



HAL
open science

Le paysagiste concepteur, porte-parole de la nature au sein des projets architecturaux de la ville verte de demain

Léo Petitdidier

► To cite this version:

Léo Petitdidier. Le paysagiste concepteur, porte-parole de la nature au sein des projets architecturaux de la ville verte de demain. Sciences du Vivant [q-bio]. 2020. dumas-02969133

HAL Id: dumas-02969133

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02969133>

Submitted on 16 Oct 2020

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

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



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

AGROCAMPUS OUEST

CFR Angers **CFR Rennes**

Année universitaire : **2019-2020**

Spécialité : **Paysage**

Spécialisation (et option éventuelle) :

Paysage : Opérationnalité et Projet

Mémoire de fin d'études

d'ingénieur de l'École nationale supérieure des sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage (AGROCAMPUS OUEST), école interne de l'institut national d'enseignement supérieur pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement

de master de l'École nationale supérieure des sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage (AGROCAMPUS OUEST), école interne de l'institut national d'enseignement supérieur pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement

d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)

Le paysagiste concepteur, porte-parole de la nature au sein des projets architecturaux de la ville verte de demain

Par : Léo PETITDIDIER



Source : www.stefano-boeri-architetti.net

Soutenu à ANGERS le 24 / 09 / 2020

Devant le jury composé de :

Président : **BEAUJOUAN Véronique**

Maître de stage : **ROUGE Chrystelle**

Enseignant référent : **ESCATS GUILLOU Emeline**

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

Confidentialité

Non Oui si oui : 1 an 5 ans 10 ans

Pendant toute la durée de confidentialité, aucune diffusion du mémoire n'est possible ⁽¹⁾.

Date et signature du maître de stage ⁽²⁾ :
(ou de l'étudiant-entrepreneur)

A la fin de la période de confidentialité, sa diffusion est soumise aux règles ci-dessous (droits d'auteur et autorisation de diffusion par l'enseignant à renseigner).

Droits d'auteur

L'auteur⁽³⁾ **Petitdidier Léo**

autorise la diffusion de son travail (immédiatement ou à la fin de la période de confidentialité)

Oui Non

Si oui, il autorise

- la diffusion papier du mémoire uniquement⁽⁴⁾
- la diffusion papier du mémoire et la diffusion électronique du résumé
- la diffusion papier et électronique du mémoire (joindre dans ce cas la fiche de conformité du mémoire numérique et le contrat de diffusion)

(Facultatif) accepte de placer son mémoire sous licence Creative commons CC-By-Nc-Nd (voir Guide du mémoire Chap 1.4 page 6)

Date et signature de l'auteur :

Autorisation de diffusion par le responsable de spécialisation ou son représentant

L'enseignant juge le mémoire de qualité suffisante pour être diffusé (immédiatement ou à la fin de la période de confidentialité)

Oui Non

Si non, seul le titre du mémoire apparaîtra dans les bases de données.

Si oui, il autorise

- la diffusion papier du mémoire uniquement⁽⁴⁾
- la diffusion papier du mémoire et la diffusion électronique du résumé
- la diffusion papier et électronique du mémoire

Date et signature de l'enseignant :

(1) L'administration, les enseignants et les différents services de documentation d'AGROCAMPUS OUEST s'engagent à respecter cette confidentialité.

(2) Signature et cachet de l'organisme

(3).Auteur = étudiant qui réalise son mémoire de fin d'études

(4) La référence bibliographique (= Nom de l'auteur, titre du mémoire, année de soutenance, diplôme, spécialité et spécialisation/Option)) sera signalée dans les bases de données documentaires sans le résu

Remerciements

Je tiens en premier lieu à remercier toute l'équipe de MOZ Paysage pour son accueil malgré le confinement et le télétravail qui s'en est suivi ainsi que pour l'expérience et l'épanouissement qu'ils ont pu m'apporter tout au long de ce stage.

Merci à ma tutrice Emeline Escats Guillou ainsi qu'à ma responsable de stage Chrystelle Rouge pour leurs conseils avisés et pour m'avoir guidé autour de ce sujet passionnant.

Je remercie également mes proches pour leur soutien permanent ainsi que tous ceux qui ont participé, de près ou de loin, à la rédaction de ce mémoire.

Merci à nos responsables de spécialisation Christophe Migeon et Vincent Bouvier pour leur énergie et leur investissement qui rendent notre formation complète et enrichissante faisant de nous les personnes curieuses et passionnées que nous sommes aujourd'hui.

Enfin un grand merci à mes amis de promotion avec lesquels j'ai partagé ces années formidables à Angers et avec qui j'espère partager bien plus encore.

Avant-propos

MOZ Paysage est une agence de paysage jeune et ambitieuse co-fondée par Ewen Le Rouic et Tien Hwang basée dans le premier arrondissement de la ville de Lyon. Composée d'une dizaine de personnes, l'équipe travaille sur des projets d'aménagements publics et privés à différentes échelles sur le territoire français ainsi qu'à l'étranger.

J'ai intégré l'agence pour un stage de six mois en mars 2020 mais rapidement après le début du stage, l'épidémie de coronavirus et le confinement qui a suivi m'ont forcé à poursuivre mes missions en télétravail. Cette pandémie et les mesures exceptionnelles qui ont été prises par le gouvernement français ont retardé le projet sur lequel je devais travailler initialement. Malgré tout, j'ai eu l'occasion de travailler sur de nombreux autres projets avec des sujets et échelles différents qui ont mené à des missions très variées.

Parmi ces projets, l'intégration de végétal sur des bâtiments était un thème récurrent. La participation au concours de Charenton-Bercy pour la conception paysagère d'une tour végétalisée en région parisienne a soulevé de nombreuses questions concernant le lien entre le végétal et l'architecture. C'est le travail sur ce projet qui est à l'origine de la problématique traitée dans ce mémoire.

Glossaire

Anthropique : Qui résulte essentiellement de l'intervention de l'Homme.

Biocapacité : La biocapacité d'une zone biologiquement productive donnée désigne sa capacité à générer une offre continue en ressources renouvelables et à absorber les déchets découlant de leur consommation.

Biodiversité : Diversité des espèces vivantes et de leurs caractères génétiques.

Biophilie : Le fait d'aimer le vivant.

Cannelure : Rainure rectiligne en creux, à la surface d'un objet.

Couche limite : Couche d'air chargée en vapeur d'eau englobant la feuille, jouant le rôle d'interface entre l'intérieur de la feuille et l'air ambiant.

Ecologisme : Position dominée par le souci de protéger la nature et l'Homme lui-même contre les pollutions, altérations et destructions diverses issues de l'activité des sociétés industrielles.

Effet de serre additionnel : L'effet de serre additionnel représente les activités humaines qui provoquent un réchauffement accru de l'atmosphère.

Evapotranspiration : L'évapotranspiration est un processus par lequel les êtres vivants perdent de l'eau sous forme de vapeur.

Îlot de chaleur urbain : L'îlot de chaleur urbain est un effet de dôme thermique, créant une sorte de microclimat urbain où les températures sont significativement plus élevées.

Nappe phréatique : Partie du sol saturée en eau.

Photosynthèse : Processus permettant à un organisme de synthétiser de la matière organique à partir de dioxyde de carbone et d'énergie lumineuse.

Potentiel d'écotoxicité aquatique : Cet indicateur utilisé pour quantifier l'impact d'un produit sur les écosystèmes aquatiques exprime le potentiel d'écotoxicité dans l'eau douce que génère celui-ci sur l'ensemble de son cycle de vie.

Potentiel de toxicité humaine : Il exprime le potentiel de toxicité que génère un produit considéré sur l'ensemble de son cycle de vie.

Stomate : Ensemble de deux cellules ménageant entre elles une ouverture où se font les échanges gazeux de la plante.

Surface éco-aménageable : La surface éco-aménageable est la somme des surfaces favorables à la biodiversité sur la parcelle, pondérées par un ratio tenant compte de leurs qualités environnementales.

Trame verte : Les trames vertes sont des aménagements du territoire visant à reconstituer un réseau écologique cohérent, pourvu de réservoirs de biodiversité.

Liste des abréviations

ADN : Acide désoxyribonucléique

CTBUH : Council on Tall Buildings and Urban Habitat (Conseil des grands bâtiments et de l'habitat urbain)

IPV : Indice Planète Vivante

LEED : Leadership in Energy and Environmental Design (Leadership en matière de conception énergétique et environnementale)

MOA : Maîtrise d'ouvrage

MOE : Maîtrise d'œuvre

ONG : Organisation Non Gouvernementale

ONU : Organisation des Nations Unies

PLU : Plan Local d'Urbanisme

PMR : Personne à Mobilité Réduite

WWF : World Wildlife Fund

ZAC : Zone d'Aménagement Concerté

Liste des figures

Figure 1 : Evolution de l'Indice Planète Vivante global entre 1970 et 2014	- 1 -
Figure 2 : Photo de l'Hotel Oasia, Singapour	- 2 -
Figure 3 : Rendu graphique d'une maison-pont sur Lumion	- 4 -
Figure 4 : Photo de la Tour Salesforce, San Francisco	- 5 -
Figure 5 : Rendu visuel général de la tour Charenton-Bercy	- 5 -
Figure 6 : Rendu graphique de la ville en treillis perméable, Singapour	- 6 -
Figure 7 : Rendu visuel des jardins intérieurs de la tour Charenton-Bercy	- 7 -
Figure 8 : Photo du vallon du Tourot à Oisans	- 8 -
Figure 9 : Rendu graphique de la tour sculpturale fluide par EID à Kunming, Chine	- 10 -
Figure 10 : Photo de l'installation d'un arbre sur le chantier de la Foret verticale par Boeri à Milan	- 11 -
Figure 11 : Maquette de la Tour de la biodiversité	- 12 -
Figure 12 : Tubes inox plantés avant l'installation sur la façade de la Tour de la Biodiversité	- 13 -
Figure 13 : Photo de la Tour de la Biodiversité	- 13 -
Figure 14 : Rendu graphique de la tour TAO ZHU YIN YUAN	- 14 -
Figure 15 : Photo de la tour TAO ZHU YIN YUAN après sa construction	- 15 -
Figure 16 Rendu visuel phase concours du cœur d'îlot du projet Arborescens à Angers	- 16 -
Figure 17 : Rendu visuel phase projet du cœur d'îlot du projet Arborescens à Angers	- 17 -
Figure 18 : Rendu graphique du projet Bosco Verticale de Stefano Boeri	- 18 -
Figure 19 : Photo aérienne de Bosco Verticale de Stefano Borei, 2019	- 19 -
Figure 20 : Photo de l'Ecole des Sciences et de la Biodiversité, 2019	- 20 -
Figure 21 : Rendu graphique du projet de l'Ecole des Sciences et de la Biodiversité conçu par Chartier-Dalix	- 20 -
Figure 22 : Rendu graphique de l'Arbre de vie par OXO Architectes	- 21 -
Figure 23 : Les acteurs et leur influence sur la conception d'un projet d'aménagement	- 23 -
Figure 24 : Schéma de l'îlot de chaleur urbain	- 26 -
Figure 25 : Enjeux et aboutissements liés à la végétalisation du bâti en espace urbain	- 28 -
Figure 26 : Cycle de vie d'un projet de construction	- 30 -

Liste des tableaux

Tableau 1 : Caractéristiques écologiques des matériaux utilisés pour la végétalisation - 29 -

Liste des annexes

Annexe I : Paris Smart City 2050 par Vincent Callebaut

Annexe II : Typologie et caractéristiques des dispositifs de végétalisation des toitures, extrait du N°13 de la revue Biodiv'2050

Annexe III : Détail technique des supports pour les arbres du projet M6B2 par Edouard François

Sommaire

Introduction	- 1 -
I – Un lien nature/architecture parfois discutable	- 4 -
1. Rendu graphique, rêve ou réalité ?	- 4 -
1.1 L'importance du rendu graphique.....	- 4 -
1.2 Avantages et inconvénients des rendus hyper réalistes par ordinateur.....	- 4 -
1.3 Le greenwashing par l'image.....	- 7 -
2. La réalité du projet et les contraintes de la végétalisation de bâtiments.....	- 7 -
2.1 Le végétal et ses besoins, un être vivant loin d'être un mobilier.....	- 7 -
2.2 Contraintes architecturales	- 9 -
II – Etudes de cas.....	- 12 -
1. Certains résultats en dessous des espérances	- 12 -
1.1. M6B2 Tour de la biodiversité par Edouard François	- 12 -
1.2. TAO ZHU YIN YUAN.....	- 14 -
1.3. Arborescence.....	- 16 -
2. D'autres résultats encourageants	- 18 -
2.1. Bosco verticale	- 18 -
2.2. Boulogne-Billancourt - l'École des Sciences et de la Biodiversité	- 20 -
2.3. Arbre de vie	- 21 -
III – Le travail de paysagiste concepteur dans cette interaction nature/architecture.....	- 23 -
1. Sensibiliser les acteurs à l'importance du végétal en amont du projet	- 23 -
1.1. Le paysagiste au milieu d'un réseau d'acteurs du projet urbain	- 23 -
1.2. Les bénéfices apportés par la végétation.....	- 25 -
2. Prendre du recul sur la dimension environnementale de ces projets	- 28 -
2.1. Consommation de ressources et impact écologique	- 29 -
2.2. Service écosystémique limité	- 31 -
Conclusion	- 32 -

Introduction

L'univers dans lequel nous évoluons semble infini, pourtant, la planète sur laquelle nous nous trouvons possède bel et bien des limites. Au rythme auquel évolue l'espèce humaine, nos vies seront fortement impactées par ces limites dans les décennies futures. En réalité, elles le sont déjà.

Selon une projection de l'évolution de la population mondiale par l'Organisation des Nations Unies (ONU) en 2019, le nombre d'êtres humains sur Terre qui était de 7,7 milliards cette année-là devrait s'élever à plus de 8,5 milliards en 2030 et 9,7 milliards en 2050. Cette augmentation de la population entraîne inévitablement une augmentation de l'utilisation de ressources. Alors que la Terre n'arrive déjà plus à subvenir aux besoins de notre population actuelle, il va lui en être demandé encore davantage dans les décennies futures. La notion de Jour du dépassement, calculé chaque année par l'Organisation Non Gouvernementale (ONG) Global Footprint Network en partenariat avec le World Wildlife Fund (WWF) met en lumière l'avenir sombre réservé à la Terre et à ses ressources. Ce Jour du dépassement correspond à la date à partir de laquelle notre empreinte écologique dépasse la biocapacité de la planète. En 2019 l'humanité avait dépensé l'ensemble des ressources que la Terre peut régénérer en un an le 29 juillet. C'est deux mois plus tôt qu'il y a 20 ans et cette tendance se poursuit. Cette surconsommation des ressources du globe entraîne de nombreux bouleversements menaçant la biodiversité et l'espèce humaine elle-même. Selon le rapport 2018 de WWF sur la vie au sein de la planète, la biodiversité est menacée par divers facteurs que sont la dégradation et la destruction d'habitats, la surexploitation de certaines espèces, l'introduction de maladies et d'espèces invasives, la pollution et le changement climatique.

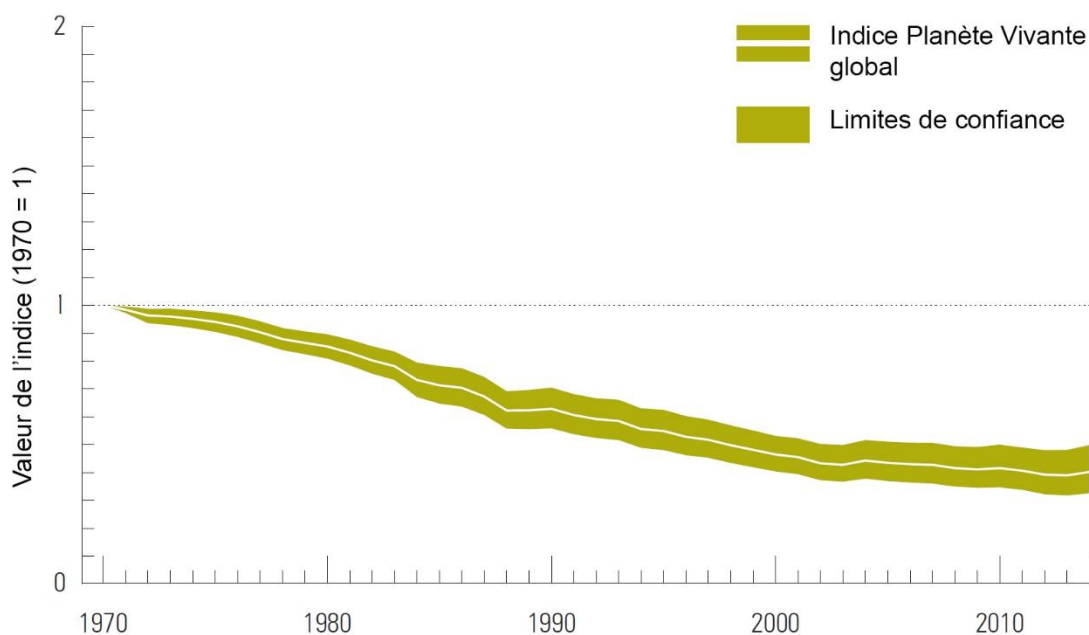


Figure 1 : Evolution de l'Indice Planète Vivante global entre 1970 et 2014
Source : Rapport sur la Planète Vivante publié en 2018 par WWF

Toutes ces menaces sont liées à l'activité humaine qui, d'après l'Indice Planète Vivante (IPV), a provoqué le déclin de 60% de la population mondiale des vertébrés entre 1970 et 2014 (Figure 1).

Cet indice est un indicateur de l'état global de la biodiversité mondiale et dévoile l'impact de la pression humaine sur les habitats. Si l'espèce humaine qui prolifère sur ce globe commence à manquer de ressources, elle commence également à manquer de place. La part de la population mondiale vivant dans une zone urbaine est estimée par l'ONU à 53,3 % en 2018 et projetée à 60% en 2030. Toujours selon l'Organisation des Nations Unies, le nombre de villes dans le monde de plus d'un million d'habitants qui était de 371 en 2000 est passé à 548 en 2018 et ce nombre devrait dépasser les 700 d'ici 2030 d'après les projections (2019).

La population urbaine augmente considérablement et les besoins en logements également. En parallèle, la planète se dégrade et mérite une attention toute particulière. L'aménagement des espaces urbains est donc un enjeu majeur de notre époque et des décennies futures et la réflexion autour de cet enjeu doit également être une opportunité de réconciliation avec notre planète.

Ces problématiques autour de la planète et de la nature ne sont pas récentes mais depuis quelques années, on observe une certaine prise de conscience de la population ; l'écologisme a le vent en poupe et se décline sous plusieurs formes et dans plusieurs domaines. Que ce soit, par exemple, dans le domaine de l'énergie avec les énergies renouvelables, dans le transport avec les véhicules électriques, dans l'agriculture avec un changement progressif des pratiques, on innove pour l'environnement.

Dans cette dynamique, si l'on s'intéresse au domaine de l'aménagement urbain, on voit apparaître une nouvelle forme d'architecture appelée architecture verte, architecture écologique ou encore architecture durable.

Celle-ci se caractérise par des édifices qui, au cours de leur conception, réalisation ou encore de leur utilisation, réduisent ou éliminent les impacts négatifs et peuvent créer des impacts positifs sur le climat et l'environnement naturel.

On peut qualifier un bâtiment de « durable » pour plusieurs raisons :

- Une utilisation raisonnée et efficace de l'eau, de l'énergie et autres ressources
- L'utilisation d'énergies renouvelables
- La mise en place de mesures de réduction et recyclage des déchets
- L'utilisation de matériaux durables, éthiques et non toxiques
- La prise en compte de l'environnement dans la conception, la construction et l'utilisation
- Une conception qui permet de s'adapter aux mutations de l'environnement. [1]

Ainsi, si un édifice est concerné par au moins l'un de ces points, il peut être qualifié de « vert », « écologique » ou bien « durable », que ce soit une habitation, une école ou un hôpital (World Green Building Council, 2020).

Dans ces trois derniers points, intervient la question du végétal dans l'architecture. Une architecture « verte » n'est-elle pas également une architecture de couleur verte, qui intègre le végétal à ses édifices ?

La volonté d'intégrer la nature à la ville est en train de fleurir un peu partout à travers le globe. On a beaucoup entendu parler des murs végétalisés, démocratisés par Patrick Blanc ou encore des toitures végétales. Les bâtiments se couvrent peu à peu de verdure qui a de véritables effets positifs sur les espaces urbains que ce soit au niveau de la qualité de l'air, de la réduction des îlots de chaleur, de la biodiversité ou tout simplement de la biophilie.



Figure 2 : Photo de l'Hotel Oasia, Singapour
Source : CTBUH,2018

La ville de Singapour est également pionnière sur le sujet avec l'achèvement de l'Hotel Oasia en 2016, tour entièrement recouverte de végétaux (Figure 2). Dans ce même idéal de ville végétale, le projet d'anticipation « Paris Smart City 2050 » développé par l'agence Setec Bâtiment et l'architecte Vincent Callebaut habille Paris d'un manteau végétal époustouflant.

Cependant, intègre-t-on vraiment la nature à la ville ou est-ce un simple maquillage vert qui vient recouvrir nos bâtiments ? Alors que certains de ces projets semblent être une réussite, d'autres posent question. Est-ce réalisable ? Est-ce viable ? Le végétal a-t-il vraiment sa place ? Nombre de ces interrogations ont fait surface au cours de ce stage de fin d'étude à l'agence MOZ Paysage située à Lyon. A travers différents projets de bâtiment végétalisés dont nous verrons des exemples par la suite, nous nous sommes interrogés sur la place du végétal.

Outre ses missions de conception d'espaces végétalisés sur des projets de ce type, une autre mission vient s'ajouter au travail du paysagiste concepteur. Il semble en effet être le mieux placé pour faire cohabiter harmonieusement la nature et l'architecture.

En découle de ces observations la problématique suivante : **Comment le paysagiste peut-il jouer le rôle de lien entre la nature et l'architecture verte de demain ?**

A travers cette problématique, nous tenterons de répondre à trois questions subsidiaires qui permettront de dérouler notre réflexion.

Tout d'abord, pour quelles raisons le lien entre la nature et l'architecture est actuellement discutable ? Nous allons donc dans un premier temps analyser les éléments qui posent questions sur certaines représentations et projets d'architecture où la place du végétal est discutable.

Ensuite, quelles sont les clés pour qu'un projet voit la nature et l'architecture cohabiter harmonieusement ? Dans cette seconde partie nous allons analyser différents exemples, certains pour lesquels les résultats sont décevants et d'autres pour lesquels la symbiose architecture/végétal est réussie et essayer de déterminer les clés de cette réussite.

Enfin, quelles sont les cartes à jouer pour le paysagiste ? Après avoir déterminé les clés de réussite d'un projet d'architecture dans lequel la nature a vraiment sa place, nous allons déterminer comment intervenir en tant que paysagiste pour travailler ce lien nature/architecture et assurer sa réussite.

I – Un lien nature/architecture parfois discutable

1. Rendu graphique, rêve ou réalité ?

1.1 L'importance du rendu graphique

Dans tout projet d'envergure sont produites de nombreuses pièces graphiques, allant des plans pour la vision globale, des détails techniques pour apporter des précisions jusqu'aux rendus d'ambiance pour une mise en situation du projet. Toutes ces représentations permettent au concepteur de représenter un projet qui n'est alors qu'une idée dans sa tête. Ainsi l'idée devient projet et peut donc être appréhendée par autrui. Mais ces représentations peuvent également permettre au concepteur lui-même de prendre conscience de certains éléments du projet qui n'apparaissent qu'une fois le projet représenté :

Lors de la conception architecturale, le but [des représentations d'ambiances] est de valider la volumétrie générale de l'édifice, le choix des matériaux ou encore l'implantation du bâtiment sur le site existant, c'est-à-dire de procéder à des choix qui vont permettre « a priori » que l'ambiance projetée soit vécue, ressentie comme telle dans l'édifice construit (Dorzd et al. 2010).

Au-delà de permettre à un individu extérieur de comprendre le projet, le rendu s'utilise également pour donner envie, faire rêver un client potentiel ou le public. Pour cela ce sont les perspectives d'ambiance qui sont utilisées. Ces visuels ont pour objectif de se projeter dans le projet, de souhaiter le voir se réaliser pour pouvoir ressentir cette ambiance représentée. Par conséquent, ces représentations sont souvent biaisées pour être plus attirantes que la réalité.

Les rendus graphiques permettent de représenter une idée, pour lui donner vie et percevoir ses subtilités. Ils permettent également de traduire cette idée permettant à quelqu'un d'extérieur de la percevoir. Enfin, les visuels servent également comme moyen de marketing qui permet de mettre en valeur un projet auprès d'un client potentiel ou du public. Les rendus graphiques réalisés par ordinateurs peuvent cependant avoir des inconvénients.

1.2 Avantages et inconvénients des rendus hyper réalistes par ordinateur

Comme nous l'avons vu précédemment, certaines productions graphiques sont utilisées essentiellement pour donner envie et impressionner.



Figure 3 : Rendu graphique d'une maison-pont sur Lumion
Source : FSG Design

Ceci est de plus en plus pratiqué à l'aide de logiciels de rendu hyper réaliste tels que Twinmotion ou encore Lumion, en constante évolution avec les progrès de l'informatique. On arrive avec ces logiciels à effleurer le réel comme jamais il ne l'a été fait auparavant comme le montre la figure 3 où les jeux de lumière, les rochers et la gestion de l'eau sont plus vrais que nature.

Ces logiciels permettent d'habiller la modélisation 3D du projet réalisée par l'architecte avec des textures de matériaux réalistes ainsi que d'y intégrer du végétal. Vient s'ajouter à cela une gestion de la lumière époustouflante apportant une atmosphère réellement immersive. Tous ces outils sont très avantageux pour les concepteurs qui peuvent désormais montrer au public un aperçu réaliste du projet avant même que les travaux ne commencent.

Cependant, la liberté et le pouvoir qu'offrent ces logiciels peuvent également mener à de l'exagération :

Dans un monde de concours de design en ligne et de partage d'images sociales, de nombreux architectes se sont mis à créer des modèles et des rendus toujours plus extrêmes pour la consommation publique [traduction]. [2]



Figure 5 : Rendu visuel général de la tour Charenton-Bercy
Source : Charenton-Bercy.fr



Figure 4 : Photo de la Tour Salesforce, San Francisco
Source : CTBUH

Comme l'indique Kohlstedt, la dimension sociale par le partage de ces visuels incite les architectes à forcer certains traits de leurs représentations pour faire sensation. Il est ainsi facile de déformer l'image ou de prendre un angle de vue faisant apparaître l'édifice plus grand que ce qu'il n'est réellement. [2]

Au sein de mon stage, lors d'un concours pour l'intervention paysagère sur le projet de tour à Charenton-Bercy, nous avons été témoins d'une autre forme d'exagération de rendu graphique, celle de la transparence des surfaces vitrées. Les rendus visuels produits par les

architectes laissent comprendre que le végétal présent à l'intérieur des étages serait perceptible depuis l'extérieur donnant à la tour un aspect « vert » synonyme d'écologie comme on peut l'observer sur la figure 4. Cependant, la réalité est tout autre puisque l'effet de reflet des vitres ne permet en aucun cas la perception de l'intérieur d'un bâtiment depuis les abords de celui-ci. L'exemple figure 5 de la Tour Salesforce construite dans le centre-ville de San Francisco démontre bien qu'un bâtiment vitré ne veut pas dire un bâtiment transparent. Là encore on « triche » sur la représentation pour faire passer un message, perdant ainsi du réalisme.



Figure 6 : Rendu graphique de la ville en treillis perméable, Singapour
Source : WOHA ,2011

Mais parmi ces représentations erronées, une pratique est particulièrement à la mode dans le contexte environnemental actuel :

Les représentations de futur gratte-ciel avec une verdure improbable sont en augmentation. La tendance a commencé avec les toits, mais s'est développée pour englober toutes sortes de surfaces horizontales de bâtiments [traduction]. [2]

A nouveau pour faire sensation, attirer et surtout donner une image écologique du projet, de plus en plus de rendus visuels apparaissent débordants de végétal comme représenté figure 6. Dans cette représentation, le cabinet d'architecture WOHA a choisi de mettre en avant l'aspect « environnemental » de ce projet en recouvrant la quasi-totalité de l'édifice de végétation. Dans le même esprit on retrouve le projet d'anticipation de Vincent Callebaut sur Paris Smart City 2050 en Annexe I avec un végétal très abondant débordant sur toutes les façades parisiennes. Bien que ces représentations soient des prototypes et ne sont que de l'ordre du rêve, ils donnent une image biaisée du lien entre la nature et l'architecture que nous essayons d'analyser. Cette image biaisée car sur-végétalisée, de nombreux architectes tentent de la reproduire dans des projets qui eux ne sont pas de l'ordre de l'utopie mais bien de la réalité et c'est là que le problème se dessine.

A ce propos, Kohlstedt se demande : « L'effet peut être époustoufflant, mais ces dessins sont-ils vraiment écologiques ou s'agit-il simplement d'une nouvelle forme de greenwashing ? » [traduction]. [2]

1.3 Le greenwashing par l'image

Pourquoi parle-t-on de greenwashing aussi appelé écoblanchiment en français dans le cas de certains bâtiments végétalisés ?

L'écoblanchiment selon le dictionnaire Larousse correspond à l'« utilisation fallacieuse d'arguments faisant état de bonnes pratiques écologiques dans des opérations de marketing ou de communication ». [3]

Si l'on parle de greenwashing c'est parce que dans une partie des cas, ces bâtiments verts donnent l'impression d'être plus durables et écologiques qu'ils ne le seront une fois construits. La présence massive d'arbres sur les toits et les étages donne un sentiment de respect de la nature et de l'environnement. Il y a donc bel et bien un effet de marketing et de communication s'appuyant sur un aspect écologique. Cependant, en quoi cela est-il fallacieux ?

En réalité, il se trouve qu'une majorité de ces bâtiments ne verront pas le jour car la mise en place d'arbres et de végétation de manière générale sur une construction implique d'importants moyens techniques et donc d'importants moyens financiers. Même si le projet finit tout de même par être réalisé, les réalités techniques rendent l'aperçu final bien différent des rendus visuels présentés en amont.

Il y a donc un décalage entre la nature présentée par ces visuels de créations architecturales et la vraie nature qui est avant tout vivante. Nous allons donc expliciter les éléments qui rendent délicate la mise en place de cette végétation dans l'architecture.

2. La réalité du projet et les contraintes de la végétalisation de bâtiments

2.1 Le végétal et ses besoins, un être vivant loin d'être un mobilier



Figure 7 : Rendu visuel des jardins intérieurs de la tour Charenton-Bercy

Source : Charenton-Bercy.fr

Lors du concours sur la tour Charenton-Bercy évoqué précédemment, nous avons été surpris non pas par la représentation du végétal qui, grâce aux logiciels de modélisation est assez fidèle, mais bien par l'implantation de celui-ci. En effet, certains visuels présentent un végétal qui s'apparente à du mobilier. Ce sont des arbres, des arbustes qui à l'image d'une table ou d'un parasol, sont posés directement sur le sol. On observe sur la figure 7 des arbres installés immédiatement sur la dalle qui compose le sol de l'étage. Or il est évident que n'importe quelle végétation a besoin d'un sol pour se développer, les arbres tout particulièrement puisque leurs racines peuvent descendre assez profondément suivant le type d'essences concerné. On comprend alors l'importance de l'intervention du paysagiste pour ce genre de projet. Ceci montre bien que certains concepteurs n'ont pas la notion du végétal comme être vivant mais bien comme mobilier à poser pour « aménager » l'espace. Cette vision est confortée par les logiciels de rendu graphique qui traitent le végétal dans des bibliothèques d'objets de

la même façon qu'une table ou qu'un parasol. De plus la représentation visuelle du végétal dans ces logiciels se limite à ce qui est visible, c'est-à-dire uniquement le tronc et les parties aériennes. Les racines puisqu'invisibles ne sont même pas modélisées, ce qui rend tout à fait possible de poser un tronc sur une dalle béton.

Mais le végétal est loin d'être un mobilier, il s'agit d'un être vivant avec des besoins et des conditions de vie à respecter pour le maintenir en bonne santé et permettre son bon développement.

Tout d'abord une plante a besoin d'eau. Cette ressource est indispensable aux végétaux pour plusieurs raisons :

- L'eau contribue au maintien de la turgescence des cellules végétales, processus déterminant dans la croissance de la plante (Hernandez-Hernandez, Benitez et Boudaoud, 2020) ;
- L'eau agit comme un solvant et permet à la plante d'absorber les nutriments qui s'y dissolvent (Simunek et Hopmans, 2009) ;
- L'eau est également utilisée pour transporter ces nutriments du sol à la partie aérienne de la plante grâce au processus de transpiration (Novak et Vidovic, 2003) ;
- L'eau est utilisée lors de la photosynthèse, procédé pendant lequel la plante transforme l'énergie du rayonnement lumineux en énergie utilisable par ses cellules (Egilla, Davies et Boutton, 2005) ;
- Enfin l'eau est essentielle pour les réactions biologiques de la plante de manière générale.

Il est donc indispensable que la végétation ait accès à l'eau. Dans la nature, elle va puiser son eau dans le sol qui récolte les eaux de pluie et héberge les nappes phréatiques, grandes réserves d'eaux souterraines. Or, au 7^{ème} étage d'un bâtiment les végétaux n'ont évidemment pas accès aux nappes phréatiques mais surtout, pour peu qu'il y ait un 8^{ème} étage au-dessus ils n'ont pas forcément accès à l'eau pluviale non plus.

Un autre élément crucial au bon développement du végétal est la lumière puisque c'est sa source d'énergie. Sans lumière la plante ne peut pas se développer correctement. Comme pour l'eau, si un espace végétalisé se retrouve recouvert par d'autres étages au-dessus de lui, l'accès à la lumière peut être compliqué. Vient s'ajouter à cela l'exposition liée à l'orientation géographique :

Considérez également que les bâtiments ont des côtés : l'idée de mettre les mêmes arbres tout autour, indépendamment des conditions de vent et de soleil, a aussi peu de sens que de trouver des arbres de la même façon sur tous les côtés d'une montagne dans la nature [traduction]. [2]



Figure 8 : Photo du vallon du Tourot à Oisans
Source : montagne.a.vaches.free.fr

Si l'on observe la situation dans la nature comme l'évoque Kohlstedt, on remarque que les versants Nord et Sud d'une montagne ne sont pas colonisés par la même végétation comme le montre la figure 8. De la même façon, on ne peut pas végétaliser un bâtiment à l'identique sur une façade au Sud très ensoleillée et sur une autre façade au Nord qui ne verra presque jamais le soleil.

Le végétal a également besoin d'un sol car ce dernier est essentiel à différents niveaux. Comme nous l'avons vu précédemment, c'est dans le sol que la plante puise son eau mais également ses nutriments. Le sol joue aussi le rôle de support du végétal qui grâce à ses racines doit pouvoir s'arrimer et ne pas s'arracher. Pour ces différentes raisons il est nécessaire de prévoir une épaisseur de sol en fonction des végétaux à implanter ce qui rend le projet représenté figure 7 irréalisable.

Enfin en tant qu'être vivant, la plante est sensible au climat dans lequel elle se trouve et on ne peut pas planter n'importe quel végétal dans n'importe quelle région du globe. A cela s'ajoute la problématique du dérèglement climatique qui oblige à prévoir des végétaux qui s'adapteront au climat futur. Ceci s'applique pour n'importe quel aménagement que ce soit sur la terre ferme ou sur les étages d'un gratte-ciel. En revanche, ceci est vrai uniquement pour des aménagements extérieurs. Pour des aménagements intérieurs, le végétal se retrouve dans un climat artificiel créé par l'Homme où dans nos régions l'air est chauffé en hiver et climatisé en été. Cet environnement est incompatible avec une végétation locale souvent prisée dans ce genre de projets « verts » puisque seule une végétation exotique peut être mise en place.

2.2 Contraintes architecturales

Intégrer consciencieusement le végétal à une construction de manière à répondre aux besoins que nous avons cités précédemment est relativement complexe. Il faut prendre en compte ces besoins en trouvant des solutions techniques ce qui complique souvent le projet et le rend également plus coûteux. Nous allons donc voir comment il est possible de lier nature et architecture et ce que cela implique.

Pour subvenir aux besoins en eau des végétaux, il faut mettre en place un réseau d'arrosage complexe qui vient alimenter chaque étage et chaque espaces végétalisés en fonction de ses besoins. Ce réseau peut être comparé avec le réseau sanguin chez l'Homme qui vient distribuer précisément le sang dans toutes les parties du corps en fonction de leurs besoins avec le cœur jouant le rôle de pompe. Ceci implique une infrastructure conséquente en termes d'arrosage qui vient s'ajouter aux divers autres réseaux à mettre en place à travers le bâtiment et engendre également un coût non négligeable. De plus, ces surfaces végétalisées consomment une importante quantité d'eau qui devra provenir du réseau de ville faisant ainsi grimper le coût d'entretien de ce genre de construction.

Le deuxième élément crucial à intégrer est le sol. Ce substrat dans lequel vont évoluer les plantes doit être adapté aux strates végétales choisies. Ainsi comme le détaille le 13^{ème} numéro de BIODIV'2050 à propos des toitures végétalisées, on retrouve différents types de dispositifs : les toitures végétalisées extensives avec seulement une fine couche de substrat de 12 à 15 cm d'épaisseur, les toitures semi-intensives avec une épaisseur de substrat de 15 à 40 cm et enfin les toitures intensives avec une épaisseur supérieure à 40 cm comme le présente le tableau 1 de l'annexe II.

A chacune de ces typologies correspond un type d'aménagement planté allant du simple tapis végétal pour les toitures extensives jusqu'au massif planté composé de plusieurs strates végétales et pouvant accueillir des arbres pour la typologie intensive. Lors d'un webinaire sur la Nature en Ville et l'Architecture en 2020, l'architecte Manal Rachdi préconisait une épaisseur de terre de 1,50 à 2 m pour planter des arbres sur bâtiments. Alors que le substrat peut être léger pour les typologies extensives et semi-intensives, un massif composé d'arbres et d'arbustes devra être composé de terre végétale, beaucoup plus lourde ce qui nous amène à la problématique du poids engendré par de telles installations. Toujours selon le tableau 1 de l'annexe II, alors qu'un tapis végétal va peser entre 30 et 180 kg au mètre carré, un massif avec arbres et arbustes dépasse largement les 600 kg par mètre carré ce qui représente une charge non négligeable dans les calculs de structure du bâtiment. Il faut également ajouter à tout cela une membrane d'étanchéité ainsi qu'anti-racines puisqu'il faut absolument éviter que ces installations dégradent la structure du bâtiment. En cas de plantation d'arbres, il faut également les arrimer à la structure du bâti pour éviter que le vent ne les déloge de leur sol artificiel, il existe différents procédés consistant à sangler la motte de l'arbre à des fixations directement attachées au bâti.



Figure 9 : Rendu graphique de la tour sculpturale fluide par EID à Kunming, Chine
Source : ArchDaily.com (2019)

Les végétaux mis en place sur un bâtiment doivent aussi avoir accès à la lumière, c'est leur source d'énergie. Dans le cas d'une toiture végétalisée cela ne pose pas de problème mais pour le cas de la végétalisation de balcons par exemple cela peut être problématique. Si une plante se retrouve recouverte par les étages supérieurs comme on peut le voir sur la figure 9, elle ne pourra pas se développer correctement. Comme nous l'avons évoqué dans la partie sur les besoins des végétaux, l'exposition au soleil dépend également de l'orientation géographique. Il est donc impossible d'installer la même végétation sur un balcon orienté au Sud qui sera baigné de soleil tout au long de la journée et sur un balcon au Nord qui sera pratiquement toujours à l'ombre. L'aspect d'un bâtiment végétalisé peut difficilement être uniforme sur toutes ses faces.

A propos des conditions climatiques, il est important d'installer les plantes dans un environnement adapté à leur développement. Dans nos régions, on ne peut pas planter des végétaux d'extérieur en intérieur et inversement mais il y a un autre élément important à prendre en compte en termes de conditions climatiques : l'altitude.

Sur de nombreux visuels on observe une végétation arborée en haut des gratte-ciels alors qu'à ces hauteurs les conditions climatiques sont très défavorables.

[Là-haut] il fait chaud, froid et venteux, la pluie vous fouette et la neige et la grêle vous écorchent à grande vitesse. La vie des arbres en ville est assez dure au sol. Je ne peux pas imaginer ce que c'est à 150 mètres d'altitude, où presque toutes les variables climatiques sont plus extrêmes qu'au niveau de la rue [traduction]. [4]

Ces conditions rendent délicat voire impossible le développement des végétaux « habituels » que l'on peut retrouver dans les aménagements au sol.

Selon De Chant (2013), le vent est l'une des plus grosses menaces de ces hauteurs. En plus de risquer d'arracher les arbres en place, il défait la couche limite qui se constitue autour des feuilles pour réguler l'évapotranspiration contribuant ainsi au dessèchement du végétal. Certains végétaux se sont adaptés à ces conditions, par exemple en développant des poils autour de leurs feuilles pour maintenir cette couche limite indispensable mais ce n'est pas le cas des grands feuillus qui sont dessinés sur la plupart des visuels.

S'ajoutent à cela les conditions de chaud et de froid extrêmes, toutes les deux mortelles pour un végétal non adapté.

A l'image d'une montagne qui n'est pas pourvue de la même végétation au pied comme au sommet ni au Nord comme au Sud, un bâtiment ne peut pas héberger les mêmes végétaux sur son ensemble.

Au-delà des contraintes de conception, il faut également compter les contraintes de mise en place lors du chantier.

Les végétaux sont, comme nous l'avons évoqué précédemment, des êtres vivants. Ils sont par conséquent très fragiles et ne peuvent pas être transportés comme n'importe quels matériaux de construction. Pour installer une végétation sur un balcon à 100 m du sol, cela nécessite d'importants moyens (cf. figure 10) que ce soit techniques ou financiers ainsi que beaucoup d'attention à porter auprès de ces êtres vivants. Il est beaucoup plus coûteux de remplacer un arbre abîmé à 100 m de hauteur qu'au sol.



Figure 10 : Photo de l'installation d'un arbre sur le chantier de la Forêt verticale par Boeri à Milan
Source : Marco Garofalo

Pour finir, l'entretien est également un élément délicat puisqu'il faut rendre ces espaces végétalisés accessibles. Ils doivent donc être munis de garde-corps mais surtout doivent posséder un accès autre que par un appartement privé par exemple. Dans le cas contraire, l'entretien doit se faire depuis l'extérieur donc encordé ce qui rend la tâche encore plus complexe.

De manière générale, végétaliser ces nouvelles constructions urbaines n'est pas chose facile, le respect des besoins du végétal implique de répondre à de nombreuses contraintes techniques qui mènent vers des augmentations de budgets. Il en est de même pour la mise en place et l'entretien de ces espaces. Parmi les nombreux visuels de tours et autres constructions débordantes de végétal, très peu voient réellement le jour et ce décalage entre ce qui est imaginé et ce qui est réalisable est donc réellement présent.

Il existe cependant de rares projets avec un objectif de végétalisation du bâti qui ont été réalisés, certains avec des résultats décevants, d'autres avec des résultats encourageants. Nous allons donc étudier ces différents cas pour en tirer les leçons qui découlent de ces diverses expériences.

II – Etudes de cas

1. Certains résultats en dessous des espérances

Parmi les différents projets de végétalisation de bâtiments urbains qui ont vu le jour, certains offrent des résultats parfois loin des espérances en termes de végétalisation. Nous allons essayer d'analyser pourquoi le projet réalisé ne correspond pas aux espérances.

1.1. M6B2 Tour de la biodiversité par Edouard François

M6B2 Tour de la biodiversité est un projet de logements sociaux dans le 13^{ème} arrondissement de Paris mené par l'architecte Edouard François en collaboration avec BASE - Paysage et Urbanisme. Cette tour de 140 logements aspire à régénérer la biodiversité urbaine par une végétalisation de ses façades avec des plantes issues de milieux sauvages sensées ensemençer les alentours. Le projet prometteur est lauréat du concours en 2010 et la construction s'achève en 2016.



Figure 11 : Maquette de la Tour de la biodiversité
Source : Edouard François

Cette tour de 16 étages et 50 m de haut se veut rayonnante de verdure par ses arbres et ses grimpantes plantés sur tout le pourtour du bâtiment. Le vent doit permettre d'éparpiller les graines produites par ce rideau végétal « sauvage ». [5]



Figure 13 : Photo de la Tour de la Biodiversité
Source : Google Street View 2020

Cependant, lorsque l'on compare la maquette du projet Fig.11 avec une photo de celui-ci 4 ans après sa livraison Fig.12, même si la structure du bâtiment est fidèle, on observe que la végétalisation est bien loin de ressembler à ce qui était imaginé par les concepteurs.



Figure 12 : Tubes inox plantés avant l'installation sur la façade de la Tour de la Biodiversité
Source : Edouard François

En analysant les conditions de vie mises en place pour ces végétaux on peut rapidement imaginer pourquoi la végétation n'est pas aussi vigoureuse que prévu. En effet, la façade est couverte de tubes en inox dans lesquels ont été plantés les végétaux, que ce soient les plantes grimpantes ou les arbres comme le montre la figure 13. Malgré le système d'arrosage intégré au dispositif (cf. Annexe III) les plantes ne sont visiblement pas dans les conditions permettant leur bon développement. On peut supposer que le volume de substrat à disposition est trop faible, que la chaleur du soleil tape sur les tubes en inox asséchant et dégradant les racines ou encore que l'impossibilité de former des racines horizontales soit trop pénalisante pour ces arbres. Ainsi inévitablement, la végétalisation de ce bâtiment est assez décevante puisque 4 ans plus tard, les quelques arbres encore vivants sont chétifs et ne pourront jamais se développer correctement.

Dans ce premier exemple nous avons pu remarquer que lorsque les besoins vitaux de la plante sont ignorés, le végétal ne se développe pas voire périt, affectant ainsi l'aspect « vert » et « écologique » ou encore la biodiversité recherchée au départ.

1.2. TAO ZHU YIN YUAN

TAO ZHU YIN YUAN un projet de tour verte qui absorbe le carbone, située dans la ville de Taipei à Taïwan. Ce projet inspiré de la forme de l'ADN avec une double hélice comporte 42 appartements et cherche à répondre à 4 défis majeurs :

- Créer une tour durable qui limite l'empreinte écologique de ses habitants.
- Créer une tour verte ornée de 23 000 arbres et arbustes avec pour objectif d'absorber 130 tonnes de CO₂ par an.
- Créer une tour flexible s'adaptant aux besoins d'aménagement des habitations.
- Et enfin créer une tour antisismique qui résiste à des tremblements de terre de magnitude 7 puisque Taïwan est une zone à risques.

Décrochant le premier prix du concours en novembre 2010, la tour est livrée en 2018. Elle obtient diverses certifications, notamment le LEED or (Leadership en matière de conception énergétique et environnementale) délivré par le Conseil des Bâtiments Verts des Etats Unis. [6]



Figure 14 : Rendu graphique de la tour TAO ZHU YIN YUAN
Source : vincent.callebaut.org

Cependant, une fois encore, la végétalisation imaginée lors de la conception se retrouve bien loin de la réalité une fois le projet réalisé.

En analysant les figures 14 et 15, on remarque que l'édifice est nettement moins végétalisé que prévu. Sur le rendu graphique figure 14, on distingue un végétal omniprésent, débordant de chaque balcon sur les deux faces de la double hélice. En revanche, sur la photo du projet réalisé figure 15, on peut apercevoir du végétal seulement sur l'une des deux faces de la double hélice.

Pour analyser ce décalage important entre projet et réalité, penchons-nous d'abord sur ce qui était prévu au départ. Sur le rendu graphique, la végétalisation est très abondante et présente sur tout le pourtour de l'édifice. Cependant, la forme des hélices implique que la moitié des balcons ont un accès au ciel alors que l'autre moitié se retrouve recouverte par les balcons supérieurs. Ceci pose un problème pour le végétal qui aura par conséquent beaucoup moins accès à la lumière ainsi qu'à l'eau de pluie. On remarque justement que sur l'édifice réalisé, toute la face où les balcons se superposent est dépourvue de végétal. On peut supposer que ce paramètre de luminosité a été pris en compte plus tard dans la conception diminuant ainsi de moitié la végétalisation de la structure.

Par ailleurs, même si sur la photo le végétal n'a pas eu beaucoup de temps pour se développer, la face de l'hélice tournée vers le ciel se retrouve tout de même moins végétalisée que ce qui était représenté sur le rendu graphique. Cela peut être due à une question de budget limité impactant ainsi la présence du végétal.

Globalement, la tour qui devait accueillir 23 000 arbres et arbustes et absorber 130 tonnes de CO2 semble bien loin de ses objectifs. Le projet architectural reste tout à fait fidèle au rendu d'origine, mais il se détache fortement du végétal après avoir été confronté à la réalité de la plantation sur bâtiment.

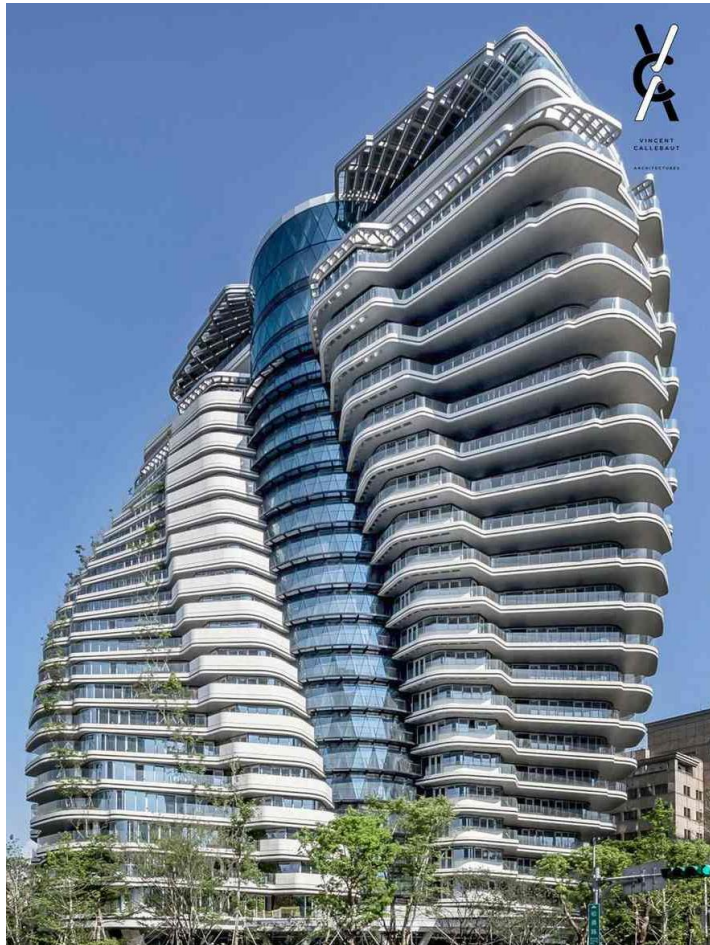


Figure 15 : Photo de la tour TAO ZHU YIN YUAN après sa construction

Source : vincent.callebaut.org

1.3. Arborescence

Arborescence est l'un des six lauréats d'un appel à projets urbain innovants lancé par la ville d'Angers en 2018. Ce projet conçu par Crespy & Aumont Architectes ainsi que WY-TO architects en collaboration avec MOZ Paysage (structure d'accueil du stage) a comme objectif d'habiter un arbre en bord de Maine. Avec un programme intergénérationnel de quinze logements, une résidence seniors, un espace de co-working et une crèche, ce projet vient s'inscrire dans l'ADN végétal de la ville d'Angers et son corridor écologique.



Figure 16 Rendu visuel phase concours du cœur d'îlot du projet Arborescens à Angers
Source : WY-TO architects & MOZ Paysage, rendu par Air Studio

Au cours de ce projet, de nombreuses contraintes sont venues mettre à mal la végétalisation prévue initialement. L'objectif de départ comme on peut le voir sur la figure 16 était de mettre en place des jardinières filantes végétalisées sur tout le linéaire des balcons. Or, le poids de ces jardinières et du substrat est devenu une contrainte importante pour la structure du bâtiment. Les jardinières filantes aux formes organiques ont alors dû être segmentées pour alléger la structure. Leur taille a également été réduite pour laisser un accès confortable aux Personnes à Mobilité Réduite (PMR) pour les appartements de la résidence seniors. Enfin pour des raisons de budget les jardinières filantes qui devaient être construites en béton coulé ont dû être retravaillées pour être standardisées et modulables afin de réduire les coûts de réalisation. Ces jardinières devaient également être démontables afin d'accéder à la couche d'étanchéité en dessous.



Figure 17 : Rendu visuel phase projet du cœur d'îlot du projet Arborescens à Angers
Source : WY-TO architects & MOZ Paysage, rendu par Air Studio

Les végétaux qui devaient donc être installés sur toute la longueur des balcons dans les jardinières filantes aux formes organiques en béton coulé se retrouvent fragmentés dans des modules de jardinières démontables aux formes répétées et plus petites. Cette perte s'accompagne d'une diminution importante du nombre d'arbres présents sur le bâtiment. En effet la structure et la forme des balcons ayant changé, il y a moins de place pour que les arbres se développent sans être gênés par les balcons supérieurs. Entre les jardinières fragmentées et les arbres retirés, le végétal sur le bâtiment a perdu du terrain.

La construction n'a pas encore débuté mais en raison des contraintes imposées par le végétal, le programme et le budget, la végétalisation a été impactée et le projet ne ressemblera pas à ce qui était imaginé par les concepteurs à l'origine.

Cependant, en comparant la figure 16 correspondant à ce qui était imaginé en phase concours et la figure 17 qui correspond au dernier rendu de la phase projet, on remarque que le végétal est toujours très présent. Malgré les différentes contraintes qui ont fait diminuer l'ampleur du végétal, la représentation graphique promet toujours une grande abondance de plantes. Le concepteur a en effet intérêt à continuer de promouvoir l'aspect « vert » du bâtiment indépendamment du côté réaliste. Un peu à l'image d'une publicité qui fera l'éloge d'un produit, le rendu graphique doit également faire l'éloge du projet. Le résultat final cependant sera probablement différent.

Ces différents projets ont tous une volonté initiale d'amélioration du cadre de vie par le végétal ainsi qu'un objectif de favoriser la biodiversité de l'espace urbain qui les entoure. Cependant, les contraintes liées aux besoins du végétal, au programme ou encore au budget provoquent une désillusion qui peut rendre le projet dérisoire du point de vue de l'intégration du végétal.

2. D'autres résultats encourageants

Si certains projets comme nous venons de le voir montrent des résultats parfois inattendus en termes de végétalisation du bâti, d'autres au contraire sont assez encourageants et montrent la marche à suivre.

2.1. Bosco verticale

Le projet Bosco verticale ou Forêt verticale en français, développe le concept de « maisons pour les arbres accueillant aussi les humains et les oiseaux » [traduction]. [7] La volonté derrière ce projet de l'architecte Stefano Boeri est de créer le prototype d'une nouvelle forme d'architecture plus seulement basée sur l'être humain mais sur la relation entre l'Homme et les autres êtres vivants. Ces deux tours de respectivement 80 et 112 mètres de hauteur construites à Milan accueillent un total de 700 arbres, 15 000 vivaces et grimpantes, 5 000 arbustes. Ce prototype végétalisé a pour objectif d'être un havre pour le développement de la biodiversité tout en s'inscrivant dans une démarche de durabilité. Les travaux commencent en 2009 et s'achèvent 5 ans plus tard en 2014.



Figure 18 : Rendu graphique du projet Bosco Verticale de Stefano Boeri
Source : www.stefanoboeriarchitetti.net



Figure 19 : Photo aérienne de Bosco Verticale de Stefano Boeri, Milan, 2019
Source : www.stefano-boeriarchitetti.net

Cette fois-ci, si l'on compare le rendu graphique figure 18 avec une photo figure 19 prise 5 ans après l'achèvement du projet, on observe que la végétalisation de ces tours est complètement réussie. Le végétal s'est très bien développé et le rendu actuel est assez fidèle à ce qui était imaginé au départ.

Boeri au cours d'une entrevue dans le N°13 de la revue BIODIV 2050 explique qu'il souhaitait pour ce projet que les arbres soient une composante essentielle de l'architecture et non une décoration. Pour intégrer pleinement cette nature, il a collaboré avec un botaniste, un agronome et un éthologue pour sélectionner des essences en tenant compte des contraintes climatiques liées à l'altitude comme le vent notamment. Il a également été choisi de mettre en place des végétaux essentiellement caducs afin de laisser passer le soleil l'hiver tout en protégeant la façade du soleil en été. Ces mêmes végétaux caducs participent à la beauté de l'aspect des tours changeant ainsi de teinte au fil des saisons.

Le projet est également une réussite d'un point de vue de la biodiversité. Pas moins de 94 espèces végétales complétées par 23 espèces d'arbres composent cet édifice. Dans cette végétation se réfugient notamment désormais environ 1 600 spécimens d'oiseaux et papillons enrichissant ainsi la diversité de la faune et de la flore milanaise.

Le végétal participe également à la réduction de la consommation d'énergie de la tour en créant un microclimat autour des appartements, réduisant la température en été et protégeant du froid en hiver.

L'importance d'intégrer les besoins du végétal a été comprise dès le début de la conception du projet et de nombreuses études coûteuses ont dû être réalisées notamment vis-à-vis de l'arrimage des végétaux et de la résistance au vent. L'architecte explique que tout ceci a été possible car il s'agissait d'un projet de résidence de standing avec un public aisé. Le budget alloué à la conception a donc permis de réaliser toutes ces études coûteuses et il est maintenant possible, en utilisant leurs résultats, de réaliser le même genre de projet pour des coûts moindres (Bourgès, Guingand et Rouvière, 2017).

Ce projet est donc une réussite du point de vue de sa végétalisation. Ceci a été possible grâce à un budget conséquent ayant permis de réaliser les études indispensables à la bonne prise en compte des conditions de vie et des besoins des végétaux. Le projet a d'ailleurs reçu le prix de la meilleure tour du monde en 2015 décerné par le CTBUH (Conseil des grands bâtiments et de l'habitat urbain).

2.2. Boulogne-Billancourt - l'École des Sciences et de la Biodiversité

Le projet de l'école des sciences et de la biodiversité s'inscrit dans l'opération d'aménagement de 74 hectares de la Zone d'Aménagement Concerté (ZAC) île Seguin-Rives de Seine. Ce groupe scolaire de 18 classes conçu par le cabinet d'architecture Chartier-Dalix a pour objectif de favoriser la biodiversité en l'hébergeant au sein de ses murs et de son toit. Le pourtour du bâtiment est constitué de blocs préfabriqués en béton brut empilés jusqu'à 27 strates. Ces blocs comportent des cannelures latérales qui favorisent l'implantation de végétaux et le ruissellement de l'eau. La disposition de ces blocs tantôt en retrait, tantôt en saillie permet de créer davantage d'irrégularité afin d'accueillir faune et flore comme le montre la figure 20. La toiture doit également jouer le rôle de refuge de biodiversité puisque depuis la plantation des végétaux en 2013 comprenant plus de 200 arbres, le toit est laissé en libre évolution. [8]



Figure 21 : Rendu graphique du projet de l'École des Sciences et de la Biodiversité conçu par Chartier-Dalix
Source : www.ileseguin-rivesdeseine.fr

lézards ont été recensés ainsi que deux espèces de chauves-souris indiquant que l'édifice devient bel et bien un refuge pour la biodiversité. [9] En termes de végétalisation, le toit correspond de plus en plus aux attentes des concepteurs d'après le rendu de la figure 20. Pour les murs en revanche, cette colonisation végétale est plus timide mais a montré plus récemment des signes encourageants avec l'apparition de nouveaux individus. Cette dynamique sera renforcée par un nouvel ensemencement en cette fin d'année 2020.



Figure 20 : Photo de l'École des Sciences et de la Biodiversité, 2019
Source : www.arb-idf.fr

Après plusieurs années, la végétation du toit a pris de l'ampleur cependant la végétation installée initialement dans les murs n'a pas résisté au temps comme le montre la figure 21. D'après l'écologue Aurélien Huguet, ceci est normal car le PH du béton était trop élevé lorsque le bâtiment était neuf. Depuis ce PH diminue et aujourd'hui les blocs de béton commencent enfin à accueillir une végétation spontanée. Le projet reste malgré tout un succès puisque plus de 20 espèces d'oiseaux, papillons, libellules, criquets,

2.3. Arbre de vie

Ce dernier exemple est encore en phase d'étude mais certains éléments de conception de la phase concours sont très prometteurs. Le projet de l'Arbre de vie du cabinet OXO architectes dirigé par Manal Rachdi doit accueillir des bureaux, des logements, un amphithéâtre, des salles de cours ainsi qu'un centre Sport-Santé et devrait voir le jour à l'horizon 2025. [10]



Figure 22 : Rendu graphique de l'Arbre de vie par OXO Architectes
Source : www.oxoarch.com

Analysons maintenant la figure 22 qui est l'un des rendus produits lors de la phase concours. On remarque que la répartition du végétal au sein du projet est particulière. En effet, les surfaces horizontales que l'on retrouve essentiellement en partie basse sont fortement végétalisées avec la présence d'arbres. En revanche sur les surfaces verticales on retrouve des végétaux beaucoup moins imposants et en plus petite quantité. Ceci est intéressant car empiler des balcons végétalisés d'arbres est assez complexe à concevoir vis-à-vis des conditions de vie et du poids que cela implique. Or il est beaucoup plus simple de créer des espaces arborés à l'horizontal puisque les conditions de vie sont beaucoup plus semblables aux conditions naturelles. Eviter la complexité en laissant les arbres à l'horizontal en bas et en végétalisant plus légèrement les surfaces verticales semble être un choix judicieux. On observe également que la question de l'impact du vent sur la végétation a bien été prise en compte puisque plus on monte dans les étages moins il y a de végétation. Ce choix est tout à fait pertinent puisque plus la hauteur est importante, plus les conditions de températures peuvent être défavorables au bon développement du végétal.

Ce visuel semble montrer des choix forts laissant penser que le projet a, dès le départ, été imaginé en prenant en compte les besoins du végétal et en intégrant ces problématiques, ce qui est très encourageant pour la suite.

Dans cette étude de cas, nous avons pu observer que pour que la nature s'exprime réellement dans un projet, il faut l'inclure en amont dans la réflexion. Représenter de nombreux arbres sur le rendu n'est pas suffisant, il faut prendre conscience de l'impact de cette association nature/architecture et prendre les mesures nécessaires pour assurer des bonnes conditions de vie au végétal. Ces mesures sont souvent coûteuses et contraignantes mais indispensables à la réussite d'une végétalisation de bâtiments. Si le budget n'est pas suffisant le végétal est mis de côté car trop contraignant. En revanche si le végétal est intégré à la réflexion initiale et que suffisamment de moyens sont déployés pour sa mise en place, alors le projet a toutes les chances d'être réussi du point de vue de la végétalisation. L'intégration des compétences et connaissances du paysagiste concepteur dès les premières phases d'un projet de ce genre semble pertinent pour assurer sa réussite.

III – Le travail de paysagiste concepteur dans cette interaction nature/architecture

Nous allons maintenant détailler différents leviers d'action que possède le paysagiste concepteur pour accompagner la réussite de la végétalisation d'un édifice urbain.

1. Sensibiliser les acteurs à l'importance du végétal en amont du projet

1.1. Le paysagiste au milieu d'un réseau d'acteurs du projet urbain

« La conception résulte d'une synthèse entre de multiples points de vue relevant de métiers, de connaissances et de critères différents » (Yves Janvier cité dans Rode, 2017). Derrière la conception d'un projet d'aménagement urbain, on retrouve trois catégories principales d'acteurs : la maîtrise d'ouvrage (MOA), la maîtrise d'œuvre (MOE) et la maîtrise d'usage. Le maître d'ouvrage commande et paye le projet d'aménagement. Il participe à la conception du projet à travers la définition du programme lors de l'élaboration de la commande mais aussi lors du suivi et l'encadrement de l'équipe de maîtrise d'œuvre. La maîtrise d'œuvre va avoir la responsabilité de concevoir et de réaliser le projet en respectant le programme élaboré par le maître d'ouvrage (Rode, 2017). Enfin la maîtrise d'usage désigne « la capacité reconnue aux habitants d'un territoire (immeuble, rue, quartier, ville, agglomération...) de participer à sa conception et son aménagement ; et le cadre institué dans lequel ils expriment alors leurs attentes et leurs désirs mais aussi leurs savoirs issus de la pratique ordinaire de ce territoire, tout en étant à l'écoute et en débat, notamment avec les experts et les élus » (Fixot cité dans Rode, 2017). Cette maîtrise d'usage a donc également un rôle à jouer dans la conception du projet d'aménagement urbain dans le cas de projet avec une démarche participative. Le paysagiste concepteur fait partie de la maîtrise d'œuvre, Lui et plusieurs autres corps de métiers collaborent pour concevoir le projet et il doit apporter son expertise, tout particulièrement vis-à-vis du végétal.

D'autres acteurs impactent indirectement la conception d'un projet, il s'agit d'une part, des élus qui établissent les règles d'urbanisme de leur commune au sein du Plan Local d'Urbanisme (PLU) et d'autre part des institutions politiques qui encadrent les pratiques et définissent la réglementation. Ainsi, en sensibilisant les élus, l'importance du végétal peut être intégrée aux règlements et lois à respecter. Par exemple, le PLU de Paris favorise la végétalisation du bâti. Il interdit, notamment dans le cas d'une construction, de daller l'intégralité des espaces : 20 % du terrain situé hors bande, soit 40 % des espaces libres, doit être équipé en pleine terre et un

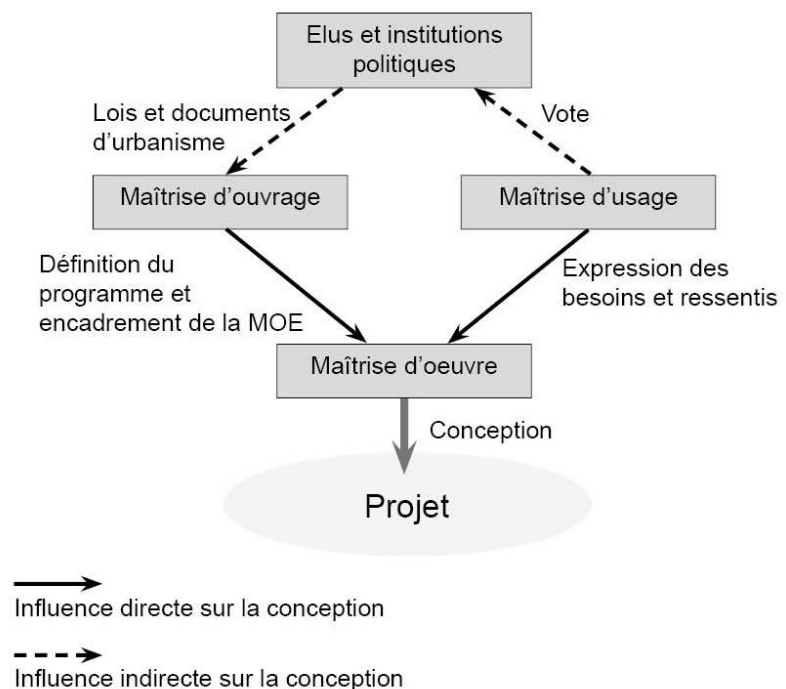


Figure 23 : Les acteurs et leur influence sur la conception d'un projet d'aménagement
Source : Léo Petitdidier

pourcentage d'espaces végétalisés supplémentaires doit être calculé en fonction du déficit en espaces verts du quartier et de leur traitement (pleine terre, toiture, balcon, etc.) (Doutriaux et al., 2014). Les lois peuvent également avoir un impact sur l'intégration du végétal et la prise en compte de son importance. La loi ALUR de 2014 par exemple a introduit la notion de Coefficient de Biotope par Surface ou CBS. Ce coefficient décrit la proportion de surfaces éco aménageables sur la surface totale de la parcelle. Sa valeur dépend du type de construction (neuve ou rénovation, appartement, école, etc.) (Bourgès, Guingand et Rouvière, 2017).

Comme le montre la figure 23, ces différents acteurs peuvent avoir un impact direct sur la phase de conception en participant à la réflexion autour du projet concerné mais également un impact indirect en contribuant à l'encadrement de la conception des aménagements de manière générale. Pour faciliter l'intégration du végétal dans un projet et assurer sa réussite, le paysagiste doit donc sensibiliser le plus possible les acteurs qui l'entourent afin que tout le monde aille dans la même direction.

Il est également crucial d'intervenir tôt dans la démarche de projet. Lors du concours pour la tour Charenton évoqué en partie 1, Moz Paysage faisait partie des 3 équipes finalistes pour concevoir la dimension paysagère du projet. Cependant, ce concours ne concernait que la partie paysage puisque le concours pour le bâtiment avait été réalisé deux ans auparavant en 2018. Ce mode de fonctionnement pose un problème puisque toute la phase concours du projet d'architecture s'est faite sans l'avis d'un spécialiste du végétal alors que le projet se présentait comme verdoyant et durable. Ceci explique notamment l'aspect irréaliste des visuels présentés en phase concours. Le paysagiste sélectionné se retrouve alors dans une situation délicate où il doit adapter une végétalisation sur un projet qui n'a pas été initialement conçu avec son expertise.

Pour comprendre pourquoi il est essentiel d'inclure la problématique du végétal dans les toutes premières phases du projet il semble important de définir les différentes phases de la conception d'un projet.

Tout d'abord, le maître d'ouvrage doit définir le programme puis réaliser un appel d'offre ou un concours pour ensuite pouvoir déterminer/choisir la maîtrise d'œuvre. Dans le cas d'un appel d'offre, une fois le maître d'œuvre désigné, il pourra enchaîner les différentes missions à commencer par la phase esquisse. Dans le cas d'un concours la phase esquisse est souvent réalisée pendant le concours et la maîtrise d'œuvre désignée poursuivra donc la phase suivante du projet.

L'étude d'esquisse (ESQ) : elle correspond à une phase d'étude du contexte du projet appelée aussi diagnostic, suivie d'une première réponse au programme avec des représentations graphiques. Elle permet d'avoir une première visualisation du projet dans le site. Une première estimation est présentée avec parfois différentes options.

L'étude d'avant-projet (AVP) : une fois l'esquisse validée par le maître d'ouvrage, la phase d'Avant-projet peut démarrer. Cette phase peut se décomposer en avant-projet sommaire (APS) et un avant-projet définitif (APD). L'avant-projet a pour but de fournir un chiffrage précis de l'ensemble du projet ainsi que rédiger les documents détaillant les caractéristiques définitives du projet et formant le contrat entre le maître d'œuvre et le maître d'ouvrage. Cette étape inclut également la constitution de tous les dossiers règlementaires comme le permis de construire, les études environnementales, les dossiers Loi sur l'Eau etc.

L'étude de projet (PRO) : c'est durant cette phase que sont constitués les plans détaillés, les coupes et les visuels qui permettent la parfaite compréhension du projet.

Etudes et plans d'exécution (EXE) : cette phase a pour objectif d'étudier la réalisation technique du projet et de produire des plans pour l'exécution des travaux.

Les phases suivantes ne concernent plus la conception, elles consistent à sélectionner des entreprises pour la construction, réaliser le chantier avant de finalement livrer le bâtiment.
[11]

Bien que les plans finaux soient produits en phase PRO, les grandes lignes du projet sont tracées dès la phase d'esquisse. Il est donc crucial que le paysagiste soit intégré à la réflexion menée dès les prémices du projet si l'on souhaite que l'aspect végétal soit réfléchi et

cohérent. A l'agence MOZ Paysage, nous avons pu remarquer deux cas de figure différents. Dans le cas du projet Arborescens, toute l'équipe de conception s'est concertée et a beaucoup échangé dès le début du projet. Ceci n'a pas empêché certaines surprises liées à des contraintes techniques mais a tout de même facilité la tâche du paysagiste qui a pu apporter son expertise à travers toute la conception du projet. Cependant, dans le cas du concours de Charenton, la phase esquisse était déjà réalisée, les rendus déjà produits et le paysagiste devait trouver des solutions pour un projet dont le sujet du végétal n'avait pas été réfléchi en amont. Dans ce cas, la tâche du paysagiste est beaucoup plus délicate et cela compromet le succès de la végétalisation.

Le paysagiste doit donc faire comprendre aux acteurs du projet l'importance du végétal pour que son installation soit un objectif commun et non un combat qu'il est seul à mener. Cette sensibilisation doit se faire le plus tôt possible afin que le projet soit conçu avec cet objectif. Pour faire valoir l'importance du végétal il faut expliciter ses avantages.

1.2. Les bénéfices apportés par la végétation

Il est important pour le paysagiste de sensibiliser les différents acteurs qui l'entourent aux bénéfices que peut apporter le végétal. Ces avantages concernent différemment les multiples acteurs du projet qui ont chacun leurs objectifs. Que ce soit en sensibilisant la maîtrise d'ouvrage, la maîtrise d'usage ou encore les autres corps de métier qui composent la maîtrise d'œuvre à l'importance du végétal, il peut avoir un impact beaucoup plus important sur la bonne prise en compte de ses besoins et des contraintes qui y sont liées. Nous allons maintenant présenter les avantages du végétal et expliquer pour quels acteurs ils sont importants.

Pour revenir sur les notions évoquées en introduction, les évolutions de la qualité de vie en espace urbain nous obligent à trouver des solutions pour contrer de nombreux problèmes : augmentation de la population urbaine, dégradation de la qualité de l'air, augmentation des températures avec les îlots de chaleur ou encore, diminution drastique de la biodiversité.

Réintroduire la nature en ville semble être une manière pertinente de répondre à nombreuses de ces problématiques.

Amélioration de la qualité de l'air

Pour commencer, évoquons le problème de la qualité de l'air en milieu urbain :

La pollution atmosphérique urbaine provient de diverses sources extérieures et intérieures à la ville : grandes et petites industries, agricultures, ménages, déchets, chauffage des bâtiments, incinérateurs, moteurs à combustion interne. Les unes sont ponctuelles, généralement de hautes cheminées, les autres sont diffuses et le plus souvent très proches du sol (Mestayer, 2014).

Bien que les causes soient nombreuses et qu'elles ne proviennent pas toujours de la ville elle-même, cette pollution affecte essentiellement la vie citadine. Il est donc important de comprendre comment la végétation peut participer à la diminution de cette pollution. La végétation va en effet fixer une partie du CO₂ présent dans l'air au cours du processus de photosynthèse. L'empreinte carbone de la végétation se calcule d'après trois valeurs :

- La capture de carbone, qui dépend du nombre d'arbres, de la couverture arborée, de la maturité et santé des arbres, du taux de mortalité et enfin des espèces.
- Les émissions de carbone, qui dépendent de la décomposition, la préparation des sols, du transport, de la plantation, de l'entretien (élagage et tonte), de l'irrigation et de la fertilisation.
- Les émissions de carbone évitées, qui dépendent du chauffage, de la climatisation, du transport ou encore de l'ombrage.

L'empreinte carbone correspond alors à la capture de carbone à laquelle sont ajoutées les

émissions de carbone pour ensuite soustraire les émissions de carbone évitées. De manière générale, « la végétation urbaine est un puits de carbone : elle induit certes des émissions non négligeables, mais sa capacité à capturer le carbone est bien supérieure » (Boudes, 2014). La conclusion de Boudes est que l'empreinte carbone du végétal en ville est globalement négative ce qui en fait un compensateur des émissions générées par l'Homme.

Mais cette végétation est également capable de capturer une partie des polluants présents dans l'air. Certains pourront être absorbés par les stomates de la plante puis stockés, transportés ou encore transformés. Une autre partie de ces polluants peut être absorbée par la cuticule, structure lipidique qui recouvre la surface des feuilles. En effet, certaines substances ne sont pas solubles dans l'eau mais le sont dans la graisse qui compose cette cuticule (Mestayer, 2014).

Les plantes participent donc bien à l'amélioration du cadre de vie urbain en réduisant la pollution atmosphérique qui les entoure.

Réduction des îlots de chaleur urbains

Un deuxième avantage du végétal est qu'il participe à diminuer le problème des îlots de chaleur urbain. Ces derniers évoquent la différence de températures observée entre les milieux urbains et les zones rurales environnantes (Giguère et al., 2010). On parle d'îlot de chaleur pour évoquer à la fois la chaleur du sol mais également la chaleur de l'air. Comme le montre la figure 24, ces îlots de chaleurs se regroupent au niveau des zones de concentration et d'activités humaines. Voyons maintenant quelles sont les causes de ces îlots de chaleur et comment le végétal peut jouer un rôle dans leur réduction.

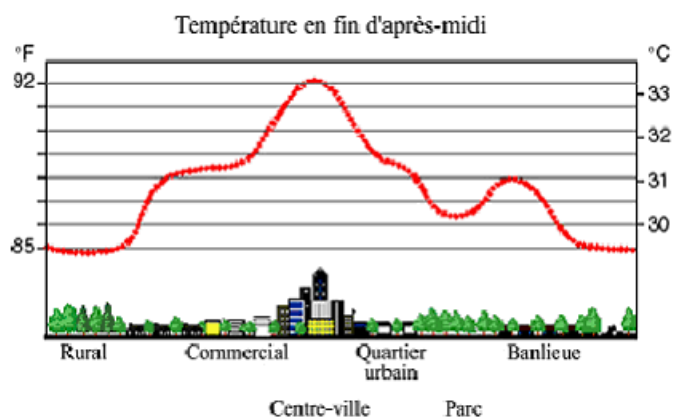


Figure 24 : Schéma de l'îlot de chaleur urbain
Source : Giguère et al., 2010

Selon Giguère et al. (2010), ce sont bien des causes de sources anthropiques qui favorisent l'émergence et l'intensification des îlots de chaleur urbains. Parmi ces causes, on retrouve les émissions de gaz à effet de serre, la perte progressive du couvert forestier en milieu urbain, ou encore l'imperméabilité des matériaux.

Si le végétal permet de réduire les températures de ces espaces fortement anthropisés c'est par l'évapotranspiration. Il s'agit du processus naturel au cours duquel l'air va céder une partie de son énergie sous forme de chaleur à l'eau liquide afin qu'elle se transforme en gaz et s'évapore dans l'air. Ce processus permet un rafraîchissement de l'air au niveau des feuilles et donc diminue les températures des espaces urbains de manière générale. Une autre raison pour laquelle le végétal contribue à la diminution des températures dans ces zones urbaines est l'ombre qu'il apporte. Protégeant le sol des rayons du soleil, le végétal limite l'emménagement de chaleur réduisant ainsi les températures.

Développement de la biodiversité

Réintroduire la nature en ville permet également de favoriser la biodiversité actuellement en péril et reconstituer des trames vertes dans l'espace urbain. En effet, générer un milieu pouvant accueillir du végétal crée un refuge également pour la faune, favorisant les interactions faune-flore. Cependant, pour qu'une végétalisation soit favorable à la biodiversité, il faut que le substrat soit suffisamment épais. « La moindre variation de son épaisseur se traduit par une modification de la flore qu'elle accueille et donc du cortège d'espèces animales qui va l'accompagner » (Clergeau cité dans Bourges, Guingand et Rouvière, 2017). Plus le sol est épais, plus il y aura de diversité parmi la faune et la flore qui peut s'y installer.

Le choix de la palette végétale est également important pour favoriser cette biodiversité, l'idéal étant de mettre en place une majorité d'espèces locales. En effet, celles-ci sont censées être les mieux adaptées au climat régional, les plus attractives pour la faune locale et les plus propices à créer une continuité dans la trame verte (Bourgès, Guingand et Rouvière, 2017).

En réintégrant de la végétation dans les villes, on ouvre la porte à la nature et sa biodiversité améliorant ainsi le cadre de vie urbain.

Contribution au bien-être des citoyens

La végétation en ville est également un apport de bien-être pour les citoyens, on parle alors de biophilie qui signifie aimer le vivant. Les habitants de la ville prennent conscience du bien-être que procure le végétal comme le montre par exemple une enquête menée en 2017 auprès de 240 habitants des 6^{ème} et 7^{ème} arrondissements de Lyon. Pour plus de la moitié des personnes interrogées, un environnement sain et un paysage naturel sont un des dix éléments les plus importants parmi un panel de vingt-neuf éléments dans la constitution de leur niveau de bien-être. L'Homme qui vit de plus en plus en ville devenant un *homo urbanus* cherche à retisser un lien avec une nature, elle, de plus en plus absente.

Cette nature remplit une fonction thérapeutique en améliorant la santé des citoyens mais également une fonction récréative et sociale puisqu'elle crée des lieux d'échanges, de détente, de ressourcement où il est possible de créer et renforcer les liens sociaux et la solidarité entre les personnes (Bourdeau-Lepage, 2019).

La nature devient donc un facteur d'attractivité puisqu'on souhaite vivre à proximité de cette dernière. La valeur d'un lieu sera plus importante s'il offre un accès à des espaces verts abondants.

Isolation thermique naturelle

Le végétal agit aussi comme un très bon isolant naturel en créant un microclimat réduisant les écarts de températures. En hiver, il protège du froid en maintenant ce microclimat autour du bâti et en été il crée de l'ombre et rafraîchit l'air grâce à l'évapotranspiration que nous avons déjà évoquée. En été, la température d'un mur nu peut être jusqu'à 14°C supérieure à celle d'un mur végétalisé. Le bénéfice est encore plus important pour une toiture végétalisée qui peut atteindre une température jusqu'à 35°C inférieure à celle d'une toiture sans végétaux. Les plantes agissent donc comme un très bon isolant thermique permettant de réaliser des économies énergétiques, particulièrement vis-à-vis de la climatisation (Bourgès, Guingand et Rouvière, 2017).

De manière générale, intégrer le végétal en ville est une pratique à privilégier pour un aménageur puisqu' *a priori*, il participe fortement à l'amélioration de la qualité de vie dans la ville. Ceci est bénéfique pour la maîtrise d'usage qui va profiter d'une meilleure qualité de vie. Il est donc important de sensibiliser cette maîtrise d'usage à l'importance du végétal pour qu'elle puisse la faire valoir lors de son intervention dans le processus de conception. Les élus sont également sensibles à cet avantage car ils ont tout intérêt à promouvoir une meilleure qualité de vie dans leurs villes. En comprenant cet avantage ils peuvent soutenir le végétal à travers des documents d'urbanisme et favoriser sa bonne intégration aux projets. Le maître d'ouvrage est lui aussi impacté par ces avantages puisqu'il peut ensuite promouvoir cette amélioration de la qualité de vie auprès des futurs acheteurs et augmenter la valeur du bien construit. Enfin, il est nécessaire que les collaborateurs au sein de l'équipe de maîtrise d'œuvre comprennent l'importance de l'implantation du végétal pour inclure l'expertise du paysagiste dès les prémices du projet et éviter les mauvaises surprises. Une fois que le végétal est jugé indispensable, le paysagiste doit expliquer des besoins vitaux de celui-ci que nous avons développé en première partie. Nous l'avons vu, la prise en compte de ces besoins vitaux est essentielle pour la réussite du projet. La mise en valeur du végétal en amont doit donc permettre de faire accepter à l'équipe de maîtrise d'œuvre les contraintes techniques qu'il génère au cours de la phase de conception.

2. Prendre du recul sur la dimension environnementale de ces projets

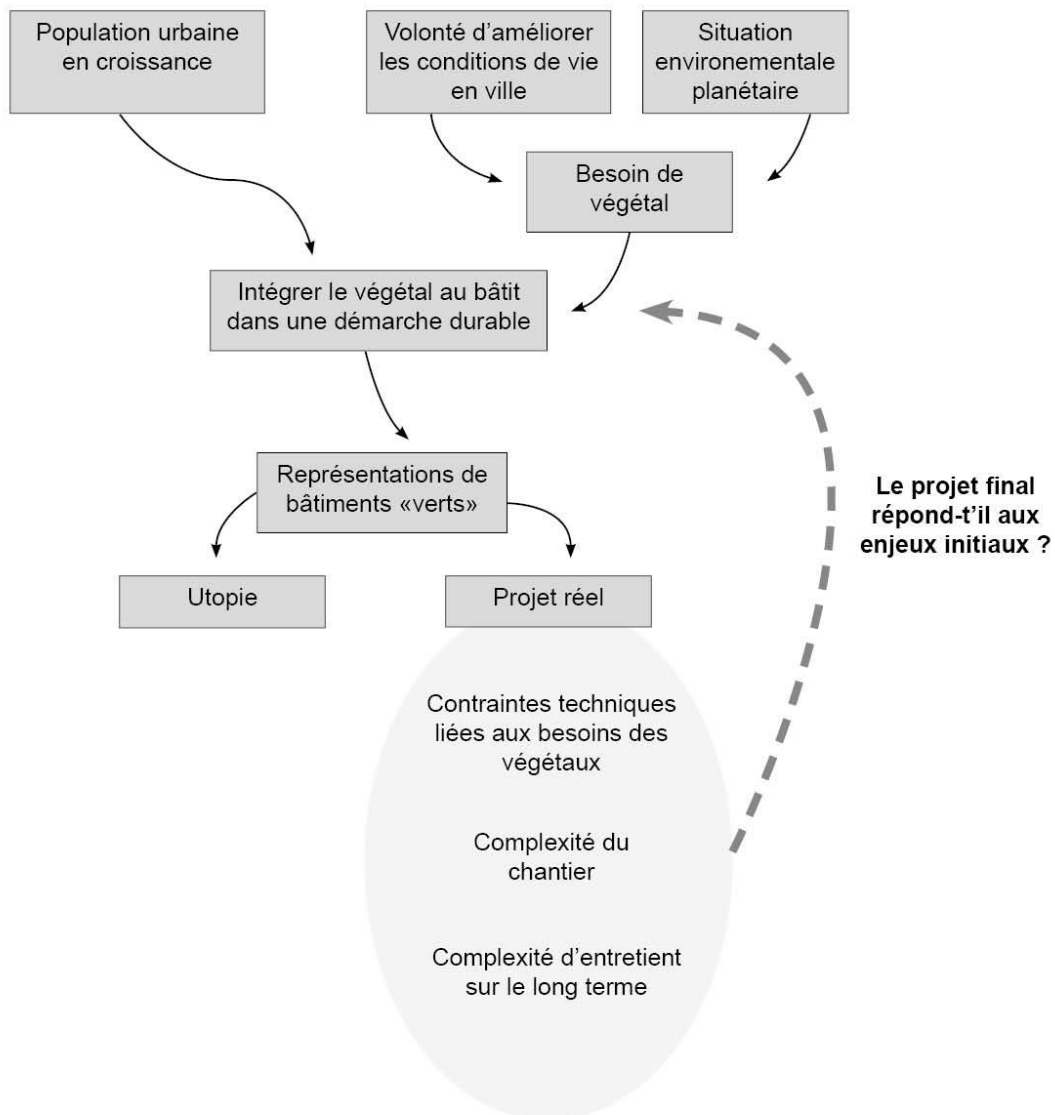


Figure 25 : Enjeux et aboutissements liés à la végétalisation du bâti en espace urbain
Source : Léo Petitdidier

Nous avons vu précédemment comment le paysagiste peut agir pour participer à la réussite d'un projet de végétalisation sur bâtiment. Prenons maintenant un peu de recul sur les enjeux que nous venons de traiter. Pour résumer en nous appuyant sur la figure 25, la situation environnementale planétaire ainsi que la volonté d'améliorer les conditions de vie en milieu urbain ont fait naître un besoin de végétal au sein des villes. En parallèle, la démographie urbaine est en croissance générant des problématiques d'aménagement du territoire urbain. Ces différents éléments font apparaître la volonté d'intégrer du végétal aux projets de construction en ville. En résulte la naissance de nombreux projets verdoyants, insistant sur l'importance et les bienfaits de ce végétal pour la ville d'aujourd'hui et de demain. Certains de ces projets sont de l'ordre de l'utopie et ne verront jamais le jour tandis que d'autres franchissent l'étape de la conception et apparaissent dans les villes du monde. Cependant, ces derniers font face à de nombreuses contraintes liées à cette volonté nouvelle d'installer du végétal au sein même d'un bâtiment. Pour que ces projets soient réussis, ils

doivent être conçus afin de répondre aux besoins des végétaux qu'ils accueillent et doivent répondre aux contraintes techniques que cela implique. Cependant, une fois toutes ces étapes réussies, le projet répond-t-il toujours aux enjeux initiaux ? Un bâtiment vert hébergeant une « forêt » luxuriante sur son toit et ses balcons est-il réellement durable ? Plus simplement, est-ce qu'il est vraiment intéressant d'un point de vue environnemental de répondre à des contraintes complexes pour installer des arbres sur un bâtiment ? Il semble important en tant que paysagiste de prendre du recul sur l'impact de ce genre de projets vis-à-vis de l'environnement qui est au départ une problématique essentielle pour un bâtiment vert.

2.1. Consommation de ressources et impact écologique

Construire en hauteur est habituellement complexe, y intégrer du végétal l'est encore davantage et les ressources en énergie et matériaux consommées pour réaliser ces constructions sont conséquentes. Le végétal est annoncé comme moyen de lutter contre la dégradation de l'environnement mais il faut également prendre en compte les procédures de mise en place et d'entretien.

Les systèmes de végétalisation de murs et de toitures utilisent des matériaux à haut impact environnemental, que ce soit en termes d'effet de serre additionnel, de potentiel de toxicité humaine ou encore d'écotoxicité aquatique (Bourgès, Guingand et Rouvière, 2017).

Tableau 1 : Caractéristiques écologiques des matériaux utilisés pour la végétalisation
Source : Bourgès, Guingand et Rouvière, 2017

MATÉRIAU	UTILISÉ DANS	CARACTÉRISTIQUES
Laine de roche	▶ Fraction minérale du substrat	▶ Production très énergivore (foumaise à 1600°C)
Fibre de coco	▶ Fraction organique du substrat	▶ Coproduit de l'extraction des longues fibres de coco. ▶ Ressource durable mais non locale.
Tourbe	▶ Fraction organique du substrat	▶ Ecosystème important et ressource non durable (renouvellement de 5 cm par siècle)
Terreau	▶ Fraction organique du substrat	▶ Produit principalement à base de tourbe et de sable. ▶ Ressource non durable.
Polymères	▶ Etanchéité, filtre, modules plastiques, ...	▶ Légers, recyclables et de longue durée de vie.
Acier inoxydable	▶ Support pour façades indirectes, cages pour murs modulaires, fixations, ...	▶ Durée de vie très longue mais 10 fois plus impactant pour l'environnement que le bois, le plastique recyclé ou l'acier galvanisé (ACV en tant que support de façade indirecte).
Pouzzolane et autres roches volcaniques	▶ Fraction minérale du substrat	▶ Ressources non renouvelables et difficilement recyclables.
Argile expansée	▶ Fraction minérale du substrat	▶ Capacité de sorption élevée, rétention de polluants. ▶ Produit coûteux en énergie grise, non renouvelable et difficilement recyclable.

Références : (Weinmaster, 2009), (Ottelé, Perini, Fraaij, Haas, & Raiteri, 2011), (Direction de la nature, des paysages et de la biodiversité C693, 2014), (Schwager-Guilloux, 2014)

Le tableau 1 ci-dessus détaille les caractéristiques des matériaux les plus couramment utilisés pour la végétalisation sur bâtiment. On observe que ces différents matériaux génèrent divers impacts sur l'environnement comme une forte consommation d'énergie pour la laine de roche, la consommation de ressources non renouvelables comme la tourbe et le sable, ou difficilement recyclable comme la pouzzolane. En regardant le cycle de vie global d'une végétalisation, on découvre donc que ces aménagements ne sont pas que positifs pour l'environnement.

Un autre élément impactant l'environnement est la question de l'eau. Plus précisément sa consommation et son rejet. Certains aménagements sur toitures avec un végétal adapté ne nécessitent pas d'eau exceptée la pluie, cependant, la grande majorité restante des aménagements de végétalisation en consomme en grande quantité. Les murs vivants par exemple peuvent consommer entre 120 et 1600 L/m²/an (Bourgès, Guingand et Rouvière, 2017). Cette eau provient en grande partie du réseau d'eau potable et a également consommé de l'énergie pour être acheminée à la pression nécessaire aux étages concernés. Une autre facette de l'irrigation de ces aménagements est le traitement de l'eau drainée qui s'en échappe. Cette eau est très rarement recyclée et termine souvent sa course dans les réseaux

d'évacuation d'eaux pluviales. Or cette eau qui a parcouru ces installations est potentiellement chargée en fertilisants apportés aux végétaux mais aussi en carbone, en azote et en métaux lourds, issus des matériaux comme les substrats ou la couche d'étanchéité anti-racine (Bourgès, Guingand et Rouvière, 2017).



Figure 26 : Cycle de vie d'un projet de construction
 Source : United States Environmental Protection Agency traduit dans Barra, 2012

On peut également s'interroger sur la durabilité dans le temps de ces aménagements. Comme le montre la figure 26, un aménagement n'impacte pas seulement l'environnement pendant son utilisation, il existe beaucoup d'autres étapes en amont et en aval qui doivent être prises en compte pour évaluer cet impact. Dans un bâtiment, la durée de vie de ses composants varie. Les équipements de cuisine et de salle de bain, les peintures et les revêtements de sols doivent être changés tous les 10 à 15 ans. Les canalisations et les fenêtres nécessitent une rénovation tous les 30 ans. Quant à la structure du bâtiment, elle doit être rénovée au bout de 70 à 100 ans. [12] Il est évident que les aménagements de végétalisations sur des édifices dans l'espace urbain n'auront pas non plus une longévité infinie. Comme tout aménagement végétalisé, certaines plantes vont périr et devront être remplacées. Or l'accès et le remplacement des végétaux sur un balcon à 100 m d'altitude peut s'avérer assez complexe, surtout si les végétaux à remplacer sont de taille conséquente. Il faut également prendre en compte que remplacer un arbre sur ce genre de projet signifie déconstruire entièrement la végétalisation à proximité puisqu'il faut accéder aux systèmes de fixation de l'arbre en question. Sur des échelles de temps beaucoup plus courtes l'entretien régulier comme la taille et le ramassage des déchets verts est également beaucoup plus fastidieux sur un balcon comparé à un aménagement au sol. Installer des plantes sur des bâtiments où elles seront difficiles d'accès rend donc l'entretien et leur remplacement

complexe et nécessite donc davantage d'énergie et de ressources que sur un aménagement paysager au sol.

De manière générale, la végétalisation sur bâtiment implique des processus plus coûteux en énergie, ayant un impact plus important sur l'environnement que des aménagements au sol. Or l'objectif de cette végétalisation est en partie d'améliorer notre interaction avec l'environnement dans l'espace urbain. Le paysagiste doit donc avoir conscience de cet impact et le comparer aux bénéfices apportés par les plantes pour concevoir un projet réellement durable.

2.2. Service écosystémique limité

Nous avons évoqué précédemment les avantages du végétal de manière individuelle sans réfléchir en termes d'écosystème. Cependant, si le végétal participe à la création d'un véritable écosystème, alors cet ensemble aura beaucoup plus à apporter. En 2004, le Millenium Ecosystem Assessment a popularisé la notion de services écosystémiques. Il s'agit des services que nous retirons du bon fonctionnement des écosystèmes : l'épuration de l'eau douce, la fertilité des sols, la production d'oxygène, ou la pollinisation par exemple (Barra, 2012). Globalement, les écosystèmes urbains riches en biodiversité ont une plus grande résilience face aux aléas (Doutriaux et al., 2014). Les services écosystémiques apportés par du végétal installé artificiellement sur un bâtiment peuvent en revanche être assez limités puisque qu'il est difficile d'y créer un véritable écosystème. Le sol par exemple est artificiel, il n'est pas continu sur l'aménagement ce qui limite les interactions entre les végétaux et les microorganismes qui peuvent s'y trouver. Il ne contribue pas non plus à l'infiltration de l'eau. Les apports de ces services écosystémiques incitent donc davantage à végétaliser un espace au sol pouvant accueillir un « réel » écosystème complet plutôt qu'un balcon sur dalle ou qu'une façade. Ces services doivent être pris en compte dans la réflexion du paysagiste pour un aménagement urbain, qu'il soit au sol ou sur un bâtiment.

Le paysagiste doit donc interroger la pertinence de cette végétalisation de bâtiment : son impact environnemental est plus important et ses services écosystémiques sont moindres que pour un aménagement paysager sur le sol. Est-il vraiment indispensable de vouloir installer des arbres sur balcons ou des forêts sur les toits ? On peut supposer qu'il serait préférable dans certains cas de limiter les efforts de végétalisation de bâtiments en mettant en place des aménagements plutôt extensifs, peu consommateurs de ressources et d'énergie mais bénéfiques malgré tout. Cela permettrait de mettre davantage l'accent sur l'aménagement d'un véritable écosystème au sol qui apporte plus que de simples arbres sur un sol artificiel. Bien évidemment ceci dépend beaucoup du contexte de chaque projet, de la surface disponible et de la volonté du client. Il appartient à l'aménageur de promouvoir le type d'aménagement qui semble le plus adapté à la situation tout en tenant compte de l'aspect environnemental de celui-ci.

Conclusion

Le végétal s'inscrit de plus en plus comme un élément incontournable à intégrer dans les villes d'aujourd'hui et de demain. Nous avons pu voir qu'il était abondamment représenté sur les pièces graphiques de constructions urbaines mais que parmi ces projets, très peu voient réellement le jour. Ces rendus graphiques ayant pour objectif principal de séduire sont souvent assez différents de ce qu'il est techniquement possible de réaliser. Le végétal n'étant pas un mobilier mais un être vivant, il nécessite une attention importante dans le processus de conception. Une plante a en effet de nombreux besoins qu'il est essentiel de satisfaire pour garantir sa bonne installation. La végétalisation d'un édifice implique de pouvoir procurer à la plante de l'eau et des nutriments, dans un sol suffisamment profond, avec un accès à la lumière, le tout dans des conditions climatiques favorables à son développement. Tous ces critères sont délicats à réunir et nécessitent d'importants moyens en termes de recherche scientifiques autour du végétal et de conception. A travers l'analyse de différents projets, nous avons essayé de comprendre le chemin emprunté par les équipes de conception et avons analysé les résultats obtenus. Lorsque le végétal et ses besoins ne sont pas sérieusement pris en compte lors des phases initiales de conception du projet, la végétalisation qui en résulte est souvent dérisoire comparée à ce qui était imaginé. A l'inverse, d'autres projets ont été conçus avec dès le départ la volonté de traiter le végétal comme un élément essentiel à l'édifice et le résultat est bien plus convaincant. Mais l'exercice est encore assez nouveau et prendre en compte les besoins vitaux de la plante dans des projets de végétalisation sur bâtiments implique de réaliser des recherches parfois coûteuses ainsi que de mettre en place des solutions techniques complexes.

Pour qu'un projet de végétalisation soit réussi, il doit inclure les conditions de développement de la plante comme enjeu important dans la phase de conception. Ajouter le végétal comme élément d'embellissement du projet après l'esquisse de celui-ci a pour conséquences de générer des contraintes bien plus délicates à intégrer que si elles avaient été pensées en amont. Le paysagiste concepteur doit donc faire en sorte que cette prise en compte des ressources nécessaires à la végétalisation soit la plus précoce possible. Pour cela, il doit sensibiliser les différents acteurs du projet afin de créer un objectif commun. Que ce soit la maîtrise d'ouvrage dans son programme et l'accompagnement du projet, la maîtrise d'usage lors d'ateliers participatifs, les élus et instances politiques en instaurant les lois et règles d'urbanisation ou encore l'équipe de maîtrise d'œuvre elle-même, tous ces acteurs peuvent avoir un impact direct ou indirect sur la phase de conception du projet. Actuellement il y a une prise de conscience sur l'importance du végétal en ville que le paysagiste doit conforter en défendant les bienfaits de celui-ci. Ces avantages sont bénéfiques à tous les niveaux du réseau d'acteurs, que ce soit en améliorant la qualité de vie, réduisant les dépenses énergétiques ou encore augmentant la valeur du bien construit. En promouvant les points positifs de l'intégration du végétal en ville, le paysagiste recherche le soutien des autres participants à la conception, garantissant ainsi des conditions de développement optimales aux végétaux du projet.

Le végétal reflète souvent une volonté d'inscrire l'aménagement dans une démarche écologique et durable. Cependant, la mode spectaculaire actuelle de vouloir installer des grands végétaux en hauteur sur des balcons ou des toits-terrasses ne semble pas compatible avec la volonté de minimiser les impacts environnementaux des aménagements. En effet, la consommation de ressources et d'énergie nécessaires à la réalisation et l'entretien de ce type de végétalisation est bien plus importante que pour un aménagement sur des espaces plus accessibles. De plus, les avantages que procurent de tels végétaux installés dans ces conditions sont bien plus limités que l'ensemble des services écosystémiques que l'on peut obtenir par la création de véritables écosystèmes complets.

Si l'objectif initial est d'améliorer la situation environnementale et écologique, on peut se demander s'il est pertinent d'installer du végétal sur des édifices où ses conditions de vie seront naturellement défavorables, impliquant une forte mobilisation de ressources pour permettre sa survie.

En tant que porte-parole de la nature, c'est au paysagiste de se poser cette question. Il se doit d'alerter les acteurs qui l'entourent pour trouver la marche à suivre. La nature a su s'adapter à de nombreuses conditions de vie sur Terre, il existe donc des végétaux tout à fait adaptés à des situations de vent, de froid ou de faible épaisseur de substrat. Si l'on souhaite végétaliser un bâtiment tout en limitant les efforts à fournir, il est peut-être plus judicieux de choisir une végétation plus basse, plus résistante, tout simplement plus adaptée. Avec les économies effectuées on peut imaginer que les abords de l'édifices soient aménagés avec cette fois la volonté de recréer un vrai écosystème et ainsi pouvoir bénéficier des nombreux services écosystémiques sous-jacents. Cependant, cette solution écarte l'aspect esthétique de ces végétalisations arborées et luxuriantes des constructions qui est potentiellement recherché par la maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'usage. Nous sommes confrontés à des objectifs divergents. Il y a d'un côté le végétal pour la biodiversité et de l'autre celui pour le citoyen. La solution se trouve probablement entre les deux. Certaines démarches comme les jardins et potagers participatifs vont dans ce sens et unifient ces deux objectifs. Le paysagiste concepteur ainsi que toute l'équipe de conception doivent pouvoir évaluer les avantages et les impacts de ces nouveaux types d'aménagements végétalisés de l'espace urbain afin de proposer une solution adaptée à chaque situation. La maîtrise d'œuvre doit finalement essayer de satisfaire tous les acteurs du projet tout en œuvrant à protéger l'environnement et le monde qui nous entoure.

Bibliographie

Barra, M., 2012. Bâtir en favorisant la biodiversité : Un guide collectif à l'usage des professionnels publics et privés de la filière du bâtiment. Paris : Victoires Editions. ISBN 978-2-35113-087-2

Boudes, P., Gutleben, C. et Provendier, D., 2014. Empreinte carbone. In : Musy, M. La ville verte - Les impacts du végétal en ville. Quae : Versailles. p. 139-159

Bourgès, F., Guingand, A. et Rouvière, L., 2017. Végétalisation du bâti et biodiversité. CDC Biodiversité

Doutriaux, H., Rouvière, L., Hulin, V. et Gonzalez, E., 2014. 4 : Biodiversité et économie urbaine. CDC Biodiversité

Drozd, C., Meunier, V., Simonnot, N. et Hégron, G., 2010. La représentation des ambiances dans le projet d'architecture. Sociétés & Représentations. Vol. 30, n° 2, p. 97-110. DOI [10.3917/sr.030.0097](https://doi.org/10.3917/sr.030.0097)

Egilla, J. N., Davies, F. T. et Boutton, T. W., 2005. Drought stress influences leaf water content, photosynthesis, and water-use efficiency of *Hibiscus rosa-sinensis* at three potassium concentrations. *Photosynthetica*. Vol. 43, n° 1, p. 135-140. DOI [10.1007/s11099-005-5140-2](https://doi.org/10.1007/s11099-005-5140-2)

Giguère, M., 2009. Mesures de lutte aux îlots de chaleur urbains. Institut National de Santé Publique du Québec : Québec. ISBN 978-2-550-56805-6

Hernandez-Hernandez, V., Benitez, M. et Boudaoud, A., 2019. Interplay between turgor pressure and plasmodesmata during plant development. *Journal of Experimental Botany*. Vol. 71, n°3, p. 768 – 777. DOI [10.1093/jxb/erz434](https://doi.org/10.1093/jxb/erz434)

Musy, M., 2014. Une ville verte : Les rôles du végétal en ville. Editions Quae : Versailles. ISBN 978-2-7592-2171-4

Novak, V. et Vidovic, J., 2003. Transpiration and nutrient uptake dynamics in maize (*Zea mays* L.). *Ecological Modelling*. Vol. 166, n° 1-2, p. 99-107. DOI [10.1016/S0304-3800\(03\)00102-9](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(03)00102-9)

Rode, S., 2017. La conception de projets d'aménagement urbain comme processus collectif. Espaces et sociétés. Vol. 171, n° 4, p. 145-161. DOI [10.3917/esp.171.0145](https://doi.org/10.3917/esp.171.0145)

Šimunek, J. et Hopmans, J. W., 2009. Modeling compensated root water and nutrient uptake. *Ecological Modelling*. Vol. 220, n° 4, p. 505-521. DOI [10.1016/j.ecolmodel.2008.11.004](https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2008.11.004)

United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2018. The World's Cities in 2018 - Data booklet. United Nations : New York. ISBN 978-92-1-362000-7

United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2019. World population prospects Highlights, 2019 revision Highlights. United Nations : New York. ISBN 978-92-1-148316-1

WWF, 2018. Living planet report - 2018: Aiming higher. Grooten, M. et Almond, R.E.A : Switzerland. ISBN 978-2-940529-90-2

Sitographie

[1] World Green Building Council, [sans date]. What is green building? *World Green Building Council* [en ligne]. [Consulté le 22 août 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.worldgbc.org/>

[2] Khohlstedt, K., [sans date]. Renderings vs. reality: the improbable rise of tree-covered skyscrapers. *99% Invisible* [en ligne]. [Consulté le 26 août 2020]. Disponible à l'adresse : <https://99percentinvisible.org/article/renderings-vs-reality-rise-tree-covered-skyscrapers/>

[3] Larousse, [sans date]. Définitions : écoblanchiment. *Larousse* [en ligne]. [Consulté le 28 août 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/%C3%A9coblanchiment/10910961>

[4] De Chant, T., 2013. Can we please stop drawing trees on top of skyscrapers? *ArchDaily* [en ligne]. 21 mars 2013. [Consulté le 28 août 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.archdaily.com/346374/can-we-please-stop-drawing-trees-on-top-of-skyscrapers>

[5] Maison Edouard François, [sans date]. Tour de la biodiversité. *Maison Edouard François* [en ligne]. [Consulté le 10 septembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.edouardfrancois.com/projects/tour-de-la-biodiversite>

[6] Callebaut, V., 2020. Tao Zhu Yin Yuan. *Vincent Callebaut Architectures* [en ligne]. [Consulté le 14 septembre 2020]. Disponible à l'adresse : http://vincent.callebaut.org/object/110130_taipei/taipei/projects

[7] Boeri, S. [sans date]. Vertical Forest. *Stefano Boeri Architetti* [en ligne]. [Consulté le 7 septembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.stefanoboeriarchitetti.net/en/project/vertical-forest/>

[8] Urbanisme, Bâti & Biodiversité, [sans date]. 92 : Boulogne-Billancourt - l'École des Sciences et de la Biodiversité. *Urbanisme, bâti & biodiversité* [en ligne]. [Consulté le 7 septembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://urbanisme-bati-biodiversite.fr/observatoire/92-boulogne-billancourt-l-ecole-des-sciences-et-de-la-biodiversite>

[9] Louvet, B.-R., 2020. L'école des Sciences et de la Biodiversité accroît encore son potentiel écologique. *Ville de Boulogne-Billancourt* [en ligne]. 28 août 2020. [Consulté le 8 septembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.boulognebillancourt.com/information-transversale/actualites/rentree-2020-lecole-des-sciences-et-de-la-biodiversite-accroit-encore-son-potentiel-ecologique-1576>

[10] Oxo Architectes, [sans date]. L'Arbre de Vie. *OXO Architectes* [en ligne]. [Consulté le 8 septembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.oxoarch.com/project/50>
Stefano Boeri, [sans date]. Vertical Forest. *Stefano Boeri Architetti* [en ligne]. [Consulté le 7 septembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.stefanoboeriarchitetti.net/en/project/vertical-forest/>

[11] Bansac, F., 2019. Les 6 étapes de conception et construction d'un bâtiment. *Architecte de Bâtiments* [en ligne]. 24 octobre 2019. [Consulté le 12 septembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.architecte-batiments.fr/etapes-de-conception-et-construction-de-batiment/>

[12] Swiss Life, 2017. Combien de temps peut vivre un bâtiment ? *Swiss Life* [en ligne]. 8 mai 2017. [Consulté le 10 septembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.swisslife.com/fr/home/hub/combien-de-temps-peut-vivre-un-batiment.html>

AGROCAMPUS OUEST

CFR Angers CFR Rennes

Année universitaire : **2019-2020**

Spécialité : **Paysage**

Spécialisation (et option éventuelle) :

Paysage : Opérationnalité et Projet

Mémoire de fin d'études

d'ingénieur de l'École nationale supérieure des sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage (AGROCAMPUS OUEST), école interne de l'institut national d'enseignement supérieur pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement

de master de l'École nationale supérieure des sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage (AGROCAMPUS OUEST), école interne de l'institut national d'enseignement supérieur pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement

d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)

Le paysagiste concepteur, porte-parole de la nature au sein des projets architecturaux de la ville verte de demain - ANNEXES

Par : Léo PETITDIDIER



Source : www.stefano-boeri-architetti.net

Soutenu à ANGERS le 24 / 09 / 2020

Devant le jury composé de :

Président : **BEAUJOUAN Véronique**

Maître de stage : **ROUGE Chrystelle**

Enseignant référent : **ESCATS GUILLOU Emeline**

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

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



Annexe I : Paris Smart City 2050 par Vincent Callebaut

Source : vincent.callebaut.org



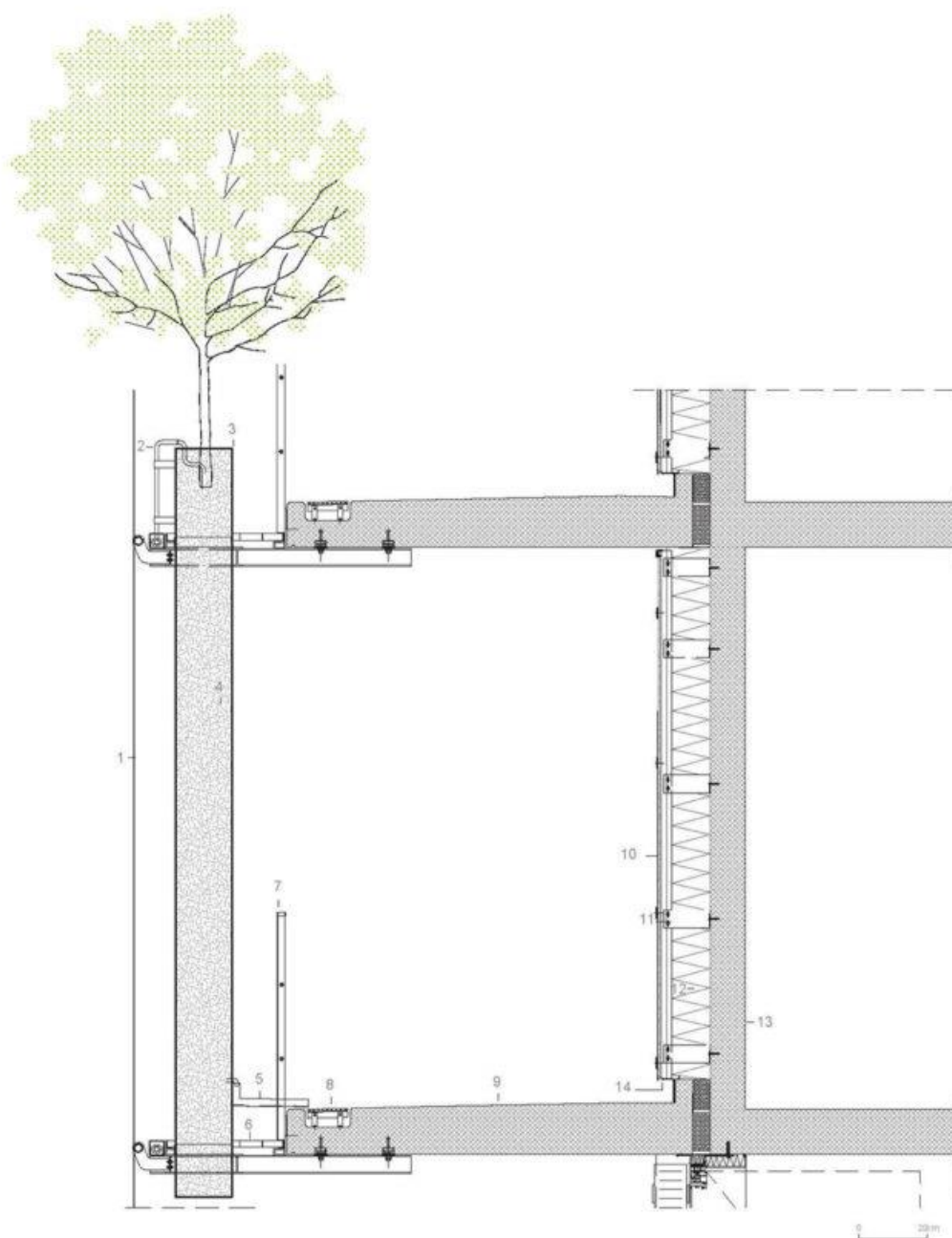
Annexe II : Typologie et caractéristiques des dispositifs de végétalisation des toitures, extrait du N°13 de la revue Biodiv'2050 (Bourgès, Guingand et Rouvière, 2017)

Tableau 1 : Typologie et caractéristiques des dispositifs de végétalisation des toitures			
	INTENSIVES	SEMI-INTENSIVES	EXTENSIVES
Support de la végétation	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Eléments porteurs béton. ▶ Etanchéité anti-racines. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Eléments porteurs béton, bois ou acier. ▶ Etanchéité anti-racines. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Eléments porteurs béton, bois ou acier. ▶ Etanchéité anti-racines.
Type de construction	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Neuves uniquement 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Neuves ou rénovées si la toiture le permet 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Neuves ou rénovées
Substrat	<ul style="list-style-type: none"> ▶ > 30-40 cm d'épaisseur (varie selon auteurs). Terre végétale généralement. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 12-30 cm, 15-40 cm d'épaisseur (varie selon auteurs). ▶ Substrat léger à dominante minérale. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ < 12-15 cm d'épaisseur (varie selon auteurs). ▶ Substrat léger à dominante minérale.
Palette végétale possible	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Végétation souvent horticole, grande diversité d'espèces possibles, strates muscinale à arborée. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Intermédiaire entre intensif et extensif, gamme de végétaux intéressante, strates muscinale, herbacée et arbustive. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Tapis végétal, association de plantes spécialement adaptées, peu de diversité possible, strates muscinale et herbacée.
Equipement de maintenance	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Système d'irrigation 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Système d'irrigation (optionnel) 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Système d'irrigation (optionnel)
Poids	<ul style="list-style-type: none"> ▶ > 600 Kg/m² 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 150-350 kg/m² 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 30-180 kg/m²


Références : (ADIVET, CSFE, SNPPA, UNEP, 2007), (Toiture.pro), (Laille et al., 2013), (OBDU, Natureparif, Plante & Cité, MNHN, 2011), (CSTC, 2006)

Annexe III : Détail technique des supports pour les arbres du projet M6B2 par Edouard François

Source : www.edouardfrancois.com



- | | |
|--------------------------------|--|
| 1 - Maille inox-garde corps | 8 - Récupérateur d'eaux pluviales |
| 2 - Arrosage | 9 - Balcon béton |
| 3 - Tube inox- support végétal | 10 - Bardage titane oxidé et cristallisé |
| 4 - Terre | 11 - Support métallique |
| 5 - Trop plein | 12 - Isolant-laine minérale |
| 6 - Passerelle d'entretien | 13 - Béton |
| 7 - Séparateur | 14 - Lamé d'air |

 agriculture • alimentation • environnement 	Diplôme : Ingénieur en Paysage Spécialité : Paysage Spécialisation / option : Paysage : Opérationnalité et Projet Enseignant référent : Emeline ESCATS GUILLOU
Auteur(s) : Léo PETITDIDIER Date de naissance* : 24 aout 1996	Organisme d'accueil : MOZ Paysage Adresse : 4 bis place Rouville
Nb pages : 35 Annexe(s) : 3	69001 Lyon
Année de soutenance : 2020	Maître de stage : Chrystelle ROUGE
<p>Titre français : Le paysagiste concepteur, porte-parole de la nature au sein des projets architecturaux de la ville verte de demain</p> <p>Titre anglais : The landscape designer, spokesperson for nature in the architectural projects of tomorrow's green city</p>	
<p>Résumé (1600 caractères maximum) :</p> <p>On observe actuellement une prise de conscience de l'importance du végétal dans la lutte contre les évolutions climatiques mais aussi dans l'amélioration de la qualité de vie en ville. Celui-ci prend progressivement une grande place dans les projets architecturaux urbains dont les représentations graphiques prennent une teinte étonnamment « verte ». Ces projets se végétalisent avec la volonté de s'inscrire dans une démarche durable et écologique. Cependant, l'intégration des plantes sur un édifice est beaucoup plus complexe qu'il n'y paraît et peu de projets atteignent leurs espérances en termes de végétalisation. Nous allons donc dans ce travail détailler les critères qui font la réussite d'une végétalisation de bâtiment. Nous nous appuyons ensuite sur différents projets réalisés pour tirer les conclusions de ces expériences. Enfin nous présenterons des moyens d'intervention pour le paysagiste concepteur afin d'assurer la réussite d'une végétalisation d'édifice respectueuse de l'environnement.</p>	
<p>Abstract (1600 caractères maximum) :</p> <p>There is currently a growing awareness of plants importance in the fight against climate change but also in improving the city' s quality of life. It is gradually taking an important place in urban architectural projects whose graphic representations are taking a surprisingly "green" tint. These projects are becoming greener with the desire to follow a sustainable and ecological approach. However, the vegetal integration on a building is much more complex than it seems and few projects reach their expectations in terms of vegetalisation. In this work we will therefore detail the criteria that make the vegetalisation of a building successful. We will then rely on various realised projects to draw conclusions from these experiments. Finally, we will present the ways in which the landscape designer can intervene in order to ensure a successful and environmentally friendly vegetalisation of a building.</p>	
<p>Mots-clés : aménagement urbain, végétal en ville, projet architectural, conception, paysagiste concepteur, représentation graphique</p> <p>Key Words: urban planning, city's vegetalisation, architectural project, design, landscape designer, graphic representation</p>	

* Élément qui permet d'enregistrer les notices auteurs dans le catalogue des bibliothèques universitaires