



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des sciences et de la technologie
Département d'Architecture

MÉMOIRE DE MASTER

Domaine : Architecture, Urbanisme et Métiers de la Ville

Filière : Architecture

Spécialité : ARCHITECTURE

Thématique : Architecture Urbaine

Présenté et soutenu par :
Chenna Asma

Le : lundi 14 septembre 2020

Le Thème :
l'impact de la végétation sur la conception architecturale

Le projet :
Tour Multifonctionnel (Biskra)

Jury

Mr	Rezig Adel	MAA	Université de Biskra	Président
Mr	Beddiaf walid	MAA	Université de Biskra	Examineur
Mr	Bouhalas lakhdar	MAA	Université de Biskra	Rapporteur
Mr	Youcef kamel	MAA	Université de Biskra	Rapporteur

Remerciements

Je remercie mon Dieu de m'avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail, également je remercie infiniment mes parents, qui m'ont encouragé et aidé à arriver à ce stade de mon étude

*Je tiens à exprimer toute mes remerciement à **M. Bouhalas lakhdar** et **M. Youcef kamel**, de m'avoir encadré, orienté, aidé et conseillé durant toute l'année.*

*J'adresse mes sincères remerciements à mes professeurs, les membres du jury ; **M. Boudiaf walid** et **M. Rezig Adel** pour avoir accepté d'examiner ce travail et mais encore plus Vos qualités professionnelles et vos gentillesse.*

Que dieu leur procure bonne santé et longue vie.

Dédicace

Du profond de mon cœur je dédie ce modeste travail à : Mes parents Les mots me manquent pour exprimer ma profonde reconnaissance à mon cher père et à ma chère mère dont l'amour, la patience et le sacrifice s'inscrivent à chaque page de ce document, car aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de leur juste valeur pour leur exprimer ma gratitude pour l'amour dont ils ne cessent de me combler, et pour tous les efforts qu'ils fournissent pour moi.

À ma tante Nadjat Haouss

À ma sœur et À deux frères.

Mes belles-sœurs et mes amies et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin dans la réalisation de ce mémoire.

Je vous dis Merci

Résumé

Cette recherche a été soulignée sur l'impact de la végétation sur la conception des gratte-ciel qui jouent un rôle vital pour la conservation de l'énergie par le bâtiment ainsi que l'amélioration de la qualité de vie dans ces villes verticales. Tout au long du travail de la recherche, il a été étudié pour établir la nécessité de la plantation à intégrer dans les gratte-ciel, pour le bien-être de notre économie, de la société et de l'environnement. Les dispositions d'intégration des plantes dans le gratte-ciel incluent les options possibles comme le toit vert, le mur vert, et les plantes d'intérieur qui peuvent être incorporées dans la conception et en parle aussi des types des plantes qui peut être dans les centre d'affaire. On a étudié aussi Les Conditions principale à la construction du projet de gratte-ciel ; Les systèmes de circulation dans les tours et La mise en œuvre des gratte-ciels. Puis en a fait d'une étude comparative selon le thème et selon le projet de certains projets afin de comprendre comment intégrer les plantes de manière pratique dans les gratte-ciels.

Cette étude s'intéresse à la création d'un projet architecturale qui intègre les principes du développement durable. La stratégie globale de ce projet répond aux besoins des habitants et aux en même temps aux besoins de la ville, c'est à dire la création d'une ville verticale avec l'intégration de l'élément végétale.

À la fin, les recommandations expliquent les stratégies de l'intégration de l'élément végétale et montre que l'intégration des plantes dans les gratte-ciel peut changer l'environnement micro et macro, le climat, peut restaurer l'écologie et bénéficier à l'économie.

Mot clé : végétation, mur végétale, toiture végétale, impact, gratte-ciel, plante grimpante.

ملخص

تم في هذا البحث تسليط الضوء على تأثير الغطاء النباتي على تصميم ناطحات السحاب التي تلعب دورًا حيويًا في الحفاظ على الطاقة من خلال المبنى، وكذا تحسين جودة الحياة في هذا النوع من المدن العمودية. كما درسنا ضرورة دمج النباتات في ناطحات السحاب، من أجل رفاهية اقتصادنا ومجتمعنا وبيئتنا. دمج النباتات في ناطحات السحاب تشمل الخيارات الممكنة مثل السقف الأخضر، الجدار الأخضر والنباتات المنزلية التي يمكن دمجها في التصميم، كما تشمل أيضًا أنواع النباتات الممكن استعمالها داخل المبنى .

كما تمت دراسة الشروط الأساسية لبناء مشروع ناطحة السحاب وكذا أنظمة الحركة العمودية والأفقية والطرق الصحيحة لتنفيذ المشروع. ثم عمل دراسة مقارنة حسب الموضوع وحسب مشروع لبعض المشاريع المعمارية لفهم كيفية دمج النباتات بطريقة عملية في ناطحات السحاب.

تهتم هذه الدراسة بإنجاز مشروع معماري يتضمن مبادئ التنمية المستدامة. حيث تلبي الاستراتيجية العامة لهذا المشروع احتياجات السكان وفي نفس الوقت احتياجات المدينة، أي إنشاء مدينة عمودية مع دمج عنصر النبات.

في الاخير، تطرقنا الى التوصيات التي توضح استراتيجيات دمج عنصر النبات وتبين ايضا أن دمج النباتات في ناطحات السحاب يمكن أن يغير المحيط الدقيق والكلّي، لان المناخ يمكن أن يعيد البيئة ويفيد الاقتصاد.

الكلمات المفتاحية: نباتات، جدار أخضر، سقف أخضر، تأثير، ناطحات سحاب، نبات متسلق.

Table des matières

Chapitre introductif

I.	Introduction	i
II.	Motivation de Choix du thème	ii
III.	Problématique.....	ii
IV.	Hypothèse.....	ii
V.	Objective	iii
VI.	La méthodologie de recherche	iii
VII.	La structure de la mémoire.....	iii

Chapitre I : Approche théorique : l'impact de la végétation sur la conception architecturale

Première partie : Etude théorique du thème

1. Le développement durable	1
1.1. Introduction	1
1.2. Définition.....	1
1.3. Les trois piliers du développement durable.....	1
1.3.1. Le pilier environnemental	1
1.3.2. Le pilier social.....	1
1.3.3. Le pilier économique.....	1
2. L'espace vert.....	1
2.1. Définition.....	1
2.2. Historique d'espace vert	2
2.2.1. Les jardins égyptiens.....	2
2.2.2. Les jardins hispano moresques	2
2.2.3. Les jardins japonais.....	3
2.2.4. Les jardins chinois.....	3
2.2.5. Le style arabo-musulman	3
2.2.6. Le mouvement Paysagiste dans l'aménagement des espaces verts.....	4
2.3. Les différents types des espaces verts	4
2.3.1. Les espaces verts Suburbains	4
2.3.2. Les espaces verts urbains	4
2.4. l'impact des espaces verts	4
2.4.1. La biodiversité.....	4
2.4.2. Le rôle psychologique	5
2.4.3. Le rôle d'isolant phonique :	5
2.4.4. Le rôle économique.....	5
2.5. Les composantes des espaces verts	6
2.5.1. Les principales espèces végétales	6
2.5.2. L'eau.....	7
2.5.3. Les murs et clôtures.....	7
3. L'intégration de la végétation dans l'espace bâti	8
3.1. Typologie végétale	8

3.1.1. Adaptation des plantes	8
3.1.2. Les différents types des végétaux	9
3.1.3. La végétation caduque et persistante.....	10
3.1.4. l'impact des Ambiances saisonnières des plantes	10
3.1.5. Le choix des végétations	11
3.1.6. Le choix des végétaux selon l'orientation.....	12
3.1.7. La végétalisation des bâtiments.....	13
3.1.7.1. Toiture végétale.....	13
3.1.7.1.1. L'impact des toitures végétalisées	14
3.1.7.2. Les murs végétalisées.....	19
3.1.7.2.1. . L'impact des façades végétalisées.....	20
4. Les plantes grimpantes	22
5. Les plantes choisir pour des bureaux	23
5.1. Quelques exemples de plantes pour les bureaux	23
5.2. L'impact de plantation à l'intérieur	25
 Partie II : Les Tours multifonctionnels	
6. La notion de tour	27
6.1 Introduction	27
6.2 Définition des tours	27
6.3 Aperçu Historique	27
6.4. Gratte-ciel vert et ses caractéristiques	29
6.5. Caractéristique de la construction écologique.....	29
6.6 Différences entre un gratte-ciel et un gratte-ciel vert	30
6.7. Les Conditions principale à la construction du projet de gratte-ciel	30
6.7.1 Les forces s'exerçant sur les gratte-ciel	30
6.7.1.1 Les vents.....	30
6.7.1.2 Les systèmes parasismiques	32
6.7.1.3 Les protections anti-incendie	33
6.7.1.4. Les systèmes de circulation dans les tours	34
6.7.1.5. Types de ventilation :	35
6.8. La Mise en œuvre des gratte-ciels	36
6.8.1. Les fondations	36
6.8.2. La Structure	37
 Chapitre II : Approche analytique des exemples	
1. Exemple N°1 : The Shard	41
1.1. Les critères de choix.....	41
1.2. Situation	41
1.3. Idée et inspiration	41
1.4. Accessibilité	41
1.5. Répartition des plans	42
1.6. Structure	44
1.7. Façades	45
1.8. synthèse	46

2. Exemple N°2 : Water Tower Chicago	46
2.1. Les critères de choix.....	46
2.2. Présentation du projet.....	46
2.3. Situation	46
2.4. Description architectural	47
2.5. Organisation spatial.....	47
3. Exemple N°3 : Coop “Le Cârô”	50
3.1. Les critères de choix.....	50
3.2. Présentation du cas d’étude : Centre Commercial Coop “Le Cârô”	50
3.3. Implantation	50
3.4. Accessibilité	50
3.5. Objectif.....	50
3.6. Organisation spatial.....	50
3.7. Les façades	52
3.8. Synthèse	52
4.ExempleN°4 : Bosco Verticale	53
4.1. Les critères de choix.....	53
4.2. Situation	53
4.3. L’idée de l’architecte.....	53
4.4. Les utiles	54
4.5. Accessibilité	54
4.6. Forêt verticale est un projet pour la survie environnementale des villes contemporaines	55
4.7. L’impact visuel de la tour à son environnement	56
4.8. La structure.....	57
4.9. Spécificité environnementale	57
5. Exemple N°5 : La Toure d’Agora Garden	58
5.1. Les critères de choix.....	58
5.2. Situation	58
5.3. La philosophie écologique du projet	58
5.4. Idée et inspiration	59
5.5. L’emplacement de la végétation	59
5.6. Les principales composantes du projet.....	60
5.7. La structure.....	60
5.8. Synthèse	62
6. Tableau comparatif des exemples	62
Chapitre III : Processus conceptuel	
1. Programme de base pour le projet	65
1.1. Le programme proposé.....	65
2. Analyse de site	69
2.1. Situation géographique et description de la zone d’étude	69
2.1.1. Situation	69
2.1.2. Limite géographique	69
2.1.3. Le climat.....	69
2.1.4. Le relief	69

2.1.5. Le sol	70
2.2. Le terrain	70
2.2.1. Les points forts de choix de terrain	70
2.2.2. Situation géographique.....	70
2.2.3. L'environnement immédiat du terrain.....	71
2.2.4. Circulation et accessibilité	71
2.2.5. La morphologie du terrain.....	72
2.2.6. Etude d'ensoleillement.....	72
2.2.7. Etude des vents.....	72
2.3. Conclusion.....	72
3. Les éléments de passages	73
3.1. Niveau extérieur	73
3.1.1. Les concepts :	73
3.1.2. Manières et outils d'exécution	73
3.2. Niveau intérieur.....	80
3.2.1. Organisation spatiale	80
3.2.2. Circulation verticale	82
3.2.3. Circulation horizontale.....	83
3.2.4. Le choix de la structure	83
3.2.5. Choix des fondations :.....	83
3.2.6. Les joints	84
3.2.7. Le noyau central	84
3.2.8. Les serre	85
Recommandation.....	86
Conclusion générale	88
Bibliographie	
ANNEXE 01	
ANNEXE 02	
ANNEXE 03	

Liste des figures

Figure 1: Les trois piliers de développement durable	1
Figure 2: Vue perspective de la maison	2
Figure 3: plan du jardin d'un seigneur égyptien.....	2
Figure 4: Generalife, jardins de l'Alhambra à Grenade.....	2
Figure 5: Plan jardin japonais.....	3
Figure 6: Vue d'un jardin japonais.....	3
Figure 7: un jardin chinois	3
Figure 8: Un jardin de l'Alhambra.....	3
Figure 9: Jardins selon le mouvement paysagiste.	4
Figure 10: jardin et plain des jeux.....	4
Figure 11: Une vision globale des « Bienfaits du végétal en Ville »	5
Figure 12: Les composantes des espaces verts.....	6
Figure 13: le gazon.....	6
Figure 14 : Les massifs floraux	6
Figure 15: des différents types des arbres	7
Figure 16: Les arbustes	7
Figure 17: Les haies	7
Figure 18: mur de clôture en pierre.....	7
Figure 19: abri de service végétalisé	8
Figure 20: Feuilles simple.....	8
Figure 21: Feuilles composé	8
Figure 22: des plantes grimpanes.....	9
Figure 23 : les plantes vivaces.....	9
Figure 24: les plantes Les annuelles et bisannuelles.	9
Figure 25: la pelouse en automne.....	9
Figure 26: Le cycle saisonnier des plantes grimpanes à feuillage caduc	10
Figure 27: évolution de l'aspect de toiture à travers les saisons (variées de sedum) : À gauche : hiver, à droite : été.....	11
Figure 28: Traitement de la façade OUEST.....	13
Figure 29: Toiture extensive	13
Figure 30: toiture intensive	13
Figure 31: les pentes et les types des végétaux	14
Figure 32: Gradient de température ville/milieu rural.....	14
Figure 33: Ruissellement sur un toit plat conventionnel et un toit végétalisé extensif sur une période de 22 heures.	15
Figure 34: toiture végétalisé dans un milieu urbain	16
Figure 35: Les différentes couches de toiture végétale inclinée.....	18
Figure 36: les composantes des trois types des parois végétaux	20
Figure 37: le mure végétale de Patrick blanc	21
Figure 38: schéma explicatif de la technique de Patrick blanc	22
Figure 39: des plantes pour bureaux.....	23
Figure 40: Des plantes cactus.....	23
Figure 41: un espace de travail open space	24
Figure 42: Des balconnières	24
Figure 43: des palmiers d'intérieur entre 150 et 350 cm.....	24
Figure 44: mur végétale dans les salles de réunions	24

Figure 45: un espace de travail open space	24
Figure 46: les végétations dans l'espace de création.....	24
Figure 47: Ribe au Danemark : première ville de Scandinavie et au centre du début de l'âge viking.....	27
Figure 48: Le Home Insurance Building à Chicago.....	28
Figure 49: Le World Building en 1906 (à gauche)	28
Figure 50: Le Manhattan Life Insurance Building	28
Figure 51: le World Trade Center	28
Figure 52: Taipei 101 à Taiwan	28
Figure 53: La tour des Cèdres en Suisse	29
Figure 54: L'Oasis Hôtel Downtown.....	29
Figure 55: L'Oasia Hotel Downtown	29
Figure 56: Tour écologique EDITT de Singapour	30
Figure 57: The Gherkin Tower.....	30
Figure 58: Un dampé agissant mécaniquement.....	31
Figure 59: Un dampé agissant par l'intermédiaire de capteurs de mouvements.....	31
Figure 60: le damper de la tour Taipei 101 à Taiwan	31
Figure 61: la tour Taipei 101 à Taiwan	31
Figure 62: Un damper hydraulique	31
Figure 63: le Swiss Re Building de Londres.....	32
Figure 64: L'hôtel Ryugyong.....	32
Figure 65: la Sears Tower	32
Figure 66: schéma présente les techniques contre l'incendie.....	33
Figure 67: Plan de réseau de transport vertical dans 3 bâtiments distingue	35
Figure 68: Escalator	35
Figure 69: schéma de la Ventilation naturelle.....	35
Figure 70 : Ventilation mécanique	36
Figure 71: Fondation de la tour Taipei 101 à Taiwan	36
Figure 72 : fondation (Burdj Khalifa)	36
Figure 73: installation des Pieux battus.....	37
Figure 74: des pieux forés simples	37
Figure 75: Pieux et radier du Burdj Khalifa de Dubaï	37
Figure 76: esquisse d'une tour	38
Figure 77: tour The Plaza on Dewitt, Chicago,USA, 1966,	38
Figure 78 : l'exosquelette de burdj al arabe	39
Figure 79: schéma explicatif d'une structure en grilles de diagonal « Diagrid.....	39
Figure 80 : la tour Swiss Re	40
Figure 81: Schématisation d'un cadre rigide.....	40
Figure 82: Structure à noyau central	40
Figure 83: Dalles dans le système à noyau central(a) Dalle porte à.....	40
Figure 84: the shard tower.....	41
Figure 85: Plan sur site.....	41
Figure 86: Esquisses du projet plan.....	41
Figure 87: schéma d'accessibilité	42
Figure 88: la répartition des plans de The Shard Tower	42
Figure 89: plan d'assemblage the shard Tower.....	43
Figure 90: Plan de 2ème à 28 ème étage.....	43
Figure 91: Plan 31 à 34 ème étage	44
Figure 92: Coupe de la tour.....	45
Figure 93: Plan d'étage typique avec des éléments de structure horizontaux.....	45
Figure 94: Section de the shard - Diagramme des charges verticales et horizontales.....	45
Figure 95: La tour the shard	45

Figure 96: façade de the shard.....	45
Figure 97: water Tower place.....	46
Figure 98: plan de situation.....	46
Figure 99: le socle	47
Figure 100: la tour	47
Figure 101: principe d'organisation	47
Figure 102: coupe d'organisation.....	47
Figure 103: Plan RDC.....	48
Figure 104: plan de mezzanine.....	48
Figure 105: Plan 1er étage.....	49
Figure 106: centre commerciale Coop“Le Cârô”.....	49
Figure 107: plan de situation de Coop “Le Cârô”	50
Figure 108: plan de masse de Coop “Le Cârô”	50
Figure 109: plan de masse du centre commerciale Coop“Le Cârô”	51
Figure 110: plan de répartition des espaces intérieurs	51
Figure 111: schéma de répartition des espaces	52
Figure 112: coupe du centre commerciale Coop“Le Cârô”	52
Figure 113: façade lisse, ventilées avec granit et tole	52
Figure 114: ligne allongées et transparences des façades	52
Figure 115: Plan de masse.....	53
Figure 116: La carte d'Italie.....	53
Figure 117: Portrait de Stefano Boeri.....	53
Figure 118: Bosco Verticale.....	54
Figure 119: Bosco Verticale.....	54
Figure 120: Les accès principaux des deux tours.....	54
Figure 121: plan de masse du bosco vertical.....	54
Figure 122: Les deux tours végétalisés bosco verticale	55
Figure 123: Façade bosco verticale.....	55
Figure 124: schéma présente un nouveau modèle de densification verticale.....	56
Figure 125: les types des plantes utilisés dans les deux tours	56
Figure 126: Bosco verticale.....	56
Figure 127: plan de 6ème étage.....	57
Figure 128: Système de protection du bosco verticale.....	57
Figure 129: Système de distribution de l'eau du bosco vertical.....	57
Figure 130: les éoliennes, panneau solaire au niveau de la toiture	57
Figure 131: plan de situation de la tour Agora Garden	58
Figure 132: la tour Agora Garden	58
Figure 133: Structure de spiralisation en double hélix de l'ADN, source de vie et dynamisme.....	59
Figure 134: Le quatrième objectif est de générer à partir d'un niveau standardisé flexible.....	59
Figure 135: Le troisième objectif est d'offrir aux habitants une vue panoramique exceptionnelle.....	59
Figure 136: Le deuxième objectif est de générer un maximum de cascades de jardins en plein air.....	59
Figure 137: Le premier objectif est d'être parfaitement intégré dans le profil pyramidal nord / sud du volume du bâtiment.....	59
Figure 138: plan de masse de l'Agora Garden	59
Figure 139: coupe de la tour Agora Garden	60
Figure 140: plan de la tour Agora Garden.....	60
Figure 141: modèle 3D du système structural.....	60
Figure 142: la tour de jardin agora-plan et coupe transversale	60
Figure 143: Agora Garden sous-sol	60
Figure 144: La construction de la tour agora Garden.....	61
Figure 145: Modèle 3d de la structure de la tour agora Garden.....	61

Figure 146: 72 pieux forés dans le substrat rocheux pour l'isolement sismique de classe 7 EPS	61
Figure 147: vue sur le balcon de la tour Agora Garden	61
Figure 148 : systèmes à double paroi	61
Figure 149: coupe de la tour Agora Garden	62
Figure 150: schéma présente la méthodologie d'élaboration du programme.....	65
Figure 151: Schéma des grandes fonctions prévues pour une tour multifonctionnelle.....	65
Figure 152: Schéma de fonctions sélectionnées pour notre tour	65
Figure 153: Carte de situation géographique de la ville de Biskra.....	69
Figure 154: Carte de milieu physique de la wilaya de Biskra.....	70
Figure 155: Carte présente la situation du terrain par rapport la zone ouest de Biskra.....	71
Figure 156: l'environnement immédiat du terrain	71
Figure 157: Accessibilité au site	71
Figure 158: coupe BB	72
Figure 159: coupe AA.....	72
Figure 160: trajectoire solaire	72
Figure 161: Schéma présente les directions des vents durant l'année.....	72
Figure 162: Diagramme présente la vitesse des vents durant l'année.....	72
Figure 163: schéma présente les axes majeurs d'implantation	74
Figure 164: schéma présente les différents accès.....	74
Figure 165: schéma présente le plan de masse.....	75
Figure 166: schéma présente le zoning au niveau plan de masse.....	75
Figure 167: Processus du développement du volume du projet.....	78
Figure 168: façade principale.....	79
Figure 169: façade Nord-ouest.....	79
Figure 170: schéma présente le zoning en élévation.....	82
Figure 171: Plan RDC.....	82
Figure 172: Plan 4 ^{ème} étage.....	82
Figure 173: Plan 16 ^{ème} étage.....	82
Figure 174: Plan 11 ^{ème} étage.....	82
Figure 175: les éléments de la circulation verticale	82
Figure 176: vue de la coupe	83
Figure 177: Les pieux de la tour.....	83
Figure 178: La tour repose sur un radier général nervuré sur pieux	83
Figure 179: plan de sous-sol.....	84
Figure 180: détail de mur de soutènement	84
Figure 181: plan montre le joint de rupture.....	84
Figure 182: plan du noyau central.....	84
Figure 183: serre botanique.....	85
Figure 184: Détails d'installation du mur végétal dans le gratte-ciel.	86
Figure 185: Proposition d'installation d'un mur végétalisé dans le gratte-ciel	86
Figure 186: Conception de plantes et de biomasse non humaine dans un système bâti.....	86
Figure 187: Conception de plantes et de biomasse non humaine dans un système bâti.....	87
Figure 188: Aménagement paysager vertical continu	87

Liste des tableaux

Tableau 1: le choix des types des plantations selon la fonction.....	11
Tableau 2: Eléments composants des toits verts	17
Tableau 3: les différentes plantes pour les toits végétalisés.....	18
Tableau 4: présente les types des murs végétaux.....	19
Tableau 5: les différents types des plantes grimpantes.	22
Tableau 6: programme des bureaux	44
Tableau 7 : Tableau comparatif des exemples	62
Tableau 8: le programme	65
Tableau 9: les types des plantes utilisé dans les façades et l'extérieur	76
Tableau 10: les types des plantes utilisé dans les façades.....	79
Tableau 11: Les plantes utilisée à l'intérieur	80
Tableau 12: Les plantes utilisées dans les serres	85

Chapitre introductif

I. Introduction

Depuis la période classique, les enjeux et les attentes liés à l'association du végétal et de l'architecture sont multiples. L'engouement des classes aristocratiques pour les parcs d'agrément à la mode française, italienne ou anglaise, a été à partir du XIXe siècle un modèle d'inspiration pour la bourgeoisie puis, dans une moindre mesure, pour l'ensemble de la société.¹

Les techniques de végétalisation du bâtiment sont nombreuses et variées (plantes grimpantes, murs végétaux, toitures vertes, terrasses végétalisées, jardinières, jardins extérieurs et intérieurs etc.) Elles permettent à l'architecture de s'inscrire dans cette mouvance de réintégration de la nature dans notre voisinage urbain et de composer une nouvelle relation entre l'Homme et son milieu. Depuis toujours, la nature est pour l'Homme la première ressource pour les matériaux de construction et lui permet de s'abriter. L'Homme a parfois conditionné la nature en la taillant ou en lui donnant des formes qui lui sont pratiques. Certains mouvements architecturaux, comme l'Art Nouveau, s'en sont inspiré pour orner l'architecture de motifs végétaux. De nos jours, la végétalisation en ville met en relations différents acteurs appartenant à des disciplines variées telles que les sciences naturelles (biologie végétale, écologie), les sciences humaines et les disciplines de l'aménagement (architecture, paysage, ingénierie, construction).²

Dans les années qui ont suivi la Seconde Guerre mondiale, dans de nombreux endroits en Europe Bien que les gratte-ciel super hauts ont utilisé des caractéristiques révolutionnaires dans leurs méthodes de construction et ont attiré l'attention du monde entier avec le record des bâtiments les plus hauts qu'ils ont établis, néanmoins, en termes d'esthétique, ils ont peu fourni le public pourrait s'identifier. De plus, leur lien avec leur environnement urbain n'a généralement pas été soigneusement conçu (Lepik, Andres, 2004). Les structures cuboïdes, qui dominaient dans les années 1970 avec des miroirs réfléchissants plats comme la peau de verre, fournissaient souvent de grands espaces publics internes dans des atriums vitrés, mais à l'extérieur, elles ressemblaient à des boîtes en verre sans lien réel avec leur environnement urbain.³

La théorie du gratte-ciel «vert» a été notamment façonnée par l'écriture de Ken Yeang. Il propose, dans ses théories, les mesures d'interconnexion concernant l'utilisation de l'énergie, de l'eau et de la lumière. Il les relie également aux plantes vertes, au climat local et à l'écologie aux conditions spatiales et aux fonctions du bâtiment (Lepik, Andres, 2004). Ainsi la planification et la conception de gratte-ciel influencé par une série complexe de demandes, où les plantes vertes peuvent jouer un rôle vital pour la conservation de l'énergie par le bâtiment ainsi que l'amélioration de la qualité de vie dans ces villes verticales. Le Minara Mesiniaga en Malaisie (1992) est un exemple pratique d'un grand bâtiment végétal.

¹ <https://architecture-durable.typepad.fr>

² Jérôme DURÉAULT, Architecture contemporaine et nature en ville, Diplôme d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences Agronomiques, Agroalimentaires, Horticoles et du Paysage, Angers, France le : 13/09/2013 p1.

³ Shah Rina Afrin, Master's Thesis on Green Skyscraper: Integration of Plants into Skyscrapers, Stockholm 2009 p1.

II. Motivation de Choix du thème

- ✓ l'amélioration de la relation entre l'architecture des gratte-ciels et l'intégration de la végétation.
- ✓ La création d'une ville verticale verte.
- ✓ l'amélioration du rapport ville campagne à travers la création des tours végétales
- ✓ chercher des solutions pour traiter les impacts négatifs de la grande surface de verres à travers l'intégration de la végétation de la manière bien étudiée.
- ✓ Découvrir une nouvelle génération d'immeubles urbains de grande hauteur complètement recouverts de feuilles d'arbres et de plantes.

III. Problématique

Les gratte-ciel, bien que considérés comme une structure négative sur la terre, resteront construits à mesure que la population augmentera et donc leurs demandes. Ces grands immeubles possèdent de nombreux effets néfastes sur notre économie, notre environnement et notre société par leur consommation excessive d'énergie, les matériaux toxiques qui utilisent et détruisent l'équilibre écologique. Mais comme nous ne pouvons pas arrêter leur construction tout d'un coup, nous devons rechercher des solutions alternatives pour moderniser ces effets nocifs. Les principaux problèmes que ces gratte-ciel affectent sont les suivants:

- Une plus grande consommation d'énergie pour son refroidissement sous l'effet d'un gain de chaleur excessif par sa toiture en béton apparent, son vaste rideau de verre et sa façade de mur en béton.
- Mauvaise qualité de l'environnement intérieur pour l'utilisation de matériaux toxiques qui émettent souvent des composés organiques volatils.
- Impact négatif sur l'environnement car sa construction détruit l'écologie, la flore et la faune du site. Sa surface en verre hautement réfléchissante a souvent confondu les oiseaux migrateurs avec le reflet du ciel et des arbres provoquant la mort de l'oiseau alors qu'il tentait de s'envoler.

A cet effet, la problématique se pose par la question suivante :

- ✓ Quelles sont les impacts de l'intégration de la végétation sur la conception architecturale des gratte-ciels ?

IV. Hypothèse

-Les avantages que la végétation apporte aux bâtiments sont multiples lorsqu'elle est intégrée de manière appropriée. Les jardins verticaux dans les enceintes des bâtiments ou les couvertures végétales sont un exemple. Ces systèmes interviennent dans le comportement bioclimatique des bâtiments améliorant leurs performances.

- l'intégration des plantes dans la conception des gratte-ciel peut aider à réduire la consommation d'énergie, à améliorer l'environnement et améliorer la qualité de vie.

-l'utilisation des toitures et des murs végétalisés est une forme d'intégration de la végétation.

V. Objective

- ✓ Découvrir les moyens possibles d'intégrer les plantes dans les gratte-ciel et évaluer comment l'intégration des plantes dans la conception des gratte-ciel peut aider à réduire la consommation d'énergie, améliorer l'environnement et améliorer la qualité de vie.
- ✓ découvrir les différents types des végétaux qui peuvent intégrer dans l'espace bâti.
- ✓ découvrir les différentes manières de l'intégration des végétaux dans l'espace bâtie (tour).
- ✓ définir l'impact de l'intégration de la végétation dans l'espace bâti (tour).

VI. La méthodologie de recherche

Afin de répondre aux questions précédemment posés, et affirmer ou infirmer notre hypothèse formulée, on va opter cette démarche en divisant notre travail en deux parties.

La partie théorique : Cette partie est divisée en deux volets :

-Le premier volet est consacré à faire une recherche bibliographique englobant une consultation des articles de journaux, des documents livresques et autres (sites web) relatif au sujet de l'architecture végétale, à travers de donner des définitions des différents concepts clé à savoir : Le développement durable, l'espace vert et la végétation en architecture.

-Le deuxième volet : comprend la définition des grattes ciels, la qualité architecturale, la structure ...

La partie analytique : est consacré à faire une analyse architecturale de six exemples d'étude, les trois premier ce sont des exemples selon le programme et les autres ce sont des exemples selon le thème.

La partie pratique : comprend la conception du projet avec toutes les étapes nécessaires.

VII. La structure de la mémoire

La mémoire se compose de deux parties contenant des chapitres

Chapitre introductif : Dans lequel on va présenter la problématique du mémoire en posant des questions sur notre thématique de recherche, ces derniers seront suivis par une hypothèse qui présente une réponse à infirmer ou bien confirmer à la question posée précédemment et, les objectifs de recherche montrent le but à atteindre de cette étude.

Première chapitre : comprend l'approche théorique, et permet de bien cerner les différentes définitions des concepts, et tous les termes ayant une relation avec le sujet.

-La première partie : comprend la définition des espaces verts, un aperçu historique, les rôles des espaces verts, l'intégration de la végétation dans l'espace bâtie, le choix des plantes, l'impact de la végétation sur le projet architecturale.

-la deuxième partie : étudier la définition des tours, un aperçu historique sur les grattes ciels, la typologie, la structure, la qualité architecturale et la notion de la multifonctionnalité dans les gratte-ciels.

Deuxième chapitre : concerne l'approche analytique de plusieurs exemples, vise à donner un éclaircissement sur le concept de la végétation et sa liaison avec l'architecture, de connaître les principes de base d'une architecture végétale à travers des exemples bibliographiques en tirant des recommandations qui permettent de cerner toutes les exigences du projet.

Troisième chapitre : comprend l'analyse de terrain, le programme et nous allons aboutir à des recommandations utiles pour et les éléments de passage de conception du projet, avec une conclusion générale.

*Chapitre I : Approche
théorique*

*Première partie : Etude
théorique du thème*

Première partie : Etude théorique du thème

1. Le développement durable

1.1. Introduction

Une architecture durable est une architecture qui cherche à minimiser l'impact négatif des bâtiments sur l'environnement en optimisant l'utilisation efficace des matériaux, de l'énergie, de l'espace de développement et de l'écosystème en général. L'architecture durable utilise une approche consciente de la conservation de l'énergie et de l'environnement dans la conception de l'environnement construit.⁴

1.2. Définition

Le développement durable est un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à satisfaire leurs propres besoins.⁵

1.3. Les trois piliers du développement durable

1.3.1. Le pilier environnemental

Le développement durable vise la limitation de l'impact des activités humaines sur l'environnement naturel, mais aussi urbain. Il s'agit de préserver les ressources naturelles à long terme en réduisant leur surexploitation, les nuisances, la défiguration des paysages, l'exploitation des énergies fossiles au profit d'énergies renouvelables. Exemples : la protection de la biodiversité et des forêts, la promotion d'une agriculture respectueuse de l'environnement et de la santé.

1.3.2. Le pilier social

Satisfaire les besoins humains et répondre à un objectif d'équité sociale, en favorisant la participation de tous les groupes sociaux sur les questions de santé, logement, consommation, éducation, emploi, culture.⁶

1.3.3. Le pilier économique

Le pilier économique : L'économie est un instrument au service du développement humain. Par conséquent, le développement durable n'exclut pas la poursuite de la croissance (l'augmentation de la production de biens et de services), pour répondre aux besoins des générations présentes et futures. Toutefois, le développement durable promet une gestion saine et durable, sans préjudice pour l'environnement et le social.

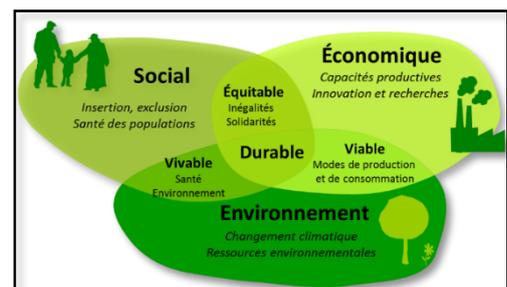


Figure 1: Les trois piliers de développement durable

Source : <http://www.natureculture.org>

2. L'espace vert

2.1. Définition : D'après Pierre merlin et Françoise choya 1980, l'espace vert se définit en milieu

⁴ www.hisour.com

⁵ Tracey Strange and Anne Bayley, Sustainable development, 02 Dec 2008 p24.

⁶ <http://www.3-0.fr>

urbain comme un espace public de nature et de verdure. Le poumon de la cité, il se définit comme un espace de liberté, d'ouvertures et de nature liée à la végétation.

Selon Boillot les espaces verts apparaissent comme des surfaces de plein air privées ou publiques, semées ou plantées de végétaux n'ayant pas comme finalité première la production agricole, forestière ou industrielle, et qui réservent aux usagers toute sécurité les conditions optimale pour le repos, le jeu et le sport.⁷

2.2. Historique d'espace vert

2.2.1. Les jardins égyptiens

Ces Espaces Inspirés des richesses naturelles du NIL, deviennent ainsi des jardins sacrés. La composition de ces jardins repose sur quelques grands principes :

- des fonctions utilitaires : production de fruits ; zone ombragées (arbre, pergolas) ; lieux de fraîcheur
- une fonction ornementale
- Un terrain plat
- Un espace clos
- Des formes régulières géométriques (figure.3)
- Le jardin est divisé en compartiments symétriques par des murs bas en pierres sèches.- au centre, une vaste treille disposée sur quatre rangs de colonnettes.
- à droite et à gauche, quatre pièces d'eau peuplées de canards et d'oies, deux pépinières, deux kiosques à jour, et des allées de sycomores, de dattiers et de palmiers-doums⁸

2.2.2. Les jardins hispano moresques

Les jardins hispano moresques sont des espaces privilégiés a usage privative et constitue un havre de paix. Les patios ou cours intérieurs sont des lieux de vie aménagées avec raffinement d'où émanent calme, fraîcheur, parfums, luxe et ravissement. La végétation diversifiée. Foisonne et joue avec la lumière et l'ombre.

- Les principales composantes de ses jardins sont une succession :
- un isolement par rapport au paysage extérieur sauf à certain endroit ou la vue spécifiquement aménagée.
- Des végétaux pour le parfum (jasmains, menthes, rosier).
- des végétaux pour l'ombre cyprès, palmier lauriers nobles).⁹

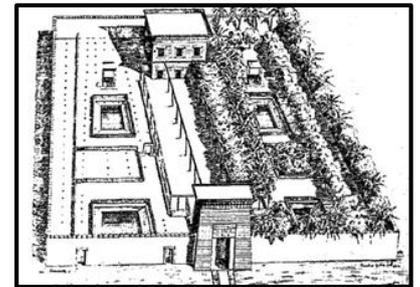


Figure 2: Vue perspective de la maison
Source : L'archéologie égyptienne par G.MASPERO p6.

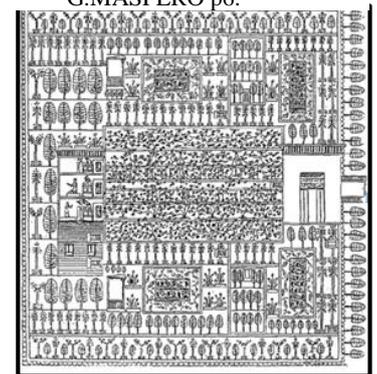


Figure 3: plan du jardin d'un seigneur égyptien.
Source : L'archéologie égyptienne par G.MASPERO



Figure 4: Generalife, jardins de l'Alhambra à Grenade
Source : <https://www.gammvert.fr>

⁷ Cours n°3 la gestion urbain et industrielle séquence n°l'environnementale, d'Espaces verts « Direction de l'Environnement de la wilaya d'Oran » p1.

⁸ G.Maspero, L'archéologie égyptienne ; Edité Par Ancienne Maison Quantin / Librairies-Imprimeries Réunies, paris, 1887, p5

⁹Jean- Luc Larcher, Thierry Gelgon, Aménagement des espaces verts urbains et du paysage rural ,4^e Edition, Lavoisier, paris, 2012, p21-22.

2.2.3. Les jardins japonais

La composition d'un jardin japonais suit trois grands principes (on parlera aussi des techniques) :

– la reproduction de la nature en miniature

La miniaturisation a pour but la représentation de scènes différentes (montagnes, lacs, rivières, mer) dans un espace restreint. Y'a aussi la réduction de la complexité. En effet, la simplicité est une caractéristique importante dans la plupart des styles japonais.

– **le symbolisme** : Le symbolisme est issu de la fonction religieuse des premiers proto-jardins ; il sert également au travail de simplification.

– la capture de paysages

Utilise des éléments distants extérieurs au jardin (bâtiments, collines, mer) dans sa composition scénique. Cela agit avec les limites imposées du jardin pour l'insérer dans un contexte plus large.¹⁰

2.2.4. Les jardins chinois

En Chine, le jardin est un art complet et sacré de la tradition chinoise. La conception d'un jardin est un art au même titre que la calligraphie ou encore la poésie.

-Les principaux aspects des jardins chinois sont : 'adaptation à l'environnement , l'emprunt à d'autres paysages, La création d'un monde miniature,

- Les éléments de décoration, Un jardin vit au rythme des saisons.

- Les éléments fondamentaux : La pierre / les montagnes et l'eau.¹¹

2.2.5. Le style arabo-musulman

Développé dans le monde musulman, ce style est caractérisé par son unité et sa diversité ; Unité d'homme et cultures, diversité d'économies et d'espaces. Ce sont des espaces réduits, de Tracé symétrique ou l'eau occupe une place importante dans le décor. Ce sont des jardins Fermés (intérieurisés) comme leur demeure et enchanteurs grâce à :



Figure 5: Plan jardin japonais
Source : <http://jardinsdubotrain.canalblog.com>



Figure 6: Vue d'un jardin japonais
Source : <https://jardin-japonais-zen.com>



Figure 7: un jardin chinois
Source : <http://www.jardindechine.com>



Figure 8: Un jardin de l'Alhambra
Source : www.ac-orleans-tours.fr

¹⁰ <https://jardin-japonais-zen.com>

¹¹ <http://www2.ville.montreal.qc.ca>

- L'eau qui ruisselle partout
- Les parfums naturels
- Les couleurs des fleurs, des feuillages et des revêtements (la faïence).¹²

2.2.6. Le mouvement Paysagiste dans l'aménagement des espaces verts

-Selon le dictionnaire Larousse (2000), le paysagisme abstrait est nom donné en France, après La Seconde Guerre mondiale, à un courant de l'art abstrait dont le lyrisme modéré et sensible.

-S'inspire de la nature. Les architectes, artistes et paysagistes ont présenté le paysage dans les Milieux urbains.

-L'objectif de l'art du paysage est la composition entre les effets de la nature : surprise, variété Dissimulation, articulation de l'ombre et de la lumière.

-A la fin du 19^e s, l'espace vert changea d'échelle et de fonction.

-Le 20^e s est un siècle rempli de bouleversement en faveur des espaces verts appelés « jardins Fonctionnels » pour répondre aux besoins des habitants.



Figure 9: Jardins selon le mouvement paysagiste.
Source : www.designmag.fr

2.3. Les différents types des espaces verts

2.3.1. Les espaces verts Suburbains

Ils sont situés aux abords des villes d'une superficie très vaste, ils se divisent en deux types : privé (les forêts privées) et public (espaces verts aux bords de rivière, de canal, parcs,....etc.)

2.3.2. Les espaces verts urbains

Ils sont réalisés dans les tissus urbains pour offrir un endroit naturel dans un milieu dense à dominante minérale, ils sont fréquentés par des usagers qui habitent aux alentours. Ils peuvent se diviser en deux types... (Voir l'annexe 01).



Figure 10: jardin et plain des jeux
Source : <https://univers-loisirs.com>

2.4. L'impact des espaces verts

2.4.1. La biodiversité Le divers aménagement basés sur le végétal endémique, exotique ou horticole, ou ceux intégrant des pièces d'eau assurent des rôles biologiques essentiels à la conservation et à la propagation des espèces notamment dans les zones artificialisés .il favorisent donc la biodiversité végétale.

La gestion extensive et l'application d'opérations techniques raisonnées des espaces améliorent amplement la biodiversité.¹³

¹² Cour espace vert Filière : Gestion des techniques urbaines Spécialité : Génie urbain Rédigé par Dr. MILI Mohamed Enseignant Evalué par les experts Pr. TACHIRAFT Abdelmalek Dr. LAKHDAR HAMINA Youcef p15-16

¹³ Jean- Luc Larcher, Thierry Gelgon, Aménagement des espaces verts urbains et du paysage rural ,4^e Edition, Lavoisier, paris, 2012, p107

2.4.2. Le rôle psychologique

-Selon J.P Muret (1987) « la perception de n'est pas seulement dimensionnelle, elle est aussi Colorée, tactile et olfactive, et les plantations offrent toute une gamme d'influences par leurs Couleurs, leur formes et leur parfums ».

-Les couleurs vertes et bleues font partie de la gamme des couleurs reposantes et calmantes.

-L'espace vert peut être à la fois ou séparément un lieu de socialisation et un lieu d'isolement.

-Garett. Eckbo (1997) voit la fonction psychologique selon deux types d'utilisation, l'une passive : Repos, promenade et l'autre active tels que le sport et les jeux.¹⁴

2.4.3. Le rôle d'isolant phonique :

Les sources de nuisance dans un milieu urbain sont agressives à la santé publique et l'espace vert est loin d'être une solution au problème. Sauf qu'il est nécessaire à la résorption et la réduction des nuisances et pollutions diverses.

- Protection contre les rayons solaires.

- Fixation des particules de poussière.

- Affaiblissement de la propagation du bruit en l'amortissant de 10 à 15 Db.

- Diminution de la vitesse du vent et parfois déviation de sa trajectoire.

2.4.4. Le rôle économique

L'espace vert s'il est productif est considéré comme activité économique, et s'il est non productif il est considéré comme support à l'activité économique car il crée un dynamisme Urbain.

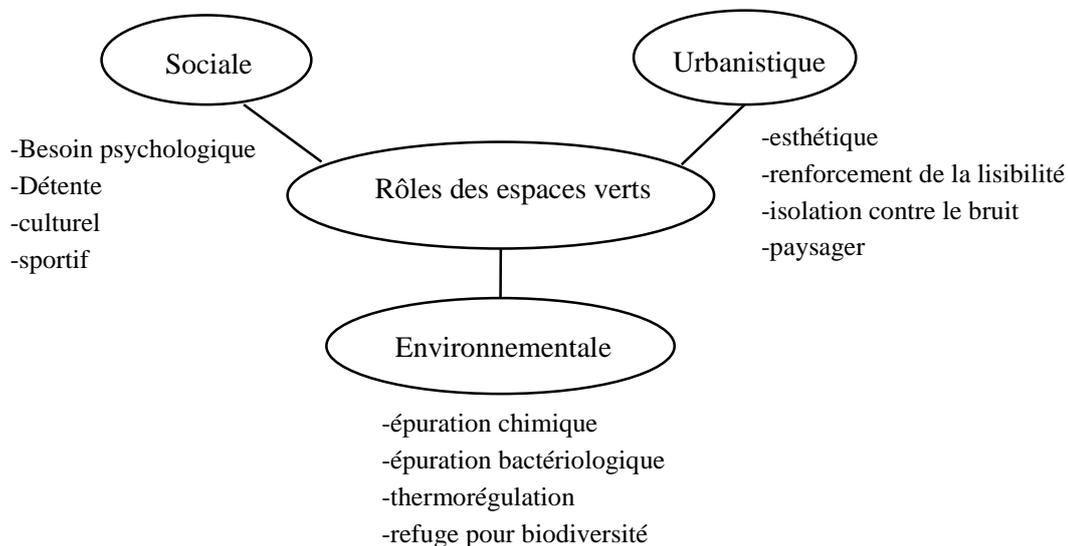


Figure 11: Une vision globale des « Bienfaits du végétal en Ville »

Source : <https://www.redalyc.org>

¹⁴ <http://virtuelcampus.univ-msila.dz>

2.5. Les composantes des espaces verts

Les espaces verts comprennent deux composants : le support et les végétaux.

-**Le support** : composé de 2 milieux superposés la terre végétale et le substrat.

La terre végétale : Elle forme la couche superficielle du terrain naturel. Son épaisseur moyenne sera de 30cm, des trous seront prévus pour les arbres et des tranchées pour les haies.

- Une terre végétale de bonne qualité se compose de :

- 8 à 15 % d'argile
- 60 à 70 % de sable
- 5 à 10 % de calcaire
- 2 à 4 % d'humus

Le substrat : C'est la couche sous-jacente de la terre végétale, dans laquelle les végétaux viennent chercher les éléments utiles à leur croissance. Lorsque le substrat est imperméable, un réseau de drainage est mis en place.¹⁵

Les végétaux : Ils regroupent un grand nombre d'espèces qui sont utilisés en fonctions des plusieurs paramètres :

- Leur propose caractéristiques.
- La nature de l'aménagement à réaliser.
- La nature des sols.
- Les conditions climatiques (pluviométrie, variation de température)
- La condition d'exposition.

2.5.1. Les principales espèces végétales

Le gazon : Revêtement de base des espaces verts mettant en valeur les autres végétaux, utilisé aussi pour les aires de loisirs, surfaces de jeux ou terrains de sport.



Figure 13: le gazon

Source : <http://laterreestunjardin.com>

Les massifs floraux : Groupement de fleurs plantées sur une surface de terre de forme régulière (ovoïde, ellipse, bonde) et légèrement en saillie par rapport au gazon environnant, elles donnent des taches de couleurs variées.

On utilise plusieurs catégories de fleurs :



Figure 14 : Les massifs floraux

Source : <https://conseils-jardin.willemsefrance.fr>

¹⁵ www.academia.edu

- Les rosiers : faciles à entretenir et à la floraison abondante.
- Les fleurs annuelles : dont la plantation et l'entretien demandent du personnel.
- Les plantes vivaces : supportent les hivers normaux et se plantent par groupes de 3 à 15 au m².
- Les plantes grimpantes : se développent facilement et certaines peuvent recouvrir rapidement un grillage ou un mur nu.
- Les plantes de rocailles : contribuent dans les talus au maintien de la terre.

Les arbres : Jouent un rôle important dans les circulations piétonnes :

- Protection contre le vent.
- Ombrage et jalonnement des cheminements.
- Il faut les choisir judicieusement car certaines espèces maintiennent les terrains humides, les branches peuvent tomber, réduire le passage, créer de l'ombre sur les bâtiments.
- Les arbres à feuille caduques et à fruits charnus jonchent le sol, ce qui entraîne un nettoyage.



Figure 15: des différents types des arbres
Source : www.istockphoto.com

Les arbustes

Des végétaux de petites dimensions qui se ramifient à la base et restent buissonnants sur une hauteur de 1 à 3 m. ils constituent des haies des buissons et des groupements permettant de mêler essences, couleurs du feuillage et de fleurs.¹⁶

Les haies

Constituées par des arbustes plantés en alignement de manière à former un rideau continu dont la hauteur peut varier de 1 à 3m selon l'espèce choisie.

- Les haies hautes constituent des brise-vent dans les régions de bord de mer.



Figure 16: Les arbustes
source : <https://jardinage.lemonde.fr>

2.5.2. L'eau : se sont en général : les fontaines, les cascades, et les jets d'eau, qui donnent une qualité distincte à l'espace.

2.5.3. Les murs et clôtures

Ils assurent une fonction de barrière physique. Le choix d'une clôture doit tenir compte de l'environnement existant. Elle existe en différents matériaux tels que le bois, le métal et le ciment.



Figure 17: Les haies
Source : <http://www.haie-bocagere.com>

Le Sol : c'est le support et la source d'éléments nutritifs pour la plante.



Figure 18: mur de clôture en pierre
Source : www.travaux.com

¹⁶ Gérard Karsenty, Voiries –réseaux divers espace vert chapitre 4, Guide pratique de VRD et aménagement extérieur, Groupe Eyrolles, 2004.

Le mobilier urbain

Par le terme de mobilier urbain, on désigne tous les objets Utilisés dans l'espace collectif. Il est constitué d'éléments fixes ou amovibles Disposés en vue de servir les usages. Il contribue amplement à l'amélioration du cadre urbain et de l'image de la ville ; chaque besoin correspond à un meuble urbain.



Figure 19: abri de service végétalisé
Source : www.axellescom.com

3. L'intégration de la végétation dans l'espace bâti

3.1. Typologie végétale

Les différents types de végétaux peuvent se distinguer grâce à la morphologie de Leurs feuilles (forme, types et disposition des feuilles).

Une feuille

Est un organe plat et mince d'une plante vasculaire, placé à côté de l'axe de la tige, de la racine ou de l'un des trois organes de base des plantes supérieures. En terme botanique, et en particulier dans la morphologie de la plante, le feuillage est un nom de masse qui se rapporte aux feuilles comme caractéristiques des plantes :¹⁷

Une feuille se décrit selon plusieurs caractéristiques morphologiques ; en premier, il faut séparer les feuilles simples des feuille composées.

La feuilles simple se caractérise par le bourgeon axillaire, les stipules, le limbe et la nervation avec la nervure principale et les nervures secondaires; les feuilles composées sont caractérisées par leur pétiole et les pétiolules portant les folioles (un foliole est une feuille simple d'une feuille composée).

3.1.1. Adaptation des plantes :

La forme et la structure des feuilles sont adaptées aux conditions dans lesquelles vit La plante. Les feuilles typiques des plantes des régions tempérées à humidité modérée sont très différentes de celles des régions tropicales humides ou des régions froides et sèches. Tandis que la plupart des feuilles ont des limbes plats qui exposent le maximum de surface au soleil, les conifères, adaptés aux régions froides et venteuses, ont des feuilles réduites à des aiguilles qui offrent le minimum de surface aux vents d'hiver desséchants.

Chez les plantes des régions arides telles que l'aloès, les feuilles, souvent beaucoup plus spongieuses et pouvant emmagasiner l'eau sont appelées feuilles succulentes.



Figure 20: Feuilles simple
Source : <https://www.aquaportail.com>



Figure 21: Feuilles composé
Source : <https://www.aquaportail.com>

¹⁷ <https://www.aquaportail.com>

3.1.2. Les différents types des végétaux

L'arbre : sont des plantes à fleurs ligneuses, qui peuvent être utilisées pour l'alignement c'est à dire des plantations sur voie, ou limites diverses.¹⁸

Les grimpantes : Dans un jardin, il est intéressant de créer des plans verticaux végétalisés pour structurer l'espace. Les plantes grimpantes sont une solution intéressante. Tout type de support peut alors s'habiller de végétal : mur, pergola, pilier, pylône ou même pignon de la maison. Selon ce support, il faudra choisir l'essence adaptée.



Figure 22: des plantes grimpantes
<https://www.tuincentrum-demolen.be>

Les vivaces : Il existe de nombreuses plantes vivaces de hauteurs, de formes, de couleurs différentes. Leur caractéristique principale est aussi leur atout : ce sont des végétaux qui disparaissent ou végètent l'hiver, mais qui ensuite repoussent et se renforcent chaque année. Installés en pleine terre, dans de bonnes conditions, elles demandent ensuite peu de soins et certaines sont très économes en eau (sedums, euphorbes, valériane, iris, achillea, erigeron,...). On trouve parmi les vivaces une très grande variété de plantes comme les graminées, les lavandes, les géraniums, les pivoines, les hellébores, etc.



Figure 23 : les plantes vivaces.
 Source : <https://www.gammvert.fr>

Les annuelles et bisannuelles :

Les plantes annuelles ont un cycle végétatif qui dure moins d'un an. Les bisannuelles commencent leur cycle la première année, puis reviennent finir leur cycle la deuxième année avant de disparaître. Elles vont pouvoir agrémenter et fleurir le jardin ponctuellement, mais il est nécessaire de prévoir leur renouvellement ce qui demandera du temps, un coût et une consommation d'eau plus importante.



Figure 24: les plantes Les annuelles et bisannuelles.
 Source : <https://www.gammvert.fr>

La pelouse ; est un tapis étendu plus ou moins régulier.

La prairie ; est un écosystème en grande partie dépourvue d'arbre, couverte de végétation basse continue.



Figure 25: la pelouse en automne
 Source : <https://www.gammvert.fr>

¹⁸ <https://fr.wikipedia.org>

3.1.3. La végétation caduque et persistante

Les végétaux à feuilles persistantes ou sempervirentes maintiennent leurs feuilles tout au long de l'année, ce qui permet une protection annuelle. Ce type est recommandé dans les Régions chaudes et sèches.

Les végétaux à feuilles caduque perdent leurs feuilles en automne et sont nus pendant les mois les plus froids de l'année, ce qui permet au soleil de traverser et de chauffer l'enveloppe des bâtiments à partir de novembre à mars. En été, ils retiennent largement le rayonnement, ce qui procure un ombrage saisonnier. Donc, c'est une végétation qui pousse au printemps, protège en été et perd ses feuilles à l'automne et en hiver. Ces plantes sont plutôt favorables pour les climats semi-arides où la radiation solaire est très prisée en hiver.¹⁹

3.1.4. L'impact des Ambiances saisonnières des plantes :

En matière d'ambiances et selon son mode d'implantation, dans les espaces extérieurs de proximité ou attenants aux habitations et ses effets sur le comportement thermique des bâtiments, la végétation agit sur trois facteurs du climat : Le rayonnement solaire, le vent et l'humidité de l'air. Le contrôle de ces facteurs d'ambiances doit être obtenu quel que soit la période de l'année.



Figure 26: Le cycle saisonnier des plantes grimpantes à feuillage caduc
Source : BENHALILOU KARIM impact de la végétation grimpante sur le confort hygrothermique estival du bâtiment, Mémoire de magister, Constantine ,2008 p69

Les ambiances d'hiver :

La végétation ne doit pas porter ombre sur les espaces extérieurs de repos et les surfaces de captage, c'est donc une végétation à feuillage caduc et/ou de faible dimension permettant le captage solaire.

Les ambiances d'été :

En été, la climatisation est réduite par l'ombrage des fenêtres et par l'évapotranspiration des plantes. Il s'agit au contraire de réduire les risques d'échauffement intempestifs. On y parvient par la création d'ombres, l'humidification de l'air et la ventilation. L'échauffement des matériaux est défavorable, c'est pourquoi on doit assurer l'ombrage au sol ou sur les parois. Le port du feuillage donnera l'effet d'ombre recherché. On demande une fonction d'enveloppe thermique identique à celle de l'hiver, en

¹⁹ Benhalilou Karim impact de la végétation grimpante sur le confort hygrothermique estival du bâtiment, Mémoire pour l'obtention du diplôme de magister, Constantine ,2008 p79.

limitant les échauffements sur paroi dûs au rayonnement solaire. Les végétaux grimpants jouent ce rôle.

Les ambiances de mi- saison :

Au printemps et en automne, les exigences de confort oscillent entre celles d'hiver et celles d'été. Ceci exige de trouver des végétaux qui épousent un rythme d'évolution du feuillage en phase avec le captage du soleil d'hiver et la protection du soleil d'été. Une certaine souplesse d'adaptation est alors nécessaire pour ces deux périodes de transition ; de ce fait, les qualités requises concernent une foliation tardive au printemps et une chute précoce des feuilles en automne.



Figure 27: évolution de l'aspect de toiture à travers les saisons (variétés de sedum) : À gauche : hiver, à droite : été.

Source : Benhalilou Karim impact de la végétation grimpante sur le confort hygrothermique estival du bâtiment, Mémoire de magister, Constantine ,2008 p79.

3.1.5. Le choix des végétations :

Larcher et Gelgon considèrent que la sélection des végétaux pour un aménagement doit prendre en considération l'analyse de certains paramètres, on retrouve :

- Les paramètres édaphiques (structure, texture, PH, profondeur du sol...),
- les paramètres climatiques (températures, pluviométrie, ensoleillement, luminosité...),
- la disponibilité spatiale (pour le développement optimal du végétal),
- les caractéristiques botaniques à savoir : les critères propres à la végétation (dimensions, époque de floraison, feuillage, adaptations ...)
- le facteur psychosociologique (association des végétaux, et leur comportement en groupe, ainsi que les ambiances qu'ils génèrent).

Aux paramètres précédents, la végétation accompagnant un bâtiment doit entrer autres s'accorder avec le style architectural. ²⁰

L'intérêt d'en étudier ses caractéristiques technique parait évident, mais beaucoup plus contestable, nous l'avons vu, lorsque l'on aborde l'évaluation de sa valeur esthétique. ²¹

Tableau 1: le choix des types des plantations selon la fonction.

²⁰ J.L.Larcher et T. Gelgon, « Aménagement des espaces verts urbains et du paysage rural », 3e éd. Edition TEC & DOC, Paris.2000. P127.

²¹ Frederique Et Marc Tanguy, la composition des espaces verts et le choix des végétaux, Editions J-B Bailliere, 1981 paris p90

Fonction utilitaire	Fonction d'accompagnement	Fonction esthétique	Type de plantation
-créer un repère -créer un signal	-appuyer une architecture -accompagne un autre élément	-créer une ponctuation -créer un premier plan -créer un appel	Arbre ou arbuste en isolé
-créer des écrans ponctuels : -visuels -Phonique -Contre le vent	-appuyer une architecture	-créer un plan succession -créer des volumes - créer des effets de contraste et harmonie (formes, couleurs)	Arbre ou arbuste en BOSQUET
-créer une guidage optique -créer un écran régulier : -visuel -phonique -contre le vent -clore un espace -séparer deux espaces	-souligne une circulation -souligne un tracé -souligne un axe	-créer un rythme -accentuer un effet d'architecture -créer un fond	MAIL ALIGNEMENT HAI TAILLEE
-créer une large écran : -visuel -phonique -contre le vent -clore un espace	-faire une transition avec le site	-créer des fonds - créer des trames vertes	HAIES LIBRES BANDES BOISEES
-donné un support d'activité	-faire un transition avec le site -créer un effet de lisière pour souligné un tracé	-créer des volumes -accentuer ou diminuer les reliefs du sol -créer une ambiance végétale -créer des fonds	MASSIF BOISES OU D'ARBUSTE
	-Accentuer un point fort	-créer des effets de couleurs (contraste et harmonie) de parfum	TACHES DES PLANTES A FLEURS (Plantes vivaces, rosiers, plantes à massif)
-Fixer les sols -couvrir des surfaces non utilisables	-compléter un boisement	-accentuer l'ambiance végétale choisis	TAPIS DE PLANTES RAMPANTES
-Fixer les sols -couvrir des surfaces destinées au jeu, à la détente	-matérialisé des axes visuels réguliers (tapie verte) ou non (percées)	-valoriser les reliefs et les tracés au sol -créer des espaces reposantes à loeil	GAZON

Source : Frédérique Et Marc Tanguy, la composition des espaces verts et le choix des végétaux, Editions J-B Bailliere, 1981 paris

3.1.6. Le choix des végétaux selon l'orientation

- **Exposition nord**, Les plantes persistantes, en particulier : Arbres et haies assurant un effet brise-vent, Peupliers, Cyprès de Provence, Filao, Pittosporum, lierre ...
- **Exposition Sud**, Les plantes à feuilles caduques sont les plus appropriées pour des expositions sud et proche du sud, pour permettre au soleil d'hiver de chauffer passivement la maison; grimpants offrant une protection solaire d'été: Aristoloche siphon, Bignone à grandes fleurs, Bougainvillée, Glycine de chine, Jasmin de virginie, Vigne, Vigne vierge à 5 feuilles, Volubilis, Roses grimpantes, Vigne de trompette, Vigne russe, les clématites, et la Glycine.
- **Façades orientées Est**, peuvent être traitées en tant que mur sud ou ouest sinon il est préférable d'employer des plantes persistantes.

- **Façades ouest**, les plantes qui peuvent convenir à cette orientation incluent : grimpants offrant une isolation thermique en hiver et en été : Figuier grimpant, Fusain grimpant, Lierre commun des bois, Lierre des canaries, chèvrefeuille ...²²



Figure 28: Traitement de la façade OUEST.
Source : www.arbreurbain.com

3.1.7. La végétalisation des bâtiments

3.1.7.1. Toiture végétale

L'intégration d'un toit vert dans le bâtiment sera d'autant mieux réussie qu'elle sera envisagée dès la conception du bâtiment, mais elle est toutefois réalisable sur des constructions déjà existantes.

La typologie des toitures végétalisées

Selon l'épaisseur de substrat et le degré d'arrosage souhaité, on pourra faire une plantation de type extensive, semi-extensive ou intensive.

A – Extensive : est un procédé plus facile à mettre en œuvre car les plantes n'utilisent que peu de terre (6 à 20 centimètres d'épaisseur). Naturellement, ce sont des espèces peu exigeantes en eau et en soins, avec de faibles besoins nutritifs. Elles poussent habituellement dans les milieux arides et incultes et ne doivent pas être taillées ni tondues. Il n'est pas nécessaire de les arroser.²³



Figure 29: Toiture extensive
<https://www.consoglobe.com>

La végétalisation intensive

Qui disposera d'une épaisseur de terre supérieure à 20 centimètres. Les végétaux installés feront l'objet d'un soin adapté à leurs exigences (arrosage en période de sécheresse, tonte, taille, récolte). La réserve d'eau constituée augmente le poids de l'ensemble et nécessite une structure renforcée du bâtiment. Ce système est véritablement un jardin suspendu. Il sera réalisé par un professionnel.



Figure 30: toiture intensive
Source : <http://www.zinco.ch>

La végétalisation semi intensive :

Les systèmes de végétalisation semi-intensive, tout en restant modérés en poids, permettent d'agrémenter une toiture-terrasse avec des vivaces d'ornements, du gazon ou des petits buissons. Les terrasses végétalisées offrent de grandes possibilités d'aménagement pour apporter de la vie sur nos toits, la plupart du temps, inertes.²⁴

²² Guyot.A/ : « l'arbre urbain, un composant de confort pour l'architecture et l'espace urbain public » extrait d'intervention du cours in site Internet [EN LIGNE] www.arbreurbain.com

²³ <https://architecteo.com>

²⁴ <https://www.ecovegetal.com>

L'installation d'un tel type de végétalisation est adaptée lorsque l'inclinaison du toit est inférieure à 15°.

- De plus, à la différence d'une toiture végétalisée intensive, vous pouvez installer ce type de végétalisation sur tous les supports de toit : béton, acier ou bois.
- La toiture végétalisée semi-intensive peut donc être installée sur la plupart des toits.²⁵

Ci-joint un tableau comparatif des trois typologies :

- La forme de végétalisation choisie dépendra notamment de l'épaisseur et de la composition du substrat, comme le montre le schéma ci-dessous :

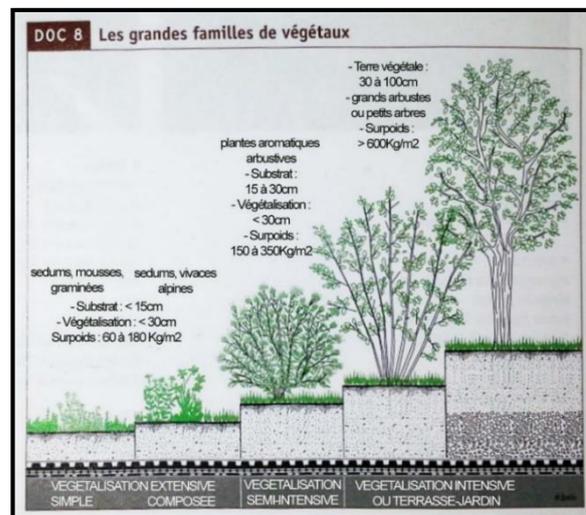


Figure 31: les pentes et les types des végétaux
Source : <http://www.club>

3.1.7.1.1. L'impact des toitures végétalisées

A- l'impact écologique et sanitaire :

Du point de vue des composés chimiques (diminution des concentrations de CO et CO₂, apport d'oxygène, filtration de polluants atmosphériques tels le dioxyde de soufre ou l'oxyde d'azote) mais aussi du point de vue de la fixation des poussières et des pollens. En effet, l'évapotranspiration engendrée par les terrasses plantées élève l'humidité de l'air et favorise donc la formation de rosée, indispensable à la fixation des poussières et des pollens en suspension dans l'air. Les particules de plomb, de carbone, les matières organiques particulières ou de faible densité sont fixées dans le substrat ou nourrissent les bactéries, plantes et insectes qui s'y développent.

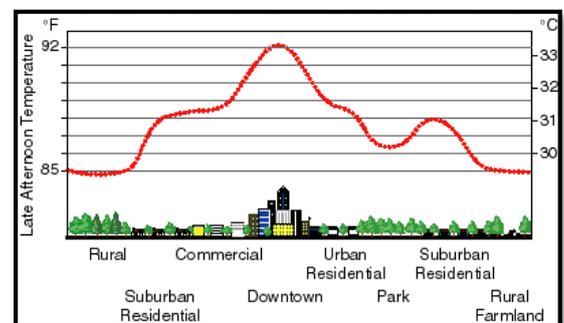


Figure 32: Gradient de température ville/milieu rural
Source : Med Bouattour, Fuchs Alain la végétalisation des bâtiments paris 2009 PDF p 09

²⁵ Med Bouattour, Fuchs Alain, la végétalisation des bâtiments, paris 2009, PDF, p 08

Une atténuation des îlots de chaleur urbains.

En effet, les villes sont toujours plus chaudes que les campagnes adjacentes. Le réchauffement excessif des toitures, du béton, de l'asphalte des rues et de la maçonnerie extérieure des murs réchauffe l'air environnant de plusieurs degrés supplémentaires. La température estivale moyenne dans les villes à augmenter durant les dix dernières années ajoutant encore à l'inconfort et aux malaises dus à la chaleur. Selon une étude du Ministère canadien de l'Environnement⁴, la présence de toitures vertes sur seulement 6 % des toits des villes canadiennes ferait descendre la température d'environ 1,5°C et ferait ainsi économiser près de 5 % des coûts de climatisation dans tous les immeubles climatisés des villes.

- **une augmentation de la superficie d'espaces verts**

Les surfaces habituellement délaissées sont récupérées et un nouvel usage leur est donné. Cet usage peut être récréatif ou constituer uniquement un nouveau support d'accueil de la nature sauvage.

- **une protection de la biodiversité** : Car ces toits offrent des habitats à la flore et à la faune, permettant à, des équilibres de se recréer. Sur les terrasses extensivement Végétalisées, les plantes les plus adaptées sont les plantes de milieux secs et oligotrophes qui sont justement menacées de disparition à cause de l'eutrophisation générale des milieux.

- **une filtration et une épuration biologique des eaux de pluies** par complexation, par exemple, des métaux lourds dans le substrat.

- **Une régulation des débits hydriques** : Absorbent de l'eau et réduisent ainsi les risques d'inondations (qui augmentent en ville puisque les sols sont bétonnés et n'absorbent donc plus les excédents d'eaux pluviales) ; Annuellement, un toit végétal pourrait absorber jusqu'à 50 % de la quantité d'eau tombant sur les toits, permettant ainsi une réduction des coûts de traitement de l'eau de 5 à 10 %.²⁶

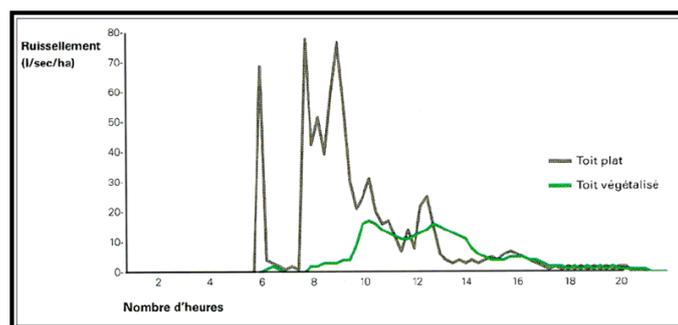


Figure 33: Ruissellement sur un toit plat conventionnel et un toit végétalisé extensif sur une période de 22 heures.

Source : Med Bouattour, Fuchs Alain la végétalisation des bâtiments paris 2009 PDF p 10

B - Impact technique :

²⁶ Med Bouattour, Fuchs Alain la végétalisation des bâtiments paris 2009 PDF p 09

- une protection sur l'étanchéité assurée par le fait que les matériaux imperméabilisants résistent plus longtemps quand ils sont à l'abri des ultraviolets (UV) et du rayonnement thermique solaire.
- Une isolation phonique : la terre végétalisée est un des meilleurs isolants acoustiques, elle absorbe les ondes sonores. Elle permet notamment de diminuer les bruits de l'environnement urbain. Un substrat de 12 cm d'épaisseur peut réduire les bruits aériens de près de 40dB. Un avantage non négligeable dans les secteurs survolés par des avions à basse altitude.

C- Impact sur le confort été/hiver :

- **Une protection contre les chocs thermiques** (pluie froide sur les toitures chaudes) dont bénéficient le bâtiment (réduction des contraintes mécaniques) et ses occupants. Les toitures végétalisées permettent une réduction des variations de température jusqu'à 40 %.
- **une inertie thermique** permettant de réaliser d'importantes économies d'énergie.
- En été, les toitures végétalisées réduisent globalement l'énergie transmise de 70 à 90% par rapport à une toiture nue. Une membrane de toiture exposée au soleil peut atteindre une température de surface de 65 °C, alors que la même membrane recouverte de végétaux demeure à une.
- **D- Impact paysager**

Judicieusement conçues, les toitures végétalisées redonnent aux villes, notamment industrielles, une indéniable valeur esthétique et valorisent l'habitat en offrant une bonne solution pour que le bâtiment s'intègre dans son environnement. En particulier dans les milieux urbains denses, les vues sur les toits terrasses végétalisés sont une plus-value indéniable par rapport aux vues donnant sur les toits minéraux ponctués d'installations techniques inesthétiques.²⁷



Figure 34: toiture végétalisée dans un milieu urbain.
Source : <http://www.cocktail-paysage.com>

E- Impact social

- Les toitures végétalisées contribuent à rendre la ville plus « calme », moins stressante. Les habitants retrouvent une certaine harmonie urbanisme-nature.

Les inconvénients des toitures végétalisées :

Prix : Evidemment, installer une toiture végétalisée a un prix. Et ce dernier peut être élevé. Car outre l'étanchéité de la toiture (indispensable) et l'ajout d'un feutre anti-racines, il faut apporter le substrat dans lequel les plantes vont se développer puis apporter les plantes.

Poids : Car les toitures végétalisées présentent inévitablement un poids important, même quand on choisit des couvertures végétalisées extensives (seulement 30 à 100 kg/m² à saturation d'eau). La structure du toit doit donc être en mesure de supporter de telles charges ou être améliorée en fonction.

Entretien : Selon le type de toit végétal choisi (extensif, semi-intensif, intensif) il peut être nécessaire d'entretenir la couverture végétale, en particulier en cas de fortes chaleurs (ou prévoir des végétaux

²⁷ <https://fr.wikipedia.org>

en mesure de supporter des fortes chaleurs, selon la région dans laquelle vous habitez). L'installation d'un goutte-à-goutte peut être à prévoir, notamment.²⁸

-Mise en œuvre des toitures végétalisées : partant du support de toit, la toiture végétalisée est constituée essentiellement de cinq composantes qui sont résumées dans le Tableau 2 : les Eléments composants des toits verts.

Composants	Fonction et composition
Structure portante	-elle peut- être plate ou inclinée, en béton, en acier ou en bois, à condition qu'elle soit capable de supporter le poids de l'installation prévue.
Membrane d'étanchéité	-doit résister à la compression en fonction de l'installation prévue, contenant des agents anti-racines qui empêchent la pénétration des racines. - Peut être un agent chimique incorporé à la membrane ou un écran physique : élastomérique, PVC, polyoléfine bicouches ou monocouches. -Les membranes multicouches à l'asphalte sont déconseillées pour des raisons de durabilité.
Couche de drainage et de filtration	-Choisie en fonction de la pente de la toiture, elle sert à créer un espace de drainage d'environ 10 mm de hauteur qui dirige l'eau de pluie vers le drain du toit ou vers les gouttières extérieures. Elle peut être en granulats d'argile expansé, cailloux, graviers, plaques de polystyrène alvéolées et nervurées, etc. -La couche filtrante recouverte d'un filtre géotextile retient les fines particules de terre et de végétaux qui risqueraient de colmater la couche drainante et d'un substrat composé de mousse de sphaigne, terreau, terre noire, compost, etc.,
Substrat de croissance	-Supporter la croissance des plantes, il doit être léger et résistant tout en retenant l'eau. -Sa composition et sa profondeur dépendent de la végétation choisie. -Comme matériau, on utilise des minéraux à pores ouverts, à savoir de la pierre volcanique, de l'argile expansée, et parfois des débris de briques
Couche végétale	-Choisie en fonction du climat de la région, de l'ensoleillement, de la pente du toit, etc. -Privilégier des plantes vivaces et indigènes très résistantes aux températures extrêmes et qui s'implanteront rapidement pour couvrir les surfaces de sol afin de réduire son assèchement par le soleil et le vent.

Source : Benhalilou Karim impact de la végétation grimpante sur le confort hygrothermique estival du bâtiment, Mémoire de magister, Constantine ,2008 p85, 86

- En cas de toiture en pente, la toile de jute biodégradable est utilisée comme matière anti-érosion.

²⁸ <https://www.plus-que-pro.fr>

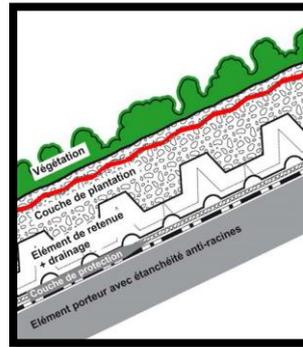


Figure 35: Les différentes couches de toiture végétale inclinée.

Source : Med Bouattour, Fuchs Alain la végétalisation des bâtiments paris 2009 PDF p18

Les plantes à privilégier pour les toits végétalisés peuvent être : Les plantes à privilégier pour les toits végétalisés :

Tableau 3: les différentes plantes pour les toits végétalisés :

les types des plantes	Exemple	Caractéristique	exemple
-Des plantes fleuries	les Origans ; les alliums de petite taille comme la ciboulette, un mélange de fleurs des champs pour créer un pré fleuri ; le gazon d'Espagne ou armérie maritime (<i>Armeria maritima</i>) ; les iris nain comme l'iris	Les Origans sont des vivaces aromatiques à feuillage persistant. Rustique, ils aiment les expositions ensoleillées et plutôt chaudes. offre aussi l'avantage d'être un condiment	 <p>Figure : Marjolaine officinale, Origan des jardins Source:www.aujardin</p>
- Des Couvre-sols et succulentes	les œillets ; les gypsophiles ; les Sedums ; les thyms, etc.	Les plantes succulentes (grasses), et en particulier les sédums, sont beaucoup employés pour les toitures végétalisées, en raison de leur grande résistance à la chaleur, au froid et à la sécheresse. Ils se présentent sous la forme de plantes de taille moyenne ou de petits arbustes.	 <p>Figure : Thym laineux en godet - <i>Thymus pseudo lanugineuses</i> Source : www.promessedefleurs.com</p>

Source : <https://studylibfr.com> ; traiter par l'auteur

l'entretien des toiture végétalisés : Trois phases sont à distinguer : la période de parachèvement, la période de confortement et la période d'entretien courant. Les types d'opérations d'entretien dépendent de la période, de la technique de végétalisation employée et du type de couvert végétal sélectionné. Tableau 4 : les trois périodes d'entretien des toitures végétalisées :(voir annexe 03)

3.1.7.2. Les murs végétalisés

Définition : Un mur végétal est un écosystème vertical conçu comme une œuvre d'art ou un noyau écologique servant à recouvrir les façades. C'est une paroi qui s'élève parallèlement aux murs du bâtiment à protéger. Selon son orientation et sa composition, le mur vert servira à la fois d'écran contre les vents dominants, les intempéries, le bruit, l'ensoleillement mais également la pollution.

La façade végétalisée est une approche complémentaire et innovante de penser l'espace vert en ville.²⁹

Les méthodes de la végétalisation des murs : La végétalisation d'un mur peut se faire en deux méthodes :

La végétalisation "directe" : ne nécessitant aucun support supplémentaire de type câblages ou palissage, elle se fait soit par la mise en place de plantes grimpantes au pied d'un mur / d'une façade / de mobilier, pouvant s'agripper d'elles-mêmes, soit par la plantation directe dans un mur en pierre naturelle (tuf, pierre sèche, etc.) de plantes non grimpantes.

La végétalisation "indirecte" : nécessitant un support (câbles, palissage en bois, caissettes, etc.). La plantation se fera généralement au pied du mur / de la façade avec des plantes qui s'aideront du support pour se développer.

Les différents types de murs végétaux : Ces types sont définis au tableau ci-dessous :

Tableau 04 : présente les types des murs végétaux :

Systèmes	végétalisation sur mesure	végétalisation modulée	végétalisation à planter
Structure	feutre dissocié du bâti, imprégné d'une solution nutritive, puis planté d'espèces adaptées aux conditions climatiques du site	éléments modulaires remplis de substrat et plantés en usine, assemblés sur chantier	structure construite sur mesure en usine, remplie et plantée sur chantier
Poids	30 kg/m ²	45 kg par m ²	variable suivant épaisseur
Consommation d'eau	non connue	2 m ³ par m ² par an	0,2 m ³ par m ² par an
Substrat ou support	feutre synthétique micro-percé	sphaigne ou laine de roche	mélange de tourbe, perlite, fibre de coco, pouzzolane
Épaisseur complexe		10 à 15 cm (y compris lame d'air 2 cm)	variable, optimum à 20 cm
Entretien	2 tailles par an ; vérification des goutteurs et du minuteur, inspection du tissu de support, apport d'engrais régulier	2 visites techniques de contrôle et d'entretien par an : désherbage non chimique, taille ; alarme téléphonique pour défaut d'irrigation	2 visites techniques de contrôle et d'entretien par an : désherbage non chimique, taille ; alarme téléphonique pour défaut d'irrigation

Source : www.biodiversiteetbati.fr PDF p1

²⁹ <https://www.ekopedia.fr>

Les composantes des murs végétalisés

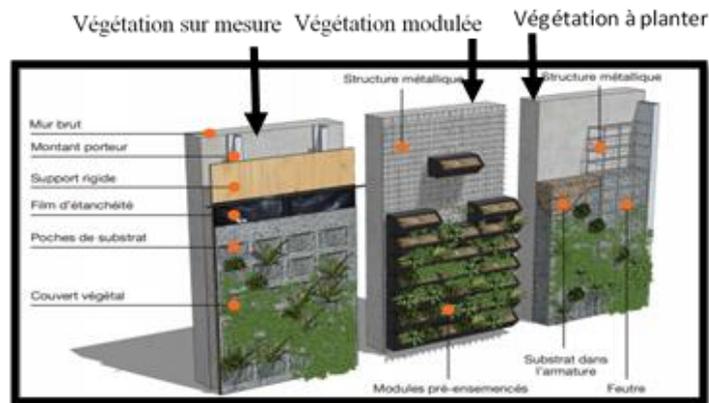


Figure 36: les composantes des trois types des parois végétaux
Source : Murs et façades végétalisés. Biodiversité & bâti. Guide technique

Les catégories des Façades végétales :

Les façades végétalisées sont construites à partir de plantes grimpantes qui peuvent se diviser en trois catégories :

- les plantes ligneuses : qui se soutiennent elles-mêmes en se palissant contre un mur comme par exemple les rosiers grimpants.
- les plantes grimpantes : qui ont besoin d'un support tel que les arbrisseaux à tiges flexibles.
- les plantes grimpantes : qui ont leurs propres systèmes de fixation.

Les structures de soutien des plantes grimpantes peuvent être constituées de bois, de câbles et de fils de fer, de plastique, de fibres de verre ou encore de cordes et forment des systèmes de fixation et de portance multiples, afin d'obtenir une bonne répartition du poids des plantes.³⁰

3.1.7.2.1. L'impact des façades végétalisées

Impact économique

- Isolation acoustique : la sphaigne absorbe jusqu'à 18 décibels des bruits de la rue.
- Effet isolant de la végétation : L'évaporation de la végétation naturelle assure un refroidissement du mur végétal (qui peut aller de -7°C à -15°C). En outre, les plantes protègent contre les rayons de soleil.
- La couche d'air derrière les panneaux permet également un refroidissement supplémentaire.
- Le feuillage de la végétation ralentit la vitesse du vent le long du mur. Et la formation d'ombre entraîne une diminution des variations de température du mur extérieur.
- La façade est protégée des effets de la pluie et du soleil.³¹

³⁰ Stéphanie Besse, Murs et façades végétalisés. Biodiversité & bâti. Guide technique.

³¹ <https://www.deboer.be>

Diminue la température environnante

Les plantes du mur végétal absorbent la lumière solaire. Celle-ci est absorbée à 50 % et réfléchi à 30 %. Un climat plus frais et plus agréable est ainsi créé. Pour le climat intérieur, cela signifie que la climatisation doit fonctionner 33 % moins fort, ce qui entraîne une économie d'énergie. Un mur végétal extérieur a également un effet positif supplémentaire sur l'îlot de chaleur urbain dans la ville. Un abaissement de température de 3 °C peut ainsi être réalisé dans la ville.

Prolonge la durée de vie de la façade

Un mur végétal extérieur offre une protection contre les conditions météorologiques, telles que soleil, pluie, vent et température et prolonge la durée de vie de votre façade.³²

Ecologique

- La surface des feuilles assimile les particules fines.
- La photosynthèse des plantes réduit le taux de CO₂.
- L'évaporation des plantes augmente l'humidité de l'air.
- Le climat des villes densément construites y gagne en qualité de vie et de travail. L'image du quartier ou de la ville même s'améliore. A cela s'ajoute une biodiversité accrue car les insectes seront attirés par les fleurs et les oiseaux y bâtiront leur nid.

Principe du mur végétal « Patrick Blanc »

-Il s'agit du système inventé par le précurseur du mur végétal, à savoir : Patrick Blanc (chercheur botaniste au CNRS de Versailles).

-Système hydroponique par excellence.

-Les végétaux sont insérés entre deux couches de feutre imputrescible non tissé, appelé aqua nappe ou hortinappe. Ce feutre est irrigué régulièrement par une solution nutritive (eau + sels nutritifs) qui retombe par gravité et capillarité dans un bac de stockage/récupération.

Cette solution est de nouveau pompée via une pompe et des tuyaux vers la partie haute des couches de feutre, coule le long et dans le bac... c'est un arrosage en circuit fermé (le circuit ouvert est possible dans certains cas).

Tout le système d'arrosage (tuyau, goutteurs, raccords)

Peut-être caché sous la première couche de feutre.

Le feutre joue le rôle de substrat. Les racines se divisent, s'ancrent, puisent l'eau et les sels nutritifs dans les couches de feutre.

Les couches de feutres sont agrafées (agrafes inox) directement sur une plaque de PVC expansé (rigide, étanche) ou encore sur un panneau de bois étanché par une couche d'EPDM.

Les panneaux sont fixés au mur via des tasseaux en bois ou des profilés métalliques.



Figure 37: le mure végétale de Patrick blanc
Source : <http://www.murmurevegetal.com>

³² <https://www.sempergreen.com>



Figure 38: schéma explicatif de la technique de Patrick Blanc
Source : <http://www.murmurevegetal.com>

- En extérieur, dans le cas où il ne peut y avoir de bac de stockage (donc en circuit ouvert), ce système de mur végétal n'est pas conseillé car non économique, ni écologique.
 - En effet, le volume d'eau perdu engendré par les arrosages fréquents du mur végétal est important.
 - Ce système de mur végétal est déconseillé dans les régions où les températures hivernales sont dures puisque le feutre isole et protège peu les racines.
- Système de mur végétal vivement déconseillé pour les personnes non assidues.³³

Avantage :

- léger
- facile à mettre en œuvre, auto-construction possible
- prix abordable quand les produits sont achetés aux bons endroits.

Inconvénients :

- l'entretenir demande un minimum d'assiduité et de rigueur
- faible rétention d'eau, demande beaucoup de cycle d'arrosage quotidien
- très sensible au stress hydrique (mortalité des végétaux en peu de temps), le feutre sèche vite même quand celui est épais.

4. Les plantes grimpantes : Une plante grimpante est une plante capable de s'élever verticalement en s'appuyant, en s'accrochant ou en s'enroulant sur ou autour d'un support vertical. Les plantes grimpantes doivent être choisies selon : le taux de croissance, la taille des feuilles, la hauteur, le type de sol, les conditions de croissance, etc. elles se trouvent sous trois formes : Tapissage d'une paroi minérale verticale, grimpantes sur des pergolas ou des treilles et comme couverture au sol et il en existe plusieurs types : Tableau 05: les différents types des plantes grimpantes.

Type de plante	Caractéristique	photo
Grimpantes à ventouses	N'ont pas besoin de support, elles adhèrent aux surfaces lisses grâce à une substance adhésive sécrétée par de petits tentacules aux bouts arrondis.	

³³ <http://www.murmurevegetal.com>

Grimpantes à tiges volubiles	tels que le bourreau des arbres (celastrus orbiculatus), la glycine, Aristoloche siphon, Bignone à grandes fleurs, Jasmin de virginie, Vigne, Vigne vierge à 5 feuilles, Volubilis. Leurs tiges s'enroulent autour d'un support vertical.	
Grimpantes à pétioles volubiles	Le pétiole de leurs feuilles s'enroule autour d'un treillis ou d'un support en forme de filet.	
Grimpantes à vrilles	dont les tiges s'accrochent à un support au moyen de vrilles tels que les clématites, les rosiers, la vigne vierge vraie ou la vigne (vitisvinifera)	
Grimpantes à palisser	à l'état libre, sans support, elles se développent en de larges buissons, alors que sur un espalier elles peuvent se déployer et pousser en hauteur tels que : les rosiers et les jasmins d'hiver	

Source : Anne-Marie Bernier Les plantes grimpantes : une solution rafraîchissante Bibliothèque de Saint-Léonard Mardi 13 septembre 2016 ; traiter par auteur

5. Les plantes choisissent pour les bureaux : Avant tout autre chose, il faut penser à l'entretien des plantes qui orneront vos espaces de travail. Qui sera la personne en charge de vos plantes ? Aura-t-elle le temps de s'en charger ? Aura-t-elle la main verte ? Donc, il est préférable de sélectionner des plantes qui ne demandent pas un gros entretien. En effet, lors des congés, des longs week-ends vos plantes seront livrées à elles-mêmes. Des plantes grasses ou très robustes seront donc idéales pour des espaces de travail.



Figure 39: des plantes pour bureaux
Source : <http://blog.kollori.com>

5.1. Quelques exemples de plantes pour les bureaux :

Des cactus ou des plantes grasses pourront-être placées sur les postes de travail des salariés. Elles sont très résistantes et ne demandent que peu d'entretien ; cependant, elles apportent une bouffée d'oxygène et de verdure dans un bureau. Pour une entrée, privilégiez également une plante robuste comme un beau ficus d'une belle ampleur. Installé près de la banque d'accueil, cela fera du plus bel effet. Si vous possédez une terrasse un patio ou une cour, vous pouvez également choisir d'installer un arbuste de taille imposante comme un palmier par exemple. Les temps de pause seront ainsi très appréciés.



Figure 40: Des plantes cactus
Source : www.turbosquid.com

-Un open space au naturel : Le bambou est également une plante parfaite pour les open spaces. Elle permet de séparer certains espaces quand elle est assez grande, tout en laissant passer de la lumière.³⁴



Figure 41: un espace de travail open space
Source : <http://blog.kollori.com>

-Des balconnières plus grandes peuvent également faire effet dans votre open space pour servir de cloisonnement informel.



Figure 42: Des balconnières
Source : <http://blog.kollori.com>

-Un palmier dans votre cour intérieure ou sous votre verrière

Le palmier est la plante tendance du moment. On peut l'installer à l'entrée de ses bureaux, sous une grande verrière ou bien encore dans une cour intérieure. Il permettra de donner une ambiance estivale à ces lieux et apportera de l'exotisme dans vos bureaux.



Figure 43: des palmiers d'intérieur entre 150 et 350 cm
Source : <http://blog.kollori.com>

-Des salles de réunion décorées avec des tableaux végétaux

Les salles de réunion sont souvent tristes et ternes. Sur notre blog, nous vous avons donné des dizaines de solutions pour lutter contre cette ambiance morose mais nous ne vous avons pas encore parlé des tableaux végétaux.

Conçus à partir de lichen naturel stabilisé, ces tableaux n'ont pas besoin d'entretien, ni de lumière et encore moins d'eau pour rester beaux. En plus, il en existe de plusieurs couleurs (vert citron, vert naturel, rose, rouge). Pratique pour accorder le tableau avec l'ambiance de vos locaux.



Figure 44: mur végétale dans les salles de réunions
Source : <http://blog.kollori.com>

-Des plantes dans vos espaces de création

-Les plantes en pot seront un excellent moyen de créer un cadre plus informel, plus créatif, stimulant et innovant pour une séance de brainstorming.

-Différentes études montrent en effet que la nature nous apporterait plus de créativité et de concentration.



Figure 46: les végétations dans l'espace de création
Source : <http://blog.kollori.com>



Figure 45: un espace de travail open space
Source : <http://blog.kollori.com>

³⁴ <https://groupe-global.fr>

5.2. L'impact de plantation à l'intérieur

Réduction de bruit

Les plantes peuvent être utilisées pour réduire les niveaux de bruit dans un bureau. Selon les plantes vertes dans les Green immeubles, si les plantes sont placées stratégiquement, elles peuvent aider à calmer le bureau. Une petite haie intérieure placée autour d'un espace de travail réduira le bruit de 5 décibels (Jacobs, 2008b). En plus de réduire les niveaux de bruit, il y a plus d'avantages à ajouter des plantes vertes sur les lieux de travail.

Augmentation de la productivité

La présence de plantes dans le bureau est non seulement esthétique, mais contribue également à augmenter la productivité des travailleurs, à réduire le stress et à améliorer la qualité de l'air. Selon une étude de l'Université Texas A&M et de l'Université de Surrey, les participants ont également déclaré se sentir plus attentifs lorsque des plantes étaient présentes.

Améliorer la qualité de l'environnement intérieur

Les plantes peuvent également améliorer la qualité de l'environnement intérieur. Des recherches du Laboratoire environnemental du Centre spatial John C. Stennis au Mississippi ont montré que les pièces avec des plantes contiennent 50% à 60% moins de moisissures et de bactéries en suspension dans l'air que les pièces sans plantes (Wolf, 2002). Les plans nettoient l'air du bureau en absorbant les polluants dans leurs feuilles et en transmettant la toxine à leurs racines, où ils sont transformés en nourriture pour la plante. Avec un air plus propre, les occupants des immeubles de bureaux sont moins susceptibles d'être malades, augmentant ainsi la productivité et diminuant l'absentéisme. Dans les bâtiments où le syndrome des bâtiments malsains est courant, les employés devraient chacun avoir une usine à moins de 6 à 8 pieds cubes de l'endroit où ils passent la majeure partie de la journée (Jacobs, 2008b).³⁵

³⁵ Shah Rina Afrin, Master's Thesis on Green Skyscraper: Integration of Plants into Skyscrapers, Stockholm 2009 p 61-63

Conclusion

L'intégration de plantes vertes dans les gratte-ciel offre certaines possibilités de conception. Il y a deux options pour construire pour le rendre vert. Les plantes peuvent être intégrées à l'extérieur et à l'intérieur. Pour l'extérieur, cela peut être fait sur les toits, les murs verticaux extérieurs et pour l'intérieur, ce peut être un mur vivant ou des plantes en pot placées dans des atriums, des pièces intérieures pour agir comme une poche de patch vert dans ces villes verticales.

Les gens ont besoin de la nature pour se régénérer. Les humains ne peuvent vivre sur cette terre qu'à travers les plantes et la végétation en premier lieu, et ils peuvent apprendre beaucoup de la nature et de ses cycles (Schempp, D., 2009). Le concept de «plantation» nécessite une planification intégrale et interdisciplinaire. Même lors de la détermination des bases et de la planification préliminaire, il est nécessaire que les ingénieurs spécialisés participent et apportent leurs connaissances. La plantation extérieure et intérieure nécessite une planification intégrale et une symbiose entre la nature et la technologie. Ce concept est durable, écologique et avec une planification correcte, il en résulte une acceptation élevée et une qualité à la fois extérieure et intérieure. Le concept protège notre environnement. Economiquement, l'architecture verte est rentable et tournée vers l'avenir avec une acceptation croissante et une commercialisation croissante et, bien sûr, elle est magnifique.

*Chapitre I : Approche
théorique*

**Partie n°02 : Les Tours
multifonctionnels**

6. La notion de tour

6.1 Introduction

Jusqu'au 19^{ème} siècle, les bâtiments de plus de six étages étaient rares. Il était inconcevable de monter quotidiennement autant d'étages en escalier. En outre, la pression de l'eau courante n'était pas suffisante pour s'élever à plus de 15m. Le développement de l'acier, du béton armé, des pompes à eau et l'apparition de l'ascenseur ont par la suite rendu possible la construction de bâtiments bien plus hauts, pouvant dépasser les 300 mètres.

Les tours sont apparues pour la première fois dans les régions de New York et de Chicago vers la fin du 19^{ème} siècle. Le grand incendie de Chicago, qui détruisit une grande partie du centre-ville, a permis l'essor de cette nouvelle approche architecturale permettant de faire face au prix élevé du terrain. A ce moment les tours étaient uniquement fonctionnelles, l'aspect extérieur passant au second plan.³⁶

6.2 Définition des tours

Dans le droit français, un immeuble de grande hauteur (abrégié IGH), appelé dans le langage commun tour ou gratte-ciel, est une construction relevant, du fait de sa hauteur particulière, de procédures spécifiques dans le domaine de la prévention et de la lutte contre l'incendie.³⁷

6.3 Aperçu Historique

Avec le temps, les besoins, les désirs et les exigences des humains ont évolué, tout comme les espaces dans lesquels nous élevons nos enfants, interagissons les uns avec les autres et développons nos moyens de subsistance. Qu'il s'agisse de grottes ou de maisons en pierre, de cabanes en bois, de bâtisses de brique et de mortier, de maisons entièrement vitrées, en béton ou en stuc, les matériaux utilisés pour assembler ces structures évoquaient chacun leur époque respective. Concernant les époques, un autre point important à noter est le design, en particulier dans le contexte de la forme par rapport à la fonction.³⁸

Autrefois, les bâtiments tels que les églises, les palais et les temples dominaient l'école de pensée de la plupart des architectes et des designers. Les bâtiments devaient être impressionnants, imposants, voire prédominants si possible, afin d'inspirer la joie, le respect ou même la peur. En outre, la planification traditionnelle s'est faite principalement sur le plan horizontal, dans le but de couvrir autant d'espace que possible. À l'époque, c'était un raisonnement convenable, car nous n'étions pas encore 7 milliards d'habitants sur la planète.



Figure47 : Ribe au Danemark : première ville de Scandinavie et au centre du début de l'âge viking
Source : www.everbim.com

³⁶<http://blog.ac-versailles.fr>

³⁷ <https://fr.wikipedia.org>

³⁸ www.everbim.com

- **Les premiers gratte-ciel** : Les hommes construisent des édifices de grande hauteur depuis l'Antiquité, comme en témoignent les pyramides égyptiennes, le phare d'Alexandrie ou les grandes cathédrales du Moyen Age.

Pourtant, jusqu'à la fin du XIXe siècle, les immeubles d'habitation dépassaient rarement six étages. C'est l'apparition de nouveaux matériaux comme l'acier et le Béton armé et de nouvelles technologies comme l'ascenseur qui ont rendu possible la construction de bâtiments beaucoup plus hauts.

Les premiers gratte-ciel ont vu le jour à Chicago aux Etats-Unis vers la fin du XIXe siècle. Suite au gigantesque incendie qui avait dévasté la ville en 1881, l'ingénieur et architecte William Le Baron Jenney a eu l'idée de construire un immeuble de 10 étages avec une ossature en acier. Cette nouvelle technique de construction en hauteur permettait de réduire les coûts liés à l'augmentation du prix des terrains.



Figure 48 : Le Home Insurance Building à Chicago
Source : <https://fr.wikipedia.org>

-Une course vers les hauteurs

Il s'ensuivit un grand mouvement de construction de gratte-ciel à New York dès la fin du XIXe siècle et le début du XXe siècle.

A cette période, une vraie course au plus haut building s'engage avec la construction du New York World Building (94 mètres), suivi du Manhattan Life Insurance Building (106 mètres) en 1894, et de la Metropolitan Life Tower qui franchit la barre symbolique des 200 mètres en 1909.



Figure 49 : Le World Building en 1906 (à gauche)
Source : <https://fr.wikipedia.org>

En 1931, le désormais mythique Empire State Building atteint 381 mètres. En 1973, le World Trade Center devient le plus haut gratte-ciel du monde avec 417 mètres, mais il est dépassé en 1974 par la Sears Tower de Chicago (442,3 mètres).



Figure 50 : Le Manhattan Life Insurance Building
Source : <https://fr.wikipedia.org>

Jusque dans les années 1980, les plus hauts immeubles du monde se trouvaient en majorité aux Etats-Unis. Si Chicago et New York sont aujourd'hui encore les deux villes où la densité de gratte-ciel est la plus élevée, des constructions ont fleuri de manière spectaculaire dans les années 1990 et 2000 en Asie (Taipei 101 à Taiwan, Shanghai World Financial Center) et au Moyen Orient. A ce jour, la plus haute tour du monde est la Burdj Dubaï dont la hauteur totale atteint **818 mètres** au 2^e sommet de l'antenne.³⁹



Figure 52 : Taipei 101 à Taiwan
Source : <https://www.azobuild.com>



Figure 51 : le World Trade Center
Source : <http://missvontrash.blogspot.com>

³⁹ <https://www.gralon.net>

6.4. Gratte-ciel vert et ses caractéristiques

Green Skyscraper fait référence à la fois à la pratique et au produit de la création d'immeubles de grande hauteur qui sont meilleurs pour notre santé, notre environnement et notre économie. Il sera respectueux de l'environnement et économe en ressources tout au long de son cycle de vie, ainsi qu'un bâtiment durable et efficace pour l'économie, l'utilité, la durabilité et le confort (EPA). Les définitions des gratte-ciel verts varient, mais le mouvement vert a trois objectifs principaux (Rachael, 2005) :

- Assurer un environnement intérieur sain et productif afin que les occupants puissent travailler et vivre.
- Prévenir les impacts négatifs sur notre environnement et améliorer sa santé.
- Réduire les coûts d'exploitation et augmenter la rentabilité des propriétaires d'immeubles grâce à la conservation de l'énergie et des ressources.

6.5. Caractéristique de la construction écologique

Grâce à une approche de conception intégrée qui tient compte de l'emplacement et de l'orientation du bâtiment, de la préparation du site, de l'efficacité énergétique et énergétique, de la sélection des matériaux et de la qualité de l'environnement intérieur, les bâtiments écologiques feront partie de la construction de communautés saines et durables pour notre avenir (Rachael, 2005).

Les caractéristiques des bâtiments écologiques comprennent :

- Emplacement à proximité des services existants.
- Éclairage naturel et énergie solaire.
- Excellente qualité de l'air intérieur.
- Matériaux de construction à contenu réduit ou recyclé.
- Toit et mur végétalisés (végétation, intérieur et extérieur).

Outre le «mouvement vert», une autre typologie de la pratique du vert dans les gratte-ciel est introduite par l'architecte Ken Yeang, où la prise en compte du climat et de l'écologie du site est le principal objectif de la conception d'un «gratte-ciel vert» également connu sous le nom de «gratte-ciel bioclimatique».⁴⁰



Figure 53 : La tour des Cèdres en Suisse
Source : <https://bfmbusiness.bfmtv.com>



Figure 54 : L'Oasis Hôtel Downtown Source : <https://www.konbini.com>



Figure 55 : L'Oasia Hotel Downtown
Source : <https://moresports.network>

⁴⁰ Shahrina Afrin, Green Skyscraper: Integration of Plants into Skyscrapers, Master's Thesis ,Stockholm ,2009,p2

6.6 Différences entre un gratte-ciel et un gratte-ciel vert

Le gratte-ciel conventionnel est la pile de surfaces au sol autour ou avec une zone centrale, jalonnée de manière homogène et verticale, les uns sur les autres, entourée d'une façade en verre, cherchant à optimiser l'efficacité nette à brute (Yeang, 1994). Ils consomment généralement beaucoup d'énergie, polluent et produisent des déchets dans les grands immeubles. De par leur invention même, bien que construits en béton ou en acier, la conception de ces grands bâtiments reste la même, bien que la technologie et l'ingénierie soient devenues beaucoup mieux et beaucoup plus sophistiquée.

D'autre part, le gratte-ciel vert consiste à créer des structures et à utiliser des processus respectueux de l'environnement et économes en ressources tout au long du cycle de vie du bâtiment, de l'assise à la conception, la construction, l'exploitation, l'entretien, la rénovation et la déconstruction. Ce sont des bâtiments durables et performants.



Figure 57 : The Gherkin Tower
Source : <https://fr.depositphotos.com>



Figure 56 : Tour écologique EDITT de Singapour
Source : <https://inhabitat.com>

6.7. Les Conditions principale à la construction du projet de gratte-ciel

6.7.1 Les forces s'exerçant sur les gratte-ciel

6.7.1.1 Les vents

La force exercée par le vent sur le gratte-ciel est le principal enjeu des architectes. En effet ou que se situe la construction, il y a toujours du vent qui vient l'ébranler.

Pour contrer cette inévitable action diverses techniques pour tenter d'amoinrir les effets du vent ont vu le jour.⁴¹

A- le damper : Pour limiter au maximum les oscillations dues aux vents violents, les gratte-ciels possèdent des « damper » situés le plus souvent aux derniers étages de ces derniers. Ce sont d'importantes masses situées au sommet des gratte-ciels qui ont pour mission de lutter contre les oscillations provoqués aussi bien par le vent que par les séismes. Leur principe est simple : les masses se déplacent mécaniquement et jouent un rôle de contrepoids afin de stabiliser l'édifice. Ainsi elles se déplacent à la même fréquence que la tour avec un certain temps de retard, contribuant alors à la stabilisation du bâtiment.⁴²

⁴¹ <http://takemehigher.over-blog.net>

⁴² <https://tpeconstructiontour.wordpress.com>

– **Un dampé agissant mécaniquement** : il s'agit d'une énorme boule d'une masse importante, le plus souvent attachée au bout d'un câble. Lorsque la tour s'incline, le damper se balance avec un temps de retard par rapport à l'oscillation de la tour et retient ainsi cette dernière, lui permettant de garder une certaine stabilité.

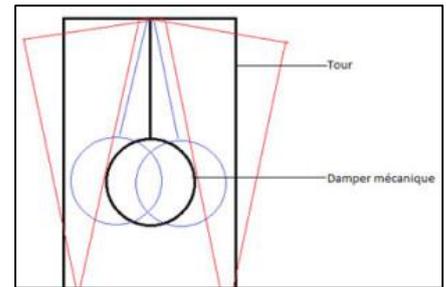


Figure 58 : Un dampé agissant mécaniquement
Source : <https://tpeconstructiontour.wordpress.com>

– **Un dampé agissant par l'intermédiaire de capteurs de mouvements** : les mouvements sont captés par un détecteur, transmis à un ordinateur qui transmet les données à un moteur. Ce moteur actionne un vérin qui déplace une importante masse de béton dans le sens inverse de l'oscillation.

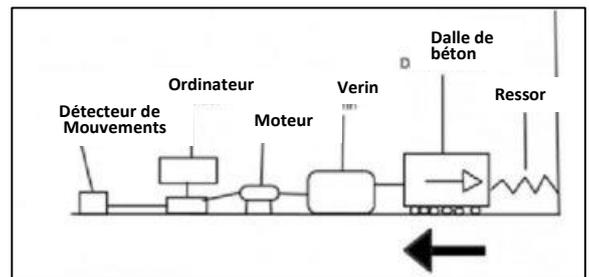


Figure 59 : Un dampé agissant par l'intermédiaire de capteurs de mouvements
Source : <https://tpeconstructiontour.wordpress.com>

Les masses des dalles de béton varient en fonction des besoins de la tour. Le damper le plus impressionnant se situe sur la Taipei 101 à Taiwan, il pèse 660 tonnes. Il est constitué d'une masse ronde contrôlée par un ordinateur relié à des détecteurs de mouvements.



Figure 60 : le damper de la tour Taipei 101 à Taiwan
Source : <https://tpeconstructiontour.wordpress.com>

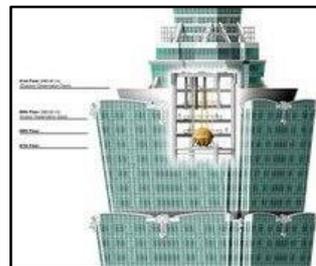


Figure 61 : la tour Taipei 101 à Taiwan
Source : <https://tpeconstructiontour.wordpress.com>

– **Un damper hydraulique** : les tours qui en sont équipées possèdent alors deux énormes réservoirs d'eau situés de chaque côté. Grâce à un détecteur de mouvements, un transfert d'eau va se faire d'un réservoir à l'autre afin de diminuer les oscillations. Cette technique est récente et très efficace car un déplacement d'eau est très rapide, de plus ces réservoirs d'eau peuvent être utilisés en cas d'incendie.

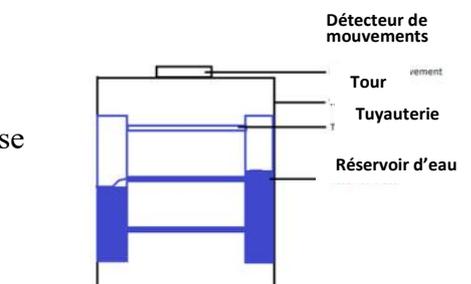


Figure 62 : Un damper hydraulique
Source : <https://tpeconstructiontour.wordpress.com>

Seules certaines tours sont équipées de damper : celles soumises à des vents violents ou se situant dans des zones sismiques.

B- la forme du gratte-ciel : Elle peut réduire considérablement la contrainte de traînée face aux vents, réduisant ainsi la force de pression du vent sur la tour. C'est l'aérodynamisme de l'édifice qui fait varier ce coefficient. En effet ce coefficient va par exemple être très faible pour une aile d'avion (0,005 à 0,010) et va être nettement plus grand pour une planche posée à la verticale (aux alentours de 1). Ainsi, certains nouveaux gratte-ciel ont une forme « aérodynamique » préférée à une forme classique (parallélépipède rectangle) possédant un fort coefficient de traînée. Par exemple, le Swiss Re Building de Londres possède une forme d'ogive



Figure 63 : le Swiss Re Building de Londres
Source : <http://tpeconstructiontour.wordpress.com>

C- la surface de la base : D'autre part, la taille de sa base et la différence de surface entre la base et le sommet jouent un rôle sur l'oscillation de la tour. En effet une tour de forme pyramidale ne connaîtra presque aucune oscillation car les forces agissant sur la tour sont concentrées sur la base. Le poids de la structure est réparti sur l'ensemble des fondations et le vent n'a presque aucun effet car le coefficient de traînée de l'immeuble est faible à cause de l'inclinaison (le vent peut passer le long de l'édifice et être éjecté par le dessus facilement). La base étant grande, l'immeuble possédant des fondations solides, la force du vent est alors diminuée par la répartition des forces agissant sur le solide.

L'hôtel Ryugyong, en Corée du nord, possède une base triangulaire et la surface d'un étage de la tour diminue au fur et à mesure que l'on monte.



Figure 64 : L'hôtel Ryugyong Source : <http://tpeconstructiontour.wordpress.com>

D- augmenter la raideur de la tour : Pour augmenter la raideur de la tour, l'idée est d'assembler plusieurs tours entre elles pour éviter que la tour cède face aux vents.

Ainsi, la Sears Tower est construite de sorte qu'elle se compose de plusieurs tours (le tout d'un seul bloc), la partie de la tour la plus haute étant située au milieu des autres tours plus petites, diminuant ainsi l'oscillation. Cette tour peut subir une oscillation allant jusqu'à 60cm.



Figure 65 : la Sears Tower
Source: <https://tpeconstructiontour.wordpress.com>

6.7.1.2 Les systèmes parasismiques

A) L'isolation sismique : Cette technique consiste à placer, en sous-sol ou à des étages peu élevés de la tour. Un système isolant la structure située au-dessous du sol. Les deux parties restent solidaires l'une de l'autre mais elle du dessus est placée sur des vérins à airs comprimés disposés en triangle pour amortir les mouvements dans les trois dimensions. L'air étant compressible, il se comprime

dans le sens du mouvement et se détend dans le sens inverse du mouvement : les ondes sismiques sont ainsi considérablement réduits.⁴³

B) Par mouvement de masse : Certains gratte-ciels ont été conçus pour résister aux séismes grâce à une masse uniforme circulaire placée au sommet de l'édifice. Elle se déplace dans le sens inverse du mouvement de la tour. Le poids se place à l'inverse de la position de la tour, là remettant dans sa position initiale. C'est le cas de Taipei en Chine.

6.7.1.3 Les protections anti-incendie

1. Pour éviter la propagation d'un incendie extérieur à un immeuble de grande hauteur, celui-ci doit en principe et selon les règlements - être isolé par un volume de protection.

2. Pour permettre de vaincre le feu avant qu'il n'ait atteint une dangereuse extension l'immeuble doit être divisé en compartiments dont les parois ne doivent pas permettre le passage du feu de l'un à l'autre en moins de deux heures.

- Les étages du bas de l'immeuble doivent rester accessibles de l'extérieur, et pour les étages se trouvant à plus de 50m du sol un système de colonnes humides doit être mis en place.
- Les fumées toxiques, qui représentent la majorité des décès dans un bâtiment en feu, doivent entrer le moins possible en contact avec les personnes. Des systèmes d'évacuation des fumées sont donc installés, surtout au niveau des cages d'escaliers. Des zones refuges sont de plus mises en place pour protéger localement les personnes ne pouvant pas être évacuées.
- L'un des plus efficaces matériaux résistant au feu est l'acier : il ne brûle pas et garde ses propriétés porteuses jusqu'à une température de 600 à 800°C. De plus, une fois la température critique atteinte il ne se casse pas mais se déforme lentement, et les dégâts causés par le feu sur des structures métalliques ne sont pas trop difficiles à réparer.
- Des protections supplémentaires contre le feu existent, comme par exemple la peinture intumescente qui constitue un film de protection de 0.5 à 3mm d'épaisseur et se dilate sous l'effet de la chaleur jusqu'à une épaisseur de 1cm, protégeant ainsi la surface qu'elle recouvre pendant 3 heures.

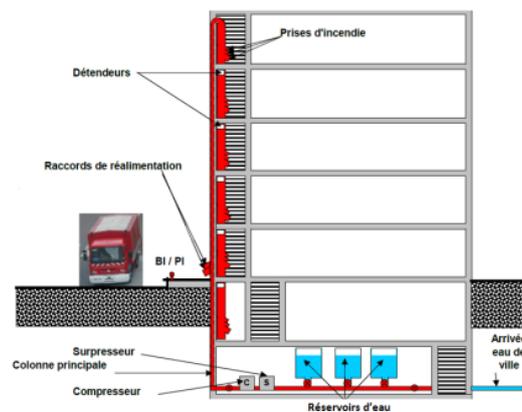


Figure 66 : schéma présente les techniques contre l'incendie

Source : <https://tpeconstructiontour.wordpress.com>

⁴³ <http://colbertserv.lyceecolbert-tg.org>

6.7.1.4. Les systèmes de circulation dans les tours

-Les éléments de la circulation verticale

- Rampe
- Escalier
- Ascenseur
- Escalateur

- **Les services** : est défini comme la partie d'un bâtiment qui comprend l'ascenseur de service, l'escalier de secours, les toilettes et le conduit de colonne montante.

-**Circulation vertical** : La planification des circulations verticales d'une tour a en finalité deux objectifs majeurs ; optimiser le temps de voyage («objectif de 15% des usagers transportés en moins de 5 minutes»⁵⁶) et limiter la surface prise par les ascenseurs.

-**L'Escalier** : Les escaliers doivent être confortables et faciles à utiliser pour tout le monde.

- Ils doivent être clairement visibles et faciles à identifier.
- Largeur d'un escalier (minimum 90 cm en usage résidentiel).
- Durée du vol (maximum 12 étapes).
- Pas d'escalier (ne doit pas dépasser 40 degrés et doit pas plus plat que 25 degrés).
- Dégagement à la tête (ne doit pas être inférieur à 2,14 m).
- Matériaux.
- Balustrade pour assurer la sécurité.
- Palier (ne doit pas être inférieur à la largeur de l'escalier).
- Proportion de pas.

- **Ascenseur** : est un type de vertical transport qui déplace des personnes ou des marchandises entre les étages d'un bâtiment, bateau ou autre structure. Les ascenseurs sont généralement alimentés par des moteurs électriques qui soient entraînent des câbles de traction et les systèmes de contrepoids comme un appareil de levage , ou d'une pompe de fluide hydraulique pour soulever un piston cylindrique comme un vérin .

-**Ascenseurs passagers** : Conçu pour transporter des personnes entre les étages du bâtiment. Leur capacité est déterminée par la nécessité du bâtiment spécifique et peut varier entre 5 et 25 personnes.

-**Ascenseurs express** : Ils ne desservent pas tous les étages, mais uniquement certaines parties du bâtiment. Plus particulièrement les passagers du f du lobby bâtiment au dernier étage / sky lobby.

-Zone de Sky Lobby : est un étage d'échange intermédiaire où les gens peuvent passer d'un ascenseur express qui ne s'arrête qu'au sky lobby à un ascenseur local qui s'arrête à chaque étage d'un segment du bâtiment.

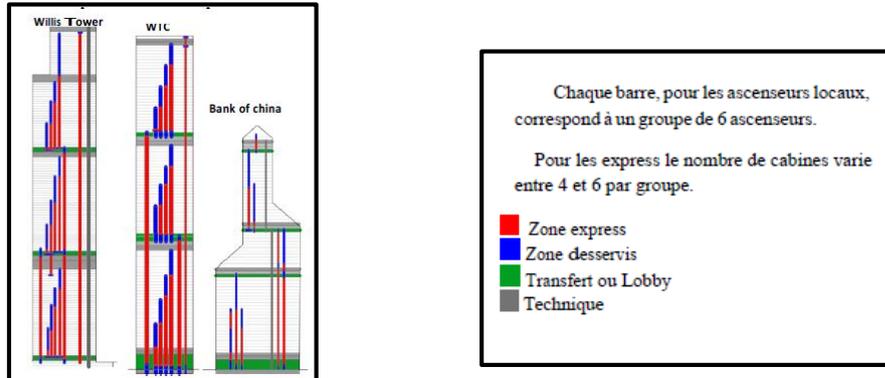


Figure 67 : Plan de réseau de transport vertical dans 3 bâtiments distingué
Source : Enonce théorique de master - EPFL - ENAC - SAR - 2011 / 2012 Marcello Monti page 116

- Escalators : Les escaliers mécaniques, ou escaliers électriques, sont utilisés lorsqu'il est nécessaire de déplacer un grand nombre de personnes d'un étage à l'autre. Ils assurent le mouvement continu des personnes et peuvent ainsi remédier aux conditions de circulation qui ne sont pas facilement adressées par les ascenseurs. Les escalators doivent être considérés comme des systèmes de transport privilégiés chaque fois que des volumes de trafic importants sont attendus entre relativement peu d'étages.⁴⁴

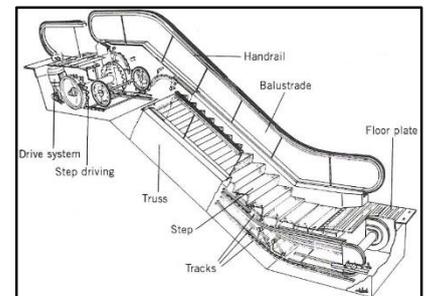


Figure 68 : Escalator source : <http://www.cnescalatorparts.com>

6.7.1.5. Types de ventilation :

A. Ventilation naturelle : se produit lorsque l'air d'un espace est remplacé par de l'air extérieur sans utiliser de systèmes mécaniques, comme un ventilateur. Le plus souvent, la ventilation naturelle est assurée par des fenêtres ouvrantes. Les fenêtres ou les événements ouverts ne sont pas un bon choix pour ventiler un sous-sol ou une autre structure souterraine. Laisser l'air extérieur pénétrer dans un espace plus frais sous le sol entraînera des problèmes d'humidité et de condensation.

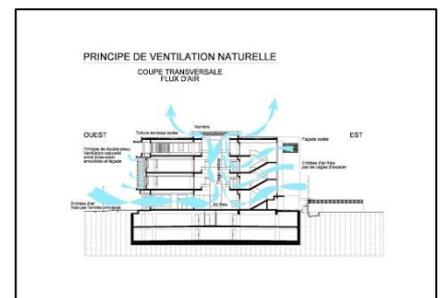


Figure 69 : schéma de la Ventilation naturelle
Source : <http://www.lebihan.pf/concept-de-la-facade.php>

⁴⁴Salim, efft, Vertical Circulation & Services, Department of Architecture Hajee Mohammad Danesh Science & Technology University, Dinajpur-5200 Bangladesh p3-30

B. Ventilation mécanique : unité de traitement d'air ou injection directe dans un espace par un ventilateur. Un ventilateur d'extraction local peut améliorer l'infiltration ou la ventilation naturelle, augmentant ainsi le débit d'air de ventilation.

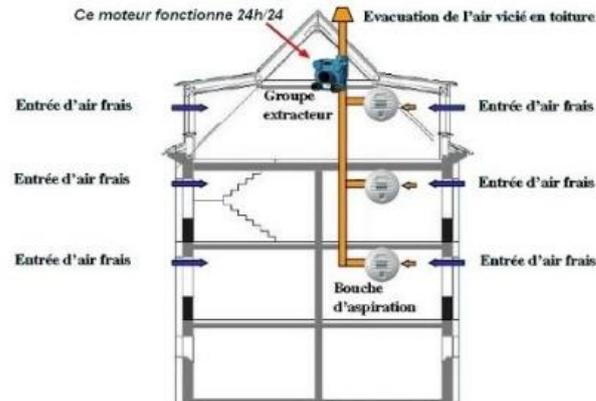


Figure 70 : Ventilation mécanique
Source : <https://conseils.xpair.com>

Ventilation en mode mixte : ventilation naturelle et artificiel.

6.8. La Mise en œuvre des gratte-ciels

6.8.1. Les fondations

-Une tour pèse plusieurs centaines de milliers de tonnes réparties sur une petite surface au sol. Les fondations du bâtiment doivent pouvoir le soutenir et lui permettre de résister au vent et aux tremblements de terre. Ainsi la nature du terrain joue un rôle essentiel, le building doit avoir un point d'ancrage solide. En fonction de la nature du terrain, il peut être nécessaire de chercher en profondeur des couches solides aptes à soutenir le bâtiment, les fondations pouvant alors atteindre les 100m de profondeur.⁴⁵

A-Installation des pieux

a.1) La première technique consiste à créer une paroi moulée : un mur fait la hauteur entre la roche et la surface, entourant la partie du bâtiment qui se trouve dans le sol ; cette technique convient pour des roches peu profondes.



Figure 72 : fondation (Burdj Khalifa) Source : <http://tpe--lesgratte-ciels.e> monsite.com

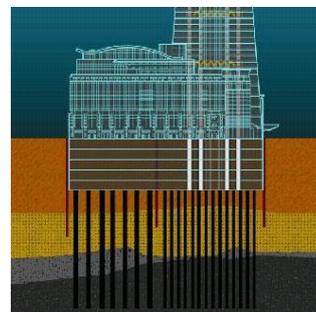


Figure 71 : Fondation de la tour Taipei 101 à Taïwan
Source : <https://fr.scribd.com>

⁴⁵ <https://www.ingenieurs.com>

a.2) La seconde technique consiste à couler des pieux en béton dans le sol. Il existe différents pieux : les pieux battus (on enfonce le coffrage dans le sol jusqu'à la roche, on met des câbles en fer, on coule le béton, puis on retire le coffrage) pour des terrains alluvionnaires, limons, sables, graviers, argiles et marnes (figure). Et les pieux forés simples (on creuse le sol jusqu'à la roche, on met des câbles en fer, on coule béton) pour un ancrage dans les terrains durs, secs et cohérents ; à grande profondeur. Cette technique est utilisée dans le cas où la couche de roche est très profonde.

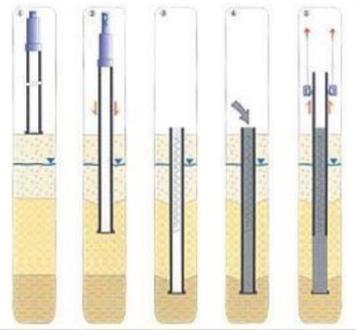


Figure 73 : installation des Pieux battus
Source : <http://tpe--lesgratte-ciels.e-monsite.com>

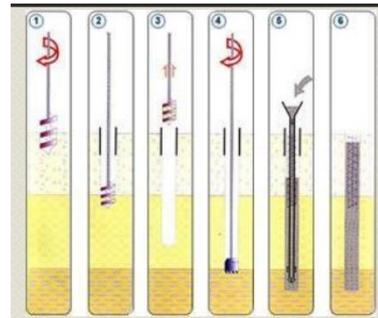


Figure 74 : des pieux forés simples
Source : <http://tpe--lesgratte-ciels.e-monsite.com>

B) Installation de la dalle

-Une tour pèse plusieurs centaines de milliers de tonnes réparties sur une petite surface au sol. Les fondations du bâtiment doivent pouvoir le soutenir et lui permettre de résister au vent et aux tremblements de terre. Ainsi la nature du terrain joue un rôle essentiel, le building doit avoir un point d'ancrage solide. En fonction de la nature du terrain, il peut être nécessaire de chercher en profondeur des couches solides aptes à soutenir le bâtiment, les fondations pouvant alors atteindre les 100m de profondeur.⁴⁶

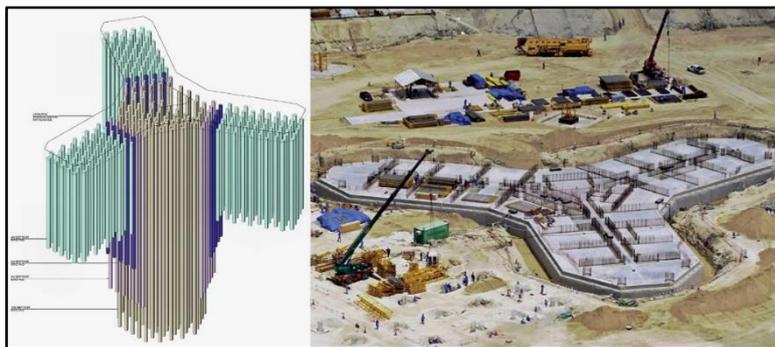


Figure 75 : Pieux et radier du Burj Khalifa de Dubaï
Source : <https://blog.2mihan.com>

6.8.2. La Structure :

-L'amélioration des liaisons entre les matériaux a permis le passage d'une quinzaine d'étages à la fin du 19ème siècle à une quarantaine dans les années 30. L'ossature en acier est utilisée jusqu'aux années

⁴⁶<https://www.ingenieurs.com>

50, le béton armé faisant alors son apparition et permettant la conception de structures avec un noyau central.⁴⁷

-La technique du noyau central :

La technique du noyau central pour construire un gratte-ciel est la plus utilisée à ce jour. Celui-ci parcourt le bâtiment sur toute sa hauteur, et est l'élément assurant la rigidité de la tour. A l'intérieur de celui-ci se trouvent les réseaux d'eau, d'électricité et les ascenseurs et escaliers. La structure porteuse concentrée dans le noyau est construite en béton armé. De ce noyau partent des poutres qui vont jusqu'à la façade de la tour et qui ont pour but de soutenir le plancher, et de rediriger les forces exercées par le vent vers le noyau. Les gratte-ciels à noyau central classiques peuvent atteindre environ 50 étages, 70 en doublant ou triplant la structure de la base.



Figure 76 : esquisse d'une tour
Source : <https://www.lemoniteur.fr>

Seulement cette structure a des limites ; en effet, pour gagner des étages et construire de plus en plus haut, il faut progressivement augmenter la taille du noyau, et donc la superficie de la base du gratte-ciel. Le problème est que lorsque la base est très large, les appartements situés juste autour du noyau sont invendables car ils sont trop éloignés du bord et ne reçoivent donc pas de lumière extérieure. Le premier avantage d'habiter dans un gratte-ciel étant la vue souvent impressionnante.⁴⁸

A-Structure extérieur

a.1 Les systèmes tubent : Le système de tube était créé au début des années 1960 par l'ingénieur célèbre Fazlur Rahman Khan qui est considéré comme "le père de la conception tubulaire". Ce système peut être assimilé à un système où l'extérieur du bâtiment expose un comportement tubulaire contre des charges latérales

- Ce système est développé à partir du système de trame rigide et peut être défini comme une trame rigide tridimensionnelle ayant la capacité de résister à toutes les charges latérales avec la structure de la façade.
- Dans le système tube, le tube formé autour de l'extérieur de la tour est conçu pour résister à toutes les charges latérales et verticales.⁴⁹

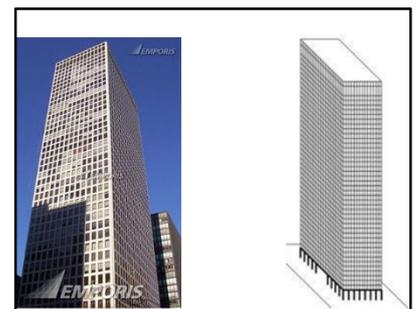


Figure 77 : tour The Plaza on Dewitt,
Chicago, USA, 1966,
Source : www.emporis.com

a.2 Le système exosquelette :

- Dans les structures exosquelette, les systèmes résistant aux charges latérales sont placés hors des lignes du bâtiment loin de leurs façades.
- Ce principe structurel est très novateur inspiré des bio-organismes.

⁴⁷ <https://www.ingenieurs.com>

⁴⁸ <https://tpeconstructiontour.wordpress.com>

⁴⁹ Bungale S. Taranath , Reinforced Concrete Design of Tall Buildings, CRC Press, 2009, page 225

- Principe : En raison des caractéristiques composantes du système, Il agit comme un identifiant principal du bâtiment, La Protection contre l'incendie du système n'est pas un problème grave en raison de son emplacement en dehors de la ligne du bâtiment.⁵⁰

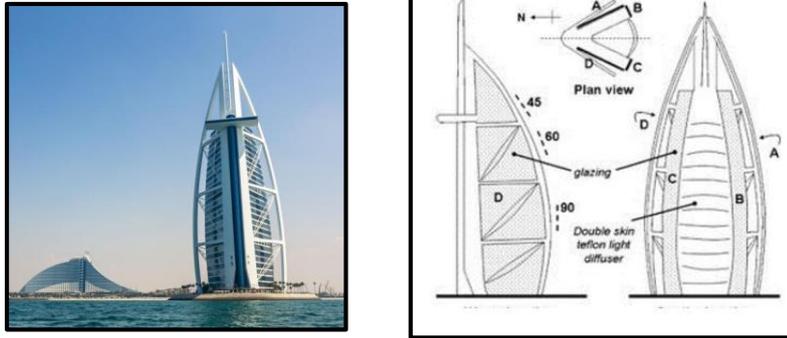


Figure 78 : l'exosquelette de burdj al arabe
Source : <https://voyages.michelin.fr>

a.3. Le système diagrid :

- Le système « Diagrid » ou structure triangulée est formé par l'utilisation des entretoises diagonales étroitement espacées au lieu des colonnes verticales. Ce système est plus efficace contre les charges latérales que le système à cadre tubulaire classique

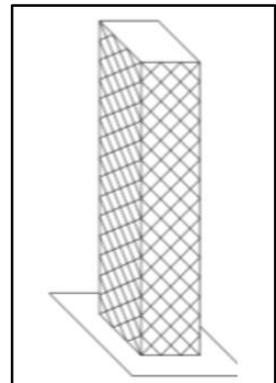


Figure 79 : schéma explicatif d'une structure en grilles de diagonal « Diagrid »
Source : <http://www.gramme.be>

B. Structure intérieur :

b.1. Système de trame rigide :

Le système se compose des colonnes et des dalles rigidement liées. Les cadres rigides sont des structures caractérisées par l'assemblage de membrures à axe rectiligne, telles que poutres et poteaux (Fig.81), au moyen de nœuds rigides ou Semi-rigides.

L'objectif conceptuel dans la réalisation des cadres rigides consiste à favoriser la formation des rotules plastiques dans les sections d'extrémité des traverses horizontales (zones dissipatives) et, pour ce qui concerne les poteaux, dans les seules sections de base du cadre et/ou au sommet du poteau au niveau de la toiture.

⁵⁰Mehmet Halis Günel and Hüseyin Emre Ilgin, Tall Buildings Structural Systems and Aerodynamic Form, Routledge, Taylor & Francis Group, 2014.



Figure 80 : la tour Swiss Re
Source : <https://myarchitectonic.wordpress.com>

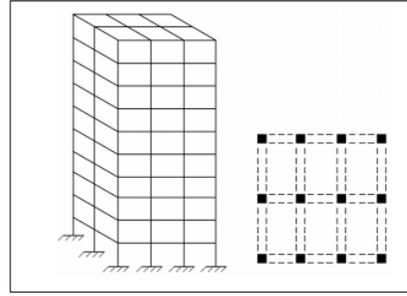


Figure 81 : Schématisation d'un cadre rigide
Source : www.engbookspdf.com

b.2. Système à noyau central

Les gratte-ciel sont traditionnellement construits sous forme d'une tour monolithique organisée autour d'un noyau central généralement en béton, qui assure la rigidité et porte tout l'édifice.

Le noyau central travaille comme une poutre console encastrée dans les fondations. L'avantage principal de ces structures est la forme du noyau leur permettant de résister à tous types de charges : verticales, efforts tranchants, moments de flexion dans les deux directions et torsion. Il reprend donc la majorité des forces horizontales qui lui sont transmises par l'intermédiaire des dalles jusqu'à environ 40 étages.⁵¹

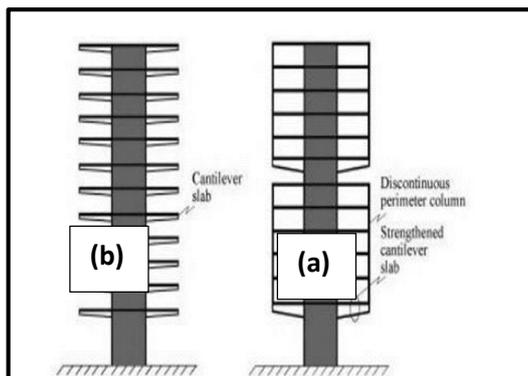


Figure83 : Dalles dans le système à noyau central(a)
Dalle porte à
Faux, (b) dalles en console renforcées.
Source : www.engbookspdf.com

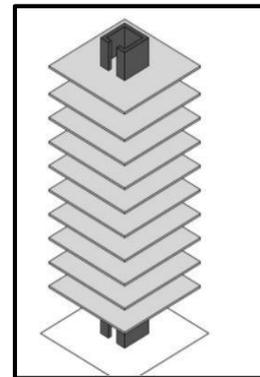


Figure82 : Structure à noyau central
Source : www.engbookspdf.com

Conclusion

Les ingénieurs ont étudié les nombreuses contraintes physiques et géologiques à cette course, ils ont su en tirer les conséquences et ont observé les évolutions techniques obtenues dans d'autres domaines. Ainsi, en croisant ces différentes sources, ils ont pu apporter des solutions toujours plus innovantes : de nos jours, un gratte-ciel est une construction de haute technologie qualifiée de « superstructure » rien n'est laissé au hasard.

Ici, nous avons su répondre à la problématique « Comment un gratte-ciel résiste aux phénomènes physiques et géologiques ? » grâce à des recherches poussées dans ces domaines.

⁵¹ Léonard Lopez - Génie Civil, Dimensionnement d'un gratte-ciel et étude des possibilités de raidissement d'une construction en hauteur, pMp, P 11

Chapitre II :
Approche analytique
des exemples

Introduction

La recherche thématique est essentielle dans le processus de la conception architecturale, car elle représente une source de compréhension du thème, elle nous permet d'élaborer une synthèse du thème à travers l'étude des exemples. Dans cette approche, on essaiera de faire une recherche thématique qui sera utilisée comme support de travail à la phase conceptuelle.

Exemples selon le programme

1. (Exemple N°1 : The Shard)

1.1. Les critères de choix

- exemple très intéressant dans le fonctionnement.
- Il contient des idées de conception qui nous aident dans le projet.



Figure 84 : the shard tower
Source : www.woodallsdesign.co.uk

1.2. Situation : Le Shard située dans l'arrondissement de southwark, sur la rive sud la tamise, face à la city de Londres entre la gare de London bridge et le king's collège de Londres. Elle se situe à l'écart par rapport à la city, dans laquelle on compte plusieurs gratte-ciel construits.⁵²

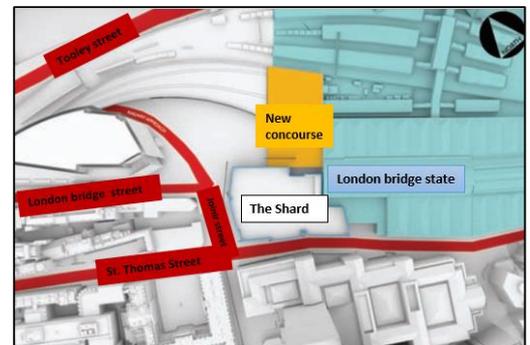


Figure 85 : Plan sur site
Source : www.cambria.co.uk

1.3. Idée et inspiration

-S'inspirant des clochers des églises de Londres et des Arbres de grands voiliers décrits par le peintre vénitien Canaletto au XVIIIe siècle.

-Renzo Piano a conçu The Shard comme une sculpture de Spire, comme si elle émergeait de la Tamise. La forme pyramidale élancée provient du mélange d'utilisations contenues dans le bâtiment.⁵³

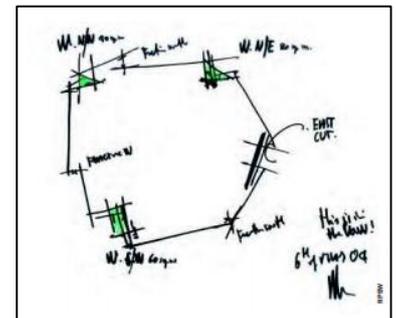


Figure 86 : Esquisses du projet plan
Source : https://www.cambria.co.uk

1.4. Accessibilité

Son emplacement central à proximité des principaux nœuds de transport joue un rôle clé pour permettre à Londres de se développer.

The shard assis au-dessus d'un grand centre de transport.

C'est l'une des rares positions où on peut avoir des tours.⁵⁴

⁵²<https://www.cambria.co.uk>

⁵³ Erasmus student : Germana Sciortino, mémoire de THE SHARD " High Performance Structure 2000_ 2012

⁵⁴www.dezeen.com

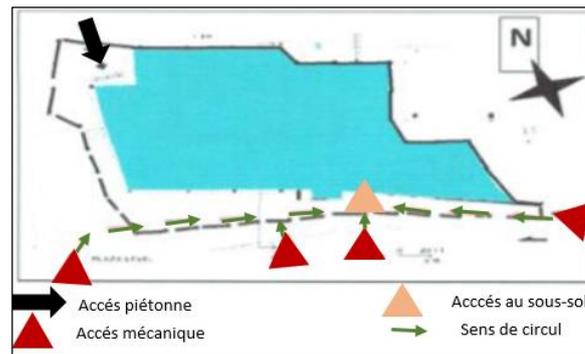


Figure 87: schéma d'accessibilité
Source : <http://faculty.arch.tamu.edu>

1.5. Répartition des plans

- ✓ -la forme du Shard a été générée par le plan de site irrégulier et ouverte vers le ciel pour permettre au bâtiment de respirer naturellement.
- ✓ l'idée de mélanger les fonctions et le fait qu'elle se trouvait dans un lieu d'échange vital. Cela a été une excellente occasion de montrer que vous pouviez donner vie à une ville sans augmenter la circulation - en utilisant les transports en commun.
- ✓ Le Shard London bridge est une tour de classe mondiale construite dans un environnement urbain complexe, il s'agit d'une utilisation mixte qui réunit des bureaux, hôtel, salle de plante, appartement, galerie d'observation. ⁵⁵

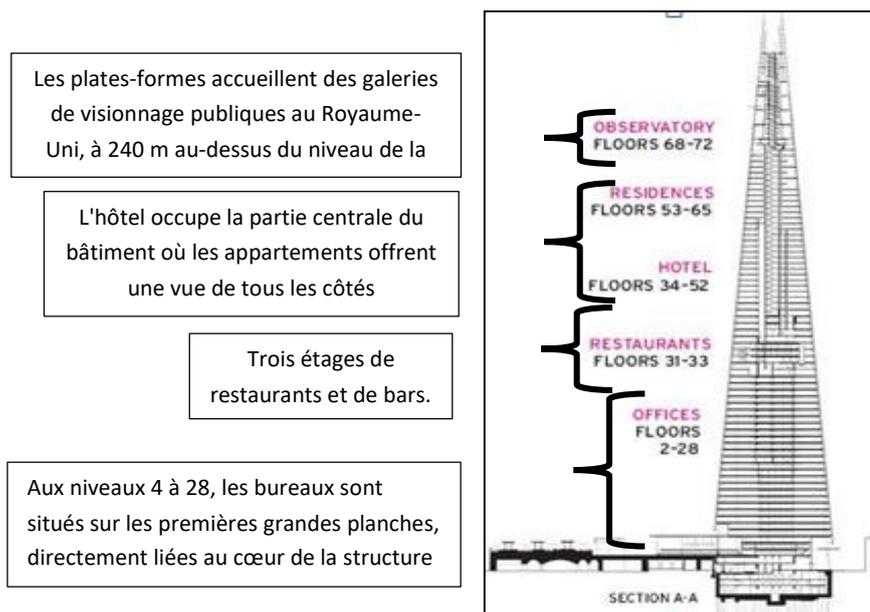


Figure 88 : la répartition des plans de The Shard Tower
Source : www.academia.edu

-Partie de réception :

Une entrée rénové de la gare de Londres hall bridge niveau, conduire à une place publique, où il ya des cafés, des restaurants, une salle de sport et un centre célèbre de l'apprentissage. L'idée de ce centre venu de la reconnaissance que le Shard London Bridge est à la fois un point focal pour la communauté locale comme un centre d'affaires.

⁵⁵ <https://fr.wikiarquitectura.com>

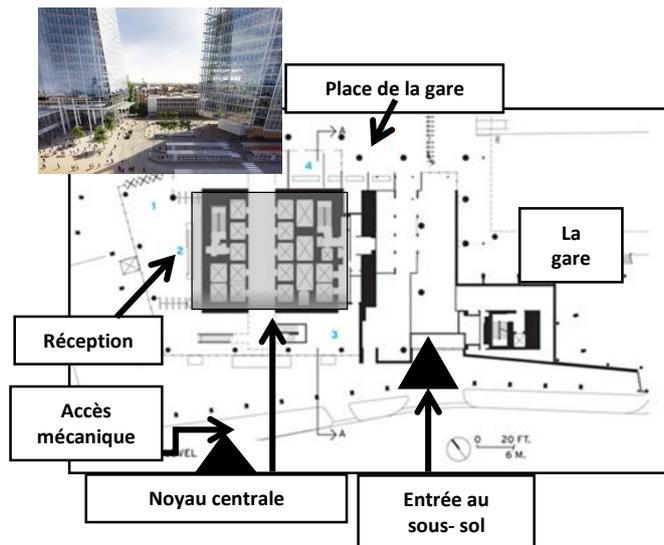


Figure 89 : plan d'assemblage the shard Tower
Source : www.academia.edu

-La partie des bureaux

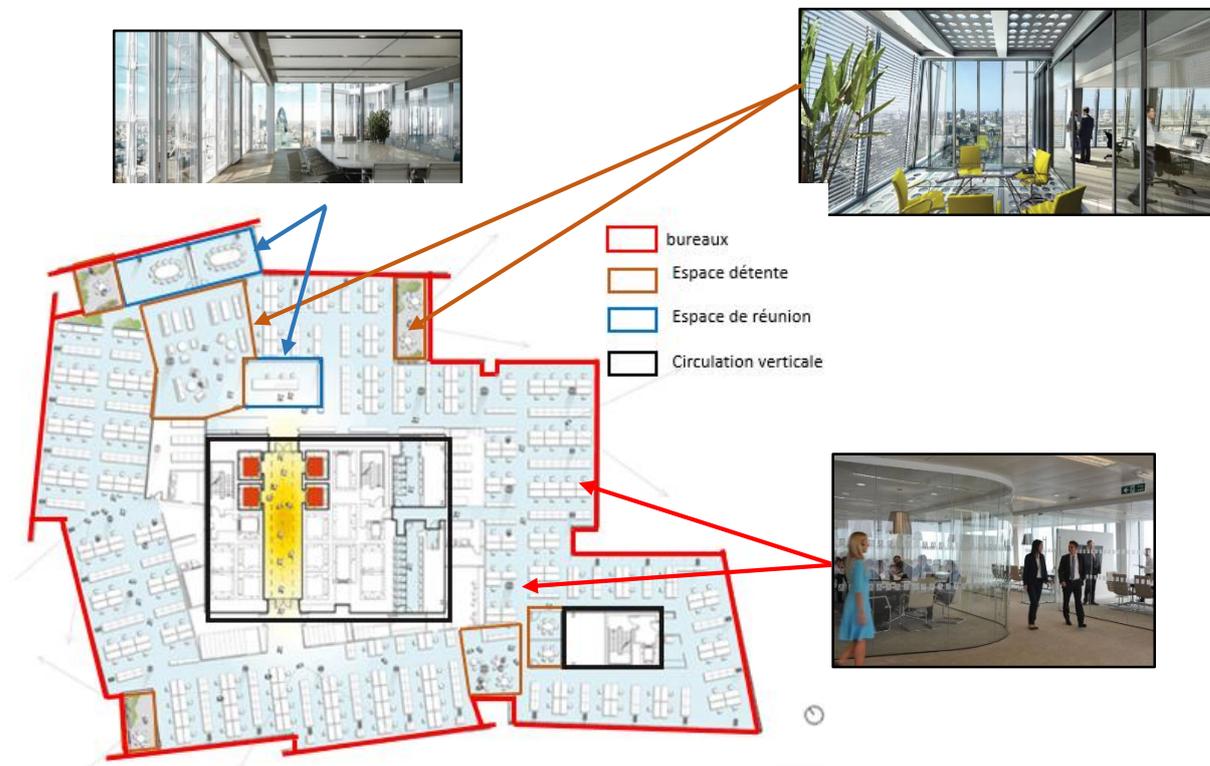


Figure 90 : Plan de 26^{ème} à 28^{ème} étage
Source : /www.archdaily.com

- La partie des bureaux de la tour se répartie sur 26 étages (du 2^{ème}---- 28^{ème}niveau) les 4 premiers étages sont de même surface mais pour les autre surfaces des autres étages ; elles diminuent jusqu'au 28^{ème} étage.
- Pour les espaces sont répartis au tour d'un noyau central (ce noyau comporte la circulation vertical)
- Au cours des 26 étages au-dessus de la place sera bureaux, suivis d'un espace de trois étages du public à un niveau moyen. Cet espace est conçu pour offrir des vues spectaculaires sur
-

Londres ainsi que des espaces de loisirs, spectacles et expositions, ainsi que des bars et des restaurants.

Programme de la partie des bureaux

Espace	Sous-espace	Nombre	Surface en m ²
Bureaux	Paysagé	30	642
	Ouvert	12	48
	Semi-ouverte	76	684
Réunion		7	292
Jardin		3	99
Détente	Café +bouterier		231
Sanitaire	Homme femme	16	90

Tableau 06: programme des bureaux
Source : www.archdaily.com

-La partie de restaurant

La partie restauration de la tour se répartie sur 3 étages (de 31---niveau 34), dont les espaces sont toujours réparties au tour du noyau centrale.



-la partie nord : un bar avec 40 places + espace détente 36 places.

-Partie Ouest : détente et

Noyau central

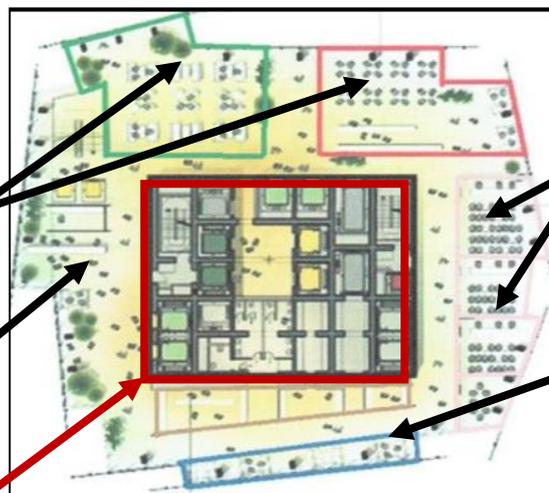


Figure 91 : Plan 31 à 34 ème étage
Source : www.academia.edu



-La partie Est : 4 salles à manger (40, 28, 20,8



-La partie sud : préparation et cafétéria.

1.6. Structure

L'élément structural principal est le noyau de béton dans le centre de l'édifice, qui abrite le service d'ascenseur principal, les ascenseurs et les escaliers de secours, supporter toutes les charges latérales et un couple à l'édifice a disparu. Cette colonne en béton abrite également les principaux systèmes, les étapes de câbles électriques, conduites d'eau et équipés de matériels d'entretien. ⁵⁶

⁵⁶<https://sites.google.com>

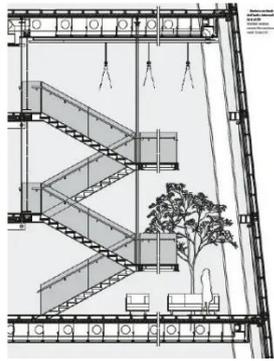


Figure 92 : Coupe de la tour
source : www.academia.edu

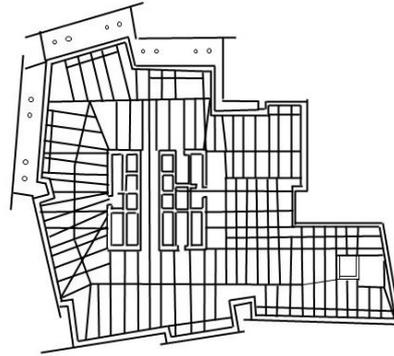


Figure 93 : Plan d'étage typique avec des éléments de structure horizontaux
Source : <https://sites.google.com>

-dans le plan d'étage de bureau typique de The Shard. Les poutres rectangulaires qui s'étendent à travers le sol, comme illustré, font partie du système de charpente en acier composite qui ont des portées allant jusqu'à 50 pieds entre les murs d'enceinte et les murs d'enceinte. Le but de ces poutres est de résister aux moments de flexion dus aux charges verticales et de les transférer vers l'âme en béton jusqu'à la fondation.

-Aux niveaux supérieurs, la construction est en acier, en intégrant ce qu'on appelle «treillis chapeau» système qui relie les colonnes de périmètre du bâtiment comme s'il s'agissait d'une corde à tendre le haut d'une tente.

1.7. Façades

-Huit "éclats de verre" définir la forme et la qualité visuelle de la tour. L'immense façade double ventilée, utilise des cristaux faibles teneur en fer, avec un rouleau mécanique aveugle dans la cavité pour fournir une protection solaire.⁵⁷

Dans la paroi des façades ont été utilisés des plaques de verre. Beaucoup de ces plaques sont photovoltaïques sur le toit en pente et parfaitement orienté vers le soleil, la création d'un vaste zone de l'énergie renouvelable. Les «fractures» causées entre des morceaux de verre, ouvertes au vent, assurent une ventilation naturelle des jardins d'hiver.

-L'architecte a voulu refléter le rythme cardiaque et la vie de Londres sur les façades de verre du bâtiment, qui reflètent les saisons ou les changements climatiques avec sa diversité de couleurs, après la pluie sera bleu. Dans la soirée sera chaude et rouge.

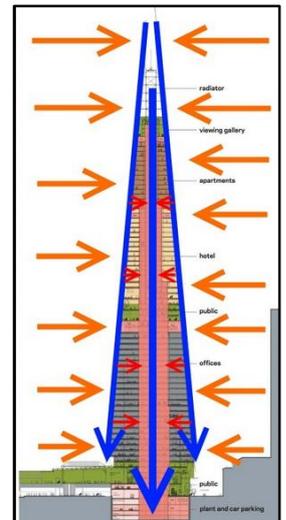


Figure 94 : Section de la tour - Diagramme des charges verticales et horizontales
Source : <https://sites.google.com>



Figure 95 : La tour The Shard
Source : www.archdaily.com



Figure 96 : Façade de la tour The Shard
Source : <http://www.emirates247.com>

⁵⁷ www.academia.edu

1.8. Synthèse

- Conçu comme une «ville verticale» pour répondre à la population croissante de la ville et au besoin de maximiser l'espace, le programme du Shard varie pour fournir une structure centrale fonctionnelle à Londres.
- des effets esthétiques exceptionnels grâce à la lumière qui projetait le les façades du bâtiment pourraient générer des effets toujours changeants à des moments différents.⁵⁸

2.Exemple 2 : Water Tower Chicago

2.1. Les critères de choix

- Afin de se faire une idée des proportions des espaces dans les tours multifonctionnels.
- pour savoir comment aménager le socle des gratte-ciel dans le cas du centre commercial.

2.2. Présentation du projet :

- Le projet est un secteur de développement à usage mixte de la ville de Chicago, il s'étend sur une surface de : 1,05 hectare, une tour de 74 étages, d'une hauteur de 262m. Réalisé en 1976.⁵⁹



Figure 97: water Tower place
Source: <https://en.wikipedia.org>

2.3. Situation :

- Le projet se situé en plein centre de la ville de Chicago aux USA, il est limité de ces cotés par des voies mécaniques très fréquentée.

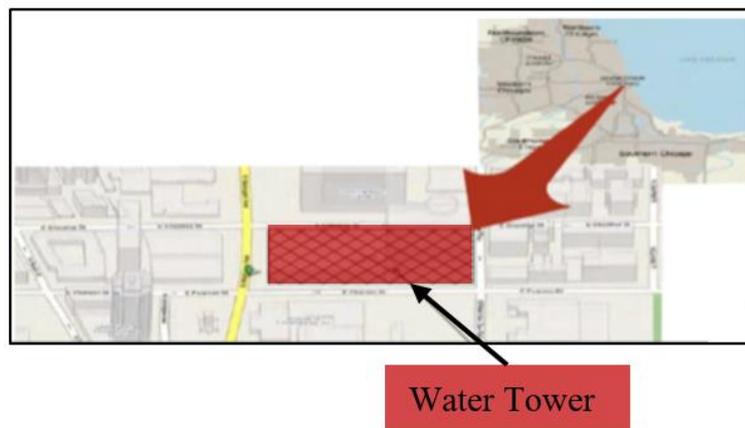


Figure98 : plan de situation
Source : Google Maps

⁵⁸ <https://jss0626.wixsite.com>

⁵⁹ <http://www.condopedia.com>

2.4. Description architectural

Forme et volumétrie

- Un monobloc composé de deux parallélépipèdes :
- Le 1er horizontal : représente le socle composé à sa base d'un centre commercial.



Figure 99 : le socle

Source : <https://www.chicagobusiness.com>

- Le 2ème vertical : représente la tour.
- Les deux parallélépipèdes intègrent le projet dans le tissu urbain très élevé.
- La nécessité d'occupation maximale de la surface du terrain due à la cherté du foncier.⁶⁰



Figure 100 : la tour

Source : <http://commons.wikimedia.org>

2.5. Organisation spatiale

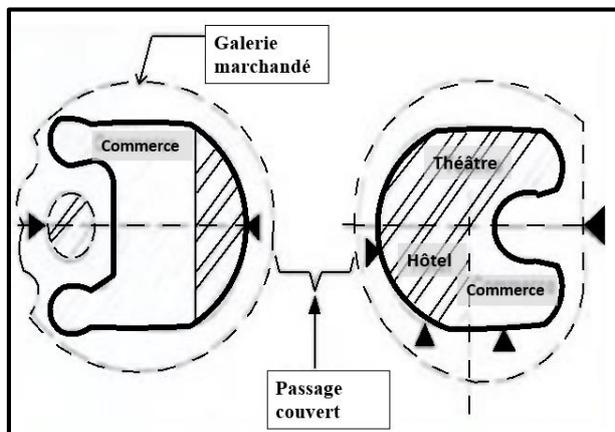


Figure 101 : principe d'organisation
Source : www.chicagomag.com

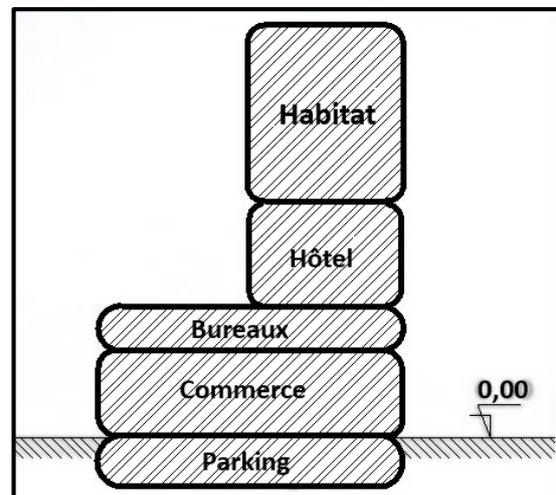


Figure 102 : coupe d'organisation
Source : www.chicagomag.com

⁶⁰<https://en.wikipedia.org>

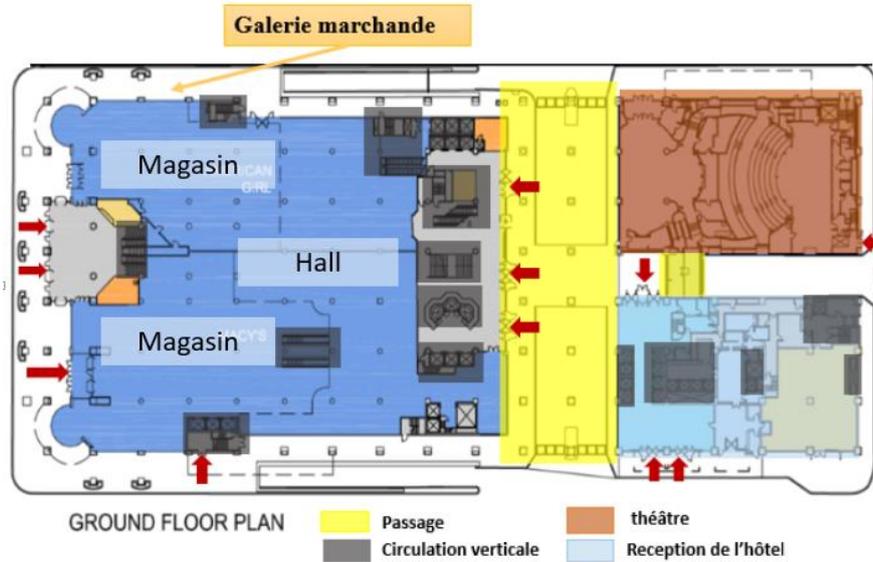


Figure 103 : Plan RDC
Source : www.chicagomag.com

Le RDC est divisée en deux parties par un passage mécanique couvert :

- La 1er partie : occupé par deux magasins donnant sur un même hall (donnent directement sur la galerie marchande).
- La 2ème partie : réservée au théâtre et à la réception de l'hôtel avec un magasin, Le tout donne directement sur la galerie marchande.
- Il y a plusieurs accès, l'accès principal donne sur l'avenue Michigan, Il est doté d'un sas qui donne sur un dégagement.
- Tous les accès mènent vers des petits halls dotés de cage d'escaliers ou d'ascenseurs.

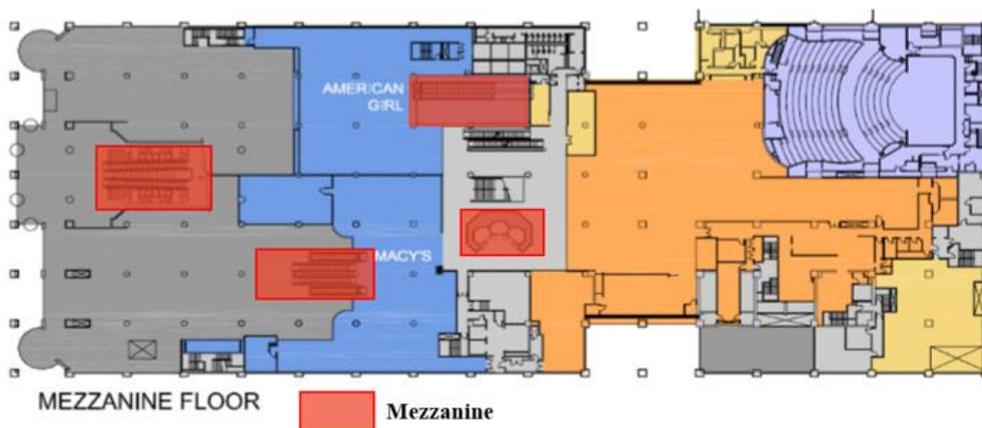


Figure 104 : plan de mezzanine
Source : www.chicagomag.com

-L'utilisation d'une galerie marchande comme élément de transition de l'extérieure vers l'intérieur,

L'organisation des commerces se fait autour d'une mezzanine qui donne sur deux halls secondaires afin d'avoir une répartition du flux sur toute la surface réservée aux commerces.⁶¹

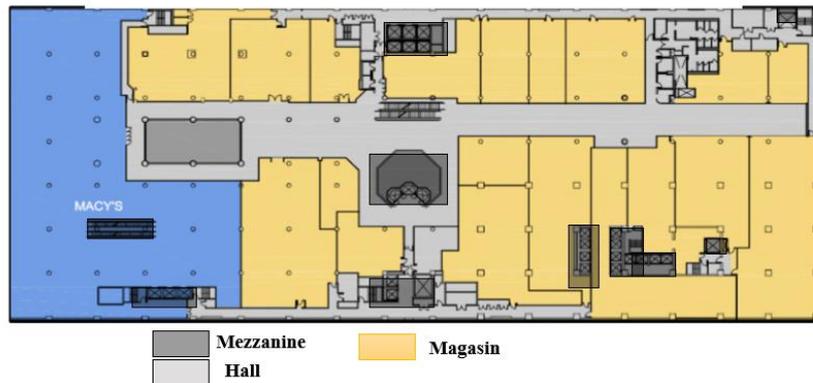


Figure 105 : Plan 1er étage
Source : www.chicagomag.com

-Organisation des magasins autour d'un hall central (sous forme d'une mezzanine et donne sur deux halls secondaire.

Pourcentage de fonctions

Centre commercial : 76115m² : 27%

Les bureaux : 20055m² : 7%

Hôtel : 52180m² : 18%

Habitat : 81330m² : 29%

Parking : 30563m² : 11%

Divers : théâtre, cinéma restaurants....23863m²: 8%⁶²

Synthèse

D'après la lecture de la coupe on remarque les espaces sont superposé commençant par de l'espace le plus bruyant (commerce) vers le plus calme les chambre.

-Le parking : se situe au niveau de sous-sol accédé par des rampes

-Le commerce : occupe le RDC et le 1er étage réservé aux grandes surfaces

-Les bureaux : occupent les 2 niveaux au-dessus de l'hôtel

-L'hôtel : occupe 21 étages

-L'habitat : implanté au-dessus de l'hôtel sur 41 étages.

3. Exemple N°3 : Coop "Le Cârô"

3.1. Les critères de choix

-exemple très intéressant dans le fonctionnement.

-le besoin d'un projet du centre commercial pour apprendre le fonctionnement intérieur.



Figure 106 : centre commerciale Coop "Le Cârô"
Source : www.oc-sa.ch

⁶¹ www.chicagomag.com

⁶² https://en.wikipedia.org

3.2. Présentation du cas d'étude : Centre Commercial Coop "Le Cârô"

- Architecte : Atelier d'Architecture A3.
- Réalisation : 2002 – 2004
- Situation : fribourg suisse.
- Maître d'ouvrage : Coop Immobilier AG.⁶³

3.3. Implantation

Le nouveau Centre commercial de Bulle trouve place en périphérie de la ville (la Suisse), le long de la route principale en direction de Fribourg, à trois minutes de la jonction autoroutière, sur une parcelle de 16'000 m² qui constituait l'un des derniers domaines agricoles en zone urbaine.⁶⁴

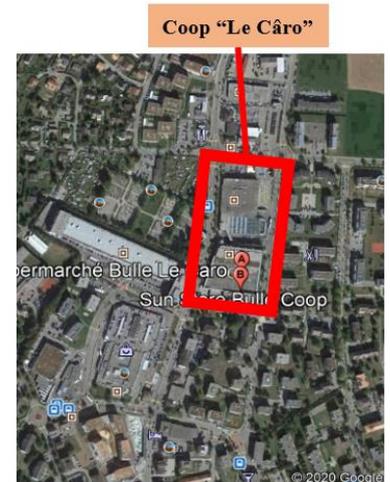


Figure 107 : plan de situation de Coop "Le Cârô"

Source : Google Earth

3.4. Accessibilité

Au cœur de la Gruyère. Proche des accès autoroutiers et situé le long de la route principale menant dans la ville de Bulle,



Figure 108 : plan de masse de Coop "Le Cârô"

Source : www.riedersystems.ch

3.5. Objectif

Intégration, transparence et simplicité constituent les trois axes de développement principaux voulus par les projecteurs et le Maître d'ouvrage.

3.6. Organisation spatiale

Le bâtiment principal offre deux niveaux, **au niveau inférieur** : divers locaux techniques et de service, le parking couvert, ainsi que le hall d'accès avec ascenseur et trottoirs roulants conduisant au niveau supérieur.

⁶³<https://archiguelpa.blogspot.com>

⁶⁴ <https://archiguelpa.blogspot.com>



Figure 109 : plan de masse du centre commerciale Coop "Le Cârô"
Source : <https://archiguelma.blogspot.com>

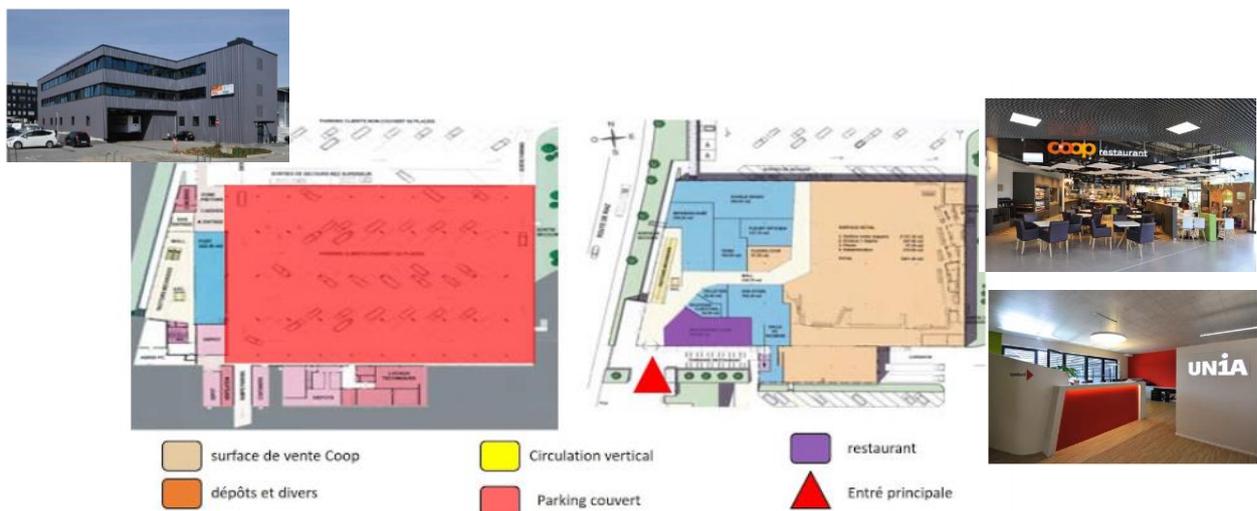


Figure 110 : plan de répartition des espaces intérieurs
Source : <https://archiguelma.blogspot.com>

Le niveau supérieur : est partagé par un grand mall qui amène la clientèle vers le restaurant et sa grande terrasse extérieure, ou vers les 2'157 m² de surface de vente Coop, ou encore vers l'un des sept commerces tiers. Est encore pourvu de plus de 1'200 m² de surfaces arrières, dépôts et divers.

Bâtiment technique, érigée sur trois niveaux, un sous-sol : on y trouve l'essentiel des centrales techniques rez-de-chaussée : on y trouve Les quais de déchargement des marchandises, les entrepôts et divers locaux A l'étage : Des bureaux destinés à l'administration du Centre, ainsi que la centrale de production de froid.⁶⁵

Schéma explicatif de répartition des espaces

⁶⁵ <https://archiguelma.blogspot.com>

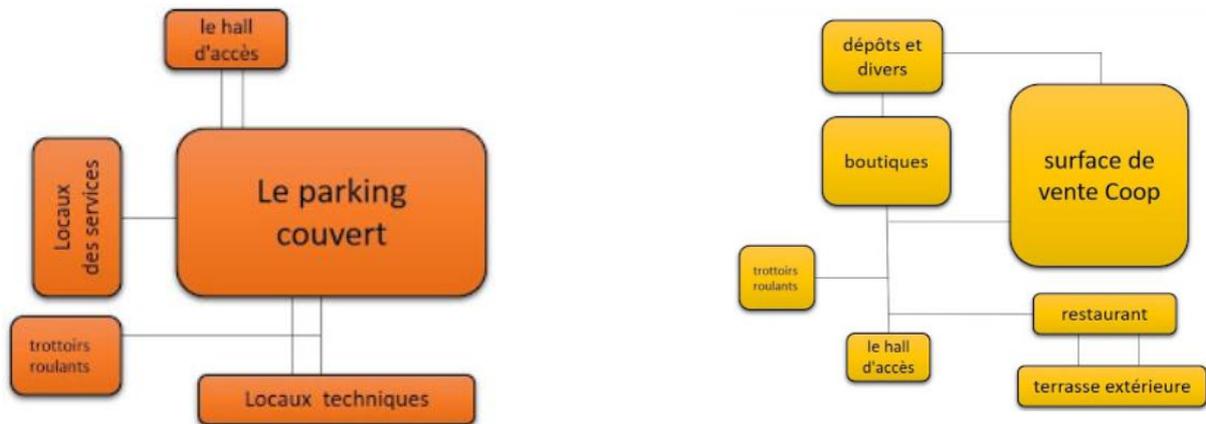


Figure 111 : schéma de répartition des espaces
Source : <https://archiguelma.blogspot.com>

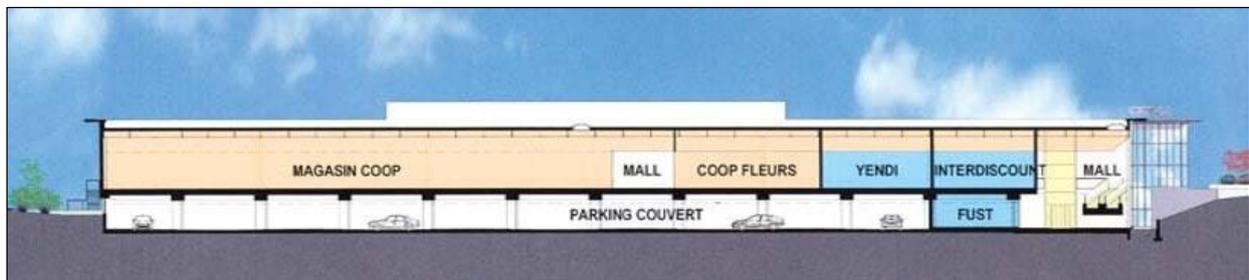


Figure 112: coupe du centre commerciale Coop "Le Cârô"
Source : <https://archiguelma.blogspot.com>

3.7. Les façades

La transparence constitue une caractéristique originale pour ce type de construction, d'ordinaire voulue fermée. Les vitrines du rez et les parties de façades entièrement vitrées concourent donc aussi bien à une approche commerciale qu'à une contribution architecturale et au souci d'intégration des importants volumes.



Figure 114 : ligne allongées et transparences des façades
Source : <https://archiguelma.blogspot.com>



Figure 113 : façade lisse, ventilées avec granit et tôle
Source : <https://archiguelma.blogspot.com>

3.8. Synthèse :

-Le choix de sobriété esthétique met en évidence des éléments de signalétique et les enseignes commerciales. Le défi a été remarquablement relevé, un nouveau grand centre commercial est ainsi créé et s'intègre dans le tissu local tout en permettant au Maître de l'ouvrage d'offrir à sa clientèle un espace généreux et attrayant.

Le centre commerciale le caro Redonner une unité architecturale forte et maintenir l'activité commerciale à travers sa situation géographique son architecture et les services qu'il donne.

4. Exemple N°4 : Bosco Verticale

4.1. Les critères de choix

- ✓ le projet visait à redynamiser le quartier, tout en intégrant une dimension environnementale et paysagère forte.
- ✓ la diversité de plantes utilisée avec rapport écologique : l'utilisation des énergies.
- ✓ rapport écologique : l'utilisation des énergies renouvelables.

4.2. Situation

Bosco Verticale (forêt verticale) est une paire de tours résidentielles situées dans le quartier de Porta Nuova à Milan, en Italie, entre la Via Gaetano de Castilia et la Via Federico Confalonieri, près de la gare de Milano Porta Garibaldi. ⁶⁶



Figure 115 : Plan de masse
Source : www.stefanoboeriarchitetti.net



Figure 116 : La carte d'Italie
Source : www.stefanoboeriarchitetti.net

4.3. L'idée de l'architecte

L'architecte italien a eu le déclic en 2007, lors d'un voyage à Dubaï, une ville futuriste construite en plein désert. "J'ai vu la folie d'une ville et de ses 200 gratte ciels aux façades en verre qui réfléchissent le soleil, se souvient-il. C'est à ce moment que j'ai imaginé quelque chose de différent. Pourquoi ne pas faire une tour avec une façade recouverte de feuilles ?

Mieux qu'un mur végétal ou qu'un jardin vertical, Stefano Boeri décide alors de planter de vrais arbres sur les balcons des deux tours milanaises. Une première mondiale et une prouesse technique, qui a nécessité des tests de sécurité pour être certain que les arbres résisteraient au vent. ⁶⁷



Figure 117 : Portrait de Stefano Boeri
Source : <https://www.18h39.fr>.

⁶⁶<https://en.wikipedia.org>

⁶⁷ <https://www.18h39.fr>

4.4. Les utiles : La forêt verticale est un concept architectural qui remplace les matériaux traditionnels sur les surfaces urbaines en utilisant la polychromie changeante des feuilles pour ses murs. L'architecte biologique s'appuie sur un écran de végétation, créant un microclimat approprié et filtrant la lumière du soleil, et rejetant l'approche technologique et mécanique étroite de la durabilité environnementale.⁶⁸

Le Bosco verticale est composé de deux tours résidentielles :

1. la « Torre E » ; la plus grande, avec 26 étages et 110 mètres de haut.
2. la « Torre D » ; moins élevée, avec 18 étages et 76 mètres de haut.⁶⁹



Figure 118 : Bosco Verticale
Source : <https://www.afrik21.africa>



Figure 119 : Bosco Verticale
Source : <https://www.afrik21.africa>

4.5. Accessibilité

De plan de masse : Le bâtiment est inséré d'une façon impeccable dans un quartier résidentiel, il est accessible par deux boulevard.

- Chaque tour caractérisée par un accès principale.



Accès principale : 

Figure 121 : plan de masse du bosco vertical.
Source : www.stefano-boeri-architetti.net



Figure 120 : Les accès principaux des deux tours.
Source : www.stefano-boeri-architetti.net

⁶⁸ <https://www.archdaily.com>

⁶⁹ <https://fr.wikipedia.org>

4.6. Forêt verticale est un projet pour la survie environnementale des villes contemporaines

- est une nouvelle génération d'immeubles urbains de grande hauteur complètement recouverts de feuilles d'arbres et de plantes.
- est un dispositif architectural qui favorise la coexistence de l'architecture et de la nature dans les zones urbaines et la création d'écosystèmes urbains complexes.⁷⁰



Figure 122 : Les deux tours végétalisées bosco verticale

Source : <https://docplayer.fr>

-déméralise les surfaces urbaines :

Forêt verticale est un projet de boisement à haute densité qui augmente les surfaces vertes et perméables en ville et réduit l'îlot thermique causé également par la lumière solaire réfléchi par les façades en verre.

-forêt verticale est un repère urbain en constante évolution :

En raison de la variété des espèces végétales hébergées sur les balcons et de la présence (en particulier sur les murs nord) de nombreux arbres à feuilles caduques, VF01 modifie sa peau et la composition chromatique de ses façades vivantes, en fonction de la variabilité saisonnière et des conditions météorologiques.



Figure 123 : Façade bosco verticale

Source : <https://fr.123rf.com>

- La forêt verticale est un projet anti-pulvérisation qui Aide À contrôler et À réduire l'expansion urbaine et l'utilisation des terrains urbains :

- Chaque tour de la forêt verticale équivaut, en hauteur, à un espace extérieur composé de maisons unifamiliales et de jardins bordés d'arbres d'environ 50 000 mètres carrés.
- La forêt verticale en construction à Milan est composée d'appartements entourés de terrasses bordées d'arbres superposés, selon un plan permettant la croissance d'arbres, par endroits, jusqu'à 9 mètres de hauteur.
- Le périmètre bordé d'arbres encadre la vue sur le paysage urbain et transforme l'espace en une extension de la terrasse de l'appartement.

⁷⁰<https://www.stefanoerarchitetti.net>

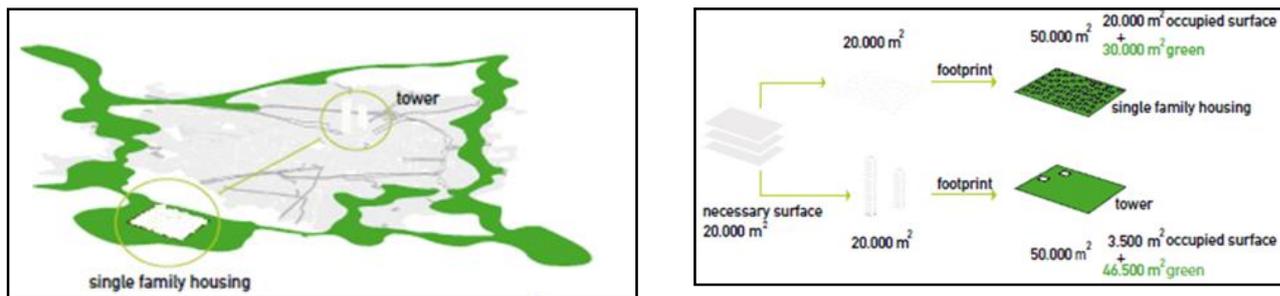


Figure 124 : schéma présente un nouveau modèle de densification verticale
 Source : www.stefanoeriarchitetti.net

- La forêt verticale est un nouveau paysage dans la Paysage urbain :

Les tours de la forêt verticale n'offrent pas seulement à ceux qui vivent dans une perspective inhabituelle sur le paysage urbain de l'intérieur de l'appartement. En modifiant cycliquement la peau en fonction des différents types de plantes et de leur disposition différente par rapport à l'axe thermique solaire, la forêt verticale offre également un panorama changeant à la foule métropolitaine qui regarde.

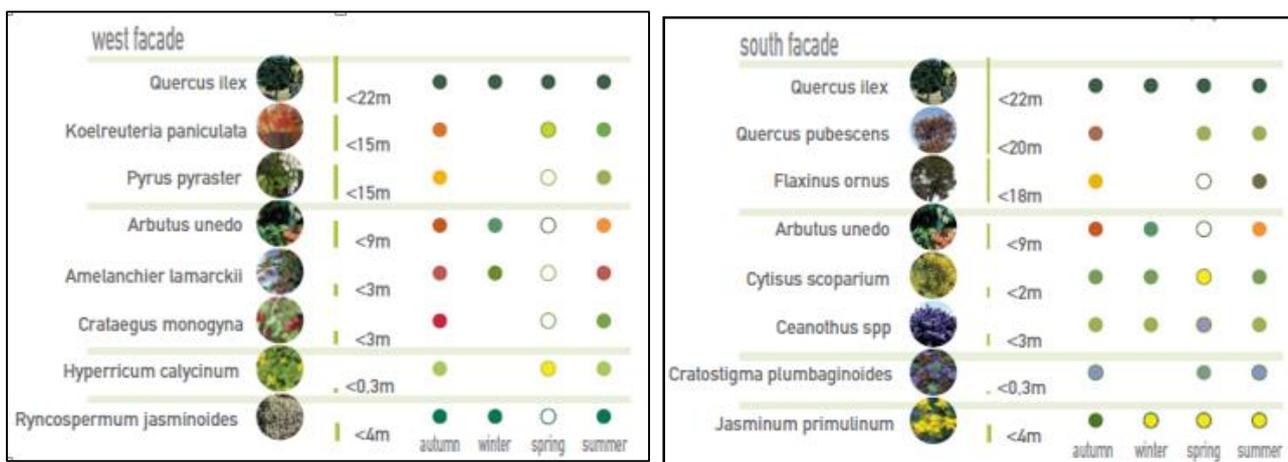


Figure125 : les types des plantes utilisés dans les deux tours
 Source : www.stefanoeriarchitetti.net

4.7. L'impact visuel de la tour à son environnement

Le Bosco Verticale passe un bel automne au soleil. Et ça lui va plutôt bien. Les deux tours anthracite sont parsemées de taches jaunes, rouges, vertes. Au moindre coup de vent, des feuilles se détachent pour se lancer dans un ballet aérien d'une centaine de mètres avant de toucher le sol.



Figure 126 : Bosco verticale
 Source : https://www.18h39.fr

4.8. La structure

- ✓ La structure des tours du projet est entièrement constituée de béton armé.
- ✓ La structure porteuse verticale de la tour E est constituée de 13 piliers, placés sur le périmètre du plan d'étage, avec des angles non supportés
- ✓ le noyau de service, qui contient deux étagères, trois ascenseurs et cinq conduits pour les systèmes mécaniques, électriques et de plomberie.
- ✓ Les piliers sont rectangulaires et mesurent environ 80 x 120 centimètres.
- ✓ Le noyau central est placé sur la façade nord de la tour E et a une surface de plancher d'environ 160 mètres carrés, comprenant environ 24% de chaque plaque de plancher, à l'exception des terrasses. La structure porteuse des planchers et des terrasses en porte-à-faux est en béton armé précontraint de 28 cm d'épaisseur.⁷¹

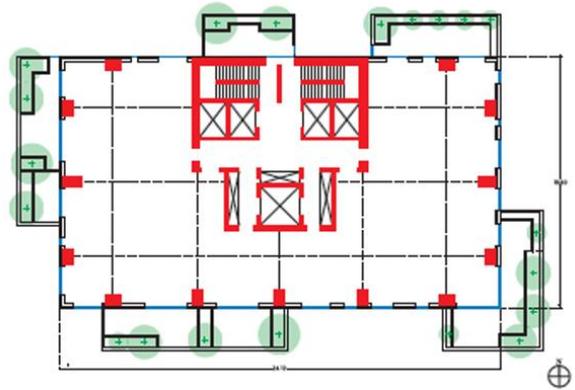


Figure 127 : plan de 6ème étage
Source : <https://store.ctbuh.org>

4.9. Spécificité environnementale

- Les arbres qui créent une agréable fraîcheur en été, tombent les feuilles pour que le soleil puisse entrer dans les appartements en hiver, offrant une réduction des dépenses en énergie annuelle. L'irrigation des plantes sera produite grâce à un processus de filtrage et permettra de réutiliser les eaux grises produites par le bâtiment.
- L'irrigation des plantes se fera dans une large mesure à travers filtrage et réutilisation des eaux grises produites par le bâtiment.
- Le blindage produit par la disposition des plantes le long du périmètre de chaque étage favorise la climatisation des appartements et réduit la consommation d'électricité pour la climatisation.
- L'utilisation des énergies renouvelables « géothermique, éolienne et panneau solaire » au niveau de toit terrasse pour diminuer les dépenses Énergétiques

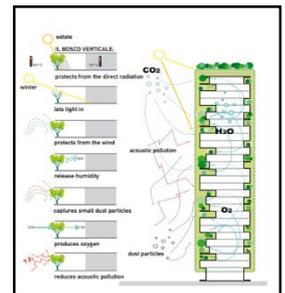


Figure 128 : Système de protection du bosco verticale.
Source : <https://cec.tuwien.ac.at>

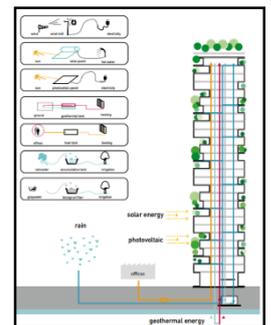


Figure 129 : Système de distribution de l'eau du bosco vertical.
Source : <https://cec.tuwien.ac.at>



Figure 130 : les éoliennes, panneau solaire au niveau de la toiture
Source : <https://cec.tuwien.ac.at>

⁷¹Elena Giacomello et Massimo Valagussa, Evaluating the high-Rise vegetation if the Bosco vertical, Milan, PDF, p24

5. N°5 : La Toure d'Agora Garden

5.1. Les critères de choix

- l'intégration de la végétation du manière intelligente.
- pour apprendre les systèmes structurels en charpente métallique.

5.2. Situation

- Lieu : Taipei Taiwan, district de Xinyi
- Route : Route Song Gao & Route Song Yong
- Transport : 2 lignes de métro
- surface du site : 8 160 M2
- Zonage : zone résidentielle (district de développement Taipei XinYi)



Figure 131 : plan de situation de la tour Agora Garden
Source : Google Maps

5.3. La philosophie écologique du projet

Au cœur des réseaux urbains du district de Xinyin en plein développement, le projet Agora Garden présente un concept pionnier d'éco-construction résidentielle durable qui vise à limiter l'empreinte écologique de ses habitants en recherchant la bonne symbiose entre l'homme et la nature.⁷²



Figure 132 : la tour Agora Garden
Source : www.detail.de

⁷² www.dezeen.com

5.4. Idée et inspiration

La tour "Tao Zhu Yin Yuan" est directement inspirée de la structure en double hélice de l'ADN (acide désoxyribonucléique), source de vie, de dynamisme et de jumelage. Chaque double hélice est représentée dans le projet par deux unités de logement formant un niveau complet. Ainsi, de sa base au sommet, les 20 niveaux habités en double hélice s'étirent et se tordent à 90 degrés.⁷³



Figure 133 : Structure de spiralisation en double hélice de l'ADN, source de vie et dynamisme
Source : <https://newatlas.com>

Cette rotation de 90 degrés répond à quatre objectifs majeurs:

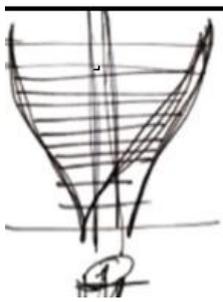


Figure 137 : Le premier objectif est d'être parfaitement intégré dans le profil pyramidal nord / sud du volume du bâtiment. En réalité, la morphologie du projet change en fonction de son orientation. Ses élévations est / ouest dessinent une pyramide rhomboïdale alors que les nord-sud représentent une pyramide inversée.
Source : <https://www.dezeen>



Figure 136 : Le deuxième objectif est de générer un maximum de cascades de jardins en plein air suspendus ne faisant pas partie du FAR (ratio de surface au sol). Ainsi, la surface plantée du balcon peut facilement dépasser la limite des 10% requis. Le cadre global de 40% du taux de couverture des bâtiments, soit 3 264 M², est donc totalement respecté.
Source : <https://www.dezeen>

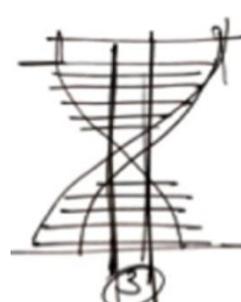


Figure 135 : Le troisième objectif est d'offrir aux habitants une vue panoramique exceptionnelle sur la ligne d'horizon de Taipei en multipliant les vues transversales, notamment vers la très proche tour Taipei 101 et le quartier central des affaires en pleine émergence.
Source : <https://www.dezeen>

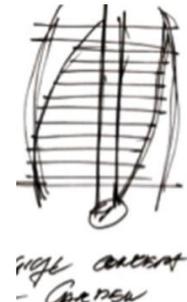
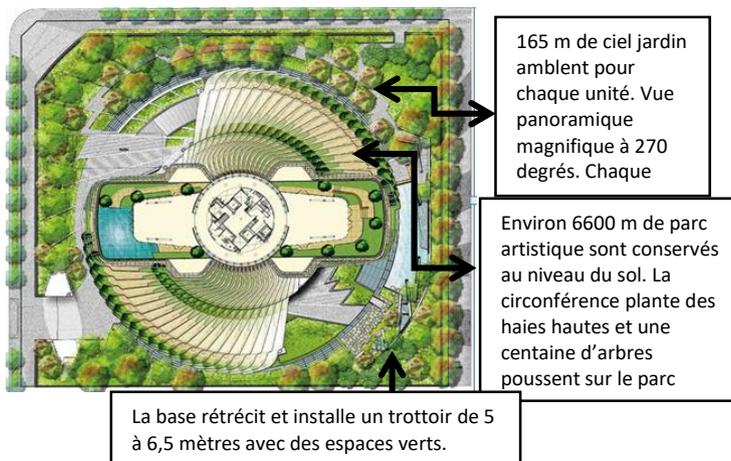


Figure 134 : Le quatrième objectif est de générer à partir d'un niveau standardisé flexible une géométrie progressive à corbeaux qui assure l'intimité et la confidentialité de chaque appartement en évitant les axes de vision indiscrets.
Source : <https://www.dezeen>

5.5. L'emplacement de la végétation



165 m de ciel jardin ambient pour chaque unité. Vue panoramique magnifique à 270 degrés. Chaque

Environ 6600 m de parc artistique sont conservés au niveau du sol. La circonférence plante des haies hautes et une centaine d'arbres poussent sur le parc

La base rétrécit et installe un trottoir de 5 à 6,5 mètres avec des espaces verts.

Figure 138 : plan de masse de l'Agora Garden
Source : www.archilovers.com

⁷³ <https://cdn.archilovers.com>

5.6. Les principales composantes du projet

- La forêt luxuriante et la clairière.
- Un jardin vertical tordu entouré.
- Les appartements, une flexibilité spatiale et technique maximale.
- Les balcons paysagers, les cascades vertes d'arbres et de fleurs. Concept novateur de structure en hélice.
- Conception avancée des bâtiments écologiques Le sous-sol du paysage est naturellement éclairé et ventilé.⁷⁴



Figure 139 : coupe de la tour Agora Garden

Source : <https://www.dezeen.com>

5.7. La structure

-Système de paroi à parallèle recouvrez et réutilisez le lisier d'origine pour réduire les déchets de contraction.

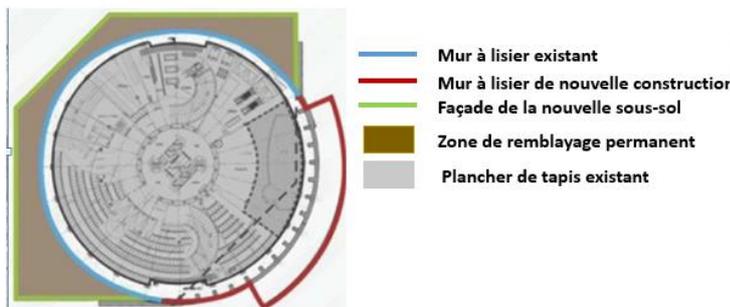


Figure 140 : plan de la tour Agora Garden
Source : <https://www.skyscrapercity.com>

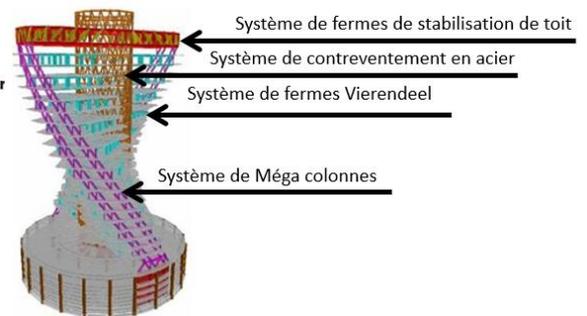


Figure 141 : modèle 3D du système structural
Source : <https://www.skyscrapercity.com>

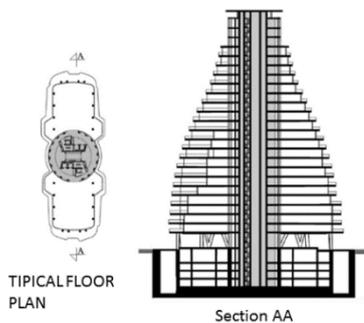


Figure 142 : la tour de jardin agora-plan et coupe transversale
Source : <https://www.skyscrapercity.com>

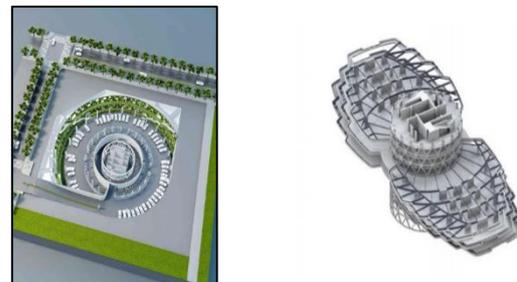


Figure 143 : Agora Garden sous-sol
Source : <https://www.bollinger-grohmann.com>

-un exosquelette porteur d'acier est utilisé pour renforcer la structure du bâtiment. Tous les planificateurs sont tordus dans le sens des aiguilles d'une montre d'un angle de 4,5 degrés et sont au-dessus de deux méga-colonnes en spirale.

⁷⁴ <https://www.archilovers.com>



Figure 144 : La construction de la tour agora Garden
Source : <https://www.batiactu.com>



Figure145 : Modèle 3d de la structure de la tour agora Garden
Source : <http://vincent.callebaut.org>

Conception sismique de qualité centrale nucléaire

- L'accélération maximale prévue au sol est de 400 gallons, ce qui peut résister au séisme de classe 7 à Taiwan et rester flexible et non endommagé.



Figure 146: 72 pieux forés dans le substrat rocheux pour l'isolement sismique de classe 7 EPS
Source : <https://www.skyscrapercity.com>

-L'Écologie

-Création de verdissement vertical pour les balcons de chaque étage
Maximisez l'espace vert. Y compris 1F étage RF typique. Série de système de réseau vert écologique



Figure 147 : vue sur le balcon de la tour Agora Garden
Source : <http://vincent.callebaut.org>

-Durabilité

- Système à double paroi créer une ventilation de la nature et réduire la consommation d'air.
- Utiliser des matériaux recyclables.
- Réduction des excavations pour le volume de terre de fondation⁷⁵

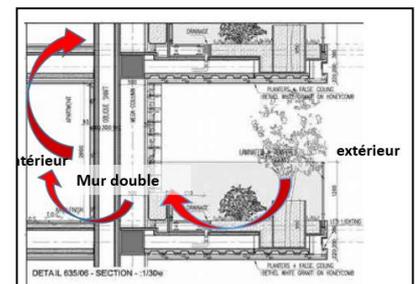


Figure 148 : systèmes à double paroi
Source : <http://vincent.callebaut.org>

⁷⁵ <https://www.archilovers.com>

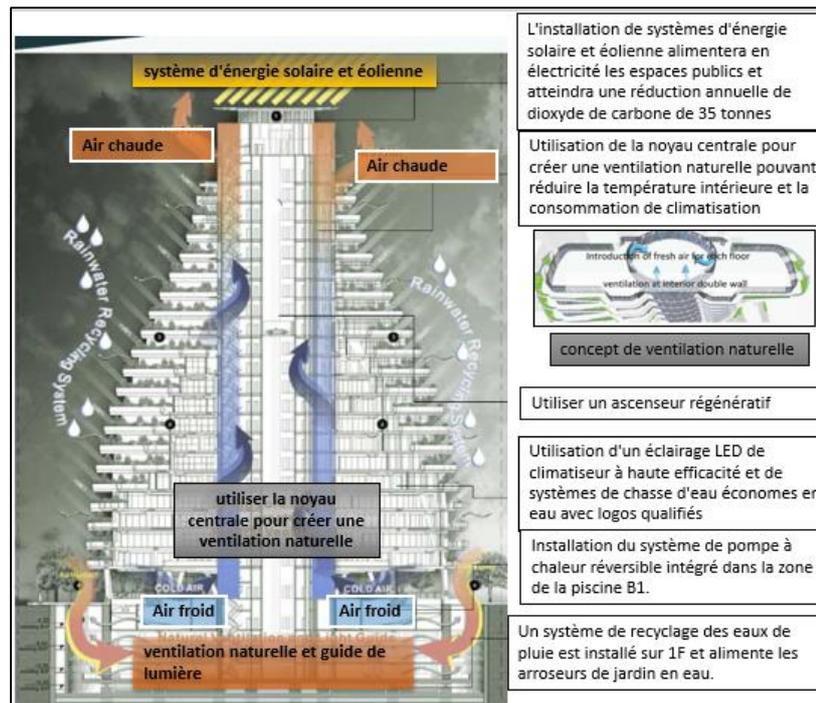


Figure 149 : coupe de la tour Agora Garden

Source : <https://www.archilovers.com>

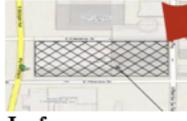
5.8. Synthèse

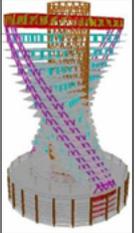
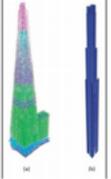
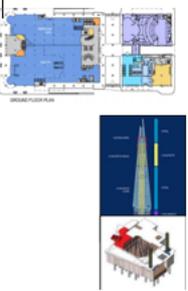
- Les balcons dits ascendants ou positifs : de plein air, ils bénéficient d'un ensoleillement maximal et permettent de cultiver leurs arbres et arbustes d'essences subtropicales. Nous aménagerons de préférence les pièces à vivre de ce côté. Il sera également possible d'incruster des parasols photovoltaïques à l'extrémité de la dalle selon les souhaits de chaque résident. Des capteurs thermiques pourraient également être mis en place afin de produire de l'eau chaude sanitaire.⁷⁶
- Les balcons dits descendants ou négatifs: Couverts par le niveau supérieur, ils offrent des espaces de détente à demi ombragés pour cultiver des fleurs, des légumes, des plantes aromatiques et des espèces tombantes et grimpantes. Nous installerons de préférence les chambres de ce côté.
- L'utilisation de poutres crénelées permettra de profiter d'une hauteur libre maximale sous plafond.
- Le cloisonnement intérieur de chaque appartement sera à la carte selon les souhaits de chaque habitant.

6. Tableau comparatif des exemples

Tableau 07 : Tableau comparatif des exemples

⁷⁶ <https://cdn.archilovers.com>

Exemple	Bosco Verticale	Agora Garden	The Shard	Water Tower	synthèse
Fiche technique	Pays : Italie Hauteur : 110m et 76m Nb d'étages 110 et 76m Surf totale : 	Taipei Taiwan 42.335 m ² R+20 8 160 m ² 	Angleterre 309,6 m 72 usés (95) 127 489 m ² 	chicago 119 m 18 et 26 40 000 m ² 	La superficie des tours et la hauteur varient en fonction de plusieurs facteurs, notamment l'emplacement du projet, la nature des fonctions qu'il contient et le climat.
Programme de base	des logement de luxe	Des logements de luxe	Le ratio : Bureaux : 65 % Hôtel : 21 % Résid 6, 9 % Comc 6,6 % Autre : 5 % Les surfaces : Résid : 5 800 m ² Hôtel : 17 800 m ² Bur : 55 200 m ² Comc 5 600 m ² Aut 6374.45 m ²	Centre commercial : 76115m ² : 27% Les bureaux : 20055m ² : 7% Hôtel : 52180m ² : 18% Habitat : 81330m ² : 29% Parking : 30563m ² : 11% Divers : théâtre, cinéma restaurants.....23863m ² : 8%	Programme de base Le ratio : Bureaux : 20.5 – 65 % Hôtel : 21 – 58 % Résid : 2 – 42.5 % Comc : 2 - 25 % Autre : 3 – 18 % *Les ratios varient d'un exemple à un autre selon - L'éch. d'appartenance. - Le besoin de la région - La nature de propriétaire (l'état ou une entreprise ou un propriétaire privé...). - La valeur du bâtiment et la qualité de ses espaces intérieurs + les services loisir demandés .
Architecture	Implantation : situées dans le quartier de Porta Nuova à Milan , en Italie , entre la Via Gaetano de Castilia et la Via Federico Confalonieri, près de la gare de Milano Porta Garibaldi  La forme : Deux parallélépipèdes Le premier 110 m et le deuxième 75m. L'intégration de la végétation dans les façades. Technologies :	Implantation : Taipei Taiwan, district de XinyiRoute: Route Song Gao & Route Song Yong  La forme : de sa base au sommet, les 20 niveaux habités en double double hélice s'étirent et se tordent à 90 degrés. Utiliser des matériaux recyclables. Système à double paroi créer une ventilation de la nature et réduire la consommation d'air. L'intégration de la végétation dans les étages et les façades .	Implantation : Le Shard ou le London Bridge Tower se trouve entre la gare de London Bridge. Elle se situe à l'écart par rapport à la City. La tour est très visible depuis une bonne partie de la ville. Ce site est desservi par la station de métro London Bridge.  La forme : La forme générale est inspirée par les imposantes flèches des clochers d'églises. Technologies :	Implantation : Le projet se situe en plein centre de la ville de Chicago aux USA, il est limité de ces cotés par des voies mécaniques très fréquentées.  La forme : un monobloc composé de deux parallélépipèdes: horizontal : représente le socle composé à sa base d'un centre commercial. Le 2ème vertical: représente la tour. Technologies : Etage techniques, des galeries panoramiques contient des jardins d'hiver	Architecture Les formes des édifices sont complètement différentes à cause des critères comme : - La forme du terrain d'implantation. - La culture locale de la région. et Selon le mouvement et le style de l'architecte ou le groupe des concepteurs. - La source d'inspiration. -Les conditions climatiques genre la densité des vents de la région qui va influencer la conception d'une forme dynamique particulière * Chaque exemple à une réflexion vers l'écologie et la durabilité mais chacun avec sa manière. *Les étages inférieurs sont tjrs
	L'utilisation des énergies renouvelables « géothermique, éolienne et solaire » au niveau de toit terrasse pour diminuer les dépenses énergétiques.  	 	Etage techniques, des galeries panoramiques contient des jardins d'hiver naturellement ventilés et éclairés par la lumière du jour et Isolation sonore et thermique Intégration de la végétations dans les étages.  	naturellement ventilés et éclairés par la lumière du jour & Isolation sonore et thermique. -les matériaux et le type de structure utilisés assurent une certaine transparence, une bonne aération , un bon éclairage, une flexibilité dans le fonctionnement et donne une grande valeur au projet. 	spécialisés pour le commerce et le loisir

<p>structure</p>	<p>La structure des tours du projet est entièrement constituée de béton armé. La structure porteuse verticale de la tour E est constituée de 13 piliers, placés sur le périmètre du plan d'étage, avec des angles non supportés</p> 	<p>Système de fermes de stabilisation de toit. Système de contreventement en acier Système de fermes Vierendeel Système de Méga colonnes</p> 	<p>Système structurel : Tube en tube avec une trame stabilisatrice. comportement: Le cadre résiste à des charges latérales causées par les forces tangentielles des charges de vent causées par le système de fermes Vierendeel utilisée pour aligner le périmètre des colonnes</p> 	<p>L'équipement a été conçu par un système par un système constructif très léger qui est l'ossature métallique pour assurer la verticalité et diminuer les charges.</p> 	<p>L'utilisation du : béton + l'acier + la combinaison entre eux comme des matériaux principales dans la construction de l'ossature de chaque exemple. Le noyau central est utilisé, plus qu'un élément structurel, un espace spécifié pour les locaux techniques, pour la circulation verticale, les montes charges, ou il est considéré comme un espace d'évacuation. Chaque exemple à un système structurel différent d'un autre à cause de la variation de l'intensité des contraintes (la sismicité et les charges du vent), qui menacent les édifices, d'une région à une autre.</p>
-------------------------	---	--	---	---	--

Source : traiter par auteur

Chapitre III

Processus conceptuel

1. Programme de base pour le projet

Après l'étude de quelques exemples nous ont permis d'arrêter un programme de base ou on a pensé à des activités rentable, et un fonctionnement du projet durant l'année. la programmation des espaces est basé sur les potentialités du site pour mieux les exploiter.

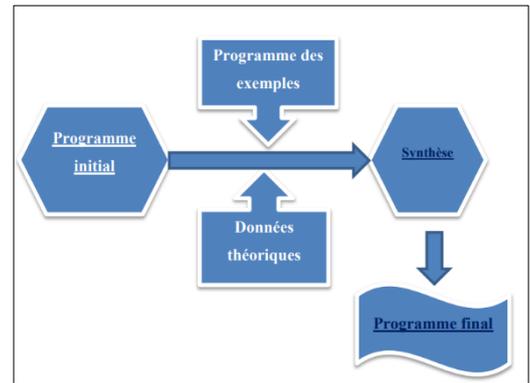


Figure 150 : schéma présente la méthodologie d'élaboration du programme
Source : auteur

Les schémas suivants représentent les fonctions sélectionner et les les grandes fonctions prévues pour une tour multifonctionnelle.

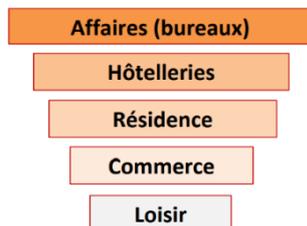


Figure 151 : Schéma des grandes fonctions prévues pour une tour multifonctionnelle
Source : auteur



Figure 152 : Schéma de fonctions sélectionnées pour notre tour

- A la lumière des exemples étudiés et à la base de l'exemple le plus proche de notre cas (Centre Commercial Coop "Le Cârô", The Shard Tower), les proportions fonctionnelles dégagées, sous forme de ratio, nous a donné une approximation programmatique des tours multifonctionnelles. (43.6bureaux, 28.4%commerce, 4.16%loisir, 13.32%service, autre 8.63%).
- L'étude en parallèle de cet énoncé concernant la mixité a mené à considérer trois typologies autant de répartition du programme que de position d'expression de celle-ci.
 - ✓ La première typologie consiste à considérer la mixité programmatique comme une grappe d'éléments relativement indépendants pouvant s'exprimer comme telle.
 - ✓ La seconde typologie, exprimant fortement la mixité, est la considération des bureaux comme une masse mono-programmatique dans laquelle des exceptions d'autre nature apparaissent.
 - ✓ La troisième typologie, de manière plus simple, propose une mixité par accumulation programmatique.

-Le choix de l'une ou l'autre de ces stratégies sera du ressort du projet, cependant, aucune n'est à priori en conflit avec la première intention structurelle.

1.1. Le programme proposé

Tableau 08 : le programme

SECTEUR	ESPACE	UNITE	SURFACE	SURFACE TOTALE
Administratif	Acceuil-reception	1	20	20m ²
	Bureau de manager et de comptable	1	40	40m ²
	Bureau de directeur générale	1	30	30m ²
	Salle de réunion	1	30	30m ²
	Sanitaire	1	15	30m ²
	stockage	1	500m ²	500m ²
	Sous sous totale 650m²			
Commerce	Halle d'accueil			300m ²
	Commerce de luxe			
	Salon de beauté f	1	120	120m ²
	Coiffeur h	1	80	80m ²
	fleuriste	1	80	80m ²
	Magasins sacs et chapeaux	2	50	100m ²
	Magasins de montres	2	50	100m ²
	photographie	1	100	100m ²
	Rayon des femmes voilées	1	190	190m ²
	Rayon des jeux enfants	1	100	100m ²
	Rayon des vêtements (Zara)	1	300	300m ²
	Rayon d'électroménager	1	200	200m ²
	Rayon des vêtements H	1	170	170m ²
	Rayon des vêtements E	1	170	170m ²
	Espace de jeux E	1	160	160m ²
	Bijouterie	1	200	200m ²
	Bijouterie en argent	1	125	125m ²
	Cosmétique	2	70	140m ²
	Magasin des vêtements sportifs	1	100	100m ²
	Magasin des produits de soins pour les sportifs	1	100	100m ²
	Magasin des sous-vêtements	1	70	70m ²
	Magasin de vêtements F	3	100	300m ²
	Magasin des chaussures F	2	90	180m ²
	Magasin des chaussures H	1	50	50m ²
	Sephora	1	90	90m ²
	Gucci	1	90	90m ²
	Puma	1	90	90m ²
	ADIDAS	1	90	90m ²
	Dior	1	70	70m ²
	CHANEL	1	120	120m ²
	LOUIS VUITTON	1	120	120m ²
	Sécurité	1	45	45m ²
	Espace de livraison	1	150	150m ²
	Circulation + sanitaire		30%	
		Sous totale	5590m²	
Affaire	Siège d'entreprise		8577m²	
	Petite entreprise			
	Accueil 5 pers+ bureau	4	35	140m ²
	Espace de travail (open space)	4	60	240m ²

	Kitchenette	4	06	24m ²
	Bureau directeur	4	25	100m ²
	Bureau secrétaire	4	12	48m ²
	Salle de réunion	4	25	100m ²
	sanitaire	2	08	16m ²
			Sous sous totale	668m²
	Moyen entreprise			
	Accueil 20 pers	3	25	75m ²
	Espace d'attente	3	30	90m ²
	Espace de travail	3	140	420m ²
	Bureau (salle)	4*3	25	300m ²
	Bureau directeur	3	35	105m ²
	Bureau secrétaire	3	15	45m ²
	Archive	3	12	36m ²
	Kitchenette	3	15	45m ²
	Salle de réunion	3	35	105m ²
	Sanitaire	2	08	16m ²
			Sous sous totale	1237m²
	Grande entreprise			
	Accueil 40 pers	2	35	70m ²
	Espace d'attente	2	50	100m ²
	Espace de travail (open space)	2	250	500m ²
	Bureau (salle)	6*2	25	300m ²
	Bureau directeur	2	40	80m ²
	Bureau secrétaire	2	20	40m ²
	Salle de réunion	2	40	80m ²
	Archive	2	30	60m ²
	Kitchenette salle de repos	2	40	80m ²
	Sanitaire	4	08	32m ²
			Sous sous totale	1342m²
	Agences			
	Importer / Exporter			426m²
	Réception	2	25	50m ²
	Espace de travail (open space)	2	50	100m ²
	Bureau (salle)	2*2	30	120m ²
	Salle de réunion	2	40	80m ²
	Stockage	2	20	40m ²
	Kitchenette	2	10	20m ²
	Sanitaire	2	08	16m ²
	Agence publicitaire	1	350	350m ²
	Agence d'assurance	1	350	350m ²
	Agence de voyage	1	400	400m ²
	Fonction libérale			
	bureau de notaire	2	200	400
	Bureau d'avocat	2	250	500
	Bureau d'étude	3	300	900
	Dentiste			
	Réception	1	30	30
	Salle d'attente HF	2*1	15	30
	Bureau de dentiste	1	35	35
	Bureau d'infirmière	1	15	15
	Stock	1	20	20
	Kitchenette	1	10	20
	Cabinet médicale	1	50	50
	Sanitaire	2		16m ²
			Sous sous totale	216m²

	Pédiatre				
	Réception	1	20	20m ²	
	Salle d'attente HF	1*2	35	35 m ²	
	Stock	1	15	15 m ²	
	Bureau de médecin	1	35	35 m ²	
	Bureau d'infirmière	1	15	15 m ²	
	Sanitaire	2	08	16m ²	
			Sous sous totale	136m ²	
	Labo d'analyse				
	Réception	1	40	40m ²	
	Bureau de médecin	2	25	25m ²	
	Stock pour les instruments	1	25	25m ²	
	Salle de prélèvement de sang	1	40	40m ²	
	Stock des machines	1	45	45m ²	
	Vestiaire	1	20	20m ²	
	Salle d'infirmière	1	30	30m ²	
	Sanitaire	2	08	16m ²	
			Sous sous totale	241m ²	
			Circulation	25%	
Service	Restaurant moderne	2	225	450	
	Restaurant traditionnel	1	220	220	
	Restaurant chinoise	1	400	400	
	Restaurant de luxe	2	400	800	
	Cafétéria	3	250	750	
			Sous totale	2620m ²	
Loisire	Salle de sport				
	réception/ 'accueil	1	20	20	
	espace cardio	1	60	60	
	espace de musculation	1	75	75	
	espace échauffement + Works Out	1	50	50	
	Espace de fitness	1	60	60	
	vestiaire	2	13	26	
	Douche	6	1	6	
	Sanitaire	6	1	6	
				Sous sous totale	303m ²
		Salle de jeux			
		Coin de vent des tickets	1	25	25
		Comptoir /kitchenette	1	25	25
		Espace billard	1	60	60
		Babyfoot	1	50	50
		Jeux de carte	1	40	40
		Jeux virtuels	1	40	40
		Espace de repos	1	50	50
		Sanitaire	2	08	16
				Sous sous totale	306m ²
		Bibliothèque			
		Réception & services	1	30	45
		Rayonnage des livres	1	65	65
		Salle de lecture	1	90	90
		Salle d'informatique	1	50	50
		Périodique	1	27	27
		Salle de lecture pour enfant	1	50	50
	Sanitaire	2	08	16m ²	
			Sous sous totale	343m ²	
	Circulation		20%		
			Sous totale	1190m ²	

Les locaux techniques	bâche à eau d'incendie	1	70	70
	bâche à eau potable	1	80	80
	Salle de contrôle	2	50	50
	Centre de climatisation	1	150	150
	Chaufferie	1	150	150
	Groupe électrogène	1	100	100
	Equipment téléphonique	1	60	60
	Distribution de l'électricité	1	60	60
	Equipment électronique	1	60	60
	Locaux d'entretien	1	50	50
	Circulation		20%	
			Sous totale	
Aménagement extérieur	Parking			
	Handicapés	25pl	375	375m ²
	Employés	100pl	1500	1500m ²
	Centre commerciale	120pl	1800	
	Circulation	55%		
		Totale		3075m²
	Les espaces verts et les espaces d'eaux			2000m²
Total général de tous les planchers : 19667m²				2.

Source : auteur

2. Analyse de site

2.1. Situation géographique et description de la zone d'étude

2.1.1. Situation : La wilaya de Biskra est située au centre-est de l'Algérie dans la région des Aurès aux portes du désert du Sahara. Le chef-lieu de la wilaya est la ville de Biskra. La wilaya de Biskra est wilaya depuis le découpage administratif de 1974.

La superficie totale de la wilaya est de 20 986 km², la population estimée selon le dernier recensement est de 772 746 habitants.

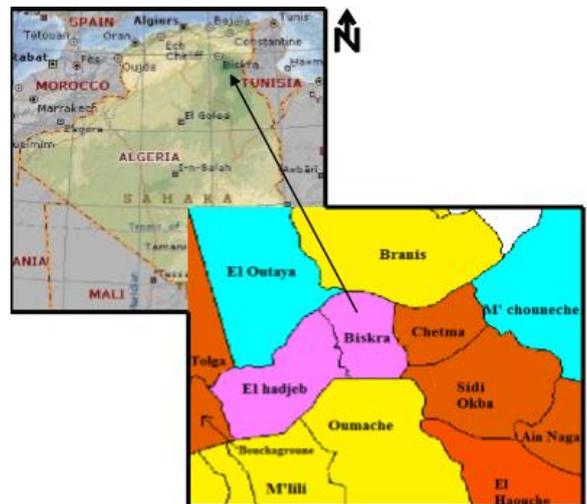


Figure 153 : Carte de situation géographique de la ville de Biskra

Source : <https://www.google.com>

2.1.2. Limite géographique

La wilaya de Biskra est limitée au nord par la wilaya de Batna, à l'est par la wilaya de Khenchela, à l'ouest par la wilaya de Djelfa et au sud par la wilaya de Ouargla.

2.1.3. Le climat

- ✓ Le climat de la wilaya de Biskra est de type saharien sec, la pluviométrie est de 120 à 150 mm/an. La température moyenne est de 20,8 degrés C°. ⁷⁷

2.1.4. Le relief

La wilaya est constituée de quatre grands ensembles géomorphologies

⁷⁷ <http://www.dsp-biskra.dz>

-Les montagnes : situées au nord de la wilaya, elles sont généralement dénudées de toute végétation naturelle, le point culminant est djebel taktiout d'une altitude de 1924m.

-Les plateaux : localisés es grande partie à l'ouest de la wilaya.la végétation des plateaux maigre constitue des sites privilégiés de parcours.

-Les plaines : occupe la partie centrale de la wilaya de Biskra, et couvrent la quasi-totalité des daïra d'El-Outaya et Sidi-Okba et la commune de Doucen. (Le cas de notre terrain).

-Les dépressions : situées au sud-est de la wilaya, elles constituent une assiette ou se forment des nappes d'eau très minces constituant ainsi les cotts dont le plus important est le chott Melghir dont le niveau peut atteindre -33m au-dessous de celui de la mer. ⁷⁸

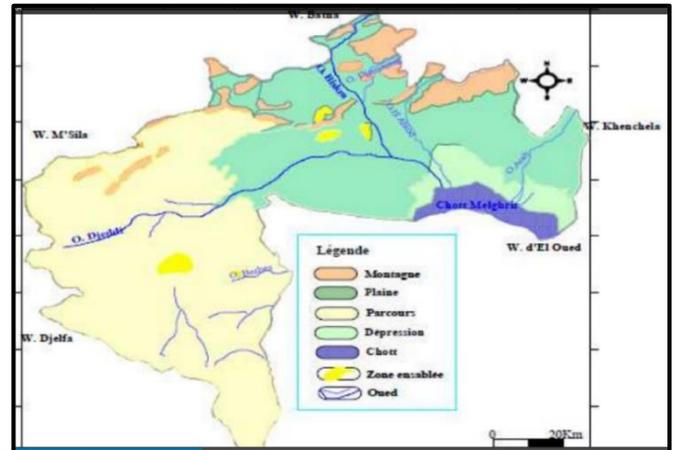


Figure154 : Carte de milieu physique de la wilaya de Biskra

Source : <https://www.google.com>

2.1.5. Le sol

L'étude morpho analytique des sols de la région de Biskra montre l'existence de plusieurs types de sols .les sols de la wilaya de Biskra présente les caractéristiques suivantes :

- les régions sud, sont surtout caractérisées par les accumulations salées, gypseuses et calcaires.
- les régions est : sont définies par les sols alluvionnaires et les sols argileux fertiles.
- les zones du nord ou (zone de montagne) sont le siège de la formation des sols peu évolués et peut fertiles. ⁷⁹

2.2. Le terrain

2.2.1. Les points forts de choix de terrain

- Notre terrain est se situe dans la zone ouest sur la franche du l'oued, qui considère comme un ligne de force à une grande influence symbolique et surfacique.
- Le terrain se situé à l'entrée de la ville de Biskra.
- L'existence des multiples des points des repères. (le cimetièrè juif, la zone militaire, l'oued).
- Après le choix du terrain pour être le terrain approprié à notre projet, on va étudier ses différents aspects pour découvrir toutes les subtilités et potentialités.

2.2.2. Situation géographique

- Le terrain se situe dans la zone nord de la ville de Biskra et il donne sur le front de l'oued de sidi Zarzour.
- Le terrain considéré pour recevoir notre projet à une superficie du 11800 m², il dispose de 2 façades dont la façade Est donne sur un axe principal l'oued et le boulevard front de l'oued.

⁷⁸ Ferfach Imen, la monographie de la wilaya de Biskra, institue de gestion technique et urbaine, Constantine 3,2014-2015, pdf p 4-6.

⁷⁹ Idem, p4-7 2



Figure 155 : Carte présente la situation du terrain par rapport la zone ouest de Biskra
Source : Google Earth

2.2.3. L'environnement immédiat du terrain

Notre terrain est limité par :

- La zone militaire au sud.
- l'oued dans le coté Est
- le cimetière juif et le centre de formation à l'ouest.

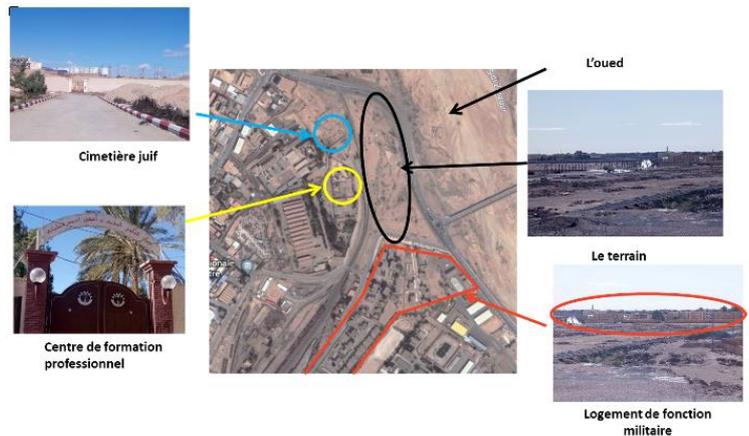


Figure 156 : l'environnement immédiat du terrain
Source : Google Earth

2.2.4. Circulation et accessibilité :

-Le site est accessible directement, par la voie mécanique principale rue de l'oued (Sidi Zerzour) et la voie secondaire au voisinage de la zone militaire au sud.

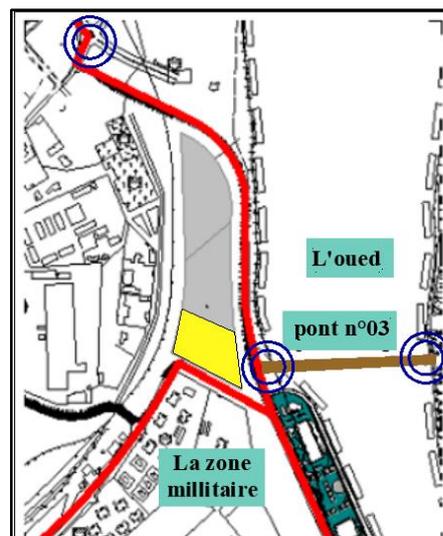


Figure 157 : Accessibilité au site
Source : Pdeau de Biskra

2.2.5. La morphologie du terrain

- La forme du terrain est une forme irrégulière. Le site est caractérisé par un terrain proportionnellement plat. La surface du terrain est⁸⁰ : 11800m²

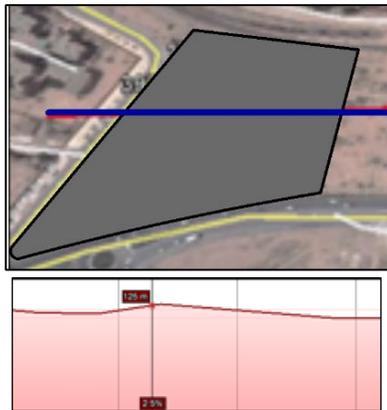


Figure 159: coupe AA
Source: Sun Earth Tools

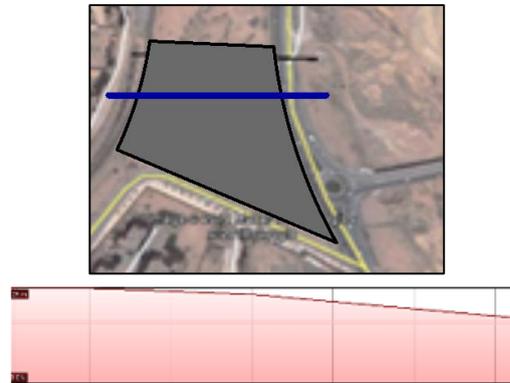


Figure 158: coupe BB
Source: Sun Earth Tools

2.2.6. Etude d'ensoleillement

D'après le Sun Path, dans (la figure.160) montre que le terrain est bien ensoleillé, ne trouve pas des obstacles qui obscurcit les rayons de soleil, mais me terrain manque d'ombrage.

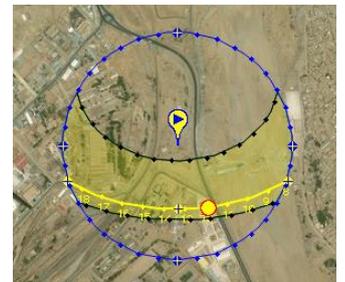


Figure 160 : trajectoire solaire
Source : Sun Earth Tools

2.2.7. Etude des vents :

La vitesse horaire moyenne du vent à Biskra connaît une variation saisonnière modérée au cours de l'année.⁸¹

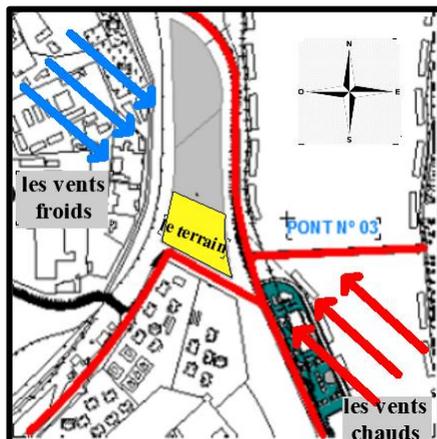


Figure 161 : Schéma présente les directions des vents durant l'année
Source : Sun Earth Tools

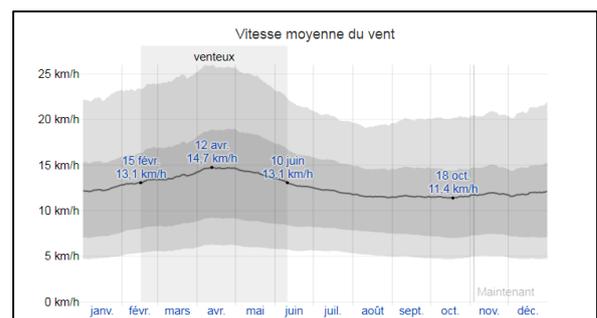


Figure 162 : Diagramme présente la vitesse des vents durant l'année
Source : Sun Earth Tools

2.3. Conclusion

- ✓ Forte visibilité et lisibilité du site (la situation stratégique).

⁸⁰ Google earth pro

⁸¹ Sun earth tools

- ✓ L'accessibilité (facilement accessible depuis différentes parties de rue front de l'oued.
- ✓ Les vents jouent un rôle très important dans la détermination des sites d'implantation et la forme du bâtiment.
- ✓ la végétation offre une protection contre les vents.
- ✓ pour les terrains exposés aux rayons solaires, la présence d'arbres à feuilles caduques à l'ouest permet d'éviter une surchauffe durant l'été et, en hiver, de laisser pénétrer les rayons solaires à l'intérieur du projet, et ainsi d'augmenter la température de manière naturelle.⁸²
- ✓ L'étude de l'ensoleillement aide nous dans la conception du projet ce qui concerne : l'orientation, la forme, la planification des espaces selon les besoins de chaque fonction.

3. Les éléments de passages

Notre but principal est d'implanter le projet dans son assiette en créant un élément architectural de repérage (signalétique) visible dans son environnement.

3.1. Niveau extérieur

3.1.1. Les concepts :

- ✓ **Création d'un élément architectural signalétique.**
- ✓ **La Création d'un point de repère dans la ville :** Le projet doit être un élément de repère afin que les gens puissent se repérer par rapport à ce dernier que ce soit par sa forme, sa morphologie, son gabarit ou sa position dans la ville.
- ✓ **La Création d'un élément d'appel :** Le projet doit être un élément d'appel qui invite les gens à le visiter à travers l'incorporation de volume présentant un haut gabarit, un traitement exceptionnel, ou une forme qui sort de l'ordinaire. et notre projet se situe à l'entrée de la ville.
- ✓ **La transparence :** La lumière et l'ombre sont les haut-parleurs de cette architecture de vérité, de calme et de force. La transparence a pour objectifs :
 - créer une relation entre l'intérieur et l'extérieur pour pouvoir se sentir à l'intérieur du projet avant d'avoir franchi ses portes.
 - favoriser le contact de l'homme avec son environnement. La transparence donnera aux utilisateurs de l'espace cette sensation de liberté et de communion, avec la nature qu'on reproduira par une végétation importante et des plans d'eau, afin d'apporter l'idée d'inspiration.

3.1.2. Manières et outils d'exécution

La 1 ère étape : les axes

-Un axe fort de visibilité : c'est un axe majeur à partir duquel qu'on aura une vue globale du projet.

⁸² www.maison-construction.com

D'après les résultats de l'analyse d'ensoleillement et l'analyse du site, on a tracé l'axe d'implantation pour plusieurs raisons :

- Profite du maximum possible des percés visuelles.
- Minimiser la distance de recul.
- Profiter de la largeur du terrain dans cette zone d'implantation.
- minimise l'impact du vent on montant en hauteur.

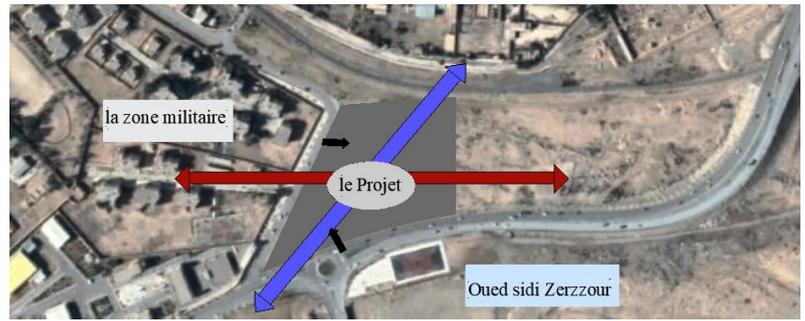


Figure 163 : schéma présente les axes majeurs d'implantation

Source : Google Earth traité par auteur

- ✓ Pour obtenir une meilleur orientation du projet par rapport l'ensoleillement, protection au vent et une belle vue panoramique on a choisi l'axe sud-Est.

La 2^{ème} étape : l'accessibilité

- En premier lieu, nous avons créé une voie secondaire afin de réduire la circulation existante au niveau de la rue principale qui limite notre terrain dans le but d'accéder facilement les voitures au parking du sous-sol et pour le stationnement des taxis.
- on positionnant les parkings publics dans la partie ouest du terrain.

a) Accès principal

Chaque projet doit avoir un accès principal incitant les visiteurs à prendre une direction déterminée pour accéder au cœur du bâtiment. Pour notre cas on a choisi de démarquer l'entrée principale par une esplanade placée en face le boulevard de l'Oued.

b) Accès secondaire

Ces types d'accès sont placés principalement sur les piétonnières assurant d'une part la liaison entre les différents équipements et d'autre part ils permettent un accès rapide et direct. Pour notre cas on a placé ces accès (accès du centre commercial) dans la façade Nord-Est et l'accès du centre d'affaire dans la façade Sud-ouest pour être près du parking extérieur et pour minimiser la circulation Piétonne.

d) Accès service

Ces accès restent réservés aux services de livraisons ...,

Ils permettent d'avoir une circulation fluide, alors notre Accès service est dans la partie Nord-Ouest du terrain vers le sous-sol.

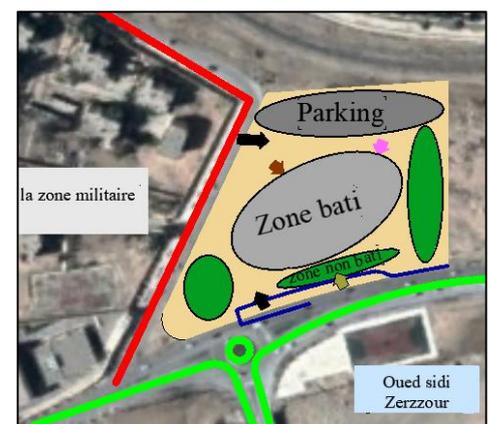


Figure 164 : schéma présente les différents accès
Source : Google Earth traité par auteur

La 3ème étape : les alternatives d'implantation

La masse bâtie du projet : est implantée dans le milieu du terrain sur l'axe majeur de composition.

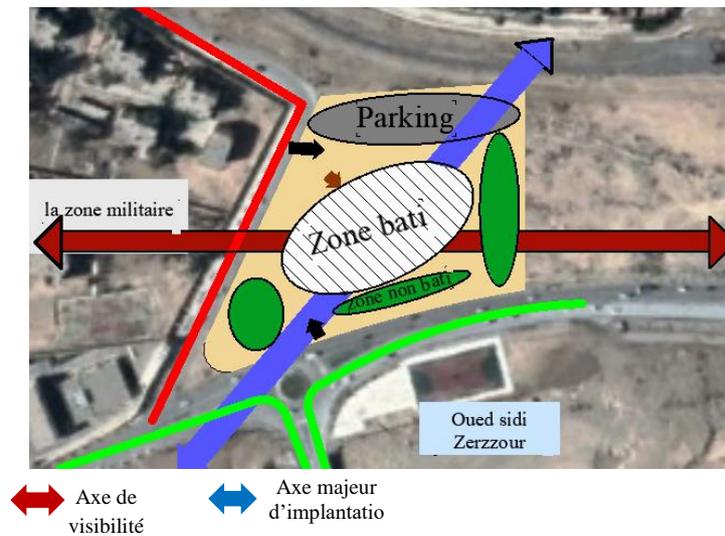


Figure 165 : schéma présente le plan de masse
Source : Google Earth traité par auteur

La 4ème étape : l'organisation spatiale (zoning)

L'organisation spatiale des fonctions se fait selon la priorité et la relation fonctionnelle entre elles.

la planification des espaces par la mise en place d'une esplanade devant le projet pour marquer l'entrée principale.

On a implanté des parkings dans la partie nord et sud Est du terrain tout en articulant entre ces espaces extérieurs et les espaces intérieurs prévus pour notre projet par des accès piétons.



Figure 166 : schéma présente le zoning au niveau plan de masse
Source : Google Earth traité par auteur

La 5ème étape : la forme et la volumétrie

Les concepts :

- ✓ **Dynamisme** : Notre projet doit avoir une forme dynamique et futuriste qui s'inscrit dans son temps. Cette forme doit exprimer l'évolution permanente du monde économique qui nous entourent et du développement économique qui est en accroissance accrue.

- ✓ **L'ouverture** : Le projet par sa fréquentation par une population venue des quatre coins du monde doit être un équipement moderne qui s'ouvre sur le monde extérieur. Cette ouverture va donner plus de liberté aux visiteurs afin qu'il ne sente pas cloisonner.
- ✓ **Fluidité et lisibilité** : La qualité visuelle, la clarté apparente ou lisibilité se conjuguent pour créer une structure globale du projet qui lui permet d'être lisible à l'intérieur et se laisse découvrir à l'aide d'une fluidité et lisibilité de circulation.
- ✓ **le désigne symétrique** : Pour assurer l'équilibre on choisit le désigne symétrique parce que :
 - le symétrie est un élément important dans l'évaluation de l'esthétique d'une forme.
 - Défini l'attrait visuel d'une chose.
 - Outil pour donner la stabilité à la structure.
- ✓ **l'intégration de la végétation** : L'intégration du végétal en tant que composante de l'espace architectural joue un rôle très important au niveau de l'apparence du projet. Il permet de créer des ambiances particulières et nouvelles dans l'architecture et d'apporter de l'émotion et du sens. Souvent perçu comme non structuré, sauvage, irrégulier ou foisonnant il peut aussi offrir un jeu fin et délicat par diversité de textures et de couleurs.

Tableau 09 : les types de plantes utilisées dans les façades et l'extérieur.

Plante	Caractéristique	façade
Delonix regia 	L'arbre a besoin de lumière et pousse faiblement et peu à l'ombre, elle préfère les sols sableux, Les plantes établies sont très résistantes à la sécheresse, Habituellement à feuilles persistantes, les arbres sont caduques dans les zones où la saison sèche est longue et prononcée, L'arbre atteint une hauteur de 10 à 18 mètres. ⁸³	Sud-ouest Sud-est
African milk bush 	Un arbuste ornemental de 3 m de haut. À feuilles persistantes, Exposition à la lumière : Soleil, Soleil partiel, Ombre filtrée, Soleil du matin.	Nord-est Sud-est Nord-ouest
Lagerstroemia 	Le lagerstroemia est un petit arbre caduc et un superbe arbuste qui fleurit tout l'été. Hauteur : 3 à 5 m, Exposition : Ensoleillée et mi-ombre. ⁸⁴	Sud-ouest Sus-est Nord-est
Washingtonia filifera 	Ces palmiers poussent dans les zones arides et rocailleuses, où ils trouvent des conditions de chaleur et de luminosité parfaites pour leur croissance. Hauteur : 20 mètres de hauteur. ⁸⁵	Sud –ouest Nord –est Sud-est

⁸³ <http://tropical.theferns.info>⁸⁴ <https://www.gerbeaud.com>⁸⁵ <https://www.gerbeaud.com>

<p>Jacaranda</p> 	<p>Le jacaranda est un arbre subtropical fréquent en Méditerranée, doté d'une superbe floraison mauve de mai à juillet, hauteur : 10m, exposition : soleil</p>	<p>Nord –ouest Sud-ouest nord-est sud-est</p>
<p>Flamboyant</p> 	<p>Le flamboyant est un arbre à fleurs <u>Caduc</u> de la famille des Césalpiniacées, Pour pouvoir fleurir, le flamboyant besoin d'une bonne exposition. Placez-le au plein soleil : Hauteur : 5-10 m⁸⁶</p>	<p>Nord-est Sud-ouest</p>
<p>Parkinsonia aculeata</p> 	<p>Végétation semi-désertique, principalement dans les vallées désertiques et les zones de prairies désertiques. Plante à feuilles persistantes, il peut atteindre 4 à 10 mètres de haut,⁸⁷</p>	<p>Nord-est Nord –ouest Sud –est Sud-ouest</p>
<p>palmier</p> 	<p>Il nécessite également d'être exposé dans un endroit chaud et très ensoleillé. il s'utilise aussi bien en pleine terre, qu'en pot. ce palmier peut atteindre jusqu'à 10 m de hauteur.</p>	<p>Nord-est Nord –ouest Sud –est Sud-ouest</p>

Source : traiter par auteur

Manières et outils d'exécution

On a entamé la conception en 3D par le dégagement des 2 volumes symétrique élancés avec une base rectangulaire.

-les deux volumes présentent le centre d'affaire et le loisir et le socle englobe la fonction commerciale. la manière des distributions des fonctions de le plus publiques vers le plus privés.

- l'utilisation des étages ouverts qui abritent des fonctions (cafétéria, restaurants et des terrasse jardins pour améliorer la relation entre l'intérieur et l'extérieure et donner une certaine liberté fonctionnels pour les usagers.

- la création des jardins suspendus à travers des éléments végétaux ponctuels comme des arbres et des autres éléments végétale linéaire (verdure).

La transparence : l'intérieur présent des cloisons en verre délimite les différentes zones de travaux.- la transparence permette aux visiteurs et aux employés des vues splendides même dans les zones privés.

⁸⁶ <https://www.journaldesfemmes.fr>

⁸⁷ <http://tropical.theferns.info>

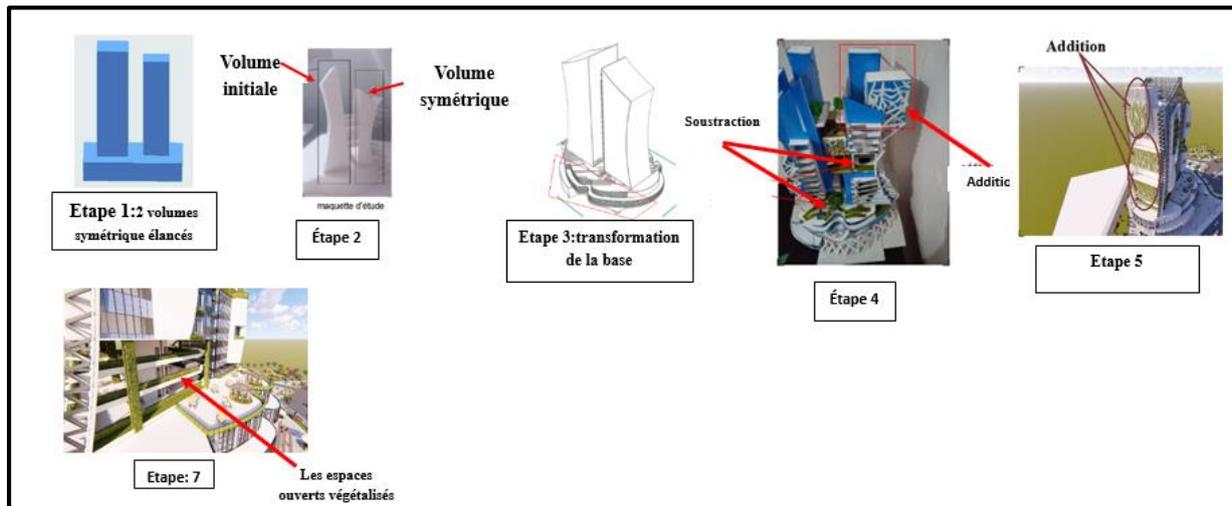


Figure 167 : Processus du développement du volume du projet
Source : auteur

La 6^{ème} étape Les façades :

Le niveau architectural :

La transparence : L'utilisation des murs rideaux Dans la partie base de la tour (le socle) pour des raisons fonctionnelles (commerce) c'est à dire la nécessité d'assurer la relation entre l'intérieur et l'extérieur.

- ✓ Identification des deux accès principaux qui sont traité avec des matériaux différents pour indiquer l'entrée.
- ✓ -plus que l'échelle augmente plus que les petits détails sur la façade devient moins intéressants, alors, pour cette raison on a essayé de donner une grande importance à l'aspect formel présenté par les formes fluides ,les courbes mais aussi l'utilisation de la structure comme un élément décoratif et porteur en même temps suivant des formes géométrique triangulaire.
- ✓ L'utilisation du design symétrique dans la conception des façades parce que la symétrie est un élément important dans l'évaluation de l'esthétique d'une forme et elle définit l'attrait visuel d'une chose.
- ✓ **Le niveau technique (le thème) :**

Dans la partie base de la tour on a utilisé quatre types des plantes grimpantes avec pourcentage de 35% de l'enveloppe végétale, pour des raisons fonctionnelles (Commerce), c'est-à-dire la nécessité de renforcer la relation entre l'intérieur et l'extérieur. La deuxième raison c'est l'orientation de la façade (Nord-Est), la façade a besoin de l'éclairage naturel car elle est ombragée à certain espace, ce qui signifie que nous n'avons pas besoin de l'enveloppe végétale dans certain espaces, au contraire on doit améliorer la relation entre l'intérieur et l'extérieur.

- ✓ **La tour :** Les points pris en comptes dans la distribution de l'élément végétale sont : l'orientation, la fonction, le confort thermique, sans oublié l'aspect esthétique.
- ✓ L'intégration des arbres et des palmiers dans les étages ou les restaurants et les cafétérias pour offrir une vue panoramique de l'extérieure (les terrasses jardin).

- ✓ l'utilisation du mur végétale sur les grandes surfaces de verre fait tombé de 3°C à 4°C de la température, et pour rafraîchir et capter le CO² et permettre la biodiversité de revenir à cette partie de la ville .Donc on a placé le mur végétale de manière qu'il assure le confort thermique , le confort visuel pour les usagers avec une surface de verre pour assurer la relation visuel entre l'intérieur et l'extérieur.
- ✓ -la différenciation entre les formes de l'enveloppe végétale signifie la différenciation des fonctions qui se trouve à l'intérieur.
- ✓ Le traitement du sommet par un toit courbé porté avec une structure tridimensionnel.
- ✓ Les volumes qui existent aux sommets des deux tours sont traités avec une enveloppe de même style mais avec des designs différents.



Figure 168 : façade principale
Source : auteur

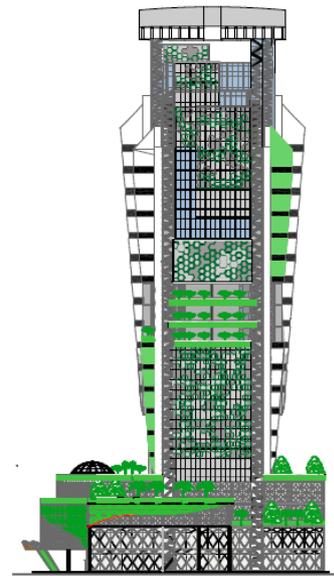


Figure 169 : façade Nord-ouest
Source : auteur

Tableau10 : les types de plantes utilisée dans les façades

Plante	Caractéristique	façade
Passiflora violacea 	Plante grimpante vigoureuse à feuilles persistantes, se développe en plein soleil, sa taille 3à9m ; besoin en eau moyen.	Sud-Est
Hedera hibernal 	C'est une <u>plante grimpante</u> à <u>feuilles persistantes</u> , atteignant 20–30 m, Position : Plein soleil - pleine ombre. facilité de culture à toutes expositions,	Sud-Ouest Sud-Est Nord-Est
Le jasmin étoilé (Trachelospermum jasminoides) 	Son petit feuillage persistant, coriace, vert sombre, Exposition : soleil Hauteur : 5 m ⁸⁸	Sud-ouest Sud-est

⁸⁸ <https://www.rustica.fr>

<p>Le rosier grimpante</p> 	<p>Famille : rosacées, végétation vivace, Feuillage : semi persistante, hauteur : 1.10à10m, Exposition : soleil,⁸⁹</p>	<p>Nord-est Sud-ouest</p>
<p>Vigne-vierge</p> 	<p>plantes grimpantes ligneuses à feuillage caduc, Exposition : soleil ou mi-ombre, offrant une protection solaire d'été, Végétation : vivace.</p>	<p>Sud-est Sud-ouest Nord-ouest</p>
<p>Bougainvillée</p> 	<p>Plante grimpante vivace à feuillage persistante, Hauteur : jusqu'à 10 à 12 m, exposé en plein soleil.⁹⁰</p>	<p>Sud-est Sud-ouest Nord-ouest</p>
<p>Lierre des Canaries - Hedera algeriensis Gloire de Marengo</p> 	<p>Famille Araliaceae, plante à feuillage persistante, hauteur : 6m, bien adapté aux climats secs et chauds.⁹¹ Position : Plein soleil - pleine ombre.</p>	<p>Sud-Ouest Sud-Est Nord-Est</p>

Source : traiter par auteur

-Les plantes utilisée à l'intérieur

3.2. Niveau intérieur

3.2.1. Organisation spatiale

Les concepts

- ✓ **Fonctionnalité** : Afin d'avoir un bon fonctionnement, les différentes disciplines, seront disposées suivant leurs relations et leurs caractéristiques, pour obtenir une continuité et une complémentarité.
- ✓ **Hiérarchie** : Le projet présente un programme riche et une diversité de fonctions qui nécessite une hiérarchisation dans la disposition de ces derniers afin que l'on puisse distinguer les fonctions primaires et secondaires, calmes et bruyantes.
- ✓ **La flexibilité** : Elle devrait garantir à la cité de s'adapter aux nouveaux changements opérés sur l'espace et aux nouvelles exigences, afin de prévoir les différentes modifications, elle se traduit par la structure qui réduirait au maximum les contraintes d'aménagement de l'espace et la modularité de l'ensemble des composants constructifs.
- ✓ **L'utilisation des plantes à l'intérieur** : Les plantes d'intérieur sont devenues en quelques années de véritables éléments de décoration. Outre leur aspect décoratif, elles possèdent des vertus apaisantes et pour certaines purifiantes.

-Tableau11 : Les plantes utilisée à l'intérieur

⁸⁹ <https://monjardinmamaison.maison>

⁹⁰ <https://monjardinmamaison.maison-travaux.fr>

⁹¹ <https://jardinage.lemonde.fr>

⁹² <https://www.promessedefleurs.com>

Plante	Caractéristique	Plante	Caractéristique
Syngonium podophyllum 	est une plante d'intérieur simple mais élégante et polyvalente, Il est en fait très "facile" à entretenir ⁹² Famille : Aracées, exposition : mi- ombre	LE TRADESCANTIA 	Sa culture facile, sans entretien et sa résistance à tout : sécheresse, chaleur, humidité, exposition..., Une exposition offrant une bonne lumière sans soleil direct en été est recommandée. Hauteur : 30 à 60cm ⁹³
Tradescantia pallidaest 	une plante vivace, il est cultivé dans le jardin comme plante annuelle, en pot et comme plante d'intérieur toute l'année. Entretien : faible, exposition : plein soleil à mi- ombre. ⁹⁴	Le sansevieria 	est une plante d'intérieur classée parmi les plantes grasses, de culture très facile. Expositions : lumière. Le sansevieria étant une plante de zone aride, les arrosages devront être modérés en été, et très espacés en hiver.
Géraniums 	Les géraniums sont des fleurs abondantes faciles d'entretien dont les fleurs lumineuses fleuriront du printemps à l'automne. Les plantes de géranium sont cultivées comme annuelles dans la plupart des zones, Exposition : au soleil Plein soleil, ⁹⁵	Cactus 	Les plantes grasses aux feuilles charnues gorgées d'eau sont capables de résister à une très forte sécheresse. Exposition : plein soleil, Pour l'arrosage, un peu d'eau une fois par semaine suffit en été. ⁹⁶
Asperges setaceus 	C'est une plante grimpante vigne touffue, persistante, qui atteignent généralement 10 à 20 pieds de long, Entretien : faible, exposition : mi- ombre ⁹⁷	asparagus sprengeri 	Type de plante : Annuel, Exigence de lumière : Partie soleil à soleil, entretien : facile, Adaptable comme plante d'intérieur, ⁹⁸
Le bambou 	Type : Plante d'intérieur, Hauteur : 1,5 m, Feuillage : Persistant, Exposition : Lumineuse, L'entretien est facile. ¹⁰⁰	la sansevieria 	La sansevieria est une plante succulente, Hauteur : 30 et 150 cm, Exposition : La sansevieria a besoin d'une bonne luminosité, mais sans soleil direct, Entretien : facile d'entretien. ⁹⁹

Source : traiter par auteur

Manières et outils d'exécution

La manière de la distribution des fonctions est du plus publiques vers le plus privés : on a laissé la partie base du bâtiment pour les activités commerciales, et d'accueil en profitant de la relation Int/ext de ces activités avec le parking et les esplanades et l'espace de livraison.

-L'organisation spatiale des deux volumes élancés est l'affaire.

⁹³ <https://www.ourhouseplants.com>

⁹⁴ <https://jardinage.lemonde.fr>

⁹⁵ <http://www.missouribotanicalgarden.org>

⁹⁶ <https://www.gardendesign.com>

⁹⁷ <https://www.gammvert.fr>

⁹⁸ <http://www.missouribotanicalgarden.org>

⁹⁹ <https://www.provenwinners.com>

¹⁰⁰ <https://www.muramur.ca>

-L'intersection des deux parties présente l'activité de service.

L'intégration des jardins suspendus englobent des différents services.

Les derniers étages sont des étages d'observations.

-On va assurer la circulation verticale par des ascenseurs et des montes charges seront implantées dans les noyaux centraux de chaque tour qui traversent le long du bâtiment dès les parkings souterrains jusqu'aux derniers étages, et par des escalators au niveau de la base du bâtiment.

-On va créer un passage végétalisés qui relie les 2 volumes élancés.

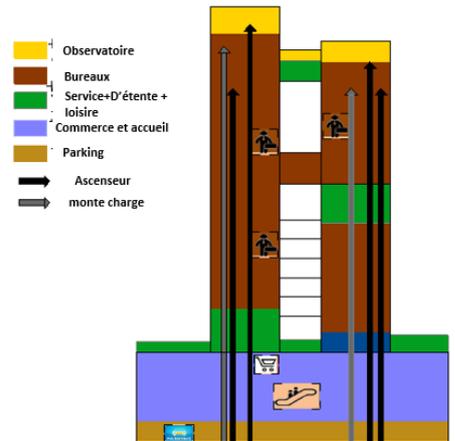


Figure 170 : schéma présente le zoning en élévation
Source : Google Earth traité par auteur

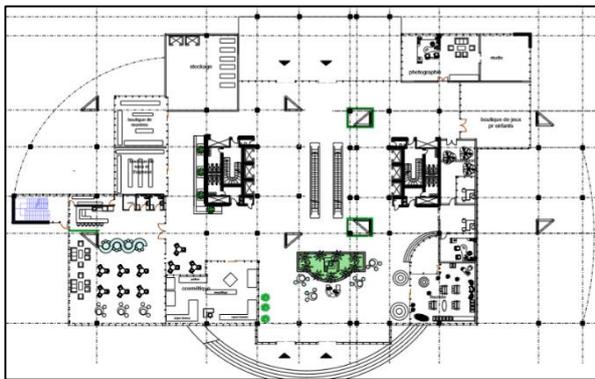


Figure 171 : Plan RDC
Source : auteur



Figure 172 : Plan 4ème étage
Source : auteur

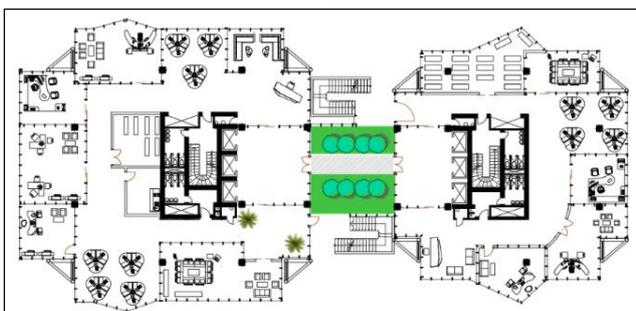


Figure 173 : Plan 16ème étage
Source : auteur

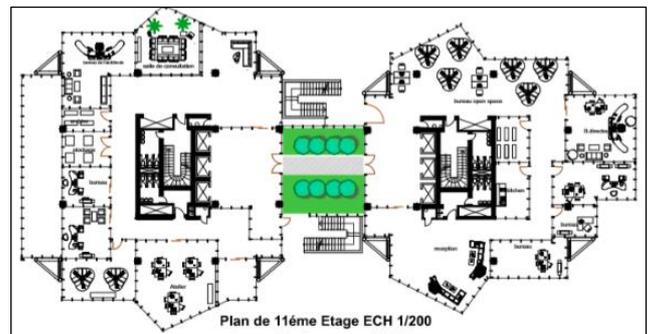


Figure 174 : Plan 11ème étage
Source : auteur

3.2.2. Circulation verticale :

Tours : il ya deux noyaux centrales dans les tours chaque noyau contient de 3 ascenseurs et un monte-charge et un escalier.

Centre commercial :

On y trouve : 2 escalators dans la partie centrale du centre commercial.

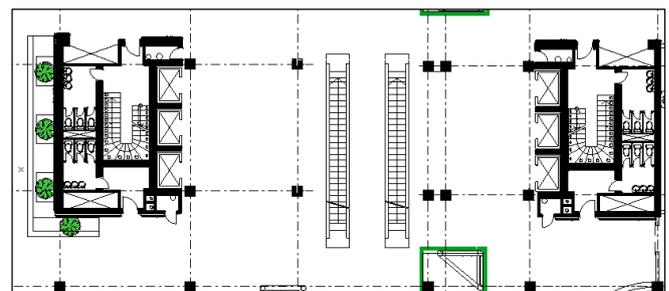


Figure 175 : les éléments de la circulation verticale
Source : auteur

- 2 montes charges pour la livraison.

3.2.3. Circulation horizontale

-La circulation de la tour se fait au tour d'un noyau central (circulation verticale), donc on a gardé un couloir de circulation qui entoure le noyau central pour relier les différentes entités du projet.

-La circulation du socle part sur un système ramifié (de grands halls desservant d'autres qui a leurs tours vont reliés les différentes fonctions annexés au programme).

3.2.4. Le choix de la structure

Le choix du système constructif du notre projet dépend de plusieurs facteurs, environnementale, fonctionnelle et esthétique.

Le système constructif le plus adéquat, qui répond à nos exigences structurelle et spatiale est : La structure mixte (métallique+béton) avec une structure métallique tridimensionnel apparente.

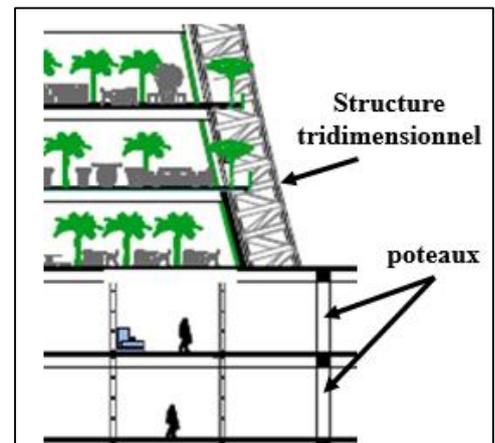


Figure 176 : vue de la coupe
Source : auteur

3.2.5. Choix des fondations :

Un radier général sur pieux : Afin d'assurer la stabilité de l'équipement au niveau de la tour et le socle qui contient le parking et le centre commerciale.

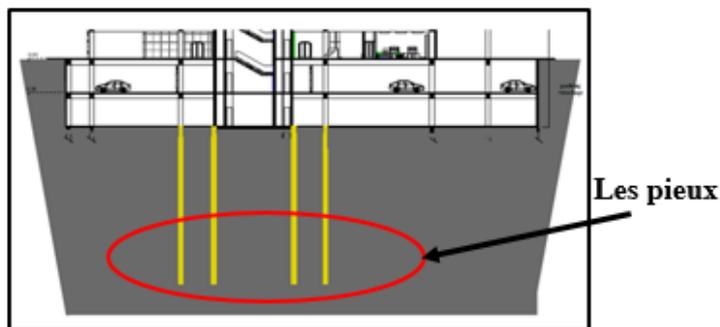


Figure 177 : Les pieux de la tour
Source : auteur

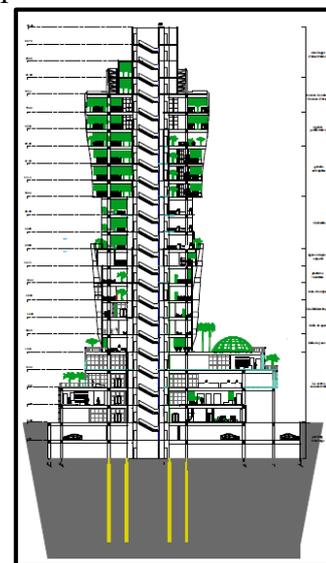


Figure 178 : La tour repose sur un radier général nervuré sur pieux
Source : auteur

-**Les voiles** : Pour le sous-sol (parking) on prévoit un voile périphérique en béton armé d'une épaisseur de 20 cm.

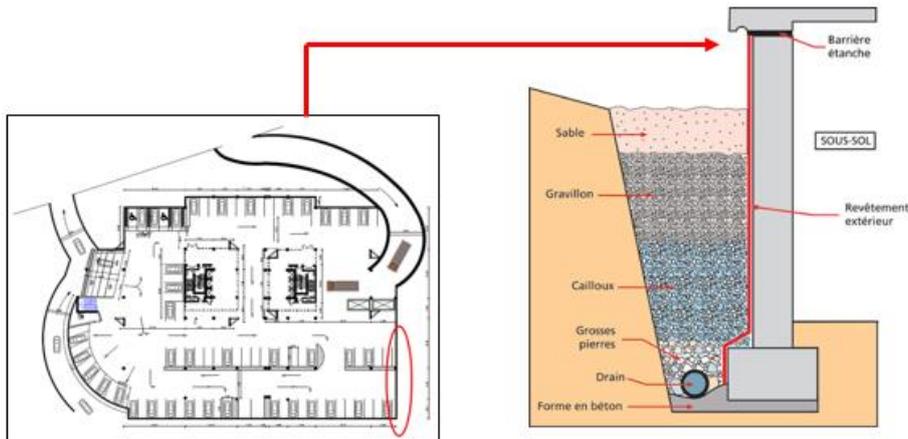


Figure 179 : plan de sous-sol
Source : auteur

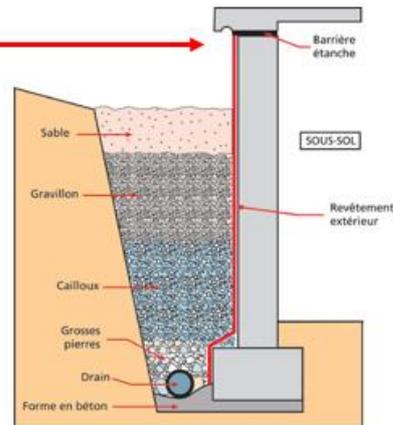


Figure 180 : détail de mur de soutènement
Source : <https://www.batirama.com>

3.2.6. Les joints

Dans notre projet on a opté pour un Joint de rupture de 20 cm qui existe entre deux tours afin d'assurer une régularité des masses et des rigidités.

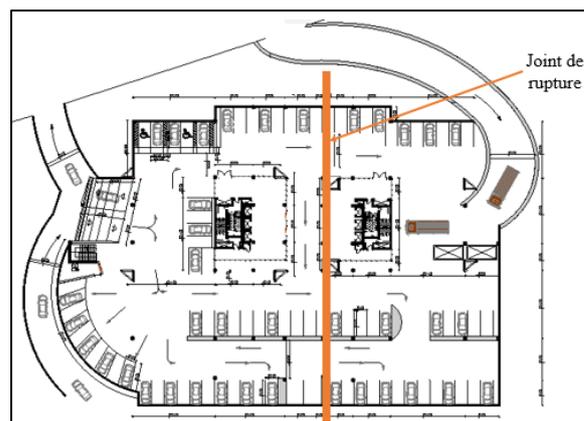


Figure 181 : plan montre le joint de rupture
Source : auteur

3.2.7. Le noyau central

Le noyau central est réalisé en béton armé comme rectangle. Il contient une cage d'escalier de secours, les 3 ascenseurs et les locaux techniques.

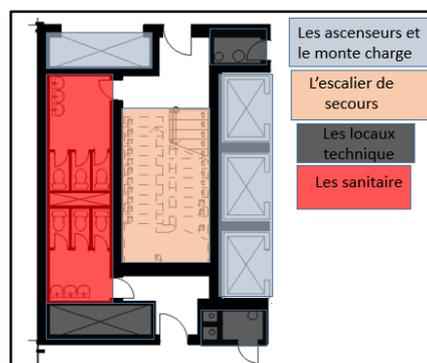


Figure 182 : plan du noyau central
Source : auteur

3.2.8. Les serre

Structure : L'aluminium est la structure la plus courante, elle apporte une grande résistance notamment aux vents violents. Léger, il nécessite peu d'entretien et ne rouille pas. Les serres en aluminium haut de gamme peuvent avoir une durée de vie d'une centaine d'années. Côtés inconvénients, l'aluminium n'est pas un très bon isolant, il faudra privilégier un système de fixation à clip en acier à chaque angle couplé avec des bourrelets en PVC ou du mastic pour l'étanchéité des joints.

Vitrage : Le polycarbonate alvéolaire est plus léger et plus isolant, il est aussi plus résistant aux chocs en cas de grêle. Mais il craint les vents violents et il faudra le changer au bout d'une dizaine d'années car il a tendance à devenir opaque.¹⁰⁰

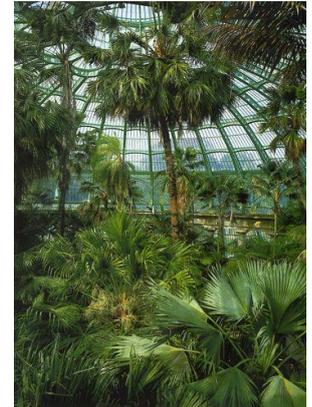


Figure 183 : serre botanique
Source : <https://kupoldoma.nethouse.ru>

-Tableau 12 : Les plantes utilisées dans les serres.

<p>Bambusoideae</p> 	<p>Croton</p> 	<p>Hedera helix</p> 	<p>Dracanea</p> 
<p>Spathiphyllum</p> 	<p>Gardenia</p> 	<p>Strelitzia</p> 	<p>Calathea</p> 
<p>Areca plante</p> 	<p>Dieffenbachia</p> 	<p>Fitonia</p> 	<p>Spatifillum</p> 

Source : www.google.com, traité par auteur

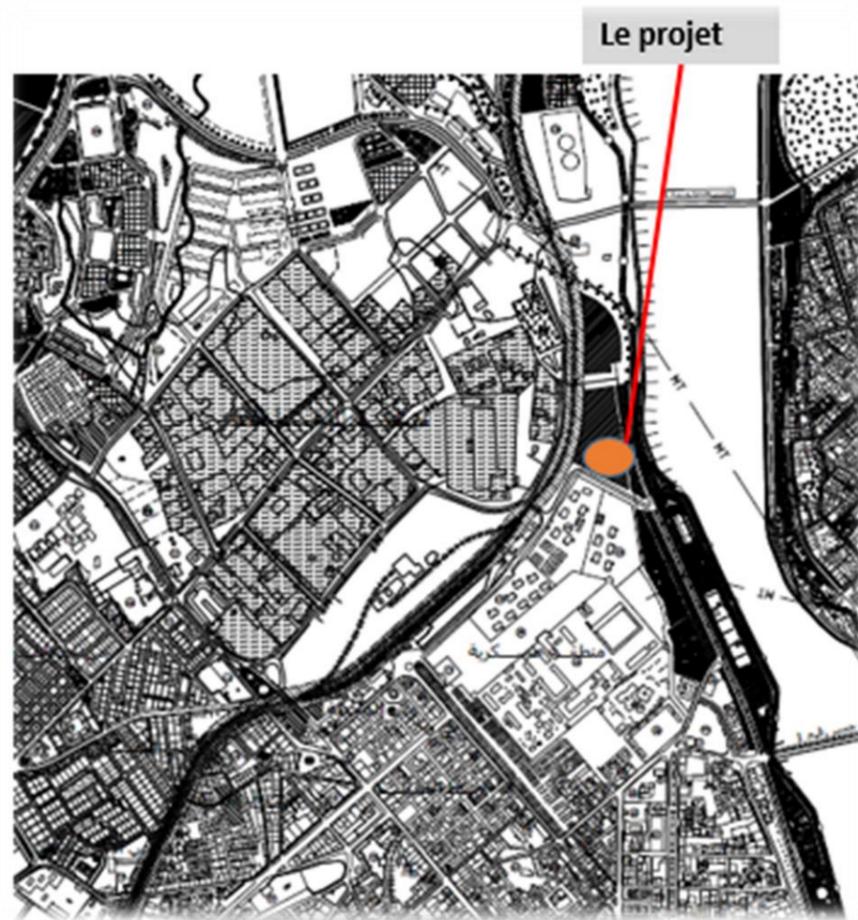
Conclusion

Dans ce dernier chapitre, nous avons présenté le fruit de notre travail de recherche et nous avons montré également comment nous avons appliqué les éléments de passage dans notre projet de tour multifonctionnel.

- **Présentation du projet**

¹⁰¹ <https://www.aujardin.info>

Document graphique



Le Plan de Situation

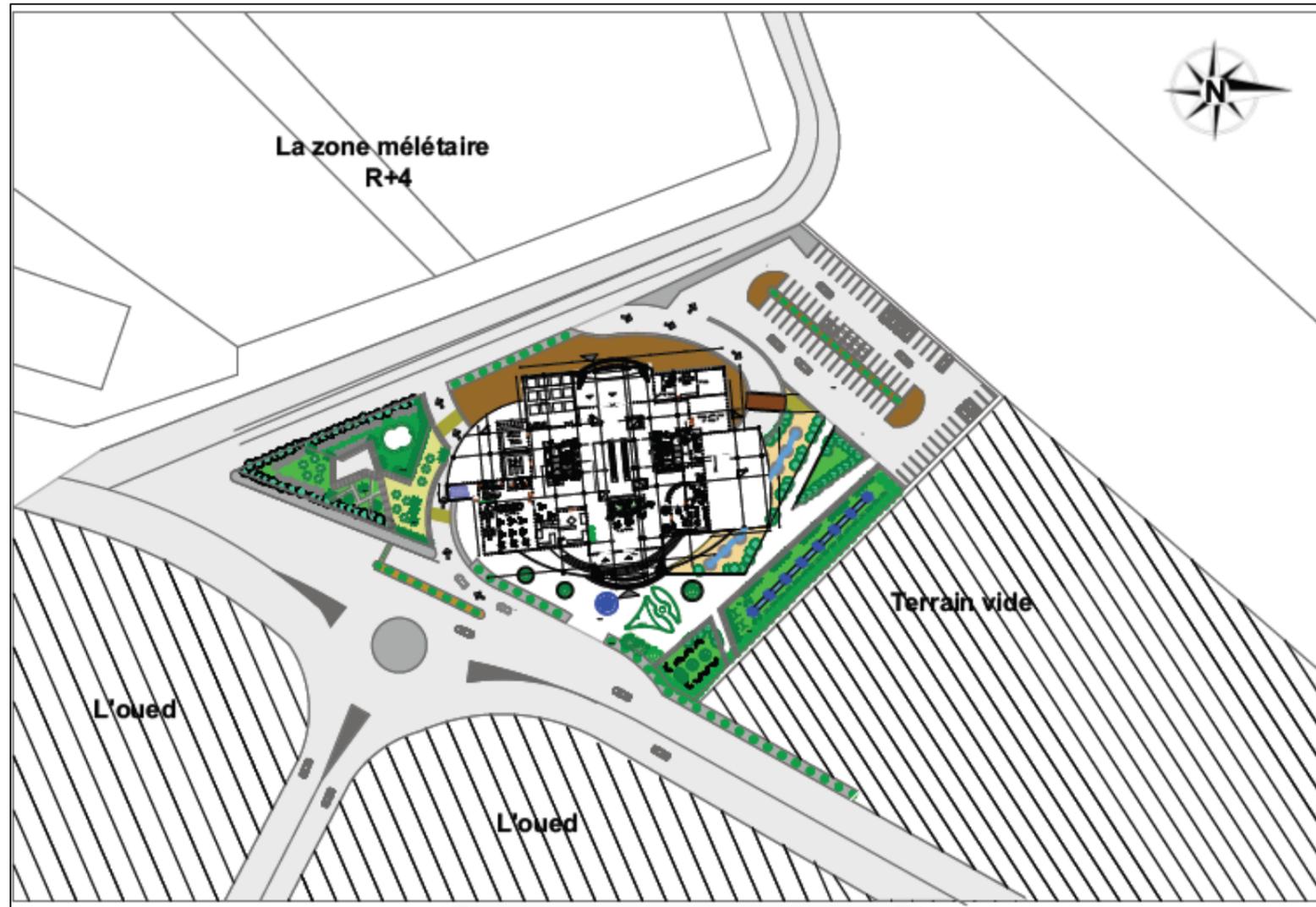


Le Plan de masse

Notre projet est implanté dans la ville de Biskra, exactement à Haret El Oued.

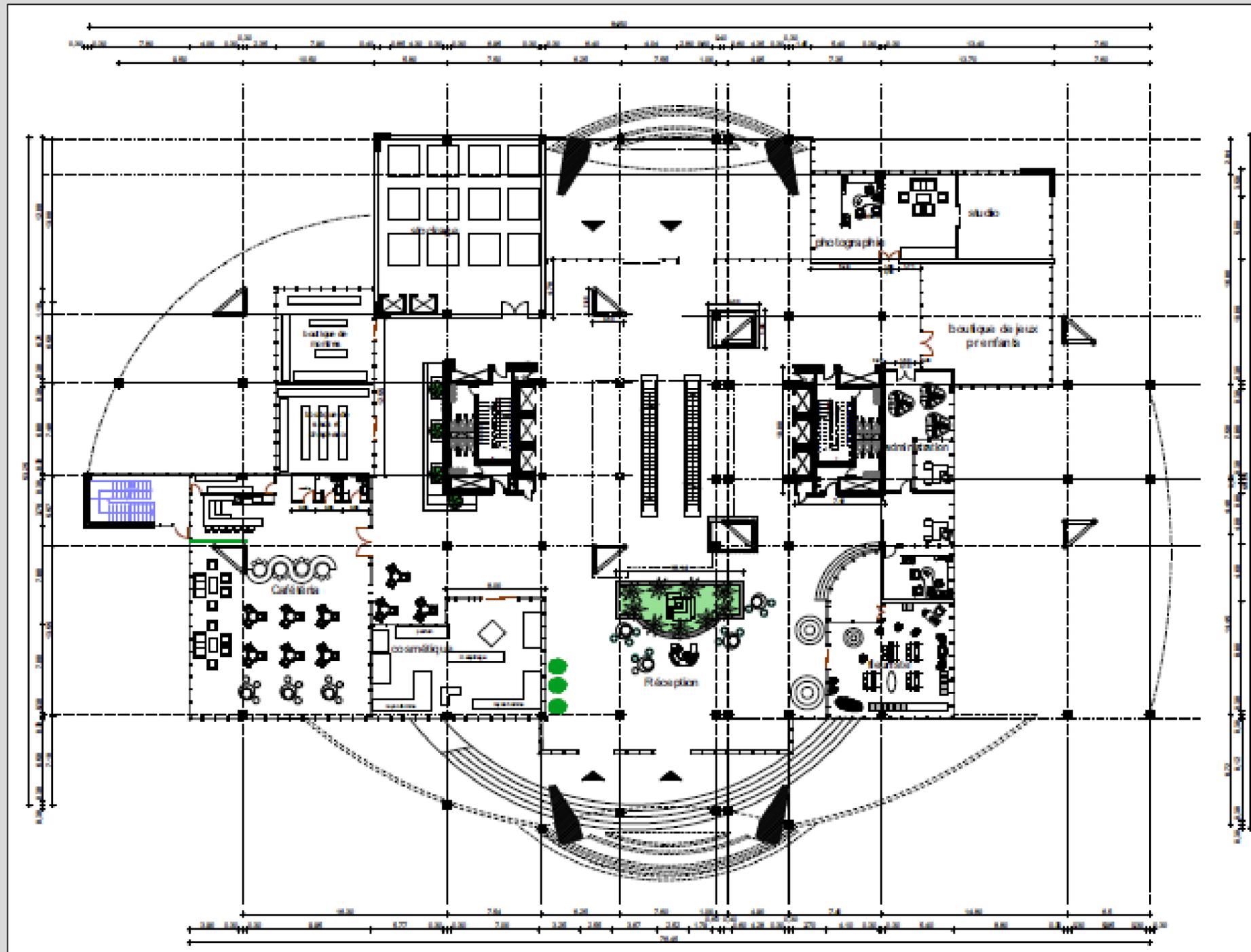
Le projet est conçu pour être un élément de repère afin que les gens puissent se repérer par rapport à ce dernier que ce soit par sa forme, sa morphologie, son gabarit ou sa position dans la ville.

Au niveau du plan de masse on a créé une chicane (voie parallèle de la rue) afin de réduire la circulation au niveau de la rue de l'oued. (Voir page 74).



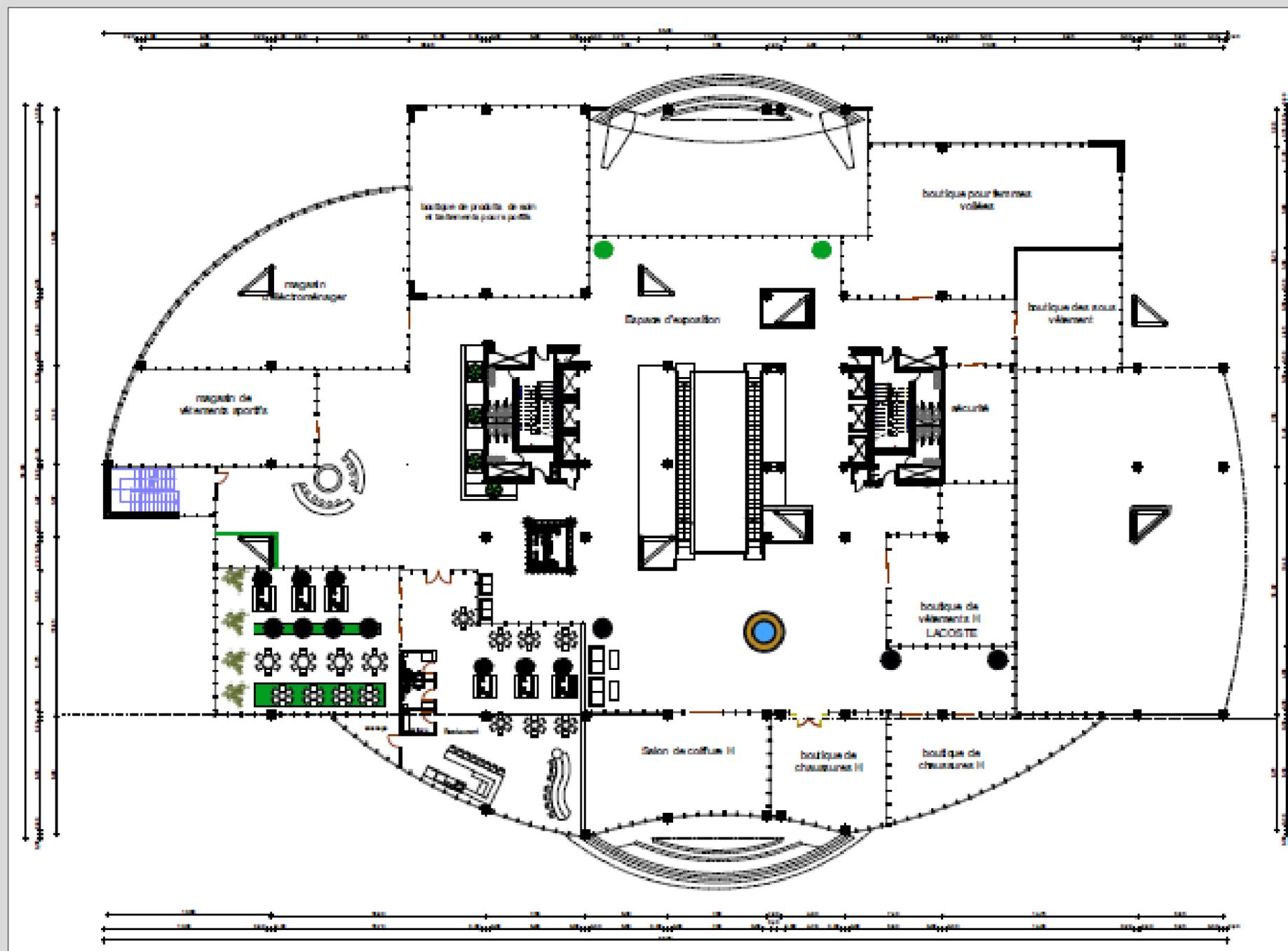
Le Plan de d'assemblage

- ✓ L'accès principale du projet placée en face le boulevard de l'Oued.
- ✓ l'accès secondaire du centre d'affaire placé dans la façade sud-ouest pour être près du parking extérieur et pour minimiser la circulation Piétonne.
- ✓ L'Accès service est dans la partie Nord-Ouest du terrain vers le sous-sol.



L' RDC contient le service d'accueil, un magasin de fleuriste, administration, des boutiques, cafétéria, photographie stockage. Il ya aussi de noyau centraux pour les tours avec un escalateur pour le centre commerciale.

Plan RDC



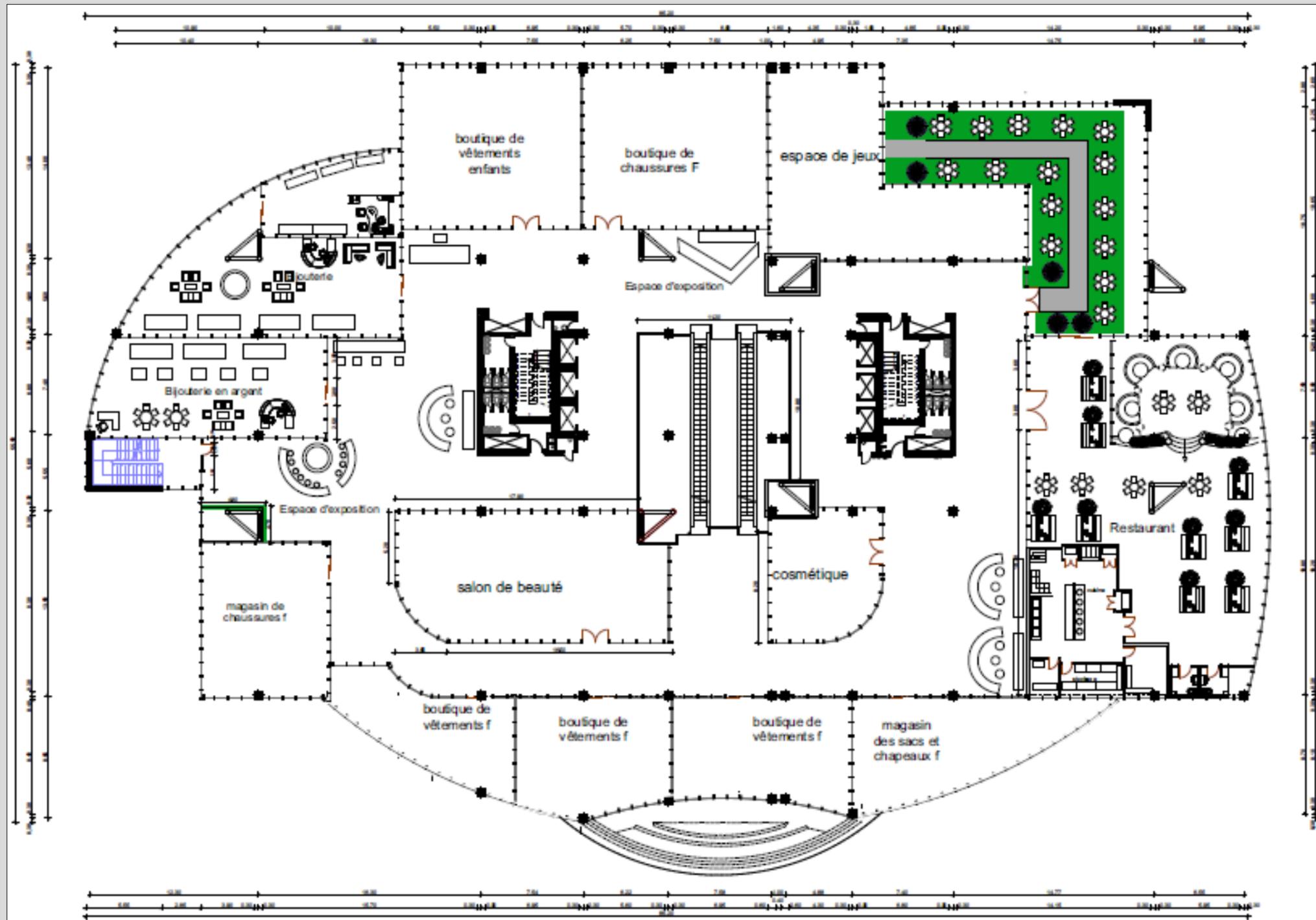
Plan de 1 ère étage

Le premier étage :

Ila ya deux noyau centrales et un escalateur pour facilite la circulation verticale dans le bâtiment.

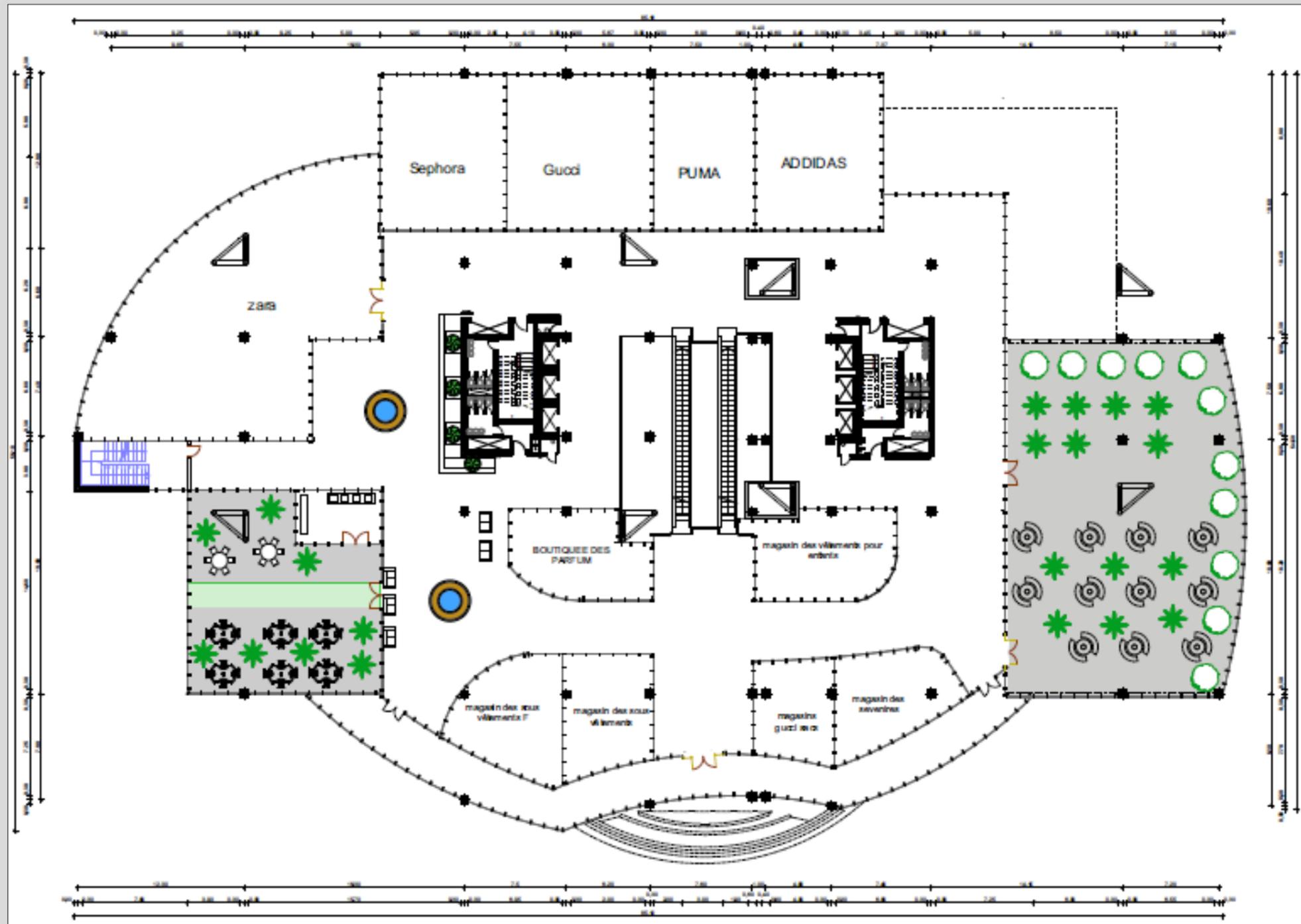
La manière de distribution des espaces : les espaces commerciales (les magasins et les boutiques sont placé tout autour des noyaux centrales pour facilite la circulation verticale et aussi améliorer la relation entre l'intérieur et l'extérieur.

L'activité des services (restaurant) à une extension vers l'extérieur (le terrasse jardin) et ça donne plus de valeurs pour cette activités soit esthétique ou valeur fonctionnel.

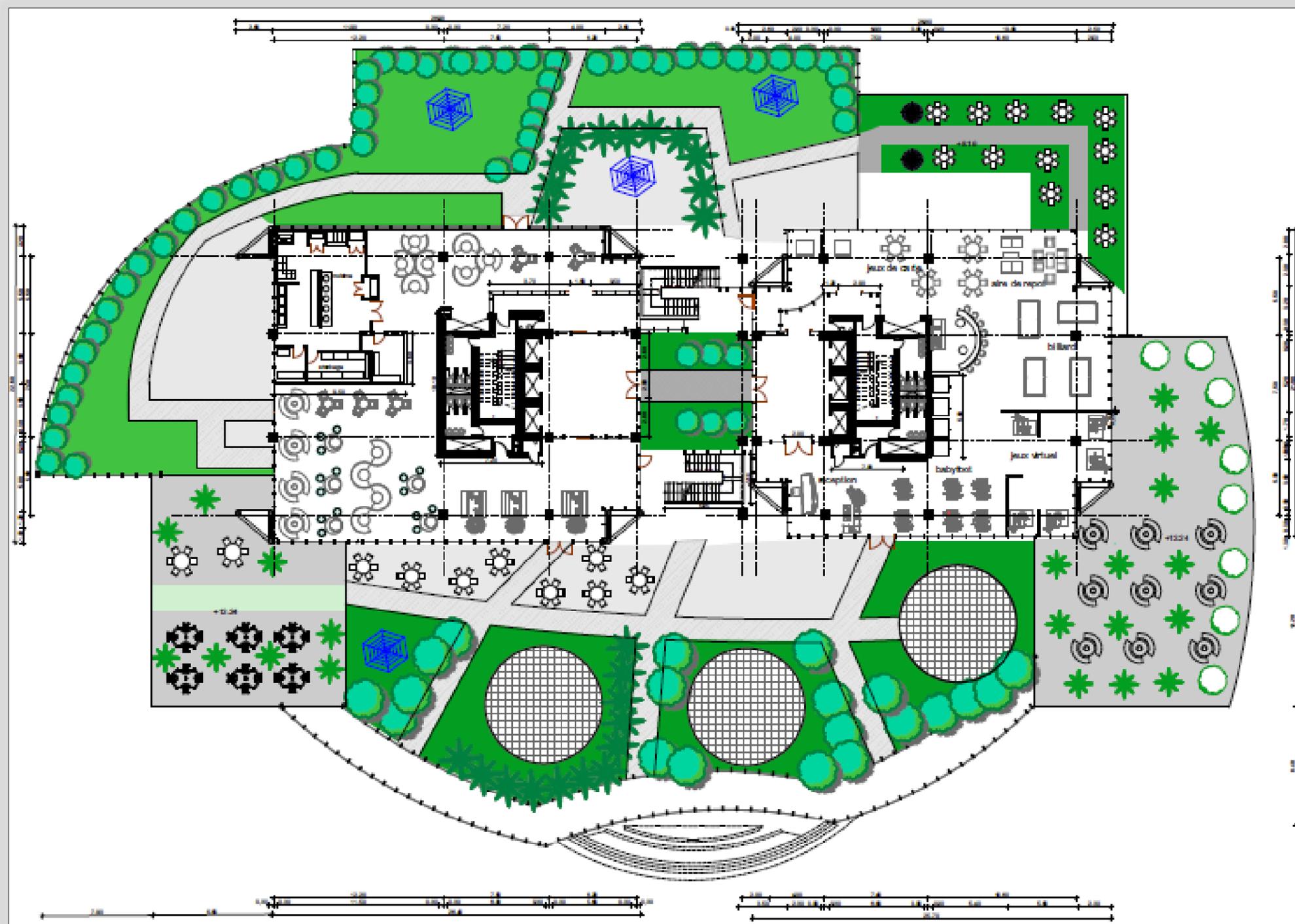


Plan de deuxième étage

- Deuxième étage : Il y a deux noyaux centraux et un escalateur pour faciliter la circulation verticale dans le bâtiment.
- L'activité des services (restaurant) à une extension aussi vers l'extérieur (le terrasse jardin) et ça donne plus de valeurs pour cette activités soit esthétique ou valeur fonctionnel.
- Des espaces d'exposition dans le hall.



Plan de troisième étage



Plan de quatrième étage

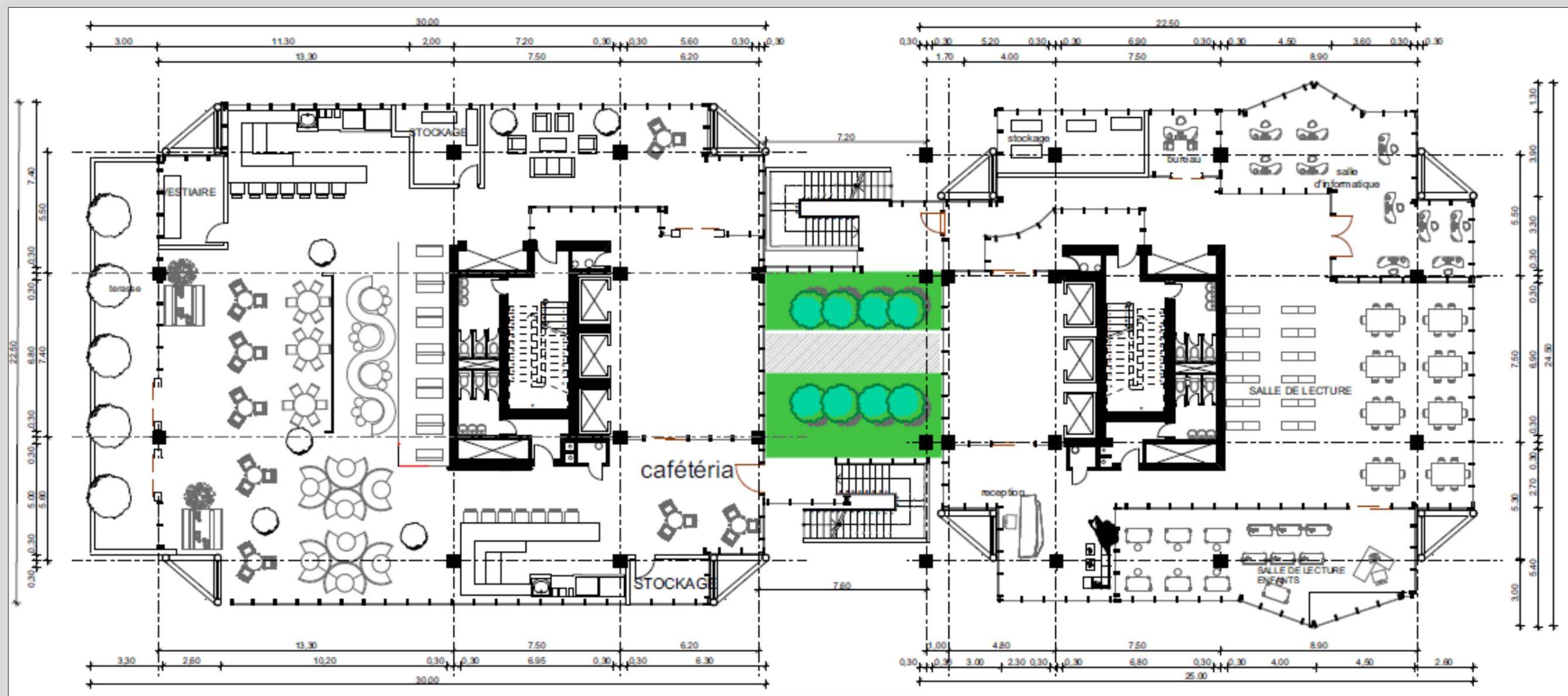
Le quatrième étage :

Les deux tours se départ à partir du quatrième étage.

La tour de gauche occupe la fonction d'un restaurant, et l'autre tour occupe la fonction d'une salle de jeux.

La manière de distribution : autour de noyau centrale.

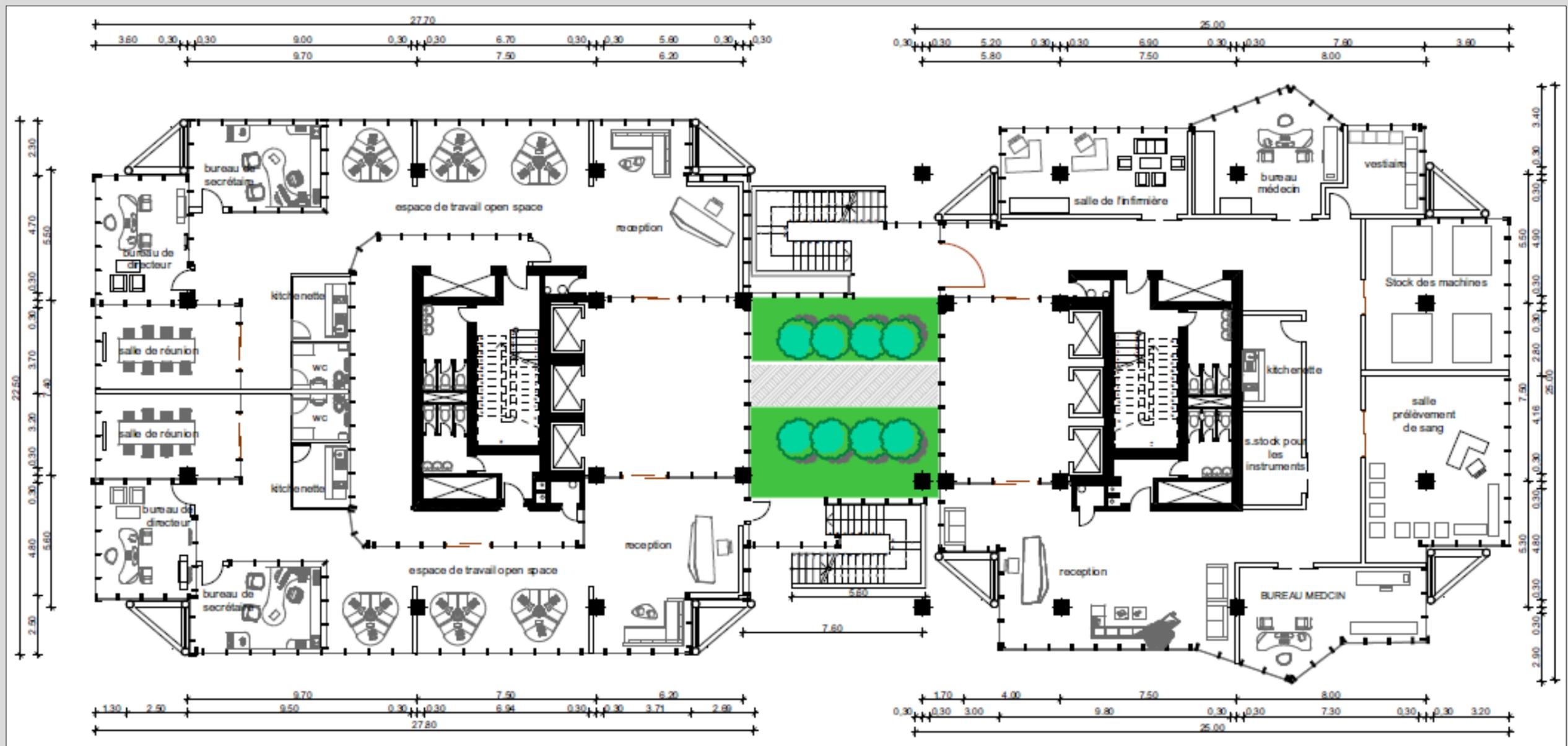
- Un grande terrasse jardin avec des serres botaniques et tout ça donne le plus de valeurs pour notre tour.



Plan de 6^{ème} étage

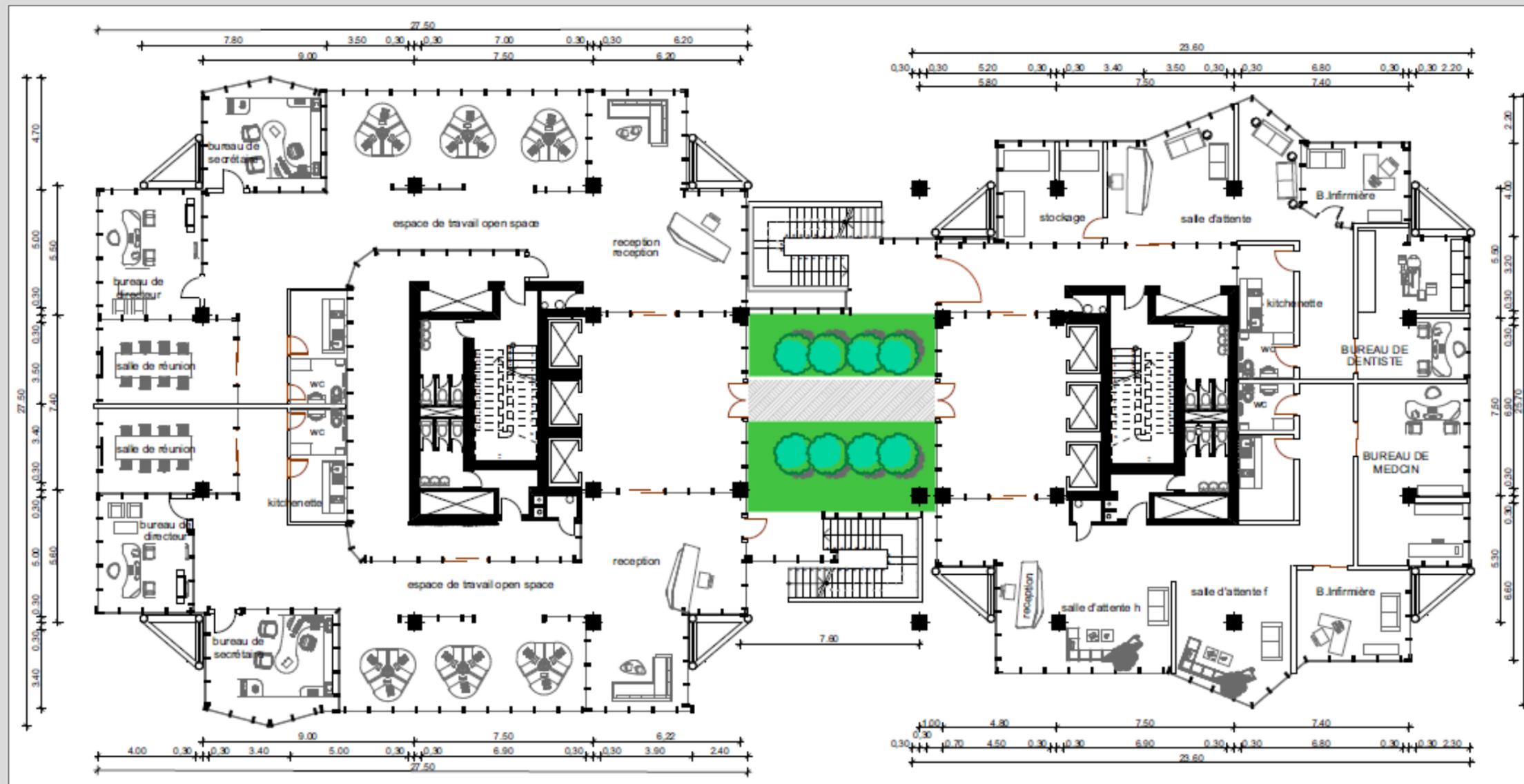
6^{ème} étage : il ya une cafétéria et la tour de droite occupe la fonction d'une bibliothèque.

Il ya le passage qui relie les deux tours pour facilite la circulation verticale.



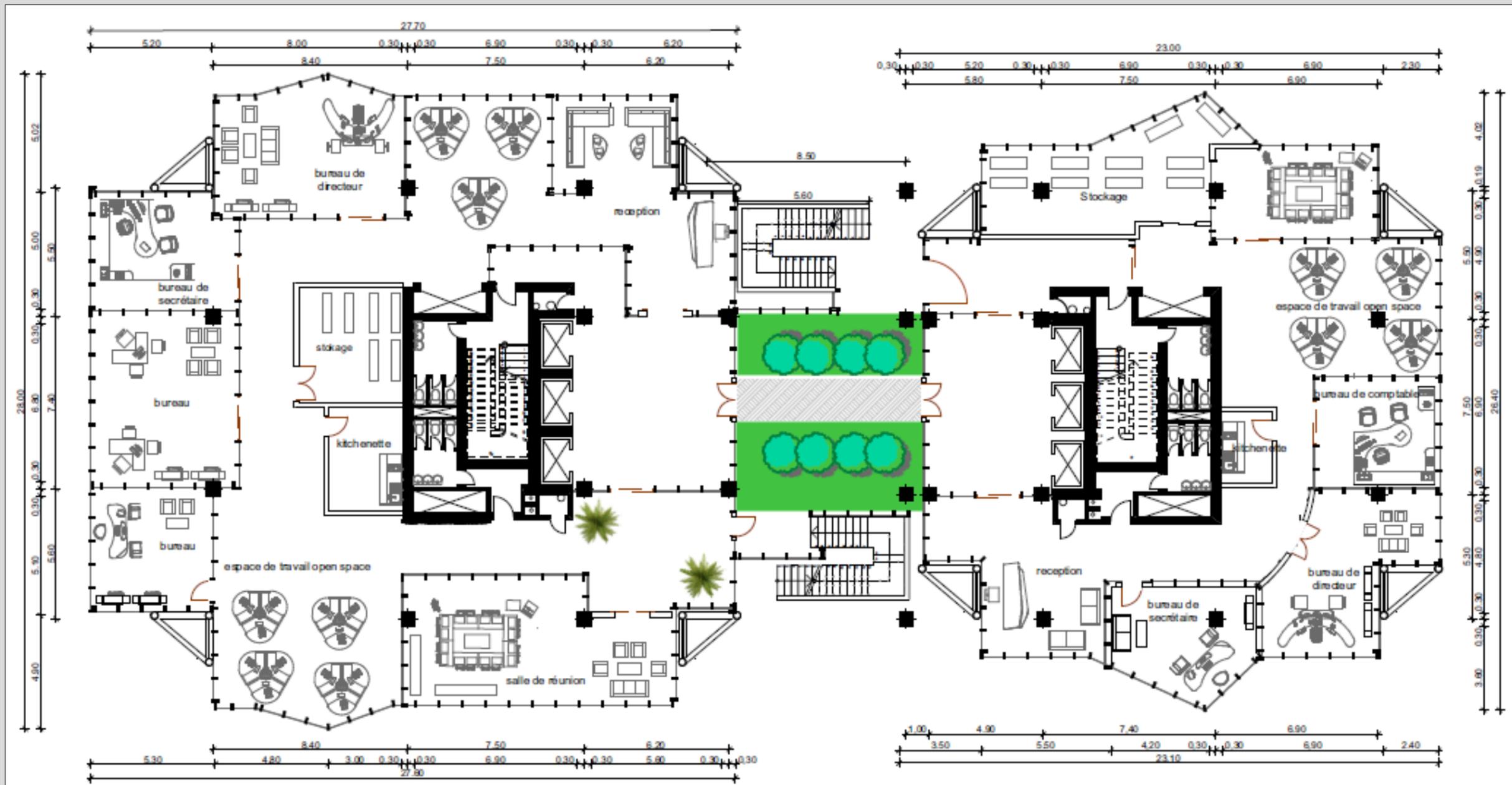
Plan de 7^{ème} étage

Dans le 7^{ème} étage il ya une petite entreprise et à droite on trouve in labo d'analyse.



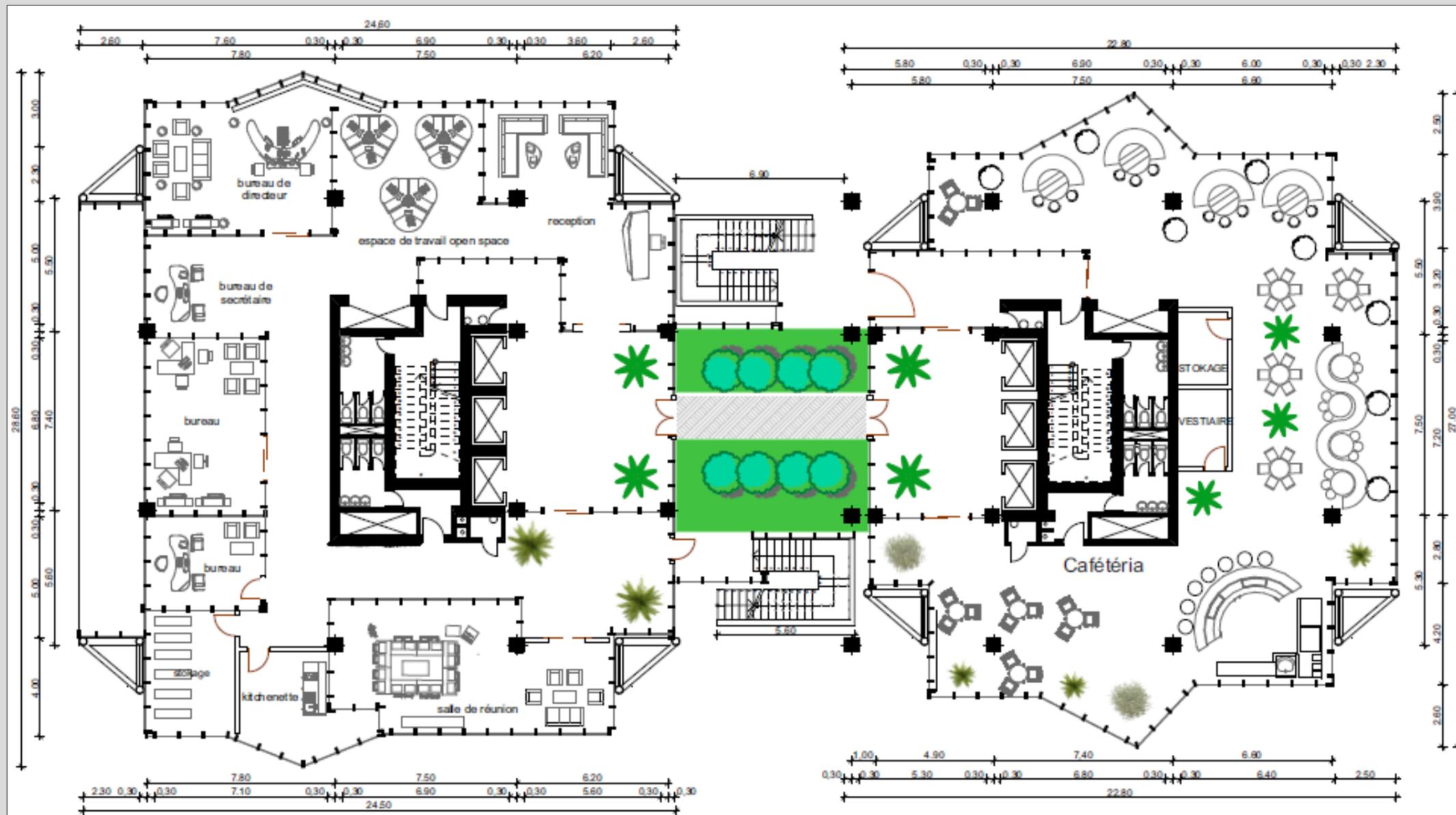
Plan de 8^{ème} étage

Le 8^{ème} étage contient petite entreprise et dans l'autre côté un pédiatre et dentiste.



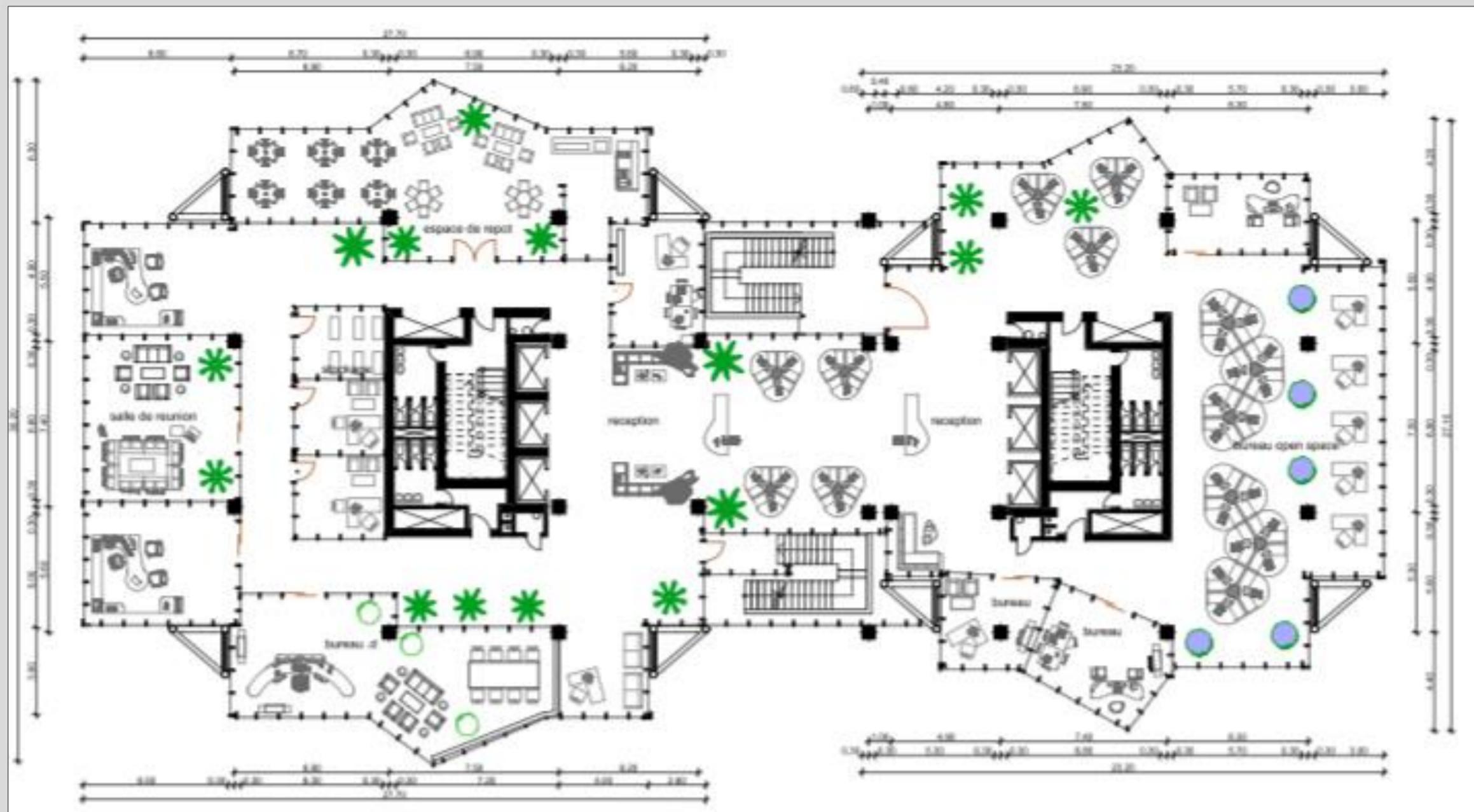
Plan de 9^{ème} étage

Cette étage occupe une moyen entreprise et la tour à droite occupe une agence importer/exporter.



Plan d'étage courant 10-11-12

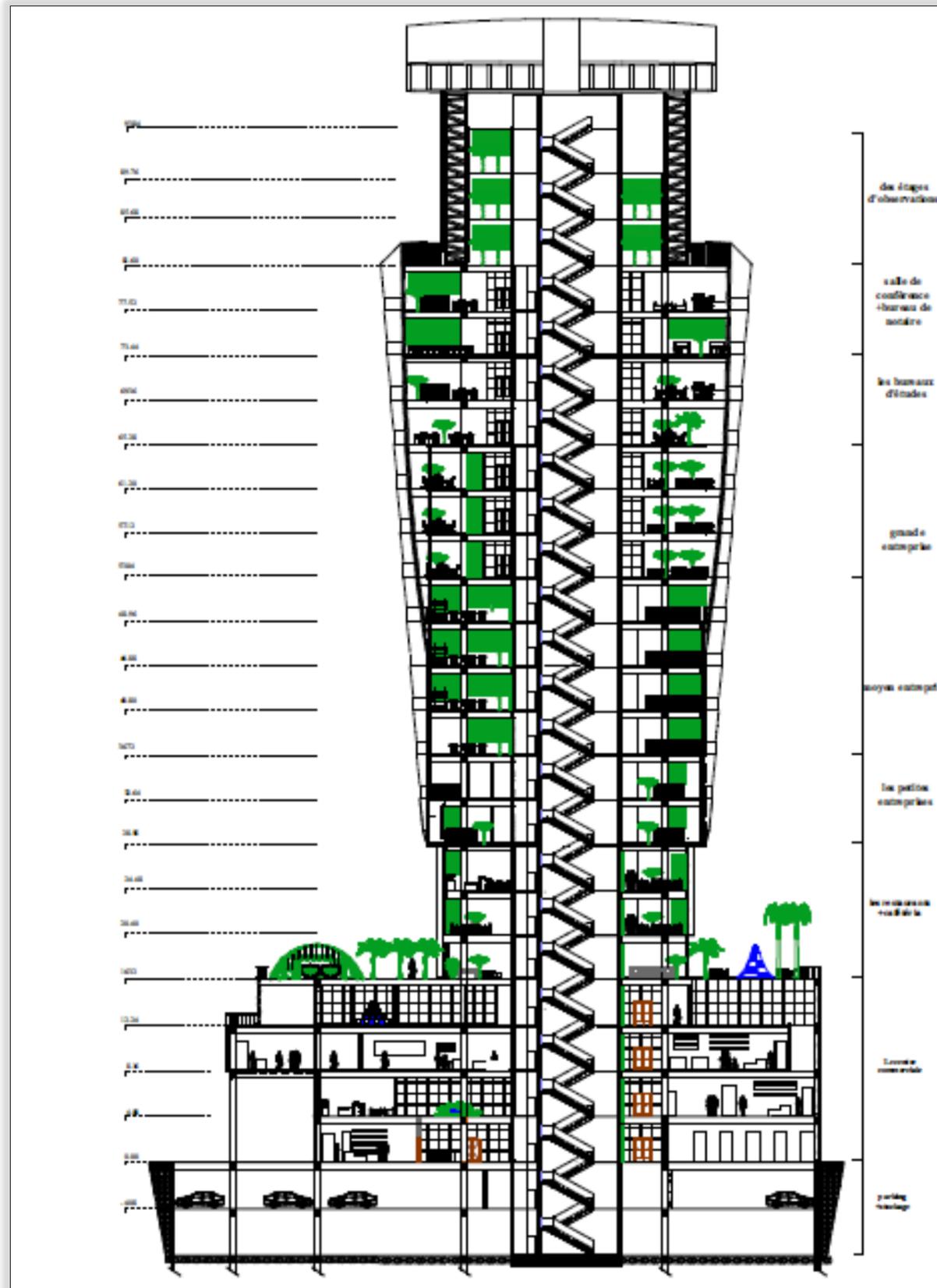
Ces étages occupent les fonctions suivantes :
 A droite il ya des cafeteria.
 La tour à gauche occupe un moyen entrepris.



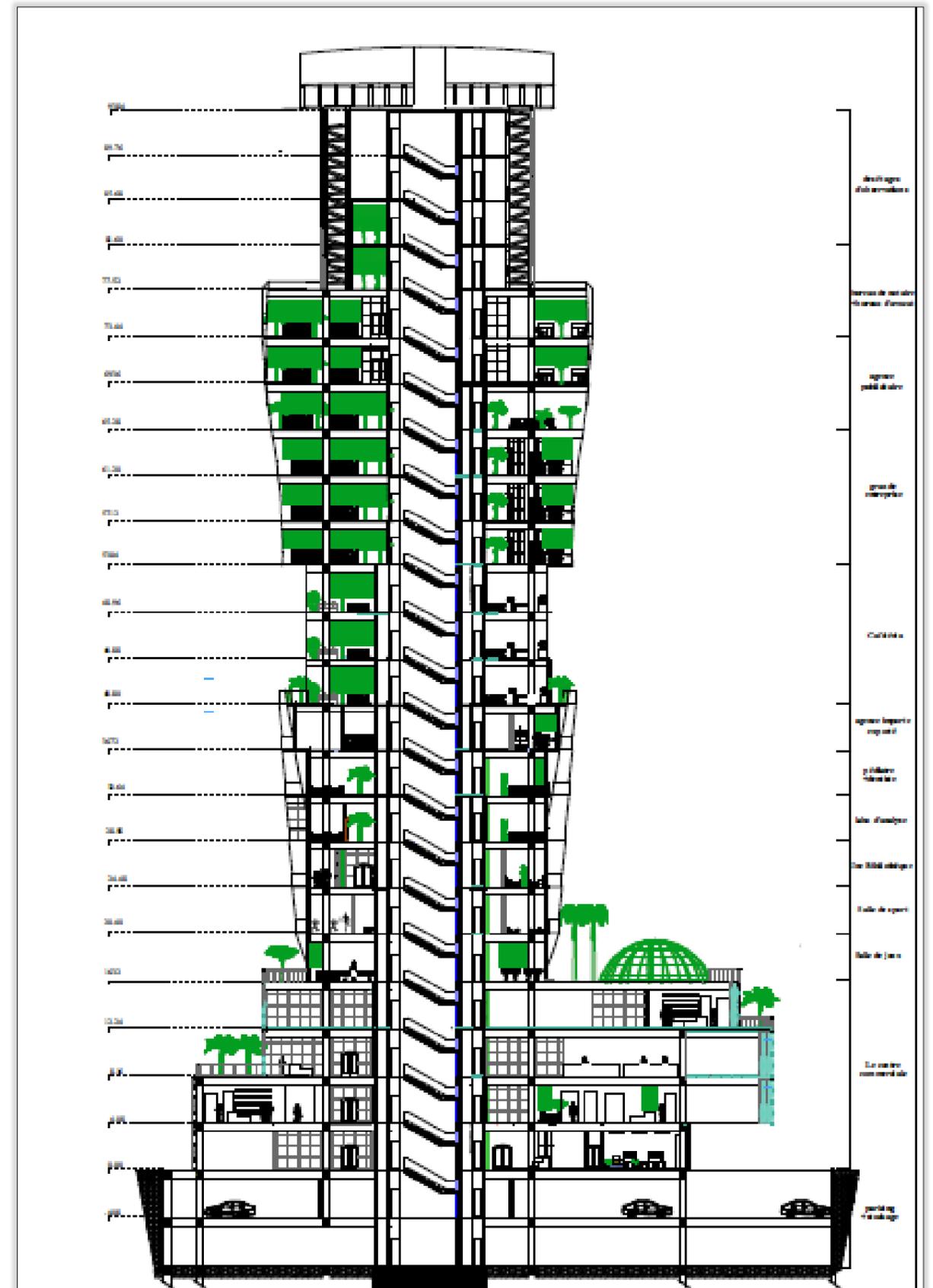
Plan d'étage courant 13-14-15

Ces étages occupent des grandes entreprises. Avec des grands espaces de travail open space, et des bureaux ...

Les coupes

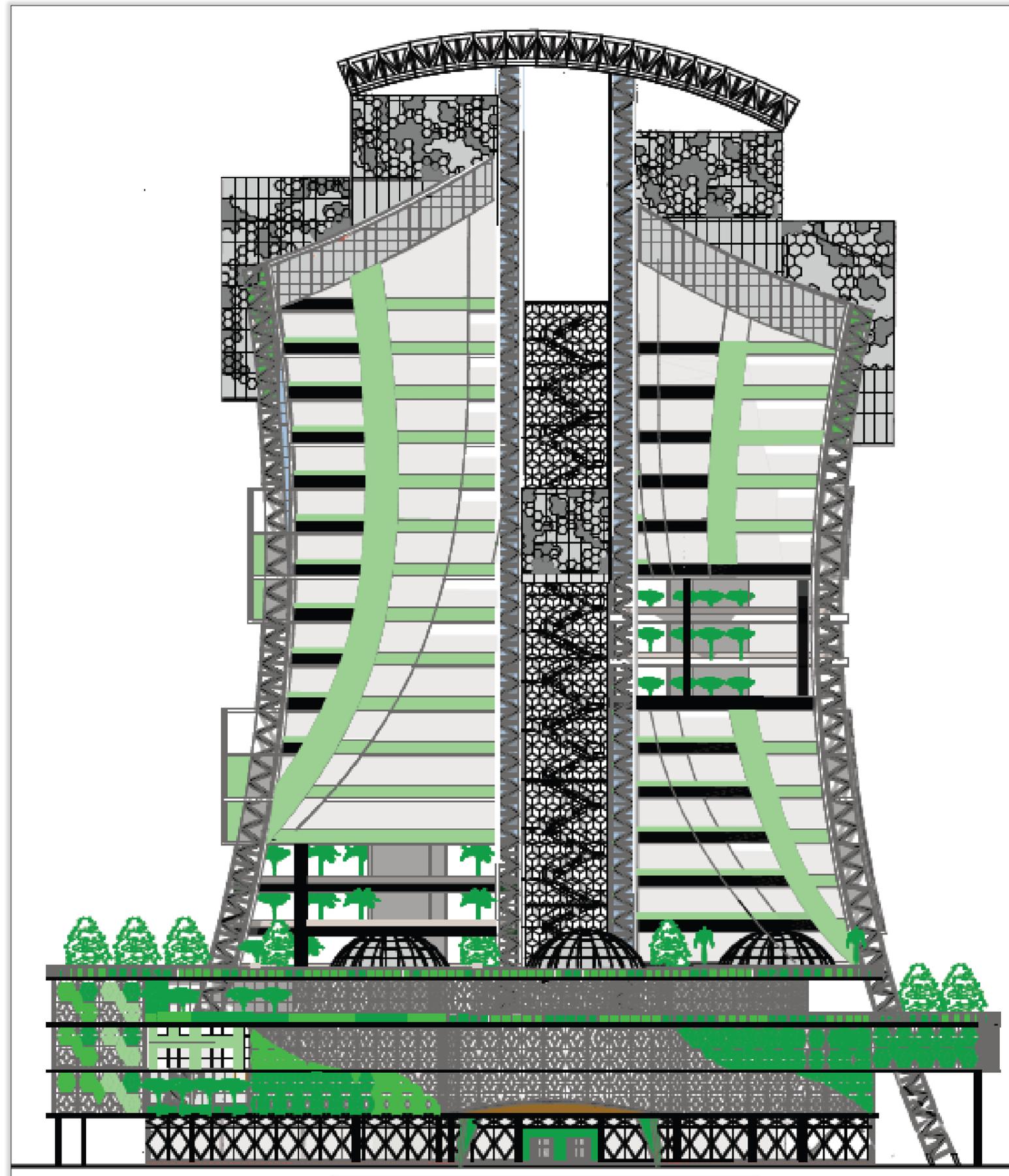


Coupe AA

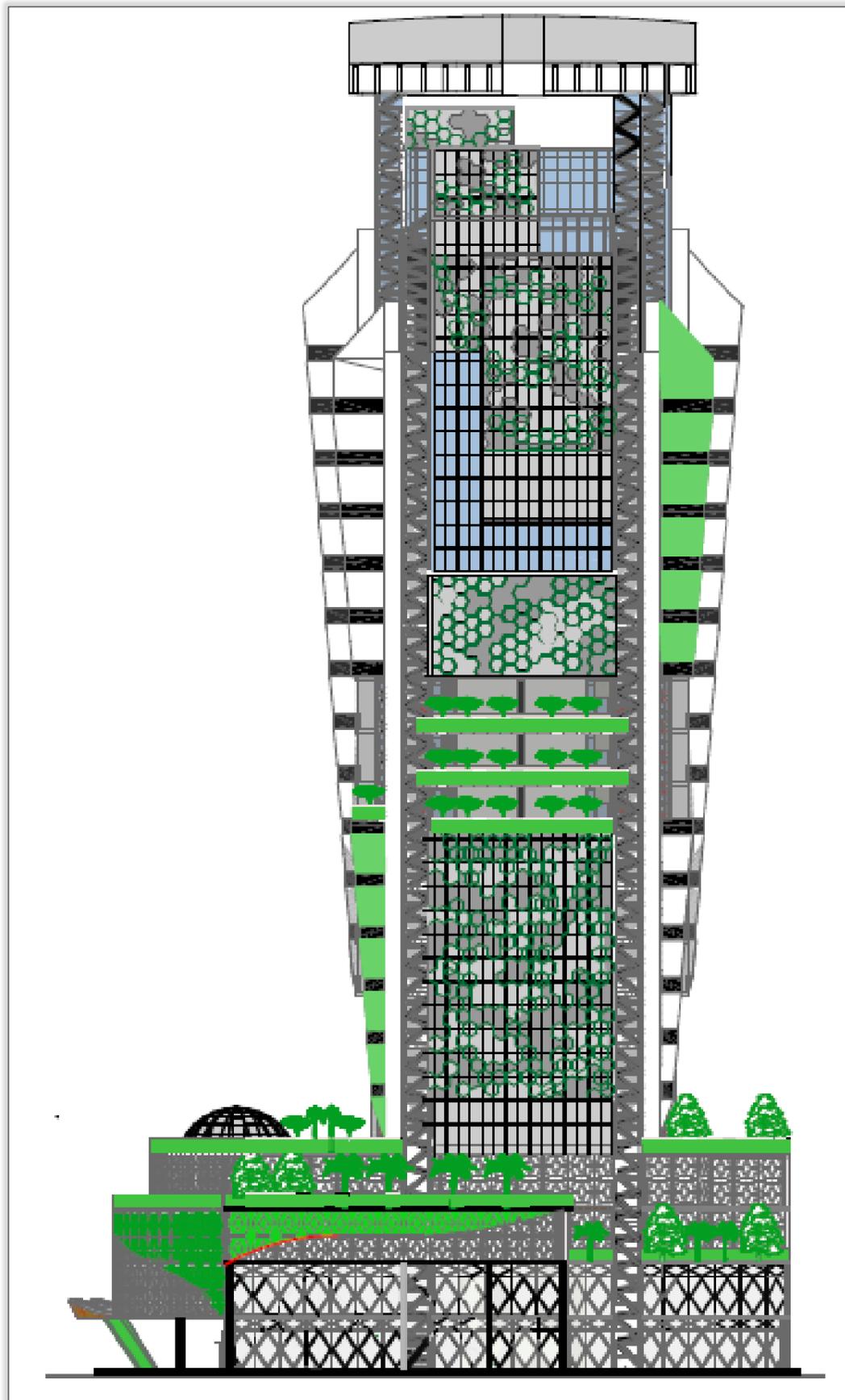


Coupe BB

Les façades



Façade principale



Façade Nord-Ouest

-La différenciation entre les formes de l'enveloppe végétale signifie la différenciation des fonctions qui se trouve à l'intérieur.

Dans la partie base de la tour on a utilisé quatre types des plantes grimpantes avec pourcentage de 35% de l'enveloppe végétale, pour des raisons fonctionnelles (Commerce), c'est-à-dire la nécessité de renforcer la relation entre l'intérieur et l'extérieur. (Voir page 78).

Pour les tours : Les points pris en compte dans la distribution de l'élément végétale sont : l'orientation, la fonction, le confort thermique, sans oublier l'aspect esthétique.

Les vues extérieurs



Vue sur la façade principale



Vue sur l'entrée principale



Vue sur la grande terrasse jardin







Les vues intérieurs



Vue sur un magasin



Le fleuriste



Vue sur une partie du hall de l'RDC

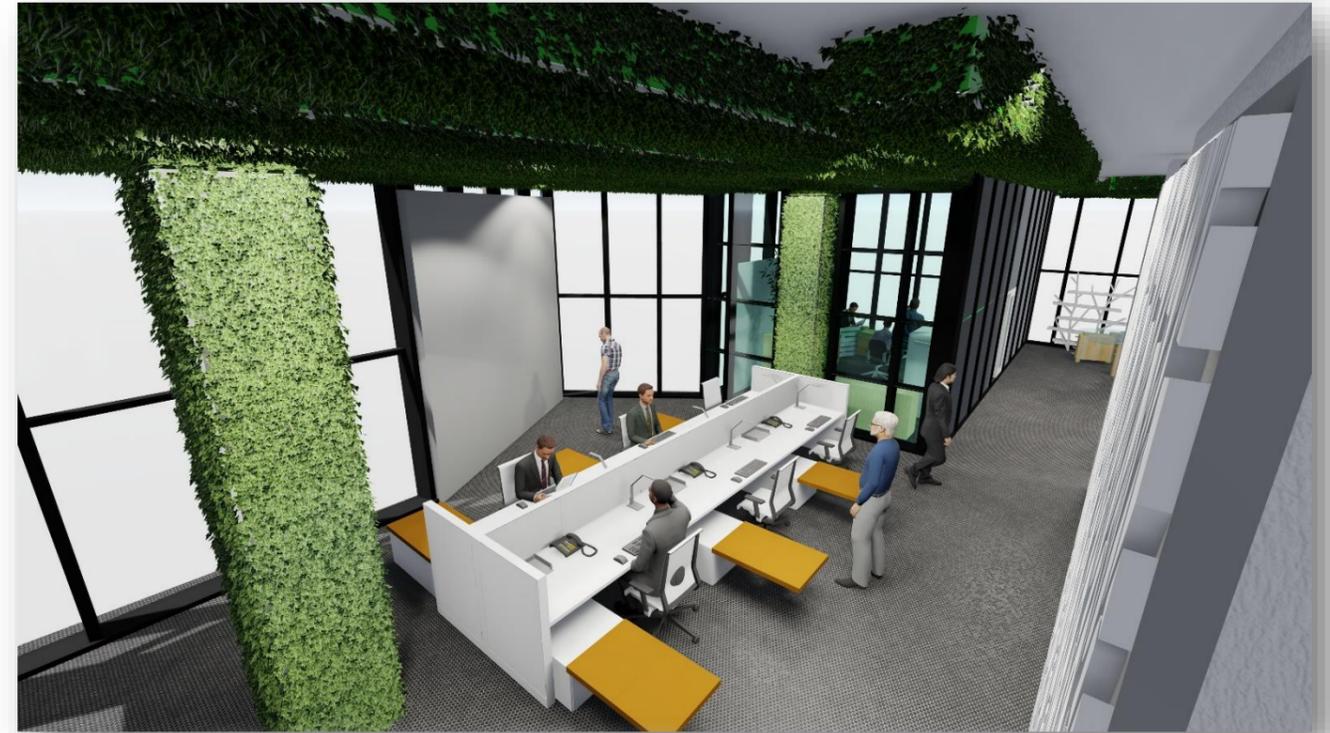


Vue sur la cafétéria

Les vues des espaces d'affaire



Salle de réunion



Bureaux



Bureaux open space



Bureaux open space



Espace d'attente



Bureau

Recommandation

Végétation basée sur l'emplacement du bâtiment

L'emplacement du toit vert joue un rôle important dans le processus de conception. La hauteur du toit au-dessus du sol, son exposition au vent, son orientation au soleil et l'ombrage des bâtiments environnants pendant certaines parties de la journée auront un impact. Le climat général de la zone et le microclimat spécifique sur le toit doivent être pris en compte. Les vues vers et depuis le toit peuvent également déterminer où certains éléments sont situés pour un effet maximal. Surtout pour les gratte-ciel au-dessus de 40 étages, où la charge de vent doit être prise en compte pour une conception extensive du toit vert.¹⁰²

Support de mur végétal pour les gratte-ciel

Pour le mur végétalisé vert, la hauteur maximale, construite jusqu'à présent, est d'environ 40 pieds de haut et 120 pieds de large. Pour les gratte-ciel de plus de 50 étages ou d'environ 100 étages, une grande quantité de surfaces murales exposées au soleil doivent être recouvertes du mur vert. Mais la hauteur excessive et la pression du vent doivent être prises en compte dans les parties supérieures du bâtiment. Quelques considérations de conception suggérées pourraient être les suivantes :

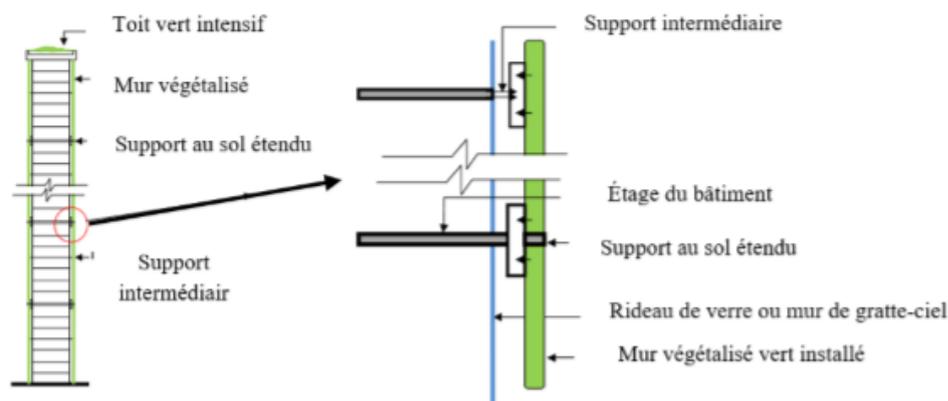


Figure 185 : Proposition d'installation d'un mur végétalisé dans le gratte-ciel

Source : <https://www.google.com>

Figure 184 : Détails d'installation du mur végétal dans le gratte-ciel.

Source : <https://www.google.com>

Pour l'installation du panneau de mur végétalisé dans les immeubles de grande hauteur ou dans les gratte-ciel, un certain support structurel est suggéré entre les étages. À un intervalle de 4 à 7 étages, les étages prolongés pourraient supporter la charge de panneaux verts. Des techniques adéquates de drainage et d'approvisionnement en eau doivent être installées avec un entretien. Dans les étages supérieurs d'un gratte-ciel, où la hauteur et la pression du vent sont excessives, des supports

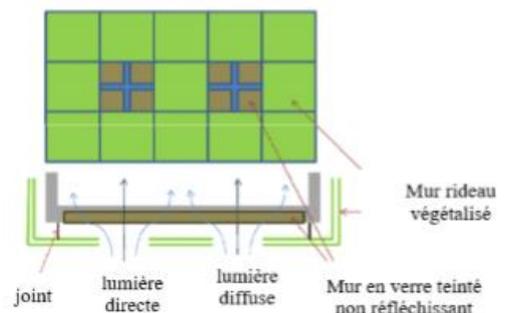


Figure 186 : Conception de plantes et de biomasse non humaine dans un système bâti.

Source : <https://www.academia.edu>

¹⁰²P. Satheesh Kumar, Sivasubramanian, M. Jeganathan and J. Ashok, INDOOR OUTDOOR GREEN PLANTATION IN BUILDINGS A CASE STUDY, Indo – Asian Journal of Multidisciplinary Research (IAJMR) ISSN : 2454-1370, India, 2016, p3.

intermédiaires ou des joints structuraux plus fréquents sont suggérés. La en verre excessive des gratte-ciel. Les fenêtres en verre doivent être teintées au lieu d'une très réfléchissante. Un éclairage naturel et une ventilation adéquats à travers les fenêtres en verre doivent être assurés.

Concevoir pour le rendre écologiquement viable

Il existe trois stratégies de base pour concevoir spatialement la biomasse végétale et non humaine dans un système bâti : la juxtaposition, le mélange et l'intégration. La juxtaposition est le placement concentré de matériel de verdissement à un ou à quelques endroits dans la forme construite. L'intégration est le placement distribué et irrégulier du matériel de verdissement. L'intégration consiste en un mélange tissé du matériel de verdissement avec la forme construite, qui a le lien du sol au niveau du toit. Ce type de plantation peut assurer l'interaction et la migration des espèces, contribuant ainsi à la diversité.



Figure 187 : Conception de plantes et de biomasse non humaine dans un système bâti.

Source : <https://www.google>

L'autre option serait de séparer la plantation dans des boîtes non connectées. Mais cela peut conduire à l'homogénéité des espèces, ce qui nécessite des apports externes plus importants et un entretien humain régulier pour rester écologiquement stable. Il existe de nombreux exemples, où la création de ces habitats urbains encourage les espèces à retourner dans l'environnement urbain où elles existaient auparavant.

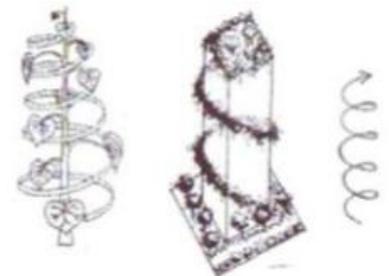


Figure 188 : Aménagement paysager vertical continu

Source : <https://www.google>

-La construction des IGH dépend d'une approche intégrée coexistant efficacement entre plusieurs disciplines dès les premiers pas de la conception.

-Donc dans la communauté architecturale, il faut que l'architecte conçoive, analyse et même développe une appréciation générale sur les flux des forces appliquées sur un bâtiment pour que le résultat final ne soit pas trop modifié.

-La construction des IGH reste toujours un challenge face aux concepteurs parce qu'ils ont tout le temps besoin d'un ingénieur, pour gérer la conception structurelle afin d'avoir plus de sécurité au niveau de la stabilisation.

Conclusion générale

L'objectif de la recherche était de découvrir les moyens possibles d'intégrer les plantes dans les gratte-ciel et d'évaluer comment l'intégration des plantes dans la conception des gratte-ciel peut aider à réduire la consommation d'énergie et à améliorer la qualité de vie.

Tout au long du travail de la recherche, il a été dans l'objectif d'établir la nécessité et l'impact de la plantation dans les gratte-ciel, pour le bien-être de l'utilisateur au sein de notre projet et de l'environnement. Pour répondre aux exigences des objectifs, les résultats sont organisés en conséquence tout au long de ce travail de la mémoire. Par exemple, les dispositions d'intégration des plantes dans les gratte-ciel comprennent les trois options possibles comme le toit vert, le mur végétal, et les plantes d'intérieur qui peuvent être incorporées dans la conception. Les impacts de ces options sur la consommation d'énergie et le milieu de vie, tels que les avantages du toit vert, du mur végétal, et des plantes d'intérieur, sur les conditions de vie, l'environnement, l'économie et la société, sont élucidés avec certains de leurs inconvénients et les technologies disponibles pour intégrer ces options dans les bâtiments.

Le concept de «plantation» nécessite une planification intégrale et interdisciplinaire. Même lors de la détermination des bases et de la planification préliminaire, il est nécessaire que les ingénieurs spécialisés participent et apportent leurs connaissances. La plantation extérieure et intérieure nécessite une planification intégrale et une symbiose entre la nature et la technologie.

La vie dans un gratte-ciel et sa construction impliquent de nombreuses contraintes auxquelles il a fallu remédier. La nature du sol n'est plus un problème pour l'Homme qui a su réaliser des fondations permettant à la fois un maintien solide et stable du gratte-ciel et une grande hauteur. D'autres contraintes doivent être surpassées afin de poursuivre cette course effrénée de l'innovation. Les forces s'exerçant sur le gratte-ciel sont à prendre en compte ainsi que les risques naturels comme les séismes et les typhons. C'est pour cela que de nouveaux matériaux sont découverts, des nouvelles formes sont conçues, des nouvelles structures sont créées et à chaque fois dans un souci d'innovation et d'optimisation pour pouvoir toujours aller plus haut.¹⁰³

Pour les villes sans cesse croissantes, la construction de gratte-ciel ne pouvait pas être arrêtée, mais la demande augmente de jour en jour. C'est donc le moment de regarder en avant pour restaurer la nature et la ramener dans l'environnement bâti. Comme nous avons vu les énormes avantages des plantes, ainsi que les moyens potentiels d'incorporer des technologies pour les intégrer dans l'enveloppe du bâtiment ainsi qu'à l'intérieur, mais le processus est toujours très lent et mal informé pour les gens de masse. Une bonne utilisation des avantages et une plus grande sensibilisation du public à cet égard peuvent changer radicalement notre environnement dans un avenir proche si tous les processus sont suivis. Pour le meilleur bénéfice, l'orientation du bâtiment et les conditions climatiques du site doivent également être prises en compte lors de la conception de bâtiments verts en plus d'intégrer des plantes dans la conception.¹⁰⁴

¹⁰³ <http://tpe--lesgratte-ciels.e-monsite.com>

¹⁰⁴ Shah Rina Afrin, Master's Thesis on Green Skyscraper: Integration of Plants into Skyscrapers, Stockholm 200,p128

Bibliographie

Bibliographie

Livres

- Tracey Strange and Anne Baylet, Sustainable development, paris, 02 Dec 2008, p24.
- G.MASPERO, L'archéologie égyptienne ; Edité par ANCIENNE MAISON QUANTIN / LIBRAIRIES-IMPRIMERIES REUNIES, paris, 1887, p5
- Jean- Luc Larcher, Thierry Gelgon, Aménagement des espaces verts urbains et du paysage rural ,4^e Edition, Lavoisier, paris, 2012, p107.
- J.L.Larcher et T. Gelgon, « Aménagement des espaces verts urbains et du paysage rural», 3^eéd. Edition TEC & DOC, Paris.2000. p21-22
- FREDERIQUE ET MARC TANGUY, la composition des espaces verts et le choix des végétaux, Editions J-B BAILLIERE, 1981 paris.
- Bungale S. Taranath, Reinforced Concrete Design of Tall Buildings, CRC Press, 2009, p225.
- Mehmet Halis Günel and Hüseyin Emre Ilgin, Tall Buildings Structural Systems and Aerodynamic Form, Routledge, Taylor & Francis Group, 2014.
- Gérard KARSENTY, Voiries –réseaux divers espace vert chapitre 4, Guide pratique de VRD et aménagement extérieur, Groupe Eyrolles, 2004.

Mémoire

- Jérôme DURÉAULT, Architecture contemporaine et nature en ville, Diplôme d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences Agronomiques, Agroalimentaires, Horticoles et du Paysage, Angers, France le : 13/09/2013, p1.
- Shah Rina Afrin, Master's Thesis on Green Skyscraper : Integration of Plants into Skyscrapers, Stockholm 2009, p1-p2
- BENHALILOU KARIM impact de la végétation grimpante sur le confort hygrothermique estival du bâtiment, Mémoire pour l'obtention du diplôme de magister, Constantine, 2008, p79.
- Shahrina Afrin, Green Skyscraper : Integration of Plants into Skyscrapers, Master's Thesis, Stockholm ,2009.
- Salim, efft, Vertical Circulation & Services, Department of Architecture Hajee Mohammad Danesh Science & Technology University, Dinajpur5200 Bangladesh, p3-p30.
- Léonard Lopez - Génie Civil, Dimensionnement d'un gratte-ciel et étude des possibilités de raidissement d'une construction en hauteur projet de master, Juin 2010, p11.

Articles

- GUYOT.A/ : « l'arbre urbain, un composant de confort pour l'architecture et l'espace urbain public » extrait d'intervention du cours in site Internet [EN LIGNE] www.arbreurbain.com
- Med Bouattour, Fuchs Alain, la végétalisation des bâtiments, paris 2009, p9.
- Stéphanie Besse, Murs et façades végétalisés. Biodiversité & bâti. Guide technique.
- Dragoş Marcus Erasmus student : Germana Sciortino, " THE SHARD " High Performance Structure, London Bridge Tower, Ion Mincu 2000_ 2012.
- Ferfach Imen, la monographie de la wilaya de Biskra, institue de gestion technique et urbaine, Constantine 3,2014-2015, p 4-6

-Rapport : Elena Giacomello & Massimo Valagussa, Evaluating the high-Rise vegetation if the Bosco vertical, CTBUH in collaboration with Arup and Università Iuav di Venezia, Chicago, 2015, p24.

-P. Satheesh Kumar, Sivasubramanian, M. Jeganathan and J. Ashok, INDOOR OUTDOOR GREEN PLANTATION IN BUILDINGS A CASE STUDY, Indo – Asian Journal of Multidisciplinary Research (IAJMR) ISSN : 2454-1370, India, 2016.

Cours

Cour n 03 la gestion environnementale urbain et industriel, Séquence N 01 Espaces verts « Direction de l'Environnement de la wilaya d'Oran.

Cour espace vert Filière : Gestion des techniques urbaines Spécialité : Génie urbain Rédigé par Dr. MILI Mohamed Enseignant Evalué par les experts Pr. TACHIRAFT Abdelmalek Dr. LAKHDAR HAMINA Youcef, p15-16.

Autres

Sun Earth Tools

Google earth

Site d'internet

<https://www.cultivoo.com>

www.hisour.com

<http://www.3-0.fr>

<https://pdfslide.net>

<https://jardin-japonais-zen.com>

<http://www2.ville.montreal.qc.ca>

<https://fr.wikipedia.org>

<https://chine.in>

<http://virtuelcampus.univ-msila.dz>

www.academia.edu

<https://www.aquaportail.com>

<https://www.aquaportail.com>

<https://fr.wikipedia.org>

<https://architecteo.com>

<https://www.ecovegetal.com>

<https://www.voseconomiesdenergie.fr>

<https://fr.wikipedia.org>

<https://www.plus-que-pro.fr>

<https://www.ekopedia.fr>

<http://www.murmurevegetal.com>

<https://groupe-global.fr>

<http://blog.ac-versailles.fr>

<https://fr.wikipedia.org>

<https://www.gralon.net>

<http://takemehigher.over-blog.net>

<https://tpeconstructiontour.wordpress.com>

<http://colbertserv.lyceecolbert-tg.org>
<https://www.ingenieurs.com>
<https://tpeconstructiontour.wordpress.com>
<https://www.cambria.co.uk>
www.dezeen.com
<https://fr.wikiarquitectura.com>
<https://sites.google.com>
www.academia.edu
<https://jss0626.wixsite.com>
<http://www.condopedia.com>
<https://en.wikipedia.org>
www.chicagomag.com
<https://archiguelma.blogspot.com>
<https://en.wikipedia.org>
<https://www.18h39.fr>
<https://www.archdaily.com>
<https://fr.wikipedia.org>
<https://www.stefanoberichitetti.net>
www.dezeen.com
<https://cdn.archilovers.com>
<https://www.archilovers.com>
<http://www.dsp-biskra.dz>
Google earth pro
Sun earth tools
www.maison-construction.com
<http://tropical.theferns.info>
<https://www.gerbeaud.com>
<https://www.gerbeaud.com>
<https://www.journaldesfemmes.fr>
<http://tropical.theferns.info>
<https://monjardinmamaison.maison-travaux.fr>
<https://jardinage.lemonde.fr>
<https://www.promessedefleurs.com>
<https://www.ourhouseplants.com>
<https://jardinage.lemonde.fr>
<http://www.missouribotanicalgarden.org>
<https://www.gardendesign.com>
<https://www.gammvert.fr>
<http://www.missouribotanicalgarden.org>
<https://www.provenwinners.com>
<https://www.muramur.ca>
<https://www.aujardin.info>
<http://tpe--lesgratte-ciels.e-monsite.com>

Annexe

Annexe 01

Les différents types des espaces verts

Les espaces verts Suburbains :

Ils sont situés aux abords des villes d'une superficie très vaste, ils se divisent en deux types : privé (les forêts privées) et public (espaces verts aux bords de rivière, de canal, parcs,....etc.)¹



Figure : jardin et plain des jeux
Source : <https://univers-loisirs.com>

Les espaces verts urbains

Ils sont réalisés dans les tissus urbains pour offrir un endroit naturel dans un milieu dense à dominante minérale, ils sont fréquentés par des usagers qui habitent aux alentours. Ils peuvent se diviser en deux types :

- **Privé** : Tels que le jardin privé, qui est un espace d'agrément, de surface réduite, relié souvent à un lieu d'habitation ou une maison individuelle.

- **Public** : Il se présente sur deux formes :

- **Non spécialisés** : qui présente sous forme de :
- **Espaces linéaires** : L'espace vert linéaire en milieu urbain peut avoir plusieurs formes comme par exemple : les avenues bordées de jardins, les arbres d'alignements...etc.

- **Autres formes d'espaces** : qui présente sous forme de :

- **Squares** :

Espace vert de dimensions réduites, lieu de promenade et de détente, il peut entourer ou côtoyer un édifice, ou bien couvrir un espace laissé libre par le tracé d'une voie.



Figure : Square Louis XIII de la place des Vosges à Paris.
Source : <https://fr.wikipedia.org>

- **Jardins de quartier**

- Ils offrent un lieu de repos, de détente et de pratique d'activités récréatives. On trouve dans ces jardins la pelouse, les aires de jeux, ainsi que quelques équipements légers qui permettent le jeu tranquille ou même certaines Pratiques sportives.



Figure : Le jardin de l'éco quartier a Augustenborg
Source : <https://www.lemoniteur.fr>

- **Jardins et plaines de jeux**

Ils ont pour but d'offrir à l'enfant à proximité de son domicile, des espaces comportant des terrains spécialisés (coin de jeu) selon son âge et la nature de ses activités, et des installations permettant la pratique de jeux variés, spontanés ou organisés, individuels ou collectifs.

- **Parcs avec bâtiments**

Ils ont pour but de construire un lien entre l'habitation et l'espace extérieur, ils ont également plusieurs fonctions : aires de jeux, espaces de rencontres,...

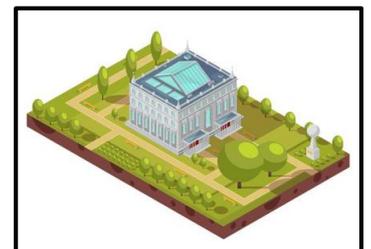


Figure : Bâtiment universitaire avec disposition isométrique du parc
Source : <https://fr.vecteezy.com>

¹ Cour espace vert Filière : Gestion des techniques urbaines Spécialité : Génie urbain Rédigé par Dr. MILI Mohamed Enseignant Evalué par les experts Pr. TACHIRAFI Abdelmalek Dr. LAKHDAR HAMINA Youcef p16

- Parcs urbains

Ils ont de grandes surfaces variées allant jusqu'à plusieurs centaines d'hectares, ils comportent différentes fonctions liées aux diverses activités de loisir de plein air, sportives, de promenade et de détente.



Figure : Parc urbain Ville d'Eragny-sur-Oise
Source : <https://land-act.fr>

Spécialisés

- **Parcs d'attractions** : Ils proposent des activités diverses destinées à se détendre, s'amuser, divertir le visiteur (activités pédagogiques, enchantresses et même parfois effrayantes,...etc.).



Figure : Parc d'attraction Disneyland Paris
Source : <https://www.familiscope.fr>

- Jardins botaniques

C'est un jardin public d'intérêt scientifique, composé d'espèces indigènes ou étrangères, destinées à l'étude et à la collection.

Les jardins botaniques rependent à divers objectifs :

- Conservation du patrimoine historique (vieux sujets, parc,batiment...).
- Constitution d'un patrimoine scientifique et culturel (base de données, collections d'herbiers,de grains...).
- Diversification,acclimatation des plantes importées.²
- Des collections des plantes au sein d'un arboretum
- ou de végétaux classés selon des critères biologiques.



Figure : Les jardins botaniques de Durban.
Source : <https://afriquedusud-decouverte.com>

- **Zoos (jardin zoologique)** : né du désir de présenter des espèces animales méconnues du public, dans un enclos ou en zliberté.

- une abondante végétation diversifiée et des scènes naturelles créant une ambiance particulière se rapprochant du lieu de vie d'oigine.
- la présentation des animeaux et les problèmes de sécurité qui en découlent sont primordiaux .Aussi le tracé et l'aménagement de ce
- type d'espace doivent répondre à des contraintes paysagères et zoologique, Tout en satisfaisant les besoins des visiteurs (Connaissance, découverte, promenade, repot ...).



Figure : Maison des antilopes au jardin Zoologique de Berlin.
Source : <https://fr.wikipedia.org>

- **Jardins scolaires** : Ce sont généralement des surfaces réduites, permettant aux enfants et étudiants de s'initier à l'environnement naturel par la pratique du jardinage. L'espace peut ainsi présenter :

- des zones libres : gazon, terrasse...
- des pôles d'animation : jeux, divers, nichoirs...

² Jean luc larcher et Thirry gelgon, Aménagement des espaces verts urbains et du paysages rural, paris, Edition TEC & DOC 2012 p195.

- de zones d'activités :
 - collections de petits végétaux ;
 - enclos avec petits animeaux ;
 - terrain d'expérience, de manipulation ;
- des zones vers avec des plantations, arbustives et arborescentes, aux essences variées et en majeure partie d'origine locale.



Figure : jardin scolaire
Source : <https://www.education21.ch>

- Jardins ouvriers

Ils sont affectés le plus souvent à la culture potagère pour leur consommation personnelle à l'exclusion de tout usage commercial. Remarques relatives aux aménagements :

- Abris et clôture : le choix est important pour l'esthétique et l'intégration.
- Eau : disponible soit sous forme d'un réseau d'eau de ville, soit sous forme de forage ou de puits.
- Les équipements collectifs : ils représentent 25 à 50% de la surface totale et comprennent des allés, des espaces de jeux pour l'enfant ou adultes (terrain de boules), un locale collectif, un parking et nécessitent un entretien soigné.



Figure : Jardin ouvrier à Saint-Cloud.
Source : <https://fr.wikipedia.org>

-Équipements sportifs polyvalents

Espaces de forme et de superficie variées permettant de pratiquer un ou plusieurs types de sports.

Les éléments suivants peuvent composer l'espace :

- Parcours d'entraînement et d'échauffement ;
- Zone arborée, plage de verdure (gazon) ;
- Mobilier divers, concessions, jeux d'enfants...



Figure: Equipment Sportif
Source: <http://biblus.accasoftware.com>

Annexe 02

- La toiture végétalisée semi-intensive peut donc être installée sur la plupart des toits. ³

Ci-joint un tableau comparatif des trois typologies :

³ <https://www.voseconomiesdenergie.fr>

	Extensive	Semi-extensive	Intensive
			
Utilisation	Toiture écologiques	Jardins /toiture écologiques	Jardins et parcs
Type de végétation	Mousse, herbe, et plante grasses	Mousse, herbe, plante grasses et buissons	Gazon, plantes vivaces, buissons et arbre
Epaisseur de substrat	60-200 mm	120-250 mm	150-400mm
Charge	60-150kg/m ²	120-200 kg/m ²	180-500 kg/m ²
Irrigation	Non	Périodiquement	Régulièrement
Maintenance	Faible	Périodiquement	Intense
Coût	Faible	Moyen	Elevé

Tableau : Tableau comparatif des types de toitures végétalisées
Source : Med Bouattou, Fuchs Alain la végétalisation des bâtiments paris 2009 PDF p8

-Le tableau représente quelques variétés de plantes et leur mode de croissance :

Espèces Nom latin (en majuscules) Nom français (en miniscules)	Feuillage	Méthode de croissance	Taille (m)	Taux de croissance	Feuille/fleur
PARTHENOCISSUS QUINQUEFOLIA Vigne vierge de Virginie	Ca duc	Tortillant	6 à 20	Rapide, grand	5 feuillets ovales très larges
POLYGONUM BALDSCHUANICUM Vigne russe	C	Tortillant	5 m/ an	Très lent	Petite fleur de chaînes
PARTHENOCISSUS TRICUSPIDATA Vigne vierge ou Lierre de Boston	C	Tortillant	6 à 15	Rapide, grand	3 feuilles lobées
WISTERIA SINENSIS Glycine	C	Tortillant	Jusqu'à 30m	Effréné	Fleurs bleu accrochantes
VITIS COIGNETIAE Vigne	C		Jusqu'à 20m	Rapide	Grandes Feuilles

Tableau ; plantes grimpantes utilisées et leurs critères de sélection
Source : www.gammvert.com

- **Des recommandations pour l'emplacement et l'entretien des plantes grimpantes :**

1. Dégager une surface maximale de 30x60 cm contre la façade côté rue, parallèle en longueur à la façade. Pour cela, l'enlèvement de deux dalles 30x30 cm dans les trottoirs (ou de pavés, d'une surface équivalente) est autorisé.

2. Le choix du support doit être adapté au moyen qu'utilise la plante pour grimper. Il faut toujours veiller à assurer solidement l'ancrage des supports dans le mur en prévision du développement de la végétation et donc de l'augmentation de poids.

A-Les fils de fer : valables pour toutes les variétés de plantes.

b-Les treillages : plus décoratifs, ils sont particulièrement adaptés aux plantes à tiges volubiles en roulantes (ex. glycine, chèvrefeuille, ..).

c- Certaines plantes s'accrochent d'elles-mêmes aux murs à l'aide de petites vrilles ou ventouses. Les murs lisses ou recouverts d'un crépi ne sont pas de bons supports naturels mais on peut y pratiquer un piquetage en créant des cavités et aspérités au fur et à mesure de la croissance des plantes.

3. Veiller à ce que ces plantations n'entravent en aucune manière la sécurité des usagers de la voie publique. Elles ne peuvent donc pas entraver le passage sur le trottoir, ni pour les piétons, ni pour les poussettes et autres voiturettes et doivent être bien guidées et palissées contre la façade.

4. Veiller à ce que les plantes n'envahissent pas les façades voisines, les descentes d'eau, etc. afin d'éviter tout litige de voisinage. Assurer un entretien régulier et en tout temps.

5. En été, les plantes grimpantes sont exposés à une plus forte évaporation que les autres car les murs emmagasinent et réverbèrent la chaleur. Il est donc nécessaire d'en arroser les pieds fréquemment.⁴

Annexe 03 : les trois périodes d'entretien des toitures végétalisées :

La phase	La période de parachèvement	La période de confortement	La période d'entretien courant
Les principales opérations d'entretien	-Il s'agit de la période comprise entre l'installation de la végétalisation de la toiture et la réception de l'ouvrage. Sa durée varie en fonction des conditions de coordination du chantier. -Pendant la période de parachèvement, l'entretien est à la charge du Maître d'Œuvre. Dès réception de l'ouvrage,	-enlèvement des déchets apportés par le vent sur les surfaces végétalisées et les zones stériles -remise en place de la couche de culture en cas de déplacement par le vent ou la pluie -désherbage manuel des végétaux indésirables -arrosage suivi en fonction des conditions météorologiques, notamment pour les solutions de végétalisation par semis de fragments	-Désherbage manuel des espèces indésirables pouvant endommager l'étanchéité (ligneux, arbrisseaux) et des mauvaises herbes inesthétiques ou étouffant les sedums. -Enlèvement des feuilles (susceptibles d'étouffer la végétation et de boucher les évacuations pluviales). -Dégagement (végétation, déchets...) autour des évacuations pluviales et sur la bande pourtour. -Surveillance et détection de tout autre problème éventuel (dégâts causés par les oiseaux ou les rongeurs, maladie particulière...).

⁴ <https://www.1030.be>

	<p>l'entretien de la toiture végétalisée est à la charge du Maître d'Ouvrage. Après installation du système de végétalisation, les Règles Professionnelles distinguent deux périodes d'entretien de la végétalisation : la période de confortement et la période d'entretien courant.</p>	<p>-fertilisation -en cas de défaut de reprise (partiel ou total) : opérations complémentaires de semis (graines ou fragments de sedum), de plantation (mottes ou godets), ou d'installation d'élément pré-cultivés</p>	<p>-Vérification de l'état du drainage. -Réalisation d'un apport d'engrais adapté tous les ans (surtout pour les toitures en pente) -Fauche ou taille des espèces à plus fort développement végétatif -Maintenance du système d'irrigation</p>
--	---	---	--

Tableau : les trois périodes d'entretien des toitures végétalisées

Source : FREDERIQUE ET MARC TANGUY (la composition des espaces verts et le choix des végétaux. Editions J-B BAILLIERE, 1981 paris