaces publics et des lots constructifs**, qui traduit la multiplication des usages différents au sein d'un même espace, qu'il soit en extérieur, comme les espaces publics, ou en intérieur comme les bâtiments. Elle est obtenue, pour les espaces publics, en réalisant un rapport entre la surface des espaces publics qui présentent plusieurs possibilités d'usages et la surface totale des espaces publics. Par ailleurs, pour les bâtiments, il s'agit d'une moyenne sur le quartier qui comptabilise le nombre de fonctions de natures différentes par bâtiment compris dans ce quartier.
- La **répétition des services et équipements**, qui est obtenue en repérant le nombre de services ou équipements de la même nature dans un rayon de trois minutes à pied de chacun d'eux, c'est-à-dire 200 mètres, et en réalisant une moyenne de l'ensemble.

7.1.2.2.C Visibilité / Interactivité

La visibilité ou interactivité des Rez de chaussée des bâtiments constitue le sixième critère du potentiel d'usages pour lequel les données d'entrées indispensables sont :

- Les **entrées aux bâtiments** du quartier qui sont situées face aux voiries, permettant de les dénombrer.
- La **hauteur** des étages constituant les bâtiments du quartier.
- La **situation des voiries**, de sorte à pouvoir évaluer la distance entre ces dernières et les entrées des bâtiments.
- Les **superficies des façades** au rez-de-chaussée des bâtiments, que nous énonçons sous la forme $S_p RDC$.
- Les **superficies de vitrages** des façades au rez-de-chaussée des bâtiments que nous posons comme $S_v RDC$

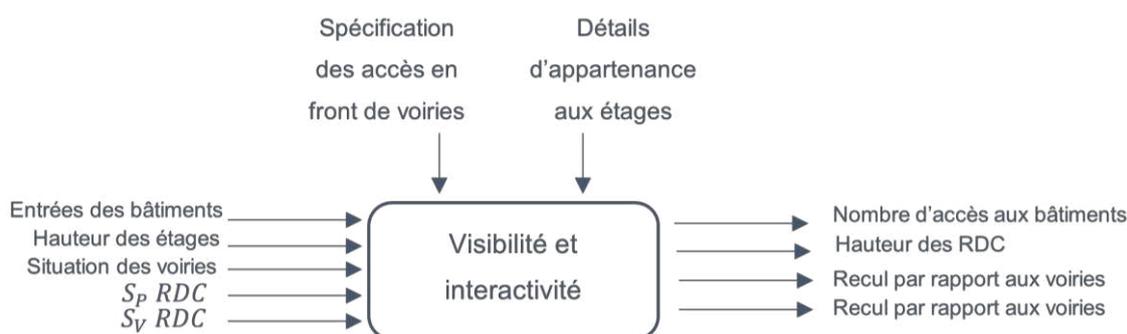


Figure 79 : Diagramme d'activité pour le critère Visibilité et interactivité

Ces cinq types de données d'entrées permettent d'obtenir les données de sortie suivantes :

- Le **nombre d'accès aux bâtiments** en front de voirie, qui est une moyenne à l'échelle du quartier du nombre d'entrées situées aux abords directs de la voirie de chaque bâtiment.
- La **hauteur sous plafond** des différents rez-de-chaussée des bâtiments sur le quartier. Elle est calculée sous la forme d'une moyenne sur le quartier.
- Le **recul par rapport à la voirie** des divers bâtiments du quartier, qui est une moyenne mesurée sur base des distances perpendiculaires entre les entrées des bâtiments et les voiries face à ces dernières.
- La **transparence des rez-de-chaussée**, qui est un rapport entre les superficies translucides des façades et celles dites « opaques », c'est-à-dire dont les matériaux ne permettent pas de contacts visuels.

7.1.2.2.D Adaptabilité

Pour le critère d'adaptabilité des espaces publics, les données d'entrées qu'il est impératif de pouvoir renseigner sont :

- Les **superficies des espaces publics** dont les composantes sont **perméables** (espaces verts, sentiers poreux) et **imperméables** que nous spécifions sous les formes $S_{per} EP$ et $S_{imp} EP$.
- La **modularité des espaces publics** ou non en fonction de leurs matériaux de construction.

Nous catégorisons **les matériaux non modulaires suivants** : bétons bitumineux/hydraulique (Be) / asphaltes (AS) / stabilisés (ST)/ résines (RE) / Copeaux de bois (CB) / mélange terre/pierre (MTP)

Nous catégorisons **les matériaux modulaires suivants** : Pavés et dalles (béton, granit, calcaire, grès, céramique, enherbés) (PD) / bois (B)/ modules (gazon, sable, gravier) (M)



Figure 80 : Diagramme d'activité pour le critère Adaptabilité

Les différentes données encodées comme entrées dans la boîte SADT permettent d'établir les paramètres de sorties qui constituent le critère d'adaptabilité, à savoir :

- Les **possibilités d'évolution et de réversibilité des espaces publics**, qu'il est possible de mesurer en réalisant un rapport entre la superficie des espaces publics caractérisés de modulaire et la superficie totale des espaces publics.

7.1.2.2.E Possibilités temporelles

Les données d'entrée essentielles à la quantification des possibilités temporelles, qui constituent le huitième critère, sont les suivantes :

- La **nature des fonctions** qui sont reprises dans les différents bâtiments, comme des commerces, des brasseries, des restaurants, des cabinets médicaux, etc.
- Les **heures d'occupation** de chacune des fonctions présentes dans les différents bâtiments.

Secteur	Nature	Occupation
Résidentiel	Logements	00h-08h + 18h-00h
Travail	Bureaux	08h-18h
	Commerces	09h-18h
	Hotels	24h/24
HoReCa	Restaurants	10h-00h
	Cafés	10h-00h
Loisirs	Salles de sport	06h-23h
	Cinémas	10h-00h
	Spas	10h-21h
	Piscines	10h-21h
Culture	Bibliothèques	10h-18h
	Musées	10h-18h
Santé	Crèches	07h-19h
	Cabinets médicaux	08h-19h
	Laboratoires	08h-19h
	Vétérinaires	08h-19h

Tableau 13 : Heures d'ouverture et fermeture des fonctions

Nous nous basons sur la Figure 81, établie d'après Ghilardi+Hellsten Arkitekter pour définir les horaires moyens des diverses natures de fonction reprise dans le tableau 13.

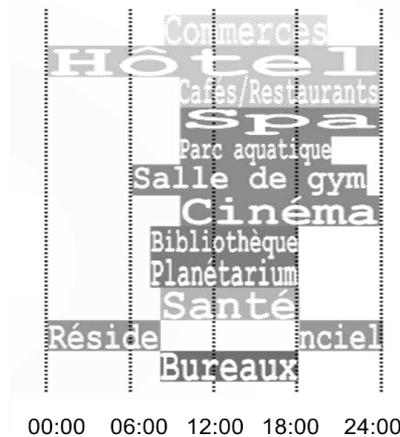


Figure 81 : Répartition temporelle des fonctions d'après Ghilardi+Hellsten Arkitekter (2019)



Figure 82 : Diagramme d'activité pour le critère Possibilités temporelles

Le paramètre de sortie qui peut être mesuré sur base des données d'entrées mentionnées ci-dessus est :

- Les **plages d'activités** des différents bâtiments érigés sur le quartier, qui peuvent être obtenues en réalisant une moyenne des heures d'occupations de chaque bâtiment du quartier.

7.1.2.3 Attributs démographiques

7.1.2.3.A Densités statiques et dynamiques

Les données d'entrées qu'il est impératif de disposer au regard du critère de densités statiques et dynamiques, *via* des scénarios ou non, sont les suivantes :

- Le **nombre de résidents** du quartier
- Les **nombres d'emplois** sur le quartier
- La superficie de **référence** qui est évaluée, à savoir le quartier dans le cadre de nos recherches, que nous caractérisons sous la forme S_{Ref} .



Figure 83 : Diagramme d'activité pour le critère Densités statiques et dynamiques

Ces deux types de données d'entrées permettent de calculer les paramètres de sorties qui constituent ce critère qui sont :

- La **densité de population** résidente que nous notons sous la forme D_{Pop} . Elle est mesurée grâce au rapport entre le nombre de résidents et la surface de référence du quartier.
- La **densité d'activités humaines** nette que nous établissons comme D_{AH}

7.1.2.3.B Profil de la population

Pour ce dernier critère, les diverses données d'entrées que nous devons utiliser ou scénariser sont :

- Les **revenus** des habitants du quartier, qui font souvent l'objet de statistiques par des organismes spécifiques (Statbel, Insee, ...)
- La répartition de la **population par tranches d'âges** sur le quartier

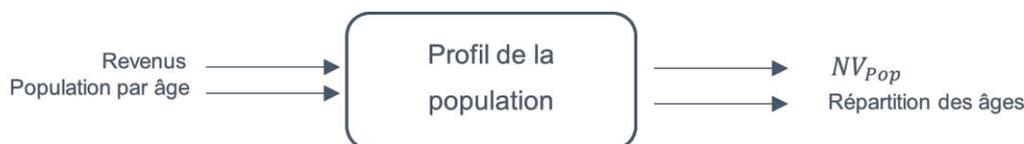


Figure 84 : Diagramme d'activité pour le critère Profil de la population

Grâce à ces diverses données d'entrées, il sera possible de quantifier les paramètres de sorties suivants :

- Le **niveau de vie** de la population que nous traduisons par NV_{Pop} .
- La **répartition des âges** de la population.

7.1.3 EXPLORATION DU CAS D'ÉTUDE

Le CIM de la Vallée est conçu à la suite d'une concaténation des maquettes différentes, créées et exportées dans un format interopérable, à savoir l'IFC, par les BIM managers internes aux agences d'architecture et d'urbanisme. Cet assemblage rend possible le déploiement d'une maquette combinée dans un format natif (.nwd), appelée CIM de La Vallée, qui est aussi exportée au format IFC.

VII.1.3.1 Constats et identification des données utiles pour Le Potentiel d'usages

Nous avons d'abord exploré la maquette compilée, dans laquelle est représentée la première phase du projet, afin de saisir l'organisation de sa « structure » et de son contenu, ainsi que le type de données modélisées. Pour rendre la maquette disponible aux autres acteurs du projet, les concepteurs du CIM de La Vallée ont opté pour la plateforme BIM 360. Cette phase de découverte et d'exploration a ouvert la voie à de premiers constats, comme la profusion des données modélisées et liées dans la maquette

compilée ainsi que la complexité à la fois de la maquette et à la fois du niveau de détail. Ce premier examen de cette maquette a débouché sur le Tableau 14.

Bien que le nombre de classes d'éléments modélisés nous intéressant pour l'évaluation de l'intensité d'usages ne soit pas excessivement élevé, ce travail a nécessité de la minutie et de la patience, étant donné la diversité des éléments modélisés et les structures des propriétés qui dépendent de chaque maîtrise d'œuvre.

Structures modélisées	Attributs		
Espaces publics (Voies automobiles, cyclables, piétonnes, Places, Espaces verts) – Entités géométriques	➤ Nom	➤ Types de matériaux	➤ Niveau
	➤ ID	➤ Catégorie	➤ Position
	➤ Phase	➤ Types de voiries/trottoirs	➤ Élévation
	➤ Surface	➤ Types de stationnements	➤ Décalage
	➤ Périmètre		
	➤ Volume		
Mobilier urbain, éclairages et marquages – Entités ponctuelles	➤ Matériaux	➤ Nombre	
	➤ Hauteur	➤ Position	
	➤ Surface		
Lots constructifs – Entités géométriques	➤ Surface des dalles/murs/vitrages	➤ Position des parois	➤ Accès aux bâtiments / parkings
	➤ Périmètre des dalles/murs/vitrages	➤ Matériaux des parois	➤ Structure porteuse
	➤ Hauteurs non liées des parois/vitrages	➤ Nombre d'étages	
	➤ Largeur des parois/vitrages	➤ Noms des espaces	
		➤ Surface par personne	
	➤ Recul par rapport aux limites		

Tableau 14 : Données modélisées dans le CIM La Vallée au format natif (.nwd) sur BIM360

Malgré la pertinence des données retrouvées dans le CIM au format natif propriétaire mis à disposition sur la plateforme BIM360 (.nwd), nous avons été contraints de nous tourner vers un second export de la maquette globale au format IFC à cause de diverses limitations ne nous permettant pas d'exploiter le premier modèle exploré. Malheureusement, la seconde exportation au format IFC s'est également démontrée trop compliquée à utiliser, notamment à cause du poids du fichier et du seuil de performance des outils relatifs. Nous avons donc dû nous tourner vers les différents fichiers au format IFC à la base de la constitution du CIM, de sorte à recréer un modèle efficace pour notre recherche. Par ailleurs, un autre constat a pu être réalisé concernant l'export au format IFC de la maquette compilée. En effet, l'export de la maquette concaténée au format IFC ne semble pas contenir les mêmes données en termes d'attributs liées aux entités modélisées que la maquette au format natif propriétaire (.nwd). Ainsi, pour un même objet modélisé, les propriétés de l'IFC sont bien moins fournies que celles retrouvées dans le fichier concaténé au format natif propriétaire.

7.2 CONCEPTION DU MATÉRIEL POUR LES EXPÉRIMENTATIONS

« [...] l'expérimentation s'intéresse beaucoup plus aux processus (comment ça marche ?) qu'aux choses (qu'est-ce que c'est ?). »

(Tricot, 2007, p. 2)

7.2.1 ÉTABLISSEMENT D'UN MODÈLE ALLÉGÉ

Afin d'aboutir à nos expérimentations, nous sommes donc retournés en arrière, dans le but de retrouver les différents fichiers au format IFC exportés par les différents BIM Managers du projet. Nous avons donc décidé de reproduire une maquette de travail assemblée et adaptée à l'analyse de l'intensité urbaine. Il était essentiel que cette maquette, basée sur l'ensemble des fichiers initiaux au format IFC, soit utilisable. Nous avons donc décidé de nous limiter aux données indispensables pour l'analyse urbaine que nous souhaitons réaliser, créant ainsi un modèle orienté pour un usage spécifique et très allégé, sur base du CIM compilé du quartier. Ces fichiers individuels au format IFC reprennent les maquettes des différents lots immobiliers et des différentes phases pour les espaces publics.

La figure méthodologique ci-dessous exprime en parallèle notre processus de recherche et celui du Projet La Vallée :

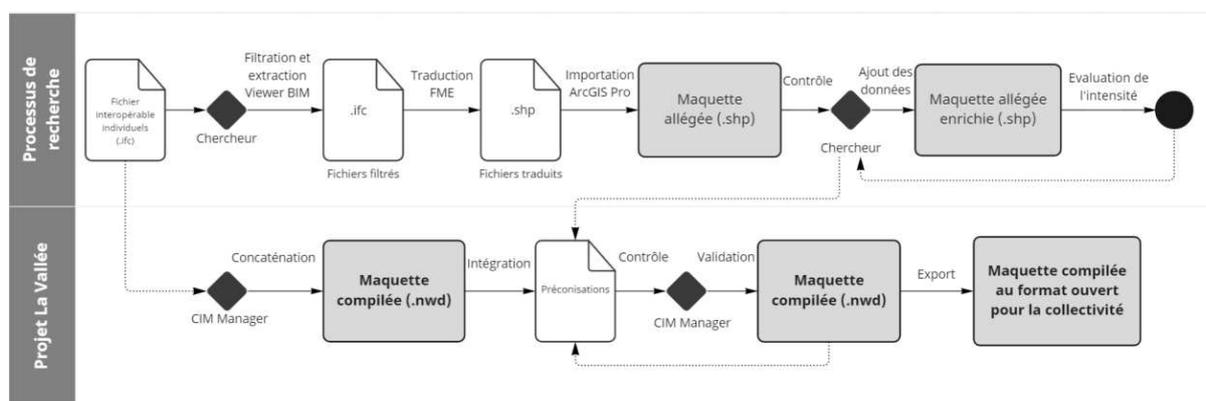


Figure 85 : Schéma du processus de recherche et du Projet La Vallée, illustration personnelle

7.2.1.1 Processus de filtration et d'extraction des données

Au total, 23 fichiers contenant les maquettes des lots constructifs ainsi que 6 fichiers concernant les réseaux et aménagements urbains sont à la base de l'établissement du modèle allégé. Chaque fichier au format IFC a été analysé afin de déployer, pour chacun d'eux, une démarche de filtration et d'export des informations utiles. Ces procédures de filtration et d'extraction sont relatives à l'organisation du fichier ainsi qu'à son agencement, dépendant du processus de modélisation appliqué. Cependant, elles résultent aussi des exigences pour nos recherches en ce qui concerne les données formalisées. La

création de modèles sémantiques numériques est théoriquement encadrée par un protocole permettant une certaine normalisation et uniformisation de ces derniers ainsi que de leurs propriétés liées. Dans le milieu opérationnel, cette théorie n'est pas toujours d'application, engendrant des divergences entre les modèles, que ce soit en termes de format ou de développement et de précision. Cette variation dans les modèles peut s'expliquer par les outils choisis ainsi que par les différences de niveaux de maîtrise de ces outils en fonction des opérateurs. Le CIM de La Vallée en est un exemple, comme le démontrent les processus de filtration et d'extraction que nous avons réalisés pour sélectionner les données nécessaires à notre recherche, et qui peuvent être retrouvés dans l'Annexe 7. Bien que cette démarche de filtration ait été longue et diverge en fonction de la nature des fichiers (ils ne présentent pas les mêmes mises en forme que celle qui devrait être imposée dans la convention), de nombreuses données utiles à la quantification du Potentiel d'usages ont pu être relevées.

D'un point de vue pratique, le processus de filtration de chaque fichier individuel au format IFC s'est basé sur l'utilisation de viewers BIM ouverts et gratuits. En effet, ceux-ci ont été employés pour découvrir chaque maquette et dégager des méthodes pour l'extraction des données nécessaires que nous souhaitions réaliser. Les données extraites étaient toujours dans un format IFC à cette étape.



Figure 86 : Exemple de fichier initial et de données extraites, illustration personnelle basée sur les IFC individuels

La Figure 86 illustre la différence entre les fichiers IFC initiaux et les fichiers créés par extraction. En effet, sur cette figure on aperçoit que les fichiers initiaux « ZPC_ECH_LOT_GCom_T_181010.ifc », « ZPC_ECH_LOT_GA_T_200720.ifc » et « ZPC_ECH_LOT_GD_T_200720.ifc » ont été transformés en fichiers spécifiques contenant les données que nous avons extraites pour ce bâtiment.

Le tableau ci-dessous met en relation les différentes classes d'IFC sur lesquelles nous nous sommes basés pour recréer une maquette de travail adaptée à nos expérimentations.

<i>Paramètres</i>	<i>Classes de stockage d'IFC</i>
Surfaces imperméabilisées	- IfcSlab - IfcRamp - IfcRampflight - IfcBuildingElementProxy
Surfaces perméables	- IfcSlab
Surfaces de référence	/
Compacité spatiale	- IfcSpace - IfcWall - IfcWallStandartCase - IfcBuldingElementProxy
Ouverture/Porosité verticale des îlots	- IfcWall - IfcWallStandartCase - IfcBuldingElementProxy
Diversité des âges des bâtiments	/
Variété des matériaux de revêtement	- IfcWall - IfcWallStandartCase - IfcBuldingElementProxy - IfcSlab
La qualité de l'éclairage artificiel	IfcFurnishingElement
La Composition urbaine	Velum urbain - IfcWall - IfcWallStandartCase - IfcBuldingElementProxy
	Porosité des espaces publics /ruptures visuelles - IfcSlab
Desserte en transports publics	/
Superficie destinée à chaque mode de transport	- IfcSlab
Offre en stationnements	- IfcFurnishingElement - IfcSlab

Connexions aux autres quartiers	/
Diversité urbaine	- IfcSlab - IfcSpace
Répétition des services/équipements	- IfcSpace
Polyvalence/flexibilité	- IfcSpace - IfcSlab
Accès aux bâtiments	- IfcDoor
Recul par rapport à la voirie	- IfcDoor - IfcSlab
Transparence des RDC	- IfcWindow - IfcPlate - IfcWall - IfcWallStandartCase - IfcBuldingElementProxy
Hauteur des RDC	- IfcSpace
Possibilité d'évolution/ réversibilité	- IfcSlab
Plages d'activités	- IfcSpace
Population résidente	
Activités humaines	- IfcSlab
Niveau de vie de la population	
Répartition des âges	

Tableau 15 : Classes de stockage d'IFC relatives aux données existantes extraites

7.2.1.2 Traduction, réassemblage et ajouts de données

7.2.1.2.A Traduction des fichiers IFC

Pour notre recherche, nous avons trouvé pertinent de nous diriger vers une exploitation des données extraites dans un environnement SIG. En effet, ce type de système permet de manier de nombreuses données hétérogènes, comprenant à la fois des entités géométriques et à la fois des attributs sémantiques liés à ces entités. Les SIG sont également dotés de divers outils et fonctionnalités d'analyse spatiale permettant d'approcher diverses thématiques comme celle des transports ou de la gestion d'infrastructures.

L'IFC, qui est un format principalement destiné à l'interopérabilité des données, permet également de faire circuler ces données vers d'autres environnements, notamment vers les SIG. Toutefois, ce type de format ne peut pas facilement être importé dans les SIG. En effet, de nombreuses différences peuvent être relevées avec les formats relatifs aux SIG, que ce soit au niveau des processus et

méthodes de représentation géométriques, de stockage, de granularité ou encore en ce qui concerne la sémantique (Isikdag & Zlatanova, 2009). Ces différences s'expliquent parce qu'ils ne sont pas initialement destinés aux mêmes domaines de travail. Ils présentent donc naturellement des variations dans les méthodes et procédures de modélisation, de stockage, et de gestion des données. Ces variations impliquent des définitions différentes pour des éléments strictement semblables et donc, une certaine « désynchronisation » de ces deux univers.

Comme nous l'avons mentionné dans le Chapitre 3 (cf. 3.1.1.2.B), le CityGML est un modèle de données standardisé créé à l'origine pour le stockage et l'interopérabilité de modélisations tridimensionnelles à l'échelle urbaine et moins pour la réalisation d'analyses variées. Les applications pratiques des SIG orientent naturellement vers l'utilisation d'un autre format natif de cet environnement, bien connu et répandu du point de vue de son utilisation concernant l'échange d'informations géospatiales, à savoir le Shapefile. Il s'agit d'un format qui permet le stockage à la fois de caractéristiques géométriques ainsi que de propriétés liées à ces géométries (ESRI, 1998). Or, grâce au type de géométrie « Multipatch », le Shapefile (et la géodatabase liée) est capable de stocker et modifier les données géométriques tridimensionnelles, c'est-à-dire des données composées de plusieurs surfaces polygonales.

Pour traduire le format IFC en Shapefile, nous avons utilisé le logiciel FME Workbench (Feature Manipulation Engine). Dans ce logiciel, il est nécessaire de créer un espace de travail (Workspace) dans lequel nous pouvons intégrer des données d'entrées (Readers) que nous souhaitons traduire dans un autre format (Writers). Dans notre cas, les données d'entrées à traduire étaient au format IFC et les données finales souhaitées au format Shapefile Esri, permettant ainsi à la fois le stockage des géométries grâce au Multipatch et le stockage des attributs de ces géométries. Pour rappel, de nombreux fichiers ont été traduits et différaient quant à leurs classes d'IFC présentes. En fonction des fichiers, les classes IFC contenant des données géométriques sélectionnées pour être traduites en Shapefile étaient les `IfcSlab`, `IfcWall`, `IfcWallStandardCase`, `IfcWindow`, `IfcRamp`, `IfcRampflight`, `IfcDoor`, `IfcBuildingElementProxy`, `IfcFurnishingElement` et `IfcPlate`. Il est aussi important de mentionner qu'en fonction de l'organisation des fichiers et du stockage des données, les processus de traduction ont été parfois très complexes. À la suite de la traduction et de l'export des diverses données au format Shapefile en conservant leur géoréférencement spatial, celles-ci ont été vérifiées du point de vue de leur géométrie. Nous avons ainsi pu nous assurer de leur bonne traduction et éviter d'éventuels problèmes de géométries.

7.2.1.2.B Assemblage des fichiers traduits

Lorsque les conversions ont été assez satisfaisantes, nous avons changé d'environnement de travail en passant du logiciel FME Workbench au logiciel ArcGIS Pro afin de créer notre maquette de travail à proprement parlé. La première étape dans cet environnement a été de créer un nouveau projet en choisissant de créer une scène locale. L'objectif de cette scène locale était d'ouvrir chaque fichier

Shapefile traduit dans un système de coordonnées projetées, à savoir le système RGF 1993 CC49. À cette scène locale, une géodatabase de projet a été liée, de sorte à stocker les éventuelles données créées à partir de cette scène.

Afin de tester les géométries importées sous la forme « Multipatch » pour notre recherche et le calcul des différents paramètres, les outils de géotraitement, à la fois géométriques et sémantiques, ont pu être employés. En effet, d'un point de vue sémantique, divers outils dits « de gestion des données » ont permis d'interroger les diverses tables attributaires liées aux « Multipatches », tandis que les outils de géotraitement dits « 3D Analyst » ont permis de réaliser des expérimentations basées sur les géométries tridimensionnelles. Ce sont tous ces outils associés aux données traduites depuis les fichiers IFC qui ont permis de réaliser les calculs concernés dans notre recherche.

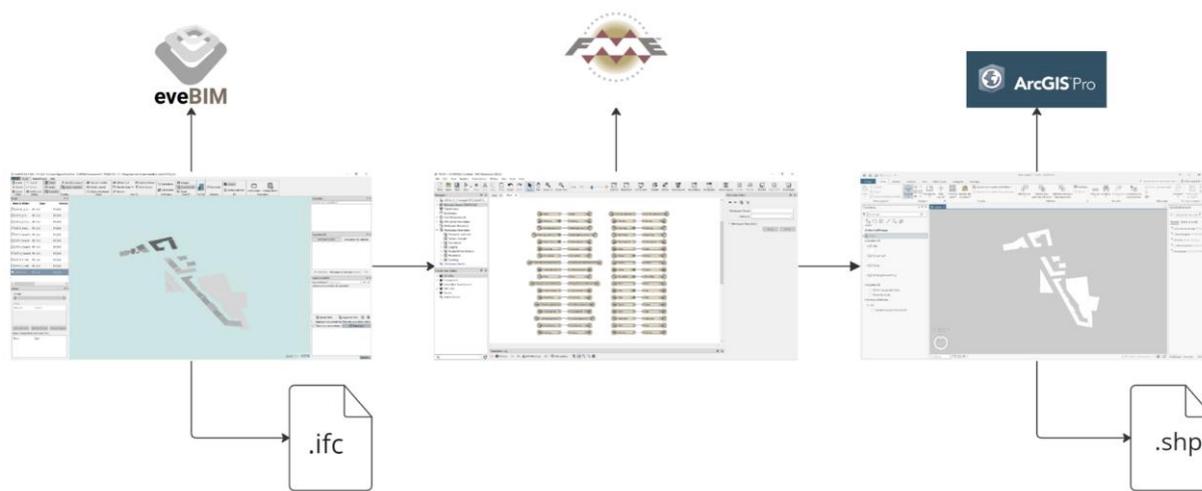


Figure 87 : Processus de traduction des données du format IFC au format Shapefile

7.2.1.2.C Ajouts de données

Pour pouvoir réaliser nos calculs à propos du Potentiel d'usages, nous avons également dû ajouter certaines données, de façon manuelle, dans les diverses couches de données de la scène locale à partir des exports des fichiers IFC traduits en Shapefiles. Ces données ont dû être ajoutées à cause des différences observées dans les propriétés entre le CIM au format natif propriétaire (.nwd) et les différents fichiers exportés au format IFC. Les données ajoutées ont parfois été directement calculées grâce aux divers outils exploitant les données géométriques tandis que d'autres ont été encodées en enrichissant les tables d'attributs. Le tableau montre les diverses données ajoutées aux différentes couches de données créées dans notre maquette allégée.

Critères	Paramètres	Classes de stockage d'IFC	Propriétés ajoutées
Imperméabilisation des sols	Surfaces imperméabilisées	- IfcSlab - IfcRamp - IfcRampflight - IfcBuildingElementProxy	- Propriété de superficie
	Surfaces perméables	- IfcSlab	- Propriété de superficie
	Surfaces de référence	/	- Propriété de superficie

Gabarits des îlots	Compacité spatiale	- IfcSpace	- Propriété de position (interne/externe) - Propriété nom de bâtiment - Propriété du nom d'étage	
		- IfcWall - IfcWallStandartCase - IfcBuldingElementProxy	- Propriété nom de bâtiment - Propriété du nom d'étage - Propriété de longueur	
	Ouverture/Porosité verticale des îlots	- IfcWall - IfcWallStandartCase - IfcBuldingElementProxy	- Propriété du nom d'étage - Propriété de longueur - Propriété de hauteur - Propriété de situation par rapport à la voirie	
Ambiances urbaines	Diversité des âges des bâtiments	/	- Propriété de période de construction	
	Variété des matériaux de revêtement	- IfcWall - IfcWallStandartCase - IfcBuldingElementProxy - IfcSlab	- Propriété de catégorie de revêtements (Sols et façades)	
	La qualité de l'éclairage artificiel	IfcFurnishingElement	/	
	La Composition urbaine	Velum urbain	- IfcWall - IfcWallStandartCase - IfcBuldingElementProxy	- Propriété de hauteur
		Porosité des espaces publics /ruptures visuelles	- IfcSlab	/
Mobilité	Desserte en transports publics	/	- Fréquence de desserte aux arrêts - Entités ponctuelles aux arrêts	
	Surface destinée à chaque mode de transport	- IfcSlab	- Propriété de types d'usagers	
	Offre en stationnements	- IfcFurnishingElement - IfcSlab	/	
	Connexions aux autres quartiers	/	- Entités ponctuelles aux entrées/ sorties du quartier	
Diversité fonctionnelle	Diversité urbaine	- IfcSlab - IfcSpace	- Propriété de types d'usages - Propriété de type de fonction - Propriété de nom de bâtiment - Propriété de superficie - Propriété de type de fonction	

Visibilité / Interactivité	Répétition des services/équipements	- IfcSpace	- Propriété de nom de bâtiment - Propriété de superficie - Propriété de type de fonction	
	Polyvalence/flexibilité	- IfcSpace	- Propriété de nom de bâtiment - Propriété de superficie - Propriété de type de fonction	
		- IfcSlab	- Propriété de types d'usages - Propriété de type de fonction	
	Accès aux bâtiments	- IfcDoor	- Propriété de situation par rapport à la voirie - Propriété du nom d'étage	
	Recul par rapport à la voirie	- IfcDoor	- Propriété de situation par rapport à la voirie - Propriété du nom d'étage	
		- IfcSlab	- Propriété du nom d'étage	
	Transparence des RDC	- IfcWindow - IfcPlate - IfcWall - IfcWallStandartCase - IfcBuldingElementProxy	- Propriété du nom d'étage - Propriété de hauteur Propriété de longueur	
		Hauteur des RDC	- IfcSpace	- Propriété du nom d'étage - Propriété de position (interne/externe)
		Possibilité d'évolution/réversibilité	- IfcSlab	- Propriété de type de matériaux
	Possibilités temporelles	Plages d'activité	- IfcSpace	- Propriétés de début d'occupation - Propriétés de fin d'occupation
Densités statiques et dynamiques	Population résidente			
	Activités humaines			
Profil de population	Niveau de vie de la population résidente	- IfcSlab	- Propriété de superficie	
	Répartition des âges			

Tableau 16 : Données ajoutées par classes d'IFC de stockage des données traduites

7.2.1.3 Vers un établissement de préconisations

Les diverses expérimentations ont permis d'établir de premières préconisations afin d'adapter au mieux les diverses données à la réalisation d'analyses urbaines. Ces diverses préconisations sont multiples et s'appliquent à plusieurs thématiques comme les données requises, des pistes de stockage de ces données ainsi que des propositions de structure et de modélisation. Ces diverses préconisations ont été présentées et confrontées aux réalités opérationnelles grâce à de multiples échanges avec les divers intervenants en charge de la production du CIM La Vallée. De cette façon, nous avons été en mesure de les tester et d'évaluer les possibilités de mise en place de ces dernières. À plus long terme, ces préconisations pourront directement être appliquées au CIM La Vallée, ainsi qu'à d'autres CIM à venir, afin de les adapter de la façon la plus aisée à la réalisation de diverses analyses, à une échelle macroscopique. Ces différentes préconisations sont présentées en détail dans le Chapitre 8 comme l'un de nos résultats de cette recherche.

7.2.2 *CONSTATS À PROPOS DES DONNÉES CONTENUES DANS LE CIM*

Après avoir réalisé une exploration des données contenue dans le CIM au format natif propriétaire ainsi que dans les différents exports, nous pouvons mettre en évidence divers constats, pour une partie en faveur des CIM et pour d'autres contre. Ces constats partent, pour certains, d'une comparaison entre les explorations et découvertes que nous avons réalisés lors de notre recherche et pour d'autres, des différents échanges avec les différents intervenants autour du projet que nous avons pu avoir lors de la deuxième série d'entretiens. En ce qui concerne les autres constats, ils soulignent la différence entre la pratique opérationnelle, qui est broyée lors des entretiens à propos des CIM, et les promesses théoriques à leur propos.

7.2.2.1 Des variances entre la théorie et l'opérationnel

Dans un premier temps, nous avons constaté que le CIM, ou du moins les fichiers de modélisation individuels au format IFC à sa base, constitue une très bonne base de données pour la réalisation d'analyses urbaines spécifiques. Bien que les maquettes globales, ni au format natif propriétaire ni au format IFC, n'aient pu être exploitées, les maquettes individuelles au format IFC regorgent de données essentielles et particulièrement utiles dans le cadre de notre recherche. Cela étant dit, elles pourraient également l'être pour d'autres domaines de recherches ou thématiques. Dans la seconde série d'entretiens, nous avons pu observer que les intervenants ont une vision plus limitée des usages d'un CIM (ou BIM+). En effet, ils abordent des caractéristiques physiques qui sont/ pourraient être présentes dans ce type de modélisations comme les aménagements paysagers, les voiries et réseaux ou encore les diverses technologies comme l'IoT (Internet of Things). Ces mêmes intervenants font également allusion à des usages particulièrement connus du BIM comme une meilleure visualisation et une meilleure synthèse du projet. Cependant, ils n'émettent aucun avis concernant les aspects socio-économique, les informations de transports existants ou à venir sur les projets ou encore concernant la durabilité. Pourtant, ces mêmes acteurs mentionnent qu'un CIM permet de superposer les diverses

strates des systèmes urbains. Durant les entretiens, les personnes interrogées ont mentionné que le processus CIM constituait un paramètre pour progresser et optimiser en termes de durabilité dans les phases de conception et de réalisation de projet. Toutefois, ces derniers n'envisagent pas le CIM comme un outil qu'ils pourraient employer au quotidien, comme base de données ou support pour poursuivre leurs tâches à propos d'un projet (dans ce cas, les autres phases du Projet La Vallée). Pour eux, le seul acteur pouvant tirer parti de ce CIM se limite à la maîtrise d'œuvre, pour des tâches de gestion, d'exploitation et de maintenance. Or, nous l'avons démontré dans ce chapitre, les données qui sont modélisées dans les différents fichiers produits et auxquels nous avons eu accès sont nombreuses et détaillées. Ce potentiel, qui ne semble pas (ou peu) connu des intervenants comme les architectes, bureaux d'études et autres intervenants en charge de la conception du projet La Vallée ou de n'importe quel autre projet, est particulièrement mis en évidence dans le cadre de notre travail et pourrait permettre d'évoluer dans de telles perspectives à l'avenir.

Ensuite, nous avons également constaté lors de nos diverses explorations, filtrations et extractions que les fichiers ne présentaient pas ou peu de similitudes en termes de mise en œuvre de ceux-ci. En effet, les différents fichiers comportent de nombreuses différences, que ce soit en termes de nommage des éléments modélisés, en termes de stockage dans les classes d'IFC ou encore en termes d'attributs liés. Ce constat met en évidence plusieurs aspects qui nous semblent particulièrement importants. D'abord la nécessité d'établir des conventions et protocoles rigoureux concernant plusieurs thématiques comme le nommage des fichiers et des éléments modélisés, l'uniformité des classes de stockages d'IFC utilisées pour les mêmes éléments ainsi que les attributs qui doivent à minima être détaillés. Cette uniformisation générale des différents fichiers permettrait ainsi de minimiser le processus de filtration et d'extraction qui, pour le moment, sont plus que fastidieux à cause de la grande divergence de modélisations et d'exports entre les différents intervenants. Aussi, l'importance de la complétude et de la mise à jour des informations de l'ensemble des fichiers est essentielle puisqu'elle ouvre à de nouvelles possibilités d'exploitation du CIM et de nouveaux usages qui ne sont pas forcément connus aux prémices de la conception. Les différents éléments soulevés dans ce point prouvent que le CIM management est capital, notamment en termes de vérification des maquettes exportées par les différents acteurs en charge de la modélisation des parties du CIM.

Enfin, nous avons pu constater divers écarts entre le monde opérationnel et la littérature scientifique particulièrement théorique. D'abord, nous avons mis en évidence que la littérature scientifique aborde le CIM d'une façon très large, recouvrant des modèles très hétérogènes et semble parfois être quelque peu utopique. Aussi, les acteurs interrogés lors de notre seconde série d'entretiens n'ont pas particulièrement soulevé l'aspect collaboratif du CIM, qui est pourtant considéré comme un élément clé dans la littérature scientifique avec le géoréférencement et les attributs sémantiques liés aux géométries. Un autre point que nous relevons en termes de divergences entre la théorie et l'opérationnel concerne notamment les échanges de données. En effet, les acteurs opérationnels travaillant avec des logiciels métiers (et donc des formats natifs propriétaires) présentent beaucoup de difficultés à produire des maquettes dans des formats interopérables tels que l'IFC, ce qui a particulièrement été démontré

dans le cas des fichiers utilisés pour notre recherche. Or la littérature scientifique s'intéresse principalement la recherche aux échanges entre des formats très complexes à exploiter (l'IFC et le CityGML), creusant un grand écart entre la réalité opérationnelle et les axes de développement de certains chercheurs. Concernant les individus en charge de la mise en œuvre du CIM (ou BIM+ dans notre cas d'étude), nous constatons aussi que ces derniers ne semblent pas toujours adhérer à la démarche CIM, aspect qui semble totalement ignoré par les chercheurs dans la littérature scientifique. Pour terminer, nous avons également souligné la grande multiplicité des usages théoriques développés dans la littérature scientifique pour les CIM. Or, nous avons aussi pu constater que peu de retours d'expériences en situation réelle ont pu être développés et, dans le cas de nos entretiens, nous avons remarqué que les objectifs visés ne sont pas toujours concordants avec les ambitions observées dans la littérature scientifiques à propos des CIM.

CONCLUSION DU CHAPITRE 7: LES CIM COMME OUTILS ACTUALISÉS PRÉSENTANT DU POTENTIEL POUR LES AMÉNAGEMENTS URBAINS ET QU'IL EST NÉCESSAIRE D'AFFINER

Au terme de ce Chapitre 7, nous avons eu la possibilité d'aborder plusieurs aspects de notre démarche exploratoire que nous déployons dans ce travail. Dans un premier temps, la première partie du chapitre expose les ambitions du projet La Vallée et les particularités de son CIM, qui est plus précisément un BIM+. En effet, nous avons mis en évidence comment les différentes maquettes métiers réalisées et exportées par les intervenants ont été concaténées afin de développer un modèle global dit CIM La Vallée. Pour décrire sa structure et son organisation, nous avons réalisé un découpage selon des modules thématiques, à savoir les modules de réseaux, de parcelles, de bâtiments des lots, d'espaces publics et d'aménagements urbains. Ce découpage correspond directement à l'organisation de la maquette compilée au format natif propriétaire du CIM. Dans la suite du premier point, nous nous sommes davantage centrés sur les données. Nous avons d'abord présenté les données requises pour calculer les différents paramètres au travers de boîtes SADT, permettant de mettre en perspectives les données d'entrées et de sortie pour chaque critère. Cette mise en place des données nécessaires et essentielles pour le calcul du Potentiel d'usages a permis l'introduction de notre processus d'exploration du CIM La Vallée. En effet, nous avons parcouru les données que nous avons à disposition dans le CIM La Vallée et plus précisément dans les fichiers individuels exportés par les différents acteurs du projet. Comme mentionné dans cette partie, nous avons rencontré divers aléas empêchant l'exploitation des maquettes concaténées, à la fois au format natif propriétaire (.nwd) et au format exporté interopérable (IFC), nous amenant à développer une maquette de travail personnelle.

Dans la seconde partie de ce chapitre, nous avons détaillé les différentes étapes de développement de notre modèle allégé. Dès lors, nous avons discuté de la première phase qui est celle de filtration et d'extraction des données utiles pour le calcul du Potentiel d'usages, de sorte à se débarrasser des informations qui ne nous concernaient pas dans le cadre de cette recherche. Cette procédure de filtration a été laborieuse à cause de l'hétérogénéité dans la modélisation des différentes maquettes individuelles au format IFC. À la suite, nous avons aussi parcouru les différentes classes d'IFC dans lesquelles étaient stockées les données sur lesquelles nous comptons nous appuyer pour la réalisation de notre maquette allégée. Ensuite, nous nous sommes intéressés au processus de traduction des données extraites au format IFC en Shapefile. En effet, nous nous sommes tournés vers un environnement SIG, particulièrement adapté au traitement de données hétérogènes à une échelle plus vaste que celle du bâtiment. Nous avons également justifié le choix de la traduction en Shapefile, davantage utilisé en pratique, et non en CityGML à cause de la complexité de ce dernier. En plus d'avoir changé de formats les données filtrées et extraites, nous les avons intégrées dans l'environnement SIG en question et testées grâce aux différents outils intégrés au logiciel choisi (ArcGIS Pro). Dans ce logiciel, nous avons également ajouté diverses données, qui ont contribué à l'établissement de préconisations, soit en employant les outils d'analyses, soit en réalisant des ajouts manuels dans les tables d'attributs, que nous avons repris sous forme de tableau.

Enfin, la dernière partie du chapitre que nous clôturons ici a permis de mettre en évidence divers constats à propos du CIM (ou du BIM+) ainsi qu'à propos des différentes données qui y étaient modélisées. Ceci a été possible en réalisant une mise en perspective de la littérature, de nos observations et de la deuxième série d'entretiens que nous avons effectués auprès des intervenants du projet La Vallée. Ces constats ont été de trois ordres. Le premier concerne l'ignorance des acteurs opérationnels à propos des usages possibles et des possibilités offertes par les données modélisées dans le CIM. Le second vise l'importance de l'uniformisation des différents fichiers et des procédures d'exportation des modèles du format natif (.rvt etc) propriétaire au format interopérable IFC (et donc de la vérification du CIM Management). Pour terminer, le troisième s'intéresse aux nombreuses différences observées entre la littérature scientifique très ambitieuse et la réalité opérationnelle. Ces dernières ayant été relevées lors des entretiens avec les acteurs du projet La Vallée, à propos du retour d'expérience sur le cas d'étude de cette recherche.

Ce chapitre illustre donc, d'un côté, la richesse que peut présenter un CIM en termes de données mobilisées, pouvant être utiles à la réalisation de nombreuses analyses bien qu'il y ait certaines données encore manquantes, notamment en phase de conception. Et d'un autre côté, les nombreux efforts à réaliser concernant la mise en œuvre, l'organisation ainsi que les exports afin que les procédures de filtrations et d'extractions soient les plus automatisables possibles. Nous soulignons également qu'il est nécessaire que le domaine de la recherche scientifique se tourne vers les cas concrets de projet selon un processus CIM. En effet, ceci permettrait de creuser plus en profondeur des sujets encore peu ou pas explorés comme l'implication des différents acteurs dans ces procédures, l'organisation et la structure requise pour établir un CIM efficient, ou encore les instructions d'échanges autour de formats plus faciles à employer que ceux étudiés actuellement.

CHAPITRE 8 : METHODE DE QUANTIFICATION DU POTENTIEL D'USAGES, SYSTEME DE PONDERATION ET PRECONISATIONS

Le huitième chapitre se focalise principalement sur l'établissement de nos méthodes. D'une part le développement détaillé des différents processus d'automatisation de calcul des paramètres du Potentiel d'usages et d'autre part, sur le développement d'une méthode de pondération valable pour l'évaluation du Potentiel d'usages sous forme d'une valeur concrète. Il est ensuite question de discuter les possibles améliorations à réaliser dans le secteur de la recherche et opérationnel afin d'adapter au mieux ces

08



8.1 EXPÉRIMENTATIONS SUR BASE DE LA MAQUETTE ALLÉGÉE

8.1.1 Quantifier les paramètres du Potentiel d'usages

8.2 EVALUATION DU POTENTIEL D'USAGES

8.2.1 Pondérer les paramètres du Potentiel d'usages

8.3 DÉVELOPPEMENT DES MODÈLES SÉMANTIQUES FUTURS

8.3.1 Établissement des préconisations

8.1 EXPÉRIMENTATIONS SUR BASE DE LA MAQUETTE ALLÉGÉE

« *Expérimenter, c'est imaginer. [...] en admettant qu'un instinct se trouve au point où il demande à être satisfait — ou à exercer sa force, ou à la satisfaire, ou à remplir un vide (tout cela dit au figuré) : il examinera chaque événement du jour pour savoir comment il peut l'utiliser, en vue de remplir son but [...].* »

Friedrich Nietzsche, *Aurore*, §119

8.1.1 QUANTIFIER LES PARAMÈTRES DU POTENTIEL D'USAGES

Après avoir présenté dans le chapitre précédent notre cas d'étude, le CIM La Vallée, ainsi que les diverses données nécessaires et présentes dans ce dernier, nous exposons ici nos expérimentations en question. Pour ce faire, nous présentons l'ensemble de nos processus méthodologiques et automatisés de calculs, réalisés sur base de notre maquette allégée dans l'environnement SIG.

8.1.1.1 Description des processus automatisés de calcul des paramètres

Pour plus de facilités de compréhension, chaque paramètre est présenté en fonction du critère selon lequel il se décline. Nous ne reprenons donc pas ici les facteurs d'influences et les thématiques relatives des critères et paramètres. Pour chaque critère, nous expliquons comment nous sommes parvenus à la quantification des paramètres selon lesquels ils se déclinent, en décrivant les différents processus que nous avons rendus automatisables pour des utilisations ultérieures de notre méthode. Cependant, le détail précis des opérations réalisées au travers des outils peut être retrouvé dans l'Annexe 8. Comme nous l'avons spécifié au Chapitre 7 (Tableau 16), nous avons dû ajouter certaines données que nous détaillons plus précisément dans ces processus automatisés. Il nous semble important de spécifier que les résultats obtenus ne reflètent pas forcément la réalité étant donné que notre cas d'étude n'est pas complet et ne modélise que la première phase des lots constructifs. Nous insistons donc sur le fait que ce point fournit une méthode de calcul automatisée quantifiant chaque paramètre, mais que les valeurs obtenues ne sont pas forcément interprétables.

Dans ces différents processus, nous employons des termes spécifiques à la méthode et à l'outil employé pour la quantification des paramètres. Nous utiliserons les termes « tables » ou « couche » qui sont relatifs aux tables attributaires des entités géométriques, importées sur base des extractions et traductions réalisées en amont (MultiPatches, points, polygones, ...), où sont stockées les diverses données qui sont enrichies au fil des opérations. Nous utilisons également le terme « champ » qui correspond aux diverses propriétés dans les diverses tables attributaires (ex. : le champ « Longueur », le champ « Superficie »).

8.1.1.1.A Imperméabilisation des sols :

Ce premier critère se décline en trois paramètres distincts à savoir le ratio de superficie imperméabilisée, celui de superficie perméable ainsi que la superficie totale du quartier qui permet de réaliser ces ratios d'imperméabilisation.

- Superficie d'espaces imperméabilisés :

Pour calculer ce paramètre, il a été nécessaire d'obtenir la superficie de référence du quartier, l'ensemble des superficies des lots constructifs qui correspondent à des espaces imperméables ainsi que les superficies d'espaces publics mis en œuvre à partir de matériaux non perméables.

D'abord, nous avons rassemblé l'ensemble des MultiPatches représentant les empreintes au sol des lots extraits depuis les différents fichiers IFC relatifs, grâce à un premier outil de géotraitement dit « 3D Analyst », qui est appelé « Merge », afin de les rassembler dans une seule et même table de sorte à effectuer le prochain calcul. En effet, nous avons utilisé un outil de géotraitement qui est « Calculate Geometry Attributes » afin d'obtenir **les superficies des espaces imperméabilisés des différents lots** en mètres carrés (m²).

Nous avons ensuite réalisé la même opération pour les MultiPatches constituant les espaces publics composés de matériaux non perméables. Nous avons donc rassemblé ces MultiPatches dans une seule table, toujours avec l'outil « Merge », et avons calculé **les superficies des espaces publics imperméables** en mètres carrés (m²) grâce à l'outil « Calculate Geometry Attributes ».

Enfin, il a été nécessaire d'obtenir la superficie de référence du quartier concerné, chose que nous avons acquise facilement grâce au MultiPatch de l'empreinte modélisée du quartier dans le CIM et que nous avons pu extraire et intégrer dans l'environnement SIG. Bien que nous ayons réussi à implanter sa géométrie et certaines de ses propriétés dans notre environnement de travail, il nous a fallu en calculer la superficie en mètres carrés (m²) grâce à l'outil « Calculate Geometry Attributes ». Pour réaliser la dernière étape de ce processus automatisable, nous avons à nouveau employé l'outil « Merge », pour rassembler à la fois les deux types de superficies imperméabilisées (celles des lots et des espaces publics) et à la fois la superficie totale du quartier. De cette façon, il a été possible de réaliser un ratio entre ces deux types de superficies. Cependant, nous avons dû, au préalable, réaliser un résumé statistique, avec l'outil « Summary Statistics », pour obtenir la somme de l'ensemble des diverses superficies des espaces imperméabilisés des lots et des espaces publics nécessaire pour réaliser ce ratio. Ainsi, nous avons pu calculer un nouveau champ avec l'outil « Calculate Field » spécifiant **le ratio de superficie des espaces imperméabilisés** par rapport à la superficie du quartier. La Figure 88 illustre le processus automatisé ainsi que le résultat de la quantification de ce paramètre.

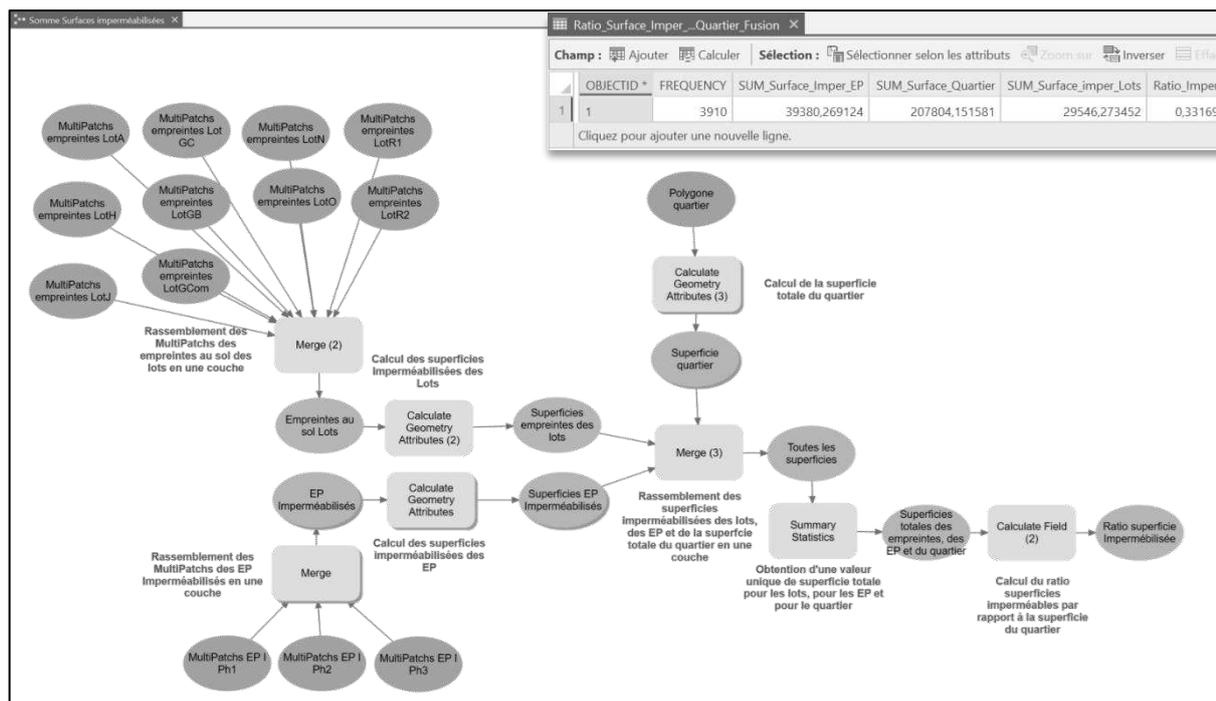


Figure 88 : Processus automatisé et résultat du calcul du paramètre « Superficie imperméabilisée »

- **Superficie d’espaces perméables :**

Concernant le ratio de superficie d’espaces perméables, le processus a été semblable à celui du ratio de superficie d’espaces imperméabilisés. Il a donc été impératif d’utiliser la superficie totale du quartier, et l’ensemble des superficies des espaces perméables compris à la fois dans les parcelles des lots et celles des espaces publics. Cependant, les espaces perméables des lots comprennent, en plus des sentiers et jardins, les toitures végétalisées. Ces différents espaces perméables ne présentent pas les mêmes propriétés et se sont vu attribuer un coefficient de biotope que nous décrivons ci-après.

Premièrement nous avons catégorisé en trois groupes différents les espaces perméables afin de pouvoir leur attribuer un coefficient de biotope, défini en fonction de leur revêtement par L’Institut Bruxellois pour la Gestion de l’Environnement (2010). Les trois groupes ont été catégorisés comme suit : les aménagements légers, les toitures végétalisées et les espaces verts. Tous les espaces appartenant aux diverses catégories ont été assemblés en une seule table attributaire par catégorie, grâce à l’outil « Merge ». Leur superficie respective en mètres carrés a ensuite été calculée, grâce à l’outil de géotraitement « Calculate Geometry Attributes ». Le coefficient de Biotope relatif à chaque catégorie a ensuite été appliqué à ces superficies grâce à l’outil « Calculate Field ». Ensuite nous avons rassemblé l’ensemble des superficies perméables des lots constructifs (trois catégories) afin d’obtenir une seule et même table avec toutes les données. Il a, par après, été nécessaire de réaliser un résumé statistique afin de sommer l’ensemble des **superficies perméables des lots** avec l’outil « Summary Statistics ».

Un processus similaire a été réalisé pour les superficies perméables des espaces publics, à la différence qu’ils n’ont subi aucune application de coefficient de biotope étant donné leur composition. Les

MultiPatches des espaces publics perméables des diverses phases et leurs données sémantiques liées ont été rassemblées dans une même table attributaire avec l'outil « Merge » et leur superficie en mètres carrés (m²) a été calculée avec l'outil adéquat. Il a ensuite fallu, tout comme pour les superficies des lots, employer l'outil « Summary Statistics » afin d'obtenir la **superficie finale des espaces publics perméables**.

Enfin, nous avons calculé la superficie totale du quartier, en mètres carrés, que nous avons agrégé avec les deux types de superficies d'espaces perméables (Lots et espaces publics) en une seule et même table attributaire. Nous avons ensuite réalisé un « Summary statistics », afin d'être capables d'obtenir le ratio de **superficie d'espaces perméables** par rapport à la superficie totale du quartier, cette fois avec l'outil « Calculate Field ».

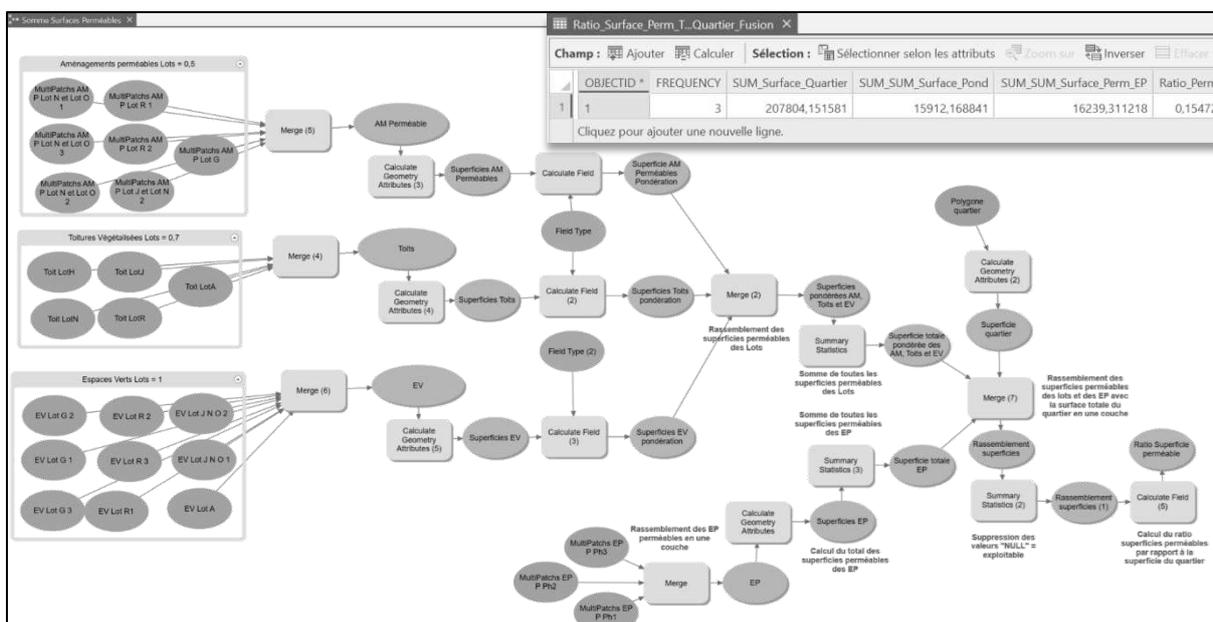


Figure 89 : Processus automatisé et résultat du calcul du paramètre « Superficie perméable »

- **Superficie totale**

Elle est obtenue grâce à la quantification des deux paramètres précédents, sur base de la géométrie extraite des fichiers individuels IFC.

8.1.1.1.B Gabarits des lots constructifs

- **Compacité spatiale de l'îlot**
 - Compacité des volumes bâtis
 - a) Compacité énergétique

Pour nos calculs nous nous sommes limités au Lot A afin d'être les plus clairs possibles. Le processus est finalement le même pour chacun des lots et peut être rassemblé en une seule et même démarche. Pour calculer la compacité énergétique moyenne du Lot A, il était nécessaire de quantifier le volume

intérieur des bâtiments ainsi que la superficie des diverses parois en contact avec l'extérieur, c'est-à-dire, les façades et les toitures des différents bâtiments.

Nous avons débuté en nous focalisant sur le calcul de la superficie des parois des bâtiments, nous avons exploité les MultiPatches contenant les attributs géométriques et sémantiques des façades du lot A. Ces façades, dans le fichier initial, sont décomposées en différents murs (MultiPatches) qui les constituent. Comme mentionné au chapitre précédent, il était impératif de spécifier des propriétés d'appartenance des murs des façades aux différents bâtiments du Lot A (bâtiments A1, A2 et A3). N'ayant pas de propriétés de hauteurs ni de longueurs de ces murs des façades, nous avons calculé, sur base des données géométriques et avec l'outil « Calculate Geometry Attributes », les coordonnées minimales et maximales X, Y et Z (résultant en nouveaux champs de hauteur et de longueur). Il a ainsi été possible de calculer la superficie en mètres carrés (m²) de chacun des éléments composant les façades avec l'outil « Calculate Field ». Il a ensuite été nécessaire de sélectionner les murs des façades du Lot A qui ne se situaient pas au sous-sol, puisque ces dernières ne sont pas en contact avec l'extérieur. Grâce aux propriétés ajoutées au préalable aux différents murs composants les différentes façades des bâtiments du Lot A, nous avons pu sélectionner grâce à l'outil « Select Layer By Attributes ». Enfin nous avons pu calculer la **superficie totale de déperdition des façades** du Lot A grâce à l'outil « Summary Statistics ». Nous n'avons pas réalisé de sélection « bâtiment par bâtiment » puisque nous nous intéressons au lot entier.

Nous avons ensuite continué en nous concentrant sur le volume des bâtiments du Lot A et débuté en spécifiant des propriétés de situation interne ou externe des MultiPatches issus des lfcSpace (que nous appellerons à partir d'ici les « pièces ») ainsi que leur appartenance. Tout comme pour les MultiPatches des murs des façades, nous avons dû calculer les coordonnées maximales et minimales des différentes pièces avec l'outil « Calculate Geometry Attributes », nous en avons également profité pour calculer la superficie, en mètres carrés, de ces pièces au même moment. Nous avons ainsi été capables de quantifier le volume des différentes pièces formant le Lot A en calculant un nouveau champ. Enfin, nous avons quantifié le **volume intérieur du Lot A** en sélectionnant les pièces intérieures et qui ne constituaient pas une « surface » (les pièces dites « surface » sont des doublons, reprenant la superficie d'un groupe de géométries des pièces) avec l'outil « Select Layer By Attributes » et en réalisant un résumé statistique, sommant les volumes des diverses pièces.

Étant donné que nous avons besoin de la superficie des façades et de la superficie des toitures pour obtenir l'ensemble des parois de déperditions, nous avons réutilisé les MultiPatches des pièces en leur ajoutant les propriétés d'étage, en vue de sélectionner ceux situés en toiture (excepté les « surfaces » comme nous l'avons précédemment expliqué). Après avoir sélectionné les pièces avec l'outil adéquat, nous avons réalisé un résumé statistique afin de sommer les superficies de ces dernières. Nous avons ainsi pu parvenir à nos fins et obtenir la **superficie de déperdition des toitures** du Lot A.

Enfin, la dernière étape a été de rassembler les différentes superficies des parois, à savoir les façades et les toitures, dans une seule et même table attributaire et de répéter la même action en les fusionnant avec les volumes des pièces. Ensuite, il a été possible de calculer la **compacité énergétique** du Lot A grâce à l'outil « Calculate Field ».

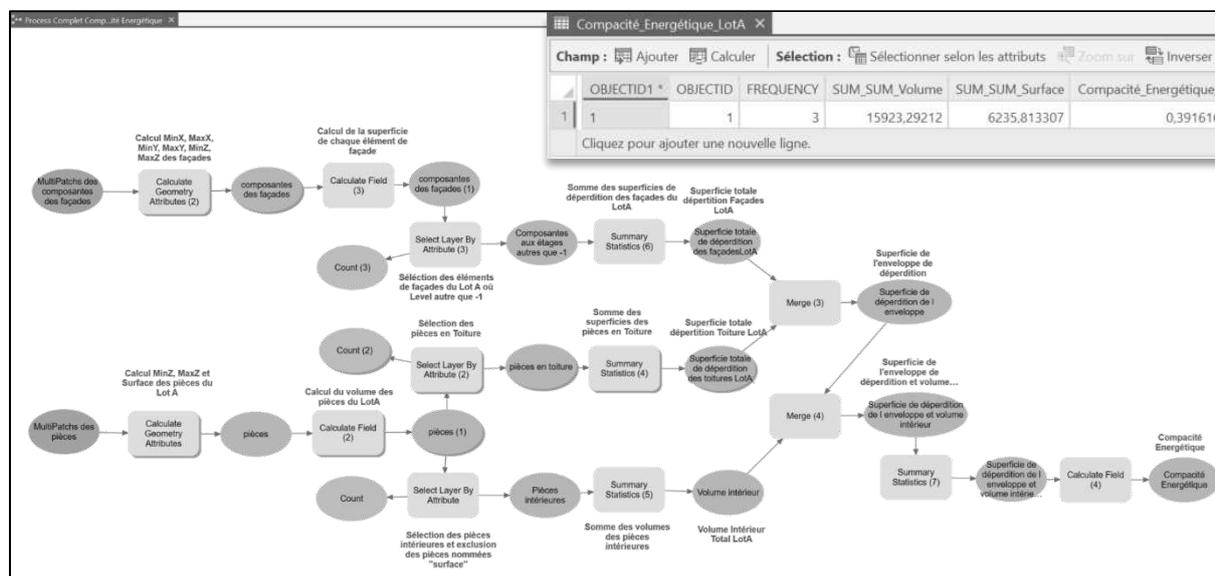


Figure 90 : Processus automatisé et résultat du calcul de la « Compacité énergétique »

b) Compacité bâtie

Pour nos calculs nous nous sommes limités au Lot A. Le processus est finalement le même pour chacun des lots et peut être rassemblé en une seule et même démarche. Afin de calculer la compacité bâtie des volumes du Lot A, il a été nécessaire d'obtenir la superficie habitable des bâtiments du Lot A et la superficie des parois de déperditions du Lot A. La superficie de déperditions reprend la superficie des toitures ainsi que des façades en contact avec l'extérieur.

Les calculs des **superficies des toitures** et **des façades** étant détaillées précédemment, nous ne les détaillons plus pour la compacité bâtie.

Ensuite, nous avons utilisé les pièces (auxquelles nous avons ajouté les propriétés de situation et d'appartenance) et avons réalisé le même processus que pour la compacité énergétique en calculant les coordonnées minimales et maximales ainsi que la superficie des pièces. Nous avons à nouveau sélectionné les pièces internes, n'étant pas des MultiPatches nommés « surface » et avons ajouté un filtre excluant les pièces dont la hauteur est inférieure à 2,25 mètres grâce à l'outil « Select Layer By Attributes ». À partir de là, il a été aisé de calculer la **superficie habitable** avec l'outil « Calculate Field ».

Finalement, nous avons rassemblé les diverses surfaces de déperditions avec la surface habitable déterminée par les pièces dans le but d'obtenir une table unique. En effet, cette condition est requise pour la réalisation de tout calcul. Nous avons ensuite réalisé un « Summary Statistics » pour obtenir

l'ensemble des valeurs nécessaires et, par la suite, nous avons pu calculer un nouveau champ, à savoir celui de la compacité bâtie.

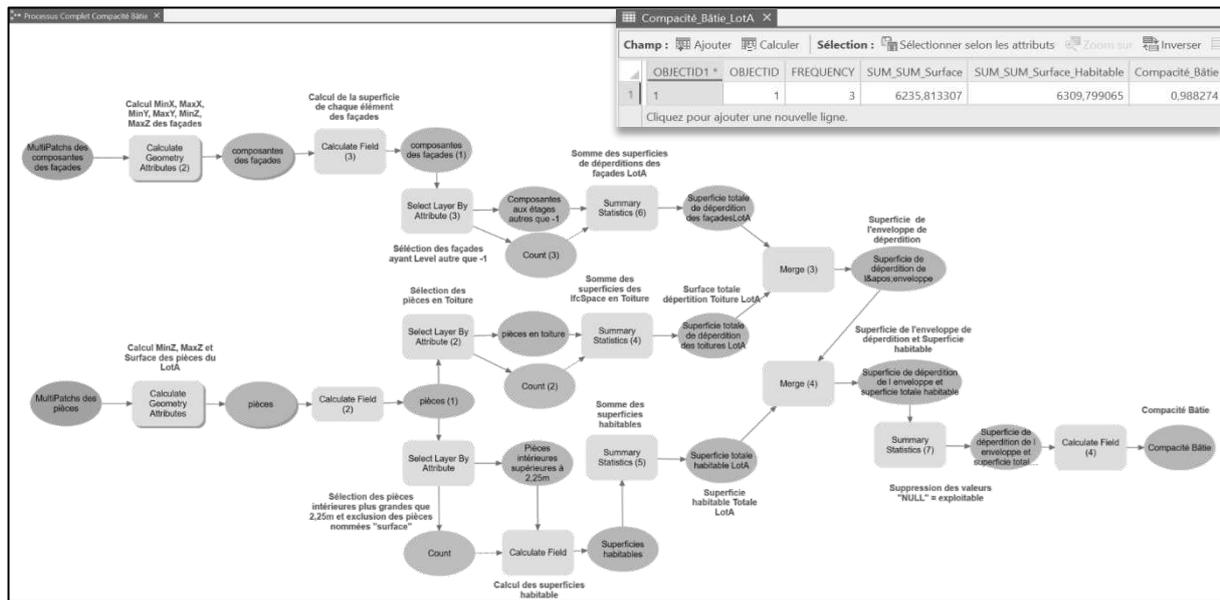


Figure 91 : Processus automatisé et résultat du calcul de la « Compacité bâtie »

➤ Compacité du non-bâti

a) Porosité (horizontale) des îlots

Pour nos calculs, nous nous sommes limités au Lot A, mais le processus est semblable pour chacun des lots et peut être aggloméré en une seule et même démarche. Pour pouvoir quantifier la porosité horizontale des îlots, nous avons eu besoin de connaître la superficie des parcelles des îlots ainsi que la superficie des espaces bâtis (ces deux superficies permettent de connaître la superficie d'espaces non bâtis).

Nous avons donc débuté par exploiter les données géométriques des parcelles des îlots en calculant leur **superficie** avec l'outil de géotraitement « Calculate Geometry Attributes ».

Ensuite, nous avons utilisé les données sémantiques et géométriques des pièces en sélectionnant celles situées au rez-de-chaussée et n'étant pas nommées « surface » avec l'outil « Select Layer By Attribute ». Pour rappel, nous avons ajouté les propriétés d'étage dans les tables d'attributs des pièces. Cette sélection nous a permis de calculer la **superficie bâtie** de l'îlot.

Pour terminer le processus d'automatisation, nous avons fusionné les deux tables obtenues comprenant les superficies des parcelles et du bâti des îlots afin de réaliser un résumé statistique. Celui-ci étant requis pour le calcul de la **porosité horizontale**, à l'aide de l'outil « Calculate Field ».

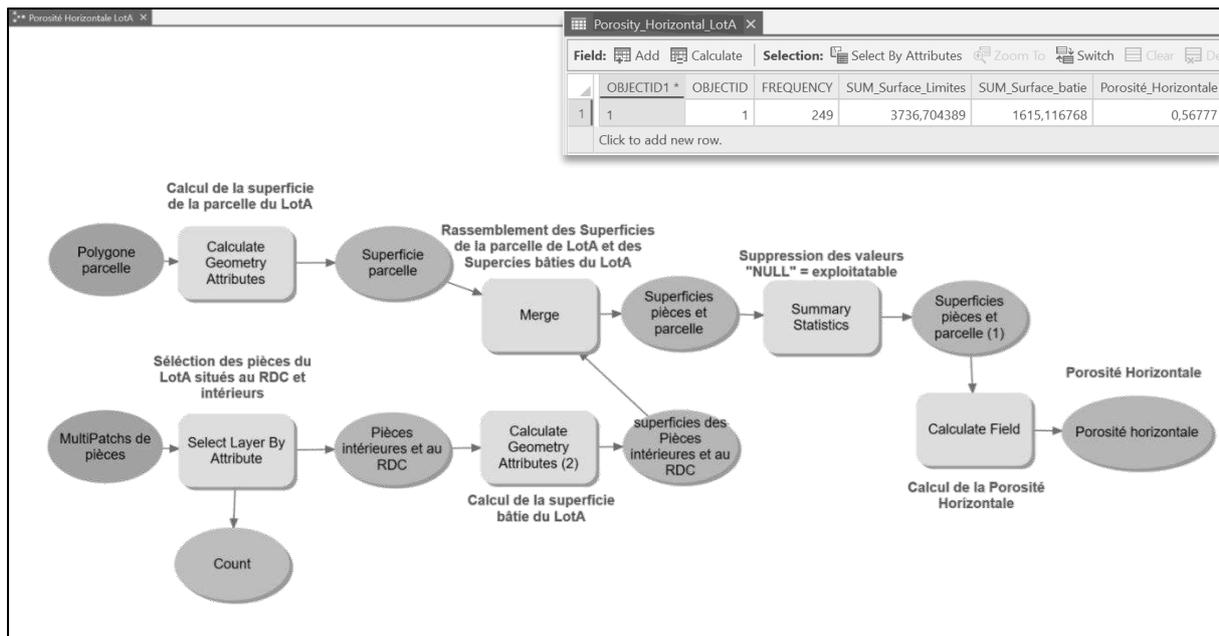


Figure 92 : Processus automatisé et résultat du calcul de la « Porosité horizontale »

- **Porosité (verticale) des îlots au RDC**

Pour nos calculs nous nous sommes limités au Lot A afin d’être les plus clairs possibles. Le processus est finalement le même pour chacun des lots et peut être rassemblé en une seule et même démarche. Le calcul de ce paramètre a induit de recueillir les longueurs des façades à rue, qui sont situées au rez-de-chaussée du Lot A, ainsi que le périmètre de la parcelle du même lot.

Tout d’abord, nous avons commencé par l’ajout des données dont nous avons besoin dans les tables d’attributs des MultiPatches des façades, à savoir les propriétés de situation par rapport à la voirie (front de voirie ou non) ainsi que les étages auxquels les éléments géométriques appartenaient. Nous avons ensuite commencé le processus à proprement parler en sélectionnant, dans cette couche de façades, les éléments étant en front de voirie et situés au rez-de-chaussée. Nous avons également calculé la longueur de ces entités sélectionnées avec l’outil « Calculate Field ». Afin d’obtenir **la longueur des façades à front de rue**, nous avons réalisé un résumé statistique sommant les diverses longueurs des éléments qui composent les façades en question.

Pour suivre, nous nous sommes basés sur les attributs géométriques et sémantiques de la parcelle de l’îlot pour créer une entité géométrique de type Polygone avec l’outil « Multipatch Footprint ». Nous avons été de cette façon capables de calculer son périmètre, avec un autre outil qui est « Calculate Geometry Attributes ».

Finalement, nous avons rassemblé ensemble les longueurs de façades à front de voirie et le périmètre de la parcelle de l’îlot avec l’outil « Merge » pour parvenir au calcul suivant. Nous avons alors réalisé un résumé statistique requis pour le dernier calcul. En effet, nous avons terminé ce processus

automatisé en calculant un nouveau champ, qui est celui de la porosité verticale grâce à l'outil habituel « Calculate Field ».

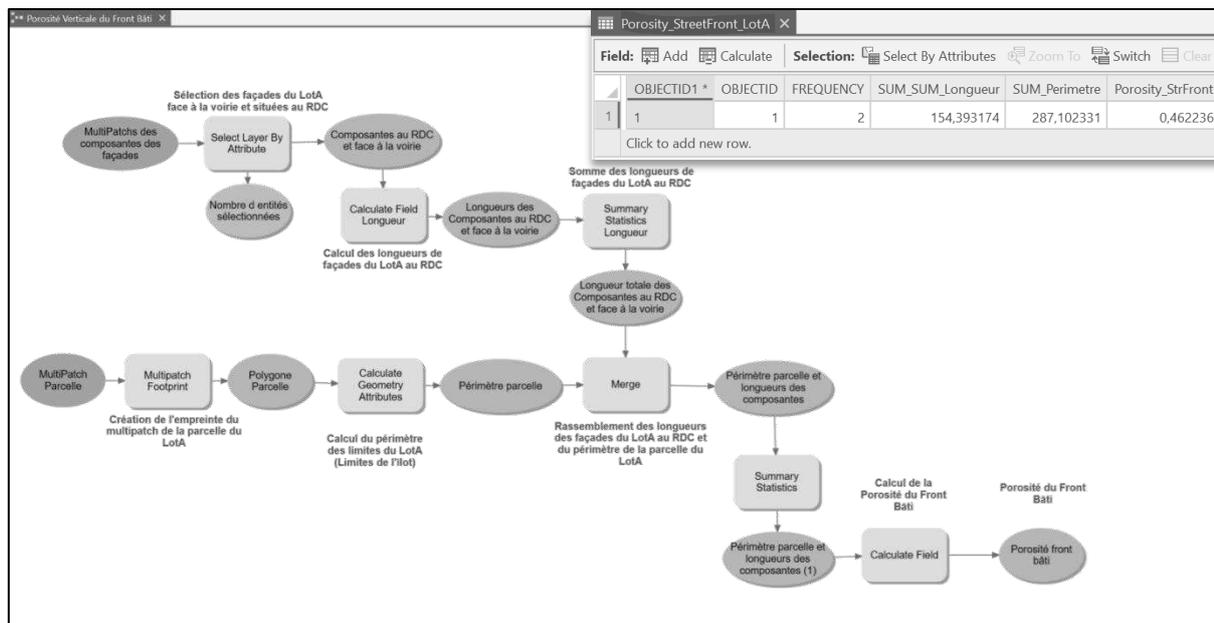


Figure 93 : Processus automatisé et résultat du calcul de la « Porosité verticale »

8.1.1.1.C Ambiances urbaines

- Diversité des âges des bâtiments

Pour ce premier paramètre du troisième critère de notre variable de Potentiel d'usages, nous nous appuyons sur les catégories d'âges établies au chapitre 7 (7.1.2.1.C).

Dans le cas de notre recherche, l'ensemble des bâtiments du quartier La Vallée sont neufs. Nous n'avons donc pas réalisé de processus automatisé puisque l'ensemble des bâtiments ont été construits dans la même catégorie. La diversité des âges est donc nulle. Cependant, pour la calculer dans un autre cas, nous proposons tout de même un processus automatisé.

La première étape consiste à sélectionner par attributs, grâce à l'outil correspondant, les différentes catégories d'époques qui auront au préalable été renseignées dans les tables d'attributs des MultiPatches. Chacune des sélections passe ensuite dans l'outil « Summary Statistics » afin de sommer la superficie d'espaces représentés par une même catégorie. Directement, nous avons renommé les champs résultants du résumé statistique grâce à l'outil « Alter Field ». L'ensemble des résultats par catégorie est ensuite fusionné dans une seule et même table, permettant de calculer la superficie totale émergeant des diverses catégories d'époques. Enfin, l'outil « Calculate Field » permet de quantifier la diversité des âges des bâtiments.

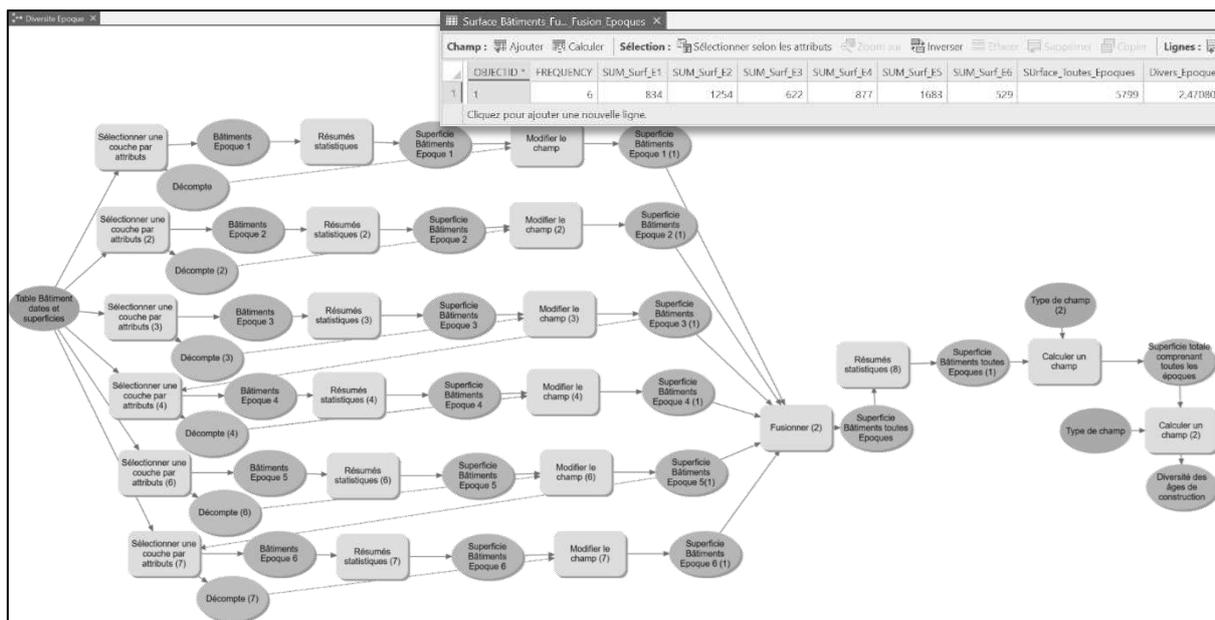


Figure 94 : Processus automatisé et résultat du calcul de la « Diversité des âges »

- **Diversité des matériaux**

Pour calculer la diversité des matériaux sur le quartier, il est indispensable de quantifier la diversité des matériaux de façades ainsi que ceux des sols afin d'en réaliser une moyenne.

Nous avons amorcé notre démarche en ajoutant les diverses propriétés de matériaux dans les tables attributaires des données géométriques liées aux façades et aux sols. Nous avons ensuite rassemblé les diverses composantes des façades dans une seule et même table avec l'outil « Merge ». L'étape suivante a consisté en la catégorisation des différents matériaux avec l'outil « Calculate Fields ». Cette catégorisation a demandé une certaine maîtrise du langage de programmation (Python) et des structures de données (cf. Annexe 8) afin de « créer » l'opération souhaitée. En effet, le logiciel utilisé donne la possibilité de « coder » les requêtes que nous ambitionnons de sorte à calculer n'importe quel élément souhaité. Les éléments composant les façades ont ensuite pu être sélectionnés avec l'outil « Select Layer By Attributes ». À la suite, un résumé statistique a pu être réalisé de sorte à sommer l'ensemble des superficies, relatives à chaque catégorie de matériaux, et les champs créés ont été renommés automatiquement avec l'outil « Alter Field ». Finalement, l'ensemble des superficies par catégories ont été fusionnées et résumées dans une même table, de sorte à permettre le calcul à la fois la superficie totale couvrant toutes les catégories et à la fois **la diversité des matériaux de façade** avec deux outils de géotraitement « Calculate field ».

Pour suivre, nous avons réalisé exactement le même processus avec, comme base, les différentes données géométriques et sémantiques relatives aux espaces publics. Nous avons de ce fait quantifié **la diversité des matériaux de sols**.

La dernière étape de ce processus automatisé s'est concentrée sur le rassemblement des différentes diversités des matériaux, à la fois des façades et à la fois des sols, avec l'outil « Merge » pour réaliser les calculs suivants. Nous avons effectué un résumé statistique afin de rendre la table exploitable (suppression des valeurs nulles) et avons directement employé l'outil « Calculate field » avec la formule adéquate pour quantifier **la diversité des matériaux** sur le quartier.

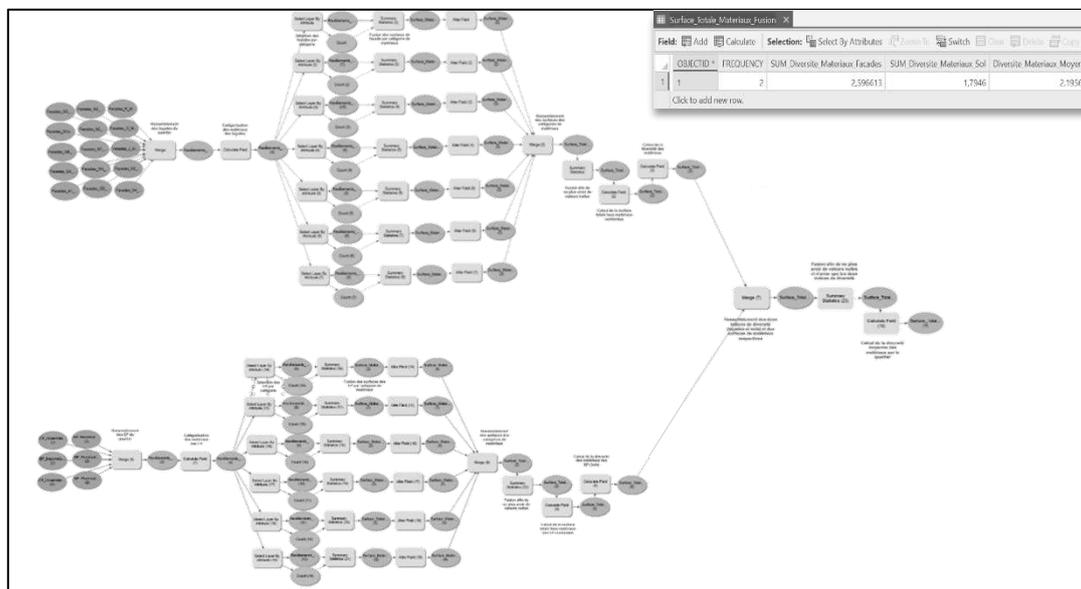


Figure 95 : Processus automatisé et résultat du calcul de la « Diversité des matériaux »

- Éclairage artificiel

L'étude de l'éclairage artificiel est un domaine très complexe et constitue une discipline en elle-même. Malheureusement nous ne possédons pas les données nécessaires et suffisantes au calcul de ce paramètre. Cependant, nous avons en notre possession les études d'éclairage réalisées par un bureau d'étude compétent en la matière. De nombreuses normes et règles co-existent et les calculs sont réalisés au moyen de logiciels métiers particuliers que nous ne maîtrisons pas. Nous avons dès lors pris la décision de ne pas mesurer ni tenter de réaliser un processus automatisé, notamment à cause du déficit d'expertise en la matière. Cependant, pour notre recherche, étant donné que l'étude d'éclairage mentionne très clairement un respect optimal des normes et exigences en vigueur, nous nous basons sur celle-ci pour quantifier le paramètre « Éclairage artificiel ». Nous considérons donc que si les normes sont respectées de façon optimale, moyenne ou médiocre, les valeurs relatives attribuées sont de 1, 0.5 et 0.

- Composition urbaine

➤ Variations dans le Velum urbain :

Concernant la variation dans le Velum urbain, nous nous sommes à nouveau concentrés sur le Lot A en guise de prototype. Cependant, le processus peut aisément être appliqué aux autres lots en renseignant les données correspondantes.

Étant donné que les tables attributaires ne renseignaient pas les hauteurs de chaque élément composant les façades des bâtiments des lots, nous avons dans un premier temps ajouté ces propriétés. Pour ce faire, nous avons calculé les coordonnées minimales et maximales Z avec l’outil « Calculate Geometry Attributes ». Nous avons ensuite sélectionné chacun des bâtiments qui composent le Lot A tour à tour, de sorte à identifier la coordonnée minimale et maximale des éléments composant la façade, pour a posteriori établir leur hauteur individuelle. Ceci a été réalisé pour le bâtiment A1, A2 et A3 avec l’outil « Select Layer By Attributes » et en réalisant ensuite un résumé statistique de Minimum et Maximum. En effet, lorsque nous réalisons un résumé statistique de Minimum sur la plus basse coordonnée et Maximum sur la plus haute coordonnée des éléments, calculées lors de la première étape pour chacun des bâtiments, nous avons tous les éléments pour calculer leur hauteur. Cependant, nous avons dû rassembler ces diverses coordonnées dans une même table afin de calculer, avec l’outil « Calculate field », la hauteur de chacun des bâtiments du Lot A.

La variation du Vélum urbain mesure l’écart moyen de la hauteur de chaque bâtiment par rapport à la hauteur moyenne du LotA. Nous avons donc calculé la hauteur moyenne des différents bâtiments compris dans le skyline en réalisant un résumé statistique de Moyenne et avons extrait cette valeur avec l’outil « Get Field Value ». Par la suite, nous avons été en mesure de calculer l’écart absolu entre les hauteurs de chaque bâtiment et la moyenne de ces hauteurs. Pour y parvenir, nous y avons injecté la valeur de la moyenne des hauteurs de la skyline extraite au préalable. Enfin, * à l’aide de l’outil « Summary Statistics » nous avons été capables de quantifier l’écart absolu moyen par rapport aux hauteurs moyennes du Lot A et avons, par ailleurs, calculé le ***pourcentage moyen de variation*** par rapport à la hauteur moyenne du Lot A

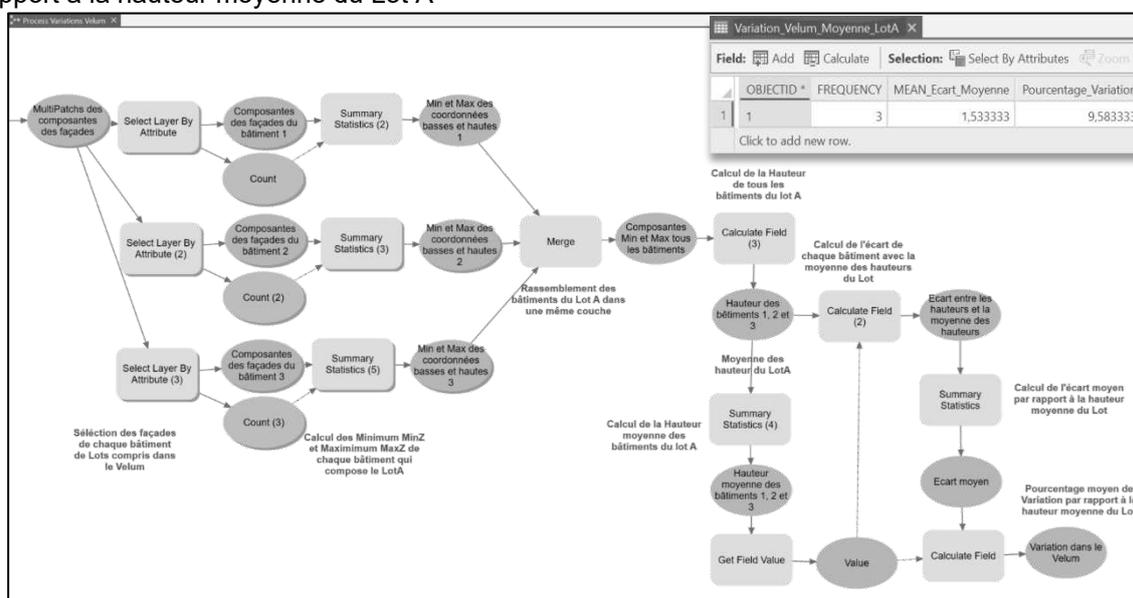


Figure 96 : Processus automatisé et résultat du calcul de la « Variation dans le Vélum urbain »

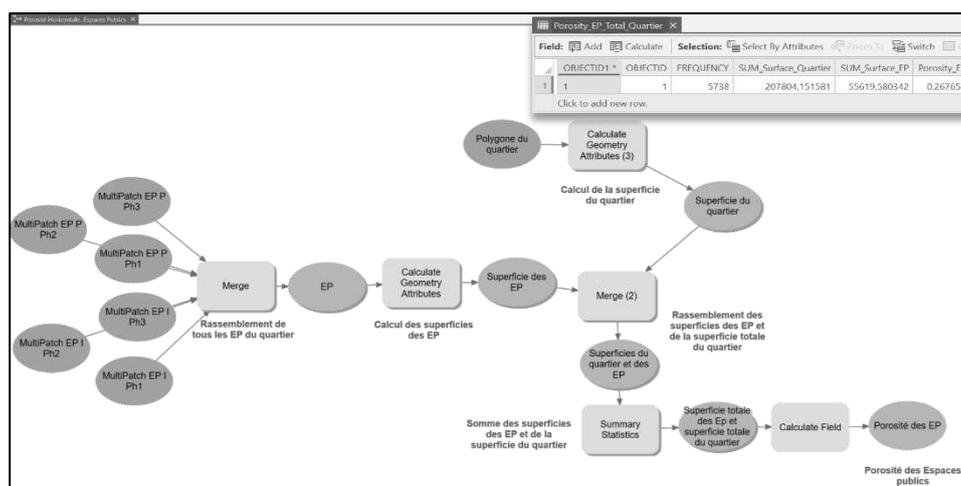
➤ Porosité (horizontale) des espaces publics

Ce processus automatisé se base sur la superficie des espaces publics ainsi que la superficie totale du quartier. Nous avons d’abord rassemblé l’ensemble des éléments composant les empreintes des

espaces publics dans une même table, avec l'outil « Merge ». Nous avons ainsi pu calculer leur superficie en mètres carrés (m²) avec l'outil « Calculate Geometry Attributes ».

De même, nous avons calculé la superficie totale du quartier avec le même outil que pour les espaces publics, sur base de l'empreinte du quartier extraite du CIM.

Pour terminer, nous avons rassemblé les superficies des deux types d'espaces (superficie des espaces publics et superficie totale du quartier) en une seule table et avons réalisé un résumé statistique de somme, afin d'être capables de calculer la porosité des espaces publics avec l'outil « Calculate Field ».



8.1.1.1.D Mobilité

- Desserte en transports publics

Pour ce paramètre, il a été nécessaire de s'appuyer sur diverses sources de données en plus des données extraites du CIM. D'une part, des données « externes » concernant la situation des arrêts autour du quartier, jusqu'à 1300m de rayon ainsi que des données relatives aux fréquences des départs pour chaque arrêt, entre 6h du matin et 22h. Nous avons trouvé ces données pour les unes sur le site OpenStreetMap et pour les autres sur les sites Île-de-France mobilité et Transdev Île-de-France. Ces arrêts ont été représentés par des entités géométriques ponctuelles géoréférencées. D'autre part, nous avons dû créer une entité ponctuelle au centre du quartier, à l'endroit où se situera le nouvel arrêt de bus.

Nous avons premièrement calculé les distances entre chaque arrêt et le centre du quartier grâce à l'outil « Generate Near Table » et avons aussitôt réalisé une jointure des distances obtenues en les faisant coïncider avec les arrêts en question. Nous avons ainsi été en mesure de calculer la cadence de chaque arrêt, avec l'outil « Calculate Field ». Ensuite, nous avons réalisé une catégorisation de chaque arrêt en calculant un nouveau champ, sur base des classes d'arrêts et des niveaux établis par l'Observatoire du Territoire du Canton de Neuchâtel (2014) (cf. 7.1.2.2.A). Cette catégorisation a demandé une certaine

maîtrise du langage de programmation (Python) et des structures de données pour créer le champ nécessaire à la suite du processus. Subséquemment, nous avons quantifié la qualité de la desserte de chaque arrêt avec l'outil de géotraitement adéquat et le bon intitulé de code (cf. Annexe 8). Enfin, nous avons pu réaliser une moyenne de la **qualité de desserte** de chaque arrêt pour obtenir une valeur globale par rapport au quartier. La Figure 98 illustre l'ensemble du processus automatisé et le résultat obtenu.

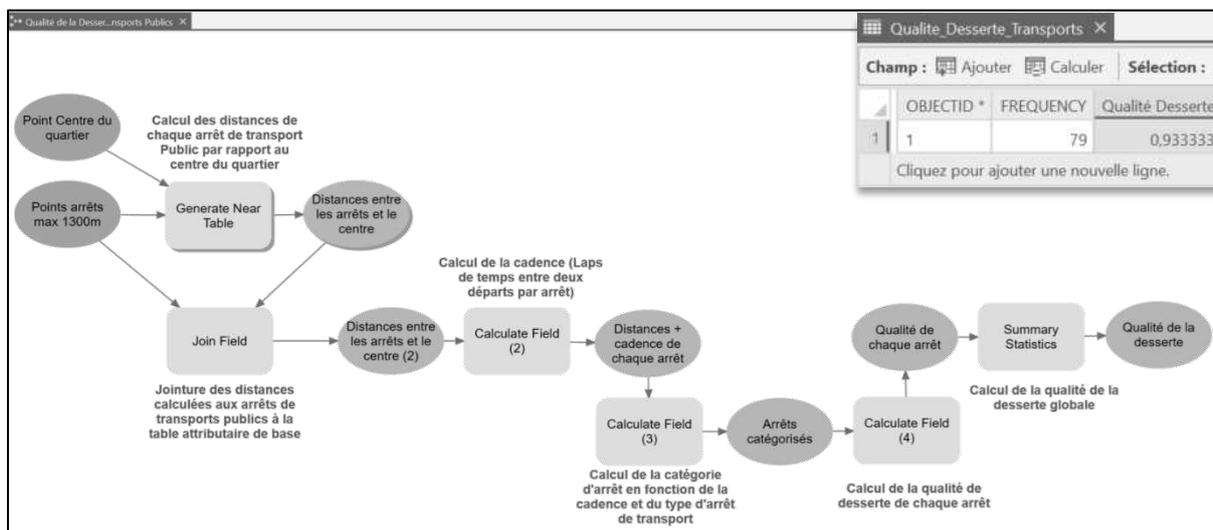


Figure 98 : Processus automatisé et résultat du calcul de la « Desserte en Transports publics »

- Surface publique destinée à chaque mode de transport

Pour calculer ce paramètre, il a été nécessaire d'ajouter des informations d'utilisateurs de différents types de voiries dans les tables d'attributs en question, c'est-à-dire préciser si l'utilisateur de cet espace est le piéton, le cycliste, la voiture ou les transports en commun.

Nous nous sommes basés sur les surfaces d'espaces publics comprenant les voiries, trottoirs, etc. Nous avons rassemblé l'ensemble de ces entités géométriques et sémantiques au sein d'une même couche avec l'outil « Merge » pour pouvoir en manipuler les données. Nous avons ensuite sélectionné les superficies d'espaces alloués à chaque mode de déplacement, sur base de la propriété « users » avec l'outil « Select layer by attribute ». L'outil « Summary Statistics » nous a permis de sommer directement l'ensemble des superficies relatives à cette sélection. Nous avons directement après recréé un champ avec le nom adéquat (Ex. : « Superficie d'espaces alloués aux voitures »). En parallèle, nous avons calculé l'ensemble de la superficie des différents espaces alloués aux différents modes avec « Summary Statistics ».

Nous avons ensuite rassemblé ces différentes superficies d'espaces alloués aux différents modes de déplacement et réalisé un « Summary Statistics ». De cette manière, la table attributaire est devenue exploitable pour le calcul de la **diversité des modes de transports**, réalisé au moyen de l'outil « Calculate Field » et en mentionnant la formule adéquate.

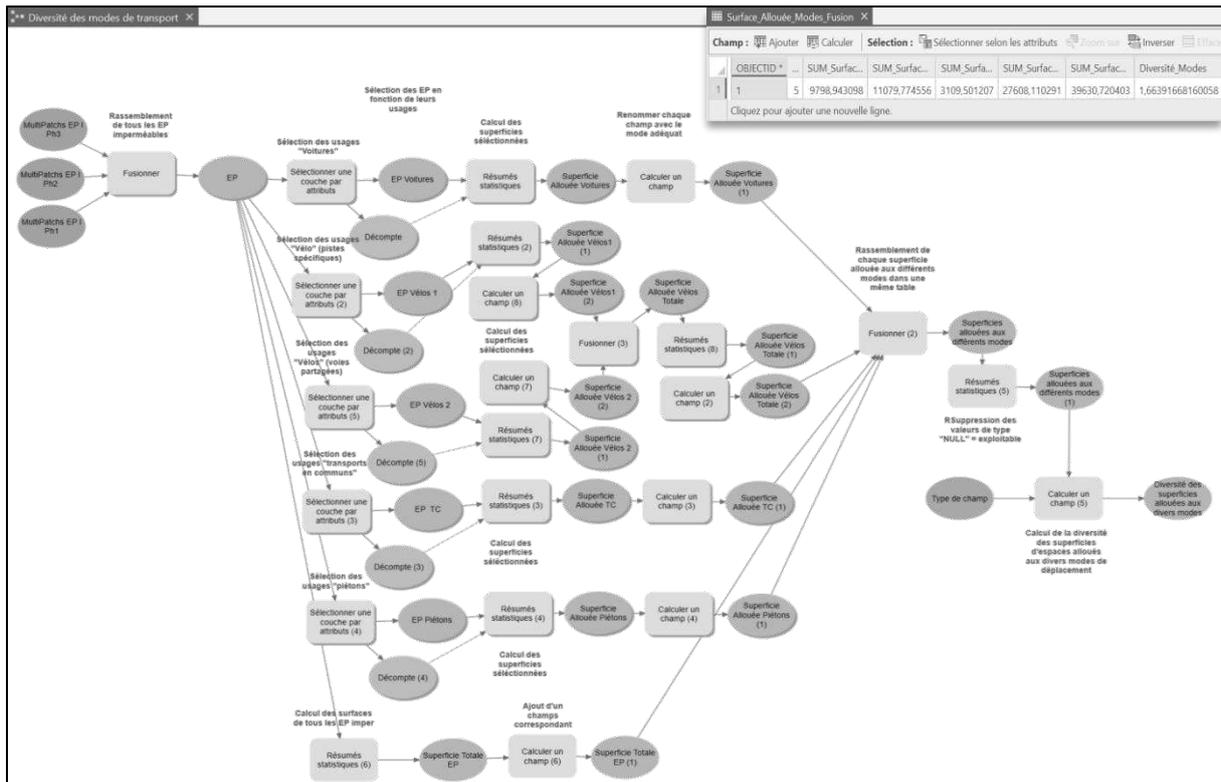


Figure 99 : Processus automatisé et résultat du calcul de la « Superficie des espaces alloués aux différents modes de déplacement »

- Diversité de l'offre en stationnements publics

Nous avons été confrontés à quelques difficultés pour quantifier ce paramètre. En effet, nous n'avons pas de géométrie précisant certaines données, notamment en ce qui concerne les parkings souterrains. Cependant, nous avons exploité différentes sources nous permettant d'obtenir les données manquantes. De plus, nous avons dû ajouter les différentes propriétés d'utilisateurs concernés par les différents stationnements dans les tables d'attributs relatives.

Nous avons tout d'abord fusionné les divers types de stationnements en une seule et même couche afin de pouvoir, par le biais d'un autre outil de géotraitement nommé « Frequency », extraire le nombre de stationnements par type d'usager. Nous avons ensuite sélectionné chaque type de « users » et avons réalisé un résumé statistique sommant l'ensemble des stationnements pour cette sélection et avons modifié les titres de ces nouveaux champs en fonction des « users ». De cette façon, il n'était pas possible de confondre les différents stationnements. Nous avons en parallèle réalisé un résumé statistique sommant l'ensemble des stationnements, tous usagers confondus, afin d'avoir le nombre total de stationnements. Par la suite, nous avons rassemblé ces différentes tables produites en une seule et l'avons rendue exploitable en réalisant un nouveau résumé statistique de Somme. Nous avons ainsi été en mesure de calculer la **diversité de l'offre en stationnements** avec l'outil de géotraitement et la formule adéquate.

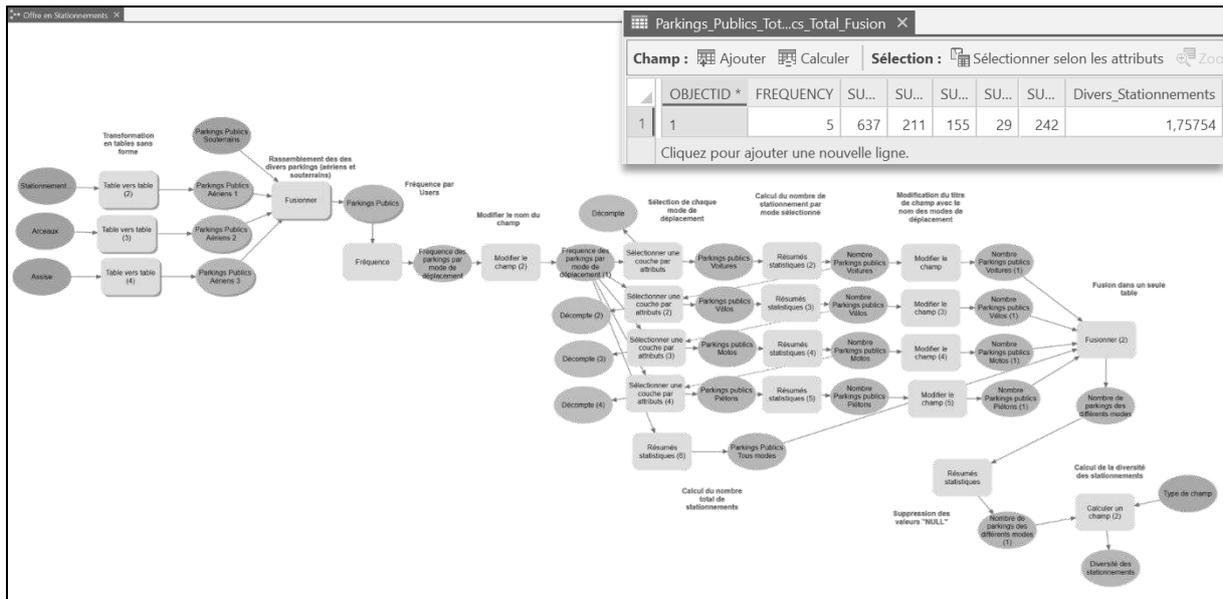


Figure 100 : Processus automatisé et résultat du calcul de la « Diversité de l'offre en stationnement »

- **Connexions aux autres quartiers**

En ce qui concerne ce paramètre, il était nécessaire d'établir des entités géométriques aux diverses entrées et sorties du quartier qui étaient initialement manquantes. Ces entités ponctuelles ont été considérées comme valables pour chaque mode de transport. Le processus a été relativement simple. Nous avons calculé la fréquence des diverses connexions grâce aux entités ponctuelles et à l'outil « Frequency » et avons ensuite réalisé un résumé statistique pour sommer le nombre de connexions total sur le quartier.

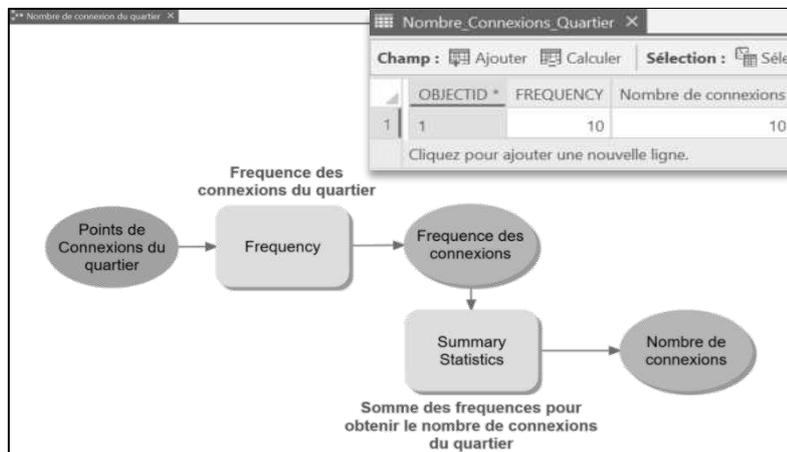


Figure 101 : Processus automatisé et résultat du calcul de la « Connexions aux autres quartiers »

8.1.1.1.E **Diversité fonctionnelle**

- **Diversité urbaine**

Dans le chapitre précédent, nous avons établi des catégories de fonction que l'on retrouve dans les différents systèmes urbains (cf.7.1.2.2.B). Nous avons donc rajouté ces diverses fonctions urbaines dans les tables attributaires des pièces, qui sont les entités géométriques basées sur les lfcSpace, et des espaces publics, qui sont les deux types d'entités exploitées pour calculer ce paramètre.

La première étape du processus a consisté en un rassemblement des différentes pièces du quartier en une seule et même table. Nous avons ensuite sélectionné chaque groupe de fonction (SF,H,O,PS) (cf. 7.1.2.2.B) grâce à l'outil « Select Layer By Attribute ». Nous avons également calculé **leurs superficies** respectives avec l'outil de géotraitement adéquat, créant un nouveau champ de donnée dans leurs tables attributaires. En parallèle, nous avons réalisé la même opération pour les entités relatives aux espaces publics. Nous avons ainsi obtenu **la superficie des espaces publics**.

Ensuite, il a été nécessaire d'agréger les diverses superficies des fonctions (des espaces publics et des pièces) obtenues dans des tables différentes, avec la superficie totale du quartier. Pour chaque table obtenue, nous avons réalisé un « Summary Statistics » de sorte à les rendre exploitables. Nous avons ensuite calculé l'abondance de chaque fonction représentée sur le quartier avec « Calculate Field » et la formule adéquate. Le calcul de l'abondance est une étape intermédiaire dans le calcul de la diversité que nous réalisons ici, de sorte à éviter les erreurs. Nous avons également installé une « boucle if » pour éviter de mentionner les classes qui ne seraient pas reprises dans la suite des tables, facilitant les calculs. En effet, dans le cas où il n'existe aucune donnée relative, la catégorie en question ne poursuit pas le processus. Nous rassemblons ensuite les tables relatives à l'abondance de chaque fonction et réalisons un résumé statistique nécessaire au calcul de la **diversité urbaine** qui termine le processus automatisable.

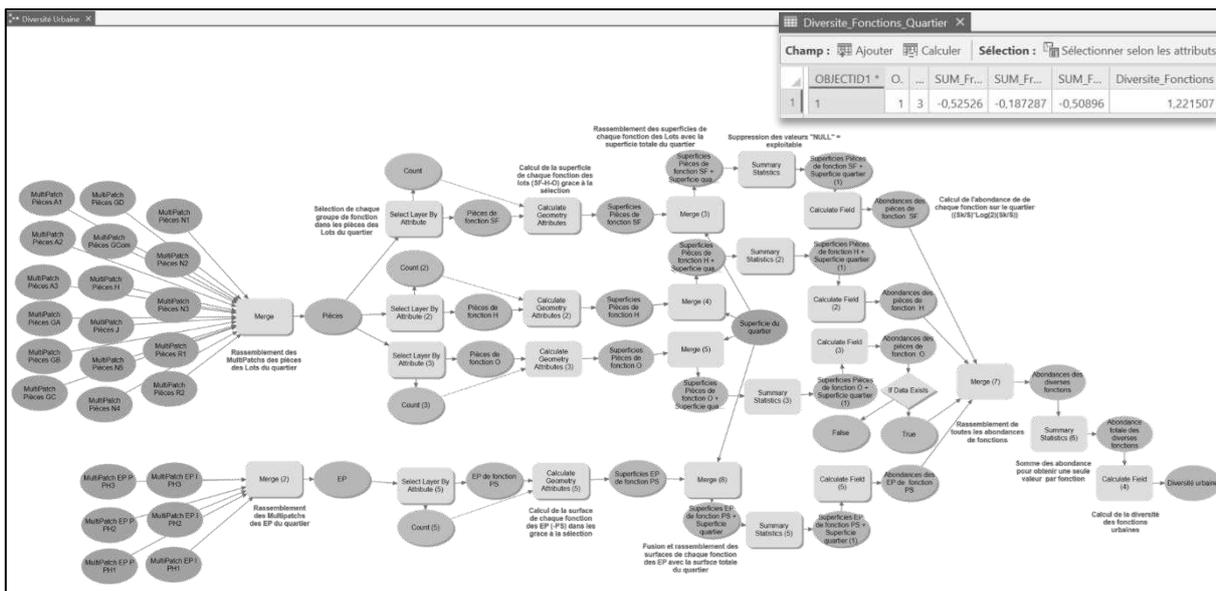


Figure 102 : Processus automatisé et résultat du calcul de la « Diversité urbaine »

- **Polyvalence**

➤ **Des Espaces publics :**

Les usages des espaces publics ont été ajoutés aux entités géométriques relatives puisqu'il s'agit d'une propriété qui n'était pas mentionnée initialement dans les lfcSlab extraits et transformés par la suite en MultiPatches. Pour calculer ce paramètre, il nous a fallu savoir quels espaces étaient polyvalents par rapport à l'ensemble des espaces publics.

Nous avons débuté en rassemblant les diverses entités géométriques et sémantiques relatives dans une seule et même couche. Nous avons ainsi été capables de calculer la superficie de ces espaces avec l'outil « Calculate Field ». Ensuite, nous avons travaillé en parallèle, d'une part pour obtenir la surface totale des espaces publics en réalisant un résumé statistique de Somme et d'autre part, afin de sélectionner les entités des espaces avec l'outil « Select Layer By Attributes », dont les propriétés n'étaient pas limitées à un seul usage. Directement, nous avons calculé la superficie des différents espaces aux usages multiples (la sélection), c'est-à-dire polyvalents, et les avons sommés en réalisant un résumé statistique pour obtenir une valeur totale. Enfin, nous avons rassemblé la superficie des espaces publics polyvalents avec la superficie totale des espaces publics dans une même table et l'avons rendu exploitable (suppression des valeurs « NULL »). De cette façon, il nous a été possible de calculer le **ratio d'espaces publics polyvalent** par rapport à l'ensemble des espaces publics.

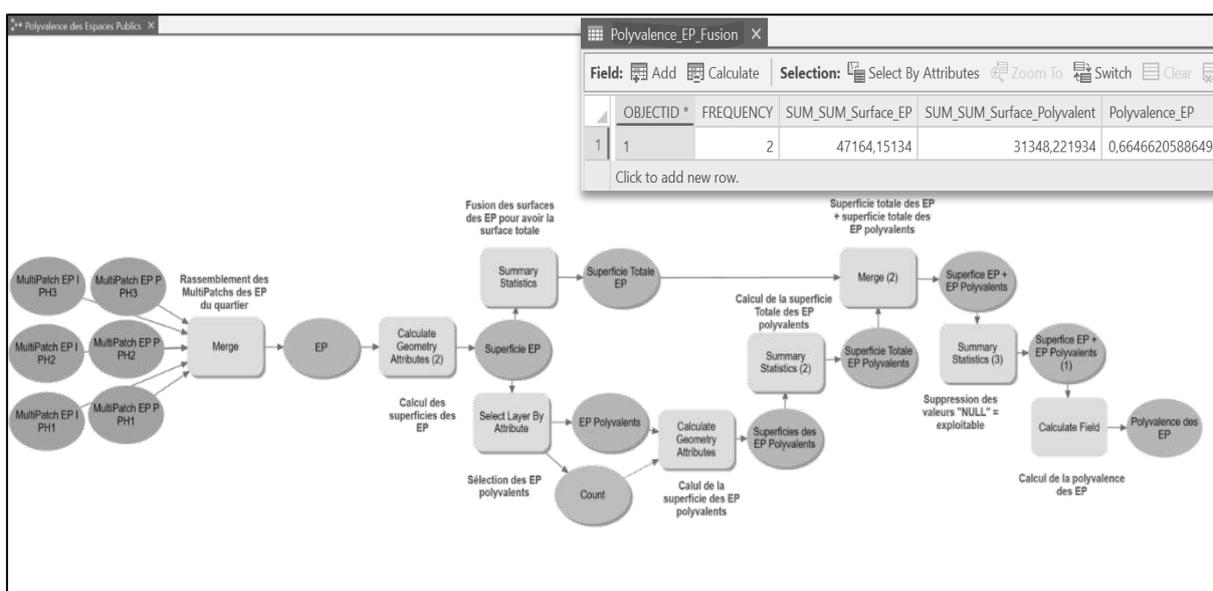


Figure 103 : Processus automatisé et résultat du calcul de la « Polyvalence des Espaces publics »

➤ Des lots constructifs :

Nous avons, pour ce paramètre, eu à nouveau besoin des différents types de fonctions urbaines que nous avons ajoutés aux entités pièces pour le calcul du paramètre « Diversité urbaine ».

Ce processus automatisé a été relativement simple, bien qu'il semble quelque peu complexe. En effet, nous avons dans un premier temps quantifié le nombre de pièces présentant une certaine fonction urbaine, et ce, dans chaque bâtiment du quartier, grâce aux entités représentant les pièces et l'outil « Frequency ». Pour chaque groupe de fonction, nous avons ensuite utilisé l'outil « Summary Statistics » de Comptage afin d'obtenir le nombre de fonctions urbaines différentes au sein d'un même bâtiment. Nous avons finalement rassemblé l'ensemble des résultats de nombre de fonctions par bâtiment avec l'outil « Merge » et avons terminé en réalisant un résumé statistique calculant la moyenne du nombre de fonctions différentes par bâtiment. Ce calcul a permis d'illustrer la **polyvalence des lots constructifs** sur le quartier.

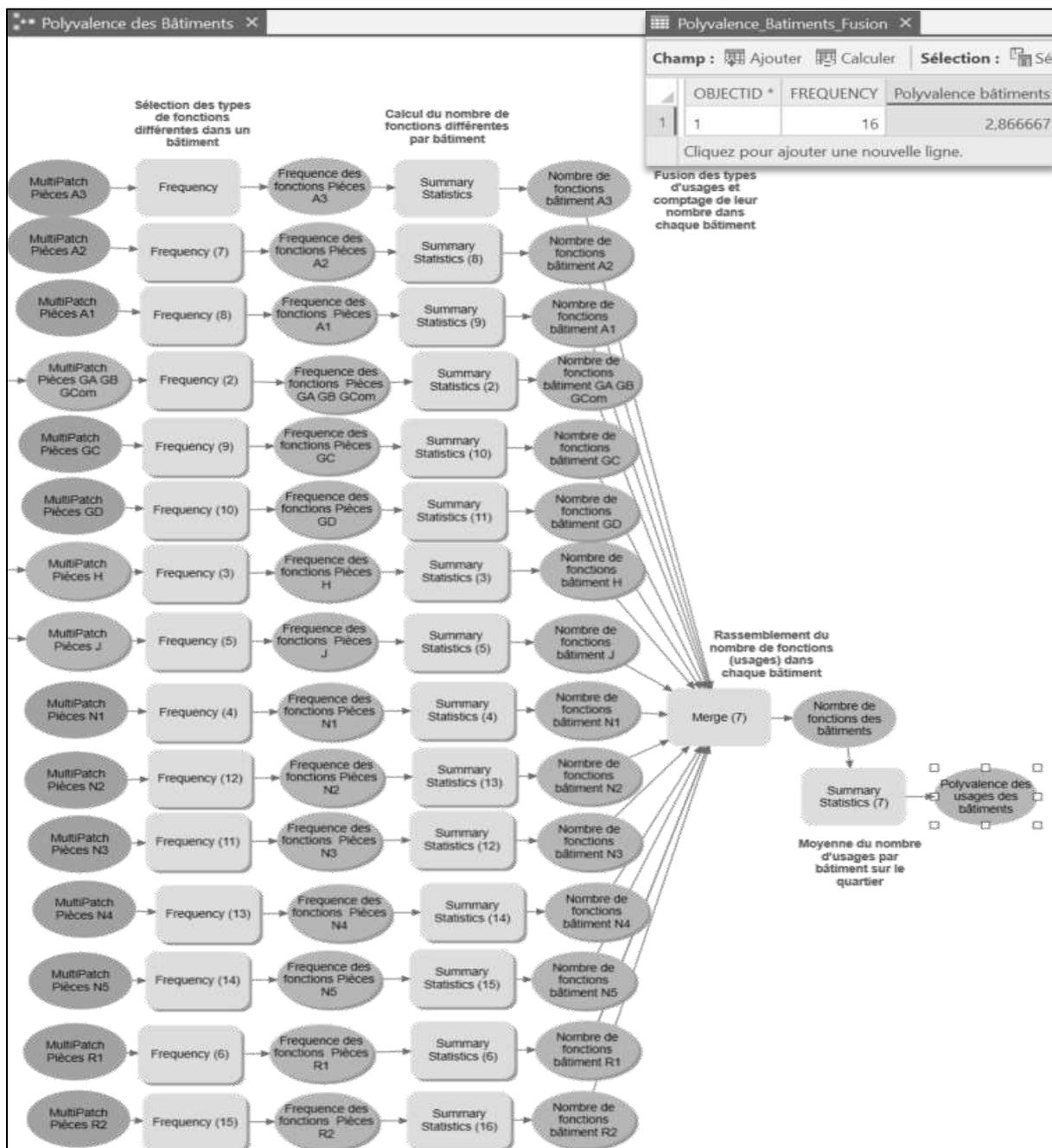


Figure 104 : Processus automatisé et résultat du calcul de la « Polyvalence des Lots constructifs »

8.1.1.1.F Visibilité / interactivité des lots constructifs

- Accès aux bâtiments

Ce paramètre considère le nombre d'ouvertures, situées en front de voirie, qui donne accès aux différents bâtiments du quartier. Pour notre prototype, nous nous sommes limités au Lot A (bâtiments A1, A2 et A3), cependant, le processus est finalement le même pour chacun des lots et peut être rassemblé en une seule et même démarche. Pour le processus, nous avons besoin de propriétés de situation des accès par rapport à la rue. Nous les avons donc ajoutés au préalable dans les tables attributaires.

Le processus a débuté par le comptage des accès à rue par bâtiment, en utilisant l’outil « Frequency ». Cet outil permet la mise en évidence du nombre d’accès qui se trouvent en front de voirie en fonction du bâtiment auquel ils appartiennent. Ensuite, il suffit de réaliser un résumé statistique pour obtenir une moyenne des **accès aux bâtiments sur le quartier** (ici pour le Lot A). Il est à noter que pour le processus complet regroupant tous les bâtiments du quartier, une étape de fusion de l’ensemble des entités représentant les accès aux bâtiments doit être réalisée en première étape du processus.

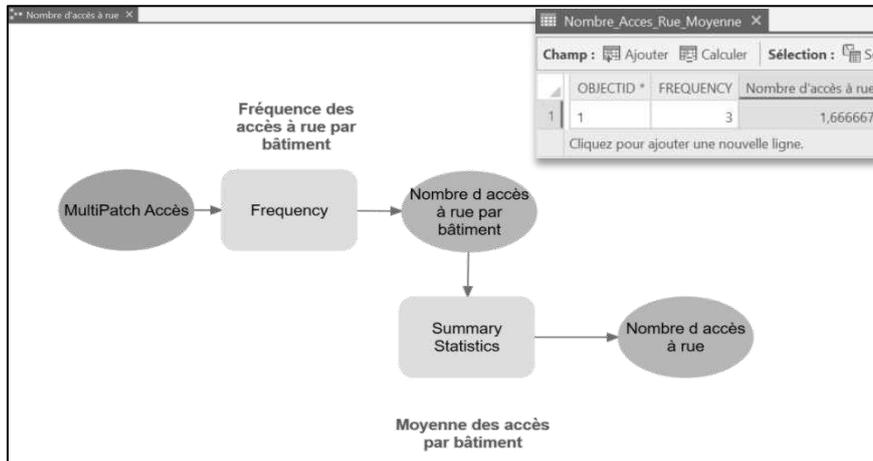


Figure 105 : Processus automatisé et résultat du calcul de la « Accès aux bâtiments »

- **Hauteurs des RDC**

Pour parvenir à quantifier ce paramètre, des données qui ont déjà été ajoutées lors d’autres processus sont essentielles. Il s’agit de la situation (interne ou externe) des pièces présentes dans les bâtiments ainsi que leurs hauteurs.

Les différentes entités géométriques et leurs attributs sémantiques liés ont d’abord été fusionnés avec l’outil « Merge ». La seconde étape a consisté en la sélection des pièces de bâtiments qui se situent au rez-de-chaussée et qui présentent la propriété d’être situées à l’intérieur. Enfin, nous avons réalisé un résumé statistique de Moyenne des diverses **hauteurs des pièces intérieures situées au rez-de-chaussée** des bâtiments sur le quartier.

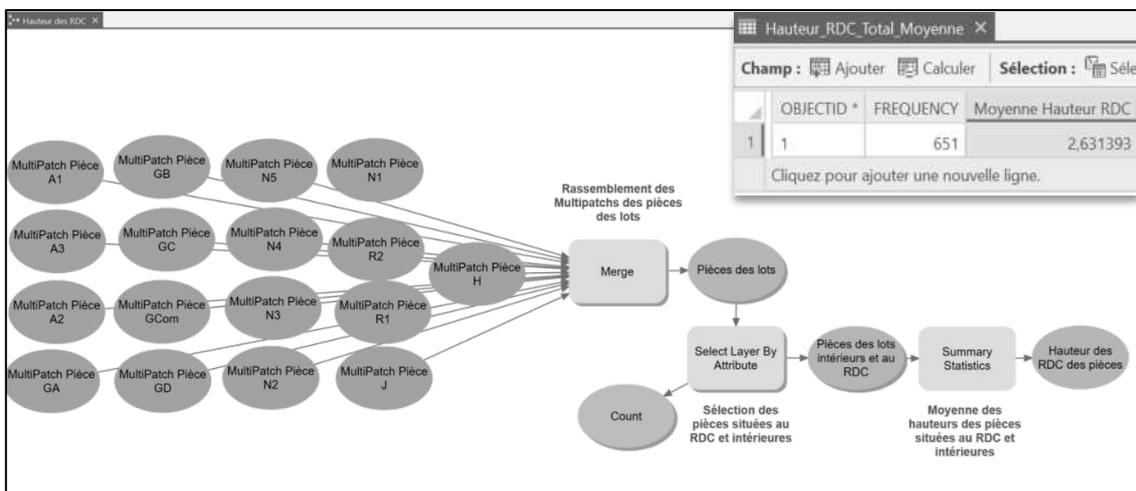


Figure 106 : Processus automatisé et résultat du calcul de la « Hauteur des rez-de-chaussée »

- **Recul par rapport à la voirie**

Pour ce paramètre, nous avons réalisé notre prototype de processus avec les bâtiments de l'ensemble des lots excepté le Lot A, pour lequel nous avons eu quelques problèmes de géoréférencement des façades, et le Lot R pour lequel nous n'avons pas de données exploitables. Ce problème de géoréférencement n'impactait pas le calcul des autres paramètres, mais induit pour celui-ci des erreurs. Pour ce paramètre, nous avons eu besoin de connaître la position à la fois des voiries et des accès afin de calculer la distance séparant les deux.

Nous avons premièrement créé une entité géométrique, nécessaire au calcul du paramètre, à partir du MultiPatch des voiries et grâce à l'outil « Multipatch footprint ». Nous avons appliqué la même action pour les accès aux bâtiments, de sorte à créer des entités ponctuelles, mais cette fois avec l'outil « Feature to Point ». Nous avons ensuite employé l'outil « Near 3D » afin d'établir la distance entre les entités géométriques représentant les voiries et les entités ponctuelles traduisant les accès aux bâtiments. Cette action a été appliquée à tous les accès, c'est pourquoi nous avons par la suite uniquement sélectionné ceux situés face à la voirie. Par après, nous avons rassemblé les tables contenant les distances entre les accès face à la rue et les voiries (la sélection) et avons, à ce moment-là, été capables de calculer **la distance moyenne de recul** qui sépare les accès aux bâtiments des rues, sur le quartier. L'outil « Alter Field » a juste permis de renommer le champ comprenant la distance moyenne calculée lors du résumé statistique.

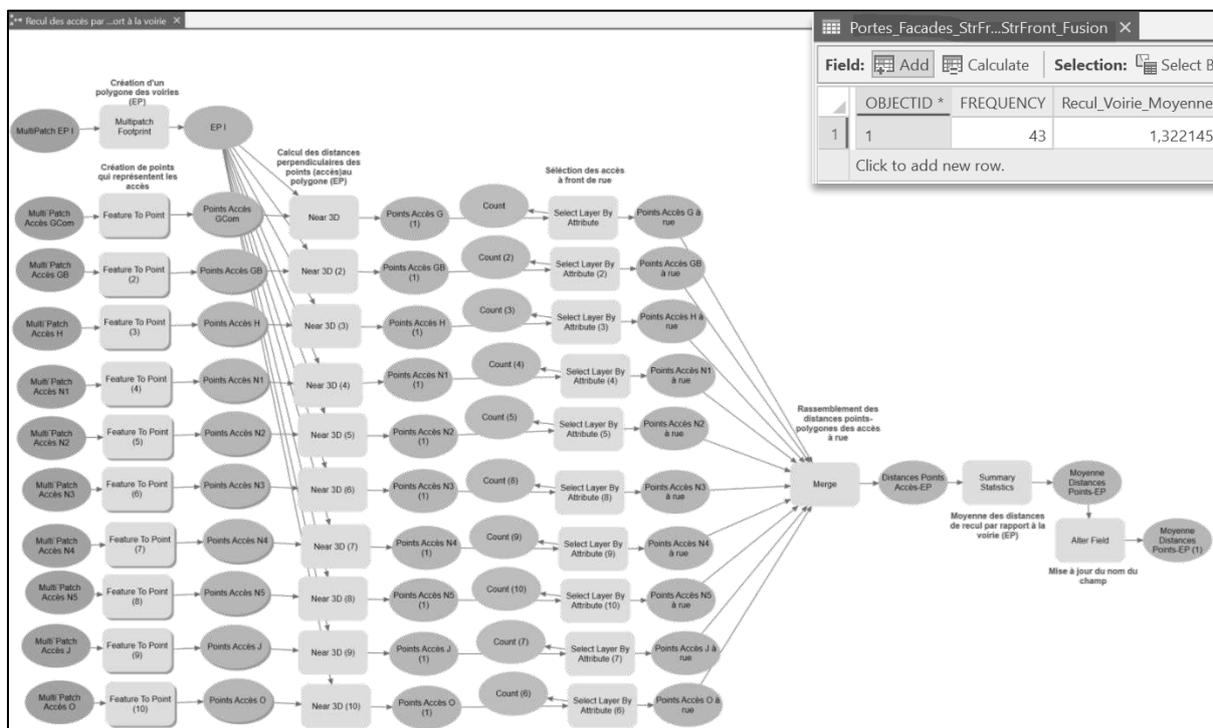


Figure 107 : Processus automatisé et résultat du calcul de la « Recul par rapport à la voirie »

- **Transparence des RDC**

En ce qui concerne la transparence des rez-de-chaussée, nous avons réalisé notre processus sur le Lot A pour réaliser notre prototype. Le processus peut cependant être réalisé sur l'ensemble du quartier

en fusionnant les divers MultiPatches de façades des lots. Pour quantifier ce paramètre, il est nécessaire d'obtenir les superficies des parties de façades dites « transparentes » et la superficie des parties « pleines » des façades.

Étant donné que nous avons au préalable calculé les coordonnées minimales et maximales des coordonnées X et Y des MultiPatches composant les « pleins » des façades, nous avons débuté en utilisant l'outil « Calculate Field » pour obtenir leur superficie. Nous avons ensuite sélectionné les MultiPatches uniquement situés au rez-de-chaussée et avons sommé leurs diverses superficies, de sorte à obtenir une valeur unique avec les outils « Select Layer By Attributes » et « Summary Statistics ».

Pour suivre, nous avons calculé la superficie dite « transparente » des façades en utilisant les MultiPatches des fenêtres et l'outil « Calculate Field ». Nous avons ensuite procédé de la même façon que pour les MultiPatches représentant les « pleins » des diverses façades.

Enfin, nous avons rassemblé les deux types de superficies avec l'outil « Merge » et avons rendu la table exploitable pour la suite du calcul avec l'outil de géotraitement « Summary Statistics ». Nous avons ainsi pu terminer le processus en calculant, au moyen de l'outil et de la formule adaptée, le calcul de la **transparence des bâtiments** du Lot A.

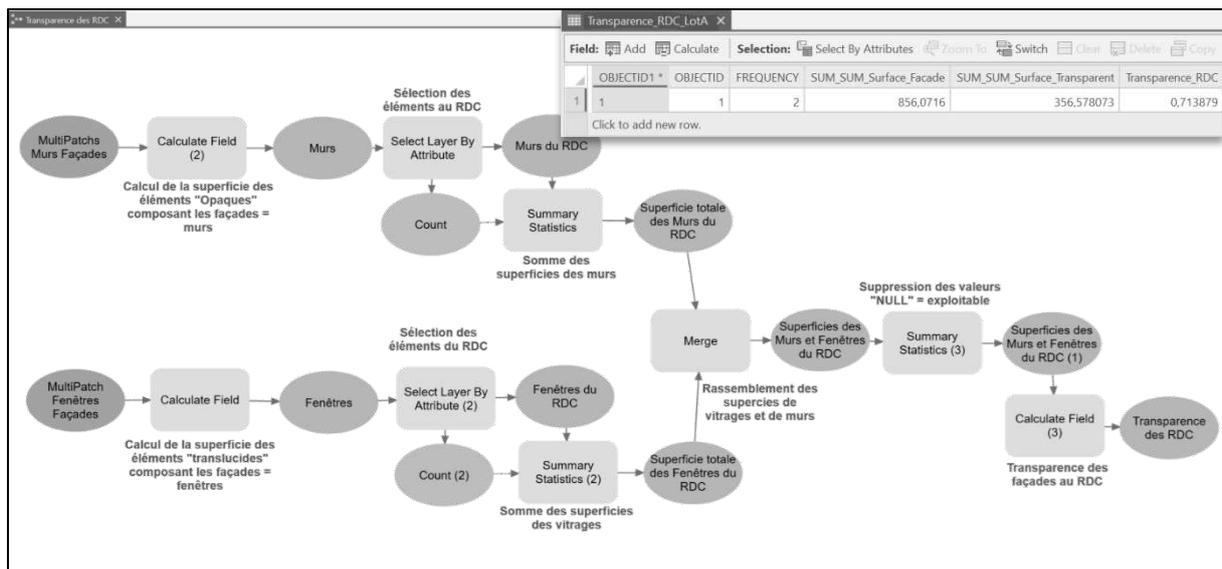


Figure 108 : Processus automatisé et résultat du calcul de la « Transparence des rez-de-chaussée »

8.1.1.1.G Adaptabilité (ep)

- **Possibilité d'évolution et de réversibilité des espaces publics**

L'adaptabilité des EP est évaluée, dans ce cas, au moyen des types de matériaux employés et la facilité de mise en œuvre/recyclage (modulaires/non modulaire) ainsi que grâce aux usages possibles des espaces. Dans le chapitre précédent, nous avons au préalable précisé les catégories de matériaux modulaires et non modulaires (7.1.2.2.D) qui sont essentielles pour la quantification de ce paramètre.

Nous avons commencé le processus en fusionnant les divers MultiPatches de tous les espaces publics. Nous avons ensuite utilisé l'outil « Calculate Field » pour définir les types de matériaux et obtenir un nouveau champ dans la table attributaire, selon un dictionnaire spécifiquement codé en Python. Nous avons directement par la suite catégorisé ces matériaux en deux types, à savoir « Modulaire » et « Non modulaire », selon un autre dictionnaire particulier codé en Python, avec l'outil « Calculate Field ».

Nous avons ensuite calculé les superficies de l'ensemble des espaces publics avec « Summary Statistics » et en parallèle, nous avons sélectionné les espaces publics modulaires avec une fonction urbaine autre que celle de circulation et avons sommé leurs superficies pour obtenir une valeur unique.

Pour terminer, nous avons rassemblé les deux types de superficies obtenues, avons réalisé un résumé statistique pour finalement calculer **l'adaptabilité des espaces publics**. Celui-ci a été possible en réalisant un rapport entre la superficie des espaces modulaires et celle de tous les espaces publics.

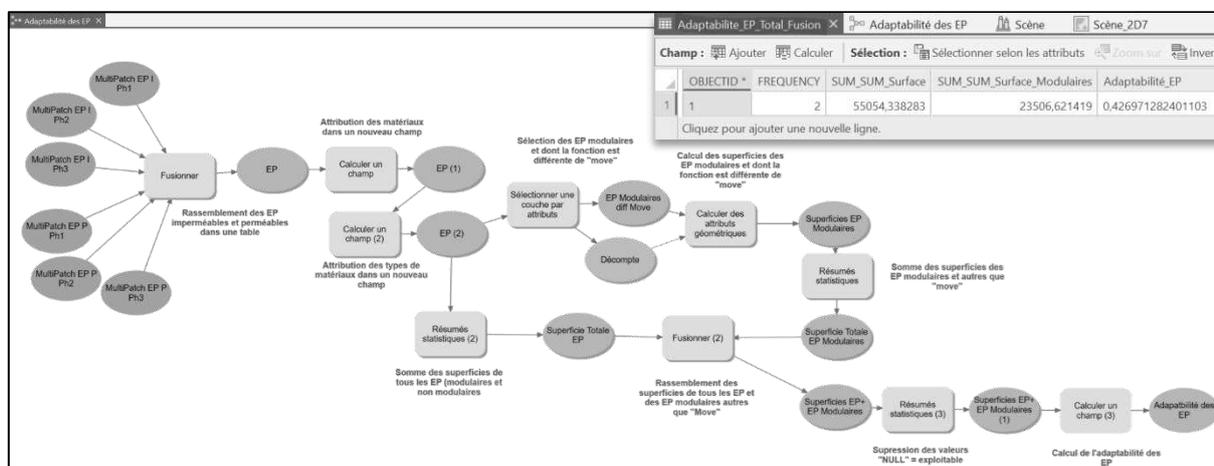


Figure 109 : Processus automatisé et résultat du calcul de la « Adaptabilité des espaces publics »

8.1.1.1.H Possibilités temporelles

- Plages d'activité :

La quantification de ce paramètre implique la définition de plages d'occupation des entités en question. Nous avons, dans le chapitre précédent, établi les diverses plages d'activité en fonction des affectations des espaces (7.1.2.2.E).

Pour entamer l'établissement de ce processus, nous avons inséré un premier outil « Iterative Multivalued ». Celui-ci permet d'itérer sur chaque table attributaire des Multipatches des pièces sur lesquels nous nous sommes appuyés pour ce paramètre et d'y appliquer le processus complet. Ce processus débute par la création d'un nouveau champ, à savoir celle de la présence de logements dans chaque bâtiment. Nous avons également ajouté deux autres champs qui concernent le début et la fin d'occupation des différentes pièces en fonction de leur fonction. Il a ensuite été nécessaire d'ajouter les champs et de réaliser des résumés statistiques de Minimum des débuts d'occupation, de Maximum des fins d'occupation et de Moyenne de la présence de logement avec l'outil « Summary Statistics ».

Nous avons ensuite extrait les valeurs minimales, maximales d'occupation et la moyenne de logement de chaque bâtiment afin de les injecter dans les calculs suivant des minimums de début d'occupation et de maximum de fin d'occupation. Ceci permet d'obtenir les heures finales de début et fin d'activité des bâtiments. Nous calculons ensuite le nombre d'heures d'occupation des bâtiments avec l'outil « Calculate Field » selon un bloc spécifique codé en Python, automatisant notre requête. Par la suite, nous avons ajouté, au fur et à mesure des itérations, les données attributaires des MultiPatches initiaux dans une nouvelle table créée au préalable, avec l'outil « Append ». Table à laquelle nous avons fait subir, toujours au fil des itérations, un calcul de fréquence de bâtiments différents présents dans cette table ainsi que l'affichage de leurs heures d'occupation avec l'outil « Frequency ». Enfin, nous avons réalisé une moyenne de **'occupation des bâtiments sur le quartier** avec l'outil « Summary Statistics » de Moyenne.

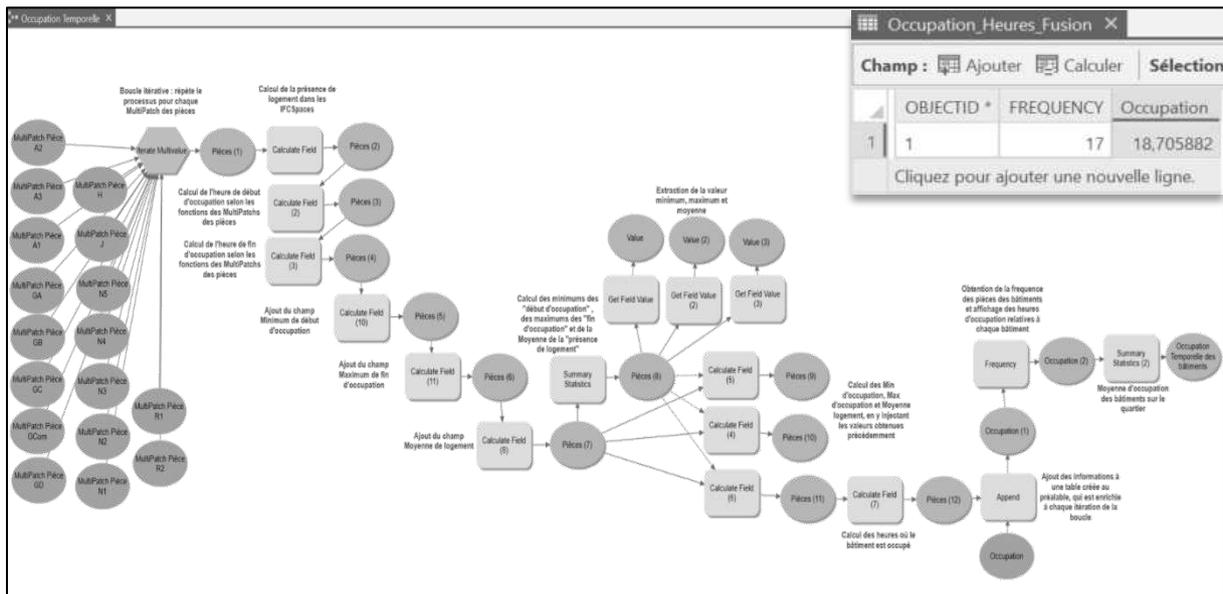


Figure 110 : Processus automatisé et résultat du calcul de la « Plage d'activité »

8.1.1.1.1 Densités statiques et dynamiques

- **Population résidente**

Étant donné que le quartier est en phase de conception et n'accueillait encore aucun des résidents au moment de notre recherche, nous nous sommes basés sur le nombre projeté de résidents par les promoteurs et concepteurs du projet La Vallée, de sorte à scénariser ce paramètre.

Nous avons créé nous même un simple tableau Excel reprenant la densité de population totale sur le quartier, que nous avons importé dans l'environnement SIG. En parallèle, nous avons repris la superficie totale du quartier que nous avons au préalable calculé. Nous avons rassemblé ces deux couches avec l'outil « Merge » et avons directement réalisé un Résumé statistique, de sorte à calculer **la densité de population par hectare** sur le quartier La Vallée. Nous ramenons la densité de population au m² pour le calcul du Potentiel d'usages dans la seconde partie du Chapitre 8.

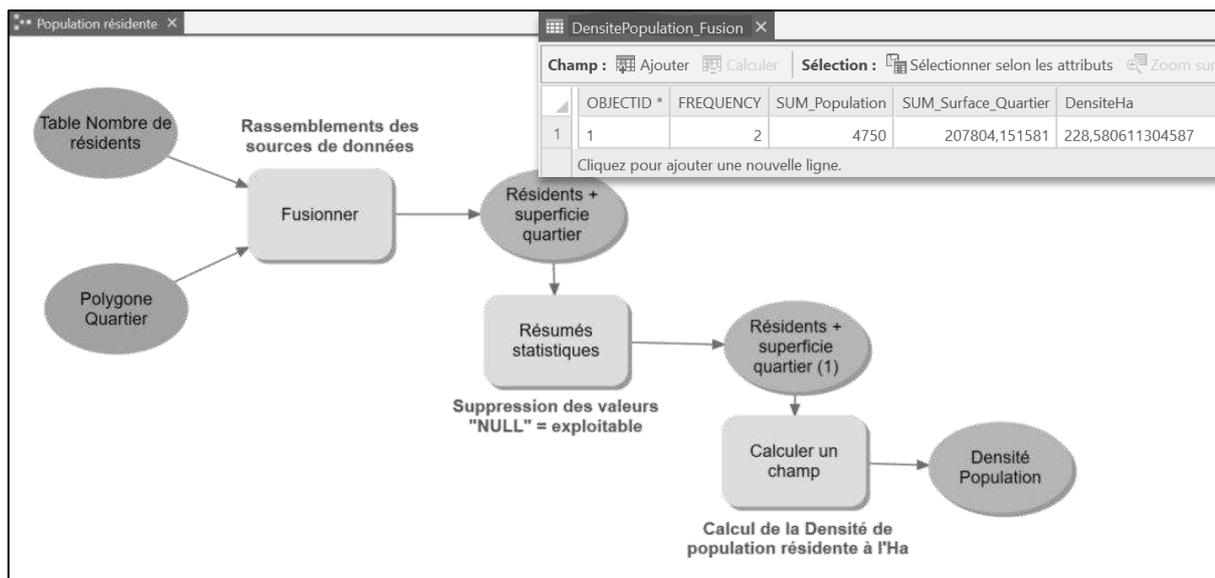


Figure 111 : Processus automatisé et résultat du calcul de la « Densité résidente »

- **Activités humaines**

En ce qui concerne le paramètre d'Activités humaines, le processus est identique à celui de la densité de population totale du quartier, à l'exception du rajout du nombre d'emplois accumulés sur le quartier à la première étape. Nous avons donc rassemblé la densité de population résidente totale du quartier, la superficie totale du quartier et enfin, le nombre d'emplois dénombrés sur le quartier. La suite du processus a donc permis de calculer la **densité d'activités humaines nette par hectare** sur le quartier. Nous ramenons la densité humaine nette au m² pour le calcul du Potentiel d'usages dans le Chapitre 8.

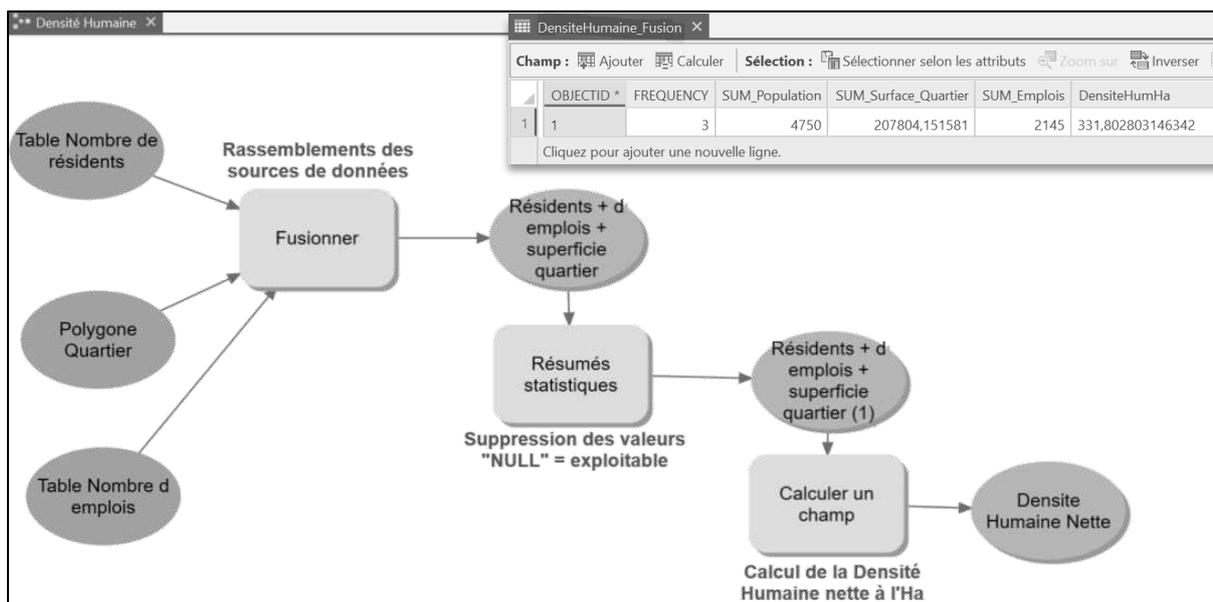


Figure 112 : Processus automatisé et résultat du calcul des « Activités humaines »

8.1.1.1.J Profil de population

- **Niveau de vie de la population résidente**

Etant donné que nous n'avions aucune donnée réelle concernant le niveau de vie de la population, ces données ont été simulées sur base de statistiques réalisées sur la commune de Châtenay-Malabry par l'Insee (2022). Nous n'avons donc pas réalisé de processus d'automatisation puisqu'il s'agit déjà de données statistiques moyennes. Nous quantifions donc le paramètre avec la médiane du revenu par unité de consommation sur la commune de Châtenay-Malabry. Malheureusement, nous n'avons pas retrouvé de statistiques à l'échelle des quartiers de la Commune de Châtenay-Malabry, chose qui permettrait de montrer davantage de précisions. Cependant, nous pensons qu'à terme, ce type de données statistiques par quartier sera réalisé. En effet, c'est déjà le cas pour certaine commune, comme pour Bruxelles qui réalise, sur base de données statistiques, un « Monitoring de quartier », téléchargeable dans de multiples formats. Les tranches de revenus pourraient être catégorisées (1,2,3,4,...) sur base de leur écart avec le salaire minimal.

Revenus et pauvreté des ménages en 2019
Commune de Châtenay-Malabry (92019)

REV T1 - Ménages fiscaux de l'année 2019

	2019
Nombre de ménages fiscaux	13 959
Nombre de personnes dans les ménages fiscaux	32 388
Médiane du revenu disponible par unité de consommation (en euros)	25 690
Part des ménages fiscaux imposés (en %)	73

Champ : ménages fiscaux - hors communautés et sans abris.
Source : Insee-DGFiP-Cnaf-Cnav-Cmsa, Fichier localisé social et fiscal (FILOSoFi) en géographie au 01/01/2022.

Figure 113 : Données relatives aux ménages fiscaux de Châtenay-Malabry et leurs revenus, Insee (2022)

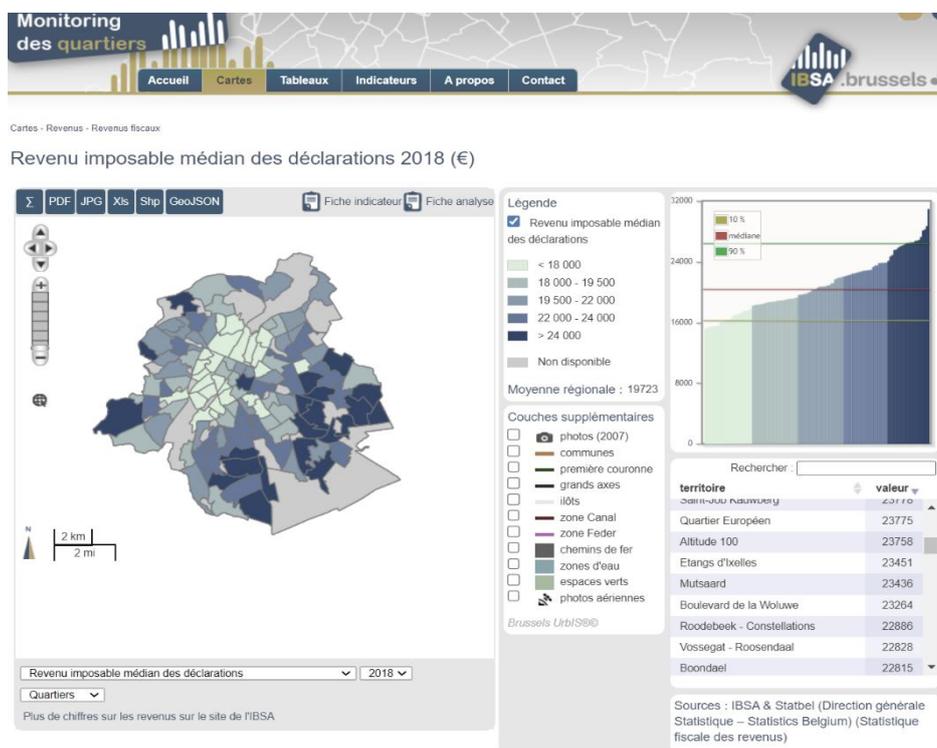


Figure 114 : Monitoring des quartiers, Institut Bruxellois de Statistique et d'Analyse (2022)

- **Répartition des âges**

En ce qui concerne la répartition des âges, le problème a été semblable aux divers critères de la thématique sociétale. En effet, n'ayant pas encore actuellement de données sur le quartier, nous avons utilisé comme base de travail des données statistiques de l'Insee (2022) pour réaliser le processus automatisé.

Pour quantifier la répartition des âges, nous avons importé dans l'environnement SIG une table Excel reprenant les statistiques de répartition des âges sur la commune de Châtenay-Malabry. Nous avons quantifié ensuite le nombre total d'individus en sommant les valeurs des diverses catégories d'âge. Dans notre cas, nous nous sommes basés sur des statistiques ramenées en pourcentage, c'est pourquoi le total de la population considérée est de 100. Enfin, nous avons calculé la **diversité dans la répartition des âges** avec l'outil et la formule adaptés.

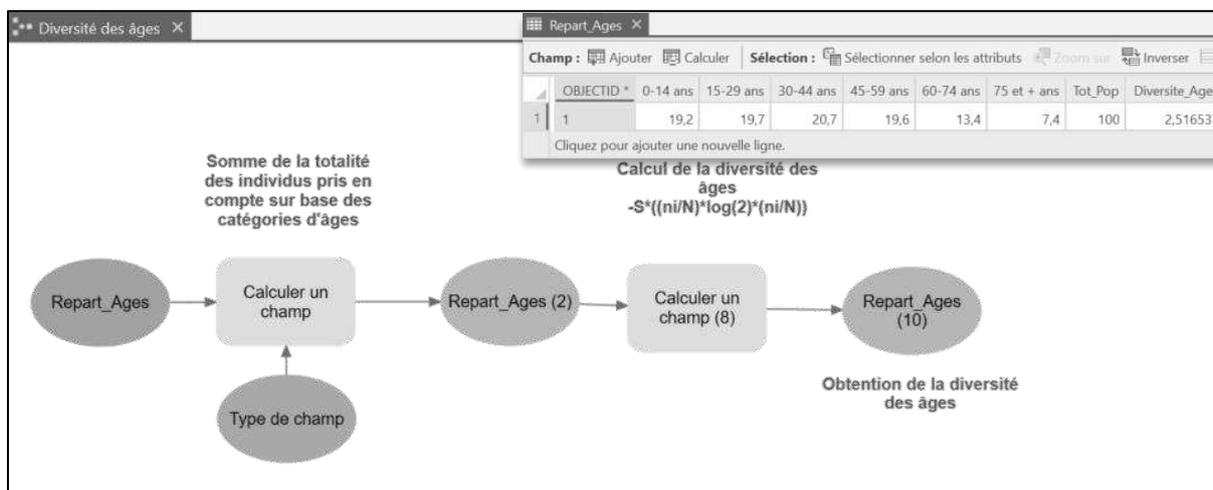


Figure 115 : Processus automatisé et résultat du calcul des « Répartition des âges »

8.2 EVALUATION DU POTENTIEL D'USAGES

« *Savoir mesurer les choses, c'est savoir les comprendre* »

H. Wölfflin (1920, p. 304)

8.2.1 PONDÉRER LES PARAMÈTRES DU POTENTIEL D'USAGES

Les processus méthodologiques de calcul des paramètres ayant été exposés, il est également important d'aborder plus précisément quel poids, dans la variable la plus importante de l'indice d'intensité des usages qu'est le Potentiel des usages, repose sur chacun des facteurs d'influences, thèmes, critères et paramètres. En effet, ce point concerne spécifiquement la démarche méthodologique d'évaluation du Potentiel d'usage du quartier La Vallée, notre cas d'étude, comme preuve de faisabilité de notre méthode pour d'autres expériences futures.

8.2.1.1 Le ressenti des usagers comme base pour la pondération

Étant donné que l'indice que nous mettons en place se veut orienté sur l'utilisateur, nous avons pris le parti de baser les différents paramètres sur le ressenti de la population. Pour refléter du mieux possible l'influence exercée par chaque paramètre sur les individus occupant des espaces publics variés, une enquête par questionnaire a donc été réalisée (cf.4.1.2.5.C) et peut-être intégralement retrouvée dans sa version finale dans l'Annexe 9. Cette enquête traduit, sous forme de questions précises, l'importance accordée à chacun des paramètres établis du Potentiel d'usages (Tableau 12) ainsi qu'une estimation personnelle du Potentiel d'usages de notre cas d'étude, le quartier La Vallée.

Le questionnaire a d'abord été testé sur un panel limité de personnes afin de l'affiner et d'observer s'il suscitait d'éventuelles incompréhensions. Après quelques réajustements, il a été diffusé selon deux méthodes, c'est-à-dire « virtuellement », sur diverses plateformes telles que les réseaux universitaires et sociaux, mais aussi « réellement » lors de sorties personnelles dans divers espaces publics. Nous avons au total rassemblé 101 réponses différentes, nous informant sur les différents ressentis de chaque répondant vis-à-vis des paramètres du Potentiel d'usages et de l'estimation de celui-ci sur le quartier test de cette recherche.

Pour rappel, ce questionnaire a permis de refléter uniquement l'influence ressentie par les individus des paramètres du Potentiel d'usages ainsi que la valeur estimée du Potentiel d'usages. Cependant, nous ne pouvons pas faire l'hypothèse que les relations entre ces paramètres, critères, thèmes et facteurs d'influence sont linéaires. Nous nous sommes donc intéressés aux divers moyens permettant de déterminer de façon plus précise et fiable les pondérations intermédiaires – à savoir celles des critères,

thèmes et facteurs d'influences – de la variable de Potentiel d'usages, sur base des données renseignées et rassemblées lors de la réalisation de ces enquêtes par questionnaire.

L'intensité, comme nous l'avons définie, est une fonction qui associe à chaque ensemble d'entrées (les paramètres) une valeur de potentiel d'usages et des variables intermédiaires (critères, thèmes, facteurs d'influences). Cette fonction est inconnue, mais grâce aux questionnaires nous avons accès à des estimations des entrées associées au Potentiel d'usages correspondant. Notre objectif est donc d'être capables d'obtenir une estimation de la fonction la plus fiable possible. Pour ce faire, plusieurs outils mathématiques existent tels que les Splines, les fonctions radiales, les ondelettes ou encore les réseaux de neurones (Dreyfus, 1998).

Les estimateurs que nous venons de citer possèdent la propriété dite « d'approximateurs universels parcimonieux ». Parmi ceux-ci, les réseaux de neurones présentent l'avantage de pouvoir interpoler n'importe quelle fonction et de ne nécessiter que la valeur de points de la fonction et non celles des dérivées de la fonction en ces points (comme les Splines, qui peuvent nécessiter jusqu'à deux dérivées). Cette propriété a été démontrée et s'exprime formellement comme « *toute fonction bornée suffisamment régulière peut être approchée avec une précision arbitraire, dans un domaine fini de l'espace de ses variables, par un réseau de neurones comportant une couche de neurones cachés en nombre fini, possédant tous la même fonction d'activation, et un neurone de sortie linéaire* » (Hornik et al., 1989).

Aussi, les réseaux de neurones sont les seuls estimateurs permettant une modélisation sous forme d'arbres de valeurs intermédiaires, s'apparentant par nature à notre proposition de structure de Potentiel d'usages. Cette propriété nous permettrait également de saisir en une seule modélisation les dépendances entre les paramètres et le Potentiel d'usages ainsi qu'avec les critères, les thèmes et les facteurs d'influence. C'est pourquoi notre choix s'est tourné vers l'utilisation de réseaux de neurones, qui semblent particulièrement appropriés à nos ambitions et que nous détaillons dans la suite de ce manuscrit.

8.2.1.2 Le choix des réseaux de neurones artificiels

Les algorithmes de Machine Learning sont adoptés comme des outils de résolution de problème dans de nombreux domaines différents (Al-Garadi et al., 2020). En effet, ces algorithmes ont une capacité à approcher des mécanismes complexes grâce à la progression de l'apprentissage notamment par l'utilisation de données d'entraînement (Jordan & Mitchell, 2015). Il est important de mentionner que leur utilisation n'est pas rare dans de nombreux secteurs du domaine de l'urbanisme, notamment pour définir les formes urbaines (Koumetio Tekouabou et al., 2021), mais aussi pour des indices de qualité de l'air (Jiang et al., 2004), pour des indices de zones susceptibles aux éboulements (Arora et al., 2004; Gómez & Kavzoglu, 2005; Yesilnacar & Topal, 2005) ou encore pour la pondération d'un indice de qualité de vie (Y. Liu et al., 2008).

Comme nous l'avons dit précédemment, la structure du Potentiel d'usages que nous avons établi – c'est-à-dire sa déclinaison en facteurs d'influences, thèmes, critères et paramètres – peut être assimilée à une architecture en arbre à cinq « couches » ou correspondant à des niveaux de déclinaisons variés (Figure 116).

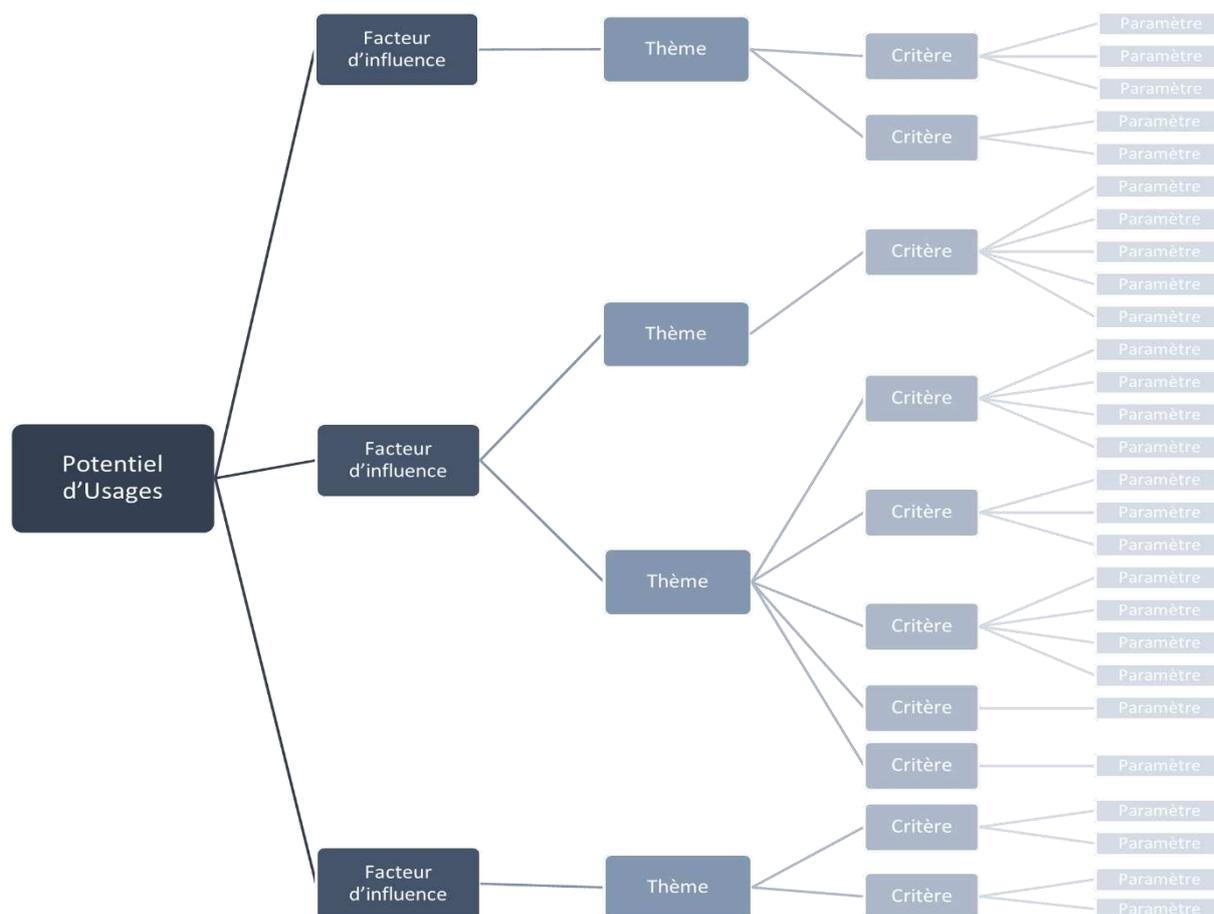


Figure 116 : Architecture à cinq niveaux de la variable du Potentiel d'usages

Cette architecture type exprime, de façon limpide, le besoin que nous ayons d'aller d'un ensemble d'entrées mesurées (les paramètres) à une sortie (la valeur de Potentiel d'usages) en passant par des valeurs intermédiaires (critères, thèmes facteurs d'influences). Les enquêtes par questionnaires, dont nous avons discuté précédemment, et qui ont été employées de sorte à refléter le ressenti des individus, nous ont été particulièrement utiles. En effet, elles nous fournissent les données d'entrées correspondant à la pondération des paramètres pour chaque répondant ainsi que la donnée de sortie qui correspond à une estimation du Potentiel d'usages du quartier La Vallée. Cependant, les différentes valeurs de pondération des divers niveaux – à savoir les critères, thèmes et facteurs d'influences – ne peuvent pas être obtenues sur simple base d'un questionnaire et nous ne souhaitons pas faire l'hypothèse simplificatrice qu'une relation linéaire soit appliquée entre ces niveaux. Le recours aux réseaux de neurones rend alors possible d'obtenir, de façon reproductible, des estimations des pondérations des niveaux intermédiaires basées sur des données d'entrée et de sorties. Ces estimations maximisent la cohérence des pondérations des différentes couches constituant le Potentiel d'usages.

Avant de parler plus concrètement de la méthode de mise en place du réseau de neurones (8.2.1.3) pour la pondération du Potentiel d'usages, nous reprenons des éléments théoriques fondamentaux, nécessaires à la bonne compréhension de cet outil.

8.2.1.2.A Du neurone formel au réseau de neurones

Un neurone artificiel est une fonction mathématique dont les entrées sont des informations sous forme de vecteurs de nombres et dont la valeur de sortie communiquée est un scalaire, qui dépend de ses entrées ainsi que de sa fonction d'activation. Cette notion, provenant directement du domaine biologique, a été formulée par F. Rozemblatt, marquant les premiers succès de la recherche de l'époque à ce sujet (Touzet, 1992).

Un **neurone formel** modélise une fonction algébrique non linéaire et bornée au moyen de paramètres. En pratique cette modélisation se fait en deux fonctions :

- La fonction de pré-activation (Σ) : il s'agit d'une fonction linéaire dont la sortie est la somme des entrées pondérées par les poids (w_i) du neurone à laquelle est ajoutée la valeur du biais (b). Les w_i et b étant les paramètres du neurone.
- La fonction d'activation (f) : Il s'agit d'une fonction mathématique exécutée à la sortie de la fonction de pré-activation qui établit la valeur qui sera transmise en sortie. Cette fonction est choisie arbitrairement lors de la création d'un réseau de neurones, généralement dans le but d'amener une non-linéarité.

La Figure 117 exprime de façon schématique un neurone formel.

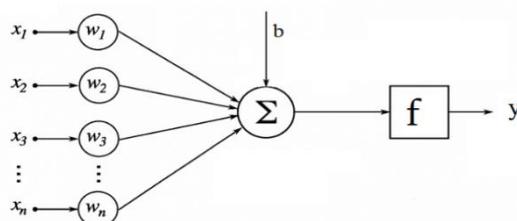


Figure 117 : Représentation d'un neurone formel d'après Laqrichi (2015)

L'assemblage de neurones formels, qui sont reliés à un vecteur d'entrée identique et qui produisent en guise de sortie une composition des entrées pondérées et biaisées, est caractérisé comme une **couche de neurones**.

Un **réseau de neurones** est quant à lui un ensemble de neurones formels qui sont reliés les uns aux autres. Il existe diverses architectures pour les réseaux de neurones. Cependant, l'architecture qui est majoritairement retrouvée pour caractériser les réseaux de neurones est celle appelée « Feedforward Network Architecture ». Elle se compose de diverses couches qui se succèdent, dont les entrées

constituent les sorties de la couche qui la précède, dont les sorties alimentent la couche suivante. Les réseaux de neurones dits « profonds », associés au Deep-Learning, sont constitués à minima de trois couches différentes.

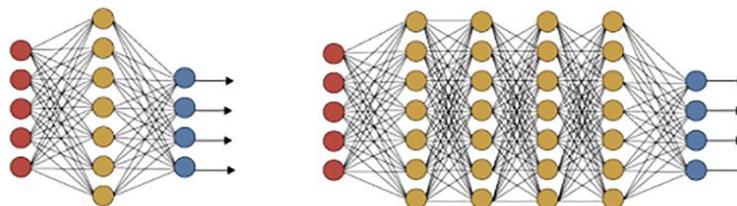


Figure 118 : Représentations d'un réseau de neurones simple (gauche) et profond (droite)

8.2.1.2.B L'entraînement du réseau de neurones

Les réseaux de neurones ont la propriété « *d'approximateurs universels parcimonieux* » (Universalis, 2022). Ils sont, comme nous l'avons mentionné précédemment, utilisés dans la pratique pour approximer des fonctions mathématiques inconnues. En effet, c'est sur la base de diverses « mesures » d'un événement observé, attaché à des variables d'un problème, que le réseau de neurones va interpoler par morceaux une fonction objectif – c'est-à-dire une fonction que l'on cherche à estimer avec le réseau de neurones – fondée sur les données d'entraînement.

Ces approximations sont réalisées grâce au processus d'entraînement, qui va modifier de façon itérative les valeurs de poids et de biais des neurones, afin de minimiser la fonction objectif. L'algorithme d'entraînement des réseaux de neurones repose sur deux phases répétées successivement qui sont la « Forward Propagation » et la « Back Propagation ».

Le premier processus signifie « propagation vers l'avant » et caractérise à la fois le calcul et le stockage des variables intermédiaires – c'est-à-dire les valeurs des fonctions d'activation des neurones situés dans les couches cachées d'un réseau neuronal – et des variables de sortie dans l'ordre de la couche d'entrée vers la couche de sortie. Ainsi, chaque couche cachée accepte les données d'entrée, les traite selon la fonction d'activation et transmet sa valeur de sortie à la couche suivante, jusqu'à atteindre la couche de sortie qui fournit une valeur prédite.

La Back propagation est le processus qui agit dans l'ordre inverse des couches. En effet, une fois l'estimation de la Forward propagation connue, elle permet d'adapter les poids des connexions, de sorte à minimiser l'erreur entre les valeurs prédites et les valeurs réelles, depuis les couches de sortie vers les couches d'entrée. Le réseau de neurones répète donc itérativement la Forward et la Backward propagation afin d'ajuster les différents poids jusqu'à l'obtention d'une erreur minimale, pour que ce réseau de neurones soit apte à réaliser des estimations sur de nouvelles données.

8.2.1.3 Méthode théorique de pondération par le réseau neuronal

Nous avons précédemment abordé les aspects théoriques des réseaux de neurones de sorte à fournir les éléments clés pour une bonne compréhension globale. Dès lors, nous nous concentrons, dans ce point, sur le développement du réseau de neurones que nous avons réalisé pour parvenir à une pondération de chaque paramètre, basée sur les valeurs recueillies lors des enquêtes par questionnaire.

8.2.1.3.A Développement du réseau de neurones pour la méthode de pondération

Comme nous l'avons mentionné plus tôt, la production d'un réseau de neurones a été choisie pour attribuer des pondérations aux différents éléments constituant le Potentiel d'usages. Nous souhaitons tout de même appuyer, en guise de préambule à nos explications, le fait que notre objectif est de proposer une méthode de pondération et sa réalisation sous forme d'un code informatique réutilisable. Toutefois, étant donné que notre travail est original, il n'existe, à notre connaissance, aucun jeu de données préexistant. Tout notre travail a donc été basé sur les données récoltées par notre enquête dont nous avons discuté précédemment. Les données étant réelles, leur nombre et leur qualité ne suffisent pas à l'entraînement exhaustif d'un réseau de neurones de l'ampleur envisagée. Des enquêtes comme la nôtre devraient être menées à plus grande échelle et surtout sur un nombre plus important de quartiers différents, de sorte que la composition du quartier qui nous sert d'expérimentation ne limite pas la variété des résultats. Cependant, même si les valeurs finales obtenues ne sont pas interprétables, l'objectif poursuivi est de mettre en avant la méthode développée et de fournir un outil réutilisable et ouvert pour de futures recherches. Le code modélisant le réseau de neurones a été déployé avec l'aide d'un chercheur en intelligence artificielle⁵ et est consultable dans l'Annexe 10.

Pour débiter la mise en place du réseau de neurones pour la pondération des constituants du Potentiel d'usages, nous avons dans un premier temps réalisé une implémentation du modèle avec TensorFlow, qui est une librairie Python ouverte spécialisée dans la création de réseaux de neurones (Abadi et al., 2015).

```
#import
import pandas as pd
from google.colab import drive
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import os
import seaborn as sb
import tensorflow as tf
from tensorflow.python.keras.layers import Input

[ ] from tensorflow import keras
from tensorflow.keras.preprocessing import image
from tensorflow.keras.models import Model, load_model
from tensorflow.keras.models import Sequential, clone_model
from tensorflow.keras import backend as K
from tensorflow.keras.applications.vgg16 import VGG16, preprocess_input #224*224
from tensorflow.keras.applications.mobilenet import MobileNet
from tensorflow.keras.applications.xception import Xception, preprocess_input, decode_predictions #299*299
from tensorflow.keras.preprocessing.image import ImageDataGenerator
from tensorflow.keras.losses import categorical_crossentropy
from tensorflow.keras.layers import Dense, GlobalAveragePooling2D, Activation, Flatten, Conv2D, MaxPooling2D
from tensorflow.keras.callbacks import ModelCheckpoint, EarlyStopping
from tensorflow.keras.optimizers import Adam, SGD
from tensorflow.keras.utils import to_categorical
```

Figure 119 : Import de TensorFlow, illustration personnelle

⁵ Florent Duboquet, Ingénieur Civil spécialisé en Intelligence Artificielle, chercheur à l'Université de Mons

Nous avons ensuite récupéré l'ensemble des différentes données des enquêtes par questionnaires sous forme de tableau. Pour rappel, chaque question du questionnaire se rattachait à un paramètre du Potentiel d'usages. Les données recueillies sous forme de catégories ont été transformées en données numériques de sorte à être compréhensibles pour le réseau de neurones.

ID	Question_1	Question_2	Question_3	Question_4	Question_5	Question_6	Question_7	Question_8	Question_9	Question_10	...	Question_18	Question_19	Question_20	Question_21	Question_22	Question_23	Question_24	Question_25	Question_26	Question_27
1	9	8	9	7	5	8	8	8	7	8	...	5	3	8	5	9	5	8	8	8	8
2	8	9	5	5	10	5	5	9	6	1	...	6	7	2	10	8	9	5	5	6	1
3	4	6	3	6	3	6	2	8	6	3	...	1	4	3	4	9	10	8	8	7	3
4	7	7	7	9	6	8	8	9	8	6	...	4	3	7	6	10	9	6	7	9	6
5	1	8	2	10	5	1	7	5	9	1	...	8	1	7	6	10	10	2	6	1	1
...
97	6	5	8	5	5	8	8	10	7	8	...	5	1	9	6	5	6	7	6	7	1
98	8	8	8	2	9	7	9	10	1	9	...	3	2	1	5	8	8	6	7	10	2
99	3	2	5	6	4	4	4	9	3	7	...	2	1	3	2	6	8	8	7	5	3
100	9	6	7	9	7	8	7	9	6	9	...	6	2	8	8	9	8	8	9	9	5
101	6	5	6	5	6	5	5	10	5	8	...	1	1	5	6	8	8	8	5	7	6

Figure 120 : Import des données des enquêtes par questionnaire, illustration personnelle

Il a par la suite été nécessaire de séparer les réponses récoltées des 27 questions afin qu'elles constituent les données d'entrées (x) des estimations de Potentiel d'usages – correspondant à la 28^{ème} question – afin qu'elles forment les données de sortie (y).

```
train_x = df[df.columns[3:3+27]]
train_y = df.Question_28
```

Figure 121 : Séparation des entrées et sorties relatives aux questions, illustration personnelle

Nous avons ensuite créé la première couche de réseau, correspondant aux 27 paramètres. Nous avons ensuite créé la première couche de réseau. Celle-ci permet de garantir que le neurone modélisant chaque paramètre ne reçoit que l'entrée associée dans le vecteur d'entrée et non les 27 valeurs, car nous voulons que chaque critère dépende uniquement des paramètres auxquels nous le relierons. Pour ce faire, les poids de chaque neurone ont été prédéfinis à zéro pour toutes les positions à l'exception de la position de la valeur du paramètre dans le vecteur d'entrée. De plus, cette première couche va être contrainte à un non-entraînement afin de fixer ses poids pour que cette propriété perdure.

```
#parametres
Superficie_permeable = keras.layers.Dense(1, kernel_initializer=my_init_superficie_permeable,trainable = False, name = 'superficie_permeable')(inputs) #kernel_initializer= weight_dict['surface_impermeable'].reshape(27,1)
Superficie_impermeable = keras.layers.Dense(1, kernel_initializer=my_init_superficie_impermeable,trainable = False, name = 'superficie_impermeable')(inputs)
Superficie_totale = keras.layers.Dense(1, kernel_initializer= my_init_superficie_totale,trainable = False, name = 'superficie_totale')(inputs)
Compacite_spaciale = keras.layers.Dense(1, kernel_initializer= my_init_compacite_spaciale,trainable = False, name = 'compacite_spaciale')(inputs)
Porosite_verticale = keras.layers.Dense(1, kernel_initializer= my_init_porosite_verticale,trainable = False, name = 'Porosite_verticale')(inputs)
Diversite_ages_batiments = keras.layers.Dense(1, kernel_initializer= my_init_Diversite_ages_batiments,trainable = False, name = 'Diversite_ages_batiments')(inputs)
Diversite_materiaux = keras.layers.Dense(1, kernel_initializer= my_init_Diversite_materiaux,trainable = False, name = 'Diversite_materiaux')(inputs)
Qualite_eclairage_artificiel = keras.layers.Dense(1, kernel_initializer= my_init_Qualite_eclairage_artificiel,trainable = False, name = 'Qualite_eclairage_artificiel')(inputs)
Velum_urbain = keras.layers.Dense(1, kernel_initializer= my_init_Velum_urbain,trainable = False, name = 'Velum_urbain')(inputs)
Porosite_horizontale_EP = keras.layers.Dense(1, kernel_initializer= my_init_Porosite_horizontale_EP,trainable = False, name = 'Porosite_horizontale_EP')(inputs)
Desserte_transport_publicques = keras.layers.Dense(1, kernel_initializer= my_init_Desserte_transport_publicques,trainable = False, name = 'Desserte_transport_publicques')(inputs)
Superficie_mode_transport = keras.layers.Dense(1, kernel_initializer= my_init_Superficie_mode_transport,trainable = False, name = 'Superficie_mode_transport')(inputs)
Offre_stationnement = keras.layers.Dense(1, kernel_initializer= my_init_Offre_stationnement,trainable = False, name = 'Offre_stationnement')(inputs)
Connexion = keras.layers.Dense(1, kernel_initializer= my_init_Connexion,trainable = False, name = 'Connexion')(inputs)
Diversite_urbaine = keras.layers.Dense(1, kernel_initializer= my_init_Diversite_urbaine,trainable = False, name = 'Diversite_urbaine')(inputs)
Repetition_service = keras.layers.Dense(1, kernel_initializer= my_init_Repetition_service,trainable = False, name = 'Repetition_service')(inputs)
Polyvalence = keras.layers.Dense(1, kernel_initializer= my_init_Polyvalence,trainable = False, name = 'Polyvalence')(inputs)
Acces_batiment = keras.layers.Dense(1, kernel_initializer= my_init_Acces_batiment,trainable = False, name = 'Acces_batiment')(inputs)
Hauteur_rdc = keras.layers.Dense(1, kernel_initializer= my_init_Hauteur_rdc,trainable = False, name = 'Hauteur_rdc')(inputs)
Recul_voieries = keras.layers.Dense(1, kernel_initializer= my_init_Recul_voieries,trainable = False, name = 'Recul_voieries')(inputs)
Transparence_rdc = keras.layers.Dense(1, kernel_initializer= my_init_Transparence_rdc,trainable = False, name = 'Transparence_rdc')(inputs)
Evolutive = keras.layers.Dense(1, kernel_initializer= my_init_Evolutive,trainable = False, name = 'Evolutive')(inputs)
Plage_occupation = keras.layers.Dense(1, kernel_initializer= my_init_Plage_occupation,trainable = False, name = 'Plage_occupation')(inputs)
Population_residente = keras.layers.Dense(1, kernel_initializer= my_init_Population_residente,trainable = False, name = 'Population_residente')(inputs)
Activite_humaine = keras.layers.Dense(1, kernel_initializer= my_init_Activite_humaine,trainable = False, name = 'Activite_humaine')(inputs)
Niveau_de_vie = keras.layers.Dense(1, kernel_initializer= my_init_Niveau_de_vie,trainable = False, name = 'Niveau_de_vie')(inputs)
Repartition_ages_population = keras.layers.Dense(1, kernel_initializer= my_init_Repartition_ages_population,trainable = False, name = 'Repartition_ages_population')(inputs)
```

Figure 122 : Fixation des poids 0 et 1 automatique, illustration personnelle

Il a ensuite été question des critères, en groupant les différents paramètres qui constituent des entrées à chacun des critères, selon la structure préétablie du Potentiel d'usages. Pour chaque critère, nous avons donc groupé les paramètres relatifs en les concaténant sous forme d'un vecteur de nombres entiers. Chacun des vecteurs a ainsi pu être relié aux neurones qui modélisent chaque critère.

```
critères
Impermeabilisation_des_sols_params = tf.keras.layers.concatenate([Superficie_permeable, Superficie_impermeable, Superficie_totale], axis=1, name = 'Impermeabilisation_des_sols_params')
Gabarits_des_ilots_params = tf.keras.layers.concatenate([Compacite_spaciale, Porosite_verticale], axis=1, name = 'Gabarits_des_ilots_params')
Ambiance_urbaine_params = tf.keras.layers.concatenate([Diversite_ages_batiments, Diversite_materiaux, Qualite_eclairage_artificiel, Velum_urbain, Porosite_horizontale_EP], axis=1, name = 'Ambiance_urbaine_params')
Mobilite_params = tf.keras.layers.concatenate([Desserte_transport_publiciques, Superficie_mode_transport, Offre_stationnement, Connexion], axis=1, name = 'Mobilite_params')
Diversite_fonctionnelle_params = tf.keras.layers.concatenate([Diversite_urbaine, Repetition_service, Polyvalence], axis=1, name = 'Diversite_fonctionnelle_params')
Visibilite_interactivite_params = tf.keras.layers.concatenate([Acces_batiment, Hauteur_rdc, Recul_voies, Transparence_rdc], axis=1, name = 'Visibilite_interactivite_params')
# Adaptabilite_params = tf.keras.layers.concatenate([Evolutive], axis=1, name = 'adaptabilite_params')
# Possibilites_temporelles_params = tf.keras.layers.concatenate([Evolutive], axis=1, name = 'possibilites_temporelles_params')
Densites_statiques_et_dynamique_params = tf.keras.layers.concatenate([Population_residente, Activite_humaine], axis=1, name = 'densites_statiques_et_dynamique_params')
Profil_population_params = tf.keras.layers.concatenate([Niveau_de_vie, Repartition_ages_population], axis=1, name = 'Profil_population_params')

Impermeabilisation_des_sols = keras.layers.Dense(1, trainable = True, name = 'Impermeabilisation_des_sols')(Impermeabilisation_des_sols_params)
Gabarits_des_ilots = keras.layers.Dense(1, trainable = True, name = 'Gabarits_des_ilots')(Gabarits_des_ilots_params)
Ambiance_urbaine = keras.layers.Dense(1, trainable = True, name = 'Ambiance_urbaine')(Ambiance_urbaine_params)
Mobilite = keras.layers.Dense(1, trainable = True, name = 'Mobilite')(Mobilite_params)
Diversite_fonctionnelle = keras.layers.Dense(1, trainable = True, name = 'Diversite_fonctionnelle')(Diversite_fonctionnelle_params)
Visibilite_interactivite = keras.layers.Dense(1, trainable = True, name = 'Visibilite_interactivite')(Visibilite_interactivite_params)
Adaptabilite = keras.layers.Dense(1, trainable = True, name = 'Adaptabilite')(Evolutive)
Possibilites_temporelles = keras.layers.Dense(1, trainable = True, name = 'Possibilites_temporelles')(Evolutive)
Densites_statiques_et_dynamique = keras.layers.Dense(1, trainable = True, name = 'Densites_statiques_et_dynamique')(Densites_statiques_et_dynamique_params)
Profil_population = keras.layers.Dense(1, trainable = True, name = 'Profil_population')(Profil_population_params)
```

Figure 123 : Définition des couches définissant les critères, illustration personnelle

Le même processus a dès lors été réalisé pour les thèmes et facteurs d'influence, de sorte à aboutir au Potentiel d'usages.

```
thèmes
Typo_morphologie_params = tf.keras.layers.concatenate([Impermeabilisation_des_sols, Gabarits_des_ilots, Ambiance_urbaine], axis=1, name = 'Typo_morphologie_params')
# Accessibilite_des_espaces_publiciques_params = tf.keras.layers.concatenate([Mobilite], axis=1, name = 'Accessibilite_des_espaces_publiciques_params')
Attractivite_params = tf.keras.layers.concatenate([Diversite_fonctionnelle, Visibilite_interactivite, Adaptabilite, Possibilites_temporelles], axis=1, name = 'Attractivite_params')
Societal_params = tf.keras.layers.concatenate([Densites_statiques_et_dynamique, Profil_population], axis=1, name = 'Societal_params')

Typo_morphologie = keras.layers.Dense(1, trainable = True, name = 'Typo_morphologie')(Typo_morphologie_params)
Accessibilite_des_espaces_publiciques = keras.layers.Dense(1, trainable = True, name = 'Accessibilite_des_espaces_publiciques')(Mobilite)
Attractivite = keras.layers.Dense(1, trainable = True, name = 'Attractivite')(Attractivite_params)
Societal = keras.layers.Dense(1, trainable = True, name = 'Societal')(Societal_params)

#facteurs d'influences
# Environnement_spatial_params = tf.keras.layers.concatenate([Typo_morphologie], axis=1, name = 'Environnement_spatial_params')
Interet_territoire_params = tf.keras.layers.concatenate([Accessibilite_des_espaces_publiciques, Attractivite], axis=1, name = 'Interet_territoire_params')
# Demographie_params = tf.keras.layers.concatenate([Societal], axis=1, name = 'Demographie_params')

Environnement_spatial = keras.layers.Dense(1, trainable = True, name = 'Environnement_spatial')(Typo_morphologie)
Interet_territoire = keras.layers.Dense(1, trainable = True, name = 'Interet_territoire')(Interet_territoire_params)
Demographie = keras.layers.Dense(1, trainable = True, name = 'Demographie')(Societal)

#potentiel d'usage
# Potentiel_params = tf.keras.layers.concatenate([Environnement_spatial, Interet_territoire, Demographie], axis=1, name = 'Potentiel_params')

# Potentiel_params = tf.keras.layers.concatenate([Superficie_permeable, Superficie_impermeable, Superficie_totale, Compacite_spaciale, Porosite_verticale, Diversite_ages_batiments, Diversite_materiaux,
# Qualite_eclairage_artificiel, Velum_urbain, Porosite_horizontale_EP, Desserte_transport_publiciques, Superficie_mode_transport, Offre_stationnement,
# Connexion, Diversite_urbaine, Repetition_service, Polyvalence, Acces_batiment, Hauteur_rdc, Recul_voies, Transparence_rdc, Evolutive, Plage_occupation,
# Population_residente, Activite_humaine, Niveau_de_vie, Repartition_ages_population], axis=1)

# Potentiel_params = tf.keras.layers.concatenate([Impermeabilisation_des_sols, Gabarits_des_ilots, Ambiance_urbaine, Mobilite,
# Diversite_fonctionnelle, Visibilite_interactivite, Adaptabilite, Possibilites_temporelles, Densites_statiques_et_dynamique, Profil_population], axis=1)
# Potentiel_params = tf.keras.layers.concatenate([Typo_morphologie, Accessibilite_des_espaces_publiciques, Attractivite, Societal], axis=1)

Potentiel_params = tf.keras.layers.concatenate([ Environnement_spatial, Interet_territoire, Demographie], axis=1)

Potentiel = keras.layers.Dense(1, activation = 'relu', trainable = True, name = 'Potentiel')(Potentiel_params)
```

Figure 124 : Définition des couches définissant les thèmes et facteurs d'influence, illustration personnelle

Enfin, la dernière étape a consisté en l'entraînement du modèle. Pour ce faire, nous avons choisi une fonction d'erreur, qui dans ce cas est le Moindre Carré Moyen (Mean Square Error).

Pour pallier la faible quantité de données dont nous disposons, nous avons généré des données synthétiques avec SDV.copulas (Patki et al., 2016), un package python dédié à cette fonction. Ce package comprend un modèle statistique capable d'apprendre la forme des distributions des données et les liens entre ces distributions. Ensuite, il crée des échantillons probabilistiquement vraisemblables au vu de ce qu'il a appris dans les données. Nous avons ainsi pu générer un nombre aléatoirement grand

de données. Il est important de préciser que les données générées reflètent malgré leur démultiplication les biais contenus dans les données sources trop peu nombreuses.

```

from sdv.tabular import GaussianCopula

generator_model = GaussianCopula()

data = df[df.columns[3:3+28]]

scaler = StandardScaler()
print(scaler)
scaler.fit(data)
print(scaler)
data = pd.DataFrame( scaler.transform(data))
data.columns = ['Question_'+str(i+1) for i in range(28)]
generator_model.fit(data)

sample_size = 13000

sample = generator_model.sample(sample_size)

synthetique_train_x = sample[sample.columns[:27]]
synthetique_train_y = sample.Question_28
    
```

Figure 125 : Génération de données synthétiques avec SDV Copula, illustration personnelle

	Question_1	Question_2	Question_3	Question_4	Question_5	Question_6	Question_7	Question_8	Question_9	Question_10	...	Question_19	Question_20	Question_21	Question_22	Question_23	Question_24	Question_25	Question_26	Question_27	Question_28
0	0.084381	1.128332	0.237572	0.737890	-0.072839	0.263900	-1.152163	0.003158	0.434761	0.487651	...	0.858102	-1.383556	1.056204	1.142191	-0.106476	0.596904	-1.739668	0.042812	-0.939552	1.242536
1	-1.015969	-0.347253	0.651070	-0.014085	1.198364	-0.031162	-0.849933	-0.049000	1.041967	0.323955	...	-0.332871	-1.632176	-0.160803	0.879352	0.738740	1.152359	1.126195	-1.447873	1.781778	-0.015055
2	0.168998	-1.406208	-0.349343	0.806718	-1.879684	-1.828219	0.833023	-1.296173	-1.002022	1.155792	...	1.193604	-1.417653	-0.817274	-0.710541	-1.555543	-0.829617	-2.123469	0.117297	0.199013	0.063497
3	0.949194	1.060068	0.341931	1.370526	0.818285	1.579768	1.466895	0.952490	-0.528245	-0.448879	...	0.643795	1.036090	0.624194	0.912094	0.088948	0.478560	1.451424	0.870233	-0.410495	1.367140
4	0.844724	0.581184	0.085339	0.551151	1.218299	0.698628	1.184692	0.071626	0.363906	-0.028539	...	1.549152	-0.586642	0.175285	-1.111010	-0.152780	-0.403017	-0.381630	0.824121	0.953835	-2.324104
...
12995	1.190833	1.081563	1.061388	1.081345	1.474870	1.529906	1.483514	0.849807	1.410762	1.409905	...	0.157763	0.488687	0.194733	1.182849	0.916233	1.161394	0.664478	1.049327	-0.801123	-0.565515
12996	-0.389692	0.452558	0.066578	1.630211	-0.012574	-0.474043	0.042283	-0.363757	1.179784	0.697515	...	0.653825	1.024876	0.241840	0.476180	-0.191679	-1.170262	-0.953774	0.152350	-0.196300	-0.654315
12997	0.813654	-0.775253	-0.968780	1.082817	-0.693209	-0.059611	0.160107	0.919991	0.248956	0.682373	...	-0.131537	1.484056	0.555604	1.148029	0.485841	-0.678642	1.067526	-1.855509	-0.816411	0.588771
12998	0.146469	-0.233226	-0.348178	-1.091029	0.294540	1.519833	-0.564562	-0.376521	0.308070	-1.007319	...	0.693059	0.201153	0.116007	-0.553409	-0.913000	0.385887	-1.047550	-0.269126	-0.683694	0.184388
12999	-1.692766	-1.809483	0.461153	0.377166	-2.170888	1.232978	-1.392104	-0.104331	-0.207529	-2.060794	...	0.680735	1.468684	-1.173631	1.046829	0.844904	-0.177741	-0.778432	-2.040457	-0.403915	-0.169041

Figure 126 : Tableau présentant des données générées sur base des 101 réponses aux enquêtes, illustration personnelle

Nous avons divisé le jeu de donnée en un jeu d'entraînement et un jeu de test. Nous avons appliqué le processus d'entraînement expliqué au préalable sur le jeu d'entraînement, répété par le nombre de fois souhaité, de sorte à obtenir la plus petite erreur possible. Nous avons ainsi obtenu les différentes pondérations – des paramètres, critères, thèmes et facteurs d'influence – minimisant la distance entre tous les points d'estimation que le réseau fait et les données réelles récoltées par les enquêtes.

```

model = modele_builder(weight_dict)

model.compile(loss = 'mse')

callback = tf.keras.callbacks.EarlyStopping(monitor='val_loss', patience=5)

history = model.fit(synthetique_train_x,synthetique_train_y, epochs =800,validation_split=0.2, batch_size = 100, verbose = 0,callbacks=[callback] )
    
```

Figure 127 : Entraînement du modèle, illustration personnelle

8.2.1.3.B Exemplification de pondérations et du Potentiel d'usages sur le cas d'étude

Après avoir exposé l'ensemble de la méthode pour générer des poids en modélisant un réseau de neurones, nous présentons ici une première tentative des estimations des pondérations de chaque paramètre, thème, critère et facteur d'influence, afin de proposer une estimation de Potentiel d'usages. Pour rappel, ces différents poids sont théoriques mais permettent de souligner le fonctionnement de la méthode et le fait qu'elle est réutilisable en l'état. En effet, pour que les poids soient plausibles, il est nécessaire d'avoir un jeu de données à la base plus fourni que celui sur lequel le réseau de neurones a été entraîné et a généré de nouvelles données.

Nous avons généré 130000 données (Figure 126) que nous avons séparé en jeu de test (20%) et d'entraînement (80%).

Pour obtenir ces estimations de poids amenant à une valeur de Potentiel d'usages, nous avons réalisé un entraînement du réseau sur le jeu de données d'entraînement.

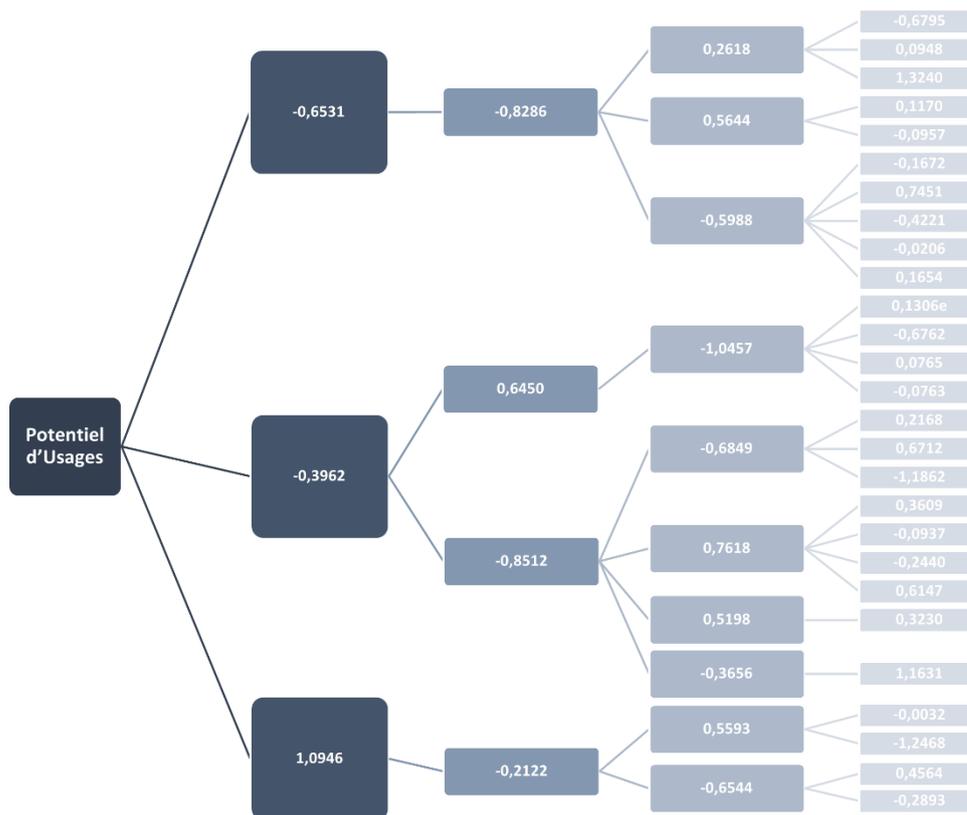


Figure 128 : Poids obtenus pour chaque paramètre, critère, thème et facteur d'influence du Potentiel d'usages, illustration personnelle

Nous avons testé ces valeurs sur le jeu de test, c'est-à-dire le jeu que le réseau n'a pas encore la connaissance. L'erreur moyenne au cours de l'entraînement pour le jeu de test et le jeu d'entraînement peut être visualisée sur la Figure 129. À la fin de l'entraînement, la valeur moyenne de l'erreur au carré est de 2,59 sur le jeu de test. Etant donné que l'erreur a diminué de la même façon sur le jeu de test et le jeu d'entraînement, nous pouvons en déduire que le réseau de neurones a appris les liens entre les paramètres, critères, thèmes et facteurs d'influences et ne s'est pas contenté d'apprendre par cœur les données. Cela montre également qu'il existe un lien logique entre les éléments qui constituent le Potentiel d'usages tels que nous les avons structurés et que le réseau de neurones a pu saisir cette logique. Ceci sous-entend également la pertinence de la méthode pour nos recherches.

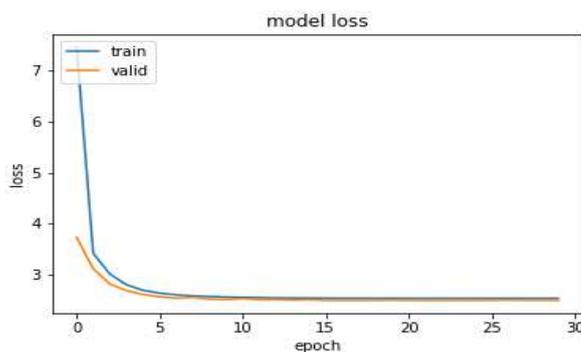


Figure 129 : Courbe d'évolution de l'erreur en fonction du nombre de répétitions d'entraînement souhaité, illustration personnelle

En replaçant, sous forme de vecteur, les résultats des paramètres calculés précédemment sur notre cas d'étude, le CIM La Vallée, nous obtenons une valeur de Potentiel d'usages de 2,1091. A nouveau il est important de discuter des valeurs obtenues. En effet, ces dernières ne sont pas réellement exploitables en l'état et ne constitue qu'une preuve de concept.

```
temp_vec = pd.DataFrame([0.15472,0.33169,1,0.6491666666666666,0.4622,2.47,2.19,1,0.0958,0.2676,0.93,1.66,1.75,10,1.22,22.06,1.7623,1.66,2.6313,1.3221,0.7138,0.4269,18.7068,0.2285806,0.3318028,2,2.5165]).T

new_model.predict(temp_vec)

1/1 [=====] - 0s 33ms/step
array([[2.1091883]], dtype=float32)
```

Figure 130 : Vecteur comprenant les valeurs calculées des paramètres avec le CIM La Vallée, illustration personnelle

En supposant que le jeu de donnée soit fiable, plusieurs analyses pourraient être effectuées afin de mieux comprendre le Potentiel d'usages, comme la comparaison de différentes valeurs absolues pour les poids ou encore la création de scénarii permettant de faire varier les paramètres calculés selon la composition des quartiers étudiés.

A titre d'exemple, nous avons réalisé un scénario avec des valeurs de paramètres différentes, pour illustrer que les valeurs obtenues ne peuvent pas conduire à des conclusions. Ceci a déjà été mentionné à de nombreuses reprises et s'explique par le manque de diversité des données (quartiers, ...). Nous avons décidé de scénariser des valeurs qui « diminueraient » la mise en place d'éléments qualitatifs, ce qui diminuerait également logiquement la qualité de vie proposée par le quartier pour les habitants. En ce sens, nous considérons pour cet exemple que le quartier présente moins d'espaces perméables, une compacité spatiale réduite, une diversité des fonctions urbaines moindre ou encore une diminution de qualité de l'éclairage et des transports pour ne citer que ceux-ci. Dans le cas de ce scénario, nous

constatons que la valeur obtenue pour le Potentiel d'usages augmente (3,9366). La valeur de Potentiel d'usages selon ce scénario évolue en fonction des changements de valeurs des paramètres.

```
temp_vec = pd.DataFrame([0.0765,0.67169,1,0.4391666666666666,0.2222,1.47,1.19,0.5,0.3458,0.6776,0.67,0.76,0.97,5,0.55,10.5,1.0523,0.84,2.52,3.5721,0.4338,0.1269,12.7068,0.1885806,0.2228028,3,1.9965]).T

new_model.predict(temp_vec)

1/1 [=====] - 0s 28ms/step
array([[3.9326656]], dtype=float32)
```

Figure 131 : Vecteur comprenant des valeurs scénarisées pour chaque paramètre, illustration personnelle

Nous pouvons constater que la méthode que nous avons établie est utilisable, reproductible et qu'elle est capable de saisir les liens entre les différents éléments constituant le Potentiel d'usages. La méthode est aussi facilement adaptable à de nouveaux panels de données. Il semble donc, qu'à condition de rassembler suffisamment de données issues de quartiers différents, le réseau de neurones constitue une méthode pertinente pour la pondération des paramètres, critères, thèmes et facteurs d'influences du Potentiel d'usages.

8.3 DÉVELOPPEMENT DES MODÈLES SÉMANTIQUES FUTURS

« Les recommandations qui découlent des conclusions mettent en exergue des points forts à conforter, des lacunes à combler ou des orientations nouvelles à suivre. »

REPS ARA et l'ORS ARA (2019)

8.3.1 ÉTABLISSEMENT DES PRÉCONISATIONS

Notre recherche-action a permis grâce à son déroulé expérimental d'observer et mettre en évidence un panel d'opportunités des modèles sémantiques dans le cadre de la réalisation d'analyses urbaines, mais également de pointer des freins et des manques. La mise en lumière de ces différents points nous permet d'établir des recommandations dans une perspective d'amélioration et d'efficacité des modèles sémantiques urbains pour améliorer leur adéquation aux usages ambitionnés. Nous pouvons affirmer que, étant donné la diversité des analyses que l'on peut souhaiter mener à l'aide d'un CIM, il est essentiel de documenter les divers besoins spécifiques, tant du point de vue de la vision des modèles sémantiques que de la modélisation requise pour les analyses urbaines afin de pouvoir produire des modèles utiles, et dans notre cas des modèles labellisés CIM. Dans ce point, nous souhaitons donc formaliser diverses préconisations utiles à la fois pour les chercheurs et à la fois pour le secteur opérationnel, permettant d'automatiser au maximum la réalisation d'analyses urbaines.

Ce travail a demandé une traduction spécifique des besoins opérationnels à différents niveaux. En effet, nous nous intéressons d'une part aux différents modèles sémantiques et les labels qui coexistent. Et d'autre part, nous considérons plus spécifiquement l'utilisabilité de modèles spécifiques urbains pour diverses analyses urbaines. Dès lors, nous abordons deux types de préconisations, des recommandations générales sur la vision des modèles sémantiques, parfois adressées aux chercheurs et parfois aux acteurs opérationnels, ainsi que des recommandations détaillées relatives à la conception de modèles sémantiques urbains.

8.3.1.1 Préconisations générales relatives aux modèles sémantiques

8.3.1.1.A Transversalité et interdisciplinarité

Le Chapitre 3, étudiant divers modèles sémantiques labellisés différemment, a permis de mettre en évidence que l'utilisation correcte d'étiquette (Digital Twin, CIM, Modèles de ville 3D, Smart Cities, ...) est moins importante pour l'efficacité de la recherche que pour **l'accumulation de connaissances** à partir d'autant d'expériences et de travaux scientifiques que possible. D'une part la littérature met en lumière que des modèles recouvrant des réalités très hétérogènes portent parfois des dénominations semblables et ne peuvent parfois pas être distingués d'autres modèles urbains. D'autre part, les

définitions retrouvées dans la littérature à propos de certains modèles comme le CIM correspondent également à d'autres modèles portant d'autres dénominations, limitant la définition formelle d'un modèle parmi d'autres. Il est également certain que de nouveaux labels et notions continueront d'émerger à l'avenir pour décrire les modèles numériques à l'échelle urbaine utilisés en urbanisme. Il nous semble, pour cette raison, indispensable d'éviter toute sectorisation des modèles numériques sémantiques urbains, induisant des approches « silotées », étudiant de manière strictement individuelle chaque modèle sur base de leur appellation. C'est en effet le cas pour certains modèles étiquetés Digital Twin ou CIM, qui semblent pourtant très proches techniquement. Certains auteurs comme Jones et al. (2020) soulignent également le besoin de **transversalité des divers domaines et de mutualiser les connaissances produites**, bien qu'elles puissent provenir d'horizons très variés. Une proposition pour pallier des problématiques comme celle du traitement en « silos » émise est celle de l'établissement d'une typologie plus axée sur les usages ou les tâches, de sorte à ne plus ignorer les expériences passées (succès ou échec) (Deprêtre et al., 2022).

8.3.1.1.B Focalisation sur des formats exploitables et sur les processus d'exports

Dans le secteur de la recherche, de nombreux travaux s'intéressent aux divers formats de stockages des données, notamment sur les possibilités existantes en termes d'échanges de données entre les formats IFC et les formats CityGML. Cependant, ces deux formats semblent particulièrement complexes. D'une part, les concepteurs travaillant majoritairement sur des logiciels métiers, le format IFC semble particulièrement difficile à produire et à exporter d'une façon efficace, sans perte de données stockées. D'autre part, comme énoncé au Chapitre 7, le CityGML semble bien plus employé dans la théorie relative au domaine que dans la pratique. Cela s'explique par sa complexité intrinsèque aboutissant à **l'utilisation d'autres formats**, comme nous l'avons réalisé dans notre recherche. Nous recommandons donc que davantage de travaux scientifiques expérimentaux soient développés sur les formats et les **échanges de données entre ces derniers** et qu'ils prennent en compte les contraintes opérationnelles dans les méthodes et outils qu'ils développent

8.3.1.1.C Prise en compte de la réalité opérationnelle

La deuxième session d'entretiens a permis de mettre en évidence qu'il est impératif **d'observer l'essor des modèles sémantiques dans la pratique**, auprès des acteurs opérationnels afin de cerner les enjeux autour de ceux-ci. En effet, il est impératif de **saisir les besoins et manques ressentis** par ces praticiens, notamment pour un déploiement de CIM plus adaptés.

Lors de nos entretiens, nous avons relevé de grandes divergences entre le contenu de la littérature sur les modèles sémantiques, notamment les CIM, et la pensée générale des praticiens. Dans ce sens, nous retrouvons, dans le monde scientifique, de **nombreux usages** associés au CIM, conférant à ces modèles un rôle dans le perfectionnement des aménagements et semblant **particulièrement éloignés de la réalité**. En effet, au vu des diverses expériences existantes, dont le CIM La Vallée, ces usages

déforcent l'idée d'un outil global et transversal intervenant dans la progression de la conception ou de la coordination, bien qu'ils permettent une meilleure visualisation et synthèse.

Le non-aboutissement aux usages théoriques projetés dans la littérature peut aussi s'expliquer par le manque d'interactions entre les différents intervenants d'un même projet et le manque de formation provoquant un **déficit dans l'investissement** de ces derniers. Ces diverses limitations entraînent une non-exhaustivité des modèles produits, que ce soit en termes de conception et mises à jour des modèles ou des propriétés liées aux entités géométriques modélisées. Cependant, nous relevons tout de même que chez certains acteurs plus intégrés dans la démarche, le processus CIM, et donc la conception du modèle sémantique selon cette méthode, induit un développement de compétence et de nouvelles responsabilités en termes de tâches à réaliser.

Ces différents points issus des réalités du terrain montrent que le potentiel théorique des modèles sémantiques qui sont largement développés dans la littérature n'est pas forcément d'application dans la pratique. Il est donc important que le monde scientifique **s'inspire de la réalité opérationnelle** pour développer de nouvelles aides **améliorant la praticité de la conception** selon ces modèles afin que les praticiens, à leur tour, s'investissent et récoltent les bénéfices potentiels liés à l'exploitation de ces modèles. Dans un même temps, notre recherche tente de démontrer aux différents praticiens **l'importance de l'adhésion au processus et de la rigueur dans la conception des modèles** pour que ces derniers servent notamment à diverses analyses urbaines, s'ils sont correctement conçus. Il s'agit donc pour les deux secteurs, opérationnel et scientifique, **de s'inspirer de l'autre** afin d'une part, de tenter de régler des problématiques rencontrées dans l'opérationnel et d'autre part, de déployer des CIM offrant de larges possibilités en termes d'usages.

8.3.1.2 Préconisations de conception des modèles sémantiques

8.3.1.2.A Détachement vis-à-vis des niveaux de détails

Les analyses urbaines ainsi que d'autres analyses spécifiques, qui sont réalisées en phase de conception, ne semblent pas toujours en concordance avec la gestion et les généralisations faites sur base des niveaux de détails (LOD) des modèles numériques sémantiques. Nos expérimentations ont mis en évidence qu'il était **nécessaire de recourir**, pour le calcul de nos paramètres et critères du Potentiel d'usages, **à des objets modélisés dans des niveaux de détails (LOD) variés**. Pour illustrer ce constat, il était essentiel, pour la quantification de notre critère de mobilité, que nous disposions en détail du nombre de places de stationnements, du mobilier urbain tel que des arceaux pour vélo et des assises, des superficies des zones accessibles aux différents modes de déplacements comme les routes et pistes cyclables, etc. L'ensemble de ces éléments appartenant à des niveaux de détails différents. De plus, nous avons constaté qu'il manquait diverses classes d'IFC plus spécifiques pour certains objets comme la végétation, les assises ou encore les luminaires qui sont encore répertoriés dans des classes IFC génériques, comme la classe `IfcBuildingElementProxy`. Ce second constat,

rejoignant le premier, souligne l'importance d'une reconsidération des niveaux de détails qui sont établis, il nous semble, de façon très linéaire et progressive en fonction des phases de développement d'un projet. Cette vision de la modélisation avançant dans le projet **limite la performance de certaines analyses urbaines lors des phases amont**, comme la phase de conception. À nouveau, notre recherche-action a révélé qu'avec très peu de données spécifiques et détaillées intégrées en amont, il est possible de réaliser diverses analyses lors de la conception même du projet. Il est donc important de se détacher de cette vision restrictive d'évolution de la modélisation selon les phases pour parvenir à de meilleurs usages et des bénéfices dès la conception d'un projet.

8.3.1.2.B Intégration et modélisation soignée des données

En ce qui concerne les modèles sémantiques, nous savons qu'il est particulièrement complexe d'automatiser des généralisations sur base d'éléments très spécifiques. Par conséquent, nous pensons qu'il est nécessaire et utile de s'appuyer sur les opportunités offertes par le format IFC, de sorte à associer à des modèles sémantiques, tels que les CIM, des **données ayant leur importance à l'échelle macroscopique**, comme celle du quartier ou de la ville. Pour nous référer au cas sur lequel nos expérimentations ont été réalisées, il serait pertinent d'intégrer des informations uniquement sémantiques, c'est-à-dire sans nécessité de développer des entités géométriques, **dans des classes d'IFC hiérarchiquement plus élevées**, comme les `IfcProject` ou `IfcSite`. Dans le cas de notre recherche, des données projetées relatives au critère d'environnement sociétal auraient pu être intégrées dans ce type de classe d'IFC, tout en ayant une possibilité de les faire évoluer au fil des changements.

Nous proposons aussi de modéliser des **entités simples et ponctuelles** (`IfcSpace` dans les modèles BIM et points dans un environnement SIG) auxquelles des ensembles de propriétés peuvent être liés. Par exemple, au cours de notre processus expérimental, nous avons pris la décision de modéliser des entités ponctuelles dans l'environnement SIG utilisé, avec des ensembles de propriétés liées, représentant les diverses connexions du quartier.

Ensuite, dans le cas où des **données spécifiques seraient manquantes dans les propriétés par défaut**, mais devraient être rattachées à des entités géométriques appartenant à des classes IFC existantes, il est recommandé **d'ajouter des « PropertySets » ou « champs attributaires »**, c'est-à-dire des ensembles de propriétés liés à ces objets. L'ajout de ces ensembles de propriétés est à la fois possible dans tout logiciel gérant les IFC, ainsi que dans des logiciels SIG après un processus de traduction des IFC. Par ailleurs, il est particulièrement important que ces propriétés soient **encodées de manière uniforme et stockées aux mêmes emplacements**, dans le cas d'une potentielle concaténation de plusieurs modèles.

Enfin, en ce qui concerne **la modélisation géométrique** d'entités telles que les réseaux, nous proposons, sur base de travaux réalisés sur le format CityGML (Beil & Kolbe, 2020), des pistes de

modélisations qui peuvent être avantageuses au-delà d'études très spécifiques et tout au long du cycle de vie pour des questions de travaux. Par exemple, les voies de circulations pourraient être réfléchies et modélisées sur base **de leur nature et de leur usage**. Cette proposition de découpage a par ailleurs été expérimentée dans nos recherches et s'est révélée particulièrement intéressante et aisée à mettre en place (Figure 132).

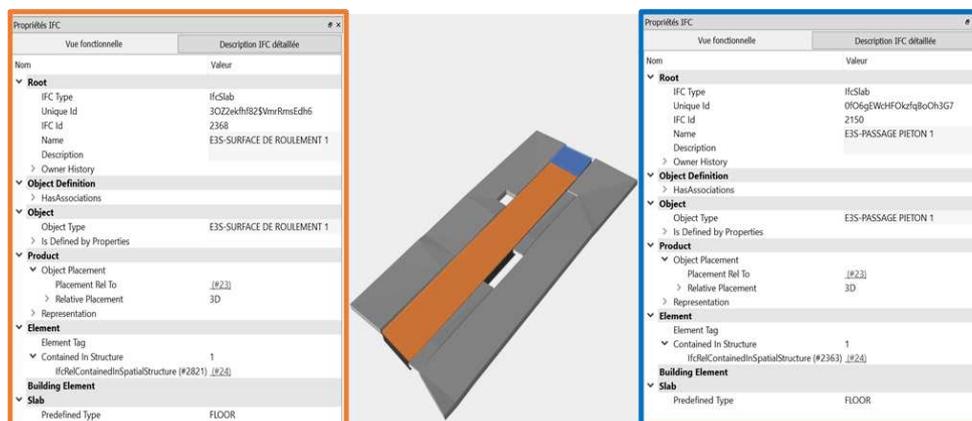


Figure 132 : Test de modélisation par nature et usage des voiries, CIM de La Vallée

Nous recommandons également l'établissement et le développement, en amont de la conception d'un modèle numérique sémantique, de procédures reprenant l'ensemble des **instructions d'exports** des modèles IFC depuis les maquettes métiers de sorte à maximiser leur contenu.

8.3.1.2.C Nomenclature unique et partagée

Nous insistons sur l'importance de la mise en place d'une convention de nommage avec un protocole rigoureux unique et partagé par les divers intervenants d'un même projet. Il est essentiel qu'aucun des intervenants ne se limite à son fonctionnement interne, réalisé à l'échelle du bâtiment, mais qu'ils s'adaptent aux règles communes établies dans un document formel et officiel. En effet, il est indispensable que l'ensemble des informations compilées dans un même modèle numérique sémantique suivent le même canevas. Nous recommandons aussi que les entités modélisées reprennent des codes spécifiques à leur nature permettant de les reconnaître intuitivement, de sorte à faciliter la sélection et la filtration des informations et la rendant optimale.

8.3.1.3 Préconisations utiles relatives à l'échelle urbaine

Après avoir échangé avec d'autres chercheurs de la démarche E3S réalisant des expérimentations relatives aux analyses urbaines axées par exemple sur l'ACV ou encore la mobilité, nous nous sommes aperçus que de nombreuses propriétés, si elles étaient précisées dans le CIM à disposition, leur seraient également bénéfiques.

Nous détaillons donc dans ce point les diverses propriétés que nous jugeons pertinentes pour le sujet spécifique de l'intensité des usages, mais également pour d'autres analyses urbaines. Nous avons, durant notre processus expérimental, réalisé un travail rigoureux d'identification des éléments de

modélisation et des propriétés relatives utiles pour diverses analyses urbaines. Cette projection permettra de formaliser les caractéristiques de modélisation requises pour la conception des modèles sémantiques futurs (BIM +, CIM, ...).

Par ailleurs, les préconisations que nous développons devraient également faciliter la sélection, la filtration et l'exploitation des informations modélisées à l'échelle urbaine tout au long du cycle de vie de ces maquettes numériques sémantiques. La Figure 133 illustre de manière synthétique les différents objets, leurs entités géométriques ainsi que les ensembles de propriétés nécessaires pour réaliser diverses analyses urbaines, dont l'analyse de l'intensité des usages.

Ces préconisations de données ne sont pas exhaustives et pourraient bien évidemment être mises à jour et enrichies en fonction des usages et besoins auxquels un modèle est destiné. Cependant, s'il présente à minima le panel de données mentionné ci-après (Figure 133 et Tableau 17), de nombreuses analyses urbaines pourront être performées en détail et durant l'entièreté des phases (conception, construction, exploitation) grâce au modèle numérique en question.

Le tableau ci-dessous (Tableau 17) expose en détail les entités géométriques des objets à inclure dans un modèle numérique ainsi que les attributs sémantiques relatifs et des pistes de modélisation permettant de réaliser des analyses urbaines variées.

Entité géométrique	Objet	Pistes de modélisation	Attributs à lier à la géométrie
Polygones	Réseau de transport (Voiries)	Modélisation selon l'usage / nature de la section et l'appartenance public - Privé/Semi-privé	<ul style="list-style-type: none"> Nom = Convention de nomenclature Type d'objet Nature = Trottoir - Chaussée - Piste cyclable - Stationnement Superficie (2D)= m² Matériaux = Pavés enherbés (PE), Pavés et Dalles Béton (PDB), Bois d'extérieur (BE), Enrobés (Er), Asphalte (As), Pierre (P), Béton désactivé (BD), Résines (R), Stabilisé (S), Sable (Sb), Gravier (Gr) Perméabilité = oui - non Fonction = Espace Public-PS - Voirie-PS Usager = Pedestrian - Cycles - Cars - CT (Combinaisons possibles) Usage = Move - Leisure - Rest (Combinaisons possibles)
Polygones	Espaces verts	Modélisation selon l'appartenance : public - privé/semi privé	<ul style="list-style-type: none"> Nom = Convention de nomenclature Type d'objet Nature = Espace Vert Public - Espace vert semi-public - Jardin privé Superficie (2D) = m² Matériau : Copeaux de bois (CB), Mélange terre/pierre (MTP), Gazon (Gz) Perméabilité = oui Fonction = Espace_Vert-PS Usager = Pedestrian - Cycles - (Combinaisons possibles) Usage = Move - Leisure - Rest (Combinaisons possibles)
Polygones	Limites d'îlots	Modélisation en fonction des voiries = îlot créé par les voiries	<ul style="list-style-type: none"> Nom = Convention de nomenclature Type d'objet Nature = Limites Superficie (2D)= m² Périmètre = m

Polygones	Dalles	Modélisation par étage de bâtiment	<ul style="list-style-type: none"> Nom = Convention de nomenclature Type d'objet Nature = Floor Bâtiment = Nom ou lettre du bâtiment Étage = -1 - RDC - 1 - 2 - 3 - ... - Toiture Superficie (2D)= m² Matériaux Perméabilité = non
Polygones	Murs	<p>Modélisation selon l'appartenance : Extérieur - Intérieur</p> <p>Modélisation par étage au minimum</p> <p>Modélisation en une couche avec détails de la composition (pas de superposition de parois)</p>	<ul style="list-style-type: none"> Nom = Convention de nomenclature Type d'objet Nature = Mur Extérieur (façade) – Mur Intérieur (Cloison) Position = Intérieur - Extérieur Époque de construction = 1800-1900 ; 1900-1950 ; 1950-1975 ; 1975-1990 ; 1990-2000 ; 2000-2010 ; 2010-2018 ; 2018-2025 StreetFront = oui - non Bâtiment = Nom ou lettre du bâtiment Étage = -1 - RDC - 1 - 2 - 3 - ... - Toiture Hauteur = m Largeur = m Superficie (2D) = m² Matériaux : Parements en Briques/ Briquette (PB), Parements en Pierre (PP) Bétons peints et Enduits (E), Bardages Bois (BB), Bardages métalliques (BM), Mur rideau (MR)
Polygones	Fenêtres	<p>Modélisation par étage au minimum</p> <p>Modélisation en une couche avec détails de la composition (pas de superposition de parois)</p>	<ul style="list-style-type: none"> Nom = Convention de nomenclature Type d'objet Nature = Fenêtre - Paroi vitrée Position = Intérieur - Extérieur Bâtiment = Nom ou lettre du bâtiment Étage = -1 - RDC - 1 - 2 - 3 - ... - Toiture Hauteur = m Largeur = m Superficie (2D) = m² Matériau : Vitrage (V)
Points ou Boîtes englobantes	Accès	Modélisation par appartenance : Intérieur - Extérieur par étage	<ul style="list-style-type: none"> Nom = Convention de nomenclature Type d'objet Nature = Accès Position = Intérieur - Extérieur StreetFront = oui - non

			<ul style="list-style-type: none"> • Bâtiment = Nom ou lettre du bâtiment • Étage = -1 - RDC - 1 - 2 - 3 - ... - Toiture
Boîtes englobantes	Espaces	Modélisation par pièce	<ul style="list-style-type: none"> • Nom = Convention de nomenclature • Type d'objet • Nature = Hall - Local Technique - Local Vélo - Cave - Chambre - Séjour - Circulations - Gaine - Terrasse - Jardin - Ascenseur - commerce • Position = Intérieur - Extérieur • Bâtiment = Nom ou lettre du bâtiment • Étage = -1 - RDC - 1 - 2 - 3 - ... - Toiture • Hauteur = m • Volume = m³ • Superficie (2D) = m² • Fonction : Logement-H - Commerce-SF - Bureau-O
Points ou Boîtes englobantes	Connexions	Modélisation en un point	<ul style="list-style-type: none"> • Nom = Convention de nomenclature • Type d'objet = Connexion

Tableau 17 : Préconisations détaillées de modélisation des entités géométriques et de propriétés liées pour des modèles sémantiques adaptés aux analyses urbaines

CONCLUSION : DÉVELOPPEMENT DE MÉTHODES DE CALCUL ET DE PONDÉRATION POUR L'ÉVALUATION DU POTENTIEL D'USAGES ET ÉTABLISSEMENT DE PRÉCONISATIONS POUR LES MODÈLES NUMÉRIQUES URBAINS À VENIR

Le dernier chapitre clôturant notre manuscrit aborde plus en profondeur la seconde partie de nos résultats, permettant de répondre à notre deuxième question de recherche. En effet, les trois parties complémentaires de ce chapitre abordent respectivement le développement d'une méthode de calcul pour évaluer chaque paramètre du Potentiel d'usages, une méthode de pondération des composantes qui le structure et enfin l'établissement de préconisations afin de rendre les modèles numériques urbains les plus adaptés possibles pour la réalisation de diverses analyses urbaines.

La première partie du chapitre se focalise sur l'explication des processus automatisés de calcul des paramètres, sur base de notre modèle d'expérimentation constitué à partir des données présentes dans le CIM La Vallée. Cette partie de chapitre démontre que, après avoir complété et ajouté certaines données à celles issues du CIM dont nous disposons, une maquette numérique urbaine constitue un réel potentiel pour réaliser des analyses urbaines spécifiques, à savoir l'intensité d'usages. En effet, excepté pour quelques paramètres qui nécessitent davantage d'informations – comme les études relatives à l'éclairage artificiel ou encore les données relatives à l'exploitation d'un quartier –, les données accumulées dans le CIM La Vallée nous permettent d'obtenir des valeurs pouvant être concrètes pour les différents constituants du Potentiel d'usages, variable majeure de l'indice d'intensité que nous développons.

Après avoir développé en détail nos divers processus automatisés de calcul des paramètres qui constituent une réelle méthode d'évaluation des composantes du Potentiel d'usages, nous nous sommes concentrés sur la pondération de chaque paramètre, critère, thème et facteur d'influence dans le calcul de la valeur de Potentiel d'usages. Pour ce faire, nous avons pris la décision de réaliser une enquête par questionnaire, reflétant l'influence de chaque paramètre sur l'usage que des citoyens pourraient faire d'un espace. Nous avons aussi pris le parti de nous tourner vers les algorithmes de Machine Learning pour développer une méthode de pondération basée sur les données récoltées dans les enquêtes par questionnaire. De cette façon, nous avons pu développer une méthode réaliste, reproductible et utilisable pour de multiples recherches futures et adaptables à n'importe quel jeu de données. Nous avons ensuite exemplifié cette méthode en réalisant un scénario de la valeur de Potentiel d'usages du quartier La Vallée, basé sur les valeurs de paramètres calculées grâce à notre maquette d'expérimentation construite sur base du CIM. Nous avons ainsi montré la pertinence de cette méthode pour l'évaluation du Potentiel d'usages.

Enfin, la dernière partie de ce chapitre s'est focalisé sur des résultats concernant le développement et l'adaptation des maquettes numériques et sémantiques urbaine pour la réalisation de diverses analyses urbaines, comme celle de l'intensité urbaine. Dans cette partie, nous développons différentes pistes de préconisations afin de concevoir des maquettes numériques urbaines dont l'utilisation pour des

analyses variées soit maximisée. Nous réalisons d'une part des préconisations dites générales. Celles-ci recommandent davantage de transversalité et d'interdisciplinarité – de sorte à éviter tout silotage des connaissances – le développement de plus d'étude sur les formats exploitables ainsi que sur les processus d'exports de données relatifs à ces formats et enfin, une meilleure prise en compte de la réalité opérationnelle afin d'adapter au mieux les recherches à venir. Nous rédigeons ensuite des préconisations relatives à la conception des maquettes numériques urbaines. Ces dernières appellent à un détachement vis-à-vis des niveaux de détail, proposent des pistes pour l'intégration et la modélisation des données et insistent sur le besoin de nomenclatures uniques et partagées afin de maximiser l'utilisabilité de ces maquettes.

Ce chapitre apporte des productions de deux ordres différents, à savoir le développement d'une méthode d'évaluation et de pondération de la variable Potentiel d'usages ainsi que le développement de préconisations, de sorte à adapter au mieux la production et la modélisation des maquettes numériques urbaines futures.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Nous voici arrivés au terme de cette thèse de doctorat, nous souhaitons donc résumer globalement les différents apports de notre recherche, les limites et enfin les perspectives qu'elle ouvre.

RENOUVELLEMENT DES OUTILS, MÉTHODES ET PRATIQUES POUR LA PRODUCTION D'ANALYSES URBAINES CENTRÉES SUR L'USAGER

Notre recherche, s'intégrant dans le projet E3S dont le but est d'étudier diverses innovations urbaines, s'inspire des multiples changements du dernier siècle – en termes d'outils et de pratiques – ainsi que de récentes crises. Ces bouleversements rappellent l'importance de la mise en œuvre d'espaces urbains de qualité et adaptés aux besoins des usagers. Nous avons mis en évidence, dans notre introduction, deux axes thématiques sur lesquels se fondent nos recherches. Ces derniers sont la caractérisation de l'intensité urbaine – que nous avons orienté sur les usagers – qui est un concept revendiqué comme améliorant la qualité de vie ainsi que la mise en évidence du potentiel d'utilisation des maquettes numériques urbaines (CIM) pour les analyses urbaines spécifiques. Nous avons donc souhaité enrichir le champ à la fois théorique de l'urbanisme et de l'aménagement du territoire et à la fois le champ pratique, en apportant des éléments concrets et opérationnalisables.

Pour ce faire, nous avons dans un premier temps brossé le contexte et la vision des espaces urbains qui n'ont pas toujours été appréhendés de la même façon au fil du temps, notamment en raison de la complexité des systèmes urbains et des divergences dans les débats. Nous avons également retracé les différents événements qui ont marqué le dernier siècle et surtout influencé les différentes théories et pratiques urbanistiques. Nous avons abordé les rôles des espaces publics et insisté sur leur contribution dans l'aménagement du territoire ainsi que sur les divergences de pensées animant les planificateurs qui se sont succédé. En relation directe avec la mise en évidence de ces changements impulsés par des phénomènes sociétaux, nous avons rappelé l'importance des analyses urbaines et des diagnostics, étapes indispensables en amont de toute action de planification et d'aménagement. Il a ainsi été judicieux de dresser un rapide compte rendu des objectifs traditionnellement attendus des indicateurs et des indices, ainsi que leurs différences. Ce premier chapitre nous a permis de mettre en évidence la nécessité de développer des outils d'analyses urbaines adaptés et actualisés, de sorte à prendre en considération la complexité des systèmes urbains ainsi que d'orienter les prises de décision et d'améliorer les aménagements.

Après avoir introduit le contexte de notre recherche et les grandes lignes de nos objectifs, nous nous sommes penchés sur le concept existant d'intensité urbaine. Nous avons ainsi été en mesure de formaliser les diverses caractéristiques qui lui confèrent un potentiel en termes d'amélioration de la qualité de vie, d'attractivité et de dynamisme des espaces ainsi que de pérennité de ces derniers. Traditionnellement, les analyses urbaines sont basées sur un diagnostic, qui emploie généralement des indicateurs bien connus tels que la compacité et la densité, qui sont étroitement liés pour certains. Le

concept d'intensité urbaine a été introduit pour dépasser ces indicateurs traditionnels et fréquemment utilisés mais qui pour certains présentent divers manques. De cette façon, nous avons brièvement rappelé dans quel cadre ce concept était apparu et pour quelles raisons il était de plus en plus abordé durant les dernières décennies. La réalisation d'une revue de littérature appuyée à la fois sur des références littéraires et pratiques en seconde partie de chapitre constitue, selon nous, un apport théorique important. En effet, cette revue a permis de synthétiser les approches relatives au concept étudié et de le replacer dans le champ de l'action urbanistique. Les principes mis en œuvre pour favoriser l'intensité urbaine ont pu être développés au travers de l'étude de quatre quartiers revendiqués comme leviers d'intensité. Nous avons également réalisé un état des lieux de la recherche, en cours ou passée, sur le concept et avons abordé le travail de différents chercheurs en spécifiant les échelles concernées. Finalement, nous nous sommes chargés de dresser un répertoire basé sur la littérature des méthodes qui existent actuellement pour caractériser l'intensité urbaine. Par ailleurs, nous avons aussi constaté qu'aucune de ces méthodes ne répond aux grandes ambitions théoriques portées à l'égard de ce concept. Ce chapitre a ainsi mis en évidence divers éléments : la raison du basculement vers de nouvelles aspirations qui serait possible avec ce concept global, la pertinence de l'intensité urbaine comme sujet pour des analyses urbaines, mais la non-existence d'une réelle formalisation complète de cette notion et l'absence de méthode pour l'évaluer.

En lien direct avec l'introduction qui a été réalisée dans le premier chapitre, nous nous sommes ensuite focalisés sur l'évolution des différents outils employés pour effectuer des analyses urbaines. Ainsi nous avons évoqué la transition d'outils allant du format physique au numérique, allant de pair avec la transition globale de l'ensemble des secteurs vers un paradigme de numérisation, en soulignant la multiplication actuelle des modèles numériques tridimensionnels. Nous avons de cette façon pu réaliser un second état de l'art, relatif à notre seconde question de recherche qui interroge le potentiel des maquettes numériques, spécifiquement à l'échelle urbaine comme la maquette mise à disposition dans le cadre de la démarche E3S. Après avoir approché certains modèles connus, reposant pour certains sur les systèmes géographiques et d'autres sur les logiciels de conception, nous nous sommes alors concentrés sur des modèles labélisés « CIM » et « Digital Twin », en raison de leurs limites parfois très perméables. Cette étape a permis de lever un voile gravitant autour de ces deux labels et de démontrer que des modèles hétérogènes techniquement peuvent porter des dénominations semblables et *vice-versa*. Nous avons conclu ce chapitre en soulignant les propos relevés dans la littérature qui considère ces modèles comme adaptés à la réalisation de diverses analyses, mais en insistant également sur le manque de transdisciplinarité et de mise en commun des connaissances, amenant à une utilisation et à une labélisation très sectorisée de ces modèles.

De sorte à être les plus clairs possibles sur notre recherche, nous avons abordé plus spécifiquement nos objectifs, notre méthodologie ainsi que notre positionnement. Ainsi nous avons annoncé la suite du manuscrit en détaillant précisément les méthodes engagées et le matériel sur lequel nous nous sommes appuyés pour répondre à nos questionnements. Nous avons souligné notre approche constructiviste dans un contexte de recherche-action exploratoire dont les sujets d'étude se retrouvent au croisement

de diverses disciplines. Il a ainsi été plus facile d'aborder la suite de nos recherches et nos résultats à proprement parler.

Ayant démontré la pertinence du concept d'intensité urbaine et voulant l'axer davantage sur les usagers, nous avons pris le parti de construire de nouvelles connaissances sur base d'éléments existants. En effet, comme nous l'avons mentionné dans les débuts de ce manuscrit, l'urbanisme s'est constamment inspiré des théories précédentes et ne se réinvente jamais du tout au tout. Nous nous sommes donc appuyés sur deux approches distinctes, mais complémentaires, de sorte à maximiser la complétude de nos productions. Ainsi, l'étude et l'analyse approfondie de bonnes pratiques et de guides reconnus ont constitué un véritable terreau pour le développement de notre vision de l'intensité, afin qu'elle corresponde aux attentes et besoins actuels tout en considérant les grands enjeux qui gravitent autour de la notion d'aménagement.

Cette partie analytique nous a ensuite amenés à définir plus concrètement notre vision, celle d'une intensité axée sur les usages, tant ceux-ci constituent la base de la pratique des espaces. Nous avons aussi marqué notre ambition de développer un indice d'amélioration, qui diffère des grands indicateurs employés parfois à tort dans une optique unique de mesure de la performance. L'analyse basée sur deux approches (l'une théorique et l'autre pratique) a rendu possible la formalisation de l'indice d'intensité d'usage, mais aussi de son cadre d'intervention et des acteurs ciblés. Étant donné que la recherche doctorale présente un temps limité, il a été nécessaire de se centrer sur une partie de l'indice mis en place afin de fournir des résultats probants. Ainsi, nous avons explicité la variable qui nous semble majeure dans l'indice d'intensité d'usages du fait de sa complexité et du nombre d'éléments qu'elles rassemblent. En effet, c'est majoritairement dans cette variable que se retrouvent les données issues des analyses réalisées au préalable. Chaque composante structurant la variable a ainsi été exposée et explicitée, de sorte à mettre en évidence l'ensemble des principes pouvant présenter une influence positive sur le dynamisme et l'utilisation d'un espace. Ce chapitre a donc illustré la globalité et la multiplicité que nous intégrons dans la notion d'intensité des usages, clé d'une prise en compte maximisée de la complexité des systèmes urbains pour ses améliorations.

L'utilisation des maquettes numériques a déjà été, de nombreuses fois, envisagée théoriquement. Cependant, elle n'a jamais été mise en pratique pour réaliser des analyses sur un quartier spécifique. Étant donné que la revue de littérature a mis en évidence que les maquettes numériques urbaines pouvaient être pertinentes pour soutenir les processus d'analyses urbaines visant une production plus réfléchie des aménagements, nous avons voulu concrétiser nos propres expérimentations sur base du CIM La Vallée à notre disposition. Après avoir présenté le CIM et les diverses données sur lesquelles il s'appuie et est structuré, nous avons dressé une liste exhaustive des données nécessaires au calcul des différents paramètres constituant le Potentiel d'usages, variable sur laquelle nous avons décidé de nous centrer dans ces recherches. Il a également été question de mettre en évidence l'ensemble des opérations essentielles à l'obtention d'une quantification de ces derniers. Pour suivre, nous avons évoqué les difficultés rencontrées avec le CIM dit « compilé » et le besoin de développer un modèle

plus léger, pour matérialiser nos expérimentations. Les différents processus de filtration, d'extraction et de regroupement de données dans un nouvel environnement ont ainsi été exposés, tout comme le panel de données manquantes et qui ont dû être ajoutées. Nous en avons également profité pour éclairer le lecteur sur des divergences qui existent entre les différents secteurs, c'est-à-dire entre le domaine de la recherche et le monde opérationnel, afin de rendre compte des obstacles qu'il reste à surmonter.

Finalement, nous avons développé les diverses expérimentations réalisées sur base des données reprises du CIM La Vallée en énonçant les différents processus automatisés pour le calcul des différents paramètres. La présentation de ces différents calculs automatisés constitue un résultat important puisqu'ils sont à la base de notre méthode de quantification recherchée pour chacun des paramètres de la variable Potentiel d'usages. Par la suite, nous nous sommes penchés sur la pondération de chaque constituant du Potentiel d'usages. En effet, nous avons développé une méthode de pondération reflétant l'influence sur les usagers par le biais de deux outils complémentaires, à savoir une enquête quantitative et la formalisation d'un réseau de neurones employant les données initialement recueillies dans l'enquête. Ainsi, deux méthodes ont été déployées et présentées, validant la pertinence des données contenues dans un CIM pour les analyses urbaines, ainsi que l'adaptation des réseaux de neurones pour la pondération d'une variable composite. Pour terminer, nous avons clôturé le manuscrit en proposant diverses recommandations à la fois destinées aux chercheurs, mais aussi aux praticiens. La volonté étant de rendre la recherche dans le domaine plus adaptée aux demandes et réalités pratiques ainsi que développer des modèles numériques urbains dont l'utilisation puisse être maximisée notamment en ce qui concerne l'exécution d'analyses urbaines.

Après avoir exposé succinctement les diverses étapes et productions qui ont animé ce travail de thèse, nous pouvons dès lors synthétiser nos différents apports.

Concernant les **apports théoriques**, nous retenons :

- Avoir fourni deux revues de littératures et état des connaissances concernant les domaines spécifiques de l'intensité urbaine et des maquettes numériques urbaines (notamment CIM et DT). La liaison de ces deux thématiques, pourtant initialement bien distincte, constitue selon nous un apport original. En effet, dans notre recherche, nous nous sommes attachés à produire des connaissances dans une vision interdisciplinaire et proposant des regards variés sur ces connaissances. De cette façon, les revues élaborées jouent un rôle essentiel dans la mise en place d'un contexte de recherche global sur le thème des analyses urbaines et des outils pertinents pour les effectuer. Ainsi, ces revues offrent deux briques constituant de véritables piliers théoriques sur lesquelles les futures recherches pourront s'appuyer ainsi qu'un état des lieux synthétique des approches et méthodes existantes sur les deux thématiques.
- Avoir développé et mis en évidence différents questionnements essentiels à poursuivre lors de la mise en place, la construction et la formalisation de méthode de quantification, de pondération, d'évaluation et d'expérimentations.

- Avoir contribué à l'enrichissement du spectre avec notre recherche pour la caractérisation et la formalisation d'un indice d'intensité urbaine ciblé sur les usages et l'établissement d'une méthode de calcul, de pondération et d'évaluation basée sur les maquettes numériques urbaines, les systèmes d'informations géographiques et enfin les algorithmes de Machine Learning. Nous pensons avoir enrichi le champ des outils, des méthodes et des pratiques de sorte à réaliser des analyses urbaines adaptées, apportant une véritable contribution au domaine de l'urbanisme et aux praticiens. De plus, en ayant eu l'opportunité d'intégrer un projet de recherche mêlant pratique et théorie (Projet E3S), nous avons participé à la mise en évidence d'utilisations concrètes et pertinentes des maquettes en situation opérationnelle, fournissant également des connaissances pour les entreprises concernées par ces innovations.

Pour suivre, concernant **les apports à propos de notre méthodologie et de notre positionnement**, nous retenons :

- Avoir opté pour un positionnement constructiviste pour approcher l'évaluation de l'intensité urbaine au moyen de maquettes numériques urbaines. Ce positionnement a impliqué une démarche de recherche-action exploratoire, basée dans un premier temps sur des revues de littératures, mais surtout sur des expérimentations personnelles et la constitution de matériel adapté. Les différentes expérimentations ont été réalisées par la doctorante, mais ont été enrichies par de nombreux partenariats interdisciplinaires et multiacteurs, de sorte à ne pas sectoriser la production et de produire des connaissances utiles à tous. Nous pensons avoir créé un sillon à creuser en termes de méthode de recherche pour des sujets tels que ceux abordés dans cette thèse.
- Avoir multiplié les méthodes, les sources de données et les domaines dans notre recherche. En effet, l'association du domaine du Génie urbain, de la sociologie, de l'architecture et de la géoinformation nous a amenés à intégrer de multiples approches afin de maximiser les connaissances produites.

Enfin, concernant les **apports opérationnels**, nous retenons :

- Avoir rassemblé et produit des méthodes et connaissances directement utilisables et intégrables à la planification urbaine et aux développements d'aménagements adaptés et pérennes. De cette manière, les praticiens pourront maximiser l'adaptation de leurs espaces imaginés en phase de conception en considérant les éléments mis en avant dans nos recherches.
- Avoir fourni des recommandations à la fois pour les entreprises et praticiens prenant part au projet E3S, mais qui semblent être également propices à d'autres acteurs intéressés par les thématiques de cette thèse. En effet, notre dernier chapitre se clôture sur des suggestions pour mieux cibler les problématiques opérationnelles, mais aussi conférer un potentiel maximisé aux modèles numériques urbains en les enrichissant et en les structurant pertinemment.

LIMITES ET PERSPECTIVES

Bien que les nous ayons amenées diverses contributions avec nos recherches, celles-ci présentent **certaines limites** qu'il est nécessaire d'identifier.

Dans un premier temps, les états de l'art que nous avons produits pour les deux thématiques qui animent notre recherche doctorale présentent la limite d'être tous deux des champs très vastes. Notre apport peut donc finalement être vu comme un apport partiel ou synthétique des sujets. Cependant, nous pensons avoir abordé les thématiques dans leur globalité, du point de vue des connaissances que nous souhaitons apporter dans le champ de l'urbanisme. Dans cette logique, d'autres recherches pourront enrichir les états de l'art fournis dans ce travail. Toutefois, dans le cas de notre recherche, ces états des lieux nous ont donné la possibilité de situer nos objectifs et notre contexte de travail.

Nous avons cité plus haut que nous avons ouvert la voie à de multiples questionnements afin d'aboutir à nos objectifs de départ. Nous pensons que ces derniers pourraient encore davantage être développés. En effet, au fil de notre processus de recherche, nous avons relevé divers questionnements et avons tenté d'y répondre par le biais d'analyses et d'investigations selon le cadre de recherche. De cette façon, nous sommes parvenus à nos objectifs, c'est-à-dire, à la formalisation de l'intensité urbaine et à l'évaluation d'une de ses variables par l'utilisation d'une maquette numérique urbaine, dite CIM. Cependant, chacune des interrogations qui se sont imposées à nous appelle encore à d'autres recherches complémentaires et spécifiques à leur domaine. Il en est de même pour les analyses performées où, comme nous l'avons précisé dans le chapitre 5, l'exhaustivité semble particulièrement difficile à garantir en termes de sources de données à analyser tant leur étendue est large.

Ensuite, en ce qui concerne la production d'un indice d'intensité ciblé sur les usages, nous pouvons à nouveau souligner certaines limites. En effet, l'indice que nous mettons en place reprend et formalise différents facteurs majeurs influençant l'utilisation des espaces et leur qualité selon des analyses réalisées en amont. La variable de Potentiel d'usages doit être considérée comme évolutive. Bien entendu nous pensons que les différents éléments qui le constitue, et qui sont issus d'analyses rigoureuses, sont pertinente. Cependant nous laissons la porte ouverte aux adaptations qui seraient nécessaires pour mieux appréhender les espaces et leur conférer davantage de dynamisme par la qualité et l'usage. Une autre limite à ce propos à souligner est la focalisation sur la variable de Potentiel d'usages qui a été nécessaire afin de remplir nos objectifs dans un temps imparti.

Il en est de même pour la méthode de calcul que nous formalisons sous forme de processus automatisés et basés sur les données de la maquette numérique urbaine dont nous disposons pour les recherches (CIM). Nous proposons une méthode sans revendiquer qu'elle constitue l'unique solution. Étant donné le caractère expérimental de la recherche, la méthode développée ne constitue peut-être pas une version optimale, mais présente au moins la possibilité d'être reproduite de façon intégrale. Il est important de souligner également que la présence unique de la première phase des lots constructifs

dans la maquette constitue aussi une limite en termes de pertinence des valeurs obtenues. Nous pouvons affirmer que la méthode est fructueuse, mais nous ne sommes pas en mesure d'affirmer que les valeurs obtenues sont justes, à cause des manques qu'il reste à combler.

L'observation précédemment décrite est également vraie pour la méthode de pondération des différents facteurs d'influences, thèmes, critères et paramètres du Potentiel d'usages. En effet, le réseau de neurones constitue la solution que nous avons choisie par son adéquation aux objectifs proposés, il ne constitue pas pour autant l'unique possibilité d'attribution de pondération.

Concernant les données des enquêtes par questionnaires sur lesquelles la méthode de pondération des constituants du Potentiel d'usages est basée, celles-ci semblent limitées par leur nombre et leur provenance. En effet, afin que les pondérations et la valeur finale obtenue pour le Potentiel d'usages soient les plus précises possibles, il serait pertinent d'une part, de disposer de davantage de données concernant l'influence des différents paramètres sur l'usage de l'espace, mais également que l'on puisse élargir la base de données à différents quartiers, autres que l'unique cas d'étude dont nous disposons. Ceci permettrait de disposer de multiples calculs des paramètres et estimations du Potentiel d'usages sur des quartiers variés. Cet enrichissement en données conférerait davantage de précision et de rigueur à la méthode de pondération et donc, à la valeur de Potentiel d'usages obtenue.

Enfin, les préconisations que nous réalisons à la fin du manuscrit ne sont pas exhaustives et pourraient également ouvrir la porte à d'autres recommandations. Cependant, nous les avons ciblées sur nos recherches et avons tenté de fournir un panel de solutions et de pistes faciles à intégrer et à mettre en place, en vue d'une opérationnalisation la plus aisée qu'il soit, étant donné la complexité déjà existante du domaine.

À la suite de la mise en évidence de ces diverses limites, nous pouvons également proposer diverses pistes de **perspectives** que notre recherche ouvre.

D'abord, comme nous en avons discuté lors de la mise en évidence des limites, l'état de l'art que nous avons réalisé ainsi que les différents questionnements qui ont ponctué notre démarche de recherche pourraient faire l'objet de multiples approfondissements relatifs. Nous avons d'ailleurs proposé diverses pistes de recherche et de mutualisation des connaissances concernant les modèles numériques urbains présentant divers labels.

Nous pouvons ensuite citer la possible focalisation sur les autres variables qui constituent l'indice d'intensité développé dans notre chapitre 6. En effet, de nouvelles recherches intégrant des notions de flux et de temps pourront à terme offrir un réel outil finalisé ayant un impact mesurable sur la conception urbanistique et sur la pratique des concepteurs.

Ensuite, le développement de notre méthode de calcul, à l'aide d'un logiciel propriétaire, pourrait engager plusieurs défenseurs de l'utilisation de logiciels ouverts à réaliser des recherches spécifiques à ces logiciels. En effet, ces recherches pourraient être destinées à développer des méthodes ou des outils nouveaux de sorte à transposer notre démarche dans un environnement ouvert et gratuit.

Enfin, étant donné l'aspect émergent de notre recherche, il n'existe pas à notre connaissance de base de données autre que celle que nous avons réalisée à partir des questionnaires et de nos calculs performés sur le quartier La Vallée. Cette dernière perspective rejoint l'une des limites indiquées plus tôt, à savoir le besoin de développer la méthode de calcul des paramètres sur plusieurs cas, de sorte à constituer une véritable base de données de valeurs de paramètres et de réaliser davantage d'enquêtes pour mieux percevoir le ressenti des usagers et la cohérence de leurs dire avec les estimations réalisées de Potentiel d'usages.

En conclusion, notre travail de recherche met sur pied une démarche d'enrichissement du panel d'outils et de pratiques urbanistiques pour appréhender, de façon intégrée et globale, les espaces urbains, en caractérisant et en formalisant le principe d'intensité urbaine ciblé sur les usagers, premiers acteurs de terrain. En complément à cela, nous développons une méthode d'utilisation pertinente et réflexive de modèles numériques urbains, de sorte à leur conférer une utilité considérable dans le domaine de l'urbanisme en phase amont du projet, du fait de l'importance des analyses urbaines pour la conception qualitative et pérenne. Par sa complète intégration à l'actualité, il ouvre de multiples portes pour des recherches futures afin de constituer des outils opérationnalisables et intégrables dans les pratiques quotidiennes.

BIBLIOGRAPHIE

- Abadi, M., Agarwal, A., Barham, P., Brevdo, E., Chen, Z., Citro, C., Corrado, G. S., Davis, A., Dean, J., Devin, M., Ghemawat, S., Goodfellow, I., Harp, A., Irving, G., Isard, M., Jozefowicz, R., Jia, Y., Kaiser, L., Kudlur, M., ... Zheng, X. (2015). *TensorFlow: Large-scale machine learning on heterogeneous systems*. TensorFlow. <https://www.tensorflow.org/?hl=fr>
- Alam, M., Dupras, J., & Messier, C. (2016). A framework towards a composite indicator for urban ecosystem services. *Ecological Indicators*, 60, 38-44. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.05.035>
- al Furjani, A., Younsi, Z., Abdulalli, A., Elsaeh, M., Almahdi, A., Jouili, K., & Lashihar, S. (2020). *Enabling the City Information Modeling CIM for Urban Planning with OpenStreetMap OSM*. 3-5.
- Al-Garadi, M. A., Mohamed, A., Al-Ali, A. K., Du, X., Ali, I., & Guizani, M. (2020). A Survey of Machine and Deep Learning Methods for Internet of Things (IoT) Security. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 22(3), 1646-1685. <https://doi.org/10.1109/COMST.2020.2988293>
- Allard-Poesi, F., & Perret, V. (2003). La Recherche-Action. In Y. Giordano (Éd.), *Conduire un projet de recherche, une perspective qualitative* (p. 85-132). EMS. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01490609>
- Almeida, F., & Andrade, M. (2018). Considerações sobre o conceito de City Information Modeling. *In Situ – Revista Científica do Programa de Mestrado Profissional em Projeto, Produção e Gestão do Espaço Urbano*, v.4, 21-38.
- Alombert, A., & Cristia, E. (2021). L'espace urbain à l'épreuve de la révolution numérique : Nouvelles technologies urbaines et intelligence collective. *Technologie et innovation*, 6(3). <https://doi.org/10.21494/ISTE.OP.2021.0657>
- American Institute of Architects. (2013). *Project building information modelling protocol form*.
- Amorim, A. L. de. (2015). Discutindo City Information Modeling (CIM) e conceitos correlatos. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, 10(2), 87-99. <https://doi.org/10.11606/gtp.v10i2.103163>
- Amorim, A. L. de. (2016). Cidades Inteligentes e City Information Modeling. *Blucher Design Proceedings*, 481-488. <https://doi.org/10.5151/despro-sigradi2016-440>
- Amphoux, P. (2003). Polarité, Mixité, Intensité. In D. Vanderburgh & H. Heinen (Éds.), *Inside Density, International Colloquium on Architecture and Cities* (p. 19-32). Bruxelles : La lettre volée.
- AMU. (2020). *Livre Blanc : Remettre l'humain au coeur du cadre de vie bâti*.
- Amundson, R., Berhe, A. A., Hopmans, J. W., Olson, C., Sztein, A. E., & Sparks, D. L. (2015). Soil and human security in the 21st century. *Science*, 348(6235), 1261071. <https://doi.org/10.1126/science.1261071>
- Anaya, M. (2018). Chapitre 5. L'échelle dans la définition de l'urbain et de l'urbanité. In G. Fauveaud (Éd.), *Les villes non occidentales : Comprendre les enjeux de la diversité urbaine* (p. 89-101). Presses de l'Université de Montréal. <http://books.openedition.org/pum/11876>
- Andrade, M. L. V. X. de. (2012). *Projeto performativo na prática arquitetônica recente : Estrutura Conceitual*. <http://repositorio.unicamp.br/jsui/handle/REPOSIP/258559>
- Antonini-Fournier, G. (2012). Réduire la ville en carte, une mise en ordre du territoire ? Vues et plans de Barcelone, Gênes et Marseille du xvii^e à la fin du xix^e si. *Liame*, 24. <https://doi.org/10.4000/liame.262>
- Antrop, M. (2004). Landscape change and the urbanization process in Europe. *Landscape and Urban Planning*, 67(1), 9-26. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(03\)00026-4](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(03)00026-4)
- APM Architecture et associés. (2022). *Ecoquartier Des Noes*. Atelier Philippe Madec. https://www.atelierphilippemadec.fr/architecture/programmes-complexes/ecoquartier-des-noes-_logements-creche-halle-_qe-passif-et-zen.html
- Arab, N. (2007). À quoi sert l'expérience des autres ? « Bonnes pratiques » et innovation dans l'aménagement urbain. *Espaces et sociétés*, 131(4), 33-47. <https://doi.org/10.3917/esp.131.0033>

- Arab, N., & Vivant, E. (2018). L'innovation de méthodes en urbanisme : Freins et leviers d'une entreprise incertaine. *Les Cahiers de la recherche architecturale urbaine et paysagère*, 1, Article 1. <https://doi.org/10.4000/craup.324>
- Arora, M. K., Das Gupta†, A. S., & Gupta, R. P. (2004). An artificial neural network approach for landslide hazard zonation in the Bhagirathi (Ganga) Valley, Himalayas. *International Journal of Remote Sensing*, 25(3), 559-572. <https://doi.org/10.1080/0143116031000156819>
- Arroyo Otori, K., Diakité, A., Ledoux, H., Stoter, J., & Krijnen, T. (2018). *GeoBIM project. Final report 10 January, 2018* (p. 30). TU Delft. https://3d.bk.tudelft.nl/ken/files/18_geobim.pdf
- Arroyo Otori, K., Ledoux, H., & Stoter, J. (2015). A dimension-independent extrusion algorithm using generalised maps. *International Journal of Geographical Information Science*, 29(7), 1166-1186. <https://doi.org/10.1080/13658816.2015.1010535>
- ARUP. (2019). *Digital twin : Towards a meaningful framework*. (p. 160). Arup.
- Aschan-Leygonie, C., Cuntz, C., & Davoine, P.-A. (2019). Chapitre 1. De la « réalité » du terrain à l'information géographique dans les SIG. In *Introduction aux systèmes d'information géographique* (p. 13-42). Armand Colin. <https://www.cairn.info/introduction-aux-systemes-d-information-geographique--9782200617189-p-13.htm>
- Aubin, F. (2014). Entre espace(s) public(s) et sphère(s) publique(s) : Bilan des travaux francophones sur une notion. *Canadian Journal of Communication*, 39(1). <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01405445>
- Augoyard, J.-F. (2010). *Pas à pas—Essai sur le cheminement quotidien en milieu urbain*. A la Croisée.
- Ayeni, 'Bola. (2017). *Concepts and Techniques in Urban Analysis*. Routledge.
- Babbie, E. R. (2016). *The practice of social research* (Fourteenth edition). Cengage Learning.
- Bailly, A. S. (1973). Les théories de l'organisation de l'espace urbain (6 fig., tabl. *Espace géographique*, 2(2), 81-93. <https://doi.org/10.3406/spgeo.1973.1384>
- Bailly, É., & Marchand, D. (2016). *La ville sensible au coeur de la qualité urbaine*.
- Bardhan, R., Kurisu, K., & Hanaki, K. (2015). Does compact urban forms relate to good quality of life in high density cities of India? Case of Kolkata. *Cities*, 48, 55-65. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2015.06.005>
- Barlatier, P.-J. (2018). Chapitre 7. Les études de cas. In *Les méthodes de recherche du DBA* (p. 126-139). EMS Editions. <https://doi.org/10.3917/ems.cheva.2018.01.0126>
- Barretto, C., Dubroca, V., Lèbre, I., Hazard, P., & Decory, F. (2012). Ville intense, ville intime. *a'urba*. <https://www.aurba.org/productions/ville-intense-ville-intime/>
- Bassand, M., Compagnon, A., Joye, D., Stein, V., & Güller, P. (2001). *Vivre et créer l'espace public—(EAN13 : 9782880744861)*. EPFL Press. <https://www.epflpress.org/produit/90/9782880744861/vivre-et-creer-l-espace-public>
- Batty, M. (2008). *Cities as complex systems : Scaling, interactions, networks, dynamics and urban morphologies*. 1041-1073.
- Batty, M. (2016). Empty buildings, shrinking cities and ghost towns. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 43(1), 3-6. <https://doi.org/10.1177/0265813515619858>
- Batty, M. (2018). Digital twins. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 45(5), 817-820. <https://doi.org/10.1177/2399808318796416>
- Baudelle, G., & Ducom, E. (2009). *L'organisation de l'espace urbain par la distance au centre : Des modèles contradictoires ?* 20.
- Bauman, Z. (2000). *Liquid modernity*. Polity Press ; Blackwell.
- Beatley, T. (2000). *GREEN URBANISM : Learning from European Cities*. Island Press.
- Beatley, T. (2012). *Green Cities of Europe*. Island Press.
- Beaudet, G., & Wolff, P. (2012). La circulation, la ville et l'urbanisme : De la technicisation des transports au concept de mobilité. *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement, Hors-série 11*, Article Hors-série 11. <https://doi.org/10.4000/vertigo.11703>

- Beccari, B. (2016). A Comparative Analysis of Disaster Risk, Vulnerability and Resilience Composite Indicators. *PLoS Currents*, 8, ecurrents.dis.453df025e34b682e9737f95070f9b970. <https://doi.org/10.1371/currents.dis.453df025e34b682e9737f95070f9b970>
- Becue, V., Teller, J., & Laboratoire D'Automatique. (2005). *Comment concevoir un quartier « multifonction » pour promouvoir un développement urbain durable ?* 8.
- Beil, C., & Kolbe, T. H. (2020). COMBINED MODELLING OF MULTIPLE TRANSPORTATION INFRASTRUCTURE WITHIN 3D CITY MODELS AND ITS IMPLEMENTATION IN CITYGML 3.0. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, VI-4/W1-2020, 29-36. <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-VI-4-W1-2020-29-2020>
- Beirão, J., Montenegro, N., & Arrobas, P. (2012). City Information Modelling : Parametric urban models including design support data. *Portuguese Network of Urban Morphology*, 1122-1134. <https://doi.org/10.1080/13574809.2015.1092378>
- Bellier, J.-P., Bouloy, C., & Guéant, D. (2016). *Expériences de physique—Optique, mécanique, fluides, acoustique*. Dunod.
- Berdoulay, V., & Soubeyran, O. (2010). *L'écologie urbaine et l'urbanisme : Aux fondements des enjeux actuels*. La Découverte.
- Berkman, L. F., & Kawachi, I. (2000). *Social Epidemiology*. Oxford University Press.
- Berman, J. J. (2018). *Principles of big data : Preparing, sharing, and analyzing complex information* (2^e éd.). Elsevier, Morgan Kaufmann.
- Bertoncello, B. (2012). Les espaces publics, un enjeu du renouvellement urbain ? Interroger Marseille-centre et ses projets de requalification : Le cas du quartier Belsunce. *Actes des congrès nationaux des sociétés historiques et scientifiques*, 139-151.
- Bertrand, N. (2009). Chapitre 23 - L'étalement urbain : Enjeux environnementaux et aménagement/planification durable. In *L'Europe—Aménager les territoires* (p. 363-377). Armand Colin. <https://doi.org/10.3917/arco.jean.2009.01.0363>
- Betin, C. (2001). La construction de l'espace public. Le cas de Lyon / The making of public spaces : The case of Lyon. *Géocarrefour*, 76(1), 47-54. <https://doi.org/10.3406/geoca.2001.2505>
- Bi, T., Zhou, F., Yang, X., Zhu, Y., & Diao, X. (2021). Research on the Construction of City Information Modelling Basic Platform Based on Multi-source Data. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 693(1), 012021. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/693/1/012021>
- Bideaux, A. (2016). What are the environmental impacts of the Olympic Games? *1 Million Women*. <http://www.1millionwomen.com.au/blog/what-are-environmental-impacts-olympic-games/>
- Bier, K., & Bosch, M. (2017). *Hunziker Areal, Zürich*. urbandesignstudio.
- Biljecki, F., Ledoux, H., & Stoter, J. (2016). An improved LOD specification for 3D building models. *Computers Environment and Urban Systems*, 59, 25-37. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2016.04.005>
- Biljecki, F., Stoter, J., Ledoux, H., Zlatanova, S., & Çöltekin, A. (2015). Applications of 3D City Models : State of the Art Review. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 4(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/ijgi4042842>
- Billen, R., Cutting-Decelle, A.-F., Marina, O., de Almeida, J.-P., Caglioni, M., Falquet, G., Leduc, T., Métral, C., Moreau, G., Perret, J., Rabino, G., San Jose, R., Yatskiv, I., & Zlatanova, S. (2014). *3D city models and urban information : Current issues and perspectives : final publication of the European Cost action TU0801-Semantic enrichment of 3D city models for sustainable urban development*. EDP sciences.
- Billen, R., Cutting-Decelle, A.-F., Métral, C., Falquet, G., Zlatanova, S., & Marina, O. (2015). Challenges of Semantic 3D City Models : A Contribution of the COST Research Action TU0801. *International Journal of 3-D Information Modeling*, 4(2), 68-76. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-1677-4.ch016>
- Blaschke, T. (2010). Object based image analysis for remote sensing. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 65(1), 2-16. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2009.06.004>
- Bobic, M. (2004). *Between the edges : Street-building transition as urbanity interface*. Thoth Publishers.

- Bochet, B. (2007). Débat ville étalée—Ville compacte : La réponse des projets lausannois. *REVUE ECONOMIQUE ET SOCIALE*, 13.
- Boessen, A., Hipp, J. R., Butts, C. T., Nagle, N. N., & Smith, E. J. (2018). The built environment, spatial scale, and social networks : Do land uses matter for personal network structure? *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 45(3), 400-416. <https://doi.org/10.1177/2399808317690158>
- Boje, C., Guerriero, A., Kubicki, S., & Rezgui, Y. (2020). Towards a semantic Construction Digital Twin : Directions for future research. *Automation in Construction*, 114, 103179. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103179>
- Bolton, A., Butler, L., Dabson, I., Enzer, M., Evans, M., Fenemore, T., Harradence, F., Keaney, E., Kemp, A., Luck, A., Pawsey, N., Saville, S., Schooling, J., Sharp, M., Smith, T., Tennison, J., Whyte, J., Wilson, A., & Makri, C. (2018). *The Gemini Principles*. <https://doi.org/10.17863/CAM.322>
- Bonerandi, E., Landel, P.-A., & Roux, E. (2003). Les espaces intermédiaires, forme hybride : Ville en campagne, campagne en ville ? / Intermediate spaces, a hybrid form : a town in the countryside, or countryside in the town? *Revue de Géographie Alpine*, 91(4), 65-77. <https://doi.org/10.3406/rga.2003.2263>
- Borrmann, A., Beetz, J., Koch, C., Liebich, T., & Muhic, S. (2018). Industry Foundation Classes : A Standardized Data Model for the Vendor-Neutral Exchange of Digital Building Models. In *Building Information Modeling : Technology Foundations and Industry Practice* (p. 81-126). https://doi.org/10.1007/978-3-319-92862-3_5
- Boschert, S., & Rosen, R. (2016). Digital Twin—The Simulation Aspect. In *Mechatronic Futures* (p. 59-74). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-32156-1_5
- Boudet, D. (2015). Zurich : Le quartier Hunziker. *D'architectures*, 240, 68-81.
- Bourdin, S., & Cornier, T. (2017). Au-delà de la mesure du bien-être en milieu urbain : Quelle perception de la qualité de vie dans les villes européennes ? *Geographie, économie, société*, Vol. 19(1), 3-31.
- Boutier, J. (2005). Réduire les villes en cartes. *L'invention d'un regard non figuratif dans l'Europe moderne. La ville figurée. Plans et vues de Marseille*. 23-31.
- Bozza, A., Asprone, D., & Manfredi, G. (2015). Developing an integrated framework to quantify resilience of urban systems against disasters. *Natural Hazards*, 78, 1729-1748. <https://doi.org/10.1007/s11069-015-1798-3>
- Braun, L. M., & Malizia, E. (2015). Downtown vibrancy influences public health and safety outcomes in urban counties. *Journal of Transport & Health*, 2(4), 540-548. <https://doi.org/10.1016/j.jth.2015.08.005>
- BRE Group. (2022, avril 11). How BREEAM Works. *Bre*. <https://bregroup.com/products/breem/how-breem-works/>
- Brenner, N. (2004). *New state spaces : Urban governance and the rescaling of statehood*. Oxford University Press.
- Brenner, N. (2019). The Urban Question as a Scale Question? In *New urban spaces : Urban theory and the scale question*. Oxford University Press.
- Brilakis, I., Pan, Y., Borrmann, A., Mayer, H.-G., Rhein, F., Vos, C., Pettinato, E., & Wagner, S. (2019). *Built Environment Digital Twinning*. Technical University of Munich.
- Brundtland, G. H. (1987). Our Common Future—Call for Action. *Environmental Conservation*, 14(4), 291-294.
- Brunet, R., Ferras, R., & Théry, H. (2005). Ecologie, écologisme, environnement. In *Les mots de la géographie, dictionnaire critique* (Reclus, p. 177-188).
- Bruxelles Environnement. (2020). *Fiche de projet Quartiers Durables*. Bruxelles Environnement.
- Bughin, J., Hazan, E., Labaye, Eric, Manyika, J., Dahlström, P., Ramaswamy, S., & Caroline, C. de B. (2016). *Digital europe : Pushing the frontier, Capturing the benefits* (p. 64). McKinsey&Company.

- Carmona, M., & Sieh, L. (2004). *Measuring Quality in Planning*. Spon press. <https://click.endnote.com/viewer?doi=10.4324%2F9780203563311&token=WzM0Mzg4ODcsljEwLjQzMjQvOTc4MDIwMzU2MzZmXMSJd.PXZ3VPE7zNaVyr2gag2RxVzTEM8>
- Casillo, I. (2013). Espace public. In *DicoPart*. GIS Démocratie et Participation. <https://www.dicopart.fr/fr/dico/espace-public-1-0>
- CAUE 93. (2014). *La densité un atout pour la Seine-Saint-Denis*.
- Celnik, O., & Lebègue, É. (2015). *BIM et maquette numérique pour l'architecture, le bâtiment et la construction* (2e éd). Eyrolles CSTB éditions.
- Centre for Digital Built Britain. (2020). *The approach to delivering a National Digital Twin for the United Kingdom*.
- Cerema. (2016). *Adaptation des bâtiments aux changements climatiques : L'éco village des Noés au Val de Reuil*.
- Certivéa. (2022). HQE Aménagement Durable. *Certivéa*. <https://certivea.fr/certifications/hqe-amenagement-durable/>
- Cervero, R. (2002). Built environments and mode choice: Toward a normative framework. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 7(4), 265-284. [https://doi.org/10.1016/S1361-9209\(01\)00024-4](https://doi.org/10.1016/S1361-9209(01)00024-4)
- Chadee, S., & Stoute, V. (2018a). Health Dynamics in the Built Environment: An Urban Intensity Perspective – An Exploratory Study in Trinidad and Tobago. *Environmental Health Insights*, 12. Scopus. <https://doi.org/10.1177/1178630218811342>
- Chadee, S., & Stoute, V. (2018b). Development of an urban intensity index to facilitate urban ecosystem studies in Trinidad and Tobago. *Journal of Applied Statistics*, 45(3), 508-527. <https://doi.org/10.1080/02664763.2017.1282440>
- Chakhar, S. (2006). *Cartographie décisionnelle multicritère : Formalisation et implémentation informatique*. Université Paris Dauphine.
- Champion, T. (2001). Urbanization, suburbanisation, counter-urbanisation and reurbanisation. In *Handbook of Urban Studies* (p. 143-161). SAGE.
- Charmes, E. (2010). *La densification en débat*. 20-23.
- Charmes, E. (2011). *La ville émietlée*. PUF. https://www.puf.com/content/La_ville_%C3%A9miette%C3%A9e
- Checa, J., & Nel.lo, O. (2018). Urban Intensities. The Urbanization of the Iberian Mediterranean Coast in the Light of Nighttime Satellite Images of the Earth. *Urban Science*, 2, 115. <https://doi.org/10.3390/urbansci2040115>
- Chelkoff, G. (2012). Matières à ambiances: Les formants sensibles de l'expérience. *Matérialités contemporaines = Materiality in its contemporary forms : architecture, perception, fabrication, conception*, 123-131.
- Chen, K., Lu, W., Xue, F., Tang, P., & Li, L. H. (2018). Automatic building information model reconstruction in high-density urban areas : Augmenting multi-source data with architectural knowledge. *Automation in Construction*, 93, 22-34. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.05.009>
- Cherchye, L., Moesen, W., Rogge, N., Van Puyenbroeck, T., Saisana, M., Saltelli, A., Liska, R., & Tarantola, S. (2006). *Creating Composite Indicators with DEA and Robustness Analysis : The case of the Technology Achievement Index* (p. 22). Katholieke Universiteit Leuven.
- Cherqui, F. (2005). *Méthodologie d'évaluation d'un projet d'aménagement durable d'un quartier— Méthode ADEQUA*. 203.
- Chevalier, F., & Meyer, V. (2018). Chapitre 6. Les entretiens. In *Les méthodes de recherche du DBA* (p. 108-125). EMS Editions. <https://doi.org/10.3917/ems.cheva.2018.01.0108>
- Choay, F., & Merlin, P. (2015). *Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement* (4ème). Presses Universitaires de France. https://www.puf.com/content/Dictionnaire_de_lurbanisme_et_de_lam%C3%A9nagement

- City of Helsinki. (2019). *The Kalasatama Digital Twins Project* (p. 62) [The final report of the KIRA-digi pilot project].
- Clerc, P., & Garel, J. (1998). La réception du modèle graphique de Burgess dans la géographie française des années cinquante aux années soixante-dix. *Cybergeog: European Journal of Geography*. <https://doi.org/10.4000/cybergeog.5332>
- Clerval, A., & Crieckingen, M. V. (2021, mai 21). *Vous avez dit politiques de gentrification ?* [Text]. Métropoles; ENTPE. <https://journals.openedition.org/metropoles/7735>
- CNU. (2001). *Les Principes du Nouvel Urbanisme* (J.-M. Moulène, Trad.). Congress for the New Urbanism.
- Collectif Champ Libre ? (2018). Quelle place pour la théorie dans le champ de l'aménagement et de l'urbanisme en France? *Environnement urbain*, 13. <https://doi.org/10.7202/1052705ar>
- Collier, J. (1945). United States Indian Administration as a Laboratory of Ethnic Relations. *Social Research*, 12(3), 265-303.
- Colombert, M., de Chastenet, C., Diab, Y., Gobin, C., Herfray, G., Jarrin, T., Peuportier, B., Tardieu, C., & Trocmé, M. (2011). Analyse de cycle de vie à l'échelle du quartier : Un outil d'aide à la décision? Le cas de la ZAC Claude Bernard à Paris (France). *Environnement urbain / Urban Environment*, 5, c1-c21. <https://doi.org/10.7202/1007605ar>
- Correa, F. (2015). *Is BIM Big Enough to Take Advantage of Big Data Analytics?* 32nd International Symposium on Automation and Robotics in Construction, Oulu, Finland. <https://doi.org/10.22260/ISARC2015/0019>
- CPDT. (2009). *Assurer la mixité des fonctions*.
- CPDT. (2019). *Aménager les espaces publics wallons*.
- Cros, B. (2011). *Forteresses lilliputiennes—Les plans-reliefs des places fortes*.
- Cusin, F., & Damon, J. (2010). Les villes face aux défis de l'attractivité. Classements, enjeux et stratégies urbaines. *Futuribles*, 367, 25-46. <https://doi.org/10.1051/futur/36725>
- Da Cunha, A. (2015). NOUVELLE ÉCOLOGIE URBAINE ET URBANISME DURABLE. DE L'IMPÉRATIF ÉCOLOGIQUE À LA QUALITÉ URBAINE. *BSG/g*, 65, 5-25.
- Da Cunha, A., & Guinand, S. (2014). *Qualité urbaine, justice spatiale et projet*. Presses Polytechniques Romandes. <https://www.fr.fnac.be/a7063249/Antonio-Da-Cunha-Qualite-urbaine-justice-spatiale-et-projet>
- Da Cunha, A., & Kaiser, C. (2009). Densité, centralité et qualité urbaine : La notion d'intensité, outil pour une gestion adaptative des formes urbaines ? *Urbia*, 9, 13-56.
- Da Silva Almeida, F. A., & Andrade, M. L. V. X. (2018). *Considerações sobre o conceito de City Information Modeling*. 4(1), 21-38.
- Dadashi Haji, M., Taghaddos, H., Sebt, M. H., Chokan, F., & Zavari, M. (2021). The Effects of BIM Maturity Level on the 4D Simulation Performance : An Empirical Study. *International Journal of Engineering*, 34(3). <https://doi.org/10.5829/ije.2021.34.03c.03>
- Dall'O', G. (Éd.). (2020). *Green Planning for Cities and Communities : Novel Incisive Approaches to Sustainability*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-41072-8>
- Dall'O', G., Zichi, A., & Torri, M. (2020). Green BIM and CIM : Sustainable Planning Using Building Information Modelling. In G. Dall'O' (Éd.), *Green Planning for Cities and Communities : Novel Incisive Approaches to Sustainability* (p. 383-409). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41072-8_17
- Dantas, H. S., Sousa, J. M. M. S., & Melo, H. C. (2019). The Importance of City Information Modeling (CIM) for Cities' Sustainability. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 225, 012074. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/225/1/012074>
- Darley, A., Zunino, G., & Palisse, P. (2009). *Comment encourager l'intensification urbaine ?* Paris : IAU Institut d'aménagement et d'urbanisme Ile-de-France.
- DAU, & CDU. (1996). *La composition urbaine. Note et essai bibliographique*. <https://docplayer.fr/36211854-La-composition-urbaine-note-et-essai-bibliographique.html>

- Dawkins, O., Dennett, A., & Hudson-Smith, A. (2018). *Living with a Digital Twin: Operational management and engagement using IoT and Mixed Realities at UCL's Here East Campus on the Queen Elizabeth Olympic Park*. 6.
- Day, A. (1994). From map to model : The development of an urban information system. *Design Studies*, 15(3), 366-384. [https://doi.org/10.1016/0142-694X\(94\)90018-3](https://doi.org/10.1016/0142-694X(94)90018-3)
- De Smet, I. (2018). *Elaboration et expérimentation d'un outil d'évaluation et d'accompagnement à la conception d'îlots compacts de logements suivant une densité de population cible, dans une perspective de densification durable des villes et agglomérations des régions wallonne et Bruxelles-capitale*. Université de Mons.
- Debuiche, V. (2016). L'invention d'une géométrie pure au 17^e siècle : Pascal et son lecteur Leibniz. *Studia Leibnitiana*, 48(1), 42-67.
- Delaître, M., Nardo, M. D., Gonzva, M., Barroca, B., & Diab, Y. (2016). Échelles spatiales et approches méthodologiques pour l'analyse de la vulnérabilité. D'une approche sectorielle vers une approche systémique. *Espace populations sociétés*, 3, Article 2016/3. <https://doi.org/10.4000/eps.7044>
- DeLanda, M. (2006). *A New Philosophy of Society*. Continuum.
- Delen, D. (2019). *Introduction to Business Analytics and Decision-Making*. <https://www.informit.com/articles/article.aspx?p=2992600&seqNum=2>
- Deng, T., Zhang, K., & Shen, Z.-J. (Max). (2021). A systematic review of a digital twin city : A new pattern of urban governance toward smart cities. *Journal of Management Science and Engineering*, 6(2), 125-134. <https://doi.org/10.1016/j.jmse.2021.03.003>
- Depaule, J.-C. (2017). Introduction. In *Les mots de la stigmatisation urbaine* (p. 1-8). Éditions de la Maison des sciences de l'homme. <http://books.openedition.org/editionsms/9213>
- Dépelteau, F. (2010). *La démarche d'une recherche en sciences humaines. De la question de départ à la communication des résultats*. De Boeck.
- Deprêtre, A., & Jacquinod, F. (2021). Evaluating urban intensity through a City Information Model – Intermediate results from an action research project. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, VIII-4/W2-2021, 153-160. <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-VIII-4-W2-2021-153-2021>
- Deprêtre, A., Jacquinod, F., & Mielniczek, A. (2022). *Exploring Digital Twin adaptation to the urban environment : Comparison with CIM to avoid silo-based approaches*.
- Dereymaeker, N. (2020). Les plans-reliefs de la collection française : Représenter la ville pour mieux se l'appropriier. In *Penser, représenter et vivre l'espace* (p. 57-73). Hermann. <https://www.cairn.info/penser-representer-et-vivre-l-espace--9791037002662-p-57.htm>
- de Rosnay, J. (1975). *Le Macroscopie. Vers une vision globale* (Seuil). Dunod. <https://www.seuil.com/ouvrage/le-macroscopie-vers-une-vision-globale-joel-de-rosnay/9782020028189>
- de Saussure, F. (1995). *Cours de linguistique générale*. Payot et Rivages.
- Desbois, H. (2015). La carte et le territoire à l'ère numérique. *Socio. La nouvelle revue des sciences sociales*, 4, Article 4. <https://doi.org/10.4000/socio.1262>
- Dessouroux, C. (2003). La diversité des processus de privatisation de l'espace public dans les villes européennes. *Belgeo. Revue belge de géographie*, 1, Article 1. <https://doi.org/10.4000/belgeo.15293>
- Dhau Decuypere, Y. (2009). *La promotion des modes doux sur les territoires du bassin minier Nord-Pas de Calais*. Mission Bassin Minier.
- Dieleman, F., & Wegener, M. (2004). Compact City and Urban Sprawl. *Built Environment*, 30(4), 308-323. <https://doi.org/10.2148/benv.30.4.308.57151>
- Ding, K., Shi, H., Hui, J., Liu, Y., Zhu, B., Zhang, F., & Cao, W. (2018). Smart steel bridge construction enabled by BIM and Internet of Things in industry 4.0: A framework. *2018 IEEE 15th International Conference on Networking, Sensing and Control (ICNSC)*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/ICNSC.2018.8361339>

- Donkers, S., Ledoux, H., Zhao, J., & Stoter, J. (2016). Automatic conversion of IFC datasets to geometrically and semantically correct CityGML LOD3 buildings. *Transactions in GIS*, 20(4), 547-569. <https://doi.org/10.1111/tgis.12162>
- Donnay, J.-P. (2005). *Les « systèmes d'information géographique » (SIG). Préliminaires à un usage dans l'enseignement*. 45, 45-52.
- Dovey, K., & Pafka, E. (2014). *The urban density assemblage : Modelling multiple measures*. 19(1), 66-76. <https://doi.org/10.1057/udi.2013.13>.
- Dovey, K., & Symons, F. (2014). Density without intensity and what to do about it: Reassembling public/private interfaces in Melbourne's Southbank hinterland. *Australian Planner*, 51(1), 34-46. <https://doi.org/10.1080/07293682.2013.776975>
- Dovey, K., & Wood, S. (2015). Public/private urban interfaces : Type, adaptation, assemblage. *Journal of Urbanism: International Research on Placemaking and Urban Sustainability*, 8(1), 1-16. <https://doi.org/10.1080/17549175.2014.891151>
- Dowd, T., & Marsh, D. (2020). *The future of BIM: Digital transformation in the UK construction and infrastructure sector*. Royal Institution of Chartered Surveyors.
- Dreyfus, G. (1998). *LES RÉSEAUX DE NEURONES*. 19.
- DRIA AF. (2012). *Les systèmes d'information géographique*.
- Duany, A., & Steuteville, R. (2021, février 8). *Defining the 15-minute city* [Text]. CNU. <https://www.cnu.org/publicsquare/2021/02/08/defining-15-minute-city>
- Dubois, O., Criekingen, M. V., Dubois, C. O., & Bruxelles, U. L. D. (2005). *La « ville durable » contre les inégalités sociales? Compacité urbaine et gentrification à Bruxelles*.
- Dubois-Taine, G. (2002). *La Ville Emergente*. PUCA/Ministère de l'Équipement.
- Dubost, F. (1996). Le modèle des cités-jardins : La modernité à l'épreuve du temps. *Ethnologie française*, 26(1), 92-99.
- Ducas, S. (2000). *Étude de cas de l'agglomération de la municipalité de Stockholm*. La Ville ; Ministère des affaires municipales et de la métropole : Société d'habitation du Québec.
- Duloup, V., & Fredon, V. (2019). A Case Study of BIM Design for a Smart City with the Architecture, Engineering & Construction Collection. *Autodesk University*, 23.
- Dumesnil, F., & Ouellet, C. (2002). La réhabilitation des friches industrielles : Un pas vers la ville viable? *Vertigo*, 3(2), 19. <https://doi.org/10.4000/vertigo.3812>
- Durand, D. (2017). *La systémique: Vol. 13e éd.* Presses Universitaires de France; Cairn.info. <https://www.cairn.info/la-systemique--9782130798415.htm>
- Durczak, M. (2014). *Espace public : À la reconquête d'une identité urbaine. Cas de la réhabilitation des espaces publics en centre-ville*. Institut Supérieur des sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage.
- Eastman, C. M., Sacks, R., & Lee, G. (2004). Functional modeling in parametric CAD systems. *Generative CAD Conference*.
- Eastman, C. M., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2008). *BIM Handbook : A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*. Hoboken, New Jersey : John Wiley & Sons, Inc. <https://epress.lib.uts.edu.au/journals/index.php/AJCEB/article/view/2749>
- Eiffage Aménagement. (2018). *La Vallée à Châtenay-Malabry*.
- El Saddik, A. (2018). Digital Twins : The Convergence of Multimedia Technologies. *IEEE MultiMedia*, 25(2), 87-92. <https://doi.org/10.1109/MMUL.2018.023121167>
- Ellis, C. (2002). The New Urbanism : Critiques and Rebuttals. *Journal of Urban Design*, 7(3), 261-291. <https://doi.org/10.1080/1357480022000039330>
- Emelianoff, C. (2000). L'écologie urbaine entre science et urbanisme. *Quaderni*, 43(1), 85-99. <https://doi.org/10.3406/quad.2000.1474>
- EPAMSA. (2021). *La lettre* (N° 17; p. 1-4).
- EPAMSA. (2022). *Inventer le futur quartier de gare Eole*.

- Erdi Lelandais, G. (2009). « Quartiers de contestation... Quartiers d'exclusion ». *Cultures & Conflits*, 76, Article 76. <https://doi.org/10.4000/conflits.17812>
- ESRI. (1998). *ESRI Shapefile Technical Description*. ESRI White paper.
- Estudio Lunar. (2014). *Ørestad*. Lunar. <https://www.lunarestudio.com.mx/proyectos>
- Étienne, C., & Girard, J. (2007). Ville nouvelle de Val-de-Reuil. Un patrimoine en devenir. *Histoire urbaine*, 20(3), 77-100. <https://doi.org/10.3917/rhu.020.0077>
- European Commission. (2012). *Lignes directrices concernant les meilleures pratiques pour limiter, atténuer ou compenser l'imperméabilisation des sols*. Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2779/79012>
- European Committee for standardization. (2017). *Building information models—Information delivery manual—Part 1 : Methodology and format*.
- Fijalkow, Y., & Nicolas, A. (2018). Quartiers, rues et espaces publics : Éléments pour une histoire des Etudes Urbaines francophones. *Environnement Urbain / Urban Environment, Volume 13*, Article Volume 13. <https://journals.openedition.org/eue/2144?lang=en>
- Filep, C., & Thompson-Fawcett, M. (2020). New Urbanism and Contextual Relativity : Insights from Sweden. *Urban Planning*, 5(4), 404-416. <https://doi.org/10.17645/up.v5i4.3514>
- Fleury-Bahi, G., Pol, E., & Navarro, O. (2017). Introduction : Environmental Psychology and Quality of Life. In G. Fleury-Bahi, E. Pol, & O. Navarro (Éds.), *Handbook of Environmental Psychology and Quality of Life Research* (p. 1-8). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-31416-7_1
- Florida, R. (2012, mai 16). The Limits of Density. *Bloomberg*.
- Fouchier, V. (1998). La densité humaine nette : Un indicateur d'intensité urbaine in Pumain D. & Mattei M. F. (coord.) , Données urbaines no 2 , Paris , Anthropos , Coll. Villes , p. 181-189. In M. F. Mattei, *Données urbaines* (Vol. 2, p. 181-189). Anthropos.
- Fouchier, V. (2010). L'intensité urbaine. *Etudes foncières*, 145, 35-36.
- Fraker, H. (2013). Hammarby Sjöstad, Stockholm, Sweden. In H. Fraker, *The Hidden Potential of Sustainable Neighborhoods* (p. 43-67). Island Press/Center for Resource Economics. https://doi.org/10.5822/978-1-61091-409-3_3
- Francis, J., Giles-Corti, B., Wood, L., & Knuiiman, M. (2012). Creating sense of community : The role of public space. *Journal of Environmental Psychology*, 32(4), 401-409. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2012.07.002>
- Fredon, D., Margail, S., & Magloire, D. (2016). *Toute la MP en fiches - 2e éd. : Maths. Physique. Chimie*. Dunod.
- Frey, J.-P. (1999). Genealogie du mot « Urbanisme ». *Urbanisme*, 304, 63-71.
- Frouard, H. (2012). Tous propriétaires ? Les débuts de l'accession sociale à la propriété. *Le Mouvement Social*, 239(2), 113-128. <https://doi.org/10.3917/lms.239.0113>
- Gaffiot. (1934). *Intensus—Dictionnaire Latin—Français*. <https://www.lexilogos.com/latin/gaffiot.php?p=837>
- Garde, A., & Kim, C. (2017). Form-Based Codes for Zoning Reform to Promote Sustainable Development : Insights From Cities in Southern California. *Journal of the American Planning Association*, 83(4), 346-364. <https://doi.org/10.1080/01944363.2017.1364974>
- Garde, A. M. (2004). New Urbanism as Sustainable Growth? : A Supply Side Story and Its Implications for Public Policy. *Journal of Planning Education and Research*, 24(2), 154-170. <https://doi.org/10.1177/0739456X04266606>
- Gatrell, A. (1991). *Geographic Information Systems and Science*. John Wiley & Sons.
- Geddes, P. (2018). *The Civic Survey of Edinburgh*. Creative Media Partners, LLC.
- Gehl, J. (2010). *Cities for People* (Island Press).
- Gehl, J. (2011). *Life between buildings : Using public space*. Island Press.
- Genestier, P. (2010). La mixité : Mot d'ordre, v?u pieux ou simple argument ? *Espaces et sociétés*, 140-141(1), 21. <https://doi.org/10.3917/esp.140.0021>

- Gérard, A. (2017). Enjeux et stratégies de l'appropriation des espaces collectifs. *Gerontologie et société*, 39 / n° 152(1), 143-154.
- Gérardin, H., & Poirot, J. (2010). *Attractivité et développement*. 149, 27-41.
- Ghilardi +Hellsten Arkitekter. (2019). *Økern senter*. Ghilardi+Hellsten Arkitekter. <https://ghilardihellsten.no/prosjekter/okern-senter/>
- Gianinazzi, W. (2018). Penser global, agir local. Histoire d'une idée. *EcoRev'*, 46(1), 19-30. <https://doi.org/10.3917/ecorev.046.0019>
- Gil, J. (2020). City Information Modelling : A Conceptual Framework for Research and Practice in Digital Urban Planning. *Built Environment*, 46(4), 501-527. <https://doi.org/10.2148/benv.46.4.501>
- Gil, J., Almeida, J., & Duarte, J. P. (2011). The backbone of a City Information Model (CIM) : Implementing a spatial data model for urban design. *Proceedings of the 29th International Conference on Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe (eCAADe)*. <https://doi.org/10.52842/conf.ecaade.2011.143>
- Gil, J., Beirão, J., Montenegro, N., & Duarte, J. (2009). Assessing Computational Tools for Urban Design. *ECAADe 28*, 361-369.
- Gil, J., Duarte, J. P., & Almeida, J. (2011). The backbone of a City Information Model (CIM). *ECAADe*, 29, 143-151.
- Giordano, Y., & Jolibert, A. (2008). Spécifier l'objet de recherche. *HAL, Post-Print*.
- Glaessgen, E., & Stargel, D. (2012, avril 23). The Digital Twin Paradigm for Future NASA and U.S. Air Force Vehicles. *53rd AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics and Materials Conference & BR & 20th AIAA/ASME/AHS Adaptive Structures Conference & BR & 14th AIAA*. 53rd AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics and Materials Conference
20th AIAA/ASME/AHS Adaptive Structures Conference
14th AIAA, Honolulu, Hawaii. <https://doi.org/10.2514/6.2012-1818>
- Godart, V. (2022). *Cours de Cartographie*. Université de Paris 8. [http://www.ipt.univ-paris8.fr/vgodart/enseigne/carto2/memocart/mem11car.htm](http://www.ipt.univ-paris8.fr/vgodard/enseigne/carto2/memocart/mem11car.htm)
- Goel, S. (2013). *Spatial planning for sustainable behaviour : The case of Hammarby Sjöstad*. KTH, Royal Institute of Technology.
- Gómez, H., & Kavzoglu, T. (2005). Assessment of shallow landslide susceptibility using artificial neural networks in Jabonosa River Basin, Venezuela. *Engineering Geology*, 78(1-2), 11-27. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2004.10.004>
- Goodchild, M. F. (1987). *Towards an enumeration and classification of GIS functions*. 62-77.
- Goodchild, M. F. (2010). Towards Geodesign : Repurposing Cartography and GIS? *Cartographic Perspectives*, 66, 7-22. <https://doi.org/10.14714/CP66.93>
- Goodchild, M. F., Yuan, M., & Cova, T. J. (2007). Towards a general theory of geographic representation in GIS. *International Journal of Geographical Information Science*, 21(3), 239-260. <https://doi.org/10.1080/13658810600965271>
- Goxe, A., & Rousseau, S. (2008). L'empreinte écologique : Un nouvel indicateur, ancienne approche ? Mise en perspective et analyse territoriale de l'empreinte écologique. In Y. Lazzeri, *Les indicateurs territoriaux de développement durable. Questionnements et expériences*. L'Harmattan. <https://journals.openedition.org/developpementdurable/6402>
- GPSEO. (2020). *Mantes Université (Mantes la Jolie, Buchelay, Mantès-la-Ville)*. GPSEO - Communauté urbaine Grand Paris Seine & Oise. <https://gpseo.fr/entreprendre-et-innover/mon-projet-dentreprise/implanter-son-entreprise/mantes-universite-mantes-la>
- Grant, J. (2002). Mixed Use in Theory and Practice : *Canadian Experience with Implementing a Planning Principle*. *Journal of the American Planning Association*, 68(1), 71-84. <https://doi.org/10.1080/01944360208977192>
- Grant, J. (2006). *Planning the Good Community*. Routledge. <https://click.endnote.com/viewer?doi=10.4324%2F9780203479469&token=WzM0Mzg4ODcsljEwLjQzMjQvOTc4MDIwMzQ3OTQ2OSJd.fsQrzdTsmxz9CJyyZdCPZkE03VQ>

- Grenoble Alpes Metropole. (2017). *USAGES D'AUJOURD'HUI ET DE DEMAIN : VIVRE L'ESPACE PUBLIC*.
- Grieves, M. (2014). *Digital Twin : Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication*.
- Grieves, M., & Vickers, J. (2017). Digital Twin : Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems. In F.-J. Kahlen, S. Flumerfelt, & A. Alves (Éds.), *Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems* (p. 85-113). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-38756-7_4
- Grillet-Aubert, A., Guth, S., & Tiry-Ono, C. (2007). *Cahier de références Mobilité et projet* (Research Report DAS 06MT034; p. 36). PREDIT - Programme National de Recherche, d'Expérimentation et d'Innovation dans les Transports terrestres, DRAST - Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement Durable, IPRAUS - UMR AUSser. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03254589>
- Grimwood, G. G. (2021). *Planning for the Future : Planning policy changes in England in 2020 and future reforms*. House of Commons Library.
- Gröger, G., & Plümer, L. (2012). *CityGML - Interoperable semantic 3D city models*. 71, 12-33.
- Grosjean, B. (2007). *La "ville diffuse" à l'épreuve de l'Histoire : Urbanisme et urbanisation dans le Brabant belge* [Theses, Université de Paris-VIII, Institut Français d'Urbanisme ; Université catholique de Louvain-la-Neuve, Faculté des Sciences Appliquées]. <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-01523770>
- Grosjean, G., Salomon, J., & Amphoux, P. (2014). *La densité urbaine* (Rapport de recherche IREC N° 142; p. 167). Institut de Recherche sur l'Environnement Construit.
- Guan, C., & Rowe, P. G. (2016). The concept of urban intensity and China's townization policy : Cases from Zhejiang Province. *Cities*, 55, 22-41. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2016.03.012>
- Gupta, A., Marciano, R., Zaslavsky, I., & Baru, C. (1999). Integrating GIS and Imagery through XML-Based Information Mediation. In P. Agouris & A. Stefanidis (Éds.), *Integrated Spatial Databases* (Vol. 1737, p. 211-234). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/3-540-46621-5_13
- Gwiazdzinski, L. (2013). Urbanisme des temps. *l'Observatoire*, 43, 3-8.
- Gwiazdzinski, L. (2014). The malleable, adaptable metropolises : Towards a temporary and temporal urbanism. *STREAM*, 3, 51-63.
- Haag, S., & Anderl, R. (2018). Digital twin – Proof of concept. *Manufacturing Letters*, 15, 64-66. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2018.02.006>
- Haapio, A. (2012). Towards sustainable urban communities. *Environmental Impact Assessment Review*, 32(1), 165-169. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2011.08.002>
- Habermas, J. (1988). *L'espace public : Archéologie de la publicité comme dimension constitutive de la société bourgeoise* (M. B. de Launay, Trad.). Payot.
- Hägglöf, D., & Salminen, A. (2015). *City Information Model—CIM*. Mälardalen University.
- Haghshenas, H., & Vaziri, M. (2012). Urban sustainable transportation indicators for global comparison. *Ecological Indicators*, 15(1), 115-121. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.09.010>
- Halbout, H. (2016). *SIG, modélisation 3D et BIM : une complémentarité indispensable* (1). 15.
- Halleux, J.-M., Brück, L., & Mairy, N. (2002). La périurbanisation résidentielle en Belgique à la lumière des contextes suisse et danois : Enracinement, dynamiques centrifuges et régulations collectives. *Belgeo*, 4, 333-354. <https://doi.org/10.4000/belgeo.16086>
- Hamilton, A., Wang, H., Tanyer, A. M., Arayici, Y., Zhang, X., & Song, Y. (2005). *Urban Information Model for city planning*. 55-67.
- Hamman, P. (2012). Introduction. In *Sociologie urbaine et développement durable* (p. 7-16). De Boeck Supérieur. <https://www.cairn.info/sociologie-urbaine-et-developpement-durable--9782804172107-p-7.htm>
- Hammarby Sjöstad. (2000). *Hammarby Sjöstad Miljöprogram*.
- Hanne, G. (2020). Introduction. In *Le travail dans la ville : Toulouse et Saragosse des Lumières à l'industrialisation. Étude comparée* (p. 11-49). Presses universitaires du Midi. <http://books.openedition.org/pumi/36403>

- Harris, C. D., & Ullman, E. L. (1945). The Nature of Cities. *The ANNALS of the American Academy of Political and Social Science*, 242(1), 7-17. <https://doi.org/10.1177/000271624524200103>
- Harvey, P. D. A. (1987). Local and Regional Cartography in Medieval Europe. In *The History of Cartography* (Vol. 1, p. 464-501). University of Chicago Press.
- Hatchuel, A. (1994). Les savoirs de l'intervention en entreprise. *Entreprises et histoire*, 7(3), 59. <https://doi.org/10.3917/eh.007.0059>
- He, X. (2022). Energy effect of urban diversity : An empirical study from a land-use perspective. *Energy Economics*, 108, 105892. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2022.105892>
- Hernandez, L. A., & Hernandez, S. (1997). *Application of digital 3D models on urban planning and highway design*. 33, 391-402. <https://doi.org/10.2495/UT970361>
- Hess, R. (1981). Lewin et la recherche-action. In *La sociologie d'intervention* (PUF, p. 99-109). PUF.
- Hisham, A. (2010, mai 10). Conclusions d'Ahmad : La nouvelle tendance de la CIM. *Conclusions d'Ahmad*. <http://ahmadfindings.blogspot.com/2010/05/new-trend-of-cim.html>
- Hornik, K., Stinchcombe, M., & White, H. (1989). Multilayer Feedforward Networks are Universal Approximators. *Neural Networks*, 2, 359-366.
- Howell, S., & Rezgui, Y. (2018). *Beyond BIM: Knowledge management for a smarter built environment*. <https://www.brebookshop.com/details.jsp?id=327975>
- Howell, S., Rezgui, Y., Hippolyte, J.-L., Jayan, B., & Li, H. (2017). Towards the next generation of smart grids: Semantic and holonic multi-agent management of distributed energy resources. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 77, 193-214. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.107>
- Hoyt, H. (1933). *One hundred years of land values in Chicago ..* (The University of Chicago Press).
- Humain-Lamoure, A.-L. (2007). 3. Le quartier comme objet en géographie. In *Le quartier* (p. 41-51). La Découverte. <https://doi.org/10.3917/dec.bacqu.2007.01.0041>
- IBGE. (2010). *Maximiser la biodiversité*.
- Ile, U. (2021). Visual-spatial dimensions of modern residential buildings, experience of the Nordic region. *Landscape Architecture and Art*, 18, 7-15. <https://doi.org/10.22616/lj.landarchart.2021.18.01>
- Imbert, G. (2010). L'entretien semi-directif : À la frontière de la santé publique et de l'anthropologie. *Recherche en soins infirmiers*, N° 102(3), 23-34.
- Insee. (2022). *Dossier complet - Commune de Châtenay-Malabry (92019)*. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2011101?geo=COM-92019#chiffre-cle-8>
- Institut Bruxellois de Statistique et d'Analyse. (2022). *Carte Statistiques—Revenu imposable médian des déclarations en Région bruxelloise*. IBSA.Bruxelles. <https://monitoringdesquartiers.brussels/maps/statistiques-revenus-bruxelles/revenus-fiscaux-region-bruxelloise/revenu-median-des-declarations/1/2018/>
- IPCC. (2022). *Working Group III contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC.
- Isikdag, U., Aouad, G., Underwood, D. J., & Trodd, D. N. M. (2004). *TOWARDS THE IMPLEMENTATION OF THE BUILDING INFORMATION MODELS IN GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS*. 12.
- Isikdag, U., & Zlatanova, S. (2009). Towards Defining a Framework for Automatic Generation of Buildings in CityGML Using Building Information Models. In *Lecture Notes in Geoinformation and Cartography* (p. 79-96). https://doi.org/10.1007/978-3-540-87395-2_6
- IWEPS. (2020). Artificialisation du sol en Wallonie. *Iweps*. <https://www.iweps.be/indicateur-statistique/artificialisation-du-sol/>
- Jacobs, J. (1991). *Déclin et survie des grandes villes américaines* (C. Parin-Senemaud, Trad.; Pierre Mardaga éditeur).
- Jacquino, F. (2014). *Production, pratique et usages des geovisualisations 3d dans l'aménagement du territoire*. Université de Saint-Etienne.

- Jégou, A., About de Chastenet, C., Augiseau, V., Guyot, C., Judéaux, C., Monaco, F.-X., & Pech, P. (2012). L'évaluation par indicateurs : Un outil nécessaire d'aménagement urbain durable ? : Réflexions à partir de la démarche parisienne pour le géographe et l'aménageur. *Cybergeo*. <https://doi.org/10.4000/cybergeo.25600>
- Jenks, M. (2019). Compact City. In *The Wiley Blackwell Encyclopedia of Urban and Regional Studies* (p. 1-4). American Cancer Society. <https://doi.org/10.1002/9781118568446.eurs0530>
- Jenks, M., Burton, E., & Williams, K. (1996). *The Compact City : A Sustainable Urban Form?* Spon.
- Jiang, D., Zhang, Y., Hu, X., Zeng, Y., Tan, J., & Shao, D. (2004). Progress in developing an ANN model for air pollution index forecast. *Atmospheric Environment*, 10.
- Joerin, F., Lebreton, M., & Desthieux, G. (2005). Des systèmes d'indicateurs pour aider les acteurs à manipuler la complexité territoriale. *Développement urbain durable, gestion des ressources et gouvernance*. Colloque de l'Observatoire universitaire de la Ville et du Développement durable, Lausanne.
- Johnston, C. (1992). *What is Social Value? : A Discussion Paper*. https://www.academia.edu/1098089/What_is_Social_Value_A_Discussion_Paper
- Jolley, V. (2019). The rural super city—Central Lancashire New Town. *SHS Web of Conferences*, 63, 05003. <https://doi.org/10.1051/shsconf/20196305003>
- Jones, D., Snider, C., Nassehi, A., Yon, J., & Hicks, B. (2020). Characterising the Digital Twin : A systematic literature review. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 29, 36-52. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2020.02.002>
- Jordan, M. I., & Mitchell, T. M. (2015). Machine learning : Trends, perspectives, and prospects. *Science*, 349(6245), 255-260. <https://doi.org/10.1126/science.aaa8415>
- Joseph, I., & Grafmeyer, Y. (2009). *L'École de Chicago : Naissance de l'écologie urbaine*. FLAMMARION.
- Jouison-Laffitte, E. (2009). La recherche action : Oubliée de la recherche dans le domaine de l'entrepreneuriat. *Revue de l'Entrepreneuriat*, 8(1), 1-35. <https://doi.org/10.3917/entre.081.0002>
- Kang, J.-S., Chung, K., & Hong, E. J. (2021). Multimedia knowledge-based bridge health monitoring using digital twin. *Multimedia Tools and Applications*, 80(26-27), 34609-34624. <https://doi.org/10.1007/s11042-021-10649-x>
- Kanigel, R. (2017). *Eyes on the Street : The Life of Jane Jacobs : : Amazon.fr : Livres*. Vintage Books. <https://www.amazon.fr/Eyes-Street-Life-Jane-Jacobs/dp/0345803337>
- Kaufmann, V., & Jemelin, C. (2008). La motilité, une forme de capital permettant d'éviter les irréversibilités socio-spatiales ? In R. Séchet, I. Garat, & D. Zeneidi (Éds.), *Espaces en transactions* (p. 83-91). Presses universitaires de Rennes. <https://doi.org/10.4000/books.pur.432>
- Kawachi, I., & Subramanian, S. V. (2007). Neighbourhood influences on health. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 61(1), 3-4. <https://doi.org/10.1136/jech.2005.045203>
- Kemp, A. (2020). The BIM Implementation Journey : Lessons Learned for Developing and Disseminating City Information Modelling (CIM). *Built Environment*, 46(4), 528-546. <https://doi.org/10.2148/benv.46.4.528>
- Ketzler, B., Naserentin, V., Latino, F., Zangelidis, C., Thuvander, L., & Logg, A. (2020). Digital Twins for Cities : A State of the Art Review. *Built Environment*, 46(4), 547-573. <https://doi.org/10.2148/benv.46.4.547>
- Khemlani, L. (2005). Hurricanes and their aftermath : How can technology help? *AECbytes*.
- Khemlani, L. (2016). City Information Modeling : AECbytes Feature. *AECbytes*. <https://www.aecbytes.com/feature/2016/CityInformationModeling.html>
- Kilov, H., & Ross, J. (1994). *Information modeling : An object-oriented approach*. Prentice-Hall, Inc.
- Knaap, G.-J., & Talen, E. (2005). New Urbanism and Smart Growth : A Few Words from the Academy. *International Regional Science Review - INT REG SCI REV*, 28, 107-118. <https://doi.org/10.1177/0160017604273621>

- Kokoreff, M. (2007). Du stigmaté au ghetto. De la difficulté à nommer les quartiers. *Informations sociales*, 141(5), 86-95. <https://doi.org/10.3917/inso.141.0086>
- Kolbe, T. H., Gröger, G., & Plümer, L. (2005). CityGML : Interoperable Access to 3D City Models. In P. van Oosterom, S. Zlatanova, & E. M. Fendel (Éds.), *Geo-information for Disaster Management* (p. 883-899). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/3-540-27468-5_63
- Koumetio Tekouabou, S. C., Diop, E. B., Azmi, R., Jaligot, R., & Chenal, J. (2021). Reviewing the application of machine learning methods to model urban form indicators in planning decision support systems : Potential, issues and challenges. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, S131915782100210X. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2021.08.007>
- Koutamanis, A. (2020). Dimensionality in BIM : Why BIM cannot have more than four dimensions? *Automation in Construction*, 114, 103153. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103153>
- Kritzinger, W., Karner, M., Traar, G., Henjes, J., & Sihn, W. (2018). Digital Twin in manufacturing : A categorical literature review and classification. *IFAC-PapersOnLine*, 51(11), 1016-1022. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.474>
- Ku, Y. K. (2020). *Measuring intensity and frequency of human activities*. <https://doi.org/10.26188/12782321>
- Kutzner, T., Chaturvedi, K., & Kolbe, T. H. (2020). CityGML 3.0 : New Functions Open Up New Applications. *PFG – Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science*, 88(1), 43-61. <https://doi.org/10.1007/s41064-020-00095-z>
- L. n°2021-1104, 2021-1104 2021-1104 § art.191, III (2021).
- Laborit, H. (1971). *L'Homme et la ville*. Flammarion.
- Lancelle, M., & Fellner, D. W. (2010). Current issues on 3D city models. *Proceedings of the Proceedings of the 25th International Conference in Image and Vision Computing*, 363-369.
- Landry, C. (2006). *Lineages of the Creative City*. 1(1), 1-13.
- Lang, W., Chen, T., & Li, X. (2016). A new style of urbanization in China : Transformation of urban rural communities. *Habitat International*, 55, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2015.10.009>
- Laqrichi, S. (2015). *Approach to build realistic models for estimating project effort/cost in an uncertain environment : Application to the software development field*. Université de Toulouse.
- Lardon, S., & Piveteau, V. (2005). Méthodologie de diagnostic pour le projet de territoire : Une approche par les modèles spatiaux. *Géocarrefour*, 80(2), 75-90. <https://doi.org/10.4000/geocarrefour.980>
- Larousse. (2022a). Définitions : Modèle. In *Dictionnaire de français en ligne*. <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/mod%C3%A8le/51916>
- Larousse. (2022b). Définitions : Urbanisme. In *Dictionnaire de français en ligne*. <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/urbanisme/80668>
- Larousse, É. (2022c). Définitions : Critère. In *Dictionnaire de français en ligne*. <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/crit%C3%A8re/20567>
- Larousse, É. (2022d). Définitions : Paramètre. In *Dictionnaire de français en ligne*. <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/param%C3%A8tre/57952>
- Latour, B. (1997). Toute recherche est action ! : Un entretien avec Christophe Albaladejo et François Casabianca. *La recherche-action : Ambitions, pratiques, débats*, 212.
- Lavadinho, S. (2009). Dynamiques d'intensité événementielle : Visions d'une urbanité en devenir. *Urbia*, 9, 87-104.
- Le Bras, H. (1996). La densité a-t-elle une influence sur les comportements sociaux ? Des échelles territoriales différentes. *Cybergeo: European Journal of Geography*. <https://doi.org/10.4000/cybergeo.288>
- Le Corbusier. (1971). *La Charte d'Athènes*. SEUIL. <https://www.babelio.com/livres/Corbusier-La-Charte-dAthenes/340343>
- Le Moigne, J.-L. (1994). *La théorie du système général : Théorie de la modélisation* (4. éd., mise à jour). PUF.

- Le Robert. (2022a). Définition : Modèle. In *Dictionnaire alphabétique et analogique de la langue française : Version numérique*. <https://dictionnaire.lerobert.com/definition/modele>
- Le Robert. (2022b). Définition : Système. In *Dictionnaire alphabétique et analogique de la langue française : Version numérique*. <https://dictionnaire.lerobert.com/definition/systeme>
- Lefèvre, C., & Pinson, G. (2020). 1. Urbanisation du monde et mort de la ville ? In *Pouvoirs urbains* (p. 13-41). Armand Colin. <https://www.cairn.info/pouvoirs-urbains--9782200624880-p-13.htm>
- Lehmann, S. (2010). Green Urbanism: Formulating a Series of Holistic Principles. *S.A.P.I.EN.S. Surveys and Perspectives Integrating Environment and Society*, 3(2), Article 3.2. <http://journals.openedition.org/sapiens/1057>
- Levy, A. (2013). La ville durable en débat : Entre recherche urbaine et recherche urbanistique. *Espaces et sociétés*, 152-153(1-2), 223-239. <https://doi.org/10.3917/esp.152.0223>
- Levy, A. (2016). Patrick Geddes (1854-1932) revisité. *Espaces et sociétés*, 167(4), 187-203. <https://doi.org/10.3917/esp.167.0187>
- Lévy, A. (2020). *Vers un nouvel hygiénisme ?* 6.
- Lévy, J., & Lussault, M. (2003). *Dictionnaire de la Géographie et de l'espace des Sociétés*.
- l'Hostis, A., & Conesa, A. (2010). Définir l'accessibilité intermodale. In A. Banos & T. Thévenin, *Systèmes de transport urbains*. (Hermès, p. 24).
- Li Vigni, F. (2022). Chapitre 1. Les théories de la complexité : Un essai de mise en ordre. In *Histoire et sociologie des sciences de la complexité* (p. 17-44). Éditions Matériologiques. <https://www.cairn.info/histoire-et-sociologie-des-sciences--9782373613346-p-17.htm>
- Li, X., Li, Y., Jia, T., Zhou, L., & Hijazi, I. H. (2022). The six dimensions of built environment on urban vitality: Fusion evidence from multi-source data. *Cities*, 121, 103482. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2021.103482>
- Lindholm, N. (2019). *The Case of Hammarby Sjöstad*. 41.
- Liu, S., Zhang, L., Ling Zhang, Yi Long, & Long, Y. (2019). Urban Vitality Area Identification and Pattern Analysis from the Perspective of Time and Space Fusion. *Sustainability*, 11(15), 4032. <https://doi.org/10.3390/su11154032>
- Liu, Y., Liu, Y., & Wang, Z. (2008). Study on Indexes Weighting of the Physical Quality of Life Evaluation of Rural Migrant Workers Application of Combined Weighting Method Based on AHP and ANN. *2008 Fourth International Conference on Natural Computation*, 172-177. <https://doi.org/10.1109/ICNC.2008.677>
- Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (Éds.). (2005). *Geographical Information Systems : Principles, Techniques, Management and Applications*. (Wiley).
- Lotteau, M. (2017). Développement d'une approche d'intégration des questions de morphologie urbaine dans l'évaluation environnementale des projets d'aménagement à l'échelle du quartier basée sur l'analyse de cycle de vie. *Université de Bordeaux*, 245.
- Löwner, M.-O., Gröger, G., Benner, J., Biljecki, F., & Nagel, C. (2016). Proposal for a new LOD and multi-representation concept for CityGML. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, IV-2/W1, 3-12. <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-IV-2-W1-3-2016>
- Lozinski, I. (2021, octobre 6). *Exporting IFC from Revit part 2: Top-level IFC entities*. Bim Corner. <https://bimcorner.com/exporting-ifc-from-revit-part-2-top-level-ifc-entities/>
- Lu, S., Shi, C., & Yang, X. (2019). Impacts of Built Environment on Urban Vitality : Regression Analyses of Beijing and Chengdu, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(23), 4592. <https://doi.org/10.3390/ijerph16234592>
- Lussault, M. (2016). *L'Homme spatial. La construction sociale de l'espace humain : La construction sociale de l'espace humain*. Média Diffusion.
- Lynch, K. (1984). *Good City Form*. MIT Press.
- Lynch, P., Blesius, L., & Hines, E. (2020). Classification of Urban Area Using Multispectral Indices for Urban Planning. *Remote Sensing*, 12, 2503. <https://doi.org/10.3390/rs12152503>
- Maas, P. (1984). *Toward a theory of urban vitality*. The University of British Columbia.

- Maier, F. (2013, octobre 24). DETAIL - Magazin für Architektur + Baudetail—Start. *Détail*. <https://www.detail.de/deubau-preis-2014-hunzikerareal-in-zuerich-11171/>
- Malczewski, J. (1999). *GIS and Multicriteria Decision Analysis*. John Wiley & Sons.
- Marchal, F. (2019). Le quartier durable Hammarby, un modèle à la suédoise. *Ecologik*. <http://www.ecologikmagazine.fr/le-quartier-durable-hammarby-un-modele-a-la-suedoise-a2751>
- Marchal, H., & Stébé, J.-M. (2014a). Chapitre III. Vers l'urbanisation généralisée des villes. In *Les grandes questions sur la ville et l'urbain* (p. 45-49). Presses Universitaires de France. <https://www.cairn.info/les-grandes-questions-sur-la-ville-et-l-urbain--9782130631699-p-45.htm>
- Marchal, H., & Stébé, J.-M. (2014b). Chapitre IV. Négocier avec soi plus qu'avec autrui. In *Les grandes questions sur la ville et l'urbain* (p. 77-79). Presses Universitaires de France. <https://www.cairn.info/les-grandes-questions-sur-la-ville-et-l-urbain--9782130631699-p-77.htm>
- Mariolle, B. (2007). D comme Densité. *Les Cahiers de la recherche architecturale et urbaine*, 20/21, 64-67.
- Marry, S., & Arantes, L. (2013). Étalement et densité : Quels enjeux urbains à l'œuvre dans la conception des formes urbaines ? *Urbia*, 15, 195-218.
- Martinez, G. S., Sierla, S., Karhela, T., & Vyatkin, V. (2018). Automatic Generation of a Simulation-Based Digital Twin of an Industrial Process Plant. *IECON 2018 - 44th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, 3084-3089. <https://doi.org/10.1109/IECON.2018.8591464>
- Massé, P. (1965). *Le Plan ou l'Anti-hasard*. Gallimard.
- Matthey, L. (2005). Éthique, politique et esthétique du terrain : Cinq figures de l'entretien compréhensif. *Cybergeo : European Journal of Geography*. <https://doi.org/10.4000/cybergeo.3426>
- Mazumdar, S., Learnihan, V., Cochrane, T., & Davey, R. (2018). The Built Environment and Social Capital: A Systematic Review. *Environment and Behavior*, 50(2), 119-158. <https://doi.org/10.1177/0013916516687343>
- Mehr als Wohnen. (2017). *A vision becomes reality – 10 years lessons learned*. Mehr als Wohnen.
- Mehta, V. (2014). Evaluating Public Space. *Journal of Urban Design*, 19(1), 53-88. <https://doi.org/10.1080/13574809.2013.854698>
- Meiqing, L. (2018). *Estimating County-level Urban Intensity using Google Earth Engine : A case of California*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.10667.16162>
- Merlin, P. (2018). *Chapitre III. Le statut de l'urbanisme: Vol. 12e éd.* (p. 51-56). Presses Universitaires de France. <https://www.cairn.info/l-urbanisme--9782130813477-p-51.htm>
- Merlin, P., & Choay, F. (1988). *Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement*. Presses universitaires de France.
- Metais-Wiersch, E., Autissier, D., & Bailly, M. (2018). Outil 10. Le cas d'utilisation. In *La boîte à outils du Chief Digital Officer* (p. 38-41). Dunod. <https://www.cairn.info/la-boite-a-outils-du-chief-digital-officer--9782100779451-p-38.htm>
- Ministère de la Transition Ecologique. (2022). Le référentiel ÉcoQuartier. *ÉcoQuartier : la plateforme officielle*. <http://www.ecoquartiers.logement.gouv.fr/20-engagements/referentiel/>
- Ministère de la Transition écologique et de la cohésion des territoires, & Ministère de la Transition énergétique. (2022). *Artificialisation des sols*. Ministères Écologie Énergie Territoires. <https://www.ecologie.gouv.fr/artificialisation-des-sols>
- Missika, J.-L. (2013). *Discours lors du 5Plus City Forum*. <https://www.moreno-web.net/discours-de-jean-louis-missika-5plus-city-forum/>
- Mitchell, D. (2003). *The Right to the City : Social Justice and the Fight for Public Space*. Guilford Press.
- Mityagin, S., Yakimuk, I., Rudikowa, L., Myslivec, O., & Andrei, D. (2020). City Information Modeling : The System Approach for Formation Requirement in Spatial Development. *Procedia Computer Science*, 178, 134-144. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.11.015>
- Mohammadi, N., & Taylor, J. E. (2017). Smart city digital twins. *2017 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI)*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/SSCI.2017.8285439>

- Moine, A. (2004). *Comprendre et observer les territoires—L' indispensable apport de la systémique*. 210.
- Mondada, L. (1999). *Décrire la ville : La construction des savoirs urbains dans l'interaction et dans le texte*. FeniXX.
- Mongin, P. (2002). Le principe de rationalité et l'unité des sciences sociales. *Revue économique*, 53(2), 301-323. <https://doi.org/10.3917/reco.532.0301>
- Montenegro, N., Beirão, J. N., & Duarte, J. P. (2011). *Towards a CIM standard for urban public space*. 79-86.
- Montenegro, N., & Duarte, J. P. (2009). *Computational Ontology of Urban Design*. 253-260.
- Montgomery, J. (1998). Making a city : Urbanity, vitality and urban design. *Journal of Urban Design*, 3(1), 93-116. <https://doi.org/10.1080/13574809808724418>
- Montiel-Santiago, F. J., Hermoso-Orzáez, M. J., & Terrados-Cepeda, J. (2020). Sustainability and Energy Efficiency : BIM 6D. Study of the BIM Methodology Applied to Hospital Buildings. Value of Interior Lighting and Daylight in Energy Simulation. *Sustainability*, 12(14), 5731. <https://doi.org/10.3390/su12145731>
- Morin, E. (1988). Le défi de la complexité. *Chimères. Revue des schizoanalyses*, 5(1), 1-18. <https://doi.org/10.3406/chime.1988.1060>
- Morin, E. (1991). *La méthode* (Vol. 1-4). Seuil. <https://www.momox-shop.fr/edgar-morin-la-methode-tome-4-les-idees-leur-habitat-leur-vie-leurs-moeurs-leur-organisation-essais-taschenbuch-M02020136694.html>
- Morrisette, J. (2013). Recherche-action et recherche collaborative. *Nouvelles pratiques sociales*, 25(2). <https://doi.org/10.7202/1020820ar>
- Moscarola, J. (2018). Chapitre 12. Questionnaires et questionnaire en ligne. In *Les méthodes de recherche du DBA* (p. 201-217). EMS Editions. <https://doi.org/10.3917/ems.cheva.2018.01.0201>
- Mouratidis, K. (2017). Is compact city livable? The impact of compact versus sprawled neighbourhoods on neighbourhood satisfaction. *Urban Studies*, 55(11), 2408-2430. <https://doi.org/10.1177/0042098017729109>
- Mouratidis, K., & Poortinga, W. (2020). Built environment, urban vitality and social cohesion : Do vibrant neighborhoods foster strong communities? *Landscape and Urban Planning*, 204, 103951. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103951>
- Müller, M., Broschart, D., & Zeile, P. (2016). *City Information Modelling – Potenziale für eine intelligente Stadtplanung*. http://programm.corp.at/cdrom2016/files/CORP2016_proceedings.pdf
- Muminovic, M. (2014). Urban Intensities : A case study from Tokyo. In *Mn'M Workbook 3 Future Urban Intensities* (Flick Studio, p. 54-57).
- Muminovic, M. (2019). Place as Assemblage : Abstracting, Diagramming and Mapping. *ATHENS JOURNAL OF ARCHITECTURE*, 5(1), 61-76. <https://doi.org/10.30958/aja.5-1-3>
- Nardo, M., Saisana, M., Saltelli, A., & Tarantola, S. (2005). Tools for Composite Indicators Building. *European Commission*.
- Nardo, M., Saisana, M., Saltelli, A., Tarantola, S., & Hoffman, A. (2005). Handbook on Constructing Composite Indicators : Methodology and User Guide. *OECD Statistics Working Paper*. <https://doi.org/10.1787/9789264043466-en>
- Nessi, H. (2010). Formes urbaines et consommation d'énergie dans les transports. *Etudes foncières, OF(145)*, 30-32.
- Nichols, J. (2012). *Maps and Meanings : Urban Cartography and Urban Design*.
- Noardo, F., Ellul, C., Harrie, L., Overland, I., Shariat, M., Ohori, K. A., & Stoter, J. (2020). Opportunities and challenges for GeoBIM in Europe : Developing a building permits use-case to raise awareness and examine technical interoperability challenges. *Journal of Spatial Science*, 65(2), 209-233. <https://doi.org/10.1080/14498596.2019.1627253>

- Nochta, T., Wan, L., Schooling, J. M., & Parlikad, A. K. (2021). A Socio-Technical Perspective on Urban Analytics: The Case of City-Scale Digital Twins. *Journal of Urban Technology*, 28(1-2), 263-287. <https://doi.org/10.1080/10630732.2020.1798177>
- Norberg-Schulz, C. (1997). *L'Art du lieu* (Illustrated édition). Le Moniteur.
- Observatoire du Territoire. (2014). *Qualité de la desserte en transports publics*. République et Canton de Neuchâtel.
- OCDE. (2018). *Repenser l'étalement urbain : Vers des villes durables*. OCDE.
- OECD, European Union, & Joint Research Centre - European Commission. (2008). *Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide*. OECD. <https://doi.org/10.1787/9789264043466-en>
- Office fédéral du logement. (2021). *Constructions primées: Hunziker Areal / Zurich*. <https://www.bwo.admin.ch/bwo/fr/home/wohnungspolitik/gemeinnuetziger-wohnungsbau/ausgezeichnete-bauten/hunziker-areal.html>
- Ohm, B. W. (2004). *Integrating New Urbanism and Affordable Housing Tools*. 36(4), 10.
- Orfeuil, J.-P. (2020). Les débats sur la densité, la mobilité et la sobriété. *Constructif*, 57(3), 17-20. <https://doi.org/10.3917/const.057.0017>
- Pacione, M. (2005). *Urban Geography: A Global Perspective*. Psychology Press.
- Pala, V. B. & C. M. J. & V. S. (2017). Des villes en décroissance stigmatisées ? Les enjeux d'image à Saint-Étienne. *Métropolitiques*. <https://metropolitiques.eu/Des-villes-en-decroissance.html>
- Panerai, P. (2013). Les rez-de-chaussée : Une histoire urbaine. In A. Masbounji, (*Ré*)*aménager les rez-de-chaussée de la ville*. Le Moniteur. <https://panerai-et-associes.blogspot.com/2014/07/les-rez-de-chaussee-une-histoire-urbaine.html>
- Panerai, P., Demorgon, M., & Depaule, J.-C. (1999). *Analyse urbaine*. Parenthèses.
- Paquot, T. (2009a). *V. Usages et pratiques des espaces publics* (p. 92-105). La Découverte. <https://www.cairn.info/l-espace-public--9782707154897-p-92.htm>
- Paquot, T. (2009b). *Vers un urbanisme sensoriel* (S. Chapelle) [Mouvement]. <http://mouvements.info/vers-un-urbanisme-sensoriel-entretien-avec-thierry-paquot/>
- Park, R. E., & Burgess, E. W. (1967). *The City: Suggestions for the Investigation of Human Behavior in the Urban Environment* (2ème). The University of Chicago Press.
- Pasquier, S., Lévêque, L., Brocard, M., & Pierre-Marie, E. (2016). Chapitre 7. La mobilité et la redéfinition identitaire : De la discontinuité spatiale à la co-territorialité. In S. Depeau & T. Ramadier (Éds.), *Se déplacer pour se situer* (p. 145-165). Presses universitaires de Rennes. <http://books.openedition.org/pur/34423>
- Patki, N., Wedge, R., & Veeramachaneni, K. (2016). The Synthetic Data Vault. *2016 IEEE International Conference on Data Science and Advanced Analytics (DSAA)*, 399-410. <https://doi.org/10.1109/DSAA.2016.49>
- Pelegri-Genel, E., & Pelegrin, F. (2008). *Ambiances, densités urbaines et développement durable* (Editions PC).
- Pesavento, S. J. (2017). Cortiços, porões, casebres : Où habitent les pauvres ? : (sud du Brésil, fin du XIXe siècle). In J.-C. Depaule (Éd.), *Les mots de la stigmatisation urbaine* (p. 97-122). Éditions de la Maison des sciences de l'homme. <http://books.openedition.org/editionsmsmh/9223>
- Pesce, S. (2019). Situation (définition de la). (Definition of the situation – definición de la situación). In *Dictionnaire de sociologie clinique* (p. 587-588). Érès. <https://doi.org/10.3917/eres.vande.2019.01.0587>
- Pesqueux, Y. (2020). *La question méthodologique en sciences de gestion : Attitude constructiviste et attitude positiviste*. 32.
- Pétonnet, C. (1994). *L'anonymat urbain*. 7.
- Petrova-Antonova, D., & Ilieva, S. (2019). Methodological Framework for Digital Transition and Performance Assessment of Smart Cities. *4th International Conference on Smart and Sustainable Technologies (SpliTech)*, 1-6. <https://doi.org/10.23919/SpliTech.2019.8783170>

- Picon, A. (2018). Villes et systèmes d'information : De la naissance de l'urbanisme moderne à l'émergence de la smart city. *Flux*, N° 111-112(1), 80-93.
- Pistocchi, A., Calzolari, C., Malucelli, F., & Ungaro, F. (2015). Soil sealing and flood risks in the plains of Emilia-Romagna, Italy. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 4, 398-409. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2015.06.021>
- Pontier, J.-M. (2014). Aménagement du territoire. In *Dictionnaire d'administration publique* (p. 33-35). Presses universitaires de Grenoble. <https://www.cairn.info/dictionnaire-d-administration-publique--9782706121371-p-33.htm>
- Poortinga, W. (2006). Social relations or social capital? Individual and community health effects of bonding social capital. *Social Science & Medicine*, 63(1), 255-270. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2005.11.039>
- Porqueddu, E. (2015). Intensity without Density. *Journal of Urban Design*, 20(2), 169-192. <https://doi.org/10.1080/13574809.2015.1009008>
- Pouyanne, G. (2004). *Forme Urbaine et Mobilité Quotidienne*. Université Montesquieu - Bordeaux IV.
- PUCA. (2009). *Vers des villes durables : Les trajectoires de quatre agglomérations européennes*. Plan urbanisme construction architecture.
- Qi, Q., & Tao, F. (2018). Digital Twin and Big Data Towards Smart Manufacturing and Industry 4.0 : 360 Degree Comparison. *IEEE Access*, 6, 3585-3593. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2793265>
- Rabhi, P. (2013). *Vers la sobriété heureuse*. Actes Sud.
- Raffaud, F. (2003). *L'URBAIN, L'ENVIRONNEMENT ET LE DEVELOPPEMENT DURABLE EN FRANCE Essai d'analyse – Revue Urbanisme—1964-2000*. 413.
- Rajaonson, J., & Tanguay, G. A. (2017). A sensitivity analysis to methodological variation in indicator-based urban sustainability assessment: A Quebec case study. *Ecological Indicators*, 83, 122-131. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.07.050>
- Ravenscroft, N. (2000). The Vitality and Viability of Town Centres. *Urban Studies*, 37(13), 2533-2549. <https://doi.org/10.1080/00420980020080681>
- Raworth, K. (2018). *La Théorie du donut*. Place des éditeurs.
- Raymond, H. (1988). Urbain, convivialité, culture. *Les Annales de la recherche urbaine*, 37(1), 3-8. <https://doi.org/10.3406/aru.1988.1342>
- REPS ARA, & ORS ARA. (2019). *Guide pratique pour l'évaluation des actions santé et social*. <https://evaluation7etapes.fr/1-formuler-des-recommandations/>
- Rerat, P. (2012). Housing, the Compact City and Sustainable Development: Some Insights From Recent Urban Trends in Switzerland. *European Journal of Housing Policy*, 12, 115-136. <https://doi.org/10.1080/14616718.2012.681570>
- Revol, C. (2013). Les vertus du cycle : In H. Subrémon & A. Guez, *Saisons des villes* (p. 56-71). Paris : Donner Lieu.
- Rodriguez, C. (2015). *Rôles et influences des perceptions de la densité urbaine des acteurs de la ville dans la conduite de projet urbain : Les enseignements de la démarche Plana*. Université Pierre Mendès-France.
- Roy, M., & Prévost, P. (2013). La recherche-action : Origines, caractéristiques et implications de son utilisation dans les sciences de la gestion. *Recherches qualitatives*, 32(2), 129-151. <https://doi.org/10.7202/1084625ar>
- Royer, I., & Zarlowski, P. (2014). *Chapitre 6. Le design de la recherche* (Vol. 4). Dunod. <https://www.cairn.info/methodes-de-recherche-en-management--9782100711093-page-168.htm>
- Saeidi, S., & Oktay, D. (2012). Diversity for Better Quality of Community Life : Evaluations in Famagusta Neighbourhoods. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 35, 495-504. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.02.115>
- Saint-Luc, F. (2014). *La recherche-action*.

- Saisana, M., & Tarantola, S. (2002). *State-of-the-art report on current methodologies and practices for composite indicator development*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1505.1762>
- Salheb, N., Arroyo Ogori, K., & Stoter, J. (2020). AUTOMATIC CONVERSION OF CITYGML TO IFC. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLIV-4/W1-2020*, 127-134. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIV-4-W1-2020-127-2020>
- Saltelli, A. (2007). Composite Indicators between Analysis and Advocacy. *Social Indicators Research*, 81(1), 65-77. <https://doi.org/10.1007/s11205-006-0024-9>
- Santamaria, F. (2016). *Origines et fondements de l'aménagement du territoire*. La documentation française. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01353942>
- Sarra, A., & Nissi, E. (2020). A Spatial Composite Indicator for Human and Ecosystem Well-Being in the Italian Urban Areas. *Social Indicators Research*, 148(2), 353-377. <https://doi.org/10.1007/s11205-019-02203-y>
- Schiefelbein, J., Javadi, A., Lauster, M., Remmen, P., & Streblov, R. (2015). Development of a city information model to support data management and analysis of building energy systems within complex city districts. *CISBAT 2015*, 949-954.
- Schleich, B., Anwer, N., Mathieu, L., & Wartzack, S. (2017). Shaping the digital twin for design and production engineering. *CIRP Annals*, 66(1), 141-144. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2017.04.040>
- Schluse, M., Priggemeyer, M., Atorf, L., & Rossmann, J. (2018). Experimentable Digital Twins—Streamlining Simulation-Based Systems Engineering for Industry 4.0. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 14(4), 1722-1731. <https://doi.org/10.1109/TII.2018.2804917>
- Schmitt, C. (2018). Du paradoxe de l'action en management : Compréhension et enjeux. *Projectics / Proyéctica / Projectique*, 19(1), 5-8. <https://doi.org/10.3917/proj.019.0005>
- Scott Baum. (2021). Methods in Urban Analysis. *Cities Research Series*. <https://doi.org/10.1007/978-981-16-1677-8>
- Seamon, D. (1980). Body-subject, time-space routines, and place-ballets. *The human experience of space and place*, 148-165.
- Sen, A. (2003). *Development as capability expansion*. 14.
- Serra, L. (2013). Villes, territoires, réversibilités : Pas à pas: In *Villes, territoires, réversibilités* (p. 11-23). Hermann. <https://doi.org/10.3917/herm.scher.2013.01.0011>
- Seto, K. C., Dhakal, S., Bigio, A., Blanco, H., Delgado, G. C., Dewar, D., Huang, L., Inaba, A., Kansal, A., Lwasa, S., McMahon, J., Müller, D. B., Murakami, J., Nagendra, H., & Ramaswami, A. (2014). Human Settlements, Infrastructure, and Spatial Planning. In *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415416>
- Sevtsuk, A., Ekmekci, O., & Nixon, F. (2013). Capturing urban intensity. *Open Systems: Proceedings of the 18th International Conference on Computer-Aided Architectural Design Research in Asia*, 551-560.
- SEY. (2017). *Actualités ZAC Mantes Université*. <http://www.electricite-seineaval.fr/index.php/fr/actualites/43-actu-zac-mantes-universite>
- Shahat, E., Hyun, C. T., & Yeom, C. (2021). City Digital Twin Potentials : A Review and Research Agenda. *Sustainability*, 13(6), 3386. <https://doi.org/10.3390/su13063386>
- Sielker, F., & Sichel, A. (2019). *Future Cities in the Making: Overcoming barriers to information modelling in socially responsible cities*. <https://doi.org/10.17863/CAM.43318>
- Sijja, L., Wu, C., Lin, Y., Li, Z., & Du, Q. (2020). Urban Morphology Promotes Urban Vibrancy from the Spatiotemporal and Synergetic Perspectives: A Case Study Using Multisource Data in Shenzhen, China. *Sustainability*, 12. <https://doi.org/10.3390/su12124829>
- Simard, M. (2020). La pandémie de COVID-19 et le débat sur l'étalement urbain : Tournant majeur ou accident de parcours? *Revue Organisations & territoires*, 29(2), 175-183. <https://doi.org/10.1522/revueot.v29n2.1160>

- Simon, H. A. (1977). *The New Science of Management Decision* (3^e éd.). Prentice-Hall.
- Simonetti, J.-O. (1977). Réflexions sur l'industrialisation de la construction et la production du bâti (Ire partie). *Norois*, 95(1), 341-353. <https://doi.org/10.3406/noroi.1977.3587>
- Siret, D., Musy, M., Ramos, F., Groleau, D., & Joanne, P. (2006). Développement et mise en oeuvre d'un SIG 3D environnemental urbain. *Revue internationale de géomatique*, 16, 71-91.
- Sirmacek, B., & Lindenbergh, R. (2014). Accuracy assessment of building point clouds automatically generated from iphone images. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-5, 547-552. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-5-547-2014>
- Sitte, C. (1890). *Der Städtebau*. Birkhäuser.
- Söderström, O. (2000). *Des images pour agir. Le visuel en urbanisme (Images for action. The visual in urban planning)*.
- Solecki, W., Seto, K. C., & Marcotullio, P. J. (2013). It's Time for an Urbanization Science. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, 55(1), 12-17. <https://doi.org/10.1080/00139157.2013.748387>
- Speck, J. (2013). *Walkable City*. North Point Press.
- SPW. (2019a). *Plan de cohésion sociale 2020—2025 | Portail de la Cohésion sociale*. <http://cohesion sociale.wallonie.be/actions/PCS>
- SPW. (2019b). *Principales catégories d'utilisation du territoire en Wallonie*.
- Statbel. (2022). *Synthèse des perspectives démographiques 2021-2070 pour la Belgique et les régions 2021*. <https://statbel.fgov.be/fr/themes/population/perspectives-de-la-population#figures>
- Stein, V. (2003). *La reconquête du centre-ville: Du patrimoine à l'espace public*. <https://doi.org/10.13097/ARCHIVE-OUVERTE/UNIGE:184>
- Steiniger, S., & Weibel, R. (2007). Relations among Map Objects in Cartographic Generalization. *Cartography and Geographic Information Science - CARTOGR GEOGR INF SCI*, 34, 175-197. <https://doi.org/10.1559/152304007781697866>
- Sternberg, E. (2000). An Integrative Theory of Urban Design. *Journal of the American Planning Association*, 66(3), 265-278. <https://doi.org/10.1080/01944360008976106>
- Stojanovski, T. (2013). City Information Modeling (CIM) and Urbanism : Blocks, Connections, Territories, People and Situations. *Symposium on Simulation for Architecture and Urban Design*.
- Stojanovski, T. (2019). City Information Modelling (CIM) and Urban Design. *ECAADe*, 507-516.
- Stonor, T. (2019). Measuring Intensity—Describing and Analysing the « Urban Buzz ». *Iconarp International J. of Architecture and Planning*, 7(Special Issue « Urban Morphology »), 240-248. <https://doi.org/10.15320/ICONARP.2019.87>
- Stouffs, R., Tauscher, H., & Biljecki, F. (2018). Achieving Complete and Near-Lossless Conversion from IFC to CityGML. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7(9), 355. <https://doi.org/10.3390/ijgi7090355>
- Succar, B., & Kassem, M. (2016). *Building Information Modelling : Point of Adoption*.
- Talen, E. (1999). Sense of Community and Neighbourhood Form : An Assessment of the Social Doctrine of New Urbanism. *Urban Studies*, 36(8), 1361-1379. <https://doi.org/10.1080/0042098993033>
- Tao, F., Zhang, H., Liu, A., & Nee, A. Y. C. (2019). Digital Twin in Industry : State-of-the-Art. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 15(4), 2405-2415. <https://doi.org/10.1109/TII.2018.2873186>
- Tauscher, H. (2020). TOWARDS A GENERIC MAPPING FOR IFC-CITYGML DATA INTEGRATION. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLIV-4/W1-2020, 151-158. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIV-4-W1-2020-151-2020>
- Taylor, P. J. (1982). A Materialist Framework for Political Geography. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 7(1), 15-34. <https://doi.org/10.2307/621909>

- Teller, J., & Fontaine, P. (2018, octobre 19). La ville dense est-elle toujours durable ? *Projet urbain*. <https://jacquesteller.wordpress.com/2018/10/19/la-ville-dense-est-elle-toujours-durable/>
- Thiberge, C. (2003). *La ville en creux*. Editions Du Linteau. <http://www.editions-linteau.com/livres/la-ville-en-creux/>
- Thompson, E. M., Greenhalgh, P., Muldoon-Smith, K., Charlton, J., & Dolník, M. (2016). Planners in the Future City : Using City Information Modelling to Support Planners as Market Actors. *Urban Planning*, 1(1), 79-94. <https://doi.org/10.17645/up.v1i1.556>
- Tocquer, N. (2018). *La nature urbaine selon Ildefonso Cerdá : De « l'idée urbanisatrice » à 'l'urbanisation ruralisée ' '.* Université de Bretagne Occidentale.
- Tomas, F. (1995). Projets urbains et projet de ville. La nouvelle culture urbaine a vingt ans. *Les Annales de la recherche urbaine*, 68(1), 135-143. <https://doi.org/10.3406/aru.1995.1906>
- Tomas, F. (2001). L'espace public, un concept moribond ou en expansion ? / Public space : a dying or expanding concept ? *Géocarrefour*, 76(1), 75-84. <https://doi.org/10.3406/geoca.2001.2509>
- Tomko, M., & Winter, S. (2019). Beyond digital twins – A commentary. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 46(2), 395-399. <https://doi.org/10.1177/2399808318816992>
- Tonnelat, S., & Terzi, C. (2013). Espace public. In *DicoPart*. GIS Démocratie et Participation. <https://www.dicopart.fr/fr/dico/espace-public-0>
- Touati, A. (2010). Histoire des discours politiques sur la densité. *Etudes foncières*, 145, 24-26.
- Toubin, M., Lhomme, S., Diab, Y., Serre, D., & Laganier, R. (2012). La Résilience urbaine : Un nouveau concept opérationnel vecteur de durabilité urbaine ? *Développement durable et territoires*, Vol. 3, n° 1. <https://doi.org/10.4000/developpementdurable.9208>
- Toussaint, J.-Y. (2003). *Projets et usages urbains. Fabriquer et utiliser les dispositifs techniques et spatiaux de l'urbain*. Université Lumière - Lyon II.
- Toussaint, J.-Y., & Zimmermann, M. (2001). *User, observer, programmer et fabriquer l'espace public*. PPUR presses polytechniques.
- Touzet, C. (1992). *Les reseaux de neurones artificiels, introduction au connexionnisme*.
- Trabelsi, M. (2001). *Les fiches de lecture de la Chaire D.S.O. : Hanna Arendt « La condition de l'homme moderne ».* Cnam.
- Trenard, L. (1992). Le plan-relief de Lille, expression d'un patrimoine urbain. *Revue du Nord*, 74(295), 309-324. <https://doi.org/10.3406/rnord.1992.4734>
- Tricot, A. (2007). L'expérimentation et la démarche scientifique. *Recherches en didactique des langues et des cultures. Les cahiers de l'Acedle*, 4(4), Article 4. <https://doi.org/10.4000/rdlc.5007>
- Trudeau, D. (2016). Tracing New Urbanism's Suburban Intervention in Minneapolis–St. Paul. *Journal of Planning Education and Research*, 38(1), 25-38. <https://doi.org/10.1177/0739456X16671996>
- Tsien, L. M., & Tsien, L. A. (2013). Espaces aérés : Préférer l'intensité à la densité. *Bi-city Biennale d'Urbanisme et d'Architecture de Hong Kong et Shenzhen*.
- Tuegel, E. J., Ingrassia, A. R., Eason, T. G., & Spottswood, S. M. (2011). Reengineering Aircraft Structural Life Prediction Using a Digital Twin. *International Journal of Aerospace Engineering*, 2011, 1-14. <https://doi.org/10.1155/2011/154798>
- Ullman, E. (1941). *A Theory of Location for Cities*. 46(6), 853-864. <https://doi.org/10.1086/218800>
- UNGE. (2020). *Ville intelligente : Révolution urbaine*. 2176.
- United Nations. (2015). *The 2030 Agenda for Sustainable Development*. <https://cutt.ly/tVCXYGI>
- Universalis, E. (2022). *Réseaux de neurones formels*. Encyclopædia Universalis. <https://www.universalis.fr/encyclopedie/reseaux-de-neurones-formels/>
- Valcárcel-Aguiar, B., & Murias, P. (2019). Evaluation and Management of Urban Liveability : A Goal Programming Based Composite Indicator. *Social Indicators Research*, 142(2), 689-712. <https://doi.org/10.1007/s11205-018-1861-z>
- Van den Berg, L., Drewett, R., Klaassen, L. H., Rossi, A., & Vijverberg, C. H. T. (1982). Stages of Urban Development. In *A Study of Growth and Decline* (p. 24-45). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-023156-3.50009-7>

- Vervandier, B. (2019). *BIM Book, L'essentiel*. 40.
- Vivien, F.-D., Lepart, J., & Marty, P. (2013). Introduction. L'évaluation de la durabilité : Une mise en perspective. In F.-D. Vivien, J. Lepart, & P. Marty, *L'évaluation de la durabilité* (p. 7). Editions Quæ. <https://doi.org/10.3917/quae.vivie.2013.01.0007>
- Voisin-Bormuth, C. (2020). Derrière les mots : L'espace public. *La Fabrique de la Cité*. <https://www.lafabriquedelacite.com/publications/une-rue-nommee-desir/>
- von Bertalanffy, L. (1969). *General System Theory* (George Braziller, Inc.). https://www.academia.edu/38207367/Von_Bertalanffy_Ludwig_General_System_Theory
- Vujic, M. (2014). *The three Cs of intensity : Understanding rail-based urban assemblage in Brooklyn*. 365-377. <https://doi.org/10.2495/SC140311>
- Vulbeau, A. (2014). La maîtrise d'usage, entre ingénierie participative et travail avec autrui. *Recherche sociale*, 209(1), 62-75. <https://doi.org/10.3917/recsoc.209.0062>
- Wagg, D., Worden, K., Barthorpe, R., & Gardner, P. (2020). Digital Twins : State-of-The-Art Future Directions for Modelling and Simulation in Engineering Dynamics Applications. *ASCE-ASME J Risk and Uncert in Engrg Sys Part B Mech Engrg*, 6. <https://doi.org/10.1115/1.4046739>
- Whyte, W. H. (1980). *The social life of small urban spaces*. Project for Public Spaces.
- Wölfflin, H. (1920). *Die Kunst Albrecht Dürers*. F. Bruckmann.
- Wright, L., & Davidson, S. (2020). How to tell the difference between a model and a digital twin. *Advanced Modeling and Simulation in Engineering Sciences*, 7(1), 13. <https://doi.org/10.1186/s40323-020-00147-4>
- Wu, J., Ta, N., Song, Y., Lin, J., & Chai, Y. (2018). Urban form breeds neighborhood vibrancy : A case study using a GPS-based activity survey in suburban Beijing. *Cities*, 74, 100-108. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2017.11.008>
- Xia, C., Yeh, A. G.-O., & Zhang, A. (2020). Analyzing spatial relationships between urban land use intensity and urban vitality at street block level : A case study of five Chinese megacities. *Landscape and Urban Planning*, 193. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2019.103669>
- Xu, X., Ding, L., Luo, H., & Ma, L. (2014). From Building Information Modeling to City Information Modeling. *Journal of Information Technology in Construction*, 19, 292-307.
- Xu, X., Xu, X., Guan, P., Ren, Y., Wang, W., & Xu, N. (2018). The Cause and Evolution of Urban Street Vitality under the Time Dimension : Nine Cases of Streets in Nanjing City, China. *Sustainability*, 10(8), 2797. <https://doi.org/10.3390/su10082797>
- Yepez - Salmon, G. (2011). *Construction d'un outil d'évaluation environnementale des écoquartiers : Vers une méthode systémique de mise en oeuvre de la ville durable*. Université Bordeaux 1.
- Yesilnacar, E., & Topal, T. (2005). Landslide susceptibility mapping : A comparison of logistic regression and neural networks methods in a medium scale study, Hendek region (Turkey). *Engineering Geology*, 79(3-4), 251-266. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2005.02.002>
- Yin, X., Wonka, P., & Razdan, A. (2009). Generating 3D Building Models from Architectural Drawings : A Survey. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 29(1), 20-30. <https://doi.org/10.1109/MCG.2009.9>
- Zarin, S. Z., Niroomand, M., & Heidari, A. A. (2015). Physical and Social Aspects of Vitality Case Study : Traditional Street and Modern Street in Tehran. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 170, 659-668. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.068>
- Zepf, M. (2004). *Concerter, gouverner et concevoir les espaces publics urbains*. Presses Polytechniques Romandes. <https://www.fr.fnac.be/a1524651/ZEPF-M-Concerter-gouverner-et-concevoir-les-espaces-publics-urbains>
- Zepf, M. (2009). L'espace public en expérimentation : Penser et réinterpréter l'urbain en permanence. *Tracés : Revue de Sciences Humaines*, 13-14, 1-6.
- Zepf, M., & Andres, L. (2012). Vers de nouvelles articulations entre plan territorial, plan d'urbanisme et projets urbains. *Géocarrefour*, Vol. 87/2, Article 2.

- Zhang, Y., & Schnabel, M. A. (2017). *Parametric Modeling in Form-Based Urban Design Code for High-Dense Cities*. 265-273.
- Zhou, J. (2012). Urban Vitality in Dutch and Chinese New Towns. *Architecture and the Built Environment*, 3, 434.
- Zumelzu, A., & Barrientos-Trinanes, M. (2019). Analysis of the effects of urban form on neighborhood vitality : Five cases in Valdivia, Southern Chile. *Journal of Housing and the Built Environment*, 34(3), 897-925. <https://doi.org/10.1007/s10901-019-09694-8>
- Zunino, G. (2009). *Plaidoyer pour une ville intense*. 9, 57-76.

ANNEXES

TABLE DES MATIÈRES

Annexe 1	351
Guide d'entretiens de la première catégorie d'entretiens	351
Annexe 2	355
Synthèse de la première catégorie d'entretiens.....	355
Annexe 3	359
Guide d'entretiens de la seconde catégorie d'entretiens	359
Annexe 4	365
Entretien anonymisé 1- Chargé d'étude, 12 juillet 2022	365
Entretien anonymisé 2- Paysagiste, 10 juin 2022	371
Entretien anonymisé 3- Directeur d'agence, 10 juin 2022	380
Entretien anonymisé 4- Chargé de BIM, 13 juin 2022	387
Entretien anonymisé 5 – Architecte, 10 juin 2022.....	395
Entretien anonymisé 6 – Architecte, 15 juin 2022.....	403
Entretien anonymisé 7 – Urbaniste et BIM Manager, 16 juin 2022	411
Entretien anonymisé 8 – Architecte, 15 juin 2022.....	428
Entretien anonymisé 9 – Responsable technique, 8 aout 2022	435
Annexe 5	445
Synthèse de la deuxième catégorie d'entretiens	445
Annexe 6	453
Synthèse de l'analyse du Référentiel Quartiers Durables	453
Synthèse de l'analyse du Référentiel pour un Aménagement Durable du Territoire.....	454
Synthèse de l'analyse du Référentiel des Villes et Territoires Durables	455
Synthèse de l'analyse de la grille du RST02	456
Annexe 7	457
Processus de filtration pour l'extraction des données.....	457
Annexe 8	469
Détail des opérations des processus de quantification des paramètres.....	469
Annexe 9	483
Questionnaire d'influence des différents paramètre sur le ressenti	483
Annexe 10	491
Code informatique modélisant le réseau de neurones de pondération du potentiel d'usage.....	491

ANNEXE 1

GUIDE D'ENTRETIENS DE LA PREMIERE CATEGORIE D'ENTRETIENS

GUIDE D'ENTRETIEN
Accord de confidentialité
<p>A.1. Consentez-vous à ce que, comme énoncé dans le document fourni au préalable, l'entretien réalisé dans le cadre de notre recherche soit enregistré afin de permettre leur traitement et leur analyse par DEPRETRE Adeline ?</p> <p><i>Etant en période de crise sanitaire, les entretiens en distanciels ne permettent pas d'accord écrit, un document concernant l'accord de confidentialité a donc été fourni à l'interviewé au préalable et ce dernier donne son consentement oral au début de l'entretien.</i></p> <p>A.2. Consentez-vous à ce que vos propos soient cités anonymement dans l'un des documents concernant cette recherche et/ou dans d'éventuelles publications scientifiques.</p> <p><i>Des citations anonymisées extraites des entretiens peuvent être intégrées à divers document et article rédigés en rapport avec la recherche. Cependant, DEPRETRE Adeline s'engage à ne pas divulguer le nom de l'interviewé dans ces documents.</i></p>
Données administratives et engagement au sein du processus
<p>B.1. Sexe et âge</p> <p><i>Homme, femme, jeune, âgé, impact et préférences -> donneront moyen de comparer</i></p> <p>B.2. Quelle est votre profession ? Quelle formation avez-vous ?</p> <p><i>Dans le domaine de l'urbanisme/ aménagement, dans les systèmes d'informations/ numériques ou pas ?</i></p> <p>B.3. Depuis quand occupez-vous cette fonction ?</p> <p><i>Stade de la connaissance, novice ou expert ?</i></p> <p>B.4. Quel est votre rôle précisément dans l'organisation ?</p> <p><i>Pouvoir décisionnel, acteur à quel niveau, quel impact l'interviewé a ?</i></p>
À propos du processus d'intensification des lieux : Concept d'intensité
<p>C.1. Connaissez-vous le concept d'intensité dans l'aménagement du territoire ?</p> <p><i>Intensité urbaine, concept connu (non, peu, expert). Si non, voir un petit peu son imagination s'il y a un lien avec sa vision du terme « intensité » et le concept ou pas.</i></p> <p>C.2. Quelle caractéristique associeriez-vous à cette notion/concept ?</p> <p><i>Quels sont les termes, les éléments qui lui semblent être associés à l'intensité, qui l'impactent.</i></p> <p>C.3. Selon vous, qu'est-ce qu'un quartier intense en termes d'usages ?</p> <p><i>Laisser libre court à son imagination quels attributs arbore un quartier intense en termes d'usage ? Comparatif avec les analyses de quartiers ?</i></p> <p>C.4. Selon vous, comment pourrait-on mesurer l'intensité d'usages, quels composants sont à prendre en compte ?</p>

Prendre les éléments qui, selon lui, nous donnera des pistes de composants que nous aurions oublié ou pas pris en considération. Comment il pense y parvenir, sans parler de l'indicateur, quels sont les éléments ayant de l'importance pour cette mesure selon lui ?

C.5. La dimension temporelle vous semble-t-elle liée au concept d'intensité d'usage ?

L'interviewé associe-t-il les deux notions ou pas ? Pense-t-il que la temporalité impacte les usages et donc l'aménagement des espaces

C.6. Sur le plan marketing Eiffage emploie le mot intense. Selon vous, quel message et valeurs souhaitent-ils diffuser ?

Y a-t-il de vraies composantes mises en place ou est-ce uniquement un argument accrocheur afin d'attirer les futurs habitants ? Quels sont ces éléments qui vont rendre le quartier intense ?

C.7. Selon vous, l'intensité comme argument de vente est-il le fruit d'inspiration sur d'autres quartier semblable à celui de La Vallée ?

D'où vient cet argument pour l'intensité, nouvel argument accrocheur ou réel effet sur d'autres quartiers construits en amont ?

À propos de la mise en perspective et des apports de la recherche

D.1. Quels sont vos besoins (relatif à la fonction) en termes de conception ou de gestion des espaces ?

Que pourrions-nous offrir de pertinent au niveau de l'interviewé, pertinence du besoin, aide dans la conception/gestion

D.2. Selon vous, en quoi serait-il utile de mesurer l'intensité d'usage d'un quartier ?

Même longueur d'onde que les chercheurs et nous ou objectifs différents relatifs à la fonction/employeur ?

D.3. Êtes-vous prêt à utiliser un outil et à vous y former s'il répond à vos besoins en termes de conception et gestion de l'espace ?

Informe nt sur l'intensité des usages Va-t-il ou non prendre la peine de nous aider dans la démarche collaborative afin de nous partager son expérience, le jeu en vaut-il la chandelle ?

À propos des maquettes numérique : concept de CIM

E.1. Quelles sont vos connaissances en termes de maquettes numériques ?

Éléments d'entrée, connaissance en BIM/CIM ou non, connaissances dans ces outils

E.2. Connaissez-vous les CIM ?

Oui, quelles notions y associe l'interviewé, dans quel cadre il a obtenu des connaissances en la matière. (On espère qu'il s'y connaît pour pouvoir poursuivre

Non, énonciation d'une définition des CIM (issue de l'état de l'art) afin d'éclairer l'interviewé et s'assurer qu'il n'en a jamais vraiment entendu parler.

Définition d'un CIM :

E.3. Avez-vous déjà utilisé un CIM ou avez-vous connaissance de personnes qui utilisent un CIM pour l'aménagement et/ou l'exploitation des espaces publics ?

Mode d'utilisation, cadre, grande connaissance ou non, information concernant les usages qu'il en fait ou que la personne dont il a la connaissance en fait.

E.4. Pensez-vous qu'un CIM apporte ou pourrait apporter une plus-value aux concepteurs/ aménageurs et exploitants et gestionnaires des espaces ? SI oui lesquelles ? Si non Pourquoi ?

Voir si la personne juge pertinent ou non à l'emploi des CIM, si elle serait intéressée par un outil qui étend les compétences de ce dernier pour tenter une meilleure gestion des espaces.

E.5. Pensez-vous que les CIM sont des outils complets ou avez-vous d'autres requêtes à propos des fonctionnalités de ces outils ?

Information sur les espérances manquantes d'un CIM, les usages qu'ils aimeraient faire avec. S'il pense qu'ils y sont sensibles alors mettre en lumière ce qui les attire et si non voir ce qu'il faudrait ajouter aux CIM en termes d'usages afin de les « convaincre » à les employer

E.6. Seriez-vous prêt à utiliser un CIM dans votre travail ? SI oui pour quelles tâches ? Si non pourquoi ?

Connaître ce qu'il aimerait développer autour des usages du CIM, voir les besoins auxquels il voudrait répondre ou ce qui lui manque pour employer le CIM ou ce qui ne lui convient pas dans les CIM

ANNEXE 2

SYNTHÈSE DE LA PREMIÈRE CATÉGORIE D'ENTRETIENS

L'intensité urbaine : caractéristiques et évaluation	
<i>Caractéristiques</i>	<i>Evaluation</i>
<ul style="list-style-type: none"> - Croisement des usages, polyvalence, foisonnement - Mixité de programmation - Réflexion dans l'articulation des fonctions - RDC interactifs - Qualité de vie/ bien-être - Dynamique des systèmes fonctionnels et sociaux - Mixité sociale, niveaux socio-économiques variés - Dynamique des flux - Diversité de la mobilité et de l'accessibilité - Offre en stationnement réfléchi et suffisante - Singularité, innovations - Sensibilité et ambiances - Favoriser les espaces « vides » (non construits) 	<ul style="list-style-type: none"> - Multiprogrammation temporelle - Temps d'usages - Identification des usages - Réponse aux besoins des habitants / usagers - Appropriation - Composition du contexte - Captation de données, comptages - Saisie des flux
<p><u>Synthèse :</u></p> <p>Pour caractériser l'intensité urbaine, les différents acteurs pensent qu'elle est le résultat de la mise en œuvre physique de divers éléments avec lesquels les gens peuvent interagir. Nous retrouvons des éléments techniques et fonctionnels correspondants aux grands besoins fondamentaux (Habiter – Travailler - Se divertir - Se déplacer), qu'il est nécessaire de réfléchir et d'articuler stratégiquement ainsi que des éléments plus sensibles (Ambiance, singularité, espaces non construits) de sorte à conférer une qualité aux espaces et favoriser le bien-être des occupants. En plus de ces éléments technico-fonctionnels et sensibles, l'usage se retrouve au centre de leurs propos étant considéré comme la démonstration de la réussite d'un aménagement. Pour certains acteurs, le type d'occupant et la variété de niveau socio-économique de ceux-ci influerait sur l'intensité.</p> <p>Pour évaluer l'intensité, les acteurs abordent à nouveau le thème des usages, leur temps et leurs types. Beaucoup relie ces usages à l'offre programmatique et à son étalement dans le temps, afin de ne laisser aucune possibilité de « non-usage ». En ce sens, certains pensent que les usages peuvent aider à miroiter l'appropriation des lieux et la réponse aux besoins des occupants et usagers. Nous constatons que selon les divers acteurs interrogés la majorité des éléments de réponse pour l'évaluation de l'intensité porte sur les usages, leur temps et leur offre répondant aux besoins.</p>	

Les besoins et utilité relatif aux thématiques de recherche	
<ul style="list-style-type: none"> - Argument d'atténuation de risques et de réussite économique - Preuve d'efficacité ou d'inefficacité de la programmation - Indicateur de résilience - Remise en question des grands principes théoriques urbanistiques - Renouveau des réflexions par rapport aux modes de vie 	<ul style="list-style-type: none"> - Soutien à l'évolution culturelle figée - Aide à la commercialisation, attractivité - Objectif de démonstration - Démarche reproductible en fonction des contextes - Dépasser le SIG dont les collectivités ne possèdent parfois pas de données - Connaître l'utilisation du quartier
<p><u>Synthèse :</u></p> <p>En ce qui concerne les apports que pourraient couvrir nos recherches quant à leurs besoins, les acteurs pensent que, en amont de la construction, la réalisation de scénarios prospectifs concernant l'évaluation de l'intensité pourrait convaincre d'une part, les investisseurs (très frileux en termes de prise de risques) et d'autre part, les futurs occupants de l'espace aménagé de sorte à devenir un outil de démonstration. Durant la réalisation du projet, lorsque le projet commence à être exploité et dans des phases post construction, certains acteurs de l'aménagement pensent que l'évaluation de l'intensité pourrait mettre en évidence les divers usages qui sont fait du quartier de sorte à adapter ou non les aménagements qui ne sont pas encore construits et d'adapter l'offre à la demande. Dans une optique de reproduction sur d'autres contextes, les acteurs ambitionnent à ce que l'indicateur puisse être un gage de conception afin d'atteindre une certaine qualité des aménagements et faire évoluer les pratiques urbanistiques ainsi que les pensées culturelles parfois très figées. Une partie de ces besoins ont permis d'établir la valeur accordée à l'évaluation de l'intensité dans le chapitre 3 (2.2.1.3)</p>	
Les CIM : connaissances, usages et ouverture	
<ul style="list-style-type: none"> - Données dynamiques liées aux données statiques - Meilleure robustesse des bases de données que les SIG - Possibilité de création de filtres - Conception agile et enrichissement dans le temps du projet en fonction des informations disponibles - Gain de temps et détection de problèmes constructifs - topographiques - Support des prescriptions techniques - Synthèse et coordination des projets facilitée (Aménagements et immobilier) - Outil s'adaptant à chaque contexte 	<ul style="list-style-type: none"> - Stockage (DOE), traçabilité, continuité des informations - Communications et représentations visuelles - Future gestion, surveillance et prise de décisions - Surtout utile pour des gros projets, à temporalité longue - Montée en compétence des divers acteurs de la construction étant donné la nécessité de formations - Prometteur car en pleine évolution - Opportunité de déploiement dû à l'augmentation du nombre d'appel d'offre le concernant

Synthèse :

En ce qui concerne **les connaissances** en termes de CIM, les acteurs les plus impactant étaient les CIM manager. En effet ceux-ci nous ont fait part de la qualité de la robustesse des bases de données dans le BIM et dans le CIM ainsi que leur possibilité de création de filtres afin d'offrir une capacité de recherche et de requête dans les données du CIM. Les autres acteurs s'y sont formés afin de pouvoir répondre à la demande de la maîtrise d'ouvrage.

Au niveau **des usages** qui sont fait du CIM au sein du projet La Vallée, ceux-ci permettent aux acteurs de concevoir de façon collaborative, d'enrichir rapidement et agilement le projet au fur et à mesure de l'évolution des phases, sans perte de données, tout en détectant les éventuels clashes. Certains acteurs pensent que la maquette remplacerait efficacement les traditionnels DOE grâce à la traçabilité, à la continuité et au stockage des informations. La maquette figure aussi être le support de diverses prescriptions techniques pour divers acteurs comme par exemple, les paysagistes, pouvant préciser le type d'entretien nécessaire pour des essences d'arbres spécifiques. Certains acteurs en charge de la coordination nous ont fait part de la facilité qu'offre le CIM pour leurs tâches de synthèses des projets. Bien que nous n'ayons pas encore interrogé les futurs gestionnaires de la ville, la maîtrise d'ouvrage nous a fait part des possibilités que pouvait offrir le CIM, dans sa version finale, pour la gestion et la maintenance du quartier.

Pour ce qui est de **l'ouverture** aux outils tels que le CIM, les acteurs interviewés sont, pour la plupart, très enthousiastes. En effet, travaillant sur le projet La Vallée, ils ont été contraints à se former afin de répondre à la demande du maître d'ouvrage et en retirent certains bénéfices pour d'autres projets d'envergure du fait de la multiplication des appels d'offre exigeant la réalisation du projet au format BIM et CIM.

ANNEXE 3

GUIDE D'ENTRETIENS DE LA SECONDE CATEGORIE D'ENTRETIENS

Guide d'entretien		
Question	Public	Objectif / Réponse attendue
A. Données Personnelles		
1. Quelle est votre profession et dans quel cadre employez-vous ou êtes-vous confronté au CIM ?	Tous	Objectif : cibler l'acteur, orienter la suite du questionnement avec des questions adaptées. Comprendre le rôle de la personne et comment le CIM intervient dans son métier Réponse : MOE/MOA, Type de profession, pour la conception, les visualisations, détection de clash, par obligation ?
B. Introduction		
1. Quels ont été les éléments déclencheurs à la planification de l'écoquartier La Vallée ?	MOA	Objectif : Pourquoi ils ont créé un quartier ici, est-ce qu'il y a des critères environnementaux ou de densité/vitalité/intensité pris en compte a priori ? Réponse attendue : Besoin de logement ? besoin de dynamiser la ville ? besoin d'attirer ?
2. Avez-vous fait appel à des experts spécifiques (type AMO - Assistance à Maîtrise d'ouvrage) pour certains enjeux ? Lesquels ?	MOE/MOA	Objectif : savoir quelles AMO ont été sollicitées + raisons pour lesquelles il est fait appel à ces AMO Réponse attendue : AMO BIM/CIM/DT ? AMO écoconception ?
3. Quels ont été les éléments/ besoins transmis par la MOA à la MOE lors de la phase de concours ?	MOE	Objectif : récupérer les documents du concours pour pouvoir analyser nous même les docs et voir ce qu'il y avait au démarrage pour la MOE. Réponse attendue : Documents du concours + infos lors des échanges avec MOA en phase concours => y a-t-il un focus (tous les documents du concours ou sur des thématiques particulières ?)
4. Quelles ont été les données d'entrées pour la planification / le concours ? Certaines étaient-elles des Open data ?	MOE/MOA	Objectif : savoir si des géo-données ont été utilisées ou des ACV. Comprendre plus précisément comment le dossier a été préparé pour la MOE. Réponse attendue : Eléments du concours pour la MOE, détail sur des études spécifiques. Réalisation d'études spécifiques ou remontées de terrain pour la MOA ? Besoins spéciaux ?
5. Quelles étaient les motivations de développer un CIM pour ce quartier ?	MOE/MOA	Objectif : connaître les motivations/attentes et éventuelles craintes/difficultés de chaque type acteur face aux CIM

		Réponse attendue : Mieux connaître l'existant ? Créer un jumeau numérique ?
C. Définition		
1. Quelle définition donneriez-vous d'un CIM à quelqu'un qui ne connaît pas ces modèles ?	MOE/MOA	Objectif : Comprendre quelles réalités sont associées à ce type de modèle Réponse attendue : Caractéristiques, objectifs, structure
2. Quelles définitions donnez-vous au CIM, SIG, Modèle/maquette numérique et jumeau numérique ? Pourquoi ?	MOE/MOA	Objectif : Leur définition de CIM coïncide-t-elle avec celle retrouvée dans la littérature ou pas, amalgame avec d'autres notions Réponse attendue : CIM = modélisation 3D et données liées à l'échelle de ville/quartier, mais on pourrait y associer des SIG par la suite
3. Pour vous, quelles sont les caractéristiques (techniques) d'un CIM ?	MOE/MOA	Objectif : Comprendre quels aspects techniques peut-être même matériels sont associés au CIM. Quels éléments physiques y sont associés ? Réponse attendue : format de fichier, hébergement sur plateforme en ligne (cloud), stockage sur DD, ...
4. Quels éléments sont pour vous indispensables/ nécessaires dans la construction d'un CIM ?	MOE/MOA	Objectif : Etablir une "colonne vertébrale" des éléments qui entrent dans la composition d'un CIM et pourquoi Réponse attendue : Données d'entrées, structure, normes, output ?
D. Usages		
1. Pensez-vous que le CIM impacte votre métier ? Pourquoi ? Comment ?	MOE/MOA	Objectif : Connaître s'il y a un impact positif ou négatif ressenti sur leurs tâches avec l'emploi des CIM Réponse attendue : Oui, plus de travail en amont et en phase conception mais meilleure connaissance pour les futurs projets ?
2. De nouveaux métiers dans votre secteur ont-ils été créés avec l'emploi de CIM ?	MOE/MOA	Objectif : Connaître les évolutions dans le secteur notamment avec des métiers créés spécifiquement pour le CIM Réponse attendue : Oui, CIM Manager, Mainteneur CIM / Non
3. Quels outils avez-vous employés dans ce projet CIM ?	MOE/MOA	Objectif : savoir s'il existe des outils spécifiques au CIM Réponse attendue : Revit, Autocad, outils SIG, Pack office, BIM360docs, ... ?
4. Les outils employés dans ce projet sont-ils différents de ceux que vous employez traditionnellement ?	MOE/MOA	Objectif : Souligner le fait que les outils sont les mêmes que pour projet classique BIM. Réponse attendue : Oui/Non, utilisation des outils habituel comme cité précédemment, éventuellement des outils spécifiques liés à la collaboration et aux échanges de données
5. Selon vous le CIM permet-il une superposition des strates des systèmes	MOE/MOA	Objectif : Savoir si le regroupement au sein d'un seul modèle peut être bénéfique, permettre un

urbains ? Pourquoi ? Par exemple la superposition des infrastructures de réseaux à celles des activités.		croisement plus simple des données : réseaux, bâti, gens Réponse attendue : Visualisation facilitée par la 3D ? Superposition des données relatives à chaque couche façonnant les systèmes urbains
6. Dans le cadre de la conception des espaces, qu'apporte un CIM par rapport aux méthodes et outils traditionnels ? (Stades : analyses urbaines, conception, construction, gestion, ...)	MOE/MOA	Objectif : Cerner les éléments qui permettent de faciliter les processus, s'il y en a ou non Réponse attendue : Meilleure visualisation/compréhension de tous les éléments à prendre en compte et à surveiller, meilleure gestion des données et des corps de métier
7. En quoi le CIM pourrait participer à la durabilité et à la qualité des aménagements ?	MOE/MOA	Objectif : Est-ce que la modélisation sous forme de maquette permet de prévoir les divers aléas ou problèmes qui pourraient être évités, ou même permettre des scénarios et réviser par la suite les aménagements faits au travers du CIM Réponse attendue : Permet de prévisualiser les espaces et anticiper les problèmes, faire des simulations etc
8. Selon vous le CIM peut-il devenir un outil/ moyen / support afin de réaliser des analyses urbaines spécifiques (Intensité urbaine)	MOE/MOA Urbanistes surtout	Objectif : Savoir si les interrogés voient le CIM comme une réelle plateforme qui pourrait évoluer et présenter des indicateurs, cartes de chaleurs etc pour les analyses urbaines Réponse attendue : oui, à termes au-delà des éléments de conception on pourra y superposer des éléments d'analyses, de quantification, d'évaluation/ non
9. Comment pensez-vous concrètement utiliser le CIM ? Quels sont et/ou seront les cas d'usages de ce CIM ?	MOA	Objectif : Voir les débouchés du CIM et son usage concret. Ou voir si effectivement ils n'ont pas anticipé particulièrement ce sujet. Réponse attendue :
10. Y a-t-il des outils spécifiques pour son exploitation ?	MOA	Objectif : voir si des outils spécifiques à l'exploitation des CIM existent Réponse attendue : Logiciel spécifique à l'exploitation de CIM ?
E. Positionnement		
1. Le travail selon un processus CIM a-t-il impacté le positionnement de votre métier dans votre organisation au cours du projet ?	MOE/MOA	Objectif : Savoir s'il y a des conséquences au niveau de sa profession/ position Réponse attendue : Oui/non, organisation différente,
2. Le travail selon un processus CIM a-t-il affecté les interactions/ votre positionnement par rapport/ avec les autres parties prenantes ?	MOE/MOA	Objectif : Savoir s'il y a des modifications dans les relations avec les autres acteurs, différence de positionnement Réponse attendue : Plus de collaboration, meilleure gestion du travail et d'échange ?
3. Selon vous y aura-t-il des évolutions dans les relations/interactions que vous	MOE/MOA	Objectif : Savoir s'il y aura des changements en fonctions des phases lorsqu'ils travaillent avec un CIM au niveau du positionnement par rapport aux

avez avec les autres parties durant les diverses phases du projet ? Pourquoi ?		autres intervenants Réponse attendue : Oui/non? Stabilité ou pas en fonction des phases
4. Selon vous le CIM a-t-il un impact en termes de gestion des divers acteurs ? Constatez-vous des différences avec d'autres projets sans CIM	MOA/MOE	Objectif : Savoir si le CIM apporte quelque chose au niveau de la gestion et la transversalité des divers métiers Réponse attendue: Oui/non ? meilleure gestion, plus d'aisance, plus de communication, ou non ?
F. Structure/ Normes		
1. Pour vous, quelles sont les grandes caractéristiques du CIM ?	MOE/MOA	Objectif : Savoir s'il y a une structure type, une manière type de les visualiser et des normes à suivre spécifique au CIM ou s'ils en sont informés Réponse attendue : Comme un BIM avec des éléments à plus large échelle modélisés, dans le fond BIM+
2. Quelles normes sont employées concernant les CIM ?	MOE/MOA	Objectif : Identifier les éventuelles normes existantes autour du BIM ou les bonnes pratiques, suivent-ils des règles pour les nomenclatures de bâtiments/objets/ Composants. Réponse attendue : Aucune ? ou norme BIM ISO 19650 ? Règles de nomenclatures d'objets ?
3. Y a-t-il des obligations/protocoles concernant la nomenclature des objets ou autre dans votre métier ?	MOE/MOA	Objectif : Identifier les éventuelles normes existantes autour du BIM ou les bonnes pratiques, suivent-ils des règles pour les nomenclatures de bâtiments/objets/ Composants. Réponse attendue : Aucune ? ou norme BIM ISO 19650 ? Règles de nomenclatures d'objets ?
4. A votre échelle quelles données rassemblez-vous/utilisez-vous dans le CIM ?	MOE/MOA	Objectif : Savoir s'ils s'appuient directement sur des données d'autres acteurs déjà dans le CIM ou s'ils y "déposent" juste les données qu'ils ont produites. Réponse attendue : Prise en compte des données des autres pour enrichir les leurs, plateforme globale de support ?
G. Perspectives		
1. Pensez-vous que la collaboration est plus présente dans le cadre d'un projet CIM ?	MOE/MOA	Objectif : Est-ce vraiment un moyen de collaborer Réponse attendue : Superposition possible des métiers, meilleurs échanges, détection de clashes,
2. Pensez-vous que les CIM sont complets ? Quelle(s) évolution(s) devraient-ils intégrer par la suite ? D'un point de vue contenu de données	MOE/MOA	Objectif : Identifier les limites techniques ou les impossibilités de modélisation. Réponse attendue : plus de systèmes, détails sur la végétation, plus d'attributs concernant les fonctions/usages/usagers, données de population par la suite ...
3. Pensez-vous que les CIM peuvent remplacer les outils/méthodes traditionnelles ou sera-t-il toujours employé en sus de ces outils ?	MOE/MOA	Objectif : Savoir si le CIM peut dans une certaine mesure se substituer aux méthodes de conceptions traditionnellement employées

		Réponse attendue : Oui/ non, pourquoi
4. Selon vous, les CIM vont-ils s'imposer dans la fabrique urbaine de demain ? Recommandez-vous cette pratique ?	MOE/MOA	Objectif : Savoir si l'emploi des CIM a un impact tel que demain tous les projets d'aménagement induiront cette modélisation Réponse attendue : Oui/non, avec la numérisation ça va surement plus se répandre, certaine "intelligence du projet"
5. Quelles sont les limites de ce CIM (en termes de droits, d'infrastructure digitale, de quantité de données, ...) ?	MOE/MOA	Objectif : identifier les limites du CIM pour les acteurs du projet. Réponse attendue : RGPD, stockage des données sur leur propre serveur ? Limitation du poids des modèles ?
6. Comptez-vous essayer de lier le CIM a une plateforme SIG ? ou à un organisme public type l'IGN ?	MOE/MOA	Objectif : identifier les possibles liens avec le CIM et d'autres plateformes/organismes Réponse attendue : oui/non Méthode prévue pour faire les liens. Protocoles particuliers ?
7. Allez-vous réinjecter de la donnée dans les portails open-data ?	MOE/MOA	Objectif : utilisation des données produites par le CIM Réponse attendue : Oui/non

ANNEXE 4

ENTRETIEN ANONYMISÉ 1- CHARGÉ D'ÉTUDE, 12 JUILLET 2022

MIELNICZEK Alexandre : « Ok super, sans plus attendre, je vais commencer par les questions. Ce n'est pas vraiment une question mais plus une information un peu personnelle. Quelle est votre profession et dans quel cadre employez-vous où êtes-vous confronté au ciné. »

ANONYME 1 : « Alors moi je suis chargée d'étude et dans mon poste, je conçois les projets en assainissement. C'est à dire tous les flux d'eau, les dimensionnements des tuyaux, les calculs, les bassins versants etc. »

MIELNICZEK Alexandre : « Et quand est-ce que vous êtes confronté au CIM, par exemple ? Parce que c'est que sur ce projet ou sur d'autres ? »

ANONYME 1 : « Euh, ça a été sur ce projet. C'est le premier projet pour l'instant je n'en ai pas fait d'autres en CIM effectivement. »

MIELNICZEK Alexandre : « Entendu. Bon, c'était juste une question comme ça pour contextualiser. Maintenant, on a 5 questions donc une introduction au sujet, ou plutôt des questions. Donc c'est parti, est-ce que vous avez fait appel à des experts pour certains enjeux, notamment liés au CIM ou autres pour ce projet ? »

ANONYME 1 : « Oui, oui. »

ANONYME 1 : « En fait, comme c'était mon premier projet en CIM. Et que nous, on travaille avec le logiciel Covadis qui exporte des fichiers exploitables par le CIM manager, quoi, qui va récolter tous les fichiers des architectes de paysagistes et de nous BET technique VRD. Pour en faire une seule maquette. Donc moi je passe par le logiciel Covadis mais d'autres passent par des autres logiciels comme revit ou autre et donc comme c'était mon premier projet, je les ai appelés parce que la formation que j'avais eue, elle datait de 2016 et le projet, j'ai dû le faire en 2018. Donc il y avait plusieurs points, je savais plus comment exporter un fichier, comment lui donner des informations, et cetera donc. J'ai oui, effectivement, contacté le développeur du logiciel Covadis, à plusieurs reprises. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK, très bien, je passe à la question suivante. Alors, quels ont été les éléments ou les besoins transmis par la maîtrise d'ouvrage ? Donc à vous, lors de la phase concours, si vous êtes intervenu en phase concours. »

ANONYME 1 : « Je ne suis pas intervenue en phase concours. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK d'accord, donc vous n'avez pas d'info sur ça, très. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK très bien, je passe à la question suivante. Alors, dernière question sur cette partie. Est-ce que vous savez quels étaient les motivations de développer un CIM pour ce quartier ? »

ANONYME 1 : « Je sais que la maîtrise ouvrage en a souvent parlé parce que c'était un élément novateur donc sur cette ZAC. Ils voulaient développer plusieurs types d'innovations et dont celle-ci. »

MIELNICZEK Alexandre : „OK, très bien. Bon voilà sur cette partie, c'est fini. Quelques questions de définition maintenant, des maquettes CIM. Alors encore une fois, là, c'est comment est-ce que vous voyez les choses de votre point de vue. C'est vraiment personnellement, comment vous concevez

le CIM ? Donc je vais démarrer les questions. Quelle définition vous donneriez d'un CIM à quelqu'un qui ne connaît pas ce modèle ? »

ANONYME 1 : « Je crois que c'est une maquette en 3D des réseaux, de la chaussée et des équipements de la voirie, en 3D. »

MIELNICZEK Alexandre : « Très bien, je passe à la question suivante. Alors, est-ce que les SIG, les maquettes numériques et les jumeaux numériques, c'est des termes qui vous parlent ? »

ANONYME 1 : « Le SIG oui. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK alors, le SIG. Et quelle différence vous faites entre SIG et CIM par exemple ? »

ANONYME 1 : « Le SIG donnera des informations et la maquette, on sera dans le projet, on sera à l'intérieur, on sera en 3D, en immersion dans le projet. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK, d'accord, alors question suivante, quelles sont pour vous les caractéristiques techniques d'un CIM ? Typiquement quels sont les aspects matériels qui sont associés au CIM ? Quels sont les éléments techniques d'un CIM pour vous ? Si vous en voyez. »

ANONYME 1 : « il y en a plein. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK et donc quelques-uns, les premiers qui vous viennent en tête. »

ANONYME 1 : « Les repères en 3D X, Y, Z. Les classements des objets, qui composent la maquette. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK. »

ANONYME 1 : « Et les renseignements relatifs à ces objets. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK bon très bien et alors dernière question sur cette partie des définitions. Quels sont pour vous les éléments indispensables où nécessaires à la construction d'un CIM? »

ANONYME 1 : « Les éléments de niveaux, l'altimétrie des objets qui composent la maquette. Et puis, tout ce qui est épaisseur, enfin, tout ce qui est structure de de la chaussée, enfin voilà. Après, on peut compléter ensuite avec les caractéristiques. On peut ajouter des informations, mais ce qu'il faut surtout, c'est connaître les profondeurs des réseaux et leur diamètre, voilà et la structure la chaussée. »

MIELNICZEK Alexandre: «OK, très bien. Ensuite, alors là, c'est une partie un peu plus longue, on a une petite dizaine de questions sur les usages de ce CIM. Alors, première question, Pensez-vous que le CIM impacte votre métier ? Et si oui, pourquoi et comment ? »

ANONYME 1 : « Pas aujourd'hui. On répond à la demande en proposant le CIM mais il n'a pas d'impact aujourd'hui. Dans le futur, il l'impactera c'est sûr. Parce que voilà, ça intéressera tout le monde, mais pas pour l'instant. »

MIELNICZEK Alexandre : « Ok. Et alors deuxième question. Dans votre secteur, est-ce que de nouveaux métiers ont été créés avec l'emploi du CIM ? »

ANONYME 1 : « Ils seront créés plus tard mais aujourd'hui, non mais dans le futur, oui. Il y aura des petites mains pour aider ou pour compléter les maquettes, voilà. »

MIELNICZEK Alexandre : « Alors, quels outils avez-vous employé dans ce projet ? Si vous aviez cité Covadis je crois ? »

ANONYME 1 : « Oui, oui. »

MIELNICZEK Alexandre : « Il y en avait d'autres ? »

ANONYME 1 : « Non, moi, j'ai essentiellement travaillé avec Covadis. »

MIELNICZEK Alexandre : « Et est-ce que ces outils ils sont différents de ceux que vous employez traditionnellement ? »

ANONYME 1 : « Non, on a utilisé Covadis, c'est qu'on l'avait déjà en application de Autocad. Bien sûr, c'est une part du logiciel que je n'exploitais pas, mais le logiciel en lui-même quoi, je le connaissais. »

MIELNICZEK Alexandre : « D'accord OK. Très bien. Alors, question suivante. Est-ce que pour vous le CIM permet une superposition des strates de systèmes urbains ? Adeline ? Tu peux compléter cette question. »

DEPRETRE Adeline : « Oui, donc ce sont les différentes composantes on va dire qu'une ville où qu'un quartier peut avoir à terme de composantes environnementales, sociales et économiques. Est-ce que vous pensez qu'avoir un CIM peut permettre de joindre toutes ces différentes couches dans une maquette ? »

ANONYME 1 : « Moi je ne pense pas que le CIM ait un côté social, je pense qu'il est exclusivement technique. Enfin je vois mal comment intégrer des notions de densité de population, s'il y a plus d'enfants ou quoi. Enfin pour moi ça reste quelque chose de technique et voilà. »

MIELNICZEK Alexandre : « Alors, la question suivante. Dans le cadre de la conception des espaces, qu'apporte un CIM par rapport aux méthodes et outils traditionnels ? »

ANONYME 1 : « Et bien, comme vous êtes plongé dans une maquette 3D, vous pouvez tout de suite vous apercevoir si deux réseaux se croisent. S'il y a des conflits entre des éléments, si tout peut fonctionner. Alors que voilà sur un plan papier, vous ne vous en rendez pas compte immédiatement. »

MIELNICZEK Alexandre : « Entendu alors question suivante. En quoi le Sim pourrait participer à la durabilité et à la qualité des aménagements. »

ANONYME 1 : « Si l'exploitant il a le logiciel pour se promener dans la maquette et voir les réseaux où ils se situent, à quelle profondeur, il pourra ensuite intervenir pour réparer éventuellement des réseaux ou en ajouter parce qu'il verra qu'il y a de la place, et cetera. Oui, ça peut être utile ensuite à l'exploitant. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK, super, alors question suivante, et c'est la dernière sur cette partie. Selon vous, le CIM peut-il devenir un outil ou un moyen ou un support afin de réaliser des analyses urbaines spécifiques ? Typiquement de l'intensité urbaine ou des cartes de chaleur, des choses comme ça. »

ANONYME 1 : « Non, il y a d'autres outil, je pense, qui sont mieux. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK, très bien, je passe à une autre partie donc sur le positionnement, il y a 4 questions sur cette partie. Donc première question, le travail selon un processus CIM a-t-il impacté le positionnement de votre métier dans votre organisation au cours du projet ou est-ce qu'il va l'impacter si vous êtes encore en cours de projet. »

ANONYME 1 : « On a une 2e phase à fournir avec une autre maquette donc il va falloir que je me replonge dans le logiciel. »

MIELNICZEK Alexandre : « Donc, est-ce que ça l'a impacté et où est-ce que ça va l'impacter ? Voilà votre positionnement dans votre organisation au cours de ce projet. »

ANONYME 1 : « C'est sûr que ça va me demander plus de temps. Je vais devoir prévoir de m'y ateler exclusivement parce qu'il ne faut pas lâcher le la logique. Quand on fait ce type de projet, il faut s'immerger dedans. On ne peut pas y travailler 2h et faire autre chose ensuite. Non, c'est en continu. »

MIELNICZEK Alexandre : « Entendu alors question suivante. Le travail selon un processus CIM a-t-il affecté les interactions où votre positionnement avec les autres parties prenantes du projet ? »

ANONYME 1 : « Oui, effectivement, c'était plus des réunions que j'ai dû avoir pour être compatible avec d'autres maquette, notamment celles du paysagiste. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK. »

ANONYME 1 : « Du coup, c'était plus des réunions qui portaient sur le logiciel et où on s'arrêtait, où qui faisait quoi et où. Quelle information on laissait, pas sur les éléments caractéristiques des VRD. »

MIELNICZEK Alexandre : « Comment vos maquettes fonctionnaient ensemble avec les autres lots. Alors je passe à la question suivante. Selon vous, y aura-t-il des évolutions dans les relations que vous avez avec les autres parties prenantes du projet ? Durant la prochaine phase, là en phase 2 par exemple. »

ANONYME 1 : « Est-ce qu'il y a des évolutions ? Ben forcément, je vais me rendre un peu mieux compte de ce que souhaite le paysagiste. Et en fait, ça permet aussi de visualiser ce qu'ils ont l'intention de rendre et faire en surface, sur le projet. Parce que souvent les plans, ce n'est pas très parlant alors que là, la maquette, elle va me révéler certainement des choses, des équipements que je n'avais pas peut-être perçu sur le plan. Et du coup, ça va m'apporter beaucoup d'informations, oui. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK, très bien. Alors dernière question sur cette partie. Selon vous, le CIM a-t-il un impact en termes de gestion des divers acteurs et est-ce que vous constatez des différences avec des projets où il n'y a pas de CIM ? »

ANONYME 1 : « Ah mais oui, là il y a des différences de délai parce que c'est très long de faire une maquette, ça prend du temps. Donc c'est vrai que c'est pour ça que pour les maîtres d'ouvrage ce n'est pas systématique dans tous les projets. Parce que c'est chronophage. Et du coup comment faire sur d'autres projets ? C'est plus que classique. Voilà, on fait une coupe et on montre sur la Coupe ce qu'on a, ce qu'on fait et alors que là Ben montre ça l'extrait de la maquette pour dire "Bah non, mon tuyau il passe là ". C'est moins rapide, mais après c'est posé voilà. C'est long à mettre en place, mais après c'est posé. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK alors sur ces cette partie-là c'est fini Maintenant des questions sur les normes et les structures du CIM. On a 4 questions en ce sens. Pour vous, quelles sont les grandes caractéristiques du CIM ? À savoir est-ce qu'il y a une structure type ou une manière type de visualiser des choses, des normes spécifiques aussi ? Si vous êtes au courant de quoi que ce soit ? »

ANONYME 1 : « Oui, oui, je sais que le CIM Manager nous avait envoyé un cahier décharge. Et bien je n'en ai plus trop de souvenirs, mais il y avait effectivement des dénominations relatives, des normes. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK, donc à priori là-dedans, il y a des normes, mais vous n'avez pas une norme en particulier ? »

ANONYME 1 : « En fait, c'est des dénominations de réseau mais c'était assez international donc c'était en anglais. »

MIELNICZEK Alexandre : « Voilà d'accord. Je vais passer à la question suivante. Est-ce que vous avez des obligations ou des protocoles concernant la nomenclature des objets ou autre dans votre métier à proprement parler ? »

ANONYME 1 : « Oui on peut en avoir, oui. »

MIELNICZEK Alexandre : « Typiquement la question c'est, est-ce que par exemple vous, vous avez l'habitude, parce que le métier veut ça, de nommer toujours pareil les réseaux ? Je ne sais pas, d'assainissement ou de voirie. Est-ce qu'il y a des manières, des normes standardisées pour nommer ces éléments ou c'est un peu chaque société qui a sa manière de faire. »

ANONYME 1 : « En fait chaque société a sa manière de faire et j'irai même plus loin, c'est que chez OCI, on laisse libre la personne de nommer son fichier, du moment que c'est logique et clair quoi. »

MIELNICZEK Alexandre : „OK très bien. Dernière question sur cette partie-là, à votre échelle, quelles données rassemblez-vous où utilisez-vous dans le CIM ? Est-ce que vous récupérez les données des maquettes des autres pour produire votre ? Comme une plus-value où est-ce que vous déposiez vos maquettes et puis c'est tout ? »

ANONYME 1 : « En fait, j'utilise les maquettes des autres avec un viewer CIM pour comprendre, comme je vous le disais, le projet des autres. »

MIELNICZEK Alexandre : « Entendu très bien. Alors maintenant les dernières questions sur les perspectives, donc il en reste 7 et on aura fini. Je pense qu'on est à peu près dans les temps. Première question. Pensez-vous que la collaboration est plus présente dans le cadre d'un projet CIM ? »

ANONYME 1 : « Elle est présente pour faire la maquette, mais elle n'est pas présente forcément pour faire le projet. Pour que la maquette s'emboîte comme des pièces de puzzle on s'appelle, on échange nos fichiers et cetera. Mais le projet en lui-même, de planter un arbre sur un réseau ou de pas être en face d'une sortie, ce n'est pas forcément... En fait, c'est plutôt Arcadis qui aurait dû avoir ce rôle. »

MIELNICZEK Alexandre : « De la coordination technique. »

ANONYME 1 : « Voilà, c'est mon constat. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK non mais c'est très intéressant. Question suivante, est-ce que vous pensez que les que le modèle CIM là il est complet où est-ce que vous pensez qu'il devrait intégrer certaines autres choses par la suite, voire d'un point de vue contenu ? Des données. »

ANONYME 1 : « Non, je pense qu'il doit servir à la technique, comme je disais. Je pense que d'autres base de données devrait servir pour d'autres informations. Voilà, si on veut dire l'économique ou autre. »

MIELNICZEK Alexandre : « Très bien. Alors, question suivante. Pensez-vous que les CIM peuvent remplacer les outils et méthodes traditionnelles ? Où sera-t-il toujours employé en sus de ces outils ? »

ANONYME 1 : « Je souhaiterais que ça remplace le plan et qu'on se plonge directement dans la maquette, mais pour ma part et actuellement, je sais que les architectes c'est pareil, on est toujours à poser le projet sur du plan, sur du papier et ensuite le traduire en 3D. »

MIELNICZEK Alexandre : « "Très bien. Question suivante. Selon vous, les CIM vont-ils s'imposer dans la fabrique urbaine de demain et est-ce que vous recommanderiez cette pratique ? Selon votre opinion. »

ANONYME 1 : « Vous savez, moi j'ai commencé à la table à dessin, alors je vais dire oui parce que en une vie, je suis passée des Rottrings à la maquette 3D CIM. Je pense que ça fera qu'évoluer quoi. Oui

et donc est-ce que c'est bien ? Disons, qu'il va falloir maîtriser l'outil. On va vouloir aller toujours plus vite donc, ça sera bien, mais ce ne sera pas mieux, voilà. »

MIELNICZEK Alexandre : « Très bien. Donc question suivante, quelles sont les limites de ce CIM ? En termes de, par exemple, de droits d'infrastructures digitales ou de quantité de données, si vous envoyez ou autre. »

ANONYME 1 : « La limite c'est son intuitivité. Ce n'est pas si intuitif que ça, il faut être un peu du milieu et avoir une petite formation pour l'exploiter. »

MIELNICZEK Alexandre : « Ok, donc deux dernières questions qui sont sur d'autres sujets. Est-ce que vous, vous comptez lier le CIM à une plateforme SIG ou à un organisme public type IGN ? »

ANONYME 1 : « Non »

MIELNICZEK Alexandre : « OK, et alors une question dans la même veine, et c'est la dernière question. Est-ce que vous comptez réinjecter des données dans des portails open data par exemple ? »

ANONYME 1 : « Non »

MIELNICZEK Alexandre : « C'est très bien, on a fini les questions. »

ANONYME 1 : « Très bien. »

ENTRETIEN ANONYMISÉ 2- PAYSAGISTE, 10 JUIN 2022

DEPRETRE Adeline : « On va, on va commencer donc tout d'abord, quelle est votre profession et dans quel cadre employez-vous où êtes-vous confronté au CIM ? »

ANONYME 2 : « Donc je suis paysagiste Concepteur. Et donc je fais de la maîtrise d'œuvre urbaine, des études d'urbanisme. »

ANONYME 2 : « Et effectivement, on est confronté, c'est assez variable. Au départ, on est confronté au BIM dans des projets en fait où on accompagne les architectes pour des cours d'école, des patios. Ce genre de choses, voilà où, effectivement, eux dessinent, tout sur Revit ou sur Archicad et soit on sait utiliser le logiciel, soit on sait se servir que de Autocad. Et dans ce cas-là, Ben voilà, on est démuné donc ça c'est le premier exemple type classique. Et après y a d'autres projets où y a une demande, c'est un peu de la vallée, une demande initiale pour qu'effectivement qu'il y ait [...], qu'on intègre le BIM dans la concession dès le départ. Voilà donc c'est un classique aussi, type ZAC. Donc voilà donc c'est le 2e type de de projet. À la fois, c'est toujours la même méthodologie, mais on va dire, les dimensions des maquettes, le temps qu'on va passer n'est pas tout à fait le même. Voilà ce qui se passe, c'est que parce que y a des agences de paysagistes qui savent se servir de [...] mais il n'y en a pas non plus 10000. Donc je pense qu'il y a pour les premiers types de projets qui est le plus classique effectivement, des paysagistes qui se retrouvent démunis. Parce que j'ai moi, j'ai vécu donc ça. Je suis paysagiste, donc j'ai vécu l'arrivée de l'informatique.

Moi, je savais très bien tout dessiner à la main. Puis on a dû [...], quand on a commencé, il y a tout ça qui s'est développé et donc on vient un peu la même chose maintenant. 20 ans après, avec le l'arrivée du BIM, voilà. Pareil à l'époque y a des gens qui disaient non, faut rester à la main. Voilà donc il faut trouver le juste milieu. Ce n'est pas évident parce que c'est des histoires d'investissement, de formation. »

MIELNICZEK Alexandre : « Non mais ça peut nous amener à la prochaine question, ouais c'est parfait.

DEPRETRE Adeline

Donc du coup, est-ce que vous avez fait appel à des experts spécifiques, des assistances à maîtrise d'ouvrage ? »

ANONYME 2 : « Y a, sur Châtenay un BIM Manager, Arcadis qui chapeautait [...], qui chapeaute donc, qui s'occupe, lui vraiment effectivement, de concaténer, comme on dit, les maquettes et voilà. Il vérifie... de voir les discordances entre les maquettes, ce genre de choses. Mais on a pris des cours de Revit. C'est, c'est ce projet de Châtenay qui nous a mis le pied à l'étrier, donc pour le projet de Châtenay, on s'est formé à l'Agence. À peu près, il y a eu quinzaine de personnes qui ont eu une formation qui n'était pas dingue. Au Total, on est 80 en France, mais on est une trentaine à Paris. Il y avait des architectes, mais les architectes avaient déjà eu [...] dans le cadre de leurs études ou leur cadre de leurs emplois précédents qui avaient déjà, ils avaient déjà bossé, donc ça s'est passé. Voilà, il y a eu de l'entraide, on va dire au-delà de la question de la formation initiale qui durait 15 jours, que moi j'ai suivi et que j'ai rien retenu parce que ce n'était pas mon rôle de modéliser la maquette, mais j'ai vite compris que c'était adapté néanmoins à faire du paysage, en tout cas de l'espace extérieur, mais donc effectivement, on a appris aussi un peu sur le tas et on après on a eu là récemment, depuis un an, on sait, on a eu des

formations spécifiques ou le groupe de 5-6 personnes qui sont plutôt moteur, effectivement, ont repris les cours en faisant appel à des spécialistes. Donc je réponds à la question. Je me souviens plus du nom de l'Agence, mais c'était justement un contact d'Arcadis. Qui nous avait recommandé, et plutôt bien, des bonnes personnes effectivement qui, parce que c'est effectivement les questions qu'on se pose en espace extérieur où y a beaucoup de courbes. »

MIELNICZEK Alexandre : « C'est plutôt côté formation que vous avez fait appel à des ressources extérieures ? »

ANONYME 2 : « Oui, voilà oui. »

DEPRETRE Adeline : « OK, alors on va passer à la question suivante, donc, quelles ont été les données d'entrée pour le concours qui vous ont été données ? Certaines étaient-elles en Open DATA ? »

ANONYME 2 : « Je ne peux pas vous dire. En plus, les premiers managers n'étaient pas forcément ceux qui sont maintenant. Moi je n'étais pas là au début du projet, ça fait 4-5 ans que je suis sur le projet. Depuis 2018, janvier 2018 et on a commencé à faire du BIM effectivement, à l'été 2018. Depuis chez Arcadis, c'est un peu [...] il y a eu 2 changements de manager. Ce qui se passe c'est que je ne sais plus pourquoi je vous ai redites moi la question parce que je suis [...]c'est vendredi soir-là je suis très fatigué. »

DEPRETRE Adeline : « Quel exemple, quelles données d'entrée vous avez reçu pour le concours ? »

ANONYME 2 : « Ça, je ne sais pas, je ne sais pas. Je ne sais pas si Arcadis a fait une modélisation de la maquette. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK. »

ANONYME 2 : « J'ai un petit doute, peut-être qu'il y a eu une maquette simplifiée je ne sais pas, donc on en fait. On a bien démarré, ce qui se passe et je ne sais pas si vous connaissez les phases de de maîtrise d'œuvre, il y a AVP, DCE voilà et puis y a des secteurs dans la ZAC donc sur la première phase. On a fait un AVP en Autocad et après on l'a transformé en Revit donc on est passé d'Autocad à Revit comme ça et pour les phases suivantes, on a directement modélisé le projet en Revit, donc on a changé la méthode parce qu'effectivement on a pu passer... Au niveau des données d'entrées nous on a modélisé toutes nos familles. Ça a été l'occasion de revoir toute notre charte graphique pour tout ce qui est plantation, mobiliers et tout ça, ce ne sont pas des éléments qu'on a reçus de l'extérieur. Ce sont des éléments que nous on a on a réalisé. »

DEPRETRE Adeline : « OK, alors du coup, quelles étaient les motivations de développer un CIM pour ce quartier, est-ce vous aviez des ambitions ? »

ANONYME 2 : « Personnellement, en fait, mon patron en plus à l'époque, a changé. Il est plus là. Je pense que toute façon cette histoire de Revit, je ne sais pas comment ça s'est passé dans les pays saxons mais en France on a du retard. Voilà, et il y a eu un gros lobbying, à la fois des formateurs et des vendeurs de logiciels auprès des maîtres d'ouvrage, et que ce soit du maître d'ouvrage privé ou semi privé comme on est à Châtenay, des maîtres d'ouvrage public par exemple, la société du Grand Paris qui gère toutes les gares où moi, j'ai travaillé sur une gare aussi effectivement et donc le maître d'ouvrage voulait se distinguer en faisant de l'innovation informatique. Donc c'était voilà. Donc il y a une pression extérieure pour se distinguer les uns les autres, ça parce que vous voyez, on a des appels

d'offres justement, ces demandes y en a mais généralement effectivement c'est des gros maîtres d'ouvrages. Par exemple, parler de la défense aussi. Ouais, on est sur notre projet à Charlesbourg, au siège d'Engie qu'on travaille. Tout est en BIM... Donc la ZAC on l'a développé aussi en réalité. On avait une ligne spéciale pour effectivement développer donc cette maquette, donc voilà, c'est cette ligne financière nous a permis de nous former et donc de réaliser ces maquettes. »

MIELNICZEK Alexandre : « Parce que les questions sur qui sont vraiment orientées BIM-CIM peut être les sauter parce que c'est vraiment des questions, orienter, BIMer, modeler et cetera. Donc ça ne concerne pas particulièrement. »

Adrien Fourès : « La potentialité de tout ça, c'est vrai... Le défaut, on va dire moi je sais très bien me servir de Autocad. J'aime me servir de Autocad, mais effectivement toute l'interface sur Revit effectivement elle est complexe et c'est très large. Je fais de l'initiation aux étudiants et tout ça en paysage. »

MIELNICZEK Alexandre : « Alors justement, on va, on va, on va, on a des questions qui vont en ce sens, parfait. »

DEPRETRE Adeline : « Du coup, Pensez-vous que le CIM impacte votre métier ? Pourquoi et comment surtout ? »

ANONYME 2 : « Ben l'impact, parce que c'est qu'il y en a beaucoup qui ne savent pas s'en servir... Quand j'ai monté ma boîte il y a 15 ans ce que je faisais, c'était des parkings pour les bâtiments vous voyez des petits patios et des choses comme ça. Les bâtiments en BIM Eh bien j'ai des idées oui je l'ai dessiné en Autocad mais nous on est plus là-dedans depuis 10 ans. Donc c'est compliqué soit on est formé à l'école mais ce n'est pas le cas partout. Ils sont un petit peu à la ramasse. Donc une entreprise va embaucher un salarié mais il y a aussi la question des licences qui est un sujet important au départ on fait quelque chose à la main. Pour moi il y a vraiment une limite qui est claire qui peut être aussi un danger c'est la question de notre métier est-ce qu'on est paysagiste où est-ce qu'on est BIMer ? »

DEPRETRE Adeline : « Est-ce que dans votre secteur de nouveaux métiers ont été créés avec l'emploi des CIM ? »

ANONYME 2 : « Y a la question du BIM manager mais on va dire, moi, j'ai vécu le même avec le passage de la main à l'informatique. Je ne dis pas ce n'est pas tout à fait la même chose mais oui ça a forcément créé des nouvelles professions. En fait la profession de dessinateur le projeteur c'est ça qui évolue. Il y a 30 ans les gens dessinaient à la main sur du calque après il y a eu Autocad et maintenant on est en 3D ça créé de nouvelles professions ça fait évoluer les gens. »

DEPRETRE Adeline : « Et du coup quels outils vous employez dans ce projet ? »

ANONYME 2 : « Alors on est serré vite parce que c'est tout un choix au départ est-ce qu'on le fait sur Archicad et finalement nous l'avons fait sur Revit. Il y a aussi Covadis, mais pour moi ce n'était pas tout à fait du BIM. Donc voilà on a eu ce choix-là qui s'est fait et ce n'est pas évident parce qu'il y a un peu un côté paris. C'était un pari payant parce que même si c'est un investissement sur Châtenay moi je sais qu'on a gagné. Je vous dis ça fait quelques projets que c'est demandé donc on s'y est moi. »

MIELNICZEK Alexandre : « Et du coup, vous aviez choix en choix comme alternative. Vous avez parlé de Covadis, vous avez parlé de quoi d'autre ? »

ANONYME 2 : « Archicad et VectorWorks et je crois qu'ils sont plus dur. Justement mon ancien patron qui a monté sa nouvelle boîte il m'avait dit qu'il avait fait un concours avec VectorWorks et il avait des problèmes avec l'export en IFC. Ça se croise et tout il y a cette question-là. »

DEPRETRE Adeline : « Du coup les outils employés dans ce projet sont différents de ceux que vous employez traditionnellement ou alors est-ce que maintenant votre traditionnel est devenu Revit ? »

ANONYME 2 : « Les salariés qui savent s'en servir sont peu nombreux on va dire à l'agence on a une trentaine on va dire 45 personnes qui savent vraiment s'en servir. C'est assez pénible sur la question du nivellement. À vrai dire l'outil n'est pas adapté à notre métier même si on sait s'en servir pour l'extérieur. C'est donc compliqué on passe beaucoup de temps devant l'écran affaire un peu de la programmation entre guillemets. Ce n'est pas dans les formations de paysagistes les architectes oui mais pas ce n'est pas ce qu'on attend de notre métier. La problématique c'est qu'en fait les agences de paysage et d'archi emploient des architectes et pas des dessinateurs après un bac plus 2 ou 1BTS ou des dessinateurs un truc comme ça. »

DEPRETRE Adeline : « Du coup, est-ce que, selon vous, le CIM permettrait une espèce de superposition de toutes les strates qu'il y a dans les systèmes urbains actuellement, donc autant les réseaux, autant les activités économiques les infrastructures et cetera. Est-ce que pour vous c'est réalisable ? »

ANONYME 2 : « Alors il faut 2 choses que le logiciel tienne la route et que tout le monde joue le jeu. Nous on a été un moteur. Sur Châtenay les architectes ont été un petit peu moins et le problème c'est que les entreprises après ne s'en sont pas servies. Après il y a aussi la dimension et le poids de la maquette la façon dont elle est construite, la question de la définition. Quand vous dessinez un arbre il y a plusieurs définitions : en couple en plan et cetera. Ce n'est pas non plus un arbre avec tout son feuillage mais ce sont des symboles, après tout ce qui est donné je n'en sais rien. »

DEPRETRE Adeline : « Est-ce que vous pensez que le CIM peut participer à plus de durabilité ou de qualité dans les aménagements ou pas forcément ? »

ANONYME 2 : « Il y a un potentiel important mais comme je disais c'est une chaîne donc de personnes... je pense que déployer le développement durable tout ce qui est écologique il faut que tout le monde joue au jeu. Mais si les choses sont bien faites effectivement, on pourra on pourra résoudre des problèmes plus tard. »

DEPRETRE Adeline : « Donc vous pensez par exemple faire des analyses urbaines ou des choses comme ça peu pourraient devenir possible avec ce genre de plateforme ? »

ANONYME 2 : « Je ne sais pas justement mais ce sont des choses que on pourrait par exemple je ne sais pas me servir du SIG mais les personnes qui s'en servent qui ont eu des formations doivent sûrement pouvoir le faire »

DEPRETRE Adeline : « Comment est-ce que par la suite, vous pensez concrètement utiliser le cim ? Est-ce que déjà vous pensez l'utiliser ou pas ? Forcément, donc ça c'est normalement une question qu'on pose plutôt à la maîtrise d'ouvrage mais ça peut être intéressant de savoir votre avis. »

ANONYME 2 : « Pour nous on va dire que c'est une nouvelle flèche à notre arc, par rapport à nos concurrents. On peut dire qu'il n'y en a pas beaucoup sur Paris et je pense en France. On en connaît les qualités et les défauts. On va dire qu'on a 2 ou 3 bonnes expériences, qui sont liées aux personnes

qui s'en sont servies. Comme je vous disais, il y a 3 ou 4 personnes dans l'agence qui s'en sortent mieux et qui ont dû savoir surtout ça. »

MIELNICZEK Alexandre : « Tout le monde est en train de monter en compétence donc. »

ANONYME 2 : « C'est ça oui. Je ne veux pas dire qu'on a été des pionniers, mais ce que je vois, c'est qu'en chantier ils ne l'ont pas utilisé peut-être à cause de l'interface. Je ne sais pas si vous connaissez le projet ou pas, mais il y a un parking souterrain et on l'a utilisé qu'une seule fois en réunion. Là il y avait la maquette du parking avec le local fontainerie et lui il avait directement dessiné son projet en phase exe. Du coup son projet serveur de 3D d'ensemble et ainsi on savait tout. »

MIELNICZEK Alexandre : « C'est un retour effectivement qui nous a été fait plusieurs fois enfin ou du moins durant la dernière interview que finalement. Ça n'avait pas été tant utilisé, que ça pour la synthèse, ou du moins pas autant que ce que certains. »

ANONYME 2 : « Oui mais c'est ce qui se passe les entreprises de R et d elles ne sont pas encore à la page. Tout le monde est en train de monter en gamme, mais ils n'ont pas forcément tous joué le jeu. Par exemple Eiffage route euh je n'ai pas l'impression. La semaine je ne sais pas trop s'ils ont la motivation j'ai l'impression que à un moment ils disent bah non le BIM on ne le fera pas on fera que du recollement. »

MIELNICZEK Alexandre : « Pour le DOE ? »

ANONYME 2 : « Voilà dans le cadre du DOE on est en train de recevoir les maquettes maintenant. Donc les géomètres tout ça, les entreprises, les conducteurs de travaux, En fait ils ne dessinent plus surtout où très peu. Ça dépend de chaque agence, parfois les géomètres-experts sont externalisés. Il y a aussi surtout une question de temps, le temps de chantier est un temps extrêmement comprimé. En gros faire durer vite ça prend quand même plus de temps que de faire du Autocad. Pour qu'au final ça se termine à la main. Ça se termine sur le terrain à implanter des choses voilà. On est très loin de ces choses, de la maquette partager. Mais ce qui est intéressant, ce qu'on a vu, c'est que là modélisation 3D et bien là c'est ce que nous on a vu. Mais on l'a aussi avec SketchUp, c'est des choses qui existaient par avant. L'intérêt c'est qu'avec Revit le lien où l'Union elle peut se faire très facilement et produire des perspectives. Après en tant que paysagiste les agences se sont bien développées avec SketchUp mais c'est satisfaisant que ça soit rapide. L'intérêt c'est plus d'avoir un projet, de vérifier des interfaces, au niveau des réseaux. Parfois c'est un outil commercial et je me demande souvent si ce n'est pas ce point-là euh qui prend le pas sur le premier. »

DEPRETRE Adeline : « Du coup est-ce que le travail en processus CIM a impacté votre positionnement et votre métier au sein de votre organisation ? Est-ce que votre métier a un peu changé ? Est-ce que vous avez des relations différentes à l'intérieur de votre organisation ? »

ANONYME 2 : « Bien sûr comme je disais le problème c'est que vous maîtrisez l'outil ou pas. C'est intéressant parce que c'est la question de la spécialisation au sein de l'agence donc pas moi, ça va peut-être impacter que les salaires vont augmenter si on se sait servir du BIM. Il y aura un plus. Ça peut aussi être néfaste par rapport à des individus Qui n'ont pas cette qualité de savoir servir de l'objet. »

DEPRETRE Adeline : « Mais au niveau des interactions et de votre positionnement par rapport aux autres acteurs ? YAT-il une différence ? »

ANONYME 2 : « Ce qui se passe c'est que moi je suis directeur de projet entre guillemets, je suis chargé de projet à l'agence. On a été 4 ou 5 à travailler dessus tous ensemble, et puis à certains moments chacun avait sa tâche. Moi en fait je n'ai jamais vraiment utilisé la maquette sur un écran, j'ai toujours regardé des plans en 2D. »

DEPRETRE Adeline : « Donc ça n'a pas impacté votre métier vraiment ? »

ANONYME 2 : « Ça a peu impacté directement, mais dans le sens de l'organisation, les personnes, leur disponibilité leur bon vouloir, Ce genre de choses ça impactait. Après, au sein de l'agence, c'est impacté dans le sens où on va dire c'est une corde de plus à notre arc comme je le disais. Donc c'est plutôt favorable. »

MIELNICZEK Alexandre : « Est-ce que vous pensez que ça va évoluer en fonction des phases ? Au niveau des relations. »

MIELNICZEK Alexandre : « Est-ce qu'au cours des phases les interactions avec le CIM est-ce qu'elles ont changé ? Est-ce qu'il y a eu beaucoup de BIM puis plus du tout ? »

ANONYME 2 : « En fait ça ne s'est pas passé comme ça. En fait il y a eu 3 tranches et il n'y en a plus que 2 donc je vous dis la première on l'a fait en AVP. Et donc je sur Autocad et puis en BIM à partir de Autocad. Donc on a fait le projet après alors que pour la 2^{de} phase je vous dis on l'a conçu directement en réalité. Le problème ou plutôt la difficulté c'est pour l'exporter. En Autocad tout est cassé. C'est à dire qu'on n'a plus les polygones. Pourtant les entreprises elles vont vouloir de l'auto cad sauf qu'on en a plus puisque les polygones sont cassées dès qu'on exporte de revit. Parce que les hommes les entreprises elles ne récupèrent pas votre revit elles veulent de Autocad. Et nous on ne peut pas tout redessiner sur autocad après avoir fait le revit. Donc nous on va donner la maquette. »

DEPRETRE Adeline : « Du coup, est-ce qu'au niveau de la gestion des différentes parties prenantes du projet, donc les autres acteurs, est-ce que vous avez senti une différence ? Est-ce qu'il y a eu une différence dans la gestion de ses parties avec le CIM ? »

ANONYME 2 : « Oui bien sûr, en fonction du degré d'investissement et d'intérêt. Notre bureau d'étude avec qui on n'est pas en groupement, ils étaient sur Covadis. Et ils sont restés sur Covadis. En fait pour moi ils n'ont pas joué le jeu. Après eux on fait le nivellement et on a su le récupérer donc nous on a fait un gain. Parce que je ne suis pas sûre j'ai un doute mais il me semble que les maquettes que j'ai vues passer pour moi, c'est de l'i FC. Parce que à un moment ils nous ont dit qu'est-ce que vous faites ? Mais je ne savais pas que sur Covadis on pouvait faire du BIM voilà. Donc on se questionnait. Moi je me questionne, ne sachant pas grand-chose. Et puis, ce n'était pas mon rôle. Mon ancien patron m'a demandé, et moi je lui ai dit tu choisis revit. Pour moi les architectes ont eu beaucoup de mal à s'y mettre, nous c'était intense parce qu'on avait la maquette avec toutes les rues faites. Donc dans une maquette vous voyez plutôt le bâti avant de voir les espaces extérieurs. Par exemple la fontainerie a aussi joué le jeu et on peut voir que chez les autres ils ne sont pas tout à fait servis donc c'est un peu dommage. Après ça ne nous a pas empêché d'avoir des merdes. Entre le parking, le terrain, les interfaces, la fontainerie, je peux vous dire ... dans le cadre du DOE il y a aussi une question c'est les fournisseurs. Vous voyez les pépiniéristes, ils sont à des années-lumière de cette maquette. Il en est de même pour les paveurs. C'est au niveau des fournisseurs eux ils ont une très peu de valeur ajoutée technique. »

MIELNICZEK Alexandre : « Est-ce que vous avez une manière de classifier ? Est-ce qu'il y a des normes pour nommer les objets qu'on utilise dans votre papier ou c'est vraiment vous qui décidez comment vous nommez vos objets selon vos habitudes d'agence. »

ANONYME 2 : « On a nos familles personnelles. On a tout réfléchi. En fonction du spectre européen. C'est à dire qu'il y a d'énormes sur des produits mais il n'y a pas d'uniformisation. Il y a ce qu'on appelle les Eurocodes pour les éléments structurels et Ben c'est un peu pareil pour les extérieurs. Vous voyez, il n'y a pas une normalisation je pense. Par contre, en interne on a une charte sur les couleurs, les noms des calques, ce genre de choses, mais ça reste vraiment chacun à son approche. »

DEPRETRE Adeline : « Je pense qu'on va passer aux perspectives. Donc est-ce que vous pensez que la collaboration elle est davantage présente dans le cadre d'un CIM par rapport au cadre traditionnel ? »

ANONYME 2 : « La collaboration entre les différents acteurs du projet et bien vous savez c'est comme une pièce de théâtre. Et au stade où on en est dans le projet, je pense que c'est pire, car ça crée une difficulté par rapport au travail. Je pense que ça tend les choses. Il y a des personnes virgule moi y compris, qui maîtrisent bien leur métier et qui dans ce sens sont dépossédés de leur travail. Ça créé de la frustration. Certaines difficultés au travail. C'est un peu comme une écharde dans le pied, c'est vécu comme ça. J'ai trouvé ça super, j'en suis très fière, mais voilà, je vais dire que l'impact des visioconférences a été énorme. Et bien le BIM ça a complètement changé le travail. La visioconférence a complètement changé notre façon de travailler. »

MIELNICZEK Alexandre : « C'est super intéressant c'est quelque chose qu'on n'avait pas pensé forcément. »

ANONYME 2 : « Oui le COVID à tout chamboulé notre travail, à part dans les pays anglo-saxons où c'était peut-être déjà mis en place. »

DEPRETRE Adeline : « Et au niveau du CIM vous pensez qu'il est complet où est-ce qu'il y a différentes choses qui pourraient y être ajoutées, créées au niveau du contenu des informations ? »

ANONYME 2 : « Je ne peux pas vous dire je n'en ai pas fait le tour, mais j'ai compris qu'il avait un énorme potentiel. On peut faire à la fois de la représentation en 3 dimensions, dur rendu, du métrage, avec Excel avec les quantités, tout ça on sait le faire. On est arrivé à un stade, vous savez, où on ne se retape pas tous les mètres, comme sur Autocad. Même si survie on a déjà le moyen d'obtenir des quantités effectives. Y a la question des interfaces virgule la question des bibliothèques, des familles, des banques de données à faire évoluer. Il y a plusieurs choses intéressantes, ça reste pour moi un outil qui est énorme quoi. On va peut-être plus vite après mais on ne s'en rend pas compte des limites... Par exemple le fichier de Châtenay, c'est un fichier lourd. Tout cela s'accumule, c'est un fichier très lourd. Avec revit on a simplifié les choses. Vous voyez ce qui se passe, c'est que c'est ça qui est paradoxal. En fait la maquette très vite elle a moins d'informations que le fichier Autocad. Et c'est dommage. Par exemple, je parle en chantier parce que les détails sont faits sur Autocad. Il y a la question du niveau de détail aussi. Mais ça, ça dépend aussi de la charte enfin de la convention voilà. On a un niveau de définition assez faible alors que je trouve qu'on aurait pu simplement mieux gérer quoi. Il y a un éclairage qui a été conçu spécialement pour l'opération on aurait pu développer des choses vraiment adaptées, créer une famille, là il est plutôt simplifié. »

DEPRETRE Adeline : « Et est-ce que vous pensez que les CIM pourraient un jour remplacer les outils traditionnels complètement ? »

ANONYME 2 : « En fait ça dépend ce que vous entendez par traditionnel. Alors moi j'ai fait des cours. Sur l'histoire de la représentation et les premières maquettes elles ont 2000 ans il y avait déjà des maquettes. C'est pareil aujourd'hui pour le monde du travail il évolue énormément, donc c'est sûr. On va aller de plus en plus sûr de l'immersif comme sur cette ZAC. Après je ne peux pas vraiment vous dire. Ça dépendra des opérations virgule il y en aura des opérations en BIM mais il y aura une question aussi de savoir où ces opérations iront. Ça demande vraiment une volonté virgule et que les personnes soient bien formées. Du coup ce que je vois c'est qu'en réunion de chantier, pas mal de personnes viennent avec leur ordinateur et regarde. Après moi je vais sur des chantiers où on fait un simple PowerPoint en image. Donc les choses évoluent pour les plantes tout ça il y a souvent un manque de plans. En fait, c'est une 40, c'est comme tout le terrain, on a oublié le plan à la base ou alors on n'a pas le plan comme on voudrait le mettre sur le terrain. Après je pense que personne ne peut vraiment savoir. »

DEPRETRE Adeline : « Et du coup vous pensez quand même que ça pourrait s'imposer de plus en plus dans la fabrique urbaine ? »

ANONYME 2 : « Je pense qu'il y a un potentiel mais aussi en effet de mode. Là on est sur une courbe de croissance importante. Par exemple avec le Grand Paris dans 4 ou 5 ans on n'est pas certain que ça soit la même chose. Ça reste un outil luxueux réservé à certaines opérations. Sur la question des extérieurs des bâtiments c'est autre chose. On fait le lien entre les bâtiments. En fait la rue qui fait 10 M ce n'est pas évident de la faire, c'est un truc on se dit ce n'est pas difficile de faire une rue pavée. N'importe qui peut le faire. Ce n'est pas très compliqué quand même de construire un bâtiment, mais c'est beaucoup d'argent. Même s'il y a un bon budget au final on finit à la main virgule on pose les pavés. Le maître d'ouvrage il a un besoin ce sont des choses intéressantes mais c'est beaucoup de temps et il faut que les ingénieurs et cetera prennent le temps de regarder ces maquettes. Il faut aussi qu'ils prennent le temps de dessiner dès l'exécution. Les entreprises elles reprennent le fichier total elles refont un peu l'EXE mais souvent ce n'est pas reparti. »

DEPRETRE Adeline : « Et du coup pour vous quelles sont les limites que vous identifiez ? Que ce soit au niveau des droits virgule au niveau de l'infrastructure en elle-même, vous parliez tout à l'heure de lourdeur ? »

ANONYME 2 : « La limite c'est surtout de savoir se servir de l'outil c'est la principale difficulté. Voilà, c'est celle que j'entrevois. Je ne peux pas vous dire les autres. Ce qui est assez bizarre et qui n'a pas été le cas avec Autocad parce que bon même si on n'a pas imposé Autocad il y a eu des gens qui travaillaient sur le Vecteurworks et Archicad voilà il y a des logiciels 2D. Il y a aussi la question de l'i FC cette espèce de format de partage que l'on ne connaît pas bien. Mais c'est aussi juste que je pense que c'est encore un frein. Cette histoire qu'on n'est pas tous sur le même logiciel. C'est une limite. »

DEPRETRE Adeline : « Est-ce que par la suite vous pensez, dans le cadre de votre profession, lier le SIG avec le CIM ou autre ? Vous disiez tout à l'heure que vous n'utilisez pas le SIG mais est-ce que ça pourrait venir, est-ce que l'IGN ou quelque chose d'autre pourrait être lié ? Pensez-vous que c'est possible ? »

ANONYME 2 : « Je ne sais pas. Par exemple le projet de la tour Eiffel fait un peu de lobbying. Il y a un drone qui passe, il modélisé tout l'existant, puis vous mettez les projets. »

DEPRETRE Adeline : « C'est la dernière question, est-ce qu'à votre échelle, vous comptez réinjecter des données que vous avez produites ? Par exemple dans des portails open data ou autres ? Où vous n'êtes pas concerné ? »

ANONYME 2 : « Je ne sais pas parce qu'au niveau des familles les banques de données qu'on a faites et cetera c'est notre force. Les personnes récupèrent toutes nos données et ça s'est vu sur Autocad les choses sont récupérées. Donc je pense que nous on est un petit peu paranoïaque car c'est beaucoup de temps et beaucoup d'énergie, se dire que nos concurrents vont récupérer tout ça. »

ENTRETIEN ANONYMISÉ 3- DIRECTEUR D'AGENCE, 10 JUIN 2022

DEPRETRE Adeline : « Je vous propose qu'on débute. »

DEPRETRE Adeline : « Alors donc tout d'abord, quelle est votre profession et dans quel cadre employez-vous où êtes-vous confronté aux CIM ? »

ANONYME 3 : « Alors, la profession, c'est bureau d'études fontainerie donc de l'hydraulique en général. Tout projet qui concerne la mise en valeur de l'eau. »

DEPRETRE Adeline : « Et du coup, dans quel cadre vous êtes confronté au CIM ? Lors de projets, lors de concours, lors de projets de quelle ampleur ? »

ANONYME 3 : « Tous les projets, quels qu'ils soient, de la maîtrise d'œuvre, des diagnostics des monuments historiques et ainsi de suite. On est en mesure de le faire. Alors monument historique, c'est très rare encore. Ils ne sont pas au BIM mais et autres, donc on n'en fait pas. Mais autrement, c'est plutôt sur l'espace public principalement et notamment avec les promoteurs qui sont déjà en avance par rapport même aux espaces publics sur certains cas. »

DEPRETRE Adeline : « D'accord ? Alors, quels ont été les éléments déclencheurs à la planification de l'écoquartier La Vallée ? Non, c'était une question pour la maîtrise d'ouvrage. Désolé, avez-vous fait appel à des experts spécifique ? De type assistance à maîtrise d'ouvrage pour certains enjeux ou autres ? »

ANONYME 3 : « Dans notre domaine, non à tout gérer. »

DEPRETRE Adeline : « Quels ont été les éléments ou besoin transmis par la maîtrise d'ouvrage ? À la maîtrise d'œuvre donc, vous dans ce cas-ci, lors de la phase de concours. »

ANONYME 3 : « Alors dans la phase de concours. Moi, je suis arrivé après, donc je ne sais pas au moment, l'instant T, la fontainerie n'était pas encore identifiée. Et démarquée à ce point-là en fait, donc je suis intervenu après donc je ne sais pas, je ne peux pas y répondre. »

DEPRETRE Adeline : « D'accord, d'accord. Quelles ont été les données d'entrée ? Donc pour la planification, est-ce qu'il y en avait qui était en open data ou pas ? Donc quelles sont les données qu'on vous a fourni à vous au départ ? »

ANONYME 3 : « Pour réaliser les travaux ? Je parle planification de l'étude des travaux, c'est ça ? Ouais, dans le domaine, c'est nous qui avons donné plutôt les données à la maîtrise d'ouvrage puisque c'est la fontainerie. On est vraiment, c'est un domaine à part entière, donc en fait ils nous font plus confiance aux là, on connaît. Bah Eiffage on connaît ainsi de suite. Ils ont l'habitude de travailler avec nous, donc c'est plutôt nous qui donnons les informations pour qu'on rentre dans le planning général. Voilà. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK, alors si je peux, j'ai une petite question au passage en termes de phasage, à quel moment vous êtes arrivé sur l'opération, du coup ? Vous ne vous êtes pas arrivé pendant le concours ? Vous étiez déjà avant où ? »

ANONYME 3 : « Non, je suis arrivé pendant le concours, mais vraiment à la fin. En fait, quand ça a été identifié, la demande d'apporter des îlots de fraîcheur et ainsi de suite. On avait même dans le stade du premier rendu beaucoup plus de fontainerie. En fait même temps le mail, il y avait de la fontainerie, de la brume et ainsi de suite qui a été, entre guillemets, enlevé. Mais maintenant, on est parti sur des

bassins de rétention et ainsi de suite. Quoi d'une gestion alternative des eaux mais que je n'ai pas traité. On m'a laissé vraiment la partie de la place. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK, et vous, vous n'avez pas été contacté par exemple par la maîtrise d'ouvrage avant ce concours pour des études ? Je ne sais pas, du lieu pour dire on pourrait faire ça, on pourrait faire ça, non ? »

ANONYME 3 : « Donc si et forcément, mais pas avant comme ça a été identifié, ils m'ont laissé faire mais pas avant. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK, d'accord non, mais ça aurait pu, parce que c'est des questions qui nous intéressent aussi. »

ANONYME 3 : « D'accord non pour le coup, non. »

DEPRETRE Adeline : « Alors du coup, question suivante, quelles étaient les motivations de développer un CIM pour ce quartier à votre niveau ? »

ANONYME 3 : « Concrètement, c'est le point d'appel de la vallée, c'est l'entrée, donc c'était leur marqueur important de mettre de la fontainerie, de créer un niveau de fraîcheur sur la place. Voilà qui ouvre après sur les espaces verts, ainsi de suite quoi. C'est voilà, ça permettrait vraiment d'avoir un élément fédérateur puisqu'on ne peut pas mettre sur la dalle parking beaucoup de végétal. Idéalement c'était la fontainerie. Voilà qui était le point important. Le point d'orgue. »

DEPRETRE Adeline : « Alors là, on va parler plutôt définition du site information model. Donc quelle définition donneriez-vous d'un CIM à quelqu'un qui ne connaît pas ses modèles ? Donc votre définition à vous ce que vous en faites ? »

ANONYME 3 : « Alors je ne suis pas BIM manager ici justement, non, c'est ça qui est intéressant non ? »

DEPRETRE Adeline : « Comment vous décririez en fait, c'est quoi un CIM »

ANONYME 3 : « C'est une modélisation complète de tous les espaces, donc maintenant de plus en plus, le BIM était prévu pour le bâtiment, il y a le Landscaping maintenant, qui est le végétal et le CIM qui regroupe en fait l'intégralité des [...] enfin il y en a même un autre que je pourrais évoquer sur les réseaux maintenant, qui est sorti. Mais voilà, le CIM regroupe l'intégralité de l'aménagement de surface, aussi bien en élévation, qu'en infra et superstructure et nous on vient se greffer là-dedans. Effectivement, la fontainerie également, mais ce qui permet aussi le CIM si on veut le faire c'est d'avoir un suivi facilement. C'est comme ça que je le défini. »

DEPRETRE Adeline : « Oui, mais parfait. »

DEPRETRE Adeline : « Très bien. Quelle définition donnez-vous au à différents modèles maquettes numériques comme le CIM, le, les SIG, les jumeaux numériques ? Est-ce qu'il y a des différences, est-ce qu'il y a des similitudes ? Est-ce que vous savez ce que c'est ? »

ANONYME 3 : « Alors je connais tous, mais je moi je ne travaille pas sur tout donc forcément les identifier réellement pas forcément. On a besoin du SIG, on a besoin [...] on travaille sur les 3, mais nous y en a qu'un qui nous importe, c'est la maquette numérique qui est destinée [...]d'origine en fait. »

DEPRETRE Adeline : « Alors au niveau plutôt technique. Quelles sont les caractéristiques que vous visualisez dans un CIM ? »

ANONYME 3 : « Bah c'est principalement, c'est pour sortir les conflits réseau et que tout le monde travaille sur la même base quoi. Et les échanges se font en temps réel. La partie technique, je n'en sais rien en fait. »

DEPRETRE Adeline : « Juste quand vous parlez de "en temps réel", vous voulez dire quoi ? »

ANONYME 3 : « Bah comme c'est sur la plateforme, tout le monde a le même niveau de référence. Un instant t en fait quand vous modifiez quelque chose de tout le monde à passer la plateforme d'échange hein aussi ce n'est pas que le BIM ou le CIM qu'on travaille effectivement en modélisation 3D et ainsi de suite ou on voit tous les espaces, c'est aussi d'avoir un pôle de centralité à jour pour tout le monde, au même moment. »

DEPRETRE Adeline : « Alors question suivante, pour vous, est-ce qu'il y a des éléments qui sont indispensables et forcément nécessaires pour construire un CIM ? »

ANONYME 3 : « Je ne sais pas, parce que moi je reprends les éléments, donc je ne sais pas vraiment lequel serait indispensable en fait. Ils sont, puisqu'on doit faire une synthèse en fait des réseaux, des bâtis ainsi de suite tout est essentiel. En fait, on ne peut pas dire qu'il y en ait qu'un. »

DEPRETRE Adeline : « Au niveau des usages, est-ce que vous pensez que le CIM impact votre métier ? Pourquoi et comment ? »

ANONYME 3 : « Alors l'impact...Oui et non, puisque fontainerie, on est très peu en France et en Europe de toute façon, et on est que 2 à le faire en fait en CIM. Donc tout le monde est encore en 2D et ainsi de suite. L'intérêt bah c'est plus une visualisation et présentation au niveau collectivité, maîtrise d'ouvrage et ainsi de suite. C'est plus représentatif pour eux que des plans 2D qu'on a une difficulté de lecture dans la technicité fontainerie. Effectivement, c'est plus intéressant, mais autrement ça n'apporte pas grand-chose de plus sur l'aspect fontainerie hormis de relever des problèmes de conflits, de réseaux principalement puisqu'on a des réseaux gravitaires ainsi de suite c'est souvent bah on prend le cas de la vallée, Y avait le gaz au départ qui passait sur la place il a été obligé d'être dévié du fait de la Fontainerie donc c'est nous qui l'avons demandé. C'est au niveau des interfaces. »

DEPRETRE Adeline : « D'accord. Est-ce qu'au niveau de de votre secteur, de nouveaux métiers ont été créés avec le fait d'employer un CIM ? Vous avez gardé la même équipe ? Apparemment ce n'est pas la première fois que vous utilisez ce moyen donc est-ce que ça change les métiers ? »

ANONYME 3 : « Non, ce n'est pas la première fois mais c'est vraiment occasionnel et c'est surtout avec des gros architectes et ainsi de suite quoi. Je travaille régulièrement pour Wilmotte quoi, tous ces gros, forcément, ils sont en BIM quoi. Et même des fois, ils demandent plutôt des 2D que 3D, ça arrive aussi. Moi j'ai le cas du Luxembourg, le siège au Luxembourg de Arcelor Mittal avec Wilmotte tout est en BIM. Ils ont préféré que la Fontainerie reste en 2D en fait. »

DEPRETRE Adeline : « Au niveau au niveau des outils employés, est-ce qu'ils sont différents en fonction de ce que vous utilisez ? »

ANONYME 3 : « Couramment oui, voilà, bah forcément on est sur Revit Met hein, nous donc. Bah ouais, il faut travailler [...] la complexité en fait, dans notre domaine, c'est qu'il faut travailler dessus tout le temps. Donc on perd très vite, et on n'a pas assez de projets, de volume de projets concrètement, nous pour passer en totalité en Revit. »

DEPRETRE Adeline: «Ok d'accord.»

ANONYME 3 : « Donc on a 80% de nos projets, ils sont toujours en 2D quoi. »

DEPRETRE Adeline : « OK et du coup, au niveau, de ces outils, vous savez en citer ? »

ANONYME 3 : « Ah, nous, on utilise que principalement, on revit et SketchUp quoi, c'est tout. Après le reste dans notre domaine, on n'a pas d'utilité d'en exploiter d'autres. »

DEPRETRE Adeline : « Ok d'accord. Est-ce que selon vu où vous le CIM permet de superposer les différentes strates, que ça soit les différents réseaux, les différentes strates économiques et cetera dans une même plateforme. Est-ce que c'est pour vous, c'est pertinent, est-ce que c'est possible ? »

ANONYME 3 : « Oui mais je sais que c'est peu fait. Au niveau chiffrage. »

DEPRETRE Adeline : « Dans le cadre de la conception des espaces en général, qu'est-ce qu'apporte un CIM, finalement, par rapport aux méthodes sans CIM traditionnelles ? »

ANONYME 3 : « Là, c'est une meilleure visualisation, interprétation et surtout une synthèse beaucoup plus poussée de l'intégralité de l'aménagement. Ça relève vraiment tous les conflits quand on est opérationnel ? Bah ça les entoure directement. Et puis voilà quoi. Bon, on sait tout de suite. »

DEPRETRE Adeline : « OK, et donc en quoi pour vous, le CIM pourrait participer à améliorer la durabilité et la qualité des aménagements ? »

ANONYME 3 : « Le principal outil, c'est plutôt la visualisation, hein. Même bâti ou quoi que ce soit, on voit tout. Et puis les traits de coupe et ainsi de suite. On peut se glisser dedans, c'est facile de de voir l'intégralité quoi. Il y a quand même pas mal de de technicité qu'on n'a pas avec des éléments 2D tout simplement. »

DEPRETRE Adeline : « Est-ce que pour vous, le CIM peut devenir un outil ou un moyen de de réaliser des analyses urbaines spécifiques ? »

ANONYME 3 : « Je pense que oui, mais pas dans mon domaine. »

DEPRETRE Adeline : « Alors, on va passer plutôt au niveau de votre positionnement à vous donc est-ce que le travail sur un processus CIM à impacté votre positionnement dans l'organigramme des acteurs ? Donc par rapport aux autres, aux autres parties prenantes ? »

ANONYME 3 : « Oui, la fontainerie impacte toujours les autres intervenants, notamment réseau. C'est ce que j'expliquais tout à l'heure, donc souvent, voilà, on a des problèmes de conflit, clairement. »

DEPRETRE Adeline : « Mais du coup, est-ce que le fait de travailler en avec un CIM à impacter par rapport à ça ? »

ANONYME 3 : « Donc nous, ça ne nous impacte pas mais ça impacte les autres corps d'État en fait, parce que c'est nous qui sommes en fait, pour le coup, donneur d'ordre sur l'élément parce que nous on a on ne peut pas changer, on a une altimétrie à respecter et on ne peut pas la modifier. »

MIELNICZEK Alexandre : « Les autres ne peuvent pas faire semblant qu'ils ne l'ont pas vu en gros c'est ça ? »

ANONYME 3 : « Oui, c'est ça. Souvent, il ne le voit pas forcément, hein, parce qu'on ne peut pas regarder tout le temps les conflits et ainsi de suite, mais c'est nous qui le disons. Bah là, il y a un conflit et il faut le régler parce que nous on ne peut pas, on est gravitaire. »

DEPRETRE Adeline : « Et est-ce que votre position aussi de de votre, de votre métier à vous a bougé avec ce processus CIM dans votre organisation ou c'est resté le même ? »

ANONYME 3 : « Honnêtement, pour l'instant, c'est resté exactement la même chose. »

DEPRETRE Adeline : « OK, donc il n'y a pas de de de mouvement dans la position interne ? Est-ce qu'il y aura, selon vous, des évolutions dans la relation ou dans les interactions que vous avez avec les différentes parties prenantes en fonction des différentes phases du projet ? Et si oui, pourquoi et sinon, pourquoi ? »

ANONYME 3 : « Je ne pense pas parce que c'est pareil, nous c'est plutôt d'être donné entrantes que l'on donne et c'est plutôt malheureusement qui sont obligés de s'adapter. Voilà, qui n'est pas forcément le cas quand on fait le bâti, et les réseaux s'adaptent au bâti et au retour et ainsi de suite. »

DEPRETRE Adeline : « D'accord et en termes de gestion des différents acteurs, est-ce que vous pensez qu'il y a des différences lorsqu'il y a un CIM où lorsqu'il n'y en a pas ? Donc la manière de gérer les différents acteurs autour de la table autour du projet ? »

ANONYME 3 : « Je pense que la synthèse est beaucoup mieux faite, ce que j'ai quoi. »

DEPRETRE Adeline : « Du coup on va passer plutôt à des à des choses concernant les normes autour du CIM. Est-ce qu'il y a des grandes normes ? Des caractéristiques normatives que vous avez déjà relevées pour la conception d'un CIM par exemple ou quand vous travaillez en CIM, est-ce qu'il y a des normes, des grandes normes à suivre ? »

ANONYME 3 : « Ben y a les normes et le cahier des charges qui Est donné à l'entrée, hein, tout simplement. Tout est référencé dedans, hein ? Que ça soit le rendu et ainsi de suite, tous les paramètres, c'est tous codifié en fait hein donc ... Et souvent même des fois, réactualisés par le BIM manager quand il apparaît parce que des fois, c'est fait par la maîtrise d'ouvrage. Et c'est repris après par un BIM Manager »

DEPRETRE Adeline : « Ah oui ok, d'accord. Et donc tout ce qui concerne la nomenclature des objets s'y retrouve également je suppose ou est-ce qu'il n'y a pas d'information ? »

ANONYME 3 : « Tous. Les familles, tout tous les dedans, tout à fait, la codification. Quand je dis, c'est l'intégralité, on parle d'une cinquantaine de choses. »

DEPRETRE Adeline : « À votre échelle, quelles données est-ce que vous rassemblez ? Vous, quelles données utilisez-vous dans le CIM donc lesquelles vous utilisez et lesquelles vous rassemblez dans le CIM ? »

ANONYME 3 : « Alors, quelles données ? Comment ça, je [...] ? »

DEPRETRE Adeline : « Quelles informations que vous produisez vont se retrouver dans le CIM et est-ce que vous en vous allez en chercher des informations dans CIM ? Pour votre travail à vous. »

ANONYME 3 : « Alors, je vais rarement chercher pour notre travail, toujours pour la même raison. C'est tellement spécifique, il n'y a rien qui n'existe même dans les bases de données BIM qu'on peut avoir. Pour télécharger tout ainsi de suite les familles, tous les blocs, on est obligé de les faire en fait. »

ANONYME 3 : « Et aux États-Unis, il y a quelques-uns effectivement qu'on arrive à retrouver : des adoucisseurs, des petites choses. Voilà autrement, tout est sur mesure en fait donc hormis les canalisations. »

DEPRETRE Adeline : « Et du coup, tout ce que vous fournissez dans le CIM ça vient de [...] »

ANONYME 3 : « C'est ça, ça vient de chez nous... »

DEPRETRE Adeline : « Alors là, on va passer aux perspectives donc est-ce que vous pensez qu'il y a plus de collaboration entre les différents acteurs dans le cadre d'un projet CIM ? Donc on parle de collaboration, vraiment ? »

ANONYME 3 : « Oui, collaboration, c'est la plateforme d'échange, forcément, c'est participatif. Il y a [...]. Je pense qu'il y a plus de d'échanges. »

DEPRETRE Adeline : « Qu'il y a vraiment plus d'interaction ? »

MIELNICZEK Alexandre : « OK donc, pour information juste il reste 6 questions donc on a fait le gros de de l'interview voilà donc je pense qu'on est dans les temps. Voilà largement. »

DEPRETRE Adeline : « Euh, au niveau de la plateforme CIM, comme vous la voyez maintenant ce que vous pensez qu'elle est complète où est-ce qu'il y a des choses qui pourraient être plus détaillées, ajoutées ? Qu'il manque ? »

ANONYME 3 : « On peut toujours faire mieux. Après, je pense que voilà, on est quand même dans les débuts du CIM. Clairement donc je trouve que c'est plutôt pas mal ce qui a été fait. »

DEPRETRE Adeline : « OK et est-ce que vous pensez que le CIM pourrait remplacer finalement les méthodes traditionnelles qui sont établies depuis des lustres. »

ANONYME 3 : « Je pense que c'est déjà le cas pour tous les architectes. Tout ce qui est bâtiment et ainsi de suite sont quasiment tous au BIM. Je ne parle pas du CIM mais le BIM, ils y sont quasiment tous. »

DEPRETRE Adeline : « Euh donc selon vous, le CIM va s'imposer dans la fabrique urbaine de demain où ? »

ANONYME 3 : « La logique voudrait que oui. Le Végétal a été fait, ils ont leur propre [...], donc le CIM doit regrouper tout donc idéalement, maintenant il faut fusionner tous les corps, il y en a 3 dans le CIM. Autrement il n'y a pas d'intérêt d'avoir le CIM. C'est "City" donc déjà, vous le savez forcément c'est pour regrouper l'intégralité des aménagements, c'est d'avoir un ensemble. »

DEPRETRE Adeline : « Ça, et du coup ce que vous recommandez cette pratique ? Selon votre ressenti et votre métier ? »

ANONYME 3 : « Comme je vous dis, moi je suis partagé. Le temps qu'on a sur des petits projets, nous, c'est des petits volumes, ça nous prend du temps, de l'argent. Oui, c'est intéressant, mais financièrement, pour les structures comme nous dans notre domaine, ce n'est pas intéressant. Pas assez encore. »

DEPRETRE Adeline : « Est-ce que selon vous, il y a des limites concernant ce CIM au niveau des droits, des infrastructures digitales, de la quantité de données, qu'il peut regrouper ? Est-ce que pour vous il y a des limites à ce niveau-là ? »

ANONYME 3 : « Encore une fois, je ne sais pas trop y répondre en fait. »

DEPRETRE Adeline : « Peut-être que là vous n'allez pas trop savoir nous y répondre non plus, mais je vais quand même poser la question pour l'entretien, est-ce que vous pensez que on pourrait lier les données CIM avec les plateformes SIG ou avec des organismes publics, comme l'IGN ou d'autres ? »

ANONYME 3 : « Il n'y a pas de raison que ça ne se fasse pas avec le SIG. D'ailleurs je crois qu'il y a un lien maintenant non, si je ne me trompe pas ? »

DEPRETRE Adeline : « Il n'est pas encore trop établi, on cherche, il cherche, il est beaucoup cherché.

ANONYME 3 : « Oui en tout cas ça va se faire déjà. Donc bon, après les autres je ne sais pas y répondre. »

DEPRETRE Adeline : « OK, et alors, à votre niveau, est-ce que vous vous pensez peut-être un jour réinjecter des données que vous avez produites avec ce CIM ou dans des portails open data ou quoi ? »

ANONYME 3 : « Honnêtement, je ne pense pas. »

DEPRETRE Adeline : « Mais voilà, on a fini le questionnaire. »

MIELNICZEK Alexandre : « Y a y a 2 questions qui sont destinées plutôt à la MOA mais que j'aimerais vous poser aussi parce que finalement je me dis que c'est des questions qui valent le coup, c'est des questions 9 et 10 qui sont sur les usages. »

MIELNICZEK Alexandre : « Est-ce que vous pensez utiliser concrètement le CIM une fois qu'il aura été réalisé et à ce que vous voyez des cas d'usage propres à ce CIM spécifique ? Voilà dans le futur, c'est un peu une question d'ouverture. »

ANONYME 3 : « Donc je le fais déjà comme je dis le CIM, moi je l'utilise quand c'est en lien avec des bâtiments, principalement pour les conflits, les poutres et tout. Nos cheminements de réseau on a tellement que ça soit les fourreaux, les canalisations et ainsi de suite, on a besoin les chemins de câbles, on a besoin de savoir où ça passe quoi. Et donc effectivement, c'est plus facile pour nous, donc on l'utilise et quand on est dans ce cadre-là, on le fait systématiquement. On démarre sur du BIM, nous en fait. Le reste du temps, l'espace public. J'ai dû faire 2 projets en 4 ans. Il n'y a pas d'intérêt. Le temps perdu en fait pour nous par rapport au montant en fait de nos honoraires ainsi de suite. On est à perte, on n'arrive pas à le vendre. En fait, si les maîtrises d'ouvrages avaient vraiment cette appréhension et cette demande, et on arrivait à caler nos honoraires vraiment sur le temps passé, oui. Mais ce n'est pas le cas. Voilà, clairement, c'est plus un aspect financier, hein. »

MIELNICZEK Alexandre : « Ok, du coup moi je n'ai pas plus de questions. »

ENTRETIEN ANONYMISÉ 4- CHARGÉ DE BIM, 13 JUIN 2022

DEPRETRE Adeline : « Donc voilà donc du coup tout d'abord, quelle est ta profession et dans quel cadre ? Est-ce que tu emploies les CIM où tu es confronté aux CIM ? »

ANONYME 4 : « Ben ma profession, on pourrait appeler ça chargé de BIM en fait, je m'occupe de généraliser un peu ces pratiques en phase d'exécution, donc pour les entreprises donc en l'occurrence. Et enfin je reste sur le lot VRD et plus généralement dans les travaux publics. Et du coup, au niveau du CIM Ben l'Écoquartier, c'était Malabry. C'était ma première expérience, on a été confronté à ces problématiques, dans le sens où Le Management BIM pardon devait donc considérer à la fois les lots infra et les lots bâtiments. Et donc, comme on est contributeur d'une partie des lots, notamment le lot VRD on a des échanges avec Arcadis. »

DEPRETRE Adeline : « Ton secteur à toi, est-ce que vous avez fait appel à des experts spécifiques ? Des AMO ou autres consultants ? »

ANONYME 4 : « Non. Les seuls interlocuteurs qu'on a eu sur ce sur ces sujets-là, c'est Arcadis. »

DEPRETRE Adeline : « OK, et quels ont été les éléments ou les que les besoins qui ont été transmis par la maîtrise de d'ouvrage pour la planification ou pour le concours ? Est-ce qu'il y avait certaines données qui étaient en open data ? Enfin, est-ce t'étais déjà là ? »

ANONYME 4 : « Ben non, je suis arrivé à au milieu. Enfin bon à la fin des travaux de la première phase et du coup en termes de documents structurants, bah c'est les documents classiques d'une démarche BIM, la maîtrise d'ouvrage transmet donc sa charte BIM dans laquelle elle exprimé sa stratégie, pourquoi elle veut le faire du numérique, ensuite son AMO BIM parce que du coup a eu la mission des AMO BIM, il me semble rédigé la, la convention technique dans laquelle elle spécifie ce dont elle attend des entreprises qui vont agir, interagir avec le CIM. Et puis nous, on répond à l'entreprise par un plan d'exécution BIM et donc dans ce plan, l'entreprise explique les moyens humains en termes de logiciel également et comment elles comptent répondre au cas d'usage numérique demandé par la maîtrise d'ouvrage. »

DEPRETRE Adeline : « Du coup, selon toi, quelles étaient les motivations de développer un CIM sur le quartier de la vallée ? »

ANONYME 4 : « Pour la ville. Bah du coup y a enfin y a plusieurs axes pour la ville. Bah je pense déjà c'est avoir, c'est consolider son patrimoine de connaître après la réalisation des travaux et là concaténation des maquettes, c'est d'avoir vraiment l'état des lieux de ces réseaux, de l'aménagement de son territoire, d'avoir le maximum d'informations concernant bah, la transformation de de cet espace pour ensuite à plus long terme. Élaborer une stratégie, une stratégie d'exploitation, maintenance et qui soit Je ne vais pas dire optimal mais en tout cas qui puisse bénéficier des retours et de la donnée générée par le CIM. Parce que le plus gros point pour la ville, c'est ça, c'est sa phase D'exploitation, maintenance. Et après j'irai en phase de travaux et études. Ben c'est tous les cas d'usage relatifs au BIM CIM, la synthèse des réseaux enfin pour l'entreprise, mais la synthèse à une échelle plus globale, à la fois des lots et des macros, la planification 4D, l'extraction de quantité, tous les cas d'usage classique qu'on retrouve dans un projet BIM. »

DEPRETRE Adeline : « OK et donc là on va passer à des questions un peu plus de définition. Du coup, quelle définition est-ce que tu donnerais un d'un CIM à quelqu'un qui ne connaît pas forcément ses domaines ? »

ANONYME 4 : « Eh Ben je dirais que en fait un CIM, c'est lorsqu'on met en place une stratégie BIM à une échelle, on prend en compte à la fois les bâtiments et l'infrastructure. Quand on est à manager, c'est, c'est de ces 2 corps de métier. »

DEPRETRE Adeline : « Du coup, quelle différence est-ce que tu relèves entre un CIM, les SiG, les Maquettes numériques, les jumeaux numériques ? Enfin, il y a une grosse différence que Tu pointes entre chaque ? »

ANONYME 4 : « Ben je dirais Ben le le CIM, c'est la stratégie de management global. Les maquettes numériques, c'est ce qui va permettre de conduire sa stratégie, c'est la donnée à la fois d'entrée, la donnée de sortie et bah le SiG. Après je ne suis pas spécialiste du SG mais de ce que je comprends. Enfin sur le SIG, c'est, on est plus sûr[...]. Si tu me dis si je me trompe, hein, parce que je le SIG, moi je pense que c'est plus cartographier le territoire. Et de le rendre disponible à grande échelle à différents intervenants, que ce soit la ville, les entreprises qui vont. Effectuer des travaux sur une autre particulière, que ce soit les concessionnaires, les exploitants et cetera. C'est vraiment avoir un une, une réplique Des réseaux et de l'aménagement du territoire. »

DEPRETRE Adeline : « Alors au niveau caractéristique techniques, quelles sont-elles pour toi dans un CIM ? Donc c'est vraiment plutôt au niveau technique. Est-ce qu'il y en a déjà finalement selon toi, hein ? C'est toujours un retour d'expérience. »

ANONYME 4 : « Non, c'est enfin sur le CIM, ce qui ce qui est particulier, c'est vraiment cette notion ou enfin ça cette volonté de fédérer à la fois les 2 corps, le bâtiment et l'infrastructure, et essayer de récupérer au maximum les besoins de chaque. En revenant pour essayer de mettre à disposition une convention qui soit applicable à tout le monde, une convention qui soit assez, je dirais la partie la plus compliquée à partir des demandes de la maîtrise d'ouvrage, de proposer des exigences à la fois au bâtiment et aux infras qui soient bien réalisables et qui permettent aux entreprises d'avoir une donnée d'entrée qui permet de les guider dans leur stratégie BIM. Parce que c'est Ben, c'est le plus difficile. Ce serait ça parce qu'il faut-il faut que l'entreprise elle se serve de la Convention comme un cadre qui lui permette de conduire sa stratégie BIM et avec cette convention, elle dira "OK très bien et j'ai besoin d'utiliser tels outils, j'ai besoin de modéliser de telle façon". C'est vraiment là la convention technique, le fil conducteur. »

DEPRETRE Adeline : « OK, et est-ce que tu relèves des éléments qui sont indispensables à la construction d'un d'un CIM de de ton point de vue ? »

ANONYME 4 : « Euh bah déjà au début, quand on démarre, c'est indispensable, c'est de définir le plus clairement possible la stratégie de la maîtrise d'ouvrage, ce qu'elle attend du numérique, pourquoi elle veut faire du CIM ce qu'elle en a compris et les données de sortie qu'elles souhaitent qu'elles souhaitent bénéficier. Et également de faire intervenir le plus en amont possible, les exploitants maintenant. C'est vraiment, c'est les ça, ça va être les utilisateurs finaux du CIM en partie. Et donc il nous faut absolument leurs exigences pour pouvoir ensuite guider au maximum les entreprises qui vont interagir sur ceci. »

DEPRETRE Adeline : « Alors maintenant, on va passer à des questions plus d'usage, est-ce que tu penses que le CIM Impact ton métier, pourquoi et comment ? »

ANONYME 4 : « Bah l'impact dans le sens où c'est la Convention. En fait, si la Convention demande un processus global, Ben je vais être obligé de respecter les cas d'usage relatifs au CIM et donc ça va impacter les outils que je vais utiliser. Ça va impacter les données que je vais mettre dans mes maquettes, modes de modélisation. Moi ça va également impacter mes propres objectifs métiers parce que le CIM, il faut que ça serve à la maîtrise d'ouvrage et aux exploitants maintenant, mais il faut également que ça nous serve à nous en tant qu'entreprise. Donc il faut que j'arrive à trouver les cas d'usage qui soient en concordance avec les cas d'usage de la maîtrise d'ouvrage pour pouvoir en tirer le maximum de bénéfices. »

DEPRETRE Adeline : « OK, et est-ce qu'il y a des nouveaux métiers qui ont été créés avec l'emploi de CIM dans le secteur ? »

ANONYME 4 : « Bah enfin oui. Enfin, les profils de charge du BIM. Parce que si l'entreprise si c'est là un des premiers projets de l'entreprise, il faut comprendre les documents structurants. Il faut conduire une stratégie. Il faut également faire évoluer les pratiques de modélisation. On va plus, dessiner en 2D. Il faut également qu'on livre du format IfC. Et puis ouais, voilà, je dirais ça, je dirais les profils un peu. Enfin, après, on les appelle un peu comme on veut, y a un défi, on peut appeler manager chargé BIM, chargé d'opération BIM et également au niveau des projeteurs. C'est une migration de leurs compétences sur de la modélisation plus orientée objet. »

DEPRETRE Adeline : « Ok. Au niveau des outils, quels outils tu as employé dans ton travail avec le CIM. »

ANONYME 4 : « Eh bien déjà, tous les outils Listés par Building Smart comme open BIM parce que c'est ce qui nous permettent ensuite d'exporter de de l'IfC. Et après tout ce qui est visionneuse pour pouvoir analyser les maquettes qu'on va déposer sur la plateforme collaborative, la plateforme collaborative également qui est mise à disposition. Donc dans ce cas-là, c'est à BIM 360. Et également quelques outils qui permettent de faire une synthèse interne avant le dépôt des maquettes pour avoir une donnée de sortie vérifiée. »

DEPRETRE Adeline : « Tu peux donner quelques noms ? »

ANONYME 4 : « Oui, on a principalement travaillé avec covadis pour c'est notre logiciel métier, donc il est open BIM. En termes de visionneuse, on travaille beaucoup avec EveBIM et BIM Collab, zoom. Et puis pour faire un peu de synthèse, on peut également utiliser visionneuse, mais sinon y a des outils comme NaviSWorks. Et puis et la plateforme, donc BIM 360. »

DEPRETRE Adeline : « Est-ce que vous utilisez ? Toujours ces outils-là ? »

ANONYME 4 : « Non, c'est les mêmes. Après ce qui est différent, c'est ce dont mes dispositions la maîtrise donc, c'est le type de plateforme collaborative avec laquelle ON travaille mais sinon non, c'est la même chose. »

DEPRETRE Adeline : « Euh est-ce que selon toi le CIM permet une superposition des différentes strates, que ça soit à la fois des strates plutôt économiques, des strates plutôt environnementales, des strates plutôt sociales ? Enfin, est-ce que tu penses que c'est Possible ou que c'est déjà le cas ? »

ANONYME 4 : « C'est possible ? Oui, c'est le cas. Je n'irai pas tellement parce qu'après, voilà, c'est avec des chantiers tests comme ça qu'on va arriver à structurer la démarche. En fait, il faut-il faut analyser toute la donnée qu'on peut générer à travers un CIM et également le niveau de maturité des intervenants. J'ai oublié de le dire sur une des questions précédentes, c'est un élément à prendre en compte. »

ANONYME 4 : « On ne va pas avoir le même niveau de de maturité que ce soit dans le bâtiment, dans la RD donc enfin, on génère pléthore de données et Parmi ces données, il faut arriver à les trier, à savoir comment elle fonctionne et ensuite en en déterminer des usages. Bah pourquoi pas économique social ? Donc oui je pense que c'est Tout à fait possible. Mais voilà, il faut des chantiers tests, savoir ce qu'on peut générer, comment l'exploite ? »

DEPRETRE Adeline : « Dans le cadre de la conception des espaces. Donc ça, c'est un peu plus spécifique qu'apporte finalement un CIM par rapport à d'autres méthodes plus traditionnelles pour les différents stades, donc que ce soit à la fois pour la conception, pour la construction et l'exploitation. »

ANONYME 4 : « À première vue déjà, je dirais Ben, la synthèse, ça c'est vraiment ça nous permet de de voir l'interaction entre les différents lots et les espaces sont bien respectés. Si la délimitation est correcte, je dirais principalement la coordination et la synthèse. »

DEPRETRE Adeline : « OK et en quoi est-ce que le CIM pourrait participer à la durabilité ou une meilleure qualité des aménagements donc ? Ça y contribuerait ? »

ANONYME 4 : « Bah oui, oui, parce qu'enfin déjà, moi je dirais oui parce que ça permet déjà d'avoir un état des lieux de cartographier le territoire aménagé. On a énormément de données sur les matériaux utilisés. On a énormément de données sur les emprises, et cetera. Donc ouais, après tout passera par une bonne gestion de la data. »

DEPRETRE Adeline : « Du coup selon toi, est-ce que le CIM peut devenir un outil ou un support pour réaliser différentes analyses urbaines spécifiques à terme ? »

ANONYME 4 : « Oui, oui. »

DEPRETRE Adeline : « Par la suite, comment est-ce que tu penses que vous allez utiliser le CIM concrètement ? Est-ce qu'il y aura des cas d'usage où est-ce qu'il y a déjà des cas d'usage ? »

ANONYME 4 : « Ben, on a des cas d'usage en phase exécution et ensuite ça sera utilisé par les exploitants mainteneur lorsqu'ils auront besoin d'intervenir sur un type de réseau d'information sera directement présenté sur la maquette avec le bon jeu de propriété, le numéro de la rue, le type de tronçon, le type de matériau, qu'est-ce qu'il faut, par quel, par quel élément on doit remplacer tel type de tuyau par exemple ou tel type d'équipement. Donc moi Je pense que la force du CIM, c'est vraiment sur la phase d'exploitation maintenance. Et puis également des phases après de c'est comme les travaux que tu initiais sur les le calculateur dans ton site et cetera. »

DEPRETRE Adeline : « Là, maintenant on va passer à des questions plutôt au niveau du positionnement de ton métier donc est-ce que le travail en selon un processus CIM à impacté ? Finalement ta position au sein de de ton organisation à toi ? Tu me diras, c'est ton premier projet, donc t'as pas peut-être connu l'avant CIM... »

ANONYME 4 : « Non, je n'ai pas connu l'avant CIM après. Enfin sur le CIM y a certaines personnes. Enfin ouais, quand on discute avec de manière plus globale sur ce cette définition Y en a certains qui

disent que ça n'existe pas, on parle de BIM en fait, mais à une échelle d'une ville. Donc en fait, c'est un grand BIM et on a un bâtiment et un BIM infra. Donc finalement, cette notion de CIM, elle n'existerait pas après ? Voilà, tout dépend du point de vue n'y a pas de définition généralisée mais comme on n'a pas encore dans de de référence normée, on n'a pas de de norme CIM en quelque sorte Ça reste encore à définir, mais non, je ne pense pas qu'il y ait eu un impact particulier. »

DEPRETRE Adeline : « Et au niveau de ta position ? Et enfin, des échanges avec les autres acteurs ? Il y a une manière différente d'avoir des interactions avec les autres acteurs dans un processus CIM ? »

ANONYME 4 : « Bah il y a des de nouveaux acteurs qui interviennent, par exemple là sur Châtenay c'est Arcadis. Lors des phases de recherche, j'ai été amené à discuter également avec les exploitants maintenant donc ça a permis de les tenir informé et puis de les intégrer dans la démarche de manière plutôt que ce qui est fait de manière classique. »

DEPRETRE Adeline : « Selon toi est-ce qu'il y aura des évolutions dans les différentes interactions que vous avez au sein de ton entreprise avec les autres intervenants durant les différentes phases du projet ? Par exemple, en phase d'exploitation. Est-ce que ça va changer ? »

ANONYME 4 : « Bah au sein de l'entreprise, si on parle de la phase d'exploitation, ce serait-ce qui va changer, ça va être la donnée qu'on va livrer à la maîtrise d'ouvrage pour l'exploitation maintenance donc les Maquettes et après à l'intérieur même de de l'entreprise, Bah c'est les échanges qu'on a avec les projeteurs parce que c'est des nouveaux modes de modélisation et également après plus tard, avec les chargés d'études, parce que du coup Avec des projets comme ça, Ben on sait maintenant à quoi s'attendre en termes de moyens humains et de moyens à mettre en œuvre pour ce type de processus. »

DEPRETRE Adeline : « Selon toi, le CIM a un impact en termes de gestion des différents acteurs autour du projet. Est-ce qu'il y a encore une fois ça va être difficile pour toi de répondre ? Mais est-ce qu'il Y a une différence avec les projets traditionnels sensibles. »

ANONYME 4 : « Bah oui, parce que le nombre d'intervenants déjà est Plus grand. Et ça demande beaucoup plus d'échanges et beaucoup plus de coordination. Et ça permet de coordonner à la fois les intervenants de la phrase et les intervenants du bâtiment qui, par exemple dans un chantier classique, j'irai en BIM uniquement pour les BTP. Ben on a que les BTP, on ne discute pas tellement. Avec, les autres lots. Là, on a une coordination à plus grande échelle, inter lots. »

DEPRETRE Adeline : « Donc maintenant on va passer des questions plutôt de structure et normes. Donc pour toi, quelles sont les grandes caractéristiques normatives d'un CIM ? »

ANONYME 4 : « Je reprendrai celle du BIM classique, en fait, hein, j'irai à la norme ISO 19 650. Et puis une norme également très importante, mais qui n'a pas encore utilisé aujourd'hui, c'est vraiment sur la gestion de la donnée et les conteneurs d'informations qu'on va livrer. C'est la NFEN 17 412. On est encore en cours de rédaction mais il y a déjà les 2 premières parties qui sont disponibles et qui nous permet, nous en fonction de la stratégie, de la maîtrise d'ouvrage et bien de structurer ce qu'on va modéliser, ce qu'on va livrer à la fois en termes de géométrie et en termes sémantiques. »

DEPRETRE Adeline : « OK et donc ici, concernant le CIM, quelles normes sont vraiment employées, juste celle-là ou ce qu'il Y a d'autres d'autre Grand document à suivre ? »

ANONYME 4 : « Ben en termes de normes, encore faut-il qu'elle soit utilisée. C'est les 2 seuls après et ensuite les documents structurants qui sont mis à disposition lors de ce projet qui Doivent être rédigés

en fonction de cette norme, donc. Par exemple, la Convention. Elle doit prendre en considération les grandes lignes et ce que propose la norme ISO 19 650. Et donc ça, je crois que ça a été fait sur certains chapitres de la Convention, on retrouve des parties de la norme au niveau de des conteneurs d'information. »

DEPRETRE Adeline : « Des protocoles à suivre en termes de nomenclature des objets ou d'autres choses dans le CIM ici ? »

ANONYME 4 : « Bah c'est la Convention, Tous ces notions-là, elles ont, elles sont intégrées dans la Convention, elles sont mises à jour en fonction du à la fois du niveau de maturité des intervenants. De ce que souhaite La maîtrise d'ouvrage au fur et à mesure de l'avancement Du projet et puis voilà, avant, après de des nouvelles utilités qu'on veut faire du CIM. Et les retours des exploitants maintenant. Donc oui, c'est la Convention qui vit au fur et à mesure du projet. »

MIELNICZEK Alexandre : « Il n'y a pas de manière de nommer des objets, un peu comme les Eurocodes en structure pour là pour tout. Enfin, je veux dire VRD. »

ANONYME 4 : « Si si si si oui. »

MIELNICZEK Alexandre : « Si OK, c'est quoi cette cette norme ? »

ANONYME 4 : « Bah ça dépend en fait. Il n'y a pas une norme en fait ce n'est pas, en fait, il y a l'uni format et l'omni classe par exemple, qui sont utilisés dans le bâtiment, mais nous en VRD on n'en a pas encore. »

MIELNICZEK Alexandre: «Ah, d'accord, OK, voilà.»

ANONYME 4 : « Mais voilà, si on devait en faire une, on pourrait s'inspirer de ce qui est fait dans le bâtiment. »

ANONYME 4 : « Oui, à travers uni format par exemple. »

DEPRETRE Adeline : « À ton échelle finalement, quelles sont les données que tu rassembles ou que ton équipe rassemble dans le CIM ? »

ANONYME 4 : « Toutes les informations que je peux gérer avec mon logiciel et avec le format de ifC propose aujourd'hui le 2X3. Donc si je devais faire une liste, ce serait bien déjà le les réseaux, Si je prends l'assainissement, Ben j'ai regard canalisation, si je prends l'eau potable, j'ai les canalisations. Si je prends les réseaux divers, j'ai les fourreaux et les chambres. Si je prends la voirie, j'ai les bordures de trottoirs, les structures de chaussée et les structures de trottoir. Et ensuite après ? Bah pour tout ce qui est le mobilier urbain, ça va être ça va dépendre des bibliothèques et s'il faut respecter des bibliothèques, fournisseurs ou pas. »

DEPRETRE Adeline : « Euh là on va passer aux dernières 7 question qui concerne un peu plus les perspectives alors est-ce que tu penses que la collaboration elle est plus présente dans le cadre d'un projet en CIM ? »

ANONYME 4 : « Non pas spécialement. Il faut une collaboration, que ça soit un projet CIM ou BIM mais après ce n'est pas parce que c'est du CIM qu'il faut enfin si elle est nécessaire oui. Après, enfin, tout est relatif parce que dans un projet classique, il faut aussi qu'il Y ai de la collaboration en fait. Donc je dirais que le BIM facilité la collaboration, c'est vraiment comme c'est le je dirais, un des cœurs du sujet. Elle est prise en compte obligatoirement quand on veut mettre en place ce type de projet. »

DEPRETRE Adeline : « Est-ce que tu penses que le le CIM, Par exemple, le CIM de la vallée est complet. Est-ce qu'il y a, est-ce qu'il y a des évolutions qui qui devraient être intégrées ? On est plutôt au niveau des du contenu de la donnée. »

ANONYME 4 : « Complet, je ne sais pas parce qu'est-ce que c'est qu'un CIM complet, c'est nouveau, je sais pas du tout. Il faut que les besoins soient définis le plus dans mon possible, ça c'est indéniable. Il faut qu'on mette autour de la table tous les intervenants. Veuillez faut pas se dire Ben, les exploitants vont arriver à la fin, donc on les sollicite à la fin, non ? C'est à partir de leurs besoins que les la Convention doit être rédigée. Et donc ouais, c'est accroître la collaboration de tous les intervenants, le plus en amont possible et vraiment capitaliser sur la structuration de la donnée, comment on veut que là donnée soit livrée, comment on veut qu'elle soit nommée pour tous les corps de métiers, pas que Dans le bâtiment, pas oublier l'info également parce qu'on livre également de la donnée et si elle est mal structurée, bah qu'est-ce qu'on en fait après ? »

DEPRETRE Adeline : « OK, est-ce que tu penses que les CIM peuvent remplacer les outils traditionnels où il sera toujours utilisé en complément de ces outils-là ? »

ANONYME 4 : « Non, je pense qu'au fur et à mesure toutes les entreprises vont migrer sur des pratiques BIM CIM et les logiciels également évoluent dans ce sens. Donc non je pense que c'est juste un passage d'un mode de réalisation à un autre. »

DEPRETRE Adeline : « OK donc pour toi les CIM pourraient s'imposer dans la fabrique urbaine de demain ? »

ANONYME 4 : « Oui, en tout cas, pourrait s'imposer dans le sens où le BIM sera généralisé. Donc, si on fait plusieurs BIM sur différents lots, Ben à la fin si on concatène tous ces lots, ça fait un CIM si c'est la définition que qu'on a actuellement après. »

DEPRETRE Adeline : « Et est-ce que toi tu recommandés cette pratique ? »

ANONYME 4 : « Ah oui, tout à fait, oui. »

DEPRETRE Adeline : « OK, est-ce que tu as déjà pu pointer des limites du CIM où est-ce que tu en envoies certaines au niveau des droits ou même de l'infrastructure digitale, de la quantité de données qu'il faut supporter ? »

ANONYME 4 : « Moi, c'est vraiment les outils en fait comme ils n'évoluent pas de la même manière, par exemple pour le bâtiment et des travaux publics. Donc, par exemple le format de l'IfC qu'on utilise actuellement, il est très bien. Enfin, encore une fois tout est relatif, pour le bâtiment, on peut mettre énormément d'objets, et cetera, mais pas pour les travaux publics, donc ça a amené à évoluer...Y a le prochain IfC qui va Sortir pour nous. Mais voilà enfin les limites, c'est Ben l'infrastructure numérique ? Et la compréhension du besoin encore une fois, c'est la clé. Mais le point prépondérant, c'est vraiment le besoin. Pourquoi on veut faire ça, pourquoi on veut du BIM, pourquoi on le veut ici, et qu'est-ce qu'on veut livrer à la fin et comment on va le consulter ? »

DEPRETRE Adeline : « Ton organisation compte lier le CIM à une plateforme SIG ou à un organisme plutôt public, comme l'IGN ou d'autres ? »

ANONYME 4 : « Ben nous, en tant qu'entreprise non, après pour les exploitants maintenant pour avoir discuté un peu avec eux, il y en a certains qui réfléchissent à utiliser directement l'IfC dans leur

processus de GMO et d'autres qui cherchent à faire des liens entre le format IfC et le format SiG pour alimenter leur bibliothèque. »

DEPRETRE Adeline : « OK, d'accord, est-ce que vous, au sein d'Eiffage routes où toi est-ce que vous allez réinjecter de la donnée en open data ou enfin dans des portails d'open data ou pas ? »

ANONYME 4 : « À ma connaissance, je ne crois pas après. Enfin, le sujet en fait est pas arrivé sur la table, je sais pas du tout, ça peut être aucune idée. »

ENTRETIEN ANONYMISÉ 5 – ARCHITECTE, 10 JUIN 2022

MIELNICZEK Alexandre : « Et bien on peut démarrer. Et la première question qu'on à vous poser c'est quelle est votre profession et dans quel cadre employez-vous où êtes-vous confronté aux CIM ? »

ANONYME 5 : « Moi, je suis architecte. Et donc j'ai été confronté au CIM pour l'opération de logement sur une ZAC. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK, et alors vous dans le CIM de la vallée vous faites des lots mais pas que ça ? »

ANONYME 5 : « Alors c'est le lot J et le M et en fait l'agence a également fait le plan de la ZAC. »

MIELNICZEK Alexandre : « C'est ce qui me semblait, j'avais bien vu. »

ANONYME 5 : « Donc moi je suis architecte, je ne suis pas du côté urbanisme donc c'est vraiment les opérations de logement que j'ai suivies. »

MIELNICZEK Alexandre : « D'accord, alors le schéma directeur il faut voir avec les urbanistes de chez vous c'est ça ? »

ANONYME 5 : « C'est bien ça. »

MIELNICZEK Alexandre : « Maintenant nous allons passer à plusieurs questions donc plutôt 4. Avez-vous fait appel à des experts spécifiques qui assistent la maîtrise d'ouvrage ou des consultants ? En CIM ou en BIM, pour certains enjeux et si oui lesquels ? »

ANONYME 5 : « Alors nous nous avons un BIM manager en interne, qui nous aide pour tous les sujets de BIM et du coup de CIM. C'est lui qui faisait l'interface avec les autres interlocuteurs à l'échelle de la ZAC, parce que nos 2 maîtrises d'ouvrage sur le lot J n'ont pas pris de BIM managers. Il y avait du coup 3 BIM managers, nous on en avait un en interne, il y a un BIM manager qui a été missionné par la maîtrise d'ouvrage pour l'ensemble de l'équipe de maîtrise d'œuvre. Et il y avait un BIM manager enfin un CIM manager À l'échelle de la ZAC. »

MIELNICZEK Alexandre : « Quels ont été les éléments et les besoins transmis par la maîtrise d'ouvrage à la maîtrise d'œuvre lors de la phase concours ? Qu'est-ce qu'ils vous ont donné concrètement pour pouvoir faire le CIM-BIM ? »

ANONYME 5 : « On avait un cahier des charges BIM, enfin CIM. Et ensuite dans le démarrage du projet, une fois que Arcadis a été missionné, il y a eu des échanges sur le cahier des charges pour définir l'ensemble des niveaux attendus. C'est ce qui avait été prévu de façon théorique avant le travail des architectes. »

MIELNICZEK Alexandre : « Question suivante. Quelles ont été les données d'entrée pour la planification et le concours ? Et certaines d'entre elles étaient-elles en open data ? »

ANONYME 5 : « Je ne suis pas sûre de comprendre. »

MIELNICZEK Alexandre : « Du coup je vais orienter la réponse, mais c'est est-ce que vous avez fait des études ? Des études spécifiques sur certaines parties du terrain, est-ce que vous avez exploité des données issues par exemple de l'IGN ou OpenStreetMap comme ça ? »

ANONYME 5 : « Non rien de tout cela on n'avait rien du tout. »

MIELNICZEK Alexandre : « Donc pas non plus de relevés de géomètre ? »

ANONYME 5 : « Si un relevé de géomètre classique Autocad mais qui n'était pas du tout en CIM ou en BIM. Donc on n'a pas du tout employé ce genre de données. »

MIELNICZEK Alexandre : « D'accord, donc c'est la maîtrise d'ouvrage qui nous a fourni ce relevé géomètre. »

ANONYME 5 : « Oui, elle l'avait elle-même récupérée de la Semop parce que du coup, il y avait le plan de géomètre de l'existant et le plan de géomètre post démolition ainsi. »

MIELNICZEK Alexandre : « Ok. Dans votre agence, quelles étaient votre motivation de développer un signe pour ce quartier. »

ANONYME 5 : « C'est juste qu'il fallait répondre à des contraintes de la ZAC »

MIELNICZEK Alexandre : « Donc les motivations c'était de répondre à ce qui était demandé ? »

ANONYME 5 : « C'est ça. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK très bien, on va passer sur des questions qui sont plus orientées BIM. Donc là, c'était des questions d'ordre plus général, qui sont orientées projet. Ici ça va être un petit peu un retour d'expérience qu'on fait avec toutes les parties prenantes du projet voilà on a mélangé toutes les questions. »

ANONYME 5 : « Je ne garantis pas mais oui. »

MIELNICZEK Alexandre : « Quelle définition donneriez-vous d'un CIM à quelqu'un qui ne connaît pas ses modèles ? »

ANONYME 5 : « Eh bien ça dépend s'il connaît le BIM, je dis que c'est un peu comme le BIM, mais à l'échelle de la ville et puis voilà. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK. C'est très simple c'est mais ça marche. »

DEPRETRE Adeline : « Peut-être une précision s'il ne connaît pas le BIM alors comment l'expliquez-vous par exemple ? »

ANONYME 5 : « Alors l'association de la modélisation des bâtiments associée à de la data et l'utilisation de toutes ces données. »

MIELNICZEK Alexandre : « Alors maintenant ,1 petit peu plus dans la théorie du BIM. Quelle différence faites-vous entre un CIM, le SIG, les maquettes numériques, et les jumeaux numériques. »

ANONYME 5 : « Jumeau numérique je ne le connais pas. Et je ne serai pas trop vous répondre à ça.

MIELNICZEK Alexandre : « Mais c'est très bien, c'est pour contextualiser un peu la chose. Dans la littérature scientifique on voit apparaître aussi ce que vous voyez apparaître dans le monde professionnel et donc on l'étudie et derrière ces mots c'est intéressant de savoir ce que les professionnels voient. »

ANONYME 5 : « Pour moi juste le SIG c'est plus à l'échelle du territoire alors que le CIM est plus dans la ville c'est juste que j'ai en tête. »

MIELNICZEK Alexandre : « Et pour vous quelles sont les caractéristiques techniques d'un CIM, parce qu'il y a des choses particulières, techniquement associées à des maquettes CIM ? »

ANONYME 5 : « Je ne saurais pas vous répondre là-dessus. »

MIELNICZEK Alexandre : « Quels sont pour vous les éléments indispensables et nécessaires dans la construction d'un CIM ? »

ANONYME 5 : « Il faut qu'individuellement, tout le monde soit déjà imbibé afin de savoir compiler l'ensemble. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK, cette partie sur le BIM est terminée. On va passer aux usagés. Pensez-vous que le CIM a un impact sur votre métier, pourquoi et comment ? »

ANONYME 5 : « Je pense que oui mais pour l'instant non. Ça n'a absolument rien changé à notre façon de travailler ou de faire, on n'a pas vu la différence. »

MIELNICZEK Alexandre : « Est-ce que de nouveaux métiers se sont créés dans votre secteur, avec l'emploi du CIM ? »

ANONYME 5 : « C'est juste que les BIM managers prennent de plus en plus de place. »

MIELNICZEK Alexandre : « Quels outils avez-vous employé dans ce projet CIM ? »

ANONYME 5 : « Nous on travaille avec le logiciel revit. Après je ne peux pas vous dire quel logiciel sont utilisés par les managers au niveau de l'analyse et cetera mais nous on est serait vite. »

MIELNICZEK Alexandre : « Et du coup, les outils employés dans ce projet sont-ils différents de ce que vous employez traditionnellement ? »

ANONYME 5 : « Non non non. C'était vraiment identique. »

MIELNICZEK Alexandre : « Question suivante. Selon vous, le site permet-il une superposition des strates des systèmes ? Par exemple la superposition des infrastructures des réseaux, celle des activités de la ville, les informations qu'on peut retrouver à l'échelle du quartier ? »

ANONYME 5 : « Ben c'est la théorie oui. Là, dans la réalité, ça n'a pas été le cas. Enfin, ça a servi à rien, ça a évité les conflits d'interface, mais on est déçu là-dessus. Au final, nous on s'est donné du mal, pour tout ce qui est synthèse. Mais avec l'aménagement des espaces publics, ça n'a pas fonctionné. »

MIELNICZEK Alexandre : « Vous vous attendiez à quoi de plus à ce niveau-là ? »

ANONYME 5 : « En fait où je suis déçu, c'est qu'on a fait un projet en BIM qui a été transmis. Donc nos modèles ont été transmis régulièrement et En réalité nous n'avons pas eu de mise à jour du modèle des espaces publics en fonction de notre projet dans la construction. On s'est retrouvé avec les mêmes sujets qui arrivent classiquement en chantier, au niveau des branchements réseau, les endroits ne sont pas bons, on avait prévu pour notre projet et là clairement pour moi c'est une grosse déception. On me dit pour un projet de ZAC que le quartier neuf est en CIM et au final, je suis obligée de retaper mon dessin de façade parce que les réseaux ne sont pas arrivés là où j'avais prévu où j'avais demandé qu'ils arrivent. »

MIELNICZEK Alexandre : « Du rêve à la réalité, il y a une grosse marche. Dans le cadre de la conception des espaces, qui apporte ainsi une, par rapport aux méthodes et outils traditionnels ? »

ANONYME 5 : « Nous, ça ne nous a rien apporté de particulier mais j'ai l'impression qu'on n'a pas plus utiliser que ça. On ne l'a pas utilisé au maximum de ses capacités. On n'a même pas eu Spécialement de data renseigner. »

MIELNICZEK Alexandre : « Il n'y avait pas un minimum de prescription à fournir par exemple ? »

ANONYME 5 : « Non on avait certaines choses à respecter, mais c'était très light. En fait, c'est à dire que sur d'autres projets qu'on a à l'agence en BIM, là il y avait clairement des lignes de données à renseigner. Là, on n'avait pas ça du tout. »

MIELNICZEK Alexandre : « Alors, selon votre expérience sur ce projet, en quoi le CIM pourrait participer à la durabilité et à la qualité des aménagements ? »

ANONYME 5 : « De mon point de vue, sur cette opération pour moi c'est un peu du flan. Disons que le jour où on a appris qu'on était CIM d'argent sur le quartier. J'ai un peu rigolé. »

MIELNICZEK Alexandre : « Question suivante, selon vous, est-ce que le CIM peut devenir un outil ou un support afin de réaliser des analyses urbaines spécifiques ? »

ANONYME 5 : « Oui, ça pourrait. En théorie. »

MIELNICZEK Alexandre : « Alors, cette question est plutôt orientée maîtrise d'ouvrage mais je vais la poser tout de même. Elle a un intérêt. Comment pensez-vous concrètement utiliser le CIM s'il était à disposition Terminer ? quelles pourraient être vos cas d'usage de celui-ci ? »

ANONYME 5 : « Je ne sais pas trop quoi dire là [...]. »

MIELNICZEK Alexandre : « S'il avait été dans l'idée que vous auriez considérée comme étant un vrai CIM avec des guillemets est-ce que vous l'exploiteriez ? »

ANONYME 5 : « En fait ça dépend si on est en maîtrise d'ouvrage publics ou privés. Je pense qu'une maîtrise d'ouvrage public aura plus d'intérêt à avoir ces données-là. Car les maîtrises d'ouvrage privés, une fois qu'elle a vendu, ensuite elles s'en fichent un petit peu. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK d'accord. Le travail selon un processus CIMAT il impacte le positionnement de votre métier dans votre organisation au cours du projet ? »

ANONYME 5 : « Non, nous, ça ne nous a pas changé grand-chose, si ce n'est que ça rajoute un interlocuteur dans l'équipe. C'est le CIM manager. Enfin il y a la maîtrise ouvrage qui du coup a pris des honoraires, pour une mission qui pour nous n'était pas forcément utile. »

MIELNICZEK Alexandre : « Le travail selon un processus CIMAT il affecté les interactions où votre positionnement par rapport ou avec les autres parties prenantes du projet ? Par rapport à un projet habituel. »

ANONYME 5 : « Non ça n'a pas changé grand-chose, après il y a les règles pour les maquettes, faire comme si faire comme ça, mais sur les échanges avec tous les interlocuteurs, ça n'a pas changé grand-chose non. Vu que toute façon, dans l'équipe de maîtrise d'œuvre tout le monde n'était pas en BIM. Les BET, eux ne travaille pas en BIM. »

MIELNICZEK Alexandre : « D'accord, ceci explique cela et pourquoi je n'ai pas vu de maquettes avec des lots techniques en BIM. »

ANONYME 5 : « Oui voilà. »

MIELNICZEK Alexandre : « Eh bien vous voyez, ça c'est une nuance que je n'avais pas moi. Je pensais juste qu'on ne nous avait pas donné les droits à cette partie-là sur la plateforme. »

ANONYME 5 : « Ah Ben non c'est parce que c'est les contrats. Elle n'a pas été prévue comme ça. »

MIELNICZEK Alexandre : « Merci pour cette information. Nous sommes au début de notre enquête, alors selon vous il y aura-t-il des évolutions dans les relations où interactions que vous avez avec les autres parties durant les diverses phases du projet et pourquoi. On ne sait pas à quelle phase vous êtes sur ces lots ? »

ANONYME 5 : « On est livré en fait. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK, du coup l'évolution dans les interactions peut-être c'est une question à laquelle vous avez pu répondre avant, mais est-ce que vous avez vu des évolutions dans les interactions avec les autres parties prenantes du projet au cours des différentes phases ? »

ANONYME 5 : « Il y a certains BET qui ont un peu joué le jeu, qui ont un peu modélisé sur revit. On a travaillé un petit peu finalement à l'ancienne. Avec un mix de D WG et de revit. Du coup on n'était pas du tout aussi en BIM que dans les ambitions affichées au départ. C'est pour ça que moi le CIM d'argent je me demande un petit peu d'où il sort parce qu'en réalité, chaque zone n'est pas réellement BIM En tant que tel donc. »

MIELNICZEK Alexandre : « Oui, après c'est qu'il n'y a pas beaucoup de projets qui ont cette ambition d'en faire autant de maquettes en une seule fois c'est peut-être ce qui a fait que. »

ANONYME 5 : « Oui oui. »

MIELNICZEK Alexandre : « Au niveau du positionnement, selon vous le CIM AT il impacte la gestion des différents acteurs ? Constatez-vous des différences avec d'autres projets sans CIM ?

Au niveau de la gestion en général des différentes parties prenantes. »

ANONYME 5 : « Non non, moi je ne vois pas de différence notable. »

MIELNICZEK Alexandre : « Alors il nous reste précisément 2 parties sur ces questions, ça fait 11 questions. On est à la moitié des questions. Donc je pense qu'on est dans les temps. Là, on n'est plus sur des structures et les normes liées au CIM. Pour vous quelles sont les grandes caractéristiques ou les normes du CIM ? Est-ce qu'on vous a mis au courant de certaines normes par rapport au CIM ? »

ANONYME 5 : « Je ne saurais pas vous répondre. »

MIELNICZEK Alexandre : « Et quelles normes sont employées concernant les CIM ? »

ANONYME 5 : « Je ne sais pas. »

MIELNICZEK Alexandre : « Peut-être au niveau de votre organisation, vous suivez un protocole spécifique ? En termes normatifs. »

ANONYME 5 : « De façon générale, sur tous nos projets Ou sur ce projet là en particulier ? En fait il y a des choses qui peut être dû être ajouté selon les demandes. Je n'en ai pas forcément en tête, mais sur la façon de modéliser oui oui. En ce qui concerne l'organisation du fichier, les sous-projets et les endroits où on range cela, si on fonctionne avec des zones ou pas. Là il y a eu des échanges en début de projet avant qu'on commence. Justement pour se mettre d'accord avec le CIM manager. Pour savoir comment on travaille. Et nous on est venu avec nos méthodes de travail comme à l'agence. On était relativement en avance sur le BIM, on a déjà un BIM manager depuis plusieurs années à l'agence qui nous donnent des directions sur les modélisations pour que ça aille un peu dans le sens de ce qu'on fait habituellement, on n'a pas eu de remise en question sur la façon de modéliser habituel. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK et en ce sens avec vos habitudes internes, vos protocoles en termes, est-ce que vous avez des nomenclatures ou des manières spécifiques de gérer vos objets dans votre métier ? »

ANONYME 5 : « Non on n'est globalement quand même pas très organisé, on est libre d'appeler les choses comme on le veut c'est tout. »

MIELNICZEK Alexandre : « Dernière question sur cette partie, à votre échelle quelles données rassemblez-vous où utilisez-vous dans le CIM ? C'est très ouvert. »

ANONYME 5 : « Je n'en ai aucune idée. »

MIELNICZEK Alexandre : « Vous rassemblez quand même vous, vous apportez des données ? En produisant vos bâtiments. »

ANONYME 5 : « Oui, mais on ne s'appuie pas sur d'autres données déjà modélisées dans le CIM non. En fait on n'a pas eu de synthèse avec les autres lots et les aménagements publics donc à la fin de chaque phase on doit juste déposer nos maquettes au CIM manager et après c'est un peu une boîte noire. Il n'y a jamais vraiment eu de retour dans le sens où c'est pour ça qu'il y a eu des couacs sur les interfaces notamment au niveau des réseaux. En fait nous on a donné nos maquettes mon n'a jamais rien eu en retour. »

MIELNICZEK Alexandre : « Vous n'avez pas eu de réunion de coordination, de synthèse avec ces maquettes ? »

ANONYME 5 : « Il y a eu quelques réunions mais qui était plus au démarrage des études. Et puis ça a un petit peu fait pchit. Voilà, au démarrage plein de grandes ambitions puis dans les l'avancement des études, plus rien. Ce n'était vraiment plus la priorité. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK il nous reste la dernière partie sur les perspectives. Pensez-vous que la collaboration est plus présente dans le cadre d'un projet CIM que dans le cadre d'un projet classique ?

Vous pouvez vraiment dire ce que vous ressentez là aucun problème. »

ANONYME 5 : « Disons que s'agissait d'un projet sur une ZAC virgule il y a eu de la collaboration mais pas sur le CIM très concrètement. Ça n'a pas apporté plus de choses que ça. »

MIELNICZEK Alexandre : « Pensez-vous que les CIM qui ont été produits, enfin celui-là, son complet ? Quelles évolutions devraient-ils intégrer par la suite d'un point de vue compte tenu des données ? »

ANONYME 5 : « Ben moi je ne vois pas comment il peut être complet. »

MIELNICZEK Alexandre : « Et justement pourquoi selon vous ? Qu'est ce qui manque pour qu'un CIM soit complet ? »

ANONYME 5 : « Déjà sur nos maquettes à nous, ce qu'on a rendu, c'est que la partie archi. On n'a pas les techniques. C'est des choses très light on est presque resté sur de la modélisation et de la visualisation, il y a peu de données. Après je sais que pour nous, nos rendus de maquette qu'on a faite, il y a des choses qui n'ont pas été intégrées et qui avait été demandé à l'origine. Donc je suppose que ça n'a jamais été fait, à part si le CIM manager l'a fait lui-même derrière, en retravaillant sur la maquette. Mais je ne pense pas. »

MIELNICZEK Alexandre : « En fait j'ai une question parce que là sur le CIM chacun effectué un bâtiment en particulier mais quand on y pense, c'est City et il y a des éléments qui sont en architecture par exemple la modélisation des abords des bâtiments qui peuvent être potentiellement considérés comme des aspects de la ville et qui sont modélisés un peu de manière conceptuelle pour donner une ambiance mais pour vous est-ce qu'il y aurait un intérêt que ça soit plus précis ? »

ANONYME 5 : « Oui bien sûr, c'est à dire qu'en fait pour nous ça aurait été intéressant qu'on ait notre maquette qui soit intégrée dans le vrai espace public à venir. Sauf qu'on travaillait sur une modélisation des espaces publics qu'on avait bidouillés nous pour pouvoir travailler ce n'était pas une version officielle de la maîtrise d'œuvre des espaces publics. Par exemple on a une interface avec le lot voisin le lot O.

Et il y a plein de sujets qui se sont relevés en chantiers où on n'a jamais eu de confrontation en temps réel, de savoir où était leur maquette et comment on venait s'y accrocher. En fait on avait beaucoup de sujets d'interface entre les 2 là-dessus. Et le CIM ne nous a pas du tout aidé en fait. »

MIELNICZEK Alexandre : « C'est un gros morceau le lot O. »

ANONYME 5 : « Nous on a échangé directement avec l'architecte du lot o, et là on a fait nos petites coupes on a essayé de voir les sujets éventuels mais à l'échelle de la ZAC et du CIM il n'y a rien eu là-dessus de fait. On n'avait pas une maquette générale partagée où chacun pouvait mettre son dernier modèle à jour et puis on travaille direct dessus, c'est dommage ça aurait été intéressant parce que du coup chacun fait ses petites maquettes dans son coin, on fait les rendus au manager comme pour avoir c'est bon point et c'est tout. »

MIELNICZEK Alexandre : « Il y a eu un manque de réunions de réception de restitution en quelque sorte. »

ANONYME 5 : « Complètement. »

MIELNICZEK Alexandre : « Ça c'est super intéressant comme retour et donc pour la poursuite de notre interview l'architecte du lot O c'est monsieur *****. »

ANONYME 5 : « Oui c'est ça. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK on passe à la question d'après, Pensez-vous que les CIM peuvent remplacer les outils ou les méthodes traditionnelles, où sera-t-il utilisé en supplément de ces outils ? »

ANONYME 5 : « Peut-être à très long terme mais pour l'instant on n'y est pas. »

MIELNICZEK Alexandre : « Selon vous les CIM vont-ils s'imposer dans la fabrique urbaine de demain et recommanderiez-vous cette pratique ? »

ANONYME 5 : « Moi pour l'instant, très honnêtement, je n'y crois pas trop parce qu'il y a le BIM au niveau des bâtiments et je suis dubitative au niveau des utilisations concrètes et efficaces. En fait il y a une confusion entre BIM CIM et modélisation chez les architectes. On est très peu dans le BIM oui il y en a plein qui modélisent mais voilà. »

MIELNICZEK Alexandre : « C'est super parce qu'on se faisait justement la réflexion que en fait le BIM est une modélisation 3D pour certains. Donc c'est bien que vous en parliez. On va pouvoir souligner ce point-là dans notre application il y a une confusion entre modélisation 3D et le CIM. »

ANONYME 5 : « Et elle existe on a d'autres projets BIM où on était un petit peu plus poussé que ce qu'on fait à Châtenay sauf qu'en face d'études ça ne collait pas avec les phases chantier virgule le BIM n'était pas utilisé donc à quoi bon ? Il y a toute une période de rodage et les maîtrises d'ouvrage ne sont pas forcément encore prêtes à ça. Je pense que les maîtrises d'ouvrage publics, les bailleurs, ils sont peut-être beaucoup plus intéressés par ça parce qu'eux on les exploitations de leurs bâtiments qui va derrière. Comme le groupe scolaire. Nous on était avec Kaufmann et ICAD et Kauffmann nous a clairement dit que l'argent qu'il mettait dans la mission de M à O BIM c'était de la R et D il ne connaissait absolument rien en BIM. Même le logiciel viewer pour eux c'est de l'argent donc ils l'ont mis sur la mission BIM. Donc c'est un petit peu difficile de comprendre un peu les enjeux du BIM. Sur le lot J et N c'était un peu pareil, peut-être moins à la ramasse mais concrètement ils ont fait du CIM parce qu'il l'avait signé sur cette ZAC et qu'ils avaient l'obligation de le faire mais ils ne savaient pas trop de quoi il parlait et surtout ils n'en ont tiré aucun intérêt. »

MIELNICZEK Alexandre : « Donc Kauffmann a pris un AMO spécifique pour la Semop ou pour la ville de Châtenay pour la globalité du CIM c'est ça ? »

ANONYME 5 : « Oui il y avait à l'échelle de la ZAC la Semop il y avait un BIM enfin le CIM, qui était Arcadis et après chaque promoteur de lots avait une obligation D'avoir un BIM manager et nous on a et nous on a dit Au maître d'ouvrage que ce n'était pas notre boulot de faire du BIM, que c'était une mission à part entière, parce qu'en réalité dans les premières propositions de contrat il nous demandait de faire notre projet y compris la mission du management. Donc il y a eu un gros boulot de pédagogie auprès de nos maîtres d'ouvrage pour expliquer que le management c'était une vraie mission et que ce n'était pas compris dans nos prestations d'architectes de base. »

MIELNICZEK Alexandre : « Auprès de Kauffmann et ICADE du coup ? »

ANONYME 5 : « Plutôt que de l'absorber on aurait pu l'apprendre en interne, mais c'était compliqué de se faire valoriser ce travail. On préfère prendre un AMO spécifique qui a été missionné et qui à eux leur a coûté de l'argent qu'ils n'avaient pas prévu dans leurs études. Tout comme dans les études du BET, il n'avait pas prévu de payer plusieurs BET pour faire du BIM, donc les BET n'étaient pas abîmés. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK. Alors question suivante. Quelles sont les limites de ce CIM ? En termes de droits, d'infrastructures générales où digital potentiellement de quantité de données ? est-ce que vous envoyez des limites ? »

ANONYME 5 : « Nous en termes de quantité de données je pense que du coup on n'a pas fourni beaucoup de choses sur ce projet. Après je dirais qu'en termes de droit sur les maquettes je ne sais pas trop ce qu'on a cédé nous, en cédant nos maquettes. Je sais que ce sont des versions restreintes. »

MIELNICZEK Alexandre : « Il reste 2 questions comptez-vous lier le CIM à une plateforme SG ou à une organisation de type IGN ? »

ANONYME 5 : « Là ça va trop loin pour moi. »

MIELNICZEK Alexandre : « Et la dernière question qui est dans la même veine que celle-là. Est-ce que vous allez réinjecter de la donnée dans des portails open data. »

ANONYME 5 : « Non. »

ENTRETIEN ANONYMISÉ 6 – ARCHITECTE, 15 JUIN 2022

MIELNICZEK Alexandre : « Je vais poser les questions mais sans vous orienter, ou du moins le moins possible, pour que vraiment vous répondiez comme vous le sentez. Vous pouvez dire « Je ne sais pas ». Alors une première question elle est d'ordre personnel. Quelle est votre profession et dans quel cadre employez-vous où êtes-vous confronté au CIM ? »

ANONYME 6 : « Oui, alors donc je suis architecte et c'est dans le cadre des études qu'on utilise les maquettes numériques. »

MIELNICZEK Alexandre : « Alors des questions d'introduction maintenant. Avez-vous fait des experts spécialistes, par exemple, des consultants pour le BIM ou pour certains enjeux et si oui, lesquels ? »

ANONYME 6 : « Alors, au sein de l'Agence, on a un BIM manager. Qui lui a été formé, qui connaît bien le logiciel. Qui, lui, a commencé la maquette en mettant les bases pour que ça prenne et qu'on puisse après nous dessiner. »

MIELNICZEK Alexandre: « OK.»

ANONYME 6: « Lui aussi est architecte. »

MIELNICZEK Alexandre: « D'accord donc double casquette. Alors, quels étaient les éléments transmis par la Maîtrise d'ouvrage lors de la phase concours ? Donc qu'est-ce qu'ils vous ont donné pour démarrer. »

ANONYME 6 : « Déjà c'était une demande de la ville et du maître d'ouvrage Que les études soient faites en BIM. Il y avait un contrôle aussi Sur les maquettes qui était fait de la part du maître d'ouvrage À chaque rendu de phase. »

MIELNICZEK Alexandre : « D'accord. »

ANONYME 6 : « Voilà Virgule et on avait un cahier des charges à respecter. »

MIELNICZEK Alexandre : « Voilà alors question suivante. Lors de la phase concours, qu'est-ce que vous avez eu comme données d'entrée et étaient-elles en open data ? »

ANONYME 6 : « Je ne sais pas, je ne sais pas du tout. Il y aurait peut-être fallu que le BIM manager soit avec nous. »

MIELNICZEK Alexandre : « Nous C'est ce qu'on essaye de voir justement qu'est-ce que le CIM, comment ça fonctionne qu'est-ce qu'on a besoin de dire aux gens qui font les projets, et les BIM managers ne font pas les projets à eux tout seuls. »

ANONYME 6 : « Si si, dans le cadre de ce projet-ci il est bien manager mais il est aussi architecte donc il fait quand même pas mal le projet également. »

MIELNICZEK Alexandre: « Ok, normal. »

ANONYME 6: « C'est vraiment quelqu'un de formé comme nous. Qui ne fait pas que du BIM. Et bien au contraire, il est là plutôt pour des questions pour la mise en route de la maquette, et puis plus pour des sujets quand on bloque sur des problèmes, ça c'est trouvé sur des familles ou autres. »

MIELNICZEK Alexandre : « Parce que souvent, le BIM manager qu'on peut voir sur les projets, ils ne font pas de développement quoi. »

ANONYME 6 : « Ben là il peut m'aider par exemple. Enfin, il peut nous aider sur des sujets quand on a une famille à faire, quand on n'arrive pas à faire une famille ou ce genre de choses. C'est lui qui intervient

et qui essaie de régler le souci ou par exemple il a mis en place aussi une bibliothèque de famille pour l'Agence. »

MIELNICZEK Alexandre : « Et s'il y a des arbitrages surs, je ne sais pas, des problèmes d'arbitrage, qui prend les décisions ? »

ANONYME 6 : « Oui, le chef de projet. »

MIELNICZEK Alexandre : « D'accord, mais c'est vous ? Ça nous intéresse. Parce que justement vous avez une approche qui est peut-être différente du projet et du coup pouvoir constater comment ça vous impacte votre travail. »

DEPRETRE Adeline : « Oui, oui, après ça peut quand même être intéressant qu'on le contacte. »

MIELNICZEK Alexandre : « Les 2 sont intéressants, bien sûr, bien sûr. Mais bon, voilà. »

ANONYME 6 : « Mais par exemple sur d'autres projets, cette personne là, elle a travaillé en tant que chef de projet, avec des maquettes bien. Ce que je veux dire par là c'est que c'est pas quelqu'un d'externe qui gère ça. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK, j'entends. Ok, super alors. Même si c'était une demande de la maîtrise d'ouvrage, est-ce que vous avez des motivations particulières à développer un CIM pour ce quartier ? »

ANONYME 6 : « Pour ce groupe scolaire, ce projet-là pas spécialement. Si ce n'est pas forcément une demande de la maîtrise d'ouvrage, on ne développe pas forcément le projet en BIM. »

MIELNICZEK Alexandre : « C'était la question, intrinsèque. Alors maintenant quelques questions sur la définition du CIM qui là sont les effectivement un peu plus orienté BIMer mais, il n'y a pas de soucis si vous ne savez pas. C'est intéressant aussi d'avoir votre opinion là-dessus. Quelle définition donneriez-vous d'un CIM à quelqu'un qui ne connaît pas ces modèles ? »

ANONYME 6 : « Alors moi, déjà je parle en BIM. Et après, quelle définition ? C'est un logiciel qui permet donc de faire le projet en 3D dans lequel d'autres corps d'État peuvent intervenir pour dessiner le projet en 3D. Et donc, c'est une enquête qui regroupe d'autres compétences au sein d'une équipe de projet en 3D et cette notion 3D. »

MIELNICZEK Alexandre : « Alors, question suivante. Est-ce que vous faites une différence et comment vous définiriez un CIM, une maquette numérique un SIG et un jumeau numérique ? »

ANONYME 6 : « Pas des masses, mais. Non. »

MIELNICZEK Alexandre : « Question suivante, pour vous, quelles sont les caractéristiques (pour la Vallée) d'un CIM ? Caractéristique technique. »

ANONYME 6 : « Ben là, par exemple, on a sur la vallée, on a la structure qui est en 3D, on a une partie des fluides aussi qui sont en 3D. Donc c'est une vision, une vision 3D des réseaux et de la structure en parallèle de l'architecture. »

MIELNICZEK Alexandre : « La dernière question sur cette partie, plus effectivement BIM, quelles sont pour vous les éléments indispensables dans la construction d'un CIM ? »

ANONYME 6 : « Bah déjà tous les acteurs sur un même projet puissent travailler en CIM. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK. Alors maintenant sur les usages. Donc, c'est des questions qui sont plus orientées projets justement. Il y a une petite dizaine de questions en ce sens. Pensez-vous que le CIM impacte votre métier ? Et si oui, pourquoi et comment ? »

ANONYME 6 : « Oui, car c'est technique. Ça demande à être former. Si on n'est pas accompagné d'un BIM manager ? Ça peut mettre plus de temps. Il y a une question, après de propriété de la maquette. »

MIELNICZEK Alexandre : « Propriété intellectuelle de la maquette, C'est ça ? »

ANONYME 6 : « Ouais tout à fait. Il y a la suite aussi qui peut être donnée en phase chantier. Par exemple, sur le groupe La Vallée. Ben même si c'est une demande de base que les entreprises répondent en en BIM ou fassent leurs études en BIM en fait on se rend compte que derrière, les entreprises ne suivent pas. Donc voilà, et en même temps, si y en a qui n'ont cette qualification-là, se pose la question de notre maquette, est ce qu'on peut leur donner par rapport à, justement, la propriété de cet objet-là, et la confiance et ce que ça engage. »

MIELNICZEK Alexandre : « Et qu'est-ce que vous avez décidé au final, vous ? »

ANONYME 6 : « Eh bien, nous on n'a pas confiance. »

MIELNICZEK Alexandre : « Vous leur avez transmis que des plans 2D du coup ? »

ANONYME 6 : « Voilà exactement. Puis il y a quand même des zones qu'on ne travaille pas forcément en 3D qui peuvent être [...]. Ça ne fait pas partie en fait des pièces du marché, lors de la consultation des entreprises. Donc c'est difficile de communiquer ce document-là. On ne travaille pas toutes les coupes en détail. Donc si y a une zone où on ne se rend compte que le faux plafond il n'est pas traité en finition comme on l'avait prévu. Ben ça peut ça pose des questions après sur qui fait la prestation, il y a un petit flou quand même. »

MIELNICZEK Alexandre : « Et pour la phase DOE, vous allez faire des plans en 2D ? C'est l'entreprise qui va faire les plans ? »

ANONYME 6 : « Alors non, dans le cas de notre marché. On va rendre, je crois, une maquette à jour. Mais uniquement en CIM. Avec les modifications qu'on aurait pu rencontrer en phase chantier. Mais du coup, parce qu'en fait toute la ZAC dans lequel est le groupe scolaire est en Revit. Pour avoir une maquette globale revit, on va mettre 0 jour, on va dire les volumétries et les façades. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK, d'accord. »

ANONYME 6 : « Il n'y aura pas une mise à jour des réseaux ou autre. »

MIELNICZEK Alexandre : « D'accord, d'accord. Alors, toujours dans cette partie usage, est-ce que de nouveaux métiers dans votre secteur ont-ils été créés avec l'emploi de ces CIM justement, de ces maquettes numériques ? »

ANONYME 6 : « Ben il y a des archis se sont spécialisées là-dedans. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK, ça répond. Ici, quel outil avez-vous employé dans ce projet de CIM ? »

ANONYME 6 : « Revit, oui. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK. Et est-ce que ces outils sont différents de ce que vous employez traditionnellement ? »

ANONYME 6 : « Oui. Déjà, on a commencé à avoir des projets sur Revit, mais principalement on utilise Autocad, mais on commence à avoir pas mal de projets sur Revit. »

MIELNICZEK Alexandre : « Est-ce que selon vous, le CIM permet une superposition des strates des systèmes urbains et si oui pourquoi ? »

ANONYME 6 : « Je ne comprends pas trop la question. »

DEPRETRE Adeline : « En fait là, c'est plutôt au niveau économie, environnemental, sociétale, les réseaux. Est-ce que vous pensez qu'un jour, où est-ce que c'est déjà le cas ? Ces maquettes vont pouvoir englober finalement l'ensemble des sous-systèmes d'un quartier, d'une ville ? »

ANONYME 6 : « Je ne sais pas trop. Par exemple, là, dans le cadre de La Vallée, l'idée d'avoir la maquette générale de la ZAC, c'était aussi de pouvoir faire les liens entre tout ce qui était réseaux. Donc urbain, et les connexions avec les différents bâtiments. Donc il y a quand même une certaine cohésion, je crois. Comment dire, ça permet de regrouper en un seul outil de travail plusieurs corps de métier où thématiques différentes, voilà. Par exemple, là je sais qu'il y a aussi une maquette des espaces publics, donc pareil pour les réseaux. Il y a quand même plein de [...], ça permet de regrouper plusieurs compétences en un seul outil, quoi. »

MIELNICZEK Alexandre : « Ok, alors question suivante. Dans le cadre de la conception des espaces, qu'apporte un CIM par rapport aux méthodes et outils traditionnels ? »

ANONYME 6 : « Dans point de vue architecte, c'est notamment une vision 3D. Donc de pouvoir travailler en faisant des sections sur le bâtiment et justement de pouvoir mettre en œuvre tous les réseaux. Et vérifier si la synthèse, ça fonctionne comme ça, c'est vraiment un outil pratique ? Encore faut-il que là nos bureaux d'études soient aussi en 3D, en CIM quoi. »

MIELNICZEK Alexandre : « Entendu. Alors, en quoi le CIM pourrait participer à la durabilité et à la qualité des aménagements. Ce n'est peut-être pas votre avis. »

ANONYME 6 : « La durabilité. D'un point de vue entretien ? »

DEPRETRE Adeline : « Oui, c'est assez général donc au niveau entretien au niveau pérennité au niveau environnemental ce que vous pensez. »

ANONYME 6 : « Eh Ben je crois que l'outil permet mais ça on ne le fait pas nous de calculer [...], de rentrer d'autres données d'un point de vue environnemental. Et si la maquette est bien montée, d'en retirer une analyse, je crois dans le cycle de vie. Mais nous, on travaille pas du tout là-dessus et nos bureaux d'études non plus. D'un point de vue environnemental pour l'instant ce n'est pas au point. Après d'un point de vue entretien et pérennité, je crois que le maître d'ouvrage voulait tous ces bâtiments neufs soient sur BIM pour justement en cas d'intervention, localiser de façon plus rapide les sujets. »

DEPRETRE Adeline : « Et est-ce que vous pensez que les aménagements sont mieux conçus, réfléchis avec ce genre de processus en BIM ou en CIM ? Ou pas par rapport à un plan Autocad. »

ANONYME 6 : « Si, si, ça permet de pouvoir discuter plus facilement entre nous, de pouvoir aussi, quand on a des doutes, visualiser davantage des choses. Après de là à dire que c'est mieux conçu, non, je ne pense pas. C'est un outil, c'est un outil. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK, alors question suivante, dans reste 2 sur cette partie. Selon vous, le CIM peut-il devenir un outil ou un moyen ou un support afin de réaliser des analyses urbaines spécifiques ? Vous parliez d'analyse de cycle de vie tout à l'heure. Mais peut être que vous l'envoyez d'autre ? »

ANONYME 6 : « Bon pour la volumétrie oui, je pense qu'en termes d'urbain, c'est intéressant. Après, CIM [...], d'autres maquettes numériques aussi. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK, vous vous pensez à quoi d'autre comme type de maquette ?

ANONYME 6

Des logiciels de 3D quand je parle de volumétrie, je pense, c'est suffisant. Parce que nous, dans le cadre du projet, on n'intègre pas de matérialité. Dans nos grands projets, on reste sur des rendus qui sont graphiques. Mais noirs et blancs. Il n'y a pas de texture, il n'y a pas de concret quand on fait ce travail-là, on fait appel à des perspectivistes. Ils nous font une perspective d'endroits un peu principaux du projet, donc le BIM on travaille pas du tout avec la matière quoi. »

DEPRETRE Adeline : « Et donc il n'y a pas non plus de propriété de matériaux par exemple. »

ANONYME 6 : « De propriété de matériaux si, si, mais on ne travaille pas comme un rendu pour avoir un rendu visuel, en fait plus pour l'organisation de la maquette, voilà. Pas pour pas pour sortir des 3D qui sont avec du bois... »

MIELNICZEK Alexandre : « Entendu et dernière question sur cette partie des usages. Est-ce que vous pensez concrètement utiliser le CIM et quel serait pour vous les cas d'usages de ce CIM ? De cette maquette globale, justement. »

ANONYME 6 : « Non, on ne fera pas l'usage de la maquette de la ville parce qu'on est que architecte du groupe scolaire. Je ne vois pas d'autres usages que pour la phase étude et chantier en partie. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK, très bien. Alors, sur votre positionnement, le travail selon un processus CIM a-t-il impacté le positionnement de votre métier dans votre organisation, donc dans votre agence au cours du projet ? »

ANONYME 6 : « Bah oui, il faut être formé. C'est quand même un outil qui est difficile. Enfin qui nécessite quand même quelques cours pour pouvoir maîtriser. »

MIELNICZEK Alexandre : « Entendu et le travail selon ce processus CIM a-t-il affecté les interactions où votre positionnement avec les autres parties prenantes du projet ? »

ANONYME 6 : « Ben oui, par exemple là, dans le cadre de ce projet, là, il fallait que nos bureaux d'études soit aussi qualifié pour travailler sur le CIM. Donc, en cas de l'appel d'offres, il a fallu qu'on vérifie que nos partenaires soient aussi qualifiés. »

MIELNICZEK Alexandre : « Ok, donc question suivante. Selon vous, il y aura-t-il des évolutions dans les relations que vous avez ? Alors là vous êtes-vous êtes en Exe. Je vais reformuler cette question mais selon vous, est ce vous avez vu, des évolutions dans les relations avec les autres parties prenantes durant les diverses phases du projet ? Et est-ce que vous pensez qu'il y en aura avec les autres parties prenantes où ? Où est-ce que c'est resté pareil ? Tout au long du projet ? »

ANONYME 6 : « Bah déjà, quand on en a chantier il y avait les entreprises, elles ne travaillaient pas en CIM, donc déjà ça a changé un peu la donne. Certains oui, certains non... ou d'autres avec d'autres logiciels. Voilà, et après En interne maîtrise d'œuvre, pour les phases études oui, la question de mettre à jour la maquette. C'est une question qui revient assez souvent, ça, c'est beaucoup de travail et des fois, donc ça ce n'est pas forcément [...]. Comment dire le temps nous est compté. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK. Alors dernière question, sur cette partie du positionnement. Selon vous le CIM a-t-il un impact en termes de gestion des divers acteurs et constatez-vous des différences avec d'autres projets sensibles ? »

ANONYME 6 : « Il y a toujours la question de la formation. Quoi ? Si nos partenaires ne sont pas formés c'est compliqué, ça ne marche pas. Et puis ça nécessite quand même une gestion en termes différente, ça ne prend pas le même temps. Puis ça nécessite aussi que l'Agence soit bien, formée et que les

bases soient aussi bien établies avec une bibliothèque par exemple. Donc ça nécessite quand même un investissement initial. »

MIELNICZEK Alexandre : « Alors oui et alors peut-être pour creuser un petit peu plus dans cette question, est-ce que vous voyez quelle différence vous feriez principalement avec des projets où vous n'auriez pas eu à faire un CIM justement, ou à entrer dans cette démarche-là ? Si vous en voyez. »

ANONYME 6 : « Je pense que la mise à jour des maquettes est difficile d'obtenir d'un point de vue de nos partenaires. Et ça peut être un frein, des fois, ça nécessite de revenir à une démarche en 2D. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK. »

ANONYME 6 : « Du coup, on peut se retrouver des fois avec un peu des logiciels variés. C'est à l'ancienne. D'un point de vue archi, je trouve ça génial parce que ça permet d'avoir vraiment une vision globale. De faire des coupes à des endroits d'étudier certaines zones sans avoir tout à remonter sur Autocad parce qu'on a des zones à vérifier, avec ça on va visualiser les réseaux. Enfin, c'est vraiment un logiciel je dirais que ça permet de gagner un peu de temps de ce point de vue là. Ouais dans notre discussion maintenant interne, on arrive à regarder des zones ou peut-être qu'on a besoin de retravailler ponctuellement, donc on peut isoler la maquette enfin. Alors je pense que c'est quand même un gain de temps sur des projets ou d'un plan 2D où peut être qu'il y a peut-être des zones qu'on ne voit pas forcément. Parce qu'on n'y travaille pas forcément en 3D quoi. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK. Alors, on va passer à une partie qui est plus orientée "normes" sur à la fois le BIM et votre métier. Si y a des choses où vous ne savez pas, il ne faut pas éviter à le dire ou si vous n'êtes pas concerné, voilà pareil, mais c'est un peu plus orienté BIMer. Il y a 4 questions sur cette partie-là. Pour vous, quelles sont les grandes caractéristiques normatives d'un CIM ? »

ANONYME 6 : « Je ne sais pas. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK. Très bien. Quelles normes sont employées concernant les CIM ? »

ANONYME 6 : « OK, je ne peux pas vous dire. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK. Alors là, par contre, peut être pouvoir me dire mais est-ce que dans votre métier vous avez, ou dans votre agence vous avez des obligations ou des protocoles spécifiques pour nommer les objets. »

ANONYME 6 : « Oui, oui. »

MIELNICZEK Alexandre : « Et vous vous basez sur quel protocole, quelle norme spécifique alors ? »

ANONYME 6 : « Normes [...], on a plein de normes. Après ça ne change pas qu'on travaille en 2D ou en 3D. Après, c'est plus sur la nomination des familles ou ce genre de choses, mais elle est un peu méthodique. Voilà, c'est l'Agence qui a créé une méthode quoi. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK, c'est des règles maison. »

ANONYME 6 : « Ouais c'est ça. On va avoir avec des normes, on conçoit avec des règles. »

MIELNICZEK Alexandre : « Ce n'est pas forcément sur les règles de conception architecturale, c'était vraiment par rapport aux objets, mais du coup. Vous avez répondu. Et dernière question sur cette partie. A votre échelle, quelles données rassemblez-vous où utilisez-vous dans le CIM ? »

ANONYME 6 : « On est géoréférencé déjà. »

MIELNICZEK Alexandre : « Est-ce que vous appuyez sur le CIM pour certaines choses ou simplement vous déposez votre maquette et intégrer là-dedans et voilà. »

ANONYME 6 : « Mais par exemple, pour ce qui est de données environnementales, on ne fait pas ce qu'on pourrait, je pense utiliser des choses, mais ce n'est pas notre corps de métier à nous. Voilà après des fois sur une quantité de matière, on utilise la maquette pour par exemple, je ne sais pas, il y a des murs en béton pour calculer le nombre de [...] de la volumétrie de béton qu'on a utilisé. Là, on va peut-être ressortir des choses de nos familles tout en béton. »

MIELNICZEK Alexandre : « Mais ça veut dire que vous allez regarder ça dans les maquettes des autres ou [...], c'est plutôt ce que vous vous servez des maquettes des autres de la zone ou pas ? »

ANONYME 6 : « Des maquettes des autres, des bureaux d'études ? »

MIELNICZEK Alexandre : « Bureau d'études, mais aussi des autres lots qui sont autour du votre. »

ANONYME 6 : « Non, les autres des autres lots qui sont autour, non. On n'a pas eu accès aux maquettes des autres. »

MIELNICZEK Alexandre : « Ah d'accord, OK. »

ANONYME 6 : « Nous on donne notre maquette au CIM manager de la ZAC et c'est lui qui composé les maquettes, enfin, qui les regroupe dans une scène en maquette numérique. »

MIELNICZEK Alexandre : « Donc vous avez-vous n'avez pas [...]. Est-ce qu'on vous a présenté la compilation de tout. Du coup, vous ne pouvez pas utiliser des données. »

ANONYME 6 : « Non, par exemple, sinon si pour le travail volumétrique initialement du groupe scolaire, on a eu des plans 2D des lots avoisinants. Mais c'est tout quoi. »

MIELNICZEK Alexandre : « C'était des plans de Géomètre ou du tout ? »

ANONYME 6 : « Non, par exemple. Il y avait des projets au sud, il y a des logements, on avait une maquette mais on a eu une implantation, un plan masse quoi. Je n'ai pas eu de maquette numérique de la part des autres. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK Ben, vous voyez ça, c'est très intéressant. Par exemple, comme réponse parce que, sauf erreur de ma part Adeline, mais je ne crois pas que on nous l'ai dit. Alors que c'est un élément clé. Je trouve. »

DEPRETRE Adeline : « Du coup, vous n'avez pas accès au BIM 360 en fait ? »

ANONYME 6 : « Alors, est-ce qu'on n'a pas accès où est-ce que on ne l'a pas demandé ? Je ne sais pas trop, ça faudrait peut-être le demander au BIM manager d'agence, mais moi en tout cas j'en ai pas forcément le besoin. »

DEPRETRE Adeline : « OK. »

MIELNICZEK Alexandre : « D'accord. »

ANONYME 6 : « Après, on est dans une ZAC donc tout ce fait un peu en même temps donc. »

MIELNICZEK Alexandre : « Alors, il reste une dernière partie sur les perspectives y a 7 questions dans cette partie. Il est 10h35 donc je pense qu'on est dans les temps. Pensez-vous que la collaboration est plus présente dans le cadre d'un projet CIM? C'est une question un peu redondante. »

ANONYME 6 : « La collaboration ? »

MIELNICZEK Alexandre : « Entre les différents acteurs. »

DEPRETRE Adeline : « Ou même au sein du Bureau. »

MIELNICZEK Alexandre : « Oui, en interne. »

ANONYME 6 : « Non, pas plus que ça. »

MIELNICZEK Alexandre : « Pensez-vous que les CIM sont complets et quelles évolutions devraient intégrer par la suite, d'un point de vue contenu des données ? »

ANONYME 6 : « Eh bien, par exemple. Là, la maquette qu'on va rendre après le chantier, ce sera une maquette qui sera à jour uniquement sur un point de vue enveloppe. Oui, y a une perte de données parce qu'on s'est retrouvé en phase de chantier, à avoir des entreprises qui ne maîtrisent pas Revit. »

MIELNICZEK Alexandre : « D'accord, oui. »

ANONYME 6 : « Donc du coup ça remet en question. »

MIELNICZEK Alexandre : « Entendu. Pensez-vous que les CIM peuvent remplacer les outils ou les méthodes traditionnelles, où est-ce que ça sera toujours employé en supplément de ces outils ? »

ANONYME 6 : « Alors nous, par exemple, à l'Agence, on commence la première phase d'étude sur BIM et dès qu'on est arrivé à la phase DCE où même un peu avant, tous les détails on les fait en 2D. »

MIELNICZEK Alexandre : « Vous avez une base de données de détails 2D c'est ça ? »

ANONYME 6 : « Oui on a une base de données, c'est ça. »

MIELNICZEK Alexandre : « Du Autocad pour compléter votre DCE. »

ANONYME 6 : « Voilà, c'est ça. Voilà exactement. »

MIELNICZEK Alexandre : « Question suivante. Selon vous, les CIM vont-ils s'imposer dans la fabrique urbaine de demain et recommanderiez-vous cette pratique ? »

ANONYME 6 : « Oui. Donc c'est intéressant, mais qui est difficile à utiliser pour les phases détails par exemple. »

MIELNICZEK Alexandre : « Pour les phases détaillées, c'est ça ? Entendu, question suivante. Quelles sont les limites de ce CIM en termes de droits, par exemple, d'infrastructure digitale ou de quantité de données ? »

ANONYME 6 : « Non, comme je le disais en avant, c'était la responsabilité. Et puis la propriété de cette maquette. »

MIELNICZEK Alexandre : « Entendu alors 2 dernières questions qui sont très ciblées, peut-être vous n'êtes pas concernés, peut-être vous ne savez pas, mais qui sont un peu dans la même veine, vous allez voir. Comptez-vous essayer de lier le CIM où votre maquette BIM, enfin les données que vous avez produites à une plateforme SIG ou à un organisme public, type IGN ou autre. »

ANONYME 6 : « Aucune idée. »

MIELNICZEK Alexandre : « Les dernières questions, qui est un peu la même veine. Allez-vous réinjecter de la donnée dans les portails open data ? »

ANONYME 6 : « Je ne sais pas. »

MIELNICZEK Alexandre : « Oui, OK, on est arrivé au terme de ces questions. »

ENTRETIEN ANONYMISÉ 7 – URBANISTE ET BIM MANAGER, 16 JUIN 2022

MIELNICZEK Alexandre : « Ce questionnaire est divisé en différentes parties, il y a des questions qui sont plutôt très tournées BIM, des questions plutôt très tournées projets. Alors la première question, c'est une question à laquelle vous avez déjà répondu, je pense, on peut la reposer parce qu'elle est en 2 parties, mais voilà. Donc première question, quelle est votre profession et dans quel cadre employez-vous ou êtes-vous confrontés aux CIM ? »

ANONYME 7A : « Ben du coup, je suis sur la partie Urba en côté urbaniste, qui est vraiment en amont et qui, après, a fait le suivi pendant la conception et pendant le chantier, où j'ai un rôle un peu plus détaché. Du coup, c'est peut-être là où, je n'ai absolument quasiment pas de lien avec le BIM ou le CIM, justement, qui est un objet de conception du projet. Mais en Urba, on a très peu ce lien. On l'a que quand il y a un problème de recollement ou qu'on a besoin de faire des réunions pour voir quand l'espace public et l'eau peuvent enfin se confronter, et où sont les problèmes. Mais moi je n'ai pas un rôle d'interface directe avec le BIM/CIM. »

ANONYME 7B : « Moi je rajouterais que en fait l'Agence n'a pas la mission sur la partie urbaine mais qu'elle a été prise par une autre entité et du coup, on est resté sur le pôle urbanisme, vraiment sur la partie urbanisme uniquement. »

MIELNICZEK Alexandre : « Et alors, ça ce n'est pas dans notre grille de questions, mais c'est moi qui me pose la question. Cette mission de BIM Management CIM ou urbaine, ou voilà [...], est-ce que c'était une mission que vous cherchiez à prendre ? Ou ont-ils préféré mettre Arcadis ou vous ne préférez pas la prendre ou [...] »

ANONYME 7B : « Alors, au début, on l'avait proposé, mais il semblerait qu'ils aient préféré que le que l'urbaniste soit vraiment urbaniste oui. Et que et que justement, ils considéraient que le CIM était une partie plutôt, comment on va dire [...], technique. En tout cas, quelque chose qui n'avait pas de lien très direct avec la partie conception et gestion. Et voilà, il faut savoir que sur cette opération, il y a quand même plusieurs strates hein, donc il y a l'urbanisme. Ensuite, il y a le CIM et ensuite, sous le CIM, il y a plusieurs BIM, donc il faut vraiment voir la hiérarchie du projet. »

MIELNICZEK Alexandre : « Il y a pas mal de choses, oui. Alors, quelques questions d'introduction et alors là, c'est une question qui est normalement pour la maîtrise d'ouvrage. Mais vu que, à mon avis, vous avez été, peut-être, ceux qui ont été le plus en contact avec eux, peut-être vous allez pouvoir nous donner des pistes sur cette réponse. Est-ce que vous savez quelles ont été les déclencheurs à la planification de l'écoquartier de la vallée, pour la ville ? »

ANONYME 7A : « Pour la ville, c'est que [...]. Pourquoi on a décidé de faire un quartier ici, c'est ça ? Parce qu'il y a le projet de Saclay, du Plateau de Saclay et du coup, toutes les universités plutôt scientifiques vont se retrouver là-bas. Du coup, c'était le déménagement de l'école centrale qui induit cette enclave de 20 Hectares qui se retrouvent libres. C'est un projet qui est assez grand pour la ville et, du coup, ils ont créé du coup cette SEMOP. Donc c'est une Société d'Economie Mixte, pour intervenir sur ces 20 hectares. »

MIELNICZEK Alexandre : « Ok, le but c'est utiliser un espace libre mais déjà artificialisé. »

ANONYME 7A : « Voilà, enfin hier, c'était un site totalement fermé, parce que ça reste un campus articulé sur lui-même. Aujourd'hui, il y a la possibilité d'ouvrir ce quartier là et du coup, c'était ça qui a lancé le [projet]. Enfin moi je n'étais pas là à ce moment-là. Mais c'est ce qui a lancé, je pense, l'appel d'offres. Et en même temps, corrélé aussi à l'arrivée du tram qui est en construction et qui arrive en bas et, du coup à un arrêt sur le quartier. Qui est, lui aussi, projeté en arrêt là, et qui [...], enfin voilà, il y a tout un lien entre le tram et aussi la lisière avec le parc de Sceaux, qui est un levier et qui valorise le site. »

MIELNICZEK Alexandre : « Alors, question suivante. Alors je marque une pause, mais si jamais il y a des questions où vous ne savez pas, vous n'êtes pas concernés, n'hésitez pas à nous le dire. Alors, est-ce que vous avez fait appel à des experts spécifiques, des consultants par exemple en BIM ou des choses comme ça ou même sur d'autres sujets, je ne sais pas d'assistance à maîtrise d'ouvrage ou alors, ça peut être plutôt côté MOA, mais peut-être que vous avez utilisé des experts dans différents domaines ? »

ANONYME 7A : « En urba non. »

ANONYME 7B : « Mais du coup, sur la partie BIM, et bien, la personne en question c'est plutôt moi. Et en fait, par rapport à l'agence Leclerc, je ne suis pas spécialement sur ce projet en fait, mais sur plusieurs autres projets dont celui-là. »

MIELNICZEK Alexandre : « Mais vous faites partie de l'Agence Leclerc ? »

ANONYME 7B : « Non, je ne suis pas en interne. »

MIELNICZEK Alexandre : « D'accord, donc c'est vous l'expert spécifique. Ok d'accord, très bien. Alors question suivante. Quels ont été les éléments ou les besoins transmis par la maîtrise d'ouvrage lors de la phase concours ? »

ANONYME 7A : « En termes de BIM ou urba ? »

MIELNICZEK Alexandre : « Qu'est-ce qu'ils vous ont donné pour faire votre travail ? »

ANONYME 7A : « Sur les 2 points de vue, sur les 2 pans. Alors, moi je n'étais pas là donc j'avoue que je ne sais pas du tout les données d'entrée et je n'ai pas cette mémoire-là, c'est plutôt ma directrice de projet qui ont cette mémoire pour l'urba. »

ANONYME 7B : « En termes d'archi, les données d'entrée, ça a été le rendu urbain en fait. »

MIELNICZEK Alexandre : « Ok. »

« Donc ça se suit hein, c'est-ce que le pôle urbanisme a produit qui nous a permis, en fait, en plus de documents fournis par la maîtrise d'ouvrage, de démarrer la partie Archi. Et la partie CIM, elle ne s'est pas faite tout de suite en fait. Elle s'est faite après coup, c'est-à-dire qu'on a déjà démarré la conception avant que le CIM prenne vraiment. »

MIELNICZEK Alexandre : « Ok, d'accord, bah alors question suivante. Quels ont été les données d'entrée pour la planification ou le concours et est-ce que certaines de ces données étaient en Open Data ? »

ANONYME 7A : « Ah, c'est pareil, j'ai pas du tout les clés pour répondre. Donc pour le concours lancé par la ville enfin par la SMOP ? »

ANONYME 7B : « Open data, c'est à dire ? »

ANONYME 7A : « En Open Source. »

MIELNICZEK Alexandre : « Des données accessibles publiquement sur des sites comme Openstreetmap. »

ANONYME 7B : « Oui, oui, oui. Alors non cette fois-ci on n'avait pas de données open source. En fait les données étaient réellement cloisonnées dans l'équipe de maîtrise d'œuvre. Après, c'est en fonction [...]. Donc on a on a l'étude urbaine, en fait c'est notre donnée d'entrée principale. Ensuite, on a les, les différentes fiches de l'eau, donc tout toujours fourni par la partie urbaine. En fait et en open source, à part le cadastre, non ça ne compte pas, parce qu'en fait on a on. A tout refait, on.

ANONYME 7A : « Alors peut-être que, si je peux rajouter, quand on dit Urba, je ne sais pas si vous avez rencontré les paysagistes. Mais urba ça veut dire qu'il y a les paysagistes, les VRD et il y a le BET environnement aussi qui est avec nous. Et je sais que BASE, par exemple, les paysagistes ont tout modélisé. Ils ont modélisé tous les espaces publics. »

MIELNICZEK Alexandre : « Oui, on les a interrogés. »

ANONYME 7A : « Et je ne sais pas si vous vous en êtes servi mais pour le lot Archi, ça permet de donner au moins les 4 points des parcelles.

ANONYME 7B : « Si tout à fait. En fait, il s'agit bien d'imbrication hein, il y a il y a plusieurs couches, donc il y a les parties, modélisées par base, les parties VRD, les parties paysages, les parties donc réseau. C'est des maquettes différentes d'ailleurs, et ensuite il y a donc un géoréférencement qui est proposé et toutes les maquettes bâtiments, donc par lots, pour être assemblées sur ce modèle. »

ANONYME 7A : « En gros, il faut se dire que [...]. Enfin, nous du coup, on fait la jonction, une espèce de rotule entre Urba et Archi et. Et en fait, il y a une sorte de table rase qui s'est faite du site d'avant. Donc en fait toutes les données qu'on aurait pu trouver, bah c'est BASE qui du coup les a retranscrites, à remodelé son nouveau terrain. Il y a des points durs, comme le gymnase par exemple, qui étaient là avant, des alignements d'arbres qui ont dû, je pense, être géoréférencés. C'est eux qui ont dû dessiner. Voilà, mais c'est eux qui, je pense, ont fourni la plus grosse base de travail pour le pour tout le monde et c'est sur cette base là que les lots viennent, se viennent s'assembler. »

ANONYME 7B : « C'est, c'est pour ça qu'on n'a pas vraiment de d'open source. On va dire, c'est quand même un cas assez particulier puisque comme tout a été refait entre guillemets. Les données se sont créées au fur et à mesure de l'avancement des projets urbains et paysagers. »

MIELNICZEK Alexandre : Entendu et alors, question suivante, toujours dans cette partie introduction, c'est la dernière pour cette partie. Est-ce que vous saviez quelles étaient les motivations pour la maîtrise

d'ouvrage de développer un CIM de ce quartier et d'autre part, pour vous, quelles ont été les motivations à faire un CIM ? Si ce n'est que ça vous était demandé quoi ?

ANONYME 7A : « Alors moi les motivations, je ne sais pas du tout. A part que c'est pour répondre à des règles, enfin les réglementations ou simplifier le travail pour eux, sachant que c'est Eiffage construction qui a tous les travaux, qui est en haut de la pyramide. Après je sais pas du tout si [...], c'est une supposition, je ne sais pas du tout. »

ANONYME 7B : « Peut-être un indice sur leur motivation, quelques indices. C'est que le projet en fait qu'on a beaucoup de lots, beaucoup d'intervenants, pour coordonner l'ensemble, ça a été assez logique de trouver un système, en fait, qui permette de coordonner à la fois en termes d'information et en termes géométries, l'ensemble des projets qui ont été posés. Et bah évidemment, on fait du CIM parce que c'est la technique ou la technologie qui permet de le faire le mieux aujourd'hui, on va dire. »

MIELNICZEK Alexandre : « Ok. »

ANONYME 7B : « Et pour nous, en fait notre motivation, on a quand même poussé aussi le maître d'ouvrage à aller dans ce sens-là parce qu'on a besoin de se coordonner avec les autres. Et s'il n'y a pas de règles pour se coordonner, c'est très compliqué et on perd beaucoup d'informations sur la route et donc nous on a aussi poussé à ce que ça se fasse. Et donc ça s'est fait parce que chacun y a trouvé son compte en fait. »

MIELNICZEK Alexandre : « Ok, donc pour les aspects de coordination principalement. »

ANONYME 7A : « Principalement, même si je pense que ça, ça limite. Encore nous, on continue de faire la coordination, il y a de la limite dans l'outil, quand ce n'est pas nous qui le maîtrisons. Oui, moi je n'ai aucun lien avec le CIM. Je n'échange pas avec lui. Et parfois, on modifie des choses, parfois on a besoin de documents, de documents généraux on va dire, et on n'a pas ce réflexe de passer par le CIM. Voilà, c'est peut-être la limite de l'exercice aussi, sur les échelles différentes. »

ANONYME 7B : « C'est peut-être une remarque à faire comme il s'agit d'outils, en fait, et bien on était bien que la partie urbanisme soit accessible à tout le monde. »

ANONYME 7A : « Mais pour ça, il faut qu'on soit formés, il y a la question de la formation, de missionner et former et du coup moi j'ai des missions de recollement, que je fais sur Autocad par exemple. Alors que en fait, ce recollement existe déjà. Et je ne sais pas à quel moment, à quel détail BASE par exemple, met à jour sa maquette. Voilà, je pense que c'est peut-être la limite. Enfin moi je vois la limite là-dedans, ça pourrait être un outil très utile, sauf que si les gens qui l'utilisent au quotidien ne sont pas formés, du coup ça [ne va pas]. Enfin voilà, c'est un outil qui doit être vraiment partagé, où tout le monde doit être formé dessus aussi pour vraiment en tirer toutes les capacités.

ANONYME 7B : « On a été prêt pour la partie formation hein mais [...]. Sans la mission, on ne pouvait pas se lancer. »

MIELNICZEK Alexandre : « Non mais très. Bien alors quelques questions sur la définition du CIM, donc 4 questions en ce sens. Alors la première : quelle définition donneriez-vous d'un CIM à quelqu'un qui ne connaît pas ces modèles ? »

ANONYME 7A : « Je vais commencer par répondre, moi et mes réponses sont plus naïves vu que j'en ai très peu l'utilité. »

ANONYME 7B : « C'est peut-être la meilleure réponse du coup, moi je cherche. »

ANONYME 7A : « Moi je ne connais presque pas, hein. Pour moi, sinon ce serait la maquette urbaine on va dire, avec tout le recollement, mais ça se trouve, j'ai dit n'importe quoi, je ne sais pas trop. »

MIELNICZEK Alexandre : « Rassurez-vous, il n'y a pas de consensus donc vous pouvez y aller. »

ANONYME 7A : « Du coup, c'est la maquette de recollement général et pour moi le BIM, c'est building, c'est la maquette du bâtiment en tant que tel. Mais je pense, en fait, dans ma tête, je vois ça comme une question d'échelle et de détails. Mais bon, je ne sais pas trop. »

ANONYME 7B : « Bah moi je rejoins en fait, c'est le regroupement, en fait, des informations de l'ensemble de la Zac, sous forme à la fois géométrique et en termes d'information. »

MIELNICZEK Alexandre : « Et alors, une autre question. On a parlé de CIM, mais il y a d'autres termes qu'on peut employer à l'échelle urbaine ou plus ou moins grande. Il y a donc aussi le SIG, les maquettes numériques ou les jumeaux numériques. Quelle différence vous faites entre ces appellations ?

ANONYME 7A : « Alors moi, le SIG, pour moi, c'est géographique. Enfin, c'est très grande échelle, mais qu'on peut effectivement mettre à une petite échelle suivant les détails. Après jumeau numérique, je ne connaissais pas. Je comprends le sens, mais [pas plus]. Et pour moi modèle numérique, c'est pareil. »

MIELNICZEK Alexandre : « Pareil que jumeau numérique ? »

ANONYME 7A : « Oui, bah, modèle numérique/ jumeau numérique, pour moi c'est pareil et modèle, c'est comme un modèle Sketchup mais ça, c'est parce que c'est notre jargon à tous. C'est l'objet quoi. »

ANONYME 7B : « Ben moi, si je reprends en fait, à mon avis, il y a des petites nuances entre ces termes, mais c'est l'ensemble qui participe à faire tout le CIM. Donc le CIM on en a parlé et SIG, on a besoin d'un Système d'Information Géographique pour pouvoir se coordonner correctement, donc c'est indépendant du CIM on va dire. Et maquettes numériques, ça reste générique. Selon moi, c'est une maquette qui est numérique, mais quand on parle de jumeaux numériques, il y a une connotation de fabriquer la réalité avant la réalité. Ce qui est un tout petit peu différent de juste une maquette, qui ne dit pas grand-chose, mais quand on parle de jumeaux, c'est vraiment faire la réalité avant la réalité. »

MIELNICZEK Alexandre : « C'est ça. Enfin, nous on ne juge pas, c'est vraiment votre avis sur la chose. »

ANONYME 7B : « Oui, c'est un avis, hein. Et je ne dis pas que j'ai raison ou quoi, mais c'est ça pour moi. »

MIELNICZEK Alexandre : « Après, si vous voulez, on peut échanger plus en détail. Mais voilà, on essaie de faire des questions pas trop orientées. Alors question suivante, pour vous, quelles sont les caractéristiques techniques d'un CIM ? »

ANONYME 7A : « Bah je veux bien, mais je ne sais pas trop moi. Peut-être les 3 dimensions et les propriétés ? C'est l'espace quoi. L'espace et les propriétés.

ANONYME 7B : « Oui, oui, oui. Je prendrai aussi la même réponse donc. Et ensuite, c'est aussi un ensemble d'outils, je dirais qui permet de faire fonctionner le CIM parce que sans des outils qu'on met en place, il n'y a pas de CIM. »

MIELNICZEK Alexandre : « Entendu, alors dernière question sur cette partie des définitions. Quels sont pour vous les éléments indispensables ou nécessaires dans la construction d'un CIM ? »

ANONYME 7A : « Je te laisse commencer sur celle-ci. »

ANONYME 7B : « Oui, indispensable. Il faudrait déjà un programme, des objectifs, savoir ce qu'on veut faire de ce CIM. Et ensuite, il faut avoir un ensemble de données qui permettent de le construire. Si certaines de ces données manquent ces, c'est l'ensemble du CIM qui risque d'empêcher. Et puis la 3e chose, c'est les intervenants, leur implication, leur capacité à faire tourner le CIM, à le faire évoluer, à l'intégrer aussi. »

MIELNICZEK Alexandre : « Ok, d'accord. Une petite dizaine de questions sur les usages, donc, qui sont plus orientées projet on va dire donc. Première question : pensez-vous que le CIM impacte votre métier ? Et si oui, pourquoi et comment ?

ANONYME 7A : « Et sinon ? Enfin, comme je l'ai expliqué tout à l'heure, c'est une question de formation. Je pense aussi, et comme tu le dis très bien, c'est que dans les outils, il faut effectivement que tout le monde soit formé pour pouvoir l'utiliser. Et du coup, nous ça ne nous impacte pas assez, en urbain en tout cas. Et sachant que nous, on est tellement en amont du projet que c'est parfois difficile de, comme on dit jumeaux, on ne peut pas décrire la réalité en faisant du projet. Enfin, ça ne marche pas et du coup, pour nous en urbain en tout cas, on n'arrive peut-être pas encore à s'en saisir, au moins à l'agence, parce qu'on n'est pas forcément formé comme il faut là-dessus et qu'il faudrait que tous nos co-traitants aussi soient formés. Voilà, donc moi, c'est ma limite on va dire.

ANONYME 7B : « Mais on peut aussi dire que les outils d'urbanisme pour passer au CIM vraiment de conception, il se développe petit à petit et ils sont, je trouve, un tout petit peu en retrait par rapport à ce qui se fait en bâtiment. Donc les outils ne sont pas 100% adaptés. Je pense que c'est aussi pour ça que c'est toujours plus aisé aujourd'hui d'utiliser les techniques traditionnelles. Je le vois parce que je parce que plusieurs fois, en fait, on a essayé de voir comment faire avec l'urbanisme et on sent que les outils traditionnels fonctionnent toujours bien. Un crayon, une feuille déjà ça fonctionne bien. Voilà et ça fonctionne toujours très bien pour ce dont on a besoin. Et tant que les outils n'arrivent pas à atteindre cette facilité, cette aisance, eh bien on continuera à utiliser les outils qui vont bien, hein. C'est, c'est simple, on utilise ce qui marche en fait. »

ANONYME 7A : « Mais par contre, au moment du projet amont, on va dire Urba, on n'arrive pas forcément à en trouver la nécessité. Mais par contre, effectivement, là en étant dedans avec les questions de recollement, là il faudrait qu'on soit capable de faire du coup le pas qui nous met de l'autre côté de la barrière et qu'on puisse interagir avec cette maquette. Et pour le coup, ce n'est pas [le cas]. »

ANONYME 7B : « En gros plus on avance dans la conception, plus le CIM est nécessaire. »

ANONYME 7A : « Mais c'est des choses à mettre effectivement, en amont. Et, effectivement, former missionner dans les contrats, dans les demandes aussi des maîtrises d'ouvrages peut-être ? »

MIELNICZEK Alexandre : « Entendu alors, question suivante. Est-ce que de nouveaux métiers dans vos secteurs ont été créés avec l'emploi de CIM ou de ce CIM ? »

ANONYME 7A : « Non, pas pour moi. »

ANONYME 7B : « Non, pas spécialement parce que, ce qui est apparu en fin de compte, il y a le BIM Manager, CIM Manager, mais ce n'est pas vraiment de nouveaux métiers. C'est des rôles, de nouveaux rôles, de gens qui étaient déjà là. Ce n'est pas vraiment un nouveau métier. Puis on permet les personnes qui travaillent en fait sur le CIM ou sur le BIM, je parle de notre Agence, c'est des personnes qui ont reçu une formation supplémentaire pour utiliser ou comprendre certains aspects, certains outils, c'est tout en fait. Mais il n'y a pas de métiers en plus qui se sont créés.

MIELNICZEK Alexandre : « Alors on parlait d'outils à l'instant. Quels outils avez-vous employés dans le dans ce projet CIM, justement ? »

ANONYME 7B : « Là, on parle de logiciels. Oui, nous, donc, on a des licences AEC. Donc on utilise, alors sur celui-là en particulier, on n'est pas les très loin dans l'utilisation de nombreux logiciels puisque la majorité de ce qu'on a fait, donc sur la partie en bâtiment hein c'est plutôt du Revit. Pour tout ce qui est recollement, synthèse on utilise Navisworks.

MIELNICZEK Alexandre : « Ok et dans la partie urbaine, vous avez utilisé quoi comme soft ? »

ANONYME 7A : « Rien de tout ça. Non, du coup on ne l'utilise pas. Du coup, les seuls autres outils, c'est bidouiller du SketchUp et faire des recollements Autocad, voilà.

MIELNICZEK Alexandre : « Ok d'accord, c'est important pour nous à savoir aussi. Mais du coup, la question suivante, je pense qu'elle va être répondue assez facilement. Les outils employés dans ce projet sont-ils différents de ceux que vous utilisez habituellement ? »

ANONYME 7A : « Pour la partie urba du coup non »

MIELNICZEK Alexandre : « Et pour la partie bâtiment ? »

ANONYME 7B : « Ben non. C'est toujours ces outils là qu'on utilise. »

MIELNICZEK Alexandre : « Alors, question suivante. Selon vous, le CIM permet-il une superposition des strates des systèmes urbains ? Mais aussi des aspects économiques. La mixité urbaine et cetera.

ANONYME 7A : « Moi je n'ai pas une assez grande connaissance dans le CIM pour tout les comprendre, toutes les possibilités que ça offre. »

ANONYME 7B : « On va dire que c'est un potentiel, c'est quelque chose que le CIM permet et qui aujourd'hui n'est pas réellement exploité. Aujourd'hui, on est très axé sur la géométrie en fait, donc on arrive à assembler, la voirie, le paysage, les bâtiments, les informations programmatiques, ça commence déjà à être plus compliqué parce que justement, la partie en amont urba, on va pouvoir s'en charger, et sur cette partie là, on est resté sur quelque chose de traditionnel. Donc, les différentes

couches, oui, potentiellement peut tout faire. Mais dans l'imbrication des missions, des tâches, finalement, on fait ce qu'on peut en fait.

MIELNICZEK Alexandre : « Vous faites avec ce que vous avez. OK, alors question suivante, dans le cadre de la conception des espaces, qu'apporte un CIM par rapport aux méthodes et outils traditionnels ? Si ça apporte quelque chose ?

ANONYME 7A : « Ben non, moi quand j'avais vraiment besoin d'utiliser justement une maquette et que je n'avais pas forcément accès à tout. J'ai pris les maquettes Revit, j'ai transformé en SketchUp que j'ai recollée toute seule. Enfin voilà, ça s'appelle du bricolage. »

MIELNICZEK Alexandre : « Ah oui, d'accord, vous avez fait votre propre CIM quoi ? »

ANONYME 7A : « Voilà, mais sur certains endroits. On aurait la maîtrise de cet objet-là, on saurait aller sur la maquette ou échanger, parce qu'il y a aussi une histoire de langage et une histoire de savoir ce qu'on raconte et échanger avec le CIM manager. C'est compliqué quand on n'a pas le langage qu'il faut. Ben oui, ça aurait pu me servir dans plein de choses de recollement, quand on veut regarder des façades, quand on veut compter une densité. Enfin, calculer les surfaces au sol, des choses comme ça. Et là, c'est ça serait simple mais ce n'est pas possible. Enfin, ce n'est pas possible pour Châtenay dans les conditions, dans lesquelles on est. »

MIELNICZEK Alexandre : « Et alors est-ce que vous avez eu accès à ce CIM ?

ANONYME 7B : « Oui, oui, oui, nous, il y a une plateforme, hein, qui a été utilisée. Donc nous on a échangé régulièrement sur cette plateforme. Vous mettez à jour vos maquettes. Tous les lots en fait, y compris les lots paysages, VRD, réseaux, ont été mis à jour. Effectivement, pour nous, l'échange il est réel et on n'a pas besoin d'être sur la maquette globale, on va dire à tout moment. Mais sur les besoins qu'on a, on peut par exemple dans la conception, on a beaucoup utilisé pour voir au niveau des rues, comment on positionne des portes, des fenêtres, les vitres. C'est des choses qui sont avec la bonne information, on est plus juste que par rapport à un projet traditionnel par exemple. Ou on reçoit un plan de paysage avec des points dessus, on n'est pas tout à fait sûr si le point il est plutôt à gauche, plutôt à droite. Là, quand on reçoit la maquette, on sait exactement positionner notre porte.

ANONYME 7A : « Et nous, c'est des outils auxquels en tant qu'urba on avait accès, mais qu'on n'était pas capable d'utiliser sans formation, pas du tout. »

MIELNICZEK Alexandre : « Ok alors dernière question sur cette partie. Est-ce que vous pensez utiliser cette maquette CIM a posteriori du projet et est-ce que vous en voyez des cas d'usage spécifiques ? Ou pas ? »

ANONYME 7A : « Bah à l'Agence, je ne pense pas qu'on s'en serve plus tard. À part si c'est peut-être pour vérifier des choses après chantier, je ne sais pas trop comment on peut faire, mais [...]. »

ANONYME 7B : « Ouais, éventuellement. Moi je pense qu'on va rester concentré sur le bâtiment, puisque c'est la mission qu'on a en fait, en bâtiment. Et en Urba, je ne sais pas s'il y a une sorte de service après-vente. »

ANONYME 7A : « Je n'arrivais pas à l'utiliser pour la conception, je ne pense pas qu'on puisse l'utiliser après. »

MIELNICZEK Alexandre : « Ok, on alors je me rends compte que j'ai raté une question, mais je vais revenir en arrière, ce n'est pas grave. En quoi le CIM pourrait participer à la durabilité et à la qualité des aménagements ? S'il y participe. »

ANONYME 7A : « Je pense qu'il pourrait y participer, mais je pense que c'est encore une question de langage. Les services techniques qui peuvent s'en emparer avec des futurs utilisateurs qui veulent [...], je ne sais pas, peut-être des futurs acquéreurs ? Des choses comme ça, mais moi, je vois ça d'un œil où je n'ai pas le langage, en fait. »

ANONYME 7B : « Il faut, je pense le voir plutôt comme un apport d'information supplémentaire. Ça ne va pas forcément créer un saut dans la qualité de ce qui sera réalisé et par contre, le fait de ne pas se tromper ou de moins se tromper en tout cas, est ce que c'est quantifiable jusqu'à aujourd'hui ? Je crois qu'on n'a pas vraiment de recul là-dessus pour savoir qu'un projet qui a été fait en CIM, la qualité est meilleure qu'un projet qui n'a pas été fait en CIM. En tout cas, il y a de meilleures informations, on est plus sûr de nous, on est plus juste. Et la conception est un peu plus facile puisque puisqu'on on voit les choses, on les voit. »

MIELNICZEK Alexandre : « Donc cette fois, c'était la dernière question, et maintenant plus des questions de positionnement, donc 4 questions en ce sens. Le travail selon un processus CIM a-t-il impacté le positionnement de votre métier dans votre organisation ? Dans votre agence ? »

ANONYME 7A : « Non, moi non. »

ANONYME 7B : « Alors moi je parlerai en tant que regard extérieur, hein ? Par rapport à l'Agence mais ça fait des années que je que je travaille avec l'Agence et on a mis en place tout un processus, le workflow BIM. Donc je vois en réalité, le CIM, ce que ça a créé de plus, on va dire dans les tâches, en termes de bâtiment, ça n'a rien changé, parce qu'on fait toujours les bâtiments correctement. Si ce qui a changé, c'est ce que les autres peuvent nous apporter, c'est à dire le VRD, les réseaux urbains, le paysage, ça c'est vraiment l'apport supplémentaire par rapport à ce qu'on fait, parce que si on n'a pas de CIM, en gros, nous on doit faire nous-mêmes la partie réseaux, voiries et paysage sur les autres projets. Là je parle vraiment des autres projets qu'on fait, hein, quand on n'a pas de CIM. Et donc du coup, avec le temps qu'on a, nous, on n'a pas de mission pour ça, donc on a un temps très limité, juste pour positionner certaines choses. Ce n'est pas du vrai CIM, c'est du CIM pour que le bâtiment se pose comme il le faut. Et le fait qu'il y ait un vrai projet CIM, ça nous dégage de ça. L'information qui est donnée, c'est une vraie information, ce n'est pas quelque chose qu'on bricole dans notre coin pour rendre une image d'archi. »

MIELNICZEK Alexandre : « D'accord, entendu alors le travail selon un processus CIM A-t-il affecté les interactions où votre positionnement avec les autres parties prenantes du projet ? »

ANONYME 7B : « Moi je répondrai oui. En fait, ça rejoint ce que ce qu'on vient de dire tout à l'heure. Le paysagiste, la plupart du temps il ne nous donne pas de maquette, donc là, le fait que ce soit fait, ça apporte beaucoup pour nous. »

MIELNICZEK Alexandre : « D'accord. OK oui. Ce sont des questions qui sont un peu liées, effectivement. OK super, alors question suivante.

MIELNICZEK Alexandre : « D'accord. OK oui. Ce sont des questions qui sont un peu liées, effectivement. OK super, alors question suivante. Là, vous êtes en quelle phase ? De projet, vous êtes-vous faites ? »

ANONYME 7A : « Ça dépend pour l'urba ou bâtiment ? »

MIELNICZEK Alexandre : « Oui, bâtiment on a on a interrogé certains de vos collaborateurs, donc on voit un peu plus mais en urbain vous en êtes où là ? »

ANONYME 7A : « Bah en urba du coup, il y a la livraison de la phase 1 qui est le long de toute la diagonale là, qui va être bientôt livrée dans le dans le mois qui arrive. »

MIELNICZEK Alexandre : « Vous faites un DOE ou quelque chose comme ça ? J'imagine.

ANONYME 7A : « Tout ça moi j'avoue, que je sais pas moi, je suis juste le fait que ça va être livré. Et que nous, on a une mission qui s'arrête on va dire à la validation des prototypes et puis après, c'est tout. Enfin, on est là pour voir des petits détails, mais c'est vraiment à la marge.

ANONYME 7B : « Je ne sais pas si c'est possible DOE Urba en fait. »

MIELNICZEK Alexandre : « Non c'est juste que moi je suis plus habitué au côté bâtiment, donc j'utilise les mêmes termes mais ça a peut-être aucune logique. »

ANONYME 7A : « Non nous on est juste là pour [...], on va dire qu'on fait de l'assistance à maîtrise des ouvrages. Là-dessus, on les accompagne aussi pour régler les petits problèmes. On travaillait main dans la main avec BASE là-dessus et on est là pour vérifier que les conformités on va dire avec les fiches de lots et tout ça. Et sinon, il y a une partie à 3 lots sur la phase 2, qui sont des permis de construire, qui ont été déposés. Et les prototypes de façade arrivent. Et on est en train de finir la conception de phase 3 donc avec 3 nouveaux lots et voilà. En fait, tout a été décalé, on est sur la conception EPC et travaux et du coup, il y en a certaines qui sont lancées et on peut imaginer ça en escalier, tout avance au fur et à mesure suivant son top de départ.

MIELNICZEK Alexandre : « Et alors, est-ce que vous avez vu des évolutions dans les interactions que vous avez et que vous aviez avec les différentes parties prenantes du projet, ou est-ce que ça elles sont restées les mêmes ? »

DEPRETRE Adeline : « Donc dans ce projet ci par rapport à d'autres projets, on ne parle pas forcément en CIM. »

ANONYME 7A : « Non, moi je n'ai pas vu de différences. »

ANONYME 7B : « Particulière moi, les différences, c'est ce que j'ai dit précédemment, c'est des informations qu'on a en plus en fait. Qu'on nous donne plus volontiers alors qu'avant, il fallait se battre pour les avoir. »

MIELNICZEK Alexandre : « Ok, alors je pense que la dernière question elle va être un peu [...], vos réponses vont être similaires mais je la pose. Selon vous, le CIM impact-il en termes de gestion des divers acteurs et constatez-vous des différences avec d'autres projets sans CIM ?

ANONYME 7A : « Je dirais oui, oui. Oui, il y a une une différence pour nous en tout cas Architectes sur le bâtiment, on préfère qu'il y ait un CIM.

MIELNICZEK Alexandre : « Ok, oui, d'accord. »

ANONYME 7A : « Et après, quelque chose de peut-être un peu plus bête, c'est qu'au final, on partage comme tu dis, on partage une maquette commune, on partage un projet commun et on n'est pas tout seul dans notre coin. On prend aussi conscience, effectivement encore plus sur ce projet où il y a une vingtaine de lots, on prend conscience aussi de ce qui se passe autour de nous et que on ne construit pas seul quoi. »

ANONYME 7B : « La présence des autres est importante puisque c'est vrai que les architectes, on a l'habitude de se concentrer sur notre parcelle et s'ouvrir un peu plus à quelques mètres au-delà de la parcelle [...]. Le fait d'avoir un CIM, nous pousse à regarder en fait plus loin et à prendre en compte la présence des autres intervenants dans le projet. »

ANONYME 7A : « Ne serait-ce que même dans une cohésion [...], presque une cohésion de l'équipe on va dire. »

ANONYME 7B : « Ouais, on se sent appartenir à un ensemble en fait, on est pas tout seul, isolé.

MIELNICZEK Alexandre : « Ok, intéressant. Alors quelques questions qui là, pour le coup, sont très orientées BIM parce que c'est le côté normes etc. Mais toutes les réponses sont les bienvenues. Pour vous, quelles sont les grandes caractéristiques normatives du CIM, s'il y en a ? »

ANONYME 7B : « En fait, c'est moi, je dirais pour l'avoir pratiqué, que c'est plutôt une question d'échelle, c'est-à-dire que les normes qu'on retrouve dans le BIM, se retrouvent finalement dans le CIM, mais à une autre échelle, c'est-à-dire qu'au lieu de parler des objets BIM, de murs de porte, on va plutôt parler de bâtiments, de trottoirs, de voiries. Mais finalement, on parle toujours d'objets. C'est donc en en termes de normes, on retrouve les mêmes choses. C'est à dire, qu'il faut savoir les positionner, il faut savoir nommer les objets, il faut se mettre d'accord sur la façon dont on les fabrique, sur la façon dont on collabore, de quelle façon on échange. Et dit comme ça en fait, on a l'impression de parler de BIM et c'est bien le CIM mais à une autre échelle.

MIELNICZEK Alexandre : « Et est-ce que vous voyez des normes en particulier qui sont employées dans le CIM ? »

DEPRETRE Adeline : « Pour ce CIM ci en particulier. »

MIELNICZEK Alexandre : « Oui, pour celui-là, oui. »

ANONYME 7B : « Une norme en particulier. Je fouille dans ma mémoire. Non, plutôt.

DEPRETRE Adeline : « C'est juste des normes, BIM traditionnelles ? »

ANONYME 7B : « Oui, oui, c'est de la codification d'objets. En fait, ça c'est les normes particulières qui avaient été utiles. »

MIELNICZEK Alexandre : « Alors justement sur la codification des objets, c'est la question suivante, pouvoir enchaîner. Est-ce que vous avez des obligations ou des protocoles internes concernant la nomenclature des objets que vous modélisez ? Dans vos modèles ? »

ANONYME 7B : « Alors interne ou relatifs à ce projet ? »

MIELNICZEK Alexandre : « Alors, c'est toujours relatif à ce projet, mais si vous avez des règles internes qui s'appliquent à ce projet ? »

ANONYME 7B : « Donc en fait, on a des règles, il y a un processus interne. Il y a un workflow, une charte et un processus interne qui s'applique quand on n'a pas de demande particulière qui viennent de l'extérieur par rapport à un projet. Donc sur ce projet là il y a une demande particulière puisque du coup on a un CIM et un BIM qui vient derrière et donc on doit-on doit utiliser ce qu'on a à l'agence en interne, adapté à ce qui ce qui est demandé. Donc du coup, par exemple, pour tout ce qui est nommage en BIM, je crois que là, on est resté encore sur notre processus interne. Après, sur ce qui est codification des objets, là, on a suivi ce qui était demandé. Et ensuite, en termes de positionnement, comme d'habitude, on utilise notre méthode habituelle, mais avec ce qui a été convenu dans la Convention aussi.

MIELNICZEK Alexandre : « Entendu, OK. Alors, dernière question sur cette partie structure norme. À votre échelle quelles données rassemblez-vous ou utilisez-vous dans le CIM ? »

DEPRETRE Adeline : « Mais que vous avez déjà répondu en partie. »

ANONYME 7B : « Oui, c'est qu'on aurait bien voulu pouvoir utiliser, mais qu'on n'a pas pu avoir justement par rapport aux CIM, c'est, par exemple, d'avoir la fiche de lots aussi. Ca, c'est quelque chose qui aurait été bien, parce que ça nous aurait permis au niveau de la conception de voir l'emprise des bâtiments qui avaient été mises en place par le projet urbain. De voir, en termes de programmation, si on était dans les clous et tout ça, donc ça, c'est quelque chose qui nous a un peu manqué et qui aurait bien été utile sur le CIM ensuite. Après ce qu'on a utilisé, c'est ce que j'ai déjà dit tout à l'heure, c'est ce que les autres ont mis comme informations dans la maquette. Et ça, ça nous a été utile.

MIELNICZEK Alexandre : « Ok. Alors on va passer à la partie perspective et donc les 7 dernières questions. Donc c'est des questions plus d'ouverture. Pensez-vous que la collaboration est plus présente dans le cadre d'un projet CIM ? »

ANONYME 7A : « Du coup, entre acteurs ou au sein du Bureau ? »

MIELNICZEK Alexandre : « Les deux. »

ANONYME 7A : « Dans les acteurs, effectivement, le fait que c'est plus simple d'avoir accès aux données et tout ça. Moi, je ne vais pas dire que j'aurais voulu, mais je n'ai pas pu. Et après, en Agence, ben oui en interne, on va dire qu'il y a quand même eu une légère amélioration dans la mesure où, comme par exemple, d'habitude, on n'a pas de maquette paysage. Le fait d'avoir une maquette paysage, sachant que nous en interne, on a des lots en architecture, on a deux lots d'architecture. Comment dire ? Ce n'est, les mêmes personnes sur les deux lots. Le fait qu'y ait un paysage où on a tout un socle qui rassemble ces 2 lots, et bien c'est une amélioration pour nous. Même si après on a d'autres projets comme ça, où on a plusieurs lots, et on s'occupe nous-mêmes de la partie paysage. Le

fait que ce soit, par exemple, le paysagiste qui fait le modèle, pour nous c'est quelque chose en plus, c'est quelque chose de positif.

MIELNICZEK Alexandre : « Alors. Pensez-vous que les CIM, enfin que le CIM là en question, il est complet ? Et alors vous aviez déjà un peu répondu à la question, mais quelles évolutions devraient-il intégrer par la suite ? D'un point de vue contenu des données ? Vous avez parlé de la fiche de lots mais [...]»

ANONYME 7B : « Oui, c'est ça, oui. La fiche de lots en fait. Moi je trouve que le CIM, il devrait idéalement démarrer au début de la conception urbaine. Je trouve que dès le début le projet urbain pourrait déjà commencer à partager sa vision avec une maquette que tout le monde peut comprendre en fait.

ANONYME 7B : « Oui donc, en fait, là si on pouvait faire un CIM encore plus en amont, ce serait mieux. Mais ce n'est pas si simple. Nous sur la partie [...], quand on arrive au niveau du bâtiment, on voit tous les avantages. Mais sur la partie avant la conception du bâtiment, il y a encore beaucoup de vides dans la maquette en fait. Et c'est des trous qui gagneraient à être améliorés au niveau du CIM. »

MIELNICZEK Alexandre : « Ok, super, alors question suivante. Pensez-vous que les CIM peuvent remplacer les outils ou les méthodes traditionnelles, ou ça sera toujours employé en supplément de ces méthodes traditionnelles ? »

ANONYME 7A : « En urba, c'est quasi sûr que ce sera toujours employé en supplément. Parce que nous on fait [...]. Enfin, à part quand on rentre vraiment dans des moments de faisabilité où on cale des volumétries et des surfaces, là ça serait bien d'avoir la maquette à ce moment-là. Mais dans notre conception, au moins en urba, on a besoin du dessin main. »

ANONYME 7B : « Alors là, du coup ça va être un avis personnel. Je trouve qu'on ne peut toujours pas se passer de la feuille et du crayon, du papier calque, peu importe les outils qu'on a. C'est toujours ce qui nous permet de libérer la conception. On a dernièrement commencé à expérimenter Space Maker, je ne sais pas si vous connaissez. Et donc, lui il prévoit des algorithmes pour la conception. Et en fin de compte, même si ça a l'air très sympa, ça n'a pas l'air [...]. C'est sympa sur le papier, mais quand on comprend vraiment comment ça fonctionne, ça ne passe pas. »

ANONYME 7A : « Comme ça, on a essayé de faire des tests et de faire rentrer nos besoins urbains dedans et il y a quelque chose en fait, dès qu'on commence à rentrer dans le détail, enfin, quand on parlait de geste architectural ou de choses comme ça. Quand on commence à rentrer dans le détail des choses qui sont, mesurées, mesurables, quantifiables, en fait on rentre trop dans le détail. On s'attarde sur des points sur lesquels, dans la conception, parfois au tout début, il ne faut pas s'attarder. Voilà, c'est comme si [...], enfin moi je prends toujours exemple du gros surligneur. Au début, on commence à dessiner au surligneur et après on commence à affiner les traits et dans les parties de conception, et d'autant plus en urbain, au final parfois on fait des patates. Enfin voilà, on organise les formes, on organise des choses. Et parfois, rentrer trop dans le détail nous perd aussi dans la conception. Disons que c'est complémentaire à après le CIM arrive. »

ANONYME 7B : « Oui, c'est presque un outil de précision, alors qu'au début il faut y aller à la masse. Et je pense qu'on n'est pas encore [...], on n'a pas encore trouvé l'outil qui remplace. Voilà qui permet

de transposer la créativité humaine sur quelque chose de numérique. On n'a pas encore [...], en tout cas urbain, en archi, en réalité, on a encore ce blocage là aussi. Je vois, par rapport aux architectes, dans la conception sur Revit, il y a un moment où ça dérange, parce que ça bloque. Il faut vraiment repasser sur la feuille de papier. »

ANONYME 7A : « Sur le crayon, une sorte d'aller-retour à faire. »

MIELNICZEK Alexandre : « Oui, alors ça je pense que cette question-là, ça mériterait un sujet d'étude complet. Mais OK. »

ANONYME 7A : « C'est ça, c'est du cerveau à l'ordinateur, ce n'est pas non plus si évident que ça. »

MIELNICZEK Alexandre : « Mais du coup je vais passer à la question suivante, mais ça répond quand même. Selon vous, les CIM vont-ils s'imposer dans la fabrique urbaine de demain et recommanderiez-vous cette pratique ?

ANONYME 7A : « Bah du coup avec ce qu'on vient de répondre, non, ça ne peut pas s'imposer. Par contre, aller en complémentarité, oui. »

MIELNICZEK Alexandre : « Ok, très bien. »

ANONYME 7A : « Mais par contre c'est pareil, supposons on fait du CIM, je ne sais pas, dans des milieux ruraux, des plus petites communes, des maîtrises d'ouvrages qui ne sont pas forcément, donc hors contexte parisien, habitués à des gros projets. C'est aussi une question de langage, de formation, de traduction. Enfin voilà, il faut que les acteurs soient tous formés pour pouvoir l'utiliser correctement. »

ANONYME 7B : « Et un véritable facteur humain, dans le dans le CIM, en fait, il ne suffit pas juste de le vouloir. Il faut vraiment que tout le monde le veuille et que tout le monde le fasse. »

ANONYME 7A : « Au final, parfois, je sais qu'on peut trouver une entreprise qui va juste imprimer son plan papier, qui va le coller au mur et puis voilà. Ils ne se préoccupe pas de savoir si, sur le chantier, il va sortir sa maquette aussi. Mais enfin voilà, il faut voir aussi comment ça sert à la conception et est-ce que ça va plus loin ? Après, pendant le chantier, je ne vois pas, l'usage qu'on peut en avoir en chantier. Enfin, on passe du cerveau au quantifiable. Puis après, on repasse du quantifiable à l'humain qui va construire avec ses mains donc il y a encore un nouveau langage à faire. Enfin, une nouvelle traduction à faire.

ANONYME 7B : « Et ça reprend les mêmes problématiques que le BIM du coup, c'est la même chose. »

MIELNICZEK Alexandre : « Ok. Alors, on a parlé pas mal du fait que ça bloquait certains processus créatifs. Mais quelle limite vous voyez au CIM en termes de droit d'infrastructure digitale ou de quantité de données ? Ou autre ? »

DEPRETRE Adeline : « Ou pratique ? »

MIELNICZEK Alexandre : « Ou pratique, oui. »

ANONYME 7A : « Je ne sais pas trop. »

ANONYME 7B : « Je peux répondre sur la partie [...]. Finalement, ça rejoint d'autres sujets sur le BIM de propriété intellectuelle par exemple. On a toujours des difficultés à savoir à partir de quel moment le projet appartient à celui qui l'a conçu. Donc ça, c'est des limites qu'il faut distinguer dans des conventions ou dans des chartes ? Ensuite, on a toujours des difficultés, comme dans toutes les missions relatives à la création architecturale ou urbaine. Donc se dire où on s'arrête parce que, comme avec le numérique, on rentre dans l'infini, on peut aller très loin. Trop loin, beaucoup trop loin. Alors que par exemple quand on rendait une planche A0, on savait qu'on s'arrêtait à la planche à 0 et puis c'est tout. Alors que le numérique nous permet d'entrer dans des dimensions très [...], très profondes et donc là encore c'est une difficulté qui faut réussir à charter. En tout cas, il faut réussir à arrêter le processus à un moment donné, dire moi je ne vais pas plus que ça, et on est tous d'accord que moi, je ne vais pas plus loin que ça.

ANONYME 7A : « Oui, moi j'utilise pas du tout quotidiennement. Mais voilà, tous ces logiciels, on paramètre tout, parfois je ne sais pas à quel point c'est utile de tout paramétrer. On veut toujours faire un truc parfaitement, on veut tous faire des choses parfaites, tout paramétrer et tout, tout calculer. Et en fait, on passe un peu plus de temps à faire ça pour parfois un usage qui n'est pas là. »

ANONYME 7B : « Il y a des pièges dans les détails qu'on retrouve nous parfois sur certains de nos projets. Du coup je vais parler de BIM, mais par exemple on devait rendre des bâtiments, donc c'est assez gros. L'ensemble des bâtiments avec une certaine matérialité dessus, donc jusque-là ça allait, mais quand le maître d'ouvrage a récupéré ça, il a commencé à vouloir savoir le calpinage des briques, alors que c'est quelque chose qui était pas du tout prévu sur une maquette numérique. Donc normalement, nous on fait une élévation et on calepine la brique si on a besoin, mais on ne va pas calpiner sur toutes les façades de tous les bâtiments. Et donc c'est quelque chose qui tout d'un coup est évident pour la personne qui reçoit de dire : « Ah tiens ce n'est pas calculé sur le petit bout de mur qui est là-bas », alors que c'est quelque chose que qu'on ne regarde pas. »

ANONYME 7A : « C'est à la limite de l'humain et de la machine. »

ANONYME 7B : « Donc c'est très difficile, mais il faut vraiment réussir à mettre des contours, il faut mettre du bon sens. »

MIELNICZEK Alexandre : « Ok. Alors deux dernières questions qui sont orientées sur des sujets open data qu'on a traité plus haut. Est-ce que vous comptez lier la maquette CIM ou ce que vous avez produit à une plateforme SIG ou à un organisme de type public, type IGN ? »

ANONYME 7B : « Ce n'est pas du tout prévu. »

ANONYME 7A : « Je pense pas. Au pire une route avec un contour limité. C'est le seul truc qui serait accepté.

ANONYME 7B : « Après, vu que les maquettes se baladent, qu'on a plus la possibilité de mettre la main dessus comme c'est numérique[...].

MIELNICZEK Alexandre : « Oui, c'est vraiment ce que vous vous avez prévu. »

ANONYME 7A : « C'est pas prévu et je ne suis même pas sûr que ça soit souhaité en soit ou souhaitable. »

ANONYME 7B : Après, j'imagine que peut-être la ville, un peu à l'instar de Singapour, aurait un intérêt à récupérer des maquettes et puis faire quelque chose de partageable.

ANONYME 7A : « Façon c'est partagé sur Google Maps non. »

MIELNICZEK Alexandre : « Et alors, dernière question, qui est un peu la même veine. Mais est-ce que vous comptez réinjecter des données pour le coup sur des portails open data ?

DEPRETRE Adeline : « Même des données spécialisées ou particulières. »

ANONYME 7B : « Non, c'est vrai qu'on n'a pas [...], on ne participe pas beaucoup à la formation globale, mais c'est pas quelque chose qui sont dans nos objectifs en fait. Et puis ça me paraît compliqué en réalité, parce que les informations qu'on a, elles sont très détaillées et il faudrait qu'on ait une plateforme globale, parce qu'il faudrait simplifier en fait l'information qu'on a pour aller sur une plateforme globale, qui peut [...], comme openstreetmap par exemple. Si on voulait mettre notre truc dessus, il faudrait qu'on sache simplifier et donc la transformation elle-même est compliquée. »

DEPRETRE Adeline : « Moi, je voudrais juste revenir sur une question que t'as passé Alexandre. C'était une question qui vous concerne beaucoup les urbanistes où finalement, est-ce que vous pensez que le CIM pourrait devenir un outil d'analyse urbaine plus général ? Donc je suppose que vous faites quand même différentes analyses pour choisir tout simplement le meilleur projet, on va dire ça comme ça, au niveau urbain. Mais du coup, est-ce que vous pensez que ça pourrait un jour, donc si vous aviez la formation et si vous aviez accès, avoir un réel potentiel pour ce genre d'analyses ?

ANONYME 7A : « Ah oui, c'est sûr. Enfin, c'est sûr qu'avoir [...], mais même nous, on se sert aussi des open sources. Ne serait-ce que pour calculer des densités, comprendre des coefficients de pleine terre, des choses comme ça. Même sur le, par exemple, le projet de Châtenay qui est assez grand, on en a besoin de, parfois, de sortir le nouveau ratio de pleine terre. Effectivement, on aurait ces choses qui se réalisent dans notre limite d'échelle, sans les détails dont on n'a pas besoin, oui, ça serait bien de l'avoir et ça serait un outil qui irait beaucoup plus vite. Et même si on pouvait l'avoir à grande échelle, ça nous arrive très souvent, de comparer certaines villes avec des pleins des vides et des densités. Et si on pouvait comparer ces éléments-là, oui, alors on le ferait. On le fait actuellement mais parce qu'on voyage, on va à des endroits, ça sera toujours un peu du bidouillage parce que c'est des données qui sont [...]enfin voilà. C'est toujours des ordres de grandeur, donc c'est rarement loin de la précision au millimètre près. Mais oui, ce serait beaucoup plus simple si avec un outil on pouvait sélectionner une zone et savoir la densité sur cette zone. Ça serait pratique, mais il faudrait savoir l'utiliser. »

MIELNICZEK Alexandre : « Ben là, je pense que c'est bon. On a posé toutes les questions. »

ANONYME 7B : « Je reviens un peu sur le sujet. Il faudrait peut-être une sorte de norme pour qu'on puisse traiter par exemple, différentes villes de la même façon. Parce que si on prend projet par projet, les normes ne sont pas les mêmes. Donc ce serait assez difficilement comparable en fait de récupérer le CIM fait à gauche et le CIM fait à droite. Comparer les 2 et essayer de faire une analyse, ça risque d'être compliqué.

ANONYME 7A : « Même type que le Geoportail par exemple. Tous les bâtiments sont faits pareil, c'est toujours la même légende, toujours les mêmes traits et c'est une carte IGN qui utilise tout le temps les

mêmes légendes. Où il y a un niveau de détail qui est toujours le même et on sait ce qu'on va chercher sur tel calque. »

ANONYME 7B : « Il faut sûrement normer les choses pour qu'à un moment donné on puisse récupérer une substance qui est comparable. »

ANONYME 7A : « Après le SIG, le fait quand même pas mal. Enfin, sur QGis, ils ont quand même beaucoup de données aussi, déjà chiffrées, quantifiées etc.

ANONYME 7A : « Mais justement, est-ce que le CIM participe ?

MIELNICZEK Alexandre : « C'est des questions qu'on se pose également. »

ANONYME 7A : « Mais je pense que c'est une question d'échelle ou de détails. »

ANONYME 7B : « Ou de normes. »

DEPRETRE Adeline : « C'est clairement des questionnements qui animent nos recherches, on ne va pas y répondre peut-être, mais on essaye de contribuer à la réponse. »

ENTRETIEN ANONYMISÉ 8 – ARCHITECTE, 15 JUIN 2022

DEPRETRE Adeline : « Alors tout d'abord, quelle est votre profession et dans quel cadre est-ce que vous employez les CIM, ou êtes-vous confronté au CIM ? »

ANONYME 8 : « Alors bah moi je travaille sur le projet de Châtenay depuis un an et demi. Moi, c'est la première fois que je faisais réellement un projet en BIM. Enfin, disons sur une aussi longue durée. Après, c'est vrai que l'aspect CIM ou BIM n'a pas été entièrement intégré au projet. Alors qu'initialement c'était quelque chose [...]. Enfin, c'était un processus qui devait vraiment se passer comme ça et finalement, moi je suis arrivée sur le projet et on n'a pas du tout été informé. Enfin, il y avait une charte CIM et BIM qui avait été rédigée et qui se trouve dans notre dossier, hein, dans nos affaires, mais auquel on s'est pas du tout référé parce que le projet ne s'est pas déroulé de cette manière. Alors après, je ne sais pas si je vais être capable de vous dire pourquoi, mais en tout cas, il n'y a pas eu du tout d'interaction avec les autres intervenants de cette manière-là quoi. »

DEPRETRE Adeline : « Oui, si vous peut être donné des éléments de réponses à d'autres questions, mais ce n'est pas grave, on vous les posera quand même pour le processus de l'entretien. Mais enfin, voilà, ok du coup. »

MIELNICZEK Alexandre : « Pour le déroulé global, oui. »

DEPRETRE Adeline : « Est-ce que vous avez fait appel à des experts spécifiques, type Assistance à Maîtrise d'Ouvrage (AMO) ou même des consultants pour ce projet. Si vous ne savez pas, vous pouvez aussi le dire. »

ANONYME 8 : « Alors de notre côté, nous on est atelier d'architecture donc on est en marché privé. Donc on n'a pas de contrat direct avec les autres intervenants de la maîtrise d'œuvre. Après oui, c'est un projet sur lequel on a fait de la sous-traitance. Mais après non, on n'a pas fait vraiment appel à [...]. Enfin, disons que sur le sujet du BIM, etc., on n'a pas fait appel à d'autres intervenants qui travaillent sur ce sujet. »

DEPRETRE Adeline : « OK. Quels ont été les éléments et les besoins qui ont été transmis par la maîtrise d'ouvrage, donc à votre bureau, en phase de concours ? Du coup, vous n'étiez pas là, mais est-ce que vous savez s'il y a des éléments qui ont été apportés et demandés ? »

ANONYME 8 : « Pas tout début donc ce n'était pas vraiment la phase concours. Du coup c'était plutôt une phase d'esquisse, qui a débuté il y a il y a très longtemps ce projet. Notre lot, il fait partie de la phase 2, mais ça fait depuis 2018 qu'il a été commencé. Il y a eu beaucoup de changements, notamment sur un bâtiment qui a été recommencé depuis le début. Et après les documents de base qui ont été donnés par la maîtrise d'ouvrage. Peut-être que c'étaient un peu des documents fondamentaux, parce qu'il y a un architecte urbaniste coordinateur de ZAC. Donc j'imagine que oui, les premiers documents c'était, je pense, la fiche de lots. Et puis le carnet, le CPAUP aussi, qui donnait pas mal de prescriptions.

DEPRETRE Adeline : « Quelles ont été les données d'entrée pour la planification et est-ce que certaines étaient en open data ? »

ANONYME 8 : « Au début, vous voulez dire du projet ? »

MIELNICZEK Alexandre : « Dans les phases amont. Mais après, vu que c'est un marché privé, si je ne dis pas de bêtises, il y a eu une phase concours ? Ou vous avez été sélectionné d'emblée au début ? »

ANONYME 8 : « Non, il n'y a pas eu de concours donc. »

DEPRETRE Adeline : « Ok. Quelles étaient les motivations de développer un CIM pour ce quartier ? Donc évidemment, il y a la demande de la SEMOP. Mais est-ce que pour vous, il y avait aussi de votre côté une certaine motivation pour faire ce projet en CIM. »

ANONYME 8 : Bah nous je pense que, enfin en tout cas à l'Agence, c'est un critère qui convenait bien à l'Agence parce que nous, on travaille beaucoup en BIM et sur Revit à l'Agence. Alors après, il y a différentes classifications et de manière de travailler en BIM parce que finalement là, nous on n'a pas du tout travaillé en partenariat avec les autres intervenants. Qui devait être en BIM 2 et finalement qui est resté en BIM. Enfin, nous, on s'est servi du BIM très vite juste pour monter notre projet. Mais donc ça, c'était un petit peu dommage. Mais en tout cas, l'Agence, oui, elle est amenée à travailler sur pas mal de projets en CIM. Donc c'est une méthode de travail qui nous convient bien et qui permet d'avoir des échanges plus fluides, une marge d'erreur moins grande, puis d'avoir une bonne communication. »

DEPRETRE Adeline : « Ok, là on va passer à des questions plutôt de définition. Donc encore une fois, n'hésitez pas si vous ne vous sentez pas concerné. Alors quelle définition donneriez-vous d'un CIM à quelqu'un qui ne connaît pas ses modèles ? »

ANONYME 8 : « C'est une très bonne question. Je dirais que c'est à avant tout un processus de partage d'informations à l'échelle d'un quartier. »

DEPRETRE Adeline : « Ok, pas de soucis. Est-ce que vous connaissez donc les CIM, les SIG, d'autres maquettes numériques ou même les jumeaux numériques ? Et si oui, est-ce que vous voyez des différences entre eux ? »

ANONYME 8 : « Alors, je ne peux pas du tout vous répondre. Non, je ne suis pas assez [...] »

DEPRETRE Adeline : « Pas de souci. Est-ce que vous avez déjà mis en évidence quelles caractéristiques techniques comportait un CIM finalement ? »

ANONYME 8 : « Donc qu'il est fait de plusieurs maquettes de plusieurs types. Des maquettes de bâtiments, des Maquettes VRD, des paysages. Donc c'est une espèce de compilation de toutes ces données-là. Après c'est vrai que j'ai du mal à appréhender physiquement à ce que ça pourrait ressembler. »

DEPRETRE Adeline : « Est-ce que vous avez accès à la maquette globale CIM ? »

ANONYME 8 : « Non pas du tout. »

DEPRETRE Adeline : « Selon vous, quels sont les éléments qui sont indispensables ou nécessaires pour la construction d'un CIM ? »

ANONYME 8 : « Je pense que la base c'est le site en tant que tel, donc une maquette, une maquette de site, une maquette de l'espace public et du VRD. Et puis , viennent à ça s'ajouter peut-être les maquettes de chaque lot.

DEPRETRE Adeline : « Alors là, on va passer à des questions plutôt d'usage. Donc est-ce que vous pensez que le CIM impacte votre métier, pourquoi et comment ? »

ANONYME 8 : « Ah oui, c'est sûr que ça impacte la manière de fonctionner, je pense. Nous, au sein de notre agence en l'occurrence, ce n'est pas vraiment le cas, parce qu'on n'a jamais envoyé quoi que ce soit à la maîtrise d'ouvrage du manager. Mais j'imagine que sur d'autres projets, c'est quand même assez lourd ce fonctionnement. Parce que bon, on doit respecter de certaines échéances pour l'envoi de maquettes, et cetera. Et puis il y a tout un toute une charte à respecter donc. Et il faut purger les maquettes, faire une certaine classification qu'il faut respecter. Donc c'est assez [...]. Enfin, une méthodologie vraiment à mettre en place avec l'équipe de l'Agence, pour respecter toutes ces données-là. Voilà, je pense. »

DEPRETRE Adeline : « Vous disiez que vous ne transférez pas vos maquettes, est-ce que c'est actuellement ou enfin est-ce que ça va se faire par la suite ? »

ANONYME 8 : « En fait, c'est vrai que nous la maîtrise d'ouvrage, on nous demandait de faire des exports sketchup de notre maquette réduite. Il n'y a vraiment pas eu cette coordination-là de CIM et par contre je crois que moi, un jour on m'a demandé quand même de faire un extrait de notre maquette de notre flow justement. Le recollement global de la phase 2 de la ZAC de Châtenay. Il me semble que je l'avais envoyé, elle était géoréférencée, mais on n'a jamais eu de retour ou de vision globale de l'ensemble. »

DEPRETRE Adeline : « Est-ce qu'au niveau des métiers, de nouveaux métiers se sont créés dans votre secteur ou dans votre organisation ? Avec le processus CIM en fait ou pas ? Ou par rapport à avant c'est la même chose, c'est les mêmes gens, c'est les mêmes compétences, c'est les mêmes [...].

ANONYME 8 : « Ben c'est un peu compliqué de vous répondre parce que je n'ai pas non plus beaucoup d'expérience. Mais en tout cas oui, nous, en interne c'est sûr qu'on a quand même une équipe spécialisée. Donc dans le BIM et le CIM, mais donc on a un véritable support sur ces questions-là. Donc oui on peut dire qu'il y a de nouveaux métiers. »

DEPRETRE Adeline : « Oui, OK. Alors quels outils est-ce que vous avez employés dans le projet ? »

ANONYME 8 : « C'est Revit oui. Et des plugins. Mais il y a que Revit. »

DEPRETRE Adeline : « Ok et par rapport à votre pratique habituelle, est-ce que les outils ont changés ou vous utilisez aussi Revit habituellement ? »

ANONYME 8 : « Non, on travaille beaucoup sur Revit. Parfois y a des projets qui ne se font pas en BIM et qui se font sur d'autres logiciels. Mais c'est rare. »

DEPRETRE Adeline : « Ok. Selon vous, est-ce qu'une maquette globale comme devrait l'être le CIM permet de superposer et de mettre en relation différentes strates des systèmes urbains ? Donc autant du point de vue économique et activité, transports, environnemental. Est-ce que vous pensez qu'à terme, ou si c'est déjà le cas, que ça soit possible de visualiser tout ça dans une même maquette. »

ANONYME 8 : « Question difficile à répondre. Parce que c'est possible de visualiser. Oui, je pense que c'est possible de visualiser un certain nombre de données et de flux. Après, c'est vrai qu'il y a peut-être [...]. Vraiment, personnellement, je pense que c'est peut-être très facile de recoller un certain nombre de choses. Je ne sais pas, les flux, les transports, les, les usages, le paysage, l'environnement, et cetera. Sur une même maquette. Après, c'est vrai que chaque chose évolue et est-ce que ces maquettes-là peuvent le retranscrire ? La dimension temporelle en fait des choses, je me demande. »

DEPRETRE Adeline : « Dans le cadre de la conception des espaces, qu'est-ce qu'apporte en CIM par rapport aux méthodes traditionnelles ou aux outils traditionnellement employés durant les différentes phases ? »

ANONYME 8 : « Là, c'est vrai que ça apporte de nouveaux types d'échanges, une certaine coordination entre les choses, entre tous les intervenants, toutes les maquettes possibles. Pour que tout fonctionne quoi, que tout s'emboîte. Et puis c'est surtout aussi pour que chacun ait des informations des autres. Parce que c'est vrai que nous, par exemple, c'est ce qui nous a un petit peu manqué quoi. Tout ce qui était à bord de lots et de l'espace public, et cetera, c'est des informations qui nous ont un peu manqué pendant le déroulement du projet. Et qu'on a eu du mal un petit peu à appréhender [...]. En tout cas, à avoir des documents vraiment précis. Et puis encore une fois, bah c'était des documents en 2D. Enfin des plans que nous on a pu intégrer notre dans notre maquette à nous. Mais c'est vrai qu'avoir des choses un peu plus en 3 dimensions, et cetera, de la topographie, ça aurait été vraiment utile, je pense. »

DEPRETRE Adeline : « Est-ce que vous pensez que le CIM pourrait participer ou contribuer à plus de durabilité ou de qualité dans les aménagements ? Une meilleure conception en quelque sorte. »

ANONYME 8 : « Oui, je pense que ça permettrait de mieux répondre aux enjeux. »

DEPRETRE Adeline : « Comment est-ce que vous pensez concrètement, utiliser le CIM ou est-ce que vous allez avoir des usages de ce CIM par la suite ? »

ANONYME 8 : « À propos de Châtenay, franchement je ne sais pas trop quoi vous répondre parce qu'on n'a pas eu de retour. Je ne peux pas trop vous dire si ça va nous aider, je ne pense pas du coup. »

DEPRETRE Adeline : « D'accord. Et est-ce selon vous, le CIM peut devenir un vrai outil ou support pour réaliser des analyses urbaines de différents types comme des analyses du cycle de vie, de l'intensité urbaine des différentes analyses dans ce genre-là ? »

ANONYME 8 : « Bah oui, je pense que oui. J'espère même que ça le deviendra. »

DEPRETRE Adeline : « Au niveau de votre positionnement, le travail selon un processus CIM a impacté votre position à vous, dans votre organisation ou pas, par rapport à d'autres projets ? »

ANONYME 8 : « Je dirais que non. ».

DEPRETRE Adeline : « Et votre position par rapport aux autres acteurs ? »

ANONYME 8 : « Pas non plus. Les relations sont les mêmes, les problèmes sont les mêmes. »

ANONYME 8 : « Disons que, comme je vous l'ai dit, nous auprès des autres intervenants on exportait des plans dwg à partir de notre maquette revit pour les projeter. Il y a simplement le travail du paysagiste qu'on a pu intégrer à notre maquette directement. Mais sinon, ce n'était pas toujours très cohérent dans nos échanges. ».

DEPRETRE Adeline : « Selon vous, est-ce qu'il y aura potentiellement des évolutions dans les interactions et les relations que vous avez avec les autres parties prenantes du projet durant les prochaines phases ou vous pensez qu'il n'y aura pas d'évolution ? »

ANONYME 8 : « À la prochaine phase, nous, c'est le chantier. »

DEPRETRE Adeline : « Du coup, on va passer à la question suivante. Est-ce que selon vous, le CIM impacte la gestion des différents acteurs ou la coordination des différents acteurs ? Est-ce que vous constatez des différences par rapport à des projets traditionnels ou pas ? D'autres projets ou d'autres projets ? »

DEPRETRE Adeline : « Ici, on va passer à quelques petites questions plutôt au niveau de la structure du CIM et des normes. Pour vous, quelles sont les grandes caractéristiques normatives ? Si vous en avez une idée. »

ANONYME 8 : « Il faudrait demander à notre équipe BIM Manager, mais je pense que le géoréférencement du projet est une donnée de base à respecter dès le début. Après, au niveau des normes, et cetera. Je ne sais pas. »

DEPRETRE Adeline : « Est-ce que vous avez des obligations ou des protocoles de nomenclature, d'objets ou autre dans votre organisation ou à la suite de ce projet ou déjà avant ? »

ANONYME 8 : « C'est-à-dire que là, dans ce projet précis normalement, j'imagine qu'il y a un vrai protocole par rapport à la maîtrise d'ouvrage. Donc un vrai protocole, qui sert à extraire des données, et cetera. Nous, comme on n'a jamais vraiment diffusé notre maquette, on a vraiment travaillé avec la méthode avec laquelle on travaillait sur plein d'autres projets. »

DEPRETRE Adeline : « Comme à votre agence. »

ANONYME 8 : « Oui donc on a vraiment plutôt appliqué notre méthode qu'on fait habituellement à l'Agence. »

DEPRETRE Adeline : « Ok et à votre échelle, quelles sont les données du coup que vous rassemblez dans le CIM. Vous n'en utilisez pas vu que vous n'avez pas accès au site apparemment. Mais peut-être

qu'il y a quand même d'autres données sur lesquelles vous vous appuyez, qui viennent d'autres personnes, enfin d'autres intervenants ? Donc, quelles données vous apportez en fait, et est-ce que vous appuyez pour votre travail sur des données fournies par d'autres intervenants.

ANONYME 8 : « C'est vrai que nous, par exemple, on avait reçu des plans d'espaces publics. Après, comme nous, c'est un lot qui est vraiment en lisière de ZAC, on avait une interaction aussi avec tout le tramway qui se fait avenue de la division Leclerc, donc au sud du quartier. C'était plutôt des éléments qui étaient donnés par la ville en fait. Après, c'est vrai que nous, avec l'avancement du projet, il y a par exemple, des cotes d'accès qu'on a un petit peu modulé tout en essayant de s'adapter au mieux à ce que nous avait transmis. Et c'est vrai que par la suite, on a un peu retransmis ces données.

DEPRETRE Adeline : « Là, on va passer aux sept dernières questions qui concernent plutôt les perspectives. Donc est-ce que vous pensez que la collaboration elle est davantage présente dans ce genre de projet avec un processus CIM, une méthode CIM ?

ANONYME 8 : « J'imagine que oui, mais c'est vrai que dans le cas de ce projet-ci ça n'a pas trop été le cas. »

DEPRETRE Adeline : « Ok. Est-ce que vous pensez que la maquette CIM elle est complète, ou est-ce qu'il manque des choses ? Dans votre cas vous dites ne pas avoir eu le CIM, mais alors votre maquette, comment vous pourriez la compléter ? Puisque vous parliez d'un projet, que vous faisiez en processus BIM plus poussé. Qu'est-ce qui pourrait être ajouté par la suite pour qu'il soit vraiment en BIM ? »

ANONYME 8 : « Je pense que si on avait été vraiment en CIM on aurait vraiment eu un travail de raccordement entre le lot et les espaces publics. Au niveau, des matériaux employés pour les sols par exemple. Et puis, pour tout ce qui est nivellement, pour avoir vraiment un raccordement parfait. Avoir vraiment, peut-être des cotes un peu plus précises de nivellement. Parce qu'on a aussi des espaces végétalisés extérieurs.

DEPRETRE Adeline : « D'accord. Est-ce que pour vous ce processus CIM, cette manière de faire, va s'imposer dans les projets et dans la fabrique urbaine en général future ? Et finalement ce que vous recommandez cette pratique ou pas forcément ? »

ANONYME 8 : « Ah oui, moi je pense que dans des projets de logement à grande échelle comme celui-ci, je pense que c'est bien d'avoir cette pratique-là. Même si nous, du coup, on a pas vraiment eu de retour sur ça. Mais au moins pouvoir appréhender un peu son lot vraiment avec l'ensemble à l'échelle du quartier, je pense que ce soit vraiment important quoi. Même si c'est le rôle de l'architecte urbaniste, coordinateur de ZAC. J'imagine qu'il a vraiment cette vision d'ensemble, qu'il est hyper vigilant sur ce point-là. Mais après, c'est vrai que nous, on aurait bien aimé avoir une vision de l'ensemble de tout.

DEPRETRE Adeline : « Ok. Est-ce que vous pensez que les CIM peuvent remplacer les méthodes actuelles ou ça sera toujours utilisé en supplément des outils utilisés aujourd'hui. Vous pensez qu'il pourrait se suffire à lui-même ?

ANONYME 8 : « Je pense que c'est vraiment [...], ça dépend vraiment de l'échelle du projet. »

DEPRETRE Adeline : « Est-ce que vous avez pointé des limites du CIM, que ça soit donc à votre niveau, peut-être le manque de partage, le manque de retour ou en termes de droits de propriété ou de quantité de données ? Est-ce que vous avez pu relever des limites ? »

ANONYME 8 : « Dans notre cas, non, on n'a pas relevé de limites. Après, c'est vrai qu'il faut être vigilant. Enfin, comme c'est des maquettes qui sont rassemblées ensuite, je pense qu'il faut être vigilant justement à ne pas laisser les choses qu'on n'aimerait pas laisser dans notre maquette. »

DEPRETRE Adeline : « Comme exemple, vous avez quelque chose que vous n'aimeriez pas laisser dans votre maquette, justement ? »

ANONYME 8 : « Il y a toujours des choses cachées. Dans chaque recoin, dont les familles. Après, je pense que ce ne serait pas des choses confidentielles. Mais oui, en tout cas, il faut être vigilant à ça. »

DEPRETRE Adeline : « Ok, alors ici les deux dernières questions. Vous n'allez peut-être pas savoir nous répondre, mais je vais quand même vous les poser. Est-ce que vous comptez par la suite peut-être lier le projet que vous avez fait ici de Châtenay à des plateformes ? Donc je ne sais pas, je veux parler de SIG, mais vous ne saviez pas ce que c'était ou à un organisme public que genre IGN ou pas ? »

ANONYME 8 : « Nous, on n'est pas vraiment bien placé pour répondre à cette question, parce qu'on est architecte juste d'un ou plusieurs bâtiments. J'imagine que les responsables, enfin la Maîtrise d'ouvrage, Eiffage aménagement et la SEMOP, etc. vont transmettre ces données-là à des instances publiques pour mettre à jour leur base de données. »

DEPRETRE Adeline : « Mais vous, à votre échelle, vous n'allez pas le faire ? »

ANONYME 8 : « À notre échelle, nous non, on n'a pas entendu parler de ça, ça ne nous concerne pas vraiment quoi. »

DEPRETRE Adeline : « Ok d'accord. L'entretien est terminé, merci. »

ENTRETIEN ANONYMISÉ 9 – RESPONSABLE TECHNIQUE, 8 AOUT 2022

ANONYME 9 : « Parfait. Eh bien, écoutez, on peut commencer avec plaisir. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK super, donc dans cette interview il y a une trentaine de questions. Généralement, il y en a pour une demi-heure à une heure, ça dépend s'il y a des choses où vous n'êtes pas concerné. Si vous ne savez pas, il ne faut vraiment pas hésiter à nous dire "je ne sais pas., je ne suis pas concerné". Voilà, donc première question qui est une question sur les données personnelles et du coup quelle est votre profession ? Et dans quel cadre employez-vous ou êtes-vous confrontés au CIM ? »

ANONYME 9 : « Alors, je ne me suis pas présenté effectivement, donc je suis maître d'ouvrage. On intervient sur la construction du siège du lot au sud-est de la ZACC. Ma fonction elle est transverse, en direction de programmes immobiliers de la Genèse et jusqu'à la fin de l'exécution. Donc j'interviens depuis la phase de conception du projet, ce n'est pas toujours le cas avec les autres promoteurs immobiliers qui sont côté immeuble de logement donc. Donc depuis la phase conception/appel d'offres jusqu'à l'exécution. En quoi je suis confronté au CIM ? Bon déjà, on doit intégrer le BIM dans nos cahiers des charges, qui sont donnés à la fois au Bureau d'études dans un premier temps, puis aux entreprises générales. On doit intégrer la notion de CIM dans nos cahiers des charges qui sont émanant du cahier des charges de l'aménageur. Et ensuite mon rôle, c'est de superviser, de suivre que tout est bien mis en place en exécution jusqu'à l'exploitation. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK, très bien. Alors quelques questions d'introduction. Vous, nous l'avez dit, vous êtes plutôt côté maîtrise d'ouvrage. Donc il y a des questions qui sont enfin qui sont contextualisées en fonction justement de maîtrise d'ouvrage ou maîtrise d'œuvre. Donc une question à destination de la maîtrise d'ouvrage, quels ont été pour vous les éléments déclencheurs à la planification de l'écoquartier de la vallée ? Si vous en envoyez. »

ANONYME 9 : « Alors, déclencheur [...]. »

MIELNICZEK Alexandre : « Oui, alors peut-être que pour vous, vous êtes côté maîtrise d'ouvrage, mais pas à cette échelle du projet. »

ANONYME 9 : « Quels éléments ont initié la création ? »

MIELNICZEK Alexandre : « Oui, si vous les connaissez. »

ANONYME 9 : « C'est l'aménagement la SEMOP qui doit avoir la réponse exacte, mais de ce que je peux assimiler, c'est un projet qui remonte tout de même à plus de 10, 15 ans. Vous trouvez un terrain de ce type-là, ça ne se fait pas du jour au lendemain. Nous on intervient déjà depuis 2015, voire 2014, donc, les aménageurs, ça fait une bonne quinzaine d'années. C'est tout simplement d'assurer une cohérence territoriale qui fait suite, je pense, aux enjeux énergétiques qu'on connaît actuels et sociétaux. Donc aujourd'hui le quartier regroupe tout ce qu'une ville peut proposer. Je vois ça, c'est l'objectif premier de l'aménagement de commerce et école ou logement, c'est d'éviter le sur entassement des populations qu'on peut retrouver dans d'autres quartiers et ensuite y a un gros volet

environnemental, on le situe à côté du parc de Sceaux, donc la SEMOP veut assurer une cohérence paysagère avec des contraintes fortes, des engagements forts et un respect du PLU. On répond à cette demande, c'est comme ça qu'on a remporté le projet, donc on essaie de s'inscrire dans le cahier des charges. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK très bien, alors question suivante. Est-ce que pour ce projet vous avez fait appel à des experts spécifiques type des AMO pour certains enjeux et si oui, lesquels ? »

ANONYME 9 : « Alors la réponse est oui. Je pourrais préciser que nous on a une gestion de projet qui est assez particulière. On a une maîtrise d'ouvrage interne à notre entreprise, donc aujourd'hui on n'a pas d'AMO en tant que telle. C'est nous qui sommes en direct avec tous nos bureaux d'études. On ne passe pas par un maître d'œuvre général qui contractualise avec le Bureau d'études. Moi je contractualise avec une vingtaine, une trentaine, une quarantaine de contrats, c'était la première réponse. Et la seconde, oui on est accompagné par un AMO BIM. Donc pas une AMO générale gestion de projet, mais un AMO BIM. Qui ne suit de la conception jusqu'à l'exécution. Il nous a aidés dans la rédaction du CCTP, donc du cahier des charges. Dans lequel on a intégré des contraintes BIM, on a intégré une notion de CIM, mais qui découle du cahier des charges de l'aménageur. Et cet AMO il nous suit en exécution pour s'assurer que le cahier des charges est bien respecté par l'entreprise générale qui a pour mission de nous fournir la maquette, de produire la maquette numérique. Donc aujourd'hui, c'est l'entreprise générale qui se doit de nous fournir à la fin du projet de maquette numérique conforme au cahier des charges de l'AMO. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK et votre AMO BIM est ce que c'est le même qu'on retrouve sur d'autres projets ? »

ANONYME 9 : « Non. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK. Très bien alors, question suivante. Quelles ont été les données d'entrée pour la planification ou le concours et est-ce que certaines de ces données étaient en open data ? Peut-être que vous ne vous avez pas eu de phase concours à proprement parler, c'est peut-être venu directement. »

ANONYME 9 : « Non, on n'a pas eu de concours nous, on est un maître d'ouvrage privé. Donc on a, je dirais, remporté entre guillemets le projet en direct avec l'aménageur. Et c'est en leur proposant notre programme [...]. »

MIELNICZEK Alexandre : « Ça, s'est plutôt co-construit que vraiment une question de concours. »

ANONYME 9 : « Oui, On a participé activement on est même intervenu avant l'aménageur. On était très en amont, on a été partie prenante aux différents ateliers, au workshop dont a fait part notre architecte également. Donc on a co-construit la cohérence de la ZAC avec les différents îlots thématiques qu'on peut y retrouver. Et ensuite on a proposé notre projet, on l'a fait évoluer en fonction des contraintes de chacun. »

ANONYME 9 : « OK. »

ANONYME 9 : « Dans la question je n'ai pas compris le volet open data on parlait de quelle data justement ? »

MIELNICZEK Alexandre : L'objectif de cette question, c'était savoir si les maîtrises d'ouvrage avaient fourni aux maîtrises d'œuvre pendant les concours des choses comme ça. Des données qui étaient issues de portails open data, des choses qui étaient accessibles à tous parce que la ville de Châtenay et le département des Hauts-de-Seine, ils ont des portails open data, donc c'était savoir si c'était appuyé sur des plateformes comme ça, voilà. »

DEPRETRE Adeline : « Si ces plateformes avaient été exploitées en fait. »

MIELNICZEK Alexandre : « Mais dans votre cas, bon, c'est peut-être un peu à côté quoi. Alors, dernière question sur ce volet d'introduction. Est-ce que vous savez quelles étaient les motivations de développer un CIM pour ce quartier ? »

ANONYME 9 : « Alors les motivations premières de la SEMOP à l'heure actuelle, je ne les connais pas. De pourquoi mettre en place un CIM. Nous, on s'inscrit à la démarche CIM pour répondre au cahier des charges de l'aménageur. Par contre, nous, derrière, on met en place du BIM. Là par contre, c'est une volonté pour la gestion de projet en exécution dans un premier temps et pour l'exploitation pour mettre en place une GMAO. J'ai pu la terminologie exacte, mais pour l'exploitation. Alors pour le CIM on va s'en servir pour exploiter, mais ce n'est pas nous qui allons directement, je pense, aller sur la maquette de l'Écoquartier. Donc, je dirais, on répond au cahier des charges. »

MIELNICZEK Alexandre : « Entendu, alors on va se diriger sur des questions de définition qui sont vraiment très spécifiques sur le BIM. Donc là encore une fois, si vous ne le savez pas, il ne faut vraiment pas hésiter à nous dire. C'est très intéressant pour nous aussi, donc voilà. Quelle définition donneriez-vous d'un CIM à quelqu'un qui ne connaît pas ses modèles ? »

ANONYME 9 : « Alors je dirais que le CIM c'est l'échelle macro du BIM. C'est la modélisation d'une ville en intégrant principalement les espaces verts et les coques des bâtiments. Pour s'assurer de la cohérence globale, qu'il n'y ait pas de clash entre les différents projets. Ça permet de prendre du recul parce que nous on est quasiment qu'à l'échelle de notre lot. Même si on se doit d'être curieux sur les lots voisins, parce qu'on arrive toujours à détecter des problèmes donc pour la définition. Voilà, c'est la modélisation d'une ville avec l'espace vert et la coque. En vue de détecter les clashes dans un premier temps. Et maintenant, j'imagine comme le BIM en exploitation, pour de la modélisation des réseaux et les éléments cachés. »

MIELNICZEK Alexandre : « Entendu, alors question suivante. Quelle définition ou quelle différence vous voyez entre le CIM, le SIG, les maquettes numériques et les jumeaux numériques. »

ANONYME 9 : « SIG et Jumeau numérique, je ne connais pas. Le Cim, pour moi, c'est à l'échelle d'une ville, ça intègre l'espace vert, le VRD de chacun des projets et des coques, enfin l'enveloppe. Alors que le BIM est propre à un projet et intègre tous les corps d'État, donc architecturaux, techniques. Il y a notre propre espace vert dans le BIM, c'est la particularité. »

MIELNICZEK Alexandre : « Du coup pour vous, maquette numérique égale BIM ? »

ANONYME 9 : « Oui, pour moi maquette numérique égale BIM. »

MIELNICZEK Alexandre : « Entendu alors, question suivante pour vous. Quelles sont les caractéristiques d'un CIM ? Par caractéristique on peut entendre les caractéristiques techniques, si vous en envoyez. »

ANONYME 9 : « Je dirais que le point de départ, c'est que toutes les maquettes doivent être référencées. Donc géoréférencées de la même manière pour pouvoir placer correctement les maquettes ? Nous, on a eu quelques péripéties pour le géoréférencement et les caractéristiques. Pour intégrer les éléments de l'enveloppe espaces verts / paysage selon le niveau d'information LOD, qui est défini par la charte CIM. »

MIELNICZEK Alexandre : « Et d'un point de vue physique, est-ce que vous voyez des choses qui sont physiquement associées à ce CIM ? »

ANONYME 9 : « C'est intégrer les éléments de conception et de 3D des ouvrages. Avec la position XYZ, qui est la bonne par rapport au géoréférencement. Donc du lampadaire jusqu'à la pelouse. Les niveaux des niveaux de terre. »

MIELNICZEK ALEXANDRE : « Ok. Dernière question, sur cette partie des définitions. Quels éléments sont pour vous indispensables dans la construction d'un CIM ? Ce qui doit absolument y avoir dans un CIM ? »

ANONYME 9 : « Le géoréférencement de la délimitation des différents lots et les altimétries des espaces verts ou du VRD. Voilà, la position des réseaux de l'aménageur et des promoteurs dans la continuité de de ces réseaux là. Les différents éléments d'aménagement esthétique comme des lampadaires, des bancs. Que ça soit les éléments du promoteur ou de l'aménageur, nous, ça nous a permis de voir il y a quelques temps que les lampadaires de l'aménageur percutaient nos balcons par exemple. Bon bah les, les revêtements, les revêtements de sol, les arbres, les paysages. Et forcément, l'enveloppe des différents bâtiments. »

MIELNICZEK Alexandre : « Alors maintenant quelques questions sur les usages de ce CIM, il y a une petite dizaine de questions. Est-ce que vous pensez que le CIM impacte votre métier ? »

ANONYME 9 : « Jusqu'à maintenant, j'ai pu passer quelques heures à essayer de comprendre la difficulté qu'il avait pour gérer et référencer une maquette en entendant les plaintes de chacun. Mais non, ça n'a pas forcément impacté la conception du projet. Au contraire, ça a apporté du positif avec les problèmes de clash qu'on avait rencontrés. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK, très bien du coup, question suivante. Est-ce que de nouveaux métiers dans votre secteur ont été créés avec l'emploi de ce CIM ?

ANONYME 9 : « Oui, forcément, il y a forcément un BIM Manager qui chapeaute le tout. Et qui communique avec le manager de chaque promoteur ou entreprise. »

MIELNICZEK Alexandre : « Très bien. Dans ce projet, vous avez utilisé quels outils ? »

ANONYME 9 : « Quel logiciel ? Alors, c'est notre architecte qui a dans un un premier temps commencé à travailler sur la modélisation BIM. La maquette est passée par Archicad au départ. En conception en tout cas, les architectes ne sont pas encore tous très sensibilisés à ça. Et ensuite l'entreprise générale aujourd'hui travaille sur Revit. Parce qu'on a fait en sorte qu'Eiffage prenne en compte la maquette de l'architecte. On leur a donné la maquette pour leur faciliter la tâche et ensuite, maintenant ils travaillent sur Revit. »

MIELNICZEK Alexandre : « Et vous, pour votre travail, vous avez utilisé des outils qui étaient différents de ce que vous employez d'habitude ? »

ANONYME 9 : « Je ne vous cache pas que je me mets très rarement dans la maquette. De mon côté, je travaille plutôt sur les plans sur PDF. Donc il n'y a pas vraiment de BIM ou de CIM. Après je pourrais avoir la possibilité d'ouvrir les DWG des maquettes pour me balader dedans. Je n'ai pas forcément le temps de le faire, donc je suis plutôt sur plan, sur PDF. Sur chantier il me semble qu'on doit avoir un logiciel pour se balader dans la maquette avec un peu moins de détails et de manière un peu plus fluide. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK, très bien, alors, question suivante. Est-ce que selon vous, le CIM permet une superposition des strates des systèmes urbains ? Par exemple, la superposition des infrastructures de réseaux, donc le VRD avec aussi, par exemple, les réseaux de transport en commun. Adeline si tu veux compléter cette question ? »

DEPRETRE ADELINE : « En fait, est-ce que vous pensez qu'un jour, ces maquettes pourront finalement être le reflet d'un d'un vrai système urbain avec toutes ces composantes ? Que ce soit les différentes activités, les réseaux, vraiment une superposition de tout ce qu'un système urbain présente dans la vraie vie. »

ANONYME 9 : « Oui, je suis complètement sûr. Surtout pour les réseaux, parce que bon, les aménagements paysagers, ils peuvent bouger très facilement, très souvent. Ils peuvent être déplacés, déracinés. Et on peut mettre un coup de pelle dans la voirie, changer la route, donc il se pourrait que les maquettes ne soient pas remises à jour au fil de l'évolution d'une ville. Par contre, les réseaux eux qui sont enterrés, je pense, sont plus statiques et c'est très important de les avoir et ça peut nous faciliter la vie quand on souhaite se lier à un ouvrage. Et s'assurer qu'il n'y 'ait pas de réseaux en collision. Si on souhaite retrouver un réseau, on a le cas où on cherche un existant et on n'arrive pas à retrouver, ça nous pose beaucoup de problèmes. Donc s'il avait été intégré une maquette CIM, ça aurait été mieux. »

MIELNICZEK Alexandre : « C'est plus facile de trouver. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK, alors question suivante. Dans le cadre de la conception des espaces, qu'apporte un CIM par rapport aux méthodes et outils traditionnels ? »

DEPRETRE ADELINE : « Ça peut être "rien". »

ANONYME 9 : « Je ne vous cache pas que nous le CIM, il n'a pas modifié notre conception ou il n'a pas forcément fixé de contraintes ou autre. Une des seules anecdotes que j'ai, c'est lorsqu'on a donné notre maquette au CIM manager, qu'il avait détecté quelques clashes, donc permis de bouger quelques lampadaires. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK d'accord, donc la question suivante. En quoi le CIM pourrait participer à la durabilité et à la qualité des aménagements ? Alors vous avez parlé de l'emplacement des réseaux, mais est-ce que vous voyez d'autres aspects ? »

ANONYME 9 : « Durabilité ou qualité des aménagements ? Je pense qu'il y a la phase en amont, pendant et après. Donc en en amont, ça peut permettre de peut-être prendre du recul sur la construction d'une zone et s'assurer qu'il y ait bien une cohérence visuelle, esthétique de l'urbain. Ça peut permettre aux architectes paysagistes de moduler leur conception en fonction des informations qu'il y a pendant le projet. Ça peut permettre d'éviter les erreurs à venir pendant la construction, donc les clashes, les interférences. Très clairement les avoir c'est assez intéressant. Mais ce qu'il faut aussi c'est se servir des données pour de futurs projets, donc s'assurer que ça peut être un rouage par la suite. On prend en compte les contraintes du CIM pour construire de nouveaux projets et ça peut permettre aussi de faire de la maintenance comme on peut le faire sur notre projet avec une maquette numérique. »

MIELNICZEK Alexandre : « Ok. Alors question suivante. Selon vous, le CIM peut-il devenir un outil ou un moyen ou un support afin de réaliser des analyses urbaines spécifiques ? »

ANONYME 9 : « Oui, effectivement, ça peut. D'ailleurs, quand on récupère un terrain, on doit contacter l'ensemble des concessionnaires, eau, électricité, et cetera pour nous fournir un recollement des réseaux présents sur site. On pourrait très bien imaginer qu'on se serve également du CIM pour récupérer ça. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK, alors deux questions encore sur cette partie là. Est-ce que vous pensez concrètement utiliser le CIM ? Et si oui, est-ce que vous voyez des cas d'usages spécifiques pour ce CIM ? »

ANONYME 9 : « Honnêtement, non. Et je pense qu'il a très peu de chances qu'on utilise le CIM. Oui, j'aimerais l'utiliser et ce n'est déjà pas chose facile, ça demandera des connaissances assez poussées de s'entourer des bonnes personnes et de passer par les bonnes entreprises pour l'utiliser. C'est déjà un peu futuriste d'utiliser la maintenance sur juste sur un projet. Le CIM pour l'instant j'ai pas de cas d'usage. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK alors je vais dévier à ma question suivante, puisque vous parlez d'exploiter les BIM. Est-ce que vous voyez des outils spécifiques justement pour l'exploitation du BIM ? »

ANONYME 9 : « En termes de cas d'usage, on va essayer de renseigner toutes les informations. Enfin beaucoup d'informations, donc les différents zonings micro zoning. Donc l'emplacement des bureaux, les différentes dimensions clés. Les différents éléments, matériaux de construction qu'on met en place, les murs, plafonds, donc ça peut nous permettre de retrouver facilement des références. Le but, c'est

que la maquette soit mise à jour. Et vivre au cours du projet lorsqu'on effectue des modifications, normalement ça doit permettre, quand on le souhaite, de modifier les emplacements de bureau, etc. Pour respecter ces contraintes, là, on le sait qu'en en réalité aujourd'hui, les responsables d'exploitation, quand ils souhaitent bouger un bureau, ils appellent le plaquiste du coin, il bouge la cloison à l'arrache. Si je reviens à la question, on a toutes les informations qui permettent d'effectuer des modifications du projet. Il faut faire vivre la maquette. »

MIELNICZEK Alexandre : « Entendu, très bien. Bon les questions suivantes sur le positionnement il y en a 4. Le travail selon un processus CIM a-t-il impacté le positionnement de votre métier dans votre organisation ? »

ANONYME 9 : « Non. »

MIELNICZEK Alexandre : « La question suivante, le travail selon un processus CIM a-t-il affecté les interactions avec les ou votre positionnement avec les autres parties prenantes de ce projet ? »

ANONYME 9 : « Forcément très très très légèrement avec l'aménageur. On a dû s'entourer de personnes sachantes sur ce sujet, donc ça c'est la première interaction. J'ai forcément fait quelques réunions avec l'aménageur et le CIM manager de de la ZAC. On n'a pas fait beaucoup de réunions. Il me semble qu'il devrait y en avoir beaucoup plus, mais je ne sais pas ce qui s'est réellement passé de leur côté. Pour l'instant, ça reste léger, c'est très léger, ça a pris beaucoup de temps pour l'instant. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK, alors question suivante. Selon vous, y aura-t-il des évolutions dans les relations ou les interactions que vous avez avec les autres parties prenantes ? Durant les diverses phases du projet, alors ? »

ANONYME 9 : « Donc nous on met en exécution. Je peux m'apercevoir aujourd'hui qu'on est en train de monter notre maquette BIM pour de l'avancée de l'exécution. Là j'ai un mon immobilier qui a fait un audit de la maquette pendant que j'étais en congé. Il a observé qu'il y avait de bonnes choses et des choses qui ne respectaient pas bien sûrement des informations liées au CIM qui ne respectent pas le cahier des charges. Donc on va réagir pour régler ça. Et forcément au bout d'un moment on donnera notre maquette au CIM manager, on est déjà censé la déposer à des échéances d'une fréquence déterminée, mais à la fin, on leur donnera la maquette terminée. Donc on va continuer d'agir pour la phase DOE. La particularité, c'est que je vais exploiter le siège contrairement aux autres promoteurs, logement, donc, ce serait peut-être ça dans ma phase 2, c'est continuer d'échanger avec le CIM manager quand le projet se termine. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK, d'accord super alors dernière question sur cette partie. Selon vous, le CIM a-t-il un impact en termes de gestion des divers acteurs et est-ce que vous constatez des différences avec d'autres projets où il n'y a pas de CIM. »

ANONYME 9 : « Il y a peu d'impacts. Non, très peu, je dirais aujourd'hui. On doit intégrer certaines contraintes dans le cahier des charges. Mais ça impacte très peu. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK, donc alors maintenant 4 questions sur les structures et les normes liées aussi. Pour vous, quelles sont les grandes caractéristiques du CIM ? C'est-à-dire à savoir s'il y a une structure type, une manière, type de visualiser ou des normes spécifiques aussi ? »

ANONYME 9 : « J'imagine que toutes les informations doivent être mises sur un même logiciel avec à minima une bonne communication entre la maquette CIM et les fichiers. Il y a un certain niveau de détail qui est déterminé en amont donc dans le cahier des charges donc les LOD on doit déterminer c'est du 200 300, etc. En fonction de ça donc les BIM manager ou les personnes qui travaillent sur la maquette doivent rentrer les informations qui tiennent compte des niveaux de détail. »

MIELNICZEK Alexandre : « Est-ce que vous voyez des normes spécifiques qui sont liées au CIM ou est-ce que vous en connaissez ? »

ANONYME 9 : « Non, je ne les connais pas en détail. Mais j'imagine que ça doit être des manières de travailler qui doivent être codifiées. Enfin, il y a une explication particulière d'usage spécifique, tout est, tout est codifié, j'imagine. En tout cas, sur le BIM on avait des cas d'usages spécifiques. Donc une charte. »

MIELNICZEK Alexandre : « Ok. Question suivante. Est-ce qu'il y a des obligations ou des protocoles concernant les nomenclatures des objets ? Dans votre métier, est-ce que vous avez imposé à votre architecte ou au bureau d'études des manières de codifier les pièces ou les équipements techniques. »

ANONYME 9 : « Donc mon écran vous voyez ça c'est une des annexes de notre Convention BIM. Donc la Convention BIM a découlé du cahier des charges BIM. On l'a mis en place pour l'appel d'offres pour que l'entreprise nous chiffre les surcoûts qu'il peut y avoir derrière. Et une fois que l'entreprise Eiffage avait remporté le projet, on a mis en place une convention BIM qui est plutôt à destination des sous-traitants de l'entreprise. Donc le cahier des charges il est plutôt en guise de lien contractuel entre nous, le promoteur et l'entreprise générale et la Convention entre l'entreprise générale et sous-traitant. Mais on a quand même dû s'assurer qu'elles répondent bien à notre cahier de charge. Il a ensuite été validé par notre AMO et on y a défini tous les niveaux de détails, les cas d'usage et les différentes typologies, les unités, les occurrences et ce qu'on souhaite y voir à l'intérieur. »

DEPRETRE ADELINE : Moi j'ai juste peut-être un apport, enfin une question en plus. Ce document-là, il n'a pas partagé avec les autres BIM manager des autres lots ? C'est propre à votre projet, mais il ne correspond pas forcément aux codifications des autres, donc il n'y a pas eu d'accord quoi à ce niveau-là ?

Anonyme 9 : « Non c'est ça. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK, très bien. Alors dernière question, sur cette partie des structures et des normes. À votre échelle, quelles données rassemblez-vous ou utilisez-vous dans le CIM ? »

ANONYME 9 : « Aucune pour l'instant. Je n'utilise pas. C'est plutôt des informations remontant vers le CIM manager, mais pas nous. »

MIELNICZEK Alexandre : « Vous y avez accès à ce site ? À la compilation de toutes les maquettes, et cetera ? »

ANONYME 9 : « J'ai dû recevoir, oui, on y a accès. Il doit y avoir une plateforme de dépôt et de téléchargement, mais je ne vous cache pas qu'aujourd'hui je ne me rappelle pas trop. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK, d'accord, alors il reste sept questions, c'est sur les perspectives, ça devrait aller assez vite. Donc première question. Pensez-vous que la collaboration est plus présente dans le cadre d'un projet CIM ? »

ANONYME 9 : « Oui, oui, forcément. Avec l'aménageur, forcément. »

MIELNICZEK Alexandre : « Ok. Est-ce que vous pensez que les Maquettes CIM sont complètes ? »

ANONYME 9 : « Si elles sont complètes à l'heure actuelle ? Non, puisqu'on est encore en phase de projet de construction ? Est-ce qu'elles seront complètes après la phase DOE, j'imagine que oui. Mais complète par rapport au cahier des charges, ce qui était fixé. Je pense que nous, on respectera les contraintes initiales. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK, et est-ce que vous voyez des données spécifiques à ajouter à ces CIM ? En termes de données, est-ce que vous voyez des choses pratiques identifiées comme intéressantes et que vous considérez comme manquantes ? »

ANONYME 9 : « Non, il faudrait faire un travail afin de regarder ce qui est présent et faire un comparatif précis. Mais je pense qu'on a beaucoup d'informations. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK, alors question suivante. Pensez-vous que les CIM peuvent remplacer les outils ou les méthodes traditionnelles ou est-ce que ça sera toujours employé en supplément de ces outils ? »

ANONYME 9 : « Non, je ne pense pas que ça puisse remplacer. Ça sera employé en supplément. Aujourd'hui, ça peut être utilisé par des personnes très sachantes dans le domaine, qui supervisent tous les corps. Il ne faut pas oublier que derrière il y a quand même beaucoup de petites entreprises qui interviennent sur les projets et qui ne sont pas formées à ça. Ou n'ont même pas les moyens d'acheter un logiciel ou une licence. Je ne veux pas faire mon Boomer, mais peut-être dans 50 ans. Mais pour l'instant, impossible. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK, alors question suivante. Selon vous, les CIM vont-ils s'imposer dans la fabrique urbaine de demain et est-ce que vous recommanderiez cette pratique ? »

ANONYME 9 : Imposer, oui. Oui, c'est ça, c'est quasiment sûr. Et je recommanderais, oui.

MIELNICZEK Alexandre : « Ok. Pour ce Sim, est-ce que vous voyez des limites particulières, que ce soit en termes de droits d'infrastructure digitale ou de quantité de données ou autre ? »

ANONYME 9 : « Là, je n'ai pas forcément accès à la maquette CIM, je ne peux pas vous dire précisément, nous je sais que pour notre maquette BIM c'est gros et c'est très complexe. C'est

compliqué en termes de volume, de données et notre architecte s'est beaucoup cassé la tête parce que le projet est trop gros et que l'optimisation de la maquette n'a pas été forcément été poussé et vu en amont de par un manque de connaissance de notre ancien référent. Parce que c'est encore en phase de développement, donc on a eu beaucoup de problèmes de taille de maquette. »

MIELNICZEK Alexandre : « OK, d'accord. »

MIELNICZEK Alexandre : « Alors les deux dernières questions qui sont très spécifiques. Comptez-vous essayer de lier le CIM à une plateforme ou à un organisme de type public, par exemple de type IGN ou des choses comme ça ? »

ANONYME 9 : « Pour l'instant je ne vois pas comment on peut exploiter la maquette CIM à terme, comment elle peut nous apporter des choses, des avantages. Donc pour l'instant je ne peux pas savoir comment lier les données. »

MIELNICZEK Alexandre : « Alors, dernière question. Puisque vous comptez faire de la gestion de l'exploitation, et cetera, est-ce que vous comptez peut-être réinjecter des données à vous dans des portails open data des Hauts-de-Seine ou des choses comme ça ? Ou pas ? »

ANONYME 9 : « Non, je ne pense pas. Je pense qu'il y a beaucoup de données qui sont quand même confidentielles. Mais je ne sais pas de quel type de data on parle, est-ce que c'est des informations propres au projet comme des altimétries, des positions d'arbres ou autre ? »

MIELNICZEK Alexandre : « Ça pourrait être ça oui. On pourrait envisager aussi des questionnements sur les consommations électriques de bâtiments, sur des disponibilités de places de parking. Ça, c'est vraiment de l'Open data. Il y a vraiment des choses très très variées, mais ne serait-ce que même l'emprise des bâtiments, les formes de bâtiment. Se dire, moi je mets à disposition la géométrie de mon bâtiment. »

ANONYME 9 : « Pour un promoteur privé, ces informations sont les siennes et elles ne sont pas prêtes à être partagées, que ce soit la simple consommation à même même une surface de bâtiment, on peut toujours trouver des problèmes potentiels. Après je pense que pour des acteurs publics, oui ça peut être très utile pour des associations de l'environnement, par exemple. »

MIELNICZEK Alexandre : « Et voilà nous sommes arrivés au terme de notre entretien, merci. »

DEPRETRE Adeline : « En effet, merci. »

ANNEXE 5

SYNTHÈSE DE LA DEUXIÈME CATÉGORIE D'ENTRETIENS

Question	Synthèse de l'analyse des entretiens par question
A. Données Personnelles	
1. Quelle est votre profession et dans quel cadre employez-vous ou êtes-vous confronté au CIM ?	La MOE ne se sent que peu ou pas concernée par le CIM, voire ne connaît pas le CIM et ne s'y tient que par obligation contractuelle. Toutefois, certaines entités disent y être confronté sur tous leurs projets en particulier les projets liés aux espaces publics/aménagements. L'entièreté de la MOA attend de pouvoir réaliser l'exploitation/gestion grâce au CIM. On notera un amalgame récurrent entre BIM et CIM de la part de tous les acteurs ceci pouvant être dû au fait que le CIM de la ZAC s'apparente plutôt à un "BIM+".
B. Introduction	
1. Quels ont été les éléments déclencheurs à la planification de l'écoquartier La Vallée ?	Ce genre de projet se planifiant très longtemps en amont, ici 2010 est la date la plus ancienne à laquelle il est fait référence lors des interviews, il est difficile d'avoir la genèse de ce projet. Ceci explique en partie le fait que la majorité des interviewés n'aient pu répondre à cette question. Des répondants, ils s'accordent à expliquer que le déménagement de l'école centrale sur le plateau de Saclay a offert à la ville de Chatenay l'opportunité de récupérer un terrain permettant de redynamiser ce quartier par sa localisation stratégique (proches transports en commun et espace vert).
2. Avez-vous fait appel à des experts spécifiques (type AMO - Assistance à Maîtrise d'ouvrage) pour certains enjeux ? Lesquels ?	Pour la majorité des acteurs cela a été géré en interne. Une minorité ont suivi des formations ou se sont adjoint des aides/services dédiés. Les raisons de ces choix n'ont pas été précisées.
3. Quels ont été les éléments/ besoins transmis par la MOA à la MOE lors de la phase de concours ?	Globalement on remarque qu'une majorité des interviewés est non-concerné ou n'ont pas répondu ou ne savaient pas répondre. Le projet s'étendant sur de nombreuses années, il a été difficile d'interviewer des acteurs présents durant la phase concours, ceci explique le nombre de personnes non-concerné. D'autre part, les personnes répondant aux concours ne sont pas toujours les mêmes qui développent par la suite les projets, ce qui explique aussi le fait que plusieurs interviewés ne sachent pas répondre à cette question. Toutefois, on note que 3 interviewés précisent avoir reçu un document spécifiquement lié au CIM et un précise avoir reçu un fichier topographique sous forme de maquette numérique.
4. Quelles ont été les données d'entrées pour la planification / le	Majoritairement les interviewés ne sont pas concernés ou ne savent pas.

concours ? Certaines étaient-elles des Open data ?	<p>Le projet s'étendant sur de nombreuses années, il a été difficile d'interviewer des acteurs présents durant la phase concours, ceci explique le nombre de personnes non-concerné. D'autre part, les personnes répondant aux concours ne sont pas toujours les mêmes qui développent par la suite les projets, ce qui explique aussi le fait que plusieurs interviewés ne sachent pas répondre à cette question.</p> <p>Pour le reste, ils disent avoir reçu des données issues d'un relevé spécifique. Quelques-uns disent avoir été à l'origine de ces données et un spécifie avoir reçu des données de type SIG potentiellement de la BDTOPPO.</p>
5. Quelles étaient les motivations de développer un CIM pour ce quartier ?	<p>Ici on voit que les objectifs de développement du CIM perçus par les interviewés relèvent globalement de la capacité de communication de ces modèles (3D); l'image d'innovation qu'ils amènent avec eux et enfin l'éventualité de faire de la GEM (gestion/exploitation/maintenance) à partir des modèles numériques.</p> <p>On note également qu'une bonne partie des interviewés (5 réponses) ne connaissent pas les objectifs de la maîtrise d'ouvrage en lien avec le CIM.</p> <p>Quant au reste ils disent soit avoir répondu à la demande sans questionner les objectifs et l'un d'entre eux dit avoir l'habitude de ces modèles donc n'a pas questionné non plus les objectifs.</p>
C. Définition	
1. Quelle définition donneriez-vous d'un CIM à quelqu'un qui ne connaît pas ces modèles ?	<p>Ici on voit que le CIM est majoritairement considéré comme l'application du BIM à une échelle plus grande, ce qui est cohérent dans le cadre de ce retour d'expérience avec les autres réponses où l'aspect "BIM+" du projet ressort fréquemment. On notera aussi une grande part des répondants considérant le CIM comme une modélisation 3D uniquement. Ce sentiment est également transposable au BIM, ces mêmes acteurs disent la même chose du BIM.</p> <p>On notera le fait qu'un d'entre eux considère le CIM comme étant un outil de gestion ayant une interface simplifiée permettant d'analyser des informations issues de la ville via IoT et les maquettes numériques.</p>
2. Quelles définitions donnez-vous au CIM, SIG, Modèle/maquette numérique et jumeau numérique ? Pourquoi ?	<p>Les maquettes numériques sont quant à elle également considérées de manières très hétérogènes pouvant être : un support, un logiciel, l'équivalent du CIM, une donnée d'entrée pour le SIG, l'équivalent au BIM.</p>
3. Pour vous, quelles sont les caractéristiques (techniques) d'un CIM ?	<p>Ici on voit que les caractéristiques techniques d'un CIM se recoupent avec les définitions, en d'autre terme, de la 3D avec un aspect qui ressort ici qui est le fait d'avoir des "règles du jeu" sous forme de "convention BIM", "Charte BIM", etc. permettant d'homogénéiser les informations des modèles.</p> <p>L'aspect géoréférencement est cité plusieurs fois soulignant les possibles difficultés rencontrées à son sujet, ce qui est cohérent avec les réponses citant la compilation des différentes maquettes puisque pour les compiler en un seul fichier, il faut que le géoréférencement soit juste.</p>

	A noter qu'une réponse est donnée dans le sens ou le CIM est un ensemble d'outil et que sans ces outils, le CIM n'existe pas.
4. Quels éléments sont pour vous indispensables/ nécessaires dans la construction d'un CIM ?	<p>Sont ensuite cité ponctuellement :</p> <ul style="list-style-type: none"> - le géoréférencement - les dimensions (les altimétries, épaisseur, diamètre (sols et réseaux)) - les différents éléments bâtiments et espaces publics - les règles de nommage <p>Un aspect nécessaire pour la constitution d'un CIM est la création de maquettes spécifiques pour les VRD et espaces publics.</p> <p>D'autre part, on note une forte demande pour une communication plus claire de la part de la MOA sur ses objectifs vis à vis du CIM.</p> <p>Ensuite l'aspect synthèse est cité 2 fois ainsi que le fait que les différents acteurs du projet doivent être formé au BIM.</p>
D. Usages	
1. Pensez-vous que le CIM impacte votre métier ? Pourquoi ? Comment ?	<p>Globalement on note que la plupart des acteurs ne se disent pas impacté dans leur métier par le CIM. Même s'ils pensent pour une partie d'entre eux (3) qu'ils le seront dans le futur.</p> <p>4 disent qu'il y a un changement de manière de travailler, ce qui va de pair avec l'impact stipulant qu'il y a plus d'informations à renseigner et des règles spécifiques à suivre.</p> <p>D'autre part la nécessité d'être formé ou de se former est plusieurs fois cité comme impact.</p>
2. De nouveaux métiers dans votre secteur ont-ils été créés avec l'emploi de CIM ?	On voit ici l'apparition de métier spécialisé dans le BIM puis le CIM ainsi que des évolutions de compétences ou des métiers "traditionnels" tels que les architectes acquièrent une nouvelle compétence ou spécialisation dans le domaine du BIM.
3. Quels outils avez-vous employé dans ce projet CIM ?	<p>On note ici que les logiciels capables de produire des maquettes numériques sont majoritairement utilisés. Une diversité (3) de visionneuses IFC sont cité pour l'aspect visionnage.</p> <p>La plateforme de partage et visionneuse en ligne est cité 4 fois (BIM360) ce qui est relativement peu au vu du fait qu'elle est censée être une pierre angulaire du projet permettant les échanges de fichiers et leur visualisation en ligne.</p>
4. Les outils employés dans ce projet sont-ils différents de ceux que vous employez traditionnellement ?	Ici on note que sur ce projet, les outils employés sont dits être les mêmes que traditionnellement (14 réponses) sauf pour 3 entités qui précisent avoir dû changer d'outils.
5. Selon vous le CIM permet-il une superposition des strates des systèmes urbains ? Pourquoi ? Par exemple la superposition des infrastructures de réseaux à celles des activités.	<p>Pense qu'en théorie, le CIM permet des superpositions de strates des systèmes urbain mais concrètement ce qu'ils citent c'est des choses classique (VRD/loT/Visualisation/Gestion interfaces-synthèse) éloigné de strates plus conceptuelles telle que les strates économiques, transport en commun, ou infos retrouvables dans SIG (catégorie de revenus, ...)</p>

6. Dans le cadre de la conception des espaces, qu'apporte un CIM par rapport aux méthodes et outils traditionnels ? (Stades : analyses urbaines, conception, construction, gestion, ...)	On note ici la prépondérance de l'aspect coordination technique du CIM.
7. En quoi le CIM pourrait participer à la durabilité et à la qualité des aménagements ?	On voit ici de nouveau que ce sont les aspects de visualisation 3D et de coordination technique qui prime sur la participation à la durabilité en permettant une conception plus aboutie. On note également l'aspect connaissance de l'existant et la possibilité théorique de faire du GEM avec le CIM.
8. Selon vous le CIM peut-il devenir un outil/ moyen / support afin de réaliser des analyses urbaines spécifiques (Intensité urbaine)	Ici on note que les interviewés sont majoritairement positif à l'idée que le CIM puisse réaliser des analyses urbaines spécifiques.
9. Comment pensez-vous concrètement utiliser le CIM ? Quels sont et/ou seront les cas d'usages de ce CIM ?	Ici les acteurs interrogés ne semblent pas avoir pour ambition de se servir du CIM. Ils y voient principalement un intérêt pour les maîtrises d'ouvrages en phase GEM. Ceci est cohérent avec le panel interviewé puis que nous avons une grande majorité d'équipes de MOE.
10. Y a-t-il des outils spécifiques pour son exploitation ?	Ici on relève une attente d'interface simple à utiliser pour des non-sachants. Aucun outil spécifique n'est cité.
E. Positionnement	
1. Le travail selon un processus CIM a-t-il impacté le positionnement de votre métier dans votre organisation au cours du projet ?	On voit que la plupart des gens ne sentent pas d'impact au sein de leur profession. Certains nuancent cette absence d'impact parfois à cause des outils qui ne correspondent pas selon eux à une modélisation selon un processus CIM et parfois en précisant que leur tâche est facilitée par l'apport des données des autres, limitant ainsi leur travail à leur propre mission, ce qui n'est pas le cas traditionnellement (contexte etc). En ce qui concerne ceux qui trouvent que leur profession est impactée on retrouve principalement l'augmentation du temps de travail pour un même projet ainsi que la montée en compétence nécessaire et donc de formation, parfois très coûteuses. Cet aspect financier est aussi un autre impact qui a été cité étant donné que pour les agences d'architecture, de nouveaux interlocuteurs sont introduits dans la démarche (BIM Managers) sans pour autant qu'il y ait un ajustement des honoraires accordés.
2. Le travail selon un processus CIM a-t-il affecté les interactions/ votre positionnement par rapport/ avec les autres parties prenantes ?	On constate encore une fois que pour presque la moitié des interrogés il n'y a pas de changement au niveau des interactions avec les autres acteurs. L'accroissement des demandes des autres acteurs est un élément qui revient tout comme le changement de l'environnement de travail qui implique des difficultés en plus au niveau de la communication. Un autre changement se situe au niveau du choix des acteurs avec qui travailler et avec qui se former notamment le fait qu'ils soient

	compétents en la matière. Un autre élément majeur est l'introduction de nouveaux acteurs dans le réseau de relations autour du projet mais aussi au niveau des phase durant lesquels certains échanges se font qui semblent être plus en amont qu'en projet traditionnel. Certains mettent en avant le fait qu'il y a une production plus importante des autres acteurs sur lesquelles ils peuvent davantage s'appuyer et échanger afin que le projet s'intègre au mieux, échanges qui demandent aussi des règles spécifiques différentes de ce qu'elles font habituellement pour être concaténées par le CIM manager.
3. Selon vous y aura-t-il des évolutions dans les relations/interactions que vous avez avec les autres parties durant les diverses phases du projet ? Pourquoi ?	Pour ce sujet, les avis divergent beaucoup, certains interrogés pensent qu'il n'y aura pas de différences dans les futures phases du projet, alors que quelques autres voient plus d'interactions et d'échanges pour ces phases futures. Pour certains c'est au sein du cabinet que l'évolution va être marquée car ils intégreront directement le processus de modélisation en début de la prochaine phase pour d'autres il est impératif de "forcer" le changement sinon il n'y aura pas d'évolutions. Certains pensent qu'il y aura une meilleure compréhension des objectifs des autres acteurs dans d'autres phases mais aussi plus d'informations échangée et moins de peur de les partager. Certains se demandent aussi comment les maquettes vont évoluer en fonction de l'avancement notamment parce que certaines entreprises n'utilisent pas ce process induisant une augmentation de la difficulté de communication et de coûts en phase d'exécution.
4. Selon vous le CIM a-t-il un impact en termes de gestion des divers acteurs ? Constatez-vous des différences avec d'autres projets sans CIM	Pour plus du quart des répondant ils ne constatent pas de changement au niveau de la gestion des acteurs mais il est à noter que certains souhaiteraient qu'il y en ait notamment grâce à l'implication collective autour du CIM. Certains répondants trouvent qu'il y a plus d'échanges, de communication, de coordination et une meilleure synthèse de toutes les productions facilitant l'accès à l'information. Certains trouvent que le cahier des charges change mais d'autres voient un avantage à être intégrés dans un réseau d'acteurs à la fonction identique et se sentent moins isolés. On relève aussi un enjeu de formation qui allongent les temps de travail et donc parfois le manque de synchronisation entre les divers acteurs.
F. Structure/ Normes	
1. Pour vous, quelles sont les grandes caractéristiques du CIM ?	On constate que des répondant ne savent pas nous répondre, ce qui montre le manque de connaissances à leur propos. Aussi certains pensent que la caractéristique principale est l'assemblage de BIM et donc recouvrirait les mêmes caractéristiques mais à une échelle différente. En d'autres mots le BIM serait une condition nécessaire à l'existence d'un CIM. Certains trouvent que la caractéristique principale d'un CIM doit être son cahier des charges détaillant les codifications et les règles de nomenclature afin que tous fournissent les mêmes niveaux de détail ainsi que les mêmes logiciels. Certains caractérisent le CIM comme une synthèse mais on remarque

	aussi que pour certains le CIM est uniquement une représentation tridimensionnelle, cela amène à se questionner s'ils n'ont pas également un manque de formation et de connaissances notamment au sujet des informations sémantiques liées à la 3D.
2. Quelles normes sont employées concernant les CIM ?	On voit que les normes sont quelque chose de très flou dans le cas du projet, certains s'appuient sur la convention en termes de codifications comme normes tandis que certains relèvent l'existence des normes BIM 19650 et une autre norme qui est la NF17412, elles sont vues comme des références à prendre en compte pour le CIM. Une majorité de personnes ne savent pas ce qui existe et d'autres pensent qu'il est nécessaire d'en établir.
3. Y a-t-il des obligations/protocoles concernant la nomenclature des objets ou autre dans votre métier ?	Les réponses obtenues montrent à nouveau que la convention n'est pas forcément toujours prise en compte, ainsi, près de la moitié des répondant suivent leurs codifications habituelles de leur agence. Certains précisent qu'ils emploient les normes comme l'Omniclass et l'Unifomat pour leur projet de la Vallée.
4. A votre échelle quelles données rassemblez-vous/utilisez-vous dans le CIM ?	Les réponses apportées montrent que de nombreux intervenant ne s'appuient pas sur les données déjà modélisées et compilées dans le CIM pour réaliser leurs propres maquettes, certains disent même qu'ils n'ont pas accès ou qu'ils ne savent pas qu'ils y ont accès. Les réponses montrent aussi que certains n'utilisent absolument pas le CIM et ne vont jamais sur la plateforme. Finalement on voit que le CIM est plutôt un aboutissement qu'une réelle aide pour la production de chaque intervenant.
G. Perspectives	
1. Pensez-vous que la collaboration est plus présente dans le cadre d'un projet CIM ?	On constate que près de la moitié trouve qu'il y a plus de collaboration au niveau des acteurs, de la coordination mais certains relèvent qu'elle est davantage présente au niveau de la maquette sans forcément suivre dans les phases d'exécution. On voit aussi que plusieurs ont confiance en l'augmentation de la collaboration avec un process CIM mais qu'e ce n'est pas le cas dans ce projet tandis que certains pense que ça ne change rien par rapport à un projet dit "traditionnel". Ces réponses posent la question de la démarche, s'il y en a réellement une ou pas.
2. Pensez-vous que les CIM sont complets ? Quelle(s) évolution(s) devraient-ils intégrer par la suite ? D'un point de vue contenu de données	On observe ici que pour qu'un CIM soit complet il faut définir des objectifs en amont afin de savoir à quelle fin il est réalisé. Certains pensent qu'il serait bénéfique d'ajouter des précisions quant aux revêtements employés et leurs caractéristiques, des informations que l'on retrouve grâce aux SIG notamment avec les propriétés des parcelles et aussi de mieux traiter l'interface entre les lots et les espaces public qui est un peu délaissée.
3. Pensez-vous que les CIM peuvent remplacer les outils/méthodes traditionnelles ou sera-t-il toujours employé en sus de ces outils ?	Les réponses obtenues sont assez mitigées car près de la moitié des interrogés pensent que le CIM sera toujours utilisé en complément d'autres méthodes et outils. D'autres pensent qu'il pourrait être utilisé seul dans un avenir plus lointain et en fonction de l'ampleur et des échelles du projet mais aussi en

	<p>fonction des moyens mis à disposition facilitant son emploi comme des outils adaptés ou encore des formations abordables et complètes. Les réponses éclairent aussi sur le fait que certains acteurs pense qu'il est déjà utilisé de façon autonome, soulignant l'amalgame fait avec le BIM. Une minorité des répondant pense qu'au vue de leur tâche l'investissement financier et temporel n'en vaut pas le coup.</p>
<p>4. Selon vous, les CIM vont-ils s'imposer dans la fabrique urbaine de demain ? Recommandez-vous cette pratique ?</p>	<p>On peut voir que plusieurs acteurs pensent que le CIM va s'imposer dans la fabrique urbaine mais nuancent en ajoutant le fait qu'il le sera à long termes ou pour les grands projets majoritairement. Certains pensent que c'est déjà le cas (CIM = 3D) et d'autres pensent que si le CIM est une concaténation de BIM alors d'ici quelque temps ils sera pratique courante. Certains ajoutent tout de même que même s'il s'impose il ne serait qu'un complément aux méthodes et process actuels à cause de la plu value limitée. Une minorité pense qu'ils ne vont pas s'imposer par rapport aux processus traditionnels.</p>
<p>5. Quelles sont les limites de ce CIM (en termes de droits, d'infrastructure digitale, de quantité de données,) ?</p>	<p>Les réponses obtenues montrent que l'infrastructure en général est une des limites principales notamment en termes de lourdeur dû à la quantité de données et à leur niveau de détail ainsi qu'en termes de versionning qui pourraient tous deux rendre le CIM inutilisable. Aussi on remarque que les règles de confidentialité et de propriété intellectuelles sont au cœur des discours d'un quart des répondant. Un autre élément ressorti est l'impact environnementale de telles maquettes du point de vue de la consommation énergétique nécessaire au stockage des données (datacenter). Enfin, certains pointent la nécessité de compétences et de formations aux outils spécifiques comme une des limites principales.</p>
<p>6. Comptez-vous essayer de lier le CIM a une plateforme SIG ? ou à un organisme public type l'IGN ?</p>	<p>On observe que les 3/4 des intervenant ne compte pas lier le CIM à des plateformes SIG ou de les mettre à disposition d'organismes tels que l'IGN. Cependant, 7 de ces intervenants pense que c'est une idée à pousser, surtout au niveau territorial. Enfin 1/4 des répondant ne sait pas ce qui est prévu à ce niveau-là.</p>
<p>7. Allez-vous réinjecter de la donnée dans les portails open-data ?</p>	<p>On peut voir avec les réponses que la majorité des interrogés ne compte pas réinjecter de données dans des portails open data à cause principalement de la propriété intellectuelle et de la confidentialité des données. Certains interrogés ne savent pas ou ne sont pas concernés par la question et une minorité tente de le faire notamment sur d'autres projets.</p>

ANNEXE 6

SYNTHÈSE DE L'ANALYSE DU RÉFÉRENTIEL QUARTIERS DURABLES

Ce référentiel fournit des seuils précis et considère dans un premier **temps le potentiel du projet et du site dans lequel il s'inscrit**. Il précise des sujets concernant la mobilité comme les distances maximales pour retrouver une gare ferroviaire par rapport au projet ou encore la fréquence de passage ainsi que les distances par rapport aux arrêts des réseaux de bus, tram ou métro. Les distances et la fréquence dépendent ainsi de l'ampleur du site sur lequel le projet est mis en œuvre. Le document amène également des critères de distance et d'équipement minimaux afin de garantir la mixité fonctionnelle et de services comme l'éducation. La densité est abordée en termes de logements et les seuils minimaux divergent en termes d'échelle du site.

Pour aborder l'impact sur **les ressources**, le Référentiel Quartiers Durables recommande de miser sur des typologies d'habitats minimisant l'emprise au sol en favorisant les bâtiments mitoyens ou collectifs. Il incite également à concevoir des bâtiments et espaces adaptables, voire réversibles, grâce aux matériaux et méthodes de mise en œuvre.

Concernant **l'environnement naturel**, le référentiel préconise des surfaces minimales d'espaces perméables sur le projet ainsi que de trames vertes et bleues en fonction de l'environnement dans lequel s'insère le site accueillant le projet. Il aborde également la qualité paysagère en informant sur le type d'essences en fonction du contexte et les structures minimales qui doivent être accessibles.

Le référentiel se concentre ensuite sur **les aménagements** et accorde une importance aux connexions dans le quartier et conseille la limitation ou l'utilisation de certains types de voiries. Il suggère aussi de limiter les stationnements pour les voitures en conseillant d'élaborer une stratégie favorable à l'emploi des mobilités douces et donc en établissant des minimas pour les stationnements de vélos. Les caractéristiques architecturales et paysagères sont approchées en invitant les concepteurs à intégrer le projet dans le contexte et en développant la qualité du bâti, des aménagements paysagers et des équipements collectifs en quantité suffisante, jouant un rôle particulier dans les impressions, appropriations et qualité de vie des utilisateurs.

Enfin, le référentiel traite les questions **de mixités** en incitant les maîtrises d'œuvre à compléter l'offre en équipement ou en services qui existe déjà aux abords du site du nouveau projet et en diversifiant les typologies de logements et de bâtiments permettant la mixité sociale et intergénérationnelle.

SYNTHÈSE DE L'ANALYSE DU RÉFÉRENTIEL POUR UN AMÉNAGEMENT DURABLE DU TERRITOIRE

En ce qui concerne les objectifs ciblés dans notre recherche, le référentiel conseille de réfléchir à **l'adaptabilité des bâtiments et des espaces** ainsi que **la polyvalence et l'évolutivité** des espaces dans un souci de gestion des ressources et matériaux.

D'un point de vue **paysager** et dans le but **de réinstaurer de la biodiversité**, le référentiel recommande de maximiser les connexions aux trames vertes et bleues, de les valoriser et de les réinvestir. Le guide suggère également de penser au développement d'espaces verts en leur attribuant des usages et fonctionnalités pour les usagers.

Pour ce qui concerne **les ressources et leur gestion**, le référentiel invite à limiter l'emploi de matériaux imperméabilisants de sorte à maximiser la pénétration de l'eau, mais aussi de limiter l'artificialisation impliquant une érosion rapide des sols et de la biodiversité, mais aussi d'utiliser des couleurs plus claires évitant les effets d'îlots de chaleur.

Le référentiel amène des pistes de réflexion quant à **la mobilité** en invitant à réfléchir à la cohérence de la mobilité par rapport aux équipements et services apportés. Le document conseille de voir plus loin que le présent, en envisageant de nouvelles mobilités et mode de circuler notamment en réinvestissant massivement des infrastructures liées à l'emploi du vélo et en adaptant la place accordée à l'automobile qui semble diminuer par des pratiques innovantes comme la mutualisation ou le partage de voitures. En effet, le référentiel envisage de changer les politiques de stationnements afin d'en faire de véritables leviers pour l'emploi des transports collectifs et les modes alternatifs à la voiture en le mutualisant et en favorisant les stationnements pour vélos et en créant davantage de réseaux piétons sécurisés présentant des ambiances diverses et une qualité architecturale remarquable.

Le référentiel accorde une grande place **aux ambiances et au confort** qui en résulte en abordant l'intégration des projets dans l'existant et notamment en réfléchissant à l'adéquation des fonctions avec les ambiances du lieu. Ils invitent aussi à jouer avec l'éclairage naturel et artificiel à la fois pour assurer la sécurité, les confort visuels et déterminer des ambiances diverses.

SYNTHÈSE DE L'ANALYSE DU RÉFÉRENTIEL DES VILLES ET TERRITOIRES DURABLES

Malgré que le référentiel aborde principalement le sujet de la gouvernance ainsi que l'énergie, il établit des principes qui correspondent à nos angles de recherche notamment concernant **la dimension spatiale**. Dans cette logique, il invite à mesurer l'impact sur la ressource sol, en limitant l'urbanisation de nouvelles zones encore naturelles et en orientant les démarches vers la compacité des formes. Le référentiel préconise la conception d'espaces qualitatifs et dont les connexions sont particulièrement réfléchies en adéquation avec le développement de la mobilité plus douce. Du point de vue de l'aménagement des espaces publics, il est recommandé de privilégier les déplacements doux afin de multiplier les chances d'interactions et de cohésion sociale, d'être inclusif concernant leur accès et les agrémenter d'équipements utiles à la population et favorisant leur utilisation. Le référentiel propose également un focus sur la mobilité en conseillant la diminution des déplacements longs en mixant les usages des espaces, mais aussi en développant de nouvelles structures pour rendre les mobilités alternatives attrayantes. Les aménagements doivent tirer parti du patrimoine, de sorte que les utilisateurs se les approprient, en valorisant les éléments existants du territoire qu'ils soient paysagers ou autre. Concernant l'équité, il est conseillé à la fois de miser sur la mixité fonctionnelle, mais également d'intégrer la **dimension sociale** en favorisant la mixité sociale et intergénérationnelle grâce à une diversité de typologies ainsi que l'accès pour tous aux équipements et services.

Le référentiel aborde par ailleurs divers objectifs concernant **la dimension environnementale** en prenant en considération la biodiversité, en valorisant les coulées vertes et bleues et en limitant l'artificialisation et l'imperméabilisation des sols. Il propose aussi de mutualiser les usages des bâtiments et délimiter l'urbanisation en réinvestissant des espaces existants.

SYNTHÈSE DE L'ANALYSE DE LA GRILLE DU RST02

La grille du RTS02 aborde **la dimension sociale** en posant des questionnements qui traitent à la fois l'intégration, la cohésion et les interactions sociales. Elle suppose que la valorisation du patrimoine paysager et architecturale joue un rôle dans cette dimension notamment en termes de développement des relations. Ce thème pose également la question de la prise en compte des rythmes sociaux en fonction des modes de vie.

La grille aborde ensuite l'accessibilité des espaces à tous, y compris aux diverses classes sociales et génération afin d'aborder **l'équité**. Ainsi elle interroge l'accès aux transports collectifs et la qualité de vie de toutes les catégories de la société.

Pour mesurer la **viabilité d'un projet**, cet outil s'intéresse à l'adaptabilité des espaces et à la prise en compte des besoins de la population au travers des fonctions proposées, mais aussi par le biais de la variété des typologies offrant des possibilités d'évolution.

La grille invite les collectivités à mesurer leur impact sur l'environnement dans lequel s'insère le projet et cible les questionnements **sur la dimension environnementale**. Il invite au travers des thématiques abordées à limiter l'espace utilisé pour ériger le projet tout en mettant en valeur le contexte.

Enfin, **la vivabilité des aménagements** proposés est questionnée en s'intéressant à la qualité du cadre de vie qui doit satisfaire la sécurité, mais aussi les besoins liés à divers rythmes et modes de vies

ANNEXE 7

PROCESSUS DE FILTRATION POUR L'EXTRACTION DES DONNÉES

Paramètre	Surface imperméabilisée								
Entité	Lot A	Lot G	Lot H	Lot J	Lot N	Lot O	Lot R		publics
Fichier source	ZPC_ECB_LOT_A_T_19121	ZPC_ECH_LOT_GCom_T_181010 ZPC_ECH_LOT_GB_T_200720 ZPC_ECH_LOT_GC_T_200720	ZPC_ECH_LOT_H_FED_191121	ZPC_FLA_LOT_J_FED_200716	ZPC_FLA_LOT_N_FED_200716	ZPC_AM3_LOT_O_FED_191121	ZPC_ECB_LOT_R1-1_T_191224	ZPC_ECB_LOT_R1-2_T_191224	ZPC_DCE1_BASE_VOI_PH1_200608 + ZPC_DCE1_BASE_VOI_PH2_200608 + ZPC_DCE1_BASE_VOI_PH3_200608
Filtre 1	Level Ifc contient -1,SS	Level Ifc contient RDC (Bâtiment GA, GB, ½ Commerce)	Type d'IFC = IfcSlab Nom Ifc contient Floor:STR.30 Level Ifc = S1	Type d'IFC = IfcSlab Nom Ifc contient SOL Level Ifc = SS	Type d'IFC = IfcSlab Nom Ifc contient Sol,DBA Level Ifc = SS	Type d'IFC = IfcBuildingElementProxy Nom Ifc contient Dalle Level Ifc = R3	Type d'IFC = IfcSlab Nom Ifc contient Sol,LR2 Level Ifc = ARC_R-2	Type d'IFC = IfcSlab Nom Ifc contient Sol,LR2 Level Ifc = ARC_R-2	Type d'IFC = IfcSlab Nom Ifc contient Pierre
Filtre 2	Type Ifc = IfcSlab	Level Ifc contient R+01	Type d'IFC = IfcSpace Level Ifc = H_P00				Type d'IFC = IfcRamp Level Ifc = ARC_R-2	Type d'IFC = IfcSlab Nom Ifc contient Sol,LR2 Level Ifc = élévation = 76,63	Type d'IFC = IfcSlab Nom Ifc contient H13PIERRE
Filtre 3	Nom Ifc contient Dalle_Béton	Type Ifc = IfcSlab					Type d'IFC = IfcRampFlightLevel IFC = ARC_R-2	Type d'IFC = IfcSlab Nom Ifc contient Ramppe Level Ifc contient ARC_R-3	Type d'IFC = IfcSlab Nom Ifc contient Enrobé
Filtre 4	Nom Ifc contient Sol,LOA	Nom Ifc contient Floor:Sa2 (Bâtiment Commerce)							Type d'IFC = IfcSlab Nom Ifc contient Béton
Filtre 5		Nom Ifc contient Floor:A (Bâtiment GA, GB)							Type d'IFC = IfcSlab Nom Ifc contient Dalle pleine béton
Filtre 6									Type d'IFC = IfcSlab Matériaux LIST contient BETON
Filtre 7									Type d'IFC = IfcSlab Matériaux LIST contient Béton
Filtre 8									Type d'IFC = IfcSlab Matériaux LIST contient Granit
Filtre 9									Type d'IFC = IfcSlab Matériaux LIST contient DALLE BETON

Paramètre	Surface perméables								Espaces publics
Entité	Lot A	Lot G	Lot H	Lot J	Lot N	Lot O	Lot R		
Fichier source				ff-pp-pm-201026					ZPC_DCE1_BASE_VOL_PH1_200608 + ZPC_DCE1_BASE_VOL_PH2_200608 + ZPC_DCE1_BASE_VOL_PH3_200608
Filtre 1				Isolation : BASE_EV_VNACES + BASE_EV_ARBUJSTE _HACH + A. 05-05- AMEXCLAIR					Type d'IFC = IfcSlab Nom Ifc contient : EV
Filtre 2									Type d'IFC = IfcSlab -Nom Ifc contient Stabilisé
Filtre 3									Type d'IFC = IfcSlab Nom Ifc contient entrebâs
Filtre 4									Type d'IFC = IfcSlab Nom Ifc contient souple
Filtre 5									Type d'IFC = IfcSlab Nom Ifc contient : Platelage métallique
Filtre 6									Type d'IFC = IfcSlab Nom Ifc contient VRD_EAU
Filtre 7									Type d'IFC = IfcSlab Matériaux LIST contient Béton
Filtre 8									Type d'IFC = IfcSlab Matériaux LIST contient Granit

Paramètre	Surface de référence								Espaces publics
Entité	Lot A	Lot G	Lot H	Lot J	Lot N	Lot O	Lot R		
Fichier source				ff-pp-pm-201026					
Filtre 1				Isolation : LIMITES					

Paramètre	Diversité des matériaux												
Entité	Lot A	Lot G				Lot H	Lot J	Lot N		Lot O	Lot R	Espaces publics	
Fichier source	ZPC_ECB_LOT_A_T_19124.4c	ZPC_ECH_LOT_GA_I_200720	ZPC_ECH_LOT_GB_I_200720	ZPC_ECH_LOT_GC_T_200720	ZPC_ECH_LOT_Goom_T_191010	ZPC_ECH_LOT_GD_I_200720	ZPC_ECH_LOT_H_T_19121	ZPC_FLA_LOT_J_T_19121	ZPC_DCEI_FLA_LOT_N1_T	ZPC_DCEI_FLA_LOT_N2_T + ZPC_DCEI_FLA_LOT_N3_T + ZPC_DCEI_FLA_LOT_N4_T + ZPC_DCEI_FLA_LOT_N5_T	ZPC_AM3_LOT_O_T_19121	ZPC_ECB_LOT_R_T_19121	ZPC_DCEI_BASE_VOL_PH1_200608 + ZPC_DCEI_BASE_VOL_PH2_200608 + ZPC_DCEI_BASE_VOL_PH3_200608
Filtre 1	Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : Mur base.LOA_FRO_ARC	Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : Basic Wall.Me_L_Brique	Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : Basic Wall.Me_L_Basic	Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : Basic Wall.Me_L_Diamantata	Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : Basic Wall.Me_L_Enduit	Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : Basic Wall.Me_L_Enduit	Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : Basic Wall.Me_L_Enduit	Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : Basic Wall.Me_L_Enduit	Type d'IFC = ItoWindow	Type d'IFC = ItoWindow	Type d'IFC = ItoWindow	Type d'IFC = ItoWindow	Cf Surfaces imperméabilisées et perméables
Filtre 2	Type d'IFC = ItoWindow	Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : Basic Wall.Me_L_Enduit Beige	Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : Basic Wall.Me_L_Enduit Beige	Type d'IFC = ItoWindow	Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : Basic Wall.Me_L_Enduit Beige	Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : M_Door-Curtain-Wall-Double	Type d'IFC = ItoWindow	Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : PAN TOLE PLUEE	Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : MUR	Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : MUR	Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : Murs façade	Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : FACADE	
Filtre 3	Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : Cloison	Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : Basic Wall.Me_L_Enduit Blanche	Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : M_Door-Curtain-Wall-Double		Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : M_Door-Curtain-Wall-Double	Type d'IFC = ItoWindow	Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : MUR_double	Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : Panneau	Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : Panneau	Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : Panneau	Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : Type mur réseau	Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : ANGLE B	
Filtre 4	Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : VoieBA_20 cm	Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : Basic Wall.Me4	Type d'IFC = ItoWindow		Type d'IFC = ItoWindow	Nom IFC contenu : PanelGlazed	Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : MUR_panneau vitre	Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : POR_metal	Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : POR-Double vitre	Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : POR-Double vitre	Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : TA	Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : MUR EXTERIEUR	
Filtre 5	Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : colle 07 cm + isolant 12 cm	Type d'IFC = ItoWindow	Nom IFC contenu : PanelGlazed		Nom IFC contenu : PanelGlazed		Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : MUR_tourneau	Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : Métal	Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : Mur de base-CLO-CLOISON-PLATRE-4cm	Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : PAN TOLE PLUEE	Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : Panneau	Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : Panneau	
Filtre 6	Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : BA 10 cm	Nom IFC contenu : PanelGlazed					Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : Basic Wall.VENTILELLE	Type d'IFC = ItoSlab Nom IFC contenu : POR-Garage	Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : GRILLE_VHVB	Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : GRILLE_VHVB	Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : Dalle-011		
Filtre 7	Type d'IFC = ItoSlab Matériaux LIST : BA 20 cm + Couvertine						Type d'IFC = ItoSlab Matériaux LIST : Basic Wall.VENTILELLE	Type d'IFC = ItoSlab Nom IFC contenu : Vitre			Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : Canniveau à grille		
Filtre 8	Type d'IFC = ItoSlab Matériaux LIST : Pierre agriffée						Type d'IFC = ItoSlab Matériaux LIST : Basic Wall.STR_40				Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : MUR.EXT		
Filtre 9	Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : Couvertine						Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : Caisson				Nom IFC contenu : FC1		
Filtre 10	Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : Aluminium						Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : Basic Wall.CLS Pstl.WallCommon Référence : CLS_mauit				Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : P.D.O.		
Filtre 11	Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : ItoWindow										Type d'IFC = tous Nom IFC contenu : Pagode		
Filtre 12	Type d'IFC = Tous Nom IFC contenu : Porte accès extérieure												

Paramètre	Velum urbain											
Entité	Lot A	Lot G					Lot H	Lot J	Lot N		Lot O	Lot R
Fichier source	ZPC_ECB_LOT_A_T_191224.ffc	ZPC_ECH_LOT_GA_T_200720	ZPC_ECH_LOT_GB_T_200720	ZPC_ECH_LOT_GC_T_200720	ZPC_ECH_LOT_GCOM_T_181010	ZPC_ECH_LOT_GD_T_200720	ZPC_ECH_LOT_H_T_191121	ZPC_FLA_LOT_J1_T_191121	ZPC_DCE1_FLA_LOT_N1_T	ZPC_DCE1_FLA_LOT_N2_T + ZPC_DCE1_FLA_LOT_N3_T + ZPC_DCE1_FLA_LOT_N4_T + ZPC_DCE1_FLA_LOT_N5_T	ZPC_AMB_LOT_O_T_191121	ZPC_ECB_LOT_R_T_191121
Filtre 1	Type d'IFC = Tous Nom IFC content : Mur base:LOA_PRO_ARC	Type d'IFC = tous Nom IFC content : Basic.Wall.Me1_1_1 Briquelette	Type d'IFC = tous Nom IFC content : Basic.Wall.Me1_1_1 Wail.Me1_Diamantata	Type d'IFC = Tous Nom IFC content : Basic.Wall.Me1_1_1 Enduit	Type d'IFC = tous Nom IFC content : Basic.Wall.Me1_1_1 Wail.Me1_Diamantata	Type d'IFC = tous Nom IFC content : Basic.Wall.Me1_1_1 Enduit	Type d'IFC = Tous Nom IFC content : Basic.Wall.FAC	Type d'IFC =ifcWindow	Type d'IFC = ifcWindow	Type d'IFC = ifcWindow	Type d'IFC = ifcWindow	Type d'IFC = ifcWindow
Filtre 2	Type d'IFC =ifcWindow	Type d'IFC = Tous Nom IFC content : Basic.Wall.Me1_1_1 Enduit Beige	Type d'IFC = Tous Nom IFC content : Basic.Wall.Me1_1_1 Enduit Beige	Type d'IFC = ifcWindow	Type d'IFC = Tous Nom IFC content : Basic.Wall.Me1_1_1 Enduit Beige	Type d'IFC = Tous Nom IFC content : M_Door-Curtain-Wail-Double	Type d'IFC = ifcWindow	Type d'IFC = Tous Nom IFC content : PAN-TOLE PLIEE	Type d'IFC = Tous Nom IFC content : MUR EXT	Type d'IFC = Tous Nom IFC content : MUR EXT	Type d'IFC = Tous Nom IFC content : Murs tagade	Type d'IFC = Tous Nom IFC content : FACADE
Filtre 3	Type d'IFC = Tous Nom IFC content : Caisson	Type d'IFC = Tous Nom IFC content : Basic.Wall.Me1_1_1 Enduit Blanche	Type d'IFC = Tous Nom IFC content : M_Door-Curtain-Wail-Double	Type d'IFC = Tous Nom IFC content : M_Door-Curtain-Wail-Double	Type d'IFC = Tous Nom IFC content : M_Door-Curtain-Wail-Double	Type d'IFC = ifcWindow	Type d'IFC = Tous Nom IFC content : MRD_porte double	Type d'IFC = Tous Nom IFC content : Panneau	Type d'IFC = Tous Nom IFC content : Panneau	Type d'IFC = Tous Nom IFC content : Panneau	Type d'IFC = Tous Nom IFC content : Type mur rideau	Type d'IFC = Tous Nom IFC content : ANGLE B
Filtre 4	Type d'IFC = Tous Nom IFC content : VoieBA 20 cm	Type d'IFC = Tous Nom IFC content : Basic.Wall.Me4	Type d'IFC = ifcWindow	Type d'IFC = ifcWindow	Type d'IFC = ifcWindow	Nom IFC content : Panel.Glazed	Type d'IFC = Tous Nom IFC content : MRD_Panneau vitré	Type d'IFC = Tous Nom IFC content : POR metal	Type d'IFC = Tous Nom IFC content : POR-Double vitrée	Type d'IFC = Tous Nom IFC content : POR-Double vitrée	Type d'IFC = Tous Nom IFC content : TA	Type d'IFC = Tous Nom IFC content : MUREXTERIEUR
Filtre 5	Type d'IFC = Tous Nom IFC content : + colls 0.7 cm + isolant 12 cm	Type d'IFC = ifcWindow	Nom IFC content : Panel.Glazed	Nom IFC content : Panel.Glazed	Nom IFC content : Panel.Glazed	Nom IFC content : Panel.Glazed	Type d'IFC = Tous Nom IFC content : MRD_Truneau	Type d'IFC = Tous Nom IFC content : POR Métal	Type d'IFC = Tous Nom IFC content : de base:CLO- CLOISON-PLATRE- 4cm	Type d'IFC = tous Nom IFC content : PAN-TOLE PLIEE	Type d'IFC = Tous Nom IFC content : Panneau	Type d'IFC = Tous Nom IFC content : Panneau
Filtre 6	Type d'IFC = Tous Nom IFC content : BA 16 cm	Nom IFC content : Panel.Glazed					Type d'IFC = Tous Nom IFC content : Basic.Wall.VENTELLE	Type d'IFC = ifcSlab Nom IFC content : POR-Garage	Type d'IFC = Tous Nom IFC content : GRILLE_VHVB	Type d'IFC = Tous Nom IFC content : GRILLE_VHVB	Type d'IFC = Tous Nom IFC content : Dalle-011	
Filtre 7	Type d'IFC = ifcSlab Matériaux LIST : BA 20 cm + Couvertine						Type d'IFC = ifcSlab Matériaux LIST : ventilles	Type d'IFC = ifcSlab Nom IFC content : Vitré			Type d'IFC = Carniveau à grille	
Filtre 8	Type d'IFC = ifcSlab Matériaux LIST : Pierre agrafée						Type d'IFC = ifcSlab Matériaux LIST : Basic.Wall_STR_40				Type d'IFC = Tous Nom IFC content : MurEXT	
Filtre 9	Type d'IFC = Tous Nom IFC content : Couvertine						Type d'IFC = Tous Nom IFC content : Caisson				Nom IFC content : FC1	
Filtre 10	Type d'IFC = Tous Nom IFC content : Aluminium						Type d'IFC = tous Nom IFC content : Basic.WallCLS Pest.WallCommon Référence : CLS-chaud				Type d'IFC = Tous Nom IFC content : P.D.O.	
Filtre 11	Type d'IFC = Tous Nom IFC content : ifcWindow										Type d'IFC = tous Nom IFC content : Pagade	

Paramètre	Diversité des âges des bâtiments										
Entité	Lot A	Lot G				Lot H	Lot J	Lot N	Lot O	Lot R	
Fichier source	ZPC_ECB_LOT_A_T_191224.ifc	ZPC_ECH_LOT_GA_T_200720	ZPC_ECH_LOT_GB_T_200720	ZPC_ECH_LOT_GC_T_200720	ZPC_ECH_LOT_GCom_T_181010	ZPC_ECH_LOT_GD_T_200720	ZPC_ECH_LOT_H_T_191121	ZPC_FLA_LOT_J_T_191121	ZPC_DCE1_FLA_LOT_N2_T + ZPC_DCE1_FLA_LOT_N3_T + ZPC_DCE1_FLA_LOT_N4_T + ZPC_DCE1_FLA_LOT_N5_T	ZPC_AM3_LOT_O_T_191121	ZPC_ECB_LOT_R_T_191121
Filtre 1	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Type d'IFC = IfcWindow	Pas de données	Pas de données	Pas de données
Filtre 2	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Type d'IFC = Tous Nom IFC contient : PAN-TOLE PULEE	Pas de données	Pas de données	Pas de données
Filtre 3	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Type d'IFC = Tous Nom IFC contient : Panneau	Pas de données	Pas de données	Pas de données
Filtre 4	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Type d'IFC = Tous Nom IFC contient : POR Nom IFC contient : métal	Pas de données	Pas de données	Pas de données
Filtre 5	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Type d'IFC = Tous Nom IFC contient : POR Nom IFC contient : Métal	Pas de données	Pas de données	Pas de données
Filtre 6	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Type d'IFC = IfcSlab Nom IFC contient : POR-Garage	Pas de données	Pas de données	Pas de données
Filtre 7	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Pas de données	Type d'IFC = IfcSlab Nom IFC contient : Vitré	Pas de données	Pas de données	Pas de données

Paramètre	Eclairage artificiel
Entité	Espaces publics
Fichier source	ZPC_DCE1_BASE_AMU_PH1_200608 ZPC_DCE1_BASE_AMU_PH2_200608 ZPC_DCE1_BASE_AMU_PH3_200608
Filtre 1	Type d'IFC = IfcFlowTerminal

Paramètre	Desserte en transports en commun
Entité	Espaces publics
Fichier source	ZFC_DCEI_BASE_AMU_PH1_200808 + ZFC_DCEI_BASE_AMU_PH2_200808 + ZFC_DCEI_BASE_AMU_PH3_200808 + ZFC_DCEI_BASE_VOI_PH1_200808 + ZFC_DCEI_BASE_VOI_PH2_200808 + ZFC_DCEI_BASE_VOI_PH3_200808
Filtre 1	Pas d'infos

Paramètre	Diversité des surfaces allouées aux différents modes de transports
Entité	Espaces publics
Fichier source	ZFC_DCEI_BASE_AMU_PH1_200808 + ZFC_DCEI_BASE_AMU_PH2_200808 + ZFC_DCEI_BASE_VOI_PH1_200808 + ZFC_DCEI_BASE_VOI_PH2_200808 + ZFC_DCEI_BASE_VOI_PH3_200808
Filtre 1	Nom d'FC = Passage piloté
Filtre 2	Nom d'FC = Fiste Cyclable
	Cf. Surfaces imperméabilisées
	ZFC_DCEI_BASE_VOI_PH1_200808 + ZFC_DCEI_BASE_VOI_PH2_200808 + ZFC_DCEI_BASE_VOI_PH3_200808

Paramètre	Offre en stationnements publics
Entité	Espaces publics
Fichier source	ZFC_DCEI_BASE_AMU_PH1_200808 + ZFC_DCEI_BASE_AMU_PH2_200808 + ZFC_DCEI_BASE_VOI_PH1_200808 + ZFC_DCEI_BASE_VOI_PH2_200808 + ZFC_DCEI_BASE_VOI_PH3_200808
Filtre 1	Nom d'FC = Cidu
Filtre 2	Nom d'FC = PMR
Filtre 3	Nom d'FC = Invention
Filtre 4	Nom d'FC = Marque Invention
Filtre 5	Nom d'FC = Aoxeau Velo
Filtre 6	Nom d'FC = Aoxeau
Filtre 7	Nom d'FC = Table

Paramètre	Connexions au quartier
Entité	Espaces publics
Fichier source	ZPC_DCE1_BASE_AMU_PH1_200608 + ZPC_DCE1_BASE_AMU_PH2_200608 + ZPC_DCE1_BASE_AMU_PH3_200608 + ZPC_DCE1_BASE_VOI_PH1_200608 + ZPC_DCE1_BASE_VOI_PH2_200608 + ZPC_DCE1_BASE_VOI_PH3_200608
Filtre 1	Pas d'Info

Paramètre	Diversité urbaine/ Polyvalence / répétition							
Entité	Lot A	Lot G	Lot H	Lot J	Lot N	Lot O	Lot R	Espaces publics
Fichier source	ZPC_ECB_LOT_A1_I_191224.ffc + ZPC_ECB_LOT_A2_I_191224.ffc + ZPC_ECB_LOT_A3_I_191224.ffc	ZPC_ECH_LOT_GA_I_200720 + ZPC_ECH_LOT_GB_I_200720 + ZPC_ECH_LOT_GC_I_200720 + ZPC_ECH_LOT_GCom_I_200720 + ZPC_ECH_LOT_GD_I_200720	ZPC_ECH_LOT_HI_I_191121	ZPC_FLA_LOT_J1_I_191121	ZPC_DCE1_FLA_LOT_N1_I + ZPC_DCE1_FLA_LOT_N2_I + ZPC_DCE1_FLA_LOT_N3_I + ZPC_DCE1_FLA_LOT_N4_I + ZPC_DCE1_FLA_LOT_N5_I	ZPC_AM3_LOT_O_I_191121	ZPC_ECB_LOT_R_I_191121	ZPC_DCE1_BASE_VOI_PH1_200608 + ZPC_DCE1_BASE_VOI_PH2_200608 + ZPC_DCE1_BASE_VOI_PH3_200608
Filtre 1	Type d'IFC = IfcSpace Longname : Balcon	Type d'IFC = IfcSpace	Type d'IFC = IfcSpace Longname : BALCON	Type d'IFC = IfcSpace Longname : Surface	Type d'IFC = IfcSpace Longname : BALCON	Pas d'Informations	Type d'IFC = IfcSpace	Cf Surface perméables et imperméabilisées
Filtre 2	Type d'IFC = IfcSpace Longname : Jardin Privatif		Type d'IFC = IfcSpace Longname : TERRASSE	Type d'IFC = IfcSpace Longname : TERRASSE	Type d'IFC = IfcSpace Longname : TERRASSE			
Filtre 3	Type d'IFC = IfcSpace Longname : Terrasse			Type d'IFC = IfcSpace Longname : BALCON	Type d'IFC = IfcSpace Longname : Surface			
Filtre 4	Type d'IFC = IfcSpace Longname : ROOF							
Filtre 5	Type d'IFC = IfcSpace Longname : Toiture							
Filtre 6	Type d'IFC = IfcSpace Longname : Technique							
Filtre 7	Type d'IFC = IfcSpace Group : [SHOT AVEC BALCON/TERRASS ES]							

Paramètre	Accès aux bâtiments											
Entité	Lot A	Lot G					Lot H	Lot J	Lot N		Lot O	Lot R
Fichier source	ZPC_ECB_LOT_A_T_191224.ifc	ZPC_ECH_LOT_GA_T_200720	ZPC_ECH_LOT_GB_T_200720	ZPC_ECH_LOT_GC_T_200720	ZPC_ECH_LOT_GCom_T_181010	ZPC_ECH_LOT_GD_T_200720	ZPC_ECH_LOT_H_T_191121	ZPC_FLA_LOT_J_T_191121	ZPC_DCEI_FLA_LOT_N1_T	ZPC_DCEI_FLA_LOT_N2_T + ZPC_DCEI_FLA_LOT_N3_T + ZPC_DCEI_FLA_LOT_N4_T + ZPC_DCEI_FLA_LOT_N5_T	ZPC_AM3_LOT_O_T_191121	ZPC_ECB_LOT_R_T_191121
filtre 1	Type d'IFC = IfcDoor											

Paramètre	Hauteur des RDC											
Entité	Lot A	Lot G					Lot H	Lot J	Lot N		Lot O	Lot R
Fichier source	ZPC_ECB_LOT_A_T_191224.ifc	ZPC_ECH_LOT_GA_T_200720	ZPC_ECH_LOT_GB_T_200720	ZPC_ECH_LOT_GC_T_200720	ZPC_ECH_LOT_GCom_T_181010	ZPC_ECH_LOT_GD_T_200720	ZPC_ECH_LOT_H_T_191121	ZPC_FLA_LOT_J_T_191121	ZPC_DCEI_FLA_LOT_N1_T	ZPC_DCEI_FLA_LOT_N2_T + ZPC_DCEI_FLA_LOT_N3_T + ZPC_DCEI_FLA_LOT_N4_T + ZPC_DCEI_FLA_LOT_N5_T	ZPC_AM3_LOT_O_T_191121	ZPC_ECB_LOT_R_T_191121
filtre 1	Type d'IFC = IFCSpace											

Paramètre	Recul par rapport à la voirie												
Entité	Lot A	Lot G					Lot H	Lot J	Lot N		Lot O	Lot R	Espaces publics
Fichier source	ZPC_ECB_LOT_A_T_191224.ifc	ZPC_ECH_LOT_GA_T_200720	ZPC_ECH_LOT_GB_T_200720	ZPC_ECH_LOT_GC_T_200720	ZPC_ECH_LOT_GCom_T_181010	ZPC_ECH_LOT_GD_T_200720	ZPC_ECH_LOT_H_T_191121	ZPC_FLA_LOT_J_T_191121	ZPC_DCEI_FLA_LOT_N1_T	ZPC_DCEI_FLA_LOT_N2_T + ZPC_DCEI_FLA_LOT_N3_T + ZPC_DCEI_FLA_LOT_N4_T + ZPC_DCEI_FLA_LOT_N5_T	ZPC_AM3_LOT_O_T_191121	ZPC_ECB_LOT_R_T_191121	ZPC_DCEI_BASE_VOI_PH1_200608 + ZPC_DCEI_BASE_VOI_PH2_200608 + ZPC_DCEI_BASE_VOI_PH3_200608
filtre 1	Type d'IFC = IfcDoor											Cf. Surfaces imprimées	

ANNEXE 8

DÉTAIL DES OPÉRATIONS DES PROCESSUS DE QUANTIFICATION DES PARAMÈTRES

A. Typo-morphologie

IMPERMÉABILISATION DES SOLS :

- **SUPERFICIES D'ESPACES IMPERMÉABILISÉS :**

➤ Superficies imperméables des Lots :

> Rassemblement de l'ensemble des surfaces imperméabilisées des Lots avec « Merge »

> Calculer la surface (ou superficie) de cette couche avec « *Calculate geometry attributes* » : Surface = « Area » en m²

> Obtention des superficies des *surfaces imperméabilisées des Lots*

➤ Superficies imperméables des EP :

> Rassemblement de l'ensemble des surfaces imperméabilisées des Lots avec « Merge »

> Calculer la surface (ou superficie) de cette couche avec « *Calculate geometry attributes* » : Surface = « Area » en m²

> Obtention des superficies des *surfaces imperméabilisées des EP*

➤ Superficies imperméables par rapport au quartier

> Calcul de la surface totale du Quartier avec « *Calculate Geometry Attributes* » : Surface_Quartier = « Area » en m²

> Somme de la surface totale du quartier avec « *Summary Statistics* »

> Rassemblement des superficies des surfaces perméables des Lots, des EP et de la surface totale du quartier avec « *Merge* »

> Somme des valeurs de superficie des surfaces imperméabilisées des Lots et des EP et de la surface du quartier avec « *Summary Statistics* »

> Calcul du ratio des surfaces imperméables totales du quartier

- **SUPERFICIES PERMÉABLES :**

➤ Superficies perméables des Lots :

> Rassemblement des Toitures végétalisées, des Espaces verts et des Aménagements perméables des lots en groupe puis en couches respectives

> Calcul des surfaces de ces groupes avec « *Calculate Geometry Attributes* » : Surface = « area » en m²

> Calcul d'une surface pondérée en fonction de la perméabilité de la surface (1= Espaces verts, 0,7 = Toitures végétalisées, 0,5 = Surface minérale perméable) avec « *Calculer un champ* » : Surface_Pond = !Surface !* (1 ou 0.7 ou 0.5)

> Rassemblement de l'ensemble des surfaces perméables des Lots avec « *Merge* »

> Obtention des superficies totales des surfaces perméables des Lots avec « *Summary Statistics* » : Surface_Pond = Sum

➤ Superficies perméables des EP :

> Rassemblement de l'ensemble des surfaces perméables des Lots avec « *Merge* »

> Calculer la surface (ou superficie) de cette couche avec « *Calculate geometry attributes* » : Surface_Perm_EP = « Area » en m²

> Obtention des superficies totales des surfaces perméables des EP avec « *Summary Statistics* » : Surface_Perm_EP = Sum

➤ Superficies perméables par rapport au quartier

- > Calcul de la surface totale du Quartier avec « *Calculate Geometry Attributes* » : Surface_Quartier = « Area » en m²
- > Rassemblement des superficies des surfaces perméabilisées des Lots, des EP et de la surface totale du quartier avec « *Merge* »
- > Somme des valeurs de superficie des surfaces perméabilisées des Lots et des EP et de la surface du quartier avec « *Summary Statistics* »
- > Calcul du ratio des surfaces perméables totales du quartier

GABARITS DES LOTS CONSTRUCTIFS

- **COMPACTITÉ SPATIALE DE L'ÎLOT (VOLUMES BÂTI ET NON BÂTI)**

➤ Compacité des volumes :

a) Compacité énergétique

- > Besoin des champs « *intérieur* » et « *bâtiment* » des lfcSpace du bâtiment A3 (Intérieur = oui/non et Bâtiment = A/A2/A3)
- > Calcul de « *MinZ, MaxZ, Surface* » grâce à « *Calculer des attributs géométriques* » (coordonnées correspondantes et Area)
- > Calcul du champ Volume avec « *calculer un champ* » : volume = Surface * (!MaxZ !- !MinZ !)
- > Sélection des lfcSpaces intérieurs et exclusion des lfcSpace nommés « *surface* » avec « *Select Layer By Attribute* »
- > Calcul du *volume total intérieur du bâtiment* avec « *summary statistics* » (ModelBuilder)

Volume_Intérieur_Total_LotA X			
Field:	Add	Calculate	Selection:
	OBJECTID *	FREQUENCY	SUM_Volume
1	1	1018	15923,29212
Click to add new row.			

Where	Intérieur	is equal to	oui
And	LongName	is not equal to	Surface
+ Add Clause			

- > Ajout du champ « *Etage* » afin de sélectionner les lfcSpace de toiture (parois toiture = contact avec l'extérieur)
- > Sélection des lfcSpaces de toiture et exclusion des lfcSpace nommés « *surface* » avec « *Select Layer By Attribute* »
- > Calcul de *la surface totale parois de toiture* avec « *summary statistics* » (ModelBuilder)

Surface_Totale_Toiture_LotA X			
Field:	Add	Calculate	Selection:
	OBJECTID *	FREQUENCY	SUM_Surface
1	1	17	1595,310434
Click to add new row.			

Where	Etage	contains the text	Toiture
And	LongName	is not equal to	Surface
+ Add Clause			

- > Ajout d'attribut « *bâtiment* » aux façades du Lot A (bâtiment = A1/A2/A3)
- > Calcul de « *MinX, MinY, MaxX, MaxY, MinZ, MaxZ* » grâce à « *calculer une géométrie* » (coordonnées correspondantes)
- > Calcul du champ « *surface* » avec « *calculer un champ* » : Surface = ((!MaxZ!-!MinZ!)/1000) * (((!MinX!-!MaxX!)**2 + (!MinY!-!MaxY!)**2)**(1/2))/1000 (on divise par 1000 car les mesures sont en mm et nous souhaitons au final avoir des m² et pas mm²)
- > Sélection des façades du bâtiment A3 et exclusion des sous-sols

> Calcul de la *surface totale des façades* du bâtiment A3 avec « summary statistics » (ModelBuilder)

Surface_Total_Façades_LotA			
Field:	Add	Calculate	Selection:
	OBJECTID *	FREQUENCY	SUM_Surface
1	1	453	4640,502873
Click to add new row.			

Where	Level	is not equal to	-1
+ Add Clause			

> Rassembler les deux surfaces de déperdition des parois (« *Surface Totale Toiture A3* » et « *Surface Totale Façades A3* ») avec « Merge » afin de n'avoir qu'une table commune pour les surfaces de déperdition de l'enveloppe A3

> Rassembler les Surfaces de déperdition de l'enveloppe A3 et le volume intérieur A3 avec « Merge » afin de n'avoir qu'une table commune (Avec Volume (SUM_Volume), Surfaces de l'enveloppe (SUM_Surface))

> Réaliser un « summary statistics » pour chacun des champs (SUM_Volume, SUM_Surface) afin de ne pas avoir de valeur « NULL » et avoir tout sur une même ligne, qu'on nomme « *Volume_Surfaces_Total_Fusion_A3* »

> Calculer la compacité énergétique grâce à « *calculer un champ* » (avec création d'une couche et pas update) :
 Compacité Énergétique = ($\$feature.SUM_SUM_Surface / \$feature.SUM_SUM_Volume$)

b) Compacité bâtie

> Besoin des champs « *intérieur* » et « *bâtiment* » des lfcSpace du bâtiment A3 (Intérieur = oui/non et Bâtiment = A1/A2/A3)

> Calcul d'attributs géométriques « *MinZ*, « *MaxZ*, « *Surface* » grâce à « *Calculer des attributs géométriques* » (coordonnées correspondantes et Area)

> Sélection des lfcSpaces intérieurs, exclusion des lfcSpace nommés « *surface* » et exclusion des espaces inférieurs à 2,25 m avec « *Select Layer By Attribute* »

> Création et calcul de la « *surface habitable* » avec « *calculer un champ* » : Surface Habitable = !Surface ! (il faut différencier les titres pour la suite sinon les surfaces de l'enveloppe et celles des espaces habitables vont se confondre.

> Calcul de la *Surface totale habitable du bâtiment* avec « summary statistics » (ModelBuilder)

Surface_Totale_Habitable_LotA			
Field:	Add	Calculate	Selection:
	OBJECTID *	FREQUENCY	SUM_Surface_Habitable
1	1	1017	6309,799065
Click to add new row.			

Where	Intérieur	is equal to	oui
And	LongName	is not equal to	Surface
And	Hauteur	is greater than	2
+ Add Clause			

> Pour la somme des surfaces de l'enveloppe de déperdition (façades + toiture), même processus que pour la compacité énergétique

> Calcul de la *surface totale parois de toiture* avec « summary statistics » (ModelBuilder)

Surface_Totale_Toiture_LotA			
Field:	Add	Calculate	Selection:
	OBJECTID *	FREQUENCY	SUM_Surface
1	1	17	1595,310434
Click to add new row.			

Where	Etage	contains the text	Toiture
And	LongName	is not equal to	Surface
+ Add Clause			

> Calcul de la *surface totale des façades du bâtiment A3* avec « summary statistics » (ModelBuilder)

Surface_Total_Façades_LotA			
Field:	Add	Calculate	Selection:
OBJECTID *	FREQUENCY	SUM_Surface	
1	453	4640,502873	
Click to add new row.			

Where	Level	is not equal to	-1
+ Add Clause			

> Rassembler les deux surfaces de déperdition des parois (Surface Totale Toiture A3 et Surface Totale Façades A3) avec « Merge » afin de n'avoir qu'une table commune pour les surfaces de déperdition de l'enveloppe A3

> Rassembler les Surfaces de déperdition de l'enveloppe A3 et le total des surfaces habitables A3 avec « Merge » afin de n'avoir qu'une table commune (Avec Surface de l'enveloppe (SUM_Surface), Surfaces habitables (SUM_Surface_Habitable))

> Réaliser un « summary statistics » pour chacun des champs (SUM_Surface, SUM_Surface_Habitable) afin de ne pas avoir de valeur « NULL » et avoir tout sur une même ligne, qu'on nomme « Surface_Enveloppe_Habitable_Fusion_A3 »

> Calculer la compacité bâtie grâce à « calculer un champs » (avec création d'une couche et pas update) : Compacité Bâtie = ($\$feature.SUM_SUM_Surface / \$feature.SUM_SUM_Surface_Habitable$)

> Illustration du processus complet afin d'obtenir la Compacité bâtie

➤ Compacité non bâtie

a) Porosité (horizontale) de l'îlot

> Calcul des surfaces des limites d'îlot grâce à « Calculer des attributs géométriques » (Surface_Limites = Area)

> Sélection des lfcSpaces intérieurs situés au RDC avec « Select Layer By Attribute » autres que surface

> Calcul de la Surface Bâtie avec « Calculer des attributs géométriques » (Surface_batie = Area)

> Rassembler les Surfaces des limites de LotA et des Surfaces Bâties dans une même couche (Surface_Limites et Surface_batie)

> Somme de toutes les Surfaces des limites de LotA et des Surfaces Bâties avec « Summary Statistics » (SUM_Surface_Limites et SUM_Surface_batie)

Surface_Limites_Batie_Fusion_LotA				
Field:	Add	Calculate	Selection:	Select By Attributes
OBJECTID *	FREQUENCY	SUM_Surface_Limites	SUM_Surface_batie	
1	249	3736,704389	1615,116768	
Click to add new row.				

> Calcul de la Porosité Horizontale avec « Calculer un champ » (nouvelle couche pas update) : Porosité Horizontale = $(\$feature.SUM_Surface_Limites - \$feature.SUM_Surface_batie) / \$feature.SUM_Surface_Limites_Surface$ (correspond à la surface Non bâtie/ surface totale de l'îlot du Lot A)

- **RUPTURES VISUELLES AU RDC DU FRONT BÂTI**

➤ Porosité du front bâti au RDC

> Besoin d'attribut « StreetFront » (Front de voirie) sur les façades face à la rue et d'étages (ici certaines façades du RDC ne sont pas présentes à cause de la conversion lfc-Shp)

> Sélection automatique grâce à l'outil « Select Layer By Attributes » → « StreetFront = oui, Level IN 0 »

> Calcul des longueurs de chaque entité de façade sélectionnée grâce à « calculer un champ » ((ModelBuilder) : Longueur = $((!(MinX!-!MaxX!)**2 + !(MinY!-!MaxY!)**2)**(1/2))/(1000)$ (Passage des mm en m grâce à « /1000 »)

> Obtention de la *Longueur totale des façades face à la voirie* (en cm) grâce à l'outil « summary statistics » des entités sélectionnées (ModelBuilder)

> Création d'une projection du multipatch des Limites du LotA avec « Multipatch Footprint »

- > Calcul du périmètre de la projection des Limites du LotA avec « *Calculate Geometry Attributes* » afin d'obtenir le *périmètre de l'îlot du LotA*
- > Rassemblement de la longueur totale des façades du LotA et du périmètre des Limites de LotA avec « *Merge* »
- > Somme du champ Longueurs totale des façades face à la voirie du Lot A et du champ Périmètre de l'îlot du LotA avec « *Summary Statistics* »
- > Calcul de la porosité du Front bâti avec « *Calculer un champs* » (nouvelle couche pas update) : Porosité du Front bâti = $(1 - (\$feature.SUM_SUM_Longueur / \$feature.SUM_Perimetre))$

AMBIANCES URBAINES

- DIVERSITÉ DES ÂGES DES BÂTIMENTS

Détail des âges n'est pas disponible dans le CIM, on rajoute donc les données.

- > Ajout des âges du bâtiment selon période de construction
- > Sélection par époque de construction avec « *Select by attribute* »
- > Résumé statistique de somme pour obtenir les superficies par époque de construction
- > Renommer le champ avec le nom de la période
- > Fusion de l'ensemble des superficies dans une même table avec « *Merge* »
- > Calcul de la superficie totale, toutes époques confondues en réalisant un « *Summary Statistics* »
- > Calcul de la diversité des âges avec l'outil « *calculate field* » : $-1 * (((!SUM_Surf_E1! / !SURface_Toutes_Epoques!) * (\text{math.log}(!SUM_Surf_E1! / !SURface_Toutes_Epoques!)) / \text{math.log}(2)) + (!SUM_Surf_E2! / !SURface_Toutes_Epoques!) * (\text{math.log}(!SUM_Surf_E2! / !SURface_Toutes_Epoques!) / \text{math.log}(2)) + (!SUM_Surf_E3! / !SURface_Toutes_Epoques!) * (\text{math.log}(!SUM_Surf_E3! / !SURface_Toutes_Epoques!) / \text{math.log}(2)) + (!SUM_Surf_E4! / !SURface_Toutes_Epoques!) * (\text{math.log}(!SUM_Surf_E4! / !SURface_Toutes_Epoques!) / \text{math.log}(2)) + (!SUM_Surf_E5! / !SURface_Toutes_Epoques!) * (\text{math.log}(!SUM_Surf_E5! / !SURface_Toutes_Epoques!) / \text{math.log}(2)) + (!SUM_Surf_E6! / !SURface_Toutes_Epoques!) * (\text{math.log}(!SUM_Surf_E6! / !SURface_Toutes_Epoques!) / \text{math.log}(2))))$

- DIVERSITÉ DES MATÉRIAUX

- > Besoin =
 - Catégorisation des revêtements de façades : Parements en Briques/ Briquette (PB), Parements en Pierre (PP) Bétons peints et Enduits (E), Bardages Bois (BB), Bardages métalliques (BM), Mur rideau (MR)
 - Catégorisation des revêtements de sols : Pavés enherbés (PE), Pavés et Dalles Béton (PDB), Bois d'extérieur (BE), Enrobés (Er), Pierre (P), Béton désactivé (BD), Résines (R), Stabilisé (S)
- > Rassemblement de l'ensemble des façades des lots du quartier avec « *Merge* »
- > Catégorisation des façades, avec l'établissement d'un dictionnaire, en fonctions de leurs matériaux avec « *Calculate fields* » (cf. Block Code)

```

Bloc de code:

def mat_select (type):

    char_to_parse = ['_','-','+','0','#','2','!']
    word_to_find = ["Béton","BETON","BA","Enduit","END","lasure","Diamantata","BRIQUE","Bri","Brique","PLAQ","BOIS", "Métal","metal","Pierre","rideau"]
    output = ["B","B","B","E","E","E","PB","PB","PB","PB","BB","BM","BM","PP","MR"]

    cat = []
    for parser in char_to_parse :
        type = " ".join(type.split(parser))

    for word in word_to_find :
        if word.lower() in type.lower().split() :
            cat.append(output[word_to_find.index(word)])
        if len(cat) == 0 :
            return None
        else :
            return cat[-1]

```

> Sélection des façades par catégorie de matériaux avec « *select by attributes* » et fusion de leurs surfaces afin d'obtenir la surface de chaque catégorie de matériaux avec « *summary Statistics* », que l'on renomme en fonction de chaque catégorie de matériaux avec « *Alter Field* »

> Rassemblement de l'ensemble des surfaces des catégories de matériaux avec « *Merge* » et fusion pour ne plus avoir de valeurs nulles dans la table avec « *Summary Statistics* »

> Calcul de la surface totale de toutes les catégories de matériaux confondues avec « *Calculate Field* » :
 $Surface_TousMateriaux_Facade = !SUM_Surface_MR! + !SUM_Surface_BB! + !SUM_Surface_BM! + !SUM_Surface_E! + !SUM_Surface_PP! + !SUM_Surface_PB! + !SUM_Surface_B!$

> Calcul de la *diversité des matériaux des façades* avec « *Calculate field* » :
 $Diversite_Materiaux_Facades = -1 * (((!SUM_Surface_MR! / !Surface_TousMateriaux!) * (math.log(!SUM_Surface_MR! / !Surface_TousMateriaux!) / math.log(2)) + (!SUM_Surface_BB! / !Surface_TousMateriaux!) * (math.log(!SUM_Surface_BB! / !Surface_TousMateriaux!) / math.log(2)) + (!SUM_Surface_BM! / !Surface_TousMateriaux!) * (math.log(!SUM_Surface_BM! / !Surface_TousMateriaux!) / math.log(2)) + (!SUM_Surface_E! / !Surface_TousMateriaux!) * (math.log(!SUM_Surface_E! / !Surface_TousMateriaux!) / math.log(2)) + (!SUM_Surface_PP! / !Surface_TousMateriaux!) * (math.log(!SUM_Surface_PP! / !Surface_TousMateriaux!) / math.log(2)) + (!SUM_Surface_PB! / !Surface_TousMateriaux!) * (math.log(!SUM_Surface_PB! / !Surface_TousMateriaux!) / math.log(2)) + (!SUM_Surface_B! / !Surface_TousMateriaux!) * (math.log(!SUM_Surface_B! / !Surface_TousMateriaux!) / math.log(2)))) = -C * Somme des (Sk/S * Log2(Sk/S))$

> Rassemblement de l'ensemble des EP du quartier avec « *Merge* »

> Catégorisation des EP en fonctions de leurs matériaux avec « *Calculate fields* » (cf. Block Code)

```

Bloc de code:
def mat_select (type):
    char_to_parse = ['_', '-', '+', '0', '#', '2', ':', ';']
    word_to_find = ["enherbés", "Béton", "BETON", "désactivé", "stabilisé", "BOIS", "Pierre", "enrobé"]
    output = ["PE", "PDB", "PDB", "BD", "S", "BE", "P", "Er"]

    cat = []
    for parser in char_to_parse:
        type = " ".join(type.split(parser))

        for word in word_to_find:
            if word.lower() in type.lower().split():
                cat.append(output[word_to_find.index(word)])
            if len(cat) == 0:
                return None
            else:
                return cat[-1]

```

> Sélection des EP par catégorie de matériaux avec « *select by attributes* » et fusion de leurs surfaces afin d'obtenir la surface de chaque catégorie de matériaux avec « *summary Statistics* », que l'on renomme en fonction de chaque catégorie de matériaux avec « *Alter Field* »

> Rassemblement de l'ensemble des surfaces des catégories de matériaux avec « *Merge* » et fusion pour ne plus avoir de valeurs nulles dans la table avec « *Summary Statistics* »

> Calcul de la surface totale de toutes les catégories de matériaux confondues avec « *Calculate Field* » :
 $Surface_TousMateriaux_Sol = !SUM_Surface_BD! + !SUM_Surface_P! + !SUM_Surface_PDB! + !SUM_Surface_PE! + !SUM_Surface_S! + !SUM_Surface_Er!$

> Calcul de la *diversité des matériaux des sols* avec « *Calculate field* » :
 $Diversite_Materiaux_Sols = -1 * (((!SUM_Surface_BD! / !Surface_TousMateriaux_Sol!) * (math.log(!SUM_Surface_BD! / !Surface_TousMateriaux_Sol!) / math.log(2)) + (!SUM_Surface_P! / !Surface_TousMateriaux_Sol!) * (math.log(!SUM_Surface_P! / !Surface_TousMateriaux_Sol!) / math.log(2)) + (!SUM_Surface_PDB! / !Surface_TousMateriaux_Sol!) * (math.log(!SUM_Surface_PDB! / !Surface_TousMateriaux_Sol!) / math.log(2)) + (!SUM_Surface_PE! / !Surface_TousMateriaux_Sol!) * (math.log(!SUM_Surface_PE! / !Surface_TousMateriaux_Sol!) / math.log(2)) + (!SUM_Surface_S! / !Surface_TousMateriaux_Sol!) * (math.log(!SUM_Surface_S! / !Surface_TousMateriaux_Sol!) / math.log(2)) + (!SUM_Surface_Er! / !Surface_TousMateriaux_Sol!) * (math.log(!SUM_Surface_Er! / !Surface_TousMateriaux_Sol!) / math.log(2))))$

> Rassemblement des deux indices de diversité des matériaux et des surfaces de leurs catégories de matériaux respectives avec « *Merge* »

> Fusion afin de ne garder que les indices de diversité (façades et sols) et ne plus avoir de valeurs nulles avec « *Summary Statistics* »

> Calcul de la *diversité moyenne des matériaux du quartier* avec « *Calculate field* » : $\text{Diversité_Matériaux_Moyenne} = (\text{!SUM_Diversité_Matériaux_Facades!} + \text{!SUM_Diversité_Matériaux_Sols!}) / (\text{!FREQUENCY!})$

- **COMPOSITION URBAINE**

➤ Variations dans le Velum urbain :

> Calcul des MinZ et Max Z pour l'ensemble des façades du LotA grâce à « *Calculate Geometry Attributes* » (Coordonnées MinZ et MaxZ)

> Sélection de chaque bâtiment composant le LotA avec « *select by attributes* »

> Calcul du Minimum des MinZ (MIN_MinZ = Minimum des coordonnées minimum Z) et du Maximum de MaxZ (MAX_MaxZ = Maximum des coordonnées maximum Z) avec « *Summary Statistics* » (ModelBuilder).

> Rassemblement des divers bâtiments dans une même couche

> Calcul du champs « Hauteur » avec « *calculate field* » $((\text{!MAX_MaxZ!} - \text{!MIN_MinZ!}) / 1000)$ (Nb : « /1000 » pour passer de millimètres à mètres)

> Calculer la moyenne des hauteurs des bâtiments compris dans la skyline avec « *Summary Statistics* » et extraction de sa valeur avec « *Get field value* » (Model Builder)

> Calcul du champ « *Ecart_Moyenne* », qui est l'écart absolu entre les hauteurs des bâtiments et la moyenne de ces hauteurs, en injectant la valeur de la moyenne obtenue avant : $\text{Ecart_Moyenne} = \text{abs}(\text{!Hauteur!} - \% \text{Value\%})$ (ModelBuilder)

> Calcul de l'écart absolu moyen par rapport aux hauteurs moyennes avec « *Summary Statistics* » = MEAN_Ecart_Moyenne

> Calcul du pourcentage moyen de Variation par rapport aux hauteurs moyennes : $(\text{!MEAN_Ecart_Moyenne!} / \% \text{Value\%}) * 100$ (ModelBuilder)

➤ Porosité (horizontale) des espaces publics

= Ratio entre Surface imperméabilisée + perméable des EP et surface totale du quartier

> Rassemblement de l'ensemble des EP avec « *Merge* »

> Calcul des surfaces des EP avec « *Calculate Geometry Attributes* » (Surface_EP = Area)

> Calcul de la surface du quartier avec « *Calculate Geometry Attributes* »

> Rassemblement des Surfaces des EP et de la surface du quartier dans une même couche

> « *Summary Statistics* » des Surfaces des EP et de la surface totale des quartiers

Calcul de la porosité des EP : $\text{Porosity_EP} = \text{\$feature.SUM_Surface_EP} / \text{\$feature.SUM_Surface_Quartier}$

B. Accessibilité

MOBILITÉ

- **DESSERTE EN TRANSPORTS**

> Besoin d'un point central dans le quartier (Ici, point à la place du nouvel arrêt de bus au centre du quartier)

> Besoin des données de :

- Situation des arrêts de transports autour du quartier (1300m de rayon),

- Fréquence des départs pour chaque arrêt entre 6h et 20h.

→ Appui sur des données OpenStreetMap (Situation des arrêts de transports).

→ Appui sur les documents d'iledefrance-mobilites.fr / transdev-idf.com (Fréquences par arrêts)

> Méthode basée sur les catégories de l'Observatoire du Territoire du Canton de Neuchâtel

> Catégories = 0 quand + de 60 min qu'on transforme par la suite en NULL

> Niveaux « A, B, C, D » transposés en « 1, 2,3 ,4 »

Détail du processus :

> Calcul des distances depuis le centre du quartier vers chaque arrêt avec « Generate Near Table » et jointure des distances obtenues

> Calcul de la cadence de chaque arrêt avec « Calculate field » : Cadence = 840/ !Departs ! (840 = pas étudié)

> Calcul de la catégorie de chaque arrêt avec « Calculate field » : Catégorie = cat_select(!fclass!,!Cadence!) (cf. Block Code)

```
Code Block:
def cat_select (type,cadence) :

    cat = 0
    if type == "bus_stop" :
        if cadence < 5 :
            cat = 2
        elif cadence < 9 :
            cat = 3
        elif cadence < 19 :
            cat = 4
        elif cadence < 39 :
            cat = 5
        elif cadence < 60 :
            cat = 5

    elif type == "railway_station":
        if cadence < 5 :
            cat = 1
        elif cadence < 9 :
            cat = 2
        elif cadence < 19 :
            cat = 3
        elif cadence < 39 :
            cat = 4
        elif cadence < 60 :
            cat = 5

    return cat
```

> Calcul de la qualité de desserte de chaque arrêt avec « Calculate field » : Qualite_Desserte = quali_select(!NEAR_DIST!,!Catégorie!)

```
Bloc de code:
def quali_select (distance,categorie) :

    qual = 0
    if distance <300 :
        if categorie == 1 :
            qual = 1
        elif categorie == 2 :
            qual = 1
        elif categorie == 3 :
            qual = 2
        elif categorie == 4 :
            qual = 3
        elif categorie == 5 :
            qual = 4

    elif distance <500:
        if categorie == 1 :
            qual = 1
        elif categorie == 2 :
            qual = 2
        elif categorie == 3 :
            qual = 3
        elif categorie == 4 :
            qual = 4
        elif categorie == 5 :
            qual = 0

    elif distance <750:
        if categorie == 1 :
            qual = 2
        elif categorie == 2 :
            qual = 3
        elif categorie == 3 :
            qual = 3
```

> Moyenne de la qualité de desserte de chaque arrêt afin d'obtenir une valeur globale par rapport au quartier

- **SURFACE PUBLIQUE DESTINÉE À CHAQUE MODE DE TRANSPORT**

> Diversité des modes de transports pour les EP avec indice d'entropie :

$$DIV = -c \sum_{k=1}^K \left(\frac{S_k}{S} \log \frac{S_k}{S} \right)$$

- Besoin des m² d'EP imper par mode de transport et de la surface totale des EP imper
- Besoin des « users »
- > Rassemblement des EP imper dans une même table avec « fusionner »
- > Sélection des surfaces allouées à chaque mode en les sélectionnant sur base des « users » avec « Sélectionner une couche par attribut »
- > Calcul des surfaces en fonction de chaque mode (pour les voies partagées entre voitures/cyclistes) calcul /5,5
- > Fusion dans une même table des diverses surfaces calculées pour chaque mode
- > Résumé synthétique des diverses surfaces afin de les avoir dans une table et sans valeurs nulles
- > Calcul de la diversité des surfaces allouées aux divers modes de transport avec « calculate field » :
 - **OFFRE EN STATIONNEMENTS PUBLICS DIVERSITÉ**
- > Besoin des propriétés de Users
- > Pas de géométrie pour les parkings publics souterrains donc conversion des autres parkings avec attributs géométriques en tables simples
- > Fusion des divers parkings (aériens et souterrains)
- > Calcul de leur fréquence avec « Frequency » par « Users »
 - **CONNEXIONS AUX AUTRES QUARTIERS**
- > Besoin de points aux entrées du quartier (piétonnes, voiture, cycliste... = 1 point pour un accès)
- > Calcul de la fréquence de connexion (1 connexion par point) avec « Frequency »
- > Calcul du nombre total de connexions (relatif au nombre de points) avec « Summary Statistics »

C. Attractivité

DIVERSITÉ FONCTIONNELLE

- **DIVERSITÉ URBAINE**
- > Diversité des fonctions avec indice d'entropie :
$$DIV = -c \sum_{k=1}^K \left(\frac{S_k}{S} \log \frac{S_k}{S} \right)$$
- > Besoin = Catégorisation des fonctions : L'habitat (H), Les services et équipements couverts (SF), Les bureaux (O) et les Espaces publics, verts et de transport (PS)
 - L'habitat (H) reprend l'ensemble des formes de logements
 - Les services et équipements couverts (SF) regroupent les bâtiments de services publics (hôtels de ville, police, poste...), les autres bâtiments de services (Banques, maisons médicales, crèches, pharmacies, laveries, ou toute autre fonction de bien et de service à la personne), les équipements scolaires, sportifs et culturels (Écoles, Salles de sport, bibliothèques, théâtres, cinémas,...), les commerces et l'HoReCa.
 - Les bureaux (B) comprennent les espaces dédiés au tertiaire (industrie, bureaux, espace de co-working,...)
 - Les Espaces publics verts et de transport (PS) regroupent les équipements en plein air (parcs, espaces verts, les voiries, les places, ...)
- > Rassemblement de l'ensemble des lfcSpace des Lots ainsi que des Espaces Publics perméables et imperméables avec « Merge »
- > Sélection de chaque groupe de fonction (SF,H,O,PS) avec « Select layer by attribute »
- > Calcul des surfaces de chaque fonction avec « Calculate Geometry attribute »
- > Rassemblement au sein d'une même couche des surfaces des fonctions avec la surface totale des quartiers avec « Merge »
- > Les fusionner avec « Summary Statistics » pour ne plus avoir de valeurs nulles
- > Calculer la fréquence de chaque fonction avec « Calculate field » : $Frequence_X = (!SUM_Surface_Fonction! / !SUM_Surface_Quartier!) * (math.log(!SUM_Surface_Fonction! / !SUM_Surface_Quartier!) / math.log(2))$, ce qui revient à faire : $((Sk/S)*Log_2(Sk/S))$
- > Rassemblement avec « Merge » et ensuite fusion de chaque Fréquence de fonction avec « Summary Statistics »

> Calcul de l'indice de diversité avec « Calculate field » : $Diversite_Fonctions = -1 * \sum(\$feature.SUM_Frequence_H, \$feature.SUM_Frequence_SF, \$feature.SUM_Frequence_PS)$, car l'indice de diversité est la somme des fréquences multipliée par une constante (-1) pour les Log2.

- **POLYVALENCE**

➤ *Des Espaces publics :*

- > Besoin des usages (Uses), surfaces
- > Rassembler l'ensemble des EP « avec Merge »
- > Calculer la surface de chaque EP avec « Calculate Geometry attributes »
- > Fusionner l'ensemble des surfaces des EP pour obtenir la surface totale des EP avec « Summary Statistics »
- > Sélectionner les EP polyvalents (autre que « Move ») et calculer leur surface avec « Calculate Geometry attributes »
- > Fusionner l'ensemble des surfaces des EP polyvalents pour avoir leur total
- > Rassembler la surface totale des EP et la surface totale des EP polyvalents avec « Merge »
- > Fusionner ces surfaces avec « Summary Statistics »
- > Calculer la polyvalence des EP avec « Calculate field » : $Polyvalence_EP = \frac{!SUM_SUM_Surface_Polyvalent!}{!SUM_SUM_Surface_EP!}$
- > Illustration du process complet

➤ *Des lots constructifs :*

- > Besoin des types de fonctions (détail des groupes)
- > Sélection des types de fonction différents par bâtiment « Frequency »
- > Comptage du nombre de type de fonction différent (ex : Mode + Cuisiniste + Logement = 3 types) avec « Summary Statistics »
- > Rassemblement de tous les nombres de fonctions de chaque bâtiment avec « Merge »
- > Moyenne de la polyvalence des bâtiments sur le quartier avec « Summary Statistics »

- **RÉPÉTITIONS DES SERVICES/ÉQUIPEMENT**

- > Besoin des groupes de fonctions urbaines
- > Rassemblement des lfcSpace avec « Merge »
- > Sélection des Services et équipements avec « Select layer y attributes » et extraction dans une nouvelle couche avec « Copy Features »
- > Transformation des lfcSpaces en point avec « Feature to point »
- > Résumé de voisinage = Répétition de SF dans les 200m de rayon pour chaque SF
- > Moyenne de répétition des SF dans les 200m sur le quartier

VISIBILITÉ / INTERACTIVITÉ DES LOTS CONSTRUCTIFS

- **ACCÈS AUX BÂTIMENTS**

Cas d'application au lot A applicable au quartier :

- > Comptage du nombre d'accès à rue de chaque bâtiment grâce à « frequency » du champ « StrFront » (à rue) et « bâtiment »
- > Moyenne du nombre d'accès à rue par bâtiment avec « Summary Statistics »

- **HAUTEURS DES RDC**

- > Besoin des Hauteurs d'lfcSpace, intérieur ou pas.
- > Rassemblement de tous les lfcSpace des lots du quartier avec « Merge »
- > Sélection des lfcSpaces au RDC et intérieurs avec « Select layer by attributes »

> Moyenne des hauteurs des RDC intérieurs avec « Summary Statistics »

- **RECU PAR RAPPORT À LA VOIRIE**

Cas d'application avec accès des Lots GCom, GB, H, N1, N2, N3, N4, N5, O. Problème de référencement des façades du lot A (mauvais endroit), manque de données pour Lot R.

> Création d'un polygone représentant les voiries (à partir d'un multipatch des voiries) avec « Multipatch footprint »

> Création de points représentant les portes extérieures des bâtiments (à partir de multipatch des portes) avec « Feature to point »

> Calcul des distances (perpendiculaires) des points au polygone représentant les voiries avec « Near »

> Sélection des points représentant les portes à front de voirie (StrFront = « oui »)

> Rassemblement des points sélectionnés ainsi que leurs attributs de distance par rapport à la voirie dans une seule table avec « Merge »

> Calcul de la distance moyenne de recul par rapport à la voirie avec « Summary Statistics » et modification du titre de champ avec « Alter field »

- **TRANSPARENCE DES RDC**

Cas d'application au Lot A : Surface transparente/ surface pleine

> Besoin des MinX, MinY, MinZ, MaxX, MaxY, MaxZ

> Calcul de la surface des façades avec « Calculate field » : $Surface_facades = (((!(MinX!-!MaxX!)^{**2} + !(MinY!-!MaxY!)^{**2})^{**}(1/2)) / (1000)) * (!(MaxZ!-!MinZ!) / 1000)$

> Sélection des façades du RDC avec « select layer by attributes »

> Fusion des surfaces des façades du RDC avec « Summary Statistics »

Calcul de la surface des vitrages avec « Calculate field » : $Surface_Transparent = (((!(MinX!-!MaxX!)^{**2} + !(MinY!-!MaxY!)^{**2})^{**}(1/2)) / (1000)) * (!(MaxZ!-!MinZ!) / 1000)$

> Sélection des vitrages du RDC avec « select layer by attributes »

> Fusion des surfaces des vitrages du RDC avec « Summary Statistics »

> Rassemblement des surfaces de façades et de vitrages avec « Merge »

> Fusion afin d'obtenir les valeurs finales de surfaces de façades et vitrage (sans NULL)

> Calcul de la transparence du RDC : $(\$feature.SUM_SUM_Surface_Transparent) / (\$feature.SUM_SUM_Surface_Facade - \$feature.SUM_SUM_Surface_Transparent)$

ADAPTABILITÉ (EP)

- **POSSIBILITÉ D'ÉVOLUTION ET DE RÉVERSIBILITÉ DES EP**

L'adaptabilité des EP est évaluée, dans ce cas, au moyen des types de matériaux employés et la facilité de mise en œuvre/recyclage (modulaires/non modulaire) ainsi que grâce aux usages possibles des espaces.

Matériaux **non modulaires** : bétons bitumeux/hydraulique (Be) / asphaltes (AS) / stabilisés (ST) / résines (RE) / Copeaux de bois (CB) / mélange terre/pierre (MTP)

Matériaux **modulaires** : Pavés et dalles (béton, granit, calcaire, grès, céramique, enherbés) (PD) / bois (B) / modules (gazon, sable, gravier) (M)

Calcul :

> Rassemblement des EP imperméables et perméables avec « fusionner »

> Catégorisation des « Matériaux » selon un dictionnaire spécifique avec « calculate field » (cf.Block Code)

```

Bloc de code:
def mat_select (type):

    char_to_parse = ['_', '-', '+', '0', '#', '2', '[', ':']
    word_to_find = ["Béton", "Pierre", "pavé", "pavés", "Dalle", "Enrobé", "EV", "EAU"]
    output = ["Be", "PD", "PD", "PD", "PD", "AS", "M", "M"]

    cat = []
    for parser in char_to_parse :
        type = " ".join(type.split(parser))

    for word in word_to_find :
        if word.lower() in type.lower().split() :
            cat.append(output[word_to_find.index(word)])
            if len(cat) == 0 :
                return None
            else :
                return cat[-1]

```

> Catégorisation en matériaux de « type » modulaire et non modulaire avec « Calculate field » : (cf.Block code)

```

Bloc de code:
def attributeur_adapt (fct) :
    dict = { "Be" : "non-modulaires", "PD" : "modulaires", "AS" : "non-modulaires", "M" : "modulaires"}

    if (fct[0:3] in dict) :
        return (dict[fct[0:3]])

```

> Calcul des surfaces de tous les EP sans distinction avec « summary Statistic » : « SUM_Surface »

> Sélection des matériaux de type modulaire et dont les usages sont autres que « Move »

> calcul des surfaces des EP sélectionnés : « SUM_Surface_Modulaires »

> Rassemblement des Surfaces des EP totaux et des surfaces des EP modulaires a usage autre que « move » avec « fusion »

> Calcul des surfaces totales de tous les EP et des EP modulaires autres que « move » avec « Résumé statistique » : « SUM_SUM_Surface » et « SUM_SUM_Surface_Modulaires » : « Adaptabilité_EP »

> Calcul de l'adaptabilité en divisant les surfaces modulaires par les surfaces

> Illustration du process complet

POSSIBILITÉS TEMPORELLES

- **PLAGES D'OCCUPATION**

> Besoin des lfcSpaces des lots par bâtiment et d'une nouvelle table vierge

> Insertion d'un outil boucle « Iterate Multivalue », itérant sur chaque dataset pris en compte

> Calcul de la présence de logement dans les lfcSpace/bâtiment avec « Calculate field » : Pres_Log = 1 si !Fonction! contient « Log » sinon Pres_Log = 0

> Calcul de l'heure de début (Debut_Occ) et de fin (Fin_Occ) de l'occupation des bâtiments avec « Calculate field » (cf.7.1.2.2.E)

> Ajout des Champs minimum du début d'occupation et maximum de fin d'occupation (Min_Occ et Max_occ) ainsi que du champ Moyenne des logements (Moy_Log) avec « Calculate field »

> Calcul du MIN_Debut_Occ, MAX_Debut_Occ et MEAN_Pres_Log avec « Summary Statistics » et extraction de leur valeur respective

> Calcul de ces champs créés (Min_Occ, Max_occ et Moy_Log) en y intégrant les valeurs obtenues dans l'étape précédente avec « Calculate field »

> Calcul du nombre d'heures où le bâtiment est occupé avec « Calculate field ». Création de listes de début et de fin de plage horaires afin de réaliser une opération booléenne (cf.Block Code)

```

Bloc de code:
def attributeur_debut (fct) :
dict = { "Lab" : "8,18", "Cli" : "8,18", "Cab" : "8,18", "Cre" : "7,19", "Com" : "9,19", "Res" : "10,24", "Caf" : "10,24", "Bra" : "10,24", "Bur" : "8,18" }

if (fct[0:3] in dict) :
return int(dict[fct[0:3]].split(',')[0])

```

```

Bloc de code:
def attributeur_fin (fct) :
dict = { "Lab" : "8,18", "Cli" : "8,18", "Cab" : "8,18", "Cre" : "7,19", "Com" : "9,19", "Res" : "10,24", "Caf" : "10,24", "Bra" : "10,24", "Bur" : "8,18" }

if (fct[0:3] in dict) :
return int(dict[fct[0:3]].split(',')[1])

```

- > Ajout des IFCSpaces ainsi que de ses attributs dans une table créée au préalable avec « Append »
- > Calcul de la fréquence de bâtiment différent présent dans la table enrichie au fur et à mesure des itérations et affichage de leurs heures d'occupation avec « Frequency »
- > Calcul de la moyenne des heures d'occupation des bâtiments sur le quartier avec « Summary Statistics »

D. Densités statiques et dynamiques

POPULATION RÉSIDENTE

- DENSITÉ DE POPULATION

- > Scénarisation de données basée sur des statistiques
- > Fusion des données de superficies du quartier et des données scénarisées de population dans une table commune
- > Suppression des valeurs nulles de la table avec « Summary Statistics »
- > Calcul de la densité à l'hectare avec « Calculate Field » : $(\text{!SUM_Population!} / \text{!SUM_Surface_Quartier!}) * 10000$

- ACTIVITÉS HUMAINES

- > Scénarisation de données de population résidente et d'emplois du quartier basée sur des statistiques
- > Fusion des données de superficies du quartier et des données scénarisées de population et d'emploi dans une table commune
- > Suppression des valeurs nulles de la table avec « Summary Statistics »
- > Calcul de la densité à l'hectare avec « Calculate Field » : $((\text{!SUM_Population!} + \text{!SUM_Emplois!}) / \text{!SUM_Surface_Quartier!}) * 10000$

PROFIL DE POPULATION

- NIVEAU DE VIE DE LA POPULATION RÉSIDENTE

- > Utilisation des Statistiques de revenus
- > Catégorisations par classes

- RÉPARTITION DES ÂGES

- > Scénarisation de données d'âge de population résidente basée sur des statistiques
- > Calcul du nombre d'individu au total sur base des données scénarisées d'âge de population
- > Calcul de la densité des âges avec « Calculate Field » : $-1 * (((\text{!F0_14_ans!} / \text{!Tot_Pop!}) * (\text{math.log}(\text{!F0_14_ans!} / \text{!Tot_Pop!}) / \text{math.log}(2)) + (\text{!F15_29_ans!} / \text{!Tot_Pop!}) * (\text{math.log}(\text{!F15_29_ans!} / \text{!Tot_Pop!}) / \text{math.log}(2)) + (\text{!F30_44_ans!} / \text{!Tot_Pop!}) * (\text{math.log}(\text{!F30_44_ans!} / \text{!Tot_Pop!}) / \text{math.log}(2)) + (\text{!F45_59_ans!} / \text{!Tot_Pop!}) * (\text{math.log}(\text{!F45_59_ans!} / \text{!Tot_Pop!}) / \text{math.log}(2)) + (\text{!F60_74_ans!} / \text{!Tot_Pop!}) * (\text{math.log}(\text{!F60_74_ans!} / \text{!Tot_Pop!}) / \text{math.log}(2)) + (\text{!F75_et_ans!} / \text{!Tot_Pop!}) * (\text{math.log}(\text{!F75_et_ans!} / \text{!Tot_Pop!}) / \text{math.log}(2))))$

ANNEXE 9

QUESTIONNAIRE D'INFLUENCE DES DIFFÉRENTS PARAMÈTRE SUR LE
RESSENTIInfluence des éléments caractéristiques d'un
lieu sur son usage par les citoyens

Dans le cadre de recherches concernant l'aménagement des espaces urbains et plus spécifiquement des quartiers, une liste de thématiques influençant les usages potentiels de ces espaces a été établie. Cette liste thématique nécessite une pondération de votre part, afin de refléter l'influence de divers éléments que présente un lieu ou un quartier dans votre décision d'user d'un lieu par rapport à un autre. Par usage, nous nous entendons toute activité qui vous fait passer du temps dans un lieu ou dans un quartier (vous promener, faire des achats, vous asseoir sur un banc, visiter, boire un café, ...). Cette pondération permettra l'obtention d'une valeur caractéristique de potentiel d'usage d'un espace. L'enquête vise donc la traduction du ressenti des citoyens dans les espaces et de l'impact des éléments que présente un lieu sur leurs usages de ce lieu. À terme, la pondération des différents éléments repris dans cette enquête influencera directement l'indice global que nous développons dans nos recherches, reflétant l'intensité des usages d'un espace à l'échelle du quartier.

* Obligatoire

1

Selon vous, est-il important que l'endroit où vous vous rendez soit connecté à d'autres quartiers ou espaces ? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Ne m'influence pas

Compte énormément

2

Pour réaliser vos activités, vous rendez-vous davantage dans des lieux /quartiers où les espaces verts / surfaces perméables sont plus abondantes ? Etes-vous influencé par cet aspect ? *

Les surfaces perméables laissent l'eau s'infiltrer (jardins, espaces plantés, pavés non rejointoyés, dolomie, ...)

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Ne m'influence pas

Compte énormément

3

Pour vous, l'âge de la population résidente d'un quartier influence-t-il le fait de vous rendre dans un lieu par rapport à un autre ? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

N'influence pas

Compte énormément

4

Pensez vous que le nombre d'emplois retrouvés dans un quartier influence son attraction et utilisation par les citoyens ? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

N'influence pas

Compte énormément

5

Lorsque vous êtes dans une rue ou un espace public, les variations dans la hauteur des bâtiments (skyline) impactent-elles votre ressenti ? (Impressions, émotions, ...) *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Ne m'influence pas

Compte énormément

6

Selon vous est-il important que les espaces publics soient facilement adaptables s'ils sont sous utilisés ? Par exemple si une place est inutilisée, qu'elle soit facilement adaptable en parc ou en plaine de jeux. *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Ne m'influence pas

Compte énormément

7

L'offre en stationnements (Parkings-Arceaux pour vélos-Bancs) est-elle un élément important pour vous ? Influence-t'elle votre venue dans un endroit ou non ? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Ne m'influence pas

Compte énormément

8

Lorsque vous vous baladez dans une rue, les commerces/restaurants/Cafés qui ont une grande vitrine ou de grandes fenêtres donnant sur l'extérieur vous incitent -ils davantage à vous y rendre que lorsqu'ils n'ont pas ou peu de fenêtres ? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Ne m'influence pas

Compte énormément

9

Les variations dans les styles de construction des bâtiments (liés au époques) ont elles une influence sur votre décision de vous rendre dans un endroit et sur les ambiances dégagées par le lieu ? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Ne m'influence pas Compte énormément

10

Est-ce que la multiplication d'activités du même type (par exemple plusieurs types de commerces) au sein d'un même endroit influence votre choix de destination ? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Ne m'influence pas Compte énormément

11

Dans votre pratique, le nombre d'entrées d'un bâtiment (commerce/cinéma/restaurant/café) influence t'il votre choix de vous y rendre ? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Ne m'influence pas Compte énormément

12

Lorsque vous vous baladez dans une rue, êtes vous impactés par les ouvertures entre les différents bâtiments ouvrant sur des cours, jardins ou autres ? *

Les ouvertures sont les espaces libres entre les façades des bâtiments qui mènent généralement à d'autres espaces

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Ne m'influence pas Compte énormément

13

Est-ce que pour vous la polyvalence des bâtiments (Exemple : bâtiments dans lequel plusieurs activités sont rassemblées) et des espaces publics (Exemple: Place pouvant accueillir un marché, des jeux, diverses activités) a un impact sur leur attractivité et usage ? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Ne m'influence pas Compte énormément

14

Si deux restaurants dont vous affectionnez la cuisine sont présents dans la même rue et que l'un est en recul de 10m par rapport au trottoir, cette distance a effectue impactera-t-elle votre choix de vous rendre dans l'un plutôt que l'autre ? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Ne m'influence pas Compte énormément

15

Selon vous, est-il important de favoriser la compacité des bâtiments/ parcelles dans un quartier de sorte à limiter l'impact sur les lieux ? *

Un îlot ou une parcelle est dite "compacte" lorsque les bâtiments présentent des formes simples (parallélogramme, ...) afin de limiter l'impact du bâti sur la parcelle.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Ne m'influence pas Compte énormément

16

Lorsque la nuit est tombée, la qualité de l'éclairage artificiel (lampadaires) influence-t-elle votre venue ou non dans un endroit ? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Ne m'influence pas Compte énormément

17

Selon vous un quartier occupé à divers moments de la journée (par exemple : en journée par des bureaux/commerces et le soir par des restaurants/café/cinéma) multiplie-t-il ses chances d'être utilisé ou non ? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Ne m'influence pas Compte énormément

18

Le fait qu'un quartier soit complètement dépeuplé ou surpeuplé influence-t-il votre déplacement dans celui-ci par rapport à un autre ? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Ne m'influence pas Compte énormément

19

Selon vous, la mixité des activités (commerces-bureaux-habitat-cinémas-...) d'un lieu ou d'un quartier impacte-t-elle votre venue dans un endroit plutôt qu'un autre ? *

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ne m'influence pas									Compte énormément

20

Lorsqu'un commerce/restaurant/café qui se situe au Rez-de-chaussée d'un bâtiment présente une grande hauteur sous plafond, êtes-vous davantage incité à vous y rendre ? La hauteur sous plafond a-t-elle un impact sur votre ressenti ? *

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ne m'influence pas									Compte énormément

21

La dimension/grandeur d'un espace ou d'un quartier est-elle un élément qui influence votre décision d'aller dans un endroit plutôt qu'un autre ? *

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ne m'influence pas									Compte énormément

22

La diversité des matériaux employés pour les revêtements des sols et des façades a-t-elle un impact sur votre ressenti ? *

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ne m'influence pas									Compte énormément

23

Etes-vous influencé par la quantité de surfaces imperméabilisées lorsque vous décidez de vous rendre dans un lieu/quartier ? (Raisons environnementales, confort, ...) ? *

Les surfaces imperméables ne laissent pas l'eau s'infiltrer (Asphalte, béton, pavés rejointoyés, ...)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ne m'influence pas								Compte énormément

24

Le partage multimodal de la voirie et la surface allouée à chaque mode de transport (piétons, vélos, trottinettes, automobiles, transports en commun) impactent-ils votre décision de vous rendre dans un lieu plutôt qu'un autre ? * 

Le partage multimodal est le partage entre les différents modes de transport. Par exemple une voirie avec des trottoirs + pistes cyclables + voie automobile

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Ne m'in-
fluence
pasCompte
énormé-
ment

25

L'équilibre entre la quantité d'espaces bâtis (bâtiments, habitations, ...) et d'espaces non bâtis (espaces publics, places, jardins, plantations, parcs, ...) impacte-il le choix de vous rendre dans un lieu plutôt qu'un autre ? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Ne m'in-
fluence
pasCompte
énormé-
ment

26

La qualité de la desserte en transports en commun et sa fréquence impactent-elles vos choix de destination ? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Ne m'in-
fluence
pasCompte
énormé-
ment

27

Dans votre pratique, le niveau de vie de la population d'un quartier influence-t'il votre déplacement dans celui-ci par rapport à un autre ? *

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

N'influence
pasCompte
énormé-
ment

28

En fonction de l'influence des éléments des questions précédentes, comment évalueriez-vous le potentiel d'usage* du quartier qui vous est présenté dans les images ci-dessous en sachant qu'on y retrouve au niveau de sa composition :

- Diverses activités et fonctions (Des commerces - Des bureaux - Des logements - HORECA - Une crèche - Un cabinet médical - Une école)
- Une grande esplanade piétonne au centre du quartier (Plaine de jeux, bancs, plans d'eau)
- Un parc
- Un parking public souterrain accessible pour les usagers

Le quartier est neuf, tous les bâtiments sont de nouvelles constructions

Le quartier est accessible en transports en commun (Arrêts de bus et tram), en voiture, en vélo ou à pied

Dans le quartier, divers chemins sont accessibles uniquement pour les piétons et cyclistes et certaines voiries sont accessibles aux transports automobiles.

Les images du quartier sont des simulations en 3D

*

*Le Potentiel d'usage est défini comme l'offre proposée (fonctions, ambiances, population) dans un quartier afin que les citoyens s'y rendent, s'y promènent, y soient épanouis et utilisent les divers espaces du quartier de sorte à répondre à leurs besoins



© Atelier M3, BASE, OTCI, Urbanita Architecture, Agence Pietri, Leclercq Associés, Atelier 2/3/4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Potentiel d'usage faible					Potentiel d'usage élevé				

29

Quel est votre genre ? *

- Féminin
- Masculin
- Autre

30

Dans quelle tranche d'âge vous situez-vous ? *

- 0 - 25 ans
- 25 - 30 ans
- 30 - 40 ans
- 40 - 50 ans
- 50 - 60 ans
- 60 - ...

ANNEXE 10

CODE INFORMATIQUE MODÉLISANT LE RÉSEAU DE NEURONES DE
PONDÉRATION DU POTENTIEL D'USAGE

```

#import
import pandas as pd
from google.colab import drive
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import os
import seaborn as sb
import tensorflow as tf
from sdv.tabular import GaussianCopula
from tensorflow.python.keras.layers import Input
from tensorflow import keras
from tensorflow.keras.models import Model, load_model
from tensorflow.keras.models import Sequential, clone_model
from tensorflow.keras.layers import Dense, Activation
from tensorflow.keras.callbacks import ModelCheckpoint, EarlyStopping
from tensorflow.keras.optimizers import Adam, SGD

#get the data
drive.mount('/content/gdrive')
dir = '/Directory_of_your_drive_here/'
df = pd.read_csv('/content/gdrive/MyDrive/these_adel/data.csv', sep
=';', encoding='latin-1', index_col = 'ID')

### some declarations and functions for the NN ###
layer_dict = {"Superficie_permeable" : 1 ,
              "Superficie_impermeable" : 2,
              "Superficie_totale" : 3,
              "Compacite_spaciale" :4,
              "Porosite_verticale" :5,
              "Diversite_ages_batiments" : 6,
              "Diversite_materiaux" :7,
              "Qualite_eclairage_artificiel" : 8,
              "Velum_urbain" : 9,
              "Porosite_horizontale_EP" : 10,
              "Desserte_transport_publicues" : 11,
              "Superficie_mode_transport" :12,
              "Offre_stationnement" :13,
              "Connexion" :14,
              "Diversite_urbaine":15,
              "Repetition_service":16,
              "Polyvalence" :17,
              "Acces_batiment":18,
              "Hauteur_rdc":19,
              "Recul_voiries":20,
              "Transparence_rdc":21,
              "Evolutivite":22,
              "Plage_occupation":23,
              "Population_residente":24,
              "Activite_humaine":25,
              "Niveau_de_vie":26,

```

```

"Repartition_ages_population":27 ,}

def plot_training_curves(history,sample_size):
    plt.plot(history.history['loss'])
    plt.plot(history.history['val_loss'])
    plt.title('model loss')
    plt.ylabel('loss')
    plt.xlabel('epoch')
    plt.legend(['train', 'valid'], loc='upper left')
    plt.savefig('/content/gdrive/MyDrive/these_adel/'+str(sample_size)+'.png')
    plt.show()

def mask_weigth (position):
    mat = np.zeros(27)
    mat[position-1] = 1
    return mat

def my_init_Superficie_permeable(shape, dtype=None):
    return
tf.convert_to_tensor(weight_dict['Superficie_permeable'].reshape(27,1),
dtype= tf.float32)
def my_init_Superficie_impermeable(shape, dtype=None):
    return
tf.convert_to_tensor(weight_dict['Superficie_impermeable'].reshape(27,1
), dtype= tf.float32)
def my_init_Superficie_totale(shape, dtype=None):
    return
tf.convert_to_tensor(weight_dict['Superficie_totale'].reshape(27,1),
dtype= tf.float32)

def my_init_Compacite_spaciale(shape, dtype=None):
    return
tf.convert_to_tensor(weight_dict['Compacite_spaciale'].reshape(27,1),
dtype= tf.float32)
def my_init_Porosite_verticale(shape, dtype=None):
    return
tf.convert_to_tensor(weight_dict['Porosite_verticale'].reshape(27,1),
dtype= tf.float32)
def my_init_Diversite_ages_batiments(shape, dtype=None):
    return
tf.convert_to_tensor(weight_dict['Diversite_ages_batiments'].reshape(27
,1), dtype= tf.float32)

def my_init_Diversite_materiaux(shape, dtype=None):
    return
tf.convert_to_tensor(weight_dict['Diversite_materiaux'].reshape(27,1),
dtype= tf.float32)
def my_init_Qualite_eclairage_artificiel(shape, dtype=None):
    return
tf.convert_to_tensor(weight_dict['Qualite_eclairage_artificiel'].reshap
e(27,1), dtype= tf.float32)
def my_init_Velum_urbain(shape, dtype=None):
    return
tf.convert_to_tensor(weight_dict['Velum_urbain'].reshape(27,1), dtype=
tf.float32)

```

```

def my_init_Porosite_horizontale_EP(shape, dtype=None):
    return
tf.convert_to_tensor(weight_dict['Porosite_horizontale_EP'].reshape(27,
1), dtype= tf.float32)
def my_init_Desserte_transport_publicques(shape, dtype=None):
    return
tf.convert_to_tensor(weight_dict['Desserte_transport_publicques'].reshap
e(27,1), dtype= tf.float32)
def my_init_Superficie_mode_transport(shape, dtype=None):
    return
tf.convert_to_tensor(weight_dict['Superficie_mode_transport'].reshape(2
7,1), dtype= tf.float32)

def my_init_Offre_stationnement(shape, dtype=None):
    return
tf.convert_to_tensor(weight_dict['Offre_stationnement'].reshape(27,1),
dtype= tf.float32)
def my_init_Connexion(shape, dtype=None):
    return tf.convert_to_tensor(weight_dict['Connexion'].reshape(27,1),
dtype= tf.float32)
def my_init_Diversite_urbaine(shape, dtype=None):
    return
tf.convert_to_tensor(weight_dict['Diversite_urbaine'].reshape(27,1),
dtype= tf.float32)

def my_init_Repetition_service(shape, dtype=None):
    return
tf.convert_to_tensor(weight_dict['Repetition_service'].reshape(27,1),
dtype= tf.float32)
def my_init_Polyvalence(shape, dtype=None):
    return
tf.convert_to_tensor(weight_dict['Polyvalence'].reshape(27,1), dtype=
tf.float32)
def my_init_Acces_batiment(shape, dtype=None):
    return
tf.convert_to_tensor(weight_dict['Acces_batiment'].reshape(27,1),
dtype= tf.float32)

def my_init_Hauteur_rdc(shape, dtype=None):
    return
tf.convert_to_tensor(weight_dict['Hauteur_rdc'].reshape(27,1), dtype=
tf.float32)
def my_init_Recul_voiries(shape, dtype=None):
    return
tf.convert_to_tensor(weight_dict['Recul_voiries'].reshape(27,1), dtype=
tf.float32)
def my_init_Transparence_rdc(shape, dtype=None):
    return
tf.convert_to_tensor(weight_dict['Transparence_rdc'].reshape(27,1),
dtype= tf.float32)

def my_init_Evolutive(shape, dtype=None):
    return
tf.convert_to_tensor(weight_dict['Evolutive'].reshape(27,1), dtype=
tf.float32)
def my_init_Plage_occupation(shape, dtype=None):

```

```

    return
tf.convert_to_tensor(weight_dict['Plage_occupation'].reshape(27,1),
dtype= tf.float32)
def my_init_Population_residente(shape, dtype=None):
    return
tf.convert_to_tensor(weight_dict['Population_residente'].reshape(27,1),
dtype= tf.float32)

def my_init_Activite_humaine(shape, dtype=None):
    return
tf.convert_to_tensor(weight_dict['Activite_humaine'].reshape(27,1),
dtype= tf.float32)
def my_init_Niveau_de_vie(shape, dtype=None):
    return
tf.convert_to_tensor(weight_dict['Niveau_de_vie'].reshape(27,1), dtype=
tf.float32)
def my_init_Repartition_ages_population(shape, dtype=None):
    return
tf.convert_to_tensor(weight_dict['Repartition_ages_population'].reshape
(27,1), dtype= tf.float32)

def modele_builder(weight_dict):
    inputs = keras.layers.Input(shape = (27,), name =
'Input')#dtype=tf.int32, name = 'Input')

    #paramètres
    Superficie_permeable = keras.layers.Dense(1,
kernel_initializer=my_init_Superficie_permeable,trainable =
False, name = 'Superficie_permeable')(inputs) #kernel_initializer=
weight_dict['surface_impermeable'].reshape(27,1)

    Superficie_impermeable = keras.layers.Dense(1,
kernel_initializer=my_init_Superficie_impermeable,trainable = False,
name = 'Superficie_impermeable')(inputs)

    Superficie_totale = keras.layers.Dense(1, kernel_initializer=
my_init_Superficie_totale,trainable = False, name =
'Superficie_totale')(inputs)

    Compacite_spaciale = keras.layers.Dense(1, kernel_initializer=
my_init_Compacite_spaciale,trainable = False, name =
'Compacite_spaciale')(inputs)

    Porosite_verticale = keras.layers.Dense(1, kernel_initializer=
my_init_Porosite_verticale,trainable = False, name =
'Porosite_verticale')(inputs)

    Diversite_ages_batiments = keras.layers.Dense(1,
kernel_initializer= my_init_Diversite_ages_batiments,trainable = False,
name = 'Diversite_ages_batiments')(inputs)

    Diversite_materiaux = keras.layers.Dense(1, kernel_initializer=
my_init_Diversite_materiaux,trainable = False, name =
'Diversite_materiaux')(inputs)

```

```

Qualite_eclairage_artificiel = keras.layers.Dense(1,
kernel_initializer= my_init_Qualite_eclairage_artificiel, trainable =
False, name = 'Qualite_eclairage_artificiel')(inputs)

Velum_urbain = keras.layers.Dense(1, kernel_initializer=
my_init_Velum_urbain, trainable = False, name = 'Velum_urbain')(inputs)

Porosite_horizontale_EP = keras.layers.Dense(1, kernel_initializer=
my_init_Porosite_horizontale_EP, trainable = False, name =
'Porosite_horizontale_EP')(inputs)

Desserte_transport_publicques = keras.layers.Dense(1,
kernel_initializer= my_init_Desserte_transport_publicques, trainable =
False, name = 'Desserte_transport_publicques')(inputs)

Superficie_mode_transport = keras.layers.Dense(1,
kernel_initializer= my_init_Superficie_mode_transport, trainable =
False, name = 'Superficie_mode_transport')(inputs)

Offre_stationnement = keras.layers.Dense(1, kernel_initializer=
my_init_Offre_stationnement, trainable = False, name =
'Offre_stationnement')(inputs)

Connexion = keras.layers.Dense(1, kernel_initializer=
my_init_Connexion, trainable = False, name = 'Connexion')(inputs)

Diversite_urbaine = keras.layers.Dense(1, kernel_initializer=
my_init_Diversite_urbaine, trainable = False, name =
'Diversite_urbaine')(inputs)

Repetition_service = keras.layers.Dense(1, kernel_initializer=
my_init_Repetition_service, trainable = False, name =
'Repetition_service')(inputs)

Polyvalence = keras.layers.Dense(1, kernel_initializer=
my_init_Polyvalence, trainable = False, name = 'Polyvalence')(inputs)

Acces_batiment = keras.layers.Dense(1, kernel_initializer=
my_init_Acces_batiment, trainable = False, name =
'Acces_batiment')(inputs)

Hauteur_rdc = keras.layers.Dense(1, kernel_initializer=
my_init_Hauteur_rdc, trainable = False, name = 'Hauteur_rdc')(inputs)

Recul_voiries = keras.layers.Dense(1, kernel_initializer=
my_init_Recul_voiries, trainable = False, name =
'Recul_voiries')(inputs)

Transparence_rdc = keras.layers.Dense(1, kernel_initializer=
my_init_Transparence_rdc, trainable = False, name =
'Transparence_rdc')(inputs)

Evolutivite = keras.layers.Dense(1, kernel_initializer=
my_init_Evolutivite, trainable = False, name = 'Evolutivite')(inputs)

```

```

    Plage_occupation = keras.layers.Dense(1, kernel_initializer=
my_init_Plage_occupation, trainable = False, name =
'Plage_occupation')(inputs)

    Population_residente = keras.layers.Dense(1, kernel_initializer=
my_init_Population_residente, trainable = False, name =
'Population_residente')(inputs)

    Activite_humaine = keras.layers.Dense(1, kernel_initializer=
my_init_Activite_humaine, trainable = False, name =
'Activite_humaine')(inputs)

    Niveau_de_vie = keras.layers.Dense(1, kernel_initializer=
my_init_Niveau_de_vie, trainable = False, name =
'Niveau_de_vie')(inputs)

    Repartition_ages_population = keras.layers.Dense(1,
kernel_initializer= my_init_Repartition_ages_population, trainable =
False, name = 'Repartition_ages_population')(inputs)

    #critères
    Impermeabilisation_des_sols_params =
tf.keras.layers.concatenate([Superficie_permeable,
Superficie_impermeable, Superficie_totale], axis=1, name =
'Impermeabilisation_des_sols_params')
    Gabarits_des_ilots_params =
tf.keras.layers.concatenate([Compacite_spaciale, Porosite_verticale],
axis=1, name = 'gabarits_des_ilots_params')
    Ambiance_urbaine_params =
tf.keras.layers.concatenate([Diversite_ages_batiments, Diversite_materia
ux, Qualite_eclairage_artificiel, Velum_urbain, Porosite_horizontale_EP],
axis=1, name = 'Ambiance_urbaine_params')
    Mobilite_params =
tf.keras.layers.concatenate([Desserte_transport_publicques, Superficie_mo
de_transport, Offre_stationnement, Connexion], axis=1, name =
'Mobilite_params')
    Diversite_fonctionnelle_params =
tf.keras.layers.concatenate([Diversite_urbaine, Repetition_service, Polyv
alence], axis=1, name = 'Diversite_fonctionnelle_params')
    Visibilite_interactivite_params =
tf.keras.layers.concatenate([Acces_batiment, Hauteur_rdc, Recul_voiries, T
ransparence_rdc], axis=1, name = 'Visibilite_interactivite_params')
    # Adaptabilite_params = tf.keras.layers.concatenate([Evolutivite],
axis=1, name = 'adaptabilite_params')
    # Possibilites_temporelles_params =
tf.keras.layers.concatenate([Evolutivite], axis=1, name =
'possibilites_temporelles_params')
    Densites_statiques_et_dynamique_params =
tf.keras.layers.concatenate([Population_residente, Activite_humaine],
axis=1, name = 'densites_statiques_et_dynamique_params')
    Profil_population_params =
tf.keras.layers.concatenate([Niveau_de_vie, Repartition_ages_population]
, axis=1, name = 'Profil_population_params')

```

```

    Impermeabilisation_des_sols = keras.layers.Dense(1, trainable =
True, name =
'Impermeabilisation_des_sols')(Impermeabilisation_des_sols_params)
    Gabarits_des_ilots =keras.layers.Dense(1, trainable = True, name =
'Gabarits_des_ilots')(Gabarits_des_ilots_params)
    Ambiance_urbaine = keras.layers.Dense(1, trainable = True, name =
'Ambiance_urbaine')(Ambiance_urbaine_params)
    Mobilite = keras.layers.Dense(1, trainable = True, name =
'Mobilite')(Mobilite_params)
    Diversite_fonctionnelle = keras.layers.Dense(1, trainable = True,
name = 'Diversite_fonctionnelle')(Diversite_fonctionnelle_params)
    Visibilite_interactivite = keras.layers.Dense(1, trainable = True,
name = 'Visibilite_interactivite')(Visibilite_interactivite_params)
    Adaptabilite = keras.layers.Dense(1, trainable = True, name =
'Adaptabilite')(Evolutivite)
    Possibilites_temporelles = keras.layers.Dense(1, trainable = True,
name = 'Possibilites_temporelles')(Evolutivite)
    Densites_statiques_et_dynamique =keras.layers.Dense(1, trainable =
True, name =
'Densites_statiques_et_dynamique')(Densites_statiques_et_dynamique_para
ms)
    Profil_population = keras.layers.Dense(1, trainable = True, name =
'Profil_population')(Profil_population_params)

    #thèmes
    Typo_morphologie_params =
tf.keras.layers.concatenate([Impermeabilisation_des_sols,Gabarits_des_i
lots,Ambiance_urbaine], axis=1, name = 'Typo_morphologie_params')
    # Accessibilite_des_espaces_publicques_params =
tf.keras.layers.concatenate([Mobilite], axis=1, name =
'Accessibilite_des_espaces_publicques_params')
    Attractivite_params
= tf.keras.layers.concatenate([Diversite_fonctionnelle,Visibilite_inte
ractivite,Adaptabilite,Possibilites_temporelles], axis=1, name =
'Attractivite_params')
    Societal_params =
tf.keras.layers.concatenate([Densites_statiques_et_dynamique,Profil_pop
ulation], axis=1, name = 'Societal_params')

    Typo_morphologie = keras.layers.Dense(1, trainable = True, name =
'Typo_morphologie')(Typo_morphologie_params)
    Accessibilite_des_espaces_publicques = keras.layers.Dense(1,
trainable = True, name =
'Accessibilite_des_espaces_publicques')(Mobilite)
    Attractivite = keras.layers.Dense(1, trainable = True, name =
'Attractivite')(Attractivite_params)
    Societal = keras.layers.Dense(1, trainable = True, name =
'Societal')(Societal_params)

    #facteurs d'influences
    # Environnement_spatial_params =
tf.keras.layers.concatenate([Typo_morphologie], axis=1, name =
'Environnement_spatial_params')

```

```

    Interet_territoire_params =
tf.keras.layers.concatenate([Accessibilite_des_espaces_publicques,Attrac
tivite], axis=1, name = 'Interet_territoire_params')
    # Demographie_params =tf.keras.layers.concatenate([Societal],
axis=1, name = 'Demographie_params')

    Environnement_spatial = keras.layers.Dense(1, trainable = True,
name = 'Environnement_spatial')(Typo_morphologie)
    Interet_territoire=keras.layers.Dense(1, trainable = True, name =
'Interet_territoire')(Interet_territoire_params)
    Demographie=keras.layers.Dense(1, trainable = True, name =
'Demographie')(Societal)

    Potentiel_params = tf.keras.layers.concatenate([
Environnement_spatial,Interet_territoire,Demographie],axis=1)

    Potentiel = keras.layers.Dense(1, activation = 'relu' , trainable =
True, name = 'Potentiel')(Potentiel_params)

    return tf.keras.Model(inputs=[inputs], outputs=[Potentiel])

### Generation of synthetiques data ###

generator_model = GaussianCopula()
data = df[df.columns[3:3+28]]
scaler = StandardScaler()
print(scaler)
scaler.fit(data)
print(scaler)
data =pd.DataFrame( scaler.transform(data))
data.columns = ['Question_'+str(i+1) for i in range(28)]
generator_model.fit(data)
sample_size = 13000
sample = generator_model.sample(sample_size)
synthetique_train_x = sample[sample.columns[:27]]
synthetique_train_y = sample.Question_28

### Neural Network training ###

weight_dict = dict()
for elem in layer_dict :
    weight_dict[elem] = mask_weigth(layer_dict[elem])

model = modele_builder(weight_dict)
model.compile(loss = 'mse')
callback = tf.keras.callbacks.EarlyStopping(monitor='val_loss',
patience=5)
history = model.fit(synthetique_train_x,synthetique_train_y, epochs
=800,validation_split=0.2, batch_size = 100, verbose =
0,callbacks=[callback] )
plot_training_curves(history,sample_size)
model.save('Path_to_your_drive\'+'intensite_'+str(sample_size)+'centrér
eduit')

```

```
sample.to_csv('Path_to_your_drive\'+synthetique_data_'+str(sample_size)+'centréreduit',index=False,)
```