



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique



Université Larbi Tébessi - Tébesa
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département d'Architecture

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du
diplôme de master Académique

Domaine : Architecture, environnementale et technologie

Filière : Architecture

Option : Architecture

Thème :

**Les apports des toitures vertes sur le confort
thermique dans les équipements hospitaliers
à Tebessa**

Elaboré par :
MENACER Marwa

Encadré par :
M. FAZZAI Soufiane

Soutenu devant le jury composé de :

- 01- BOUDERSA Ghani
- 02- LAID Hichem
- 03- AMOKRANE Radhwane.

Président.
Examineur
co-encadreur

Année universitaire : **2019/2020**

Remerciements

*Avant tout louange à **ALLAH** de m'avoir donné le courage, la force, la volonté et la patience durant mes cursus universitaires.*

*Je tiens à remercier particulièrement et avec gratitude mes Encadreurs DR, **FEZZAI Soufiane** et M. **AMOKRANE Radhwane** d'avoir acceptés de diriger ce travail avec beaucoup d'intérêt et de patience ainsi que pour leurs précieux conseils, leurs apports appréciés et leurs encouragements en souhaitant que ce travail soit à la hauteur de leurs espérances.*

Ainsi qu'à tous les enseignants qui nous ont suivis durant nos 5 années d'études.

Je remercie également tous les membres du jury de ma soutenance pour l'honneur qu'ils me font en examinant mon travail.

Mon grand hommage revient précisément à mes parents, pour leur amour, encouragement, et leur soutien durant tout le trajet de mes études.

Enfin j'adresse mes remerciements à toute personne ayant contribué de près ou de loin à la concrétisation de ce travail.

Dédicace

Merci dieu de m'avoir donné le courage pour arriver à finir ce modeste travail.

Je dédie mon travail :

À la source d'amour et de tendresse, à celle qui m'a tout donné :

À toi ma chère mère "DALILA"

À mon symbole de sacrifice et d'affection, à celui que j'estime le plus :

À toi mon cher père "SOLTANE"

À Mes chers frères : Walid , Samir , Billel , Farid , Yassine , Oussama

À mes chères adorables sœurs : Oumaima, Aridje

À tous les autres membres de ma grande famille surtout ma chérie

Tante : Faiza

À mes chères amies :

Nada, Amira, Sabah , djihane, da3dou3a , Ferial ,Linda , kfmisa.

À mes professeurs encadreur FEZZAI Soufiane , AMOKRANE radhwane .

À tous les étudiants de l'architecture promotion 2020

À tous mes collègues de l'université L'ARBI TBESSI

*À toute personne dont j'ai une place dans son cœur, que je connais,
que j'estime et que j'aime.*

MENACEUR Marwa

RÉSUMÉ :

La minéralisation généralisée des zones urbaines extérieures au détriment de la couverture végétale, engendre une surchauffe au niveau de nos villes, créant ainsi l'effet « îlot de chaleur urbain » , qui a comme conséquence un recours excessif à la climatisation pour rafraîchir les espaces intérieurs des bâtiments.

Les toitures vertes peuvent être une alternative intéressante comme moyen de rafraîchissement passif de ces espaces.

Le présent travail aborde le volet amélioration des ambiances thermiques par le recours à la couverture des terrasses et toitures par la végétation extensive et semi-intensive à travers la simulation numérique à l'aide du système expert à l'échelle architecturale ECOTECT.

Les résultats obtenus confirment que le meilleur scénario pour un confort thermique optimal intérieur c'est **le scénario D'** « une toiture verte recouverte à 75% par végétation semi-intensive » . Ce qui confirme l'apport significatif des toitures vertes sur le confort thermique des bâtiments en fonction du type de couverture et de sa densité .

Mots-clés : les toitures vertes - rafraîchissement passif - ambiances thermiques- la végétation extensive -végétation semi intensive -

ABSTRACT:

The generalized mineralization of exterior urban areas to the detriment of plant cover , generates overheating in our cities , thus creating « the urban heat island » effect, which results in excessive use of air conditioning to cool the interior spaces of buildings . .

Green roofs can be an interesting alternative as a means of passive cooling of these spaces .

This work addresses the aspect of improving thermal environments through the use of covering terraces and roofs with extensive and semi-intensive vegetation through digital simulation using the expert system at the architectural scale ECOTECT..

The obtained results confirm that the best scenario for optimal indoor thermal comfort is **the scenario D'** «green roof covered by 75 % semi-intensive vegetation» . this confirms the significant contribution of green roofs to the thermal comfort of buildings according to the type of cover and its density.

Keywords :

– green roofs – passive cooling – thermal environments – extensive vegetation - semi-intensive vegetation .

تخليص

يؤدي غزو الاسمنت للمناطق الحضرية الخارجية على حساب الغطاء النباتي لارتفاع درجة حرارة المدن وتشكيل ما يسمى « بالجزيرة الحرارية » مما يؤدي الى الاستخدام المفرط لمكيفات الهواء لتبريد المساحات الداخلية للمباني . يمكن ان تكون الأسطح الخضراء بديلا مثيرا للاهتمام كوسيلة للتبريد السلبي لهذه المساحات . حيث يتناول هذا العمل جانب تحسين البيئات الحرارية من خلال تغطية السقوف و الاسطح بالنباتات قليلة الكثافة والكثيفة وذلك باستخدام النظام الخبير على المستوى المعماري ECOTECT . تؤكد النتائج التي تم الحصول عليها ان افضل سيناريو للراحة الحرارية الداخلية المثلى هو السيناريو 'D' " سقف اخضر مغطى بنسبة 75% نباتات كثيفة " , وهذا يؤكد لنا المساهمة الكبيرة للمساحات و الاسطح الخضراء في الراحة الحرارية للمباني حسب نوع الغطاء و كثافته .

الكلمات المفتاحية

-الاسطح الخضراء - التبريد السلبي- البيئة الحرارية - غطاء نباتي قليل الكثافة - غطاء نباتي كثيف -

DEDICACES	I
REMERCIEMENTS.....	II
RESUME	III
ABSTRAC	IV
ملخص	V
TABLE DES MATIERES	VI
LISTE DES FIGURES	XII
LISTE DES ORGANIGRAMMES	XVIII
LISTE DES TABLEAUX	XX
PARTIE INTRODUCTIVE	
Introduction générale	1
Problématique	2
Les hypothèses	3
Les objectifs de recherche	3
Méthodologie de recherche	3
Chapitre 01 : Généralité sur les toitures vertes	5
Introduction	6
1. La végétation en architecture.....	6
1.1 Intégration de la végétation dans l'espace extérieur	6
1.2 Intégration de la végétation dans l'espace bâti	7
1.2.1 La végétation des cours et des patios	7
1.2.2 Les plafonds végétaux : tonnelle pergola, auvent	8
1.2.3 Plantation sur les balcons et terrasse	8
1.2.4 La végétation des murs	9
1.2.5 Le verdissement des fenêtres	9
1.2.6 les toitures vertes	10
2. Les toitures vertes	10
2.1 Définition des toitures vertes	10
2.2 Historique des toitures vertes	10
2.3 Les types des toitures vertes	11
2.3.1 Selon les types des végétaux	12

2.3.2 Selon leur accessibilité et selon leur pente	15
2.4 Les composantes des toitures vertes	15
2.5 Les effets des toitures vertes	16
2.5.1 À l'échelle urbaine	17
2.5.2 À l'échelle architecturale	19
2.6 Critère de choix des végétaux	22
2.7 Type des plantes recommandées pour les toitures vertes	23
2.7.1 Pour les toitures extensives et semi intensives	23
2.7.2 Pour les toitures intensives	24
2.8 Épaisseur de substrat en fonction du type de végétation	24
3. Analyse des exemples	25
I. École polytechnique de Montréal	25
1. Fiche technique	25
2. Critère de choix	25
3. Analyse de l'effet de toiture verte dans l'édifice	26
II. Le casse-tête	27
1. Fiche technique	27
2. Critère de choix	27
3. L'intégration des toits verts dans le projet	28
4. Analyse de l'effet de toiture verte dans l'édifice	29
III. Jacobs Medical Centre	30
1. Fiche technique	30
2. Critère de choix	30
3. L'intégration des toits verts dans le projet	31
Conclusion	32
Chapitre 02 : Analyse thématique	33
Introduction	34
1. la santé	34
1.1 Définition de la santé	34
1.2 Les types de la santé	34
1.3 Les objectifs de la santé	34

1.4Le rôle de la santé	35
1.5L'organisation de système sanitaire Pyramide	35
1.6 historique des hôpitaux	36
2. Établissement hospitalier spécialisé (EHS)	36
2.1Définition de l'EHS	36
2.2Le rôle d'EHS	36
2.3Les types d'EHS en Algérie.....	36
3. Centre anticancéreux	37
3.1Définition de Centre anticancéreux	37
3.2Carte des centres anti cancer en Algérie	37
4.Le cancer.....	37
4.1Définition de cancer	38
4.2Les types de cancer	38
4.3Les traitements de cancer	38
5. Les utilisateurs et les usagers de l'équipement	39
6. La recherche fonctionnelle sur l'équipement	39
7. Les parcours spatiaux et fonctionnels des malades	39
8. Les exigences techniques	43
8.1Terrain de construction	43
8.2Orientation	43
8.3Les parkings	43
8.4Dégagements	43
8.5Les portes	44
8.6Les espaces sanitaires	44
8.7La chambre d'hospitalisation	44
8.8Les laboratoires	45
8.9Médecine nucléaire	45
8.10Imagerie médicale.....	46
8.11Radiothérapie	46
8.12 Bloc opératoire	46
Conclusion	47

chapitre 03 : approche analytique	48
Introduction.....	49
1. Analyse des exemples.....	50
I. L'institut Gustave Roussy.....	50
1.Fiche technique	50
2.Critère de choix	50
3.La situation	51
4.L'environnement immédiat +les espaces extérieurs.....	52
5.Analyse spatio-Fonctionnelle sous-sol +RDC	53
7.Analyse spatio-Fonctionnelle R+1 R+9	54
8. Synthèse 01	55
II. Centre anti cancer de Constantine.....	56
1. Fiche technique	56
2. Critère de choix.....	56
3. La situation	57
4.Environnement immédiat + l'accessibilité	58
5. analyse spatio-fonctionnelle de plan sous-sol+ RDC	59
6. analyse spatio-fonctionnelle de plan R+1 R+4	60
7.Synthèse 02.....	61
III. Princess Maxima	62
1.Fiche technique :	62
2.Critère de choix :	62
3.Analyse d'ambiance intérieur	63
Synthèse générale	64
2.Les organigrammes	65
2.1 l'accueil général	65
2.2 Zone de consultation	65
2.3 Hôpital de jour	66
2.4 Médecine nucléaire	66
2.5 Service oncologie adulte/enfant.....	67
2.6 Lingerie	67

2.7 la morgue	68
2.8 Administration	68
2.9 Anatomo-pathologie	69
2.10 Radiothérapie	69
2.11 Laboratoire	70
2.12 Organigramme globale 3d	70
3.analyse de terrain	71
3.1critere de choix	71
3.2 la situation	72
3.3 Environnement immédiat	73
3.4 L'accessibilité	74
3.5 Morphologie et superficielle	75
3.6 Relief.....	76
3.7 Contrainte et servitude	77
3.8 Synthèse d'analyse de terrain	78
4.Le programme	79
Conclusion	91
Chapitre 04 : Les méthodes d'évaluation les effets des toitures vertes sur le confort thermique.....	92
Introduction.....	93
1 Les méthodes d'évaluation les effets des toitures vertes sur le confort thermique.	93
1.1Méthode d'enquête	93
1.2Méthode expérimentale	93
1.3Méthode numérique (simulation)	95
1.3.1A l'échelle urbaine	95
1.3.2Al'échelle architecturale	99
2.Le protocole de la simulation à l'échelle architecturale.....	100
3.Les démarches de simulation par L'ECOTECT :	101
Conclusion :	103
Chapitre 05 : l'analyse et l'interprétation des résultats.....	104
introduction	105

1. A l'échelle architecturale	105
1.1 Interprétation des Résultats de simulation	105
1.1.1 Effet de la toiture végétale sur le confort thermique intérieur en période estivale ...	105
- Scénario A (avec une toiture ordinaire)	105
- Scénario B (avec 25 % toiture extensive)	106
- Scénario C (avec 50 % toiture extensive)	107
- Scénario D (avec 75 % toiture extensive)	108
- Scénario E (avec 100% toiture extensive)	109
- Scénario B' (avec 25 % toiture semi-intensive)	110
- Scénario C' (avec 50 % toiture semi-intensive)	111
- Scénario D' (avec 75 % toiture semi-intensive)	112
- Scénario E' (avec 100 % toiture semi-intensive)	114
1.1.2 Effet de la toiture végétale sur le confort thermique intérieur en période hivernale .	114
- Scénario A (avec une toiture ordinaire)	114
- Scénario B (avec 25 % toiture extensive)	115
- Scénario C (avec 50 % toiture extensive)	116
- Scénario D (avec 75 % toiture extensive)	117
- Scénario E (avec 100% toiture extensive)	118
- Scénario B' (avec 25 % toiture semi-intensive)	119
- Scénario C' (avec 50 % toiture semi-intensive)	120
- Scénario D' (avec 75 % toiture semi-intensive)	121
- Scénario E' (avec 100 % toiture semi-intensive)	122
1.2 une analyse comparative des différents scénarios de chaque période	123
1.2.1 la période estivale	123
1.2.2 la période hivernale	124
Conclusion	125
Conclusion générale	126
Bibliographie	127

Chapitre 01 : Généralité sur les toitures vertes

Figure 1: intégration des végétation dans les espaces extérieurs (source : www.pinterest.fr)	7
Figure 2 : variations des paramètres décrivant les facteurs d'ambiances dans une cour (source : Abderrezak, 2010)	7
Figure 3: pergolas recouvertes de végétation grimpante sur des terrasses (source : Abderrezak , 2010)	8
Figure 4: divers aménagements des balcons et terrasses (source : Abderrezak , 2010)	8
Figure 5: coupe d'un mur végétal (source : Benhalilou , 2008).	9
Figure 6: façade recouverte d'un mur végétal (source : Benhalilou, 2008).	9
Figure 7: verdissement des bords des fenêtres par des géranium et autres plantes (source : Abderrezak , 2010)	9
Figure 8: végétation d'un toit d'un bâtiment(source : Benhalilou, 2008).	10
Figure 9: Jardins suspendus de Babylone - Maarten van Heemskerck - XVIe siècle(source : Bouattour , Alain, 2009)	11
Figure 10: Graminées sur habitat traditionnel - Musée des traditions d'Oslo – Norvège (source : Bouattour , Alain, 2009)	11
Figure 11: types des toitures vertes selon le type de végétation (source : ATASOY, 2018)..	12
Figure 12:Toiture verte extensive (source : Bouattour et Alain , 2009)	13
Figure 13 :Toiture verte semi intensive (source : MEULEMAN ,2010).....	13
Figure 14: Toiture verte intensive (source : meuleman,2010).....	14
figure 15: Représentation schématique des Composantes d'une toiture verte (source ; Benhalilou , 2008).....	15
figure 16: les nombreux atouts des toitures vertes (source : Ernst & Young,2009).	17
figure 17: Phénomène d'absorption des poussières par la végétation(source : Ernst & Young , 2009).	17
figure 18: Phénomène d'absorption du CO2 par la végétation (source : Ernst & Young , 2009).....	17
figure 19: Ruissellement sur un toit plat conventionnel et un toit végétalisé extensif sur une période de 22 h (source : Cité par Ernst & Young et Associés , 2009)	18
Figure 20: la biodiversité dans les toitures vertes (source :Meuleman ,2010).....	18

Figure 21 :l'utilisation des toitures vertes comme espace de détente (source : Meuleman ,2010)	19
Figure 22: effets rafraichissants de la végétation (source : FAHED,2018)	20
Figure 23:Transpiration végétale (source : Abderrezak , 2010)	20
Figure 24:effet rafraichissant de la végétation par l'ombrage (source : FAHED,2018)	21
Figure 25: Aptenia cordifolia (source : Abderrezak , 2010)	23
Figure 26 : pourpier de cooper (source : Abderrezak , 2010)	23
Figure 27; sedum tortulosum (source : Abderrezak , 2010)	23
Figure 28 : echeveria Sanchez (source : Abderrezak , 2010)	23
Figure 29:Aloinopsis Schooneesi (source : Abderrezak , 2010)	23
Figure 30 : echeveria elegans (source : Abderrezak , 2010)	23
Figure 31:type de végétation selon l'orientation en été (source : Benhalilou , 2008)	24
Figure 32:type de végétation selon l'orientation en hiver (source : Benhalilou , 2008)	24
Figure 33: épaisseur de substrat en fonction du type de végétation (source : Ernst & Young , 2009)	24
Figure 34: Polytechnique : Pavillon Lasonde (source : www.google image .com.)	25
Figure 35: L'intégration des toits verts dans la polytechnique (source :www.google image.com.)	26
Figure 36: L'intégration des toits verts dans la polytechnique :(www.google image.com.)	27
Figure 37: le casse-tête (source :www.google image.com)	28
Figure 38: L'intégration de toit vert dans le casse-tête (source :www.google image.com.)	29
Figure 39: Jacobs Medical Centre (source :www.google.com)	30
Figure 40: L'intégration des toits verts dans le projet (source :www.google image.com.)	31

Chapitre 02 : Analyse thématique

figure 41: l'évolution des hôpitaux (source : thesis.default.html < type < view < https://publications.polymtl.ca)	36
Figure 42 : Carte distribution des centres anti cancer en Algérie , année 2017	37
Figure 43: les type de cancer (source :www.google image .com.)	38
figure 44 : les normes des dégagements dans les hopitaux (source : Neufert , 7é)	43
figure 45 les normes des escaliers dans les hopitaux (source : Neufert , 7é)	44

figure 46 : les normes des montes malades dans les hopitaux (source : Neufert , 7é).....	44
figure 47 : les normes des sanitaires dans les hopitaux (source : Neufert , 10é).....	44
figure 48 : les normes des chambres dans les hôpitaux (source : Neufert , 10é).....	45
figure 49 : Sorbonne (source : la conception des laboratoires de chimie _IN... < pdf < acmo < bip.cnrs-mrs.fr).	45
figure 50 :Circuit unique (source :Neufert , 10é).....	46
figure 51 : Modèle de la marche avant (source :Neufert , 10é)	46
figure 52 : Modèle a isolement du sale (source :Neufert , 10é).....	46
figure 53 : Modèle a isolement de stérile.....	46
Figure 54 : L'institut Gustave Roussy (source :www.google image.com).	49

Chapitre 03 : Approche analytique

Figure 55 :la situation géographique de l'institut Gustave Roussy(source :www.google image.com).	50
Figure 56 : l'environnement immédiat d'institut Gustave Roussy(source :www.google image.com).	51
Figure 57 : les différents accès et aménagement extérieures d'institut Gustave Roussy(source :www.google image.com).	51
Figure 58 : plan RDC (source :www.google image.com).	52
Figure 59 : organigramme spatial de plan RDC (source :www.google image.com).....	52
Figure 60 : . plan R+1 (source :www.google image.com).....	52
Figure 61:. organigramme spatial de plan R+1 (source :www.google image.com)	53
Figure 62 : plan R+2 (source :www.google image.com).....	53
Figure 63 :. organigramme spatial de plan R+2 (source : auteur)	53
Figure 64 : plan r+3 → r+9 (source :www.google image.com).....	53
Figure 65 : Cac de Constantine (source ; BET GAHAM Nabil).....	55
Figure 66 : la situation géographique de CAC Constantine(source :www.google image.com). 56	
Figure 67 : l'environnement immédiat d'institut Gustave Roussy(source :www.google image.com).	57
Figure 68 :l'accessibilité de CAC Constantine(source :www.google image.com).	57
Figure 69 : plan de sous-sol (source :www.google image.com).....	58
Figure 70 : organigramme spatial de plan sous-sol (source :auteur)	58

Figure 71 : plan de RDC (source :www.google image.com).....	58
Figure 72 : organigramme spatial de plan de RDC (source :auteur)	58
Figure 73 : plan r+1 (source :www.google image.com).	59
Figure 74 : plan r+2(source :www.google image.com).	59
Figure 75 : plan r+3(source :www.google image.com).	59
Figure 76 : plan r+4(source :www.google image.com).	59
Figure 77 : Princess Maxima (source :www.google image.com).....	61
Figure 78 : l’ambiance intérieur a Princess Maxima (source :www.google image.com).....	62

Chapitre 04 : Les méthodes d’évaluation les effets des toitures vertes sur confort thermique

Figure 79 : rhino 6 (Source : https://www.rhino3d.com/6/new).....	97
Figure 80 : envi-met (source : www.envi-met.com).....	98
Figure 81 : dragonfly (source : https://www.food4rhino.com).....	99
Figure 82: Ecotect analysis 2011 (Source: Ecotect Analysis 2011)	100
Figure 83 : le paramétrage du logiciel. (Source : Ecotect Analysis 2011)	102
Figure 84 ; modifie l’unité en mètre dans les préférences user (Source : Ecotect Analysis 2011)	102

Chapitre 05 : l’analyse et l’interprétation des résultats

Figure 85: Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec toiture ordinaire au 9 juillet (scénario A).	105
Figure 86 : Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec toiture ordinaire au 22 juillet (scénario A).	106
Figure 87 : Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 25 % toiture extensive au 09 juillet . (scénario B).....	106
Figure 88: Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 25 % toiture extensive au 22 juillet . (scénario B).....	107
Figure 89 : Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 50 % toiture extensive au 09 juillet . (scénario B).....	107
Figure 90 : Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 50 % toiture extensive au 22 juillet . (scénario B).....	108

Figure 91 : Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 75 % toiture extensive . 09 juillet (scénario D)	108
Figure 92; Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 75 % toiture extensive . au 22 juillet (scénario D)	109
Figure 93: Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 100 % toiture extensive au 09 juillet (scénario E).....	109
Figure 94; Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 100 % toiture extensive au 22 juillet (scénario E).....	110
Figure 95 : Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec toiture 25% semi-intensive au 09 juillet (scénario B’).	110
Figure 96 :Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec toiture 25% semi-intensive au 22 juillet (scénario B’).	111
Figure 97: Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec toiture 50% semi-intensive au 09 juillet (scénario C’).	111
Figure 98: Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec toiture 50% semi-intensive au 22 juillet (scénario C’).	112
Figure 99: Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 75% toiture semi-intensive au 09 juillet . (scénario D’).....	112
Figure 100: Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 75 % toiture semi-intensive au 22 juillet . (scénario D’).....	113
Figure 101: Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 100% toiture semi-intensive au 09 juillet . (scénario E’)	113
Figure 102 : Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 100 % toiture semi-intensive au 22 juillet . (scénario E’)	114
Figure 103: Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec toiture ordinaire (28 décembre). (scénario A)	114
Figure 104: Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec toiture ordinaire (08 janvier). (scénario A).....	115
Figure 105 : Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 25 % toiture extensive . (28 décembre) (scénario B)	115

Figure 106 : Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 25 % toiture extensive . (08 janvier) (scénario B).....	116
Figure 107: Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 50 % toiture extensive . (08 janvier) (scénario C).....	116
Figure 108 : Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 25 % toiture extensive . (28 décembre) (scénario C)	117
Figure 109: Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 75 % toiture extensive . (28 décembre) (scénario D)	117
Figure 110: Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 75 % toiture extensive (08 janvier) . (scénario D).....	118
Figure 111: Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 100 % toiture extensive . (28 décembre) (scénario E).....	118
Figure 112: Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 100 % toiture extensive . (28 décembre) (scénario E).....	119
Figure 113: Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 25 % toiture semi-intensive . (08 janvier) (scénario D)	119
Figure 114: Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 25 % toiture semi-intensive . (28 décembre) (scénario D).....	120
Figure 115: Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 50 % toiture semi-intensive . (08 janvier) (scénario c')	120
Figure 116: Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 50 % toiture semi-intensive . (28 décembre) (scénario c').....	121
Figure 117: Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 75 % toiture semi intensive (08 janvier) (scénario D')	121
Figure 118: Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 75 % toiture semi-intensive (28 décembre) (scénario D')	122
Figure 119: Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 100 % toiture semi-intensive (08 janvier) (scénario E')	122
Figure 120: Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 100 % toiture semi-intensive (28 décembre) (scénario D')	123

Chapitre 02 : recherche thématique

Organigramme 1 : Les types de la santé selon (OMS) (source ; La santé comme idéal et comme réalité - Philosophie.chla-sante-comme-ideal-et-comme-realite < https://www.philosophie.ch).	34
Organigramme 2: Le rôle de la santé en Algérie (source ;journal officiel N° 46 , 2018)	35
Organigramme 3: Nouveau pyramide (source :direction de santé ,2020)	35
Organigramme 4 ; les traitements de cancer (source : Ligue national contre le cancers , « traitement de cancers », juin 2011).....	38
Organigramme 5: les utilisateurs et les usagers de l'équipement (source : auteur).....	39
Organigramme 6 : la recherche fonctionnelle sur l'équipement (source : auteur)	39
Organigramme 7: parcours spatial et fonctionnel des malades au service d'imagerie médicale (source : auteur)	40
Organigramme 8 : parcours spatial et fonctionnel des malades au laboratoire (source : auteur)	40
Organigramme 9 : parcours spatial et fonctionnel des malades aux services des soins (source : auteur)	40
Organigramme 10 ; parcours spatial et fonctionnel des malades à la morgue (source : auteur)	41
Organigramme 11: parcours spatial et fonctionnel des malades au bloc opératoire (source : auteur)	41
Organigramme 12 : parcours fonctionnel globale des malades (source : auteur).....	42
Organigramme 13 : parcours fonctionnel globale des malades (source : auteur).....	42

Chapitre 03 : approche analytique

Organigramme 14 : hiérarchisation spatial de l'accueil général (source :auteur)	65
Organigramme 15: hiérarchisation spatial de la zone de consultation (source :auteur)	65
Organigramme 16: hiérarchisation spatial de l'hôpital de jour (source :auteur)	66
Organigramme 17: hiérarchisation spatial de service médecine nucléaire (source :auteur)... 66	
Organigramme 18: hiérarchisation spatial de service oncologie adulte /enfant (source :auteur)	67
Organigramme 19 : hiérarchisation spatial de lingerie (source :auteur).....	67
Organigramme 20 : hiérarchisation spatial de la morgue (source :auteur).....	68

Organigramme 21: hiérarchisation spatial de l'administration (source :auteur)	68
Organigramme 22: hiérarchisation spatial de service Anatomopathologie (source :auteur) ...	69
Organigramme 23: hiérarchisation spatial de la radiothérapie (source :auteur).....	69
Organigramme 24: hiérarchisation spatial de la radiothérapie (source :auteur).....	70
Organigramme 25: organigramme spatial globale 3d (source :auteur)	70

Chapitre 01 : Généralité sur les toitures vertes .

Tableau 1: Tableau comparatif des différents types de toiture verte (sources :l'ALEC / l'AGEDEN , 2016 et Ernst & Young ,2009) 14

Tableau 2: tableau comparatif entre les effets des différentes types des toitures vertes (source : [http://www.biodiversite-positive.fr/wp-content/uploads/2011/10/Toitures-végétalisées-05-janv . pdf](http://www.biodiversite-positive.fr/wp-content/uploads/2011/10/Toitures-végétalisées-05-janv.pdf) 21

Chapitre 04 : Les méthodes d'évaluation les effets des toitures vertes sur confort thermique .

Tableau 3: les scénario de simulation a léchelle architecturale (source : auteur) 101

Introduction générale :

L'augmentation constante de la population a entraîné un étouffement dans les villes, qu'il a fallu augmenter le nombre des bâtiments et des équipements : des écoles, des hôpitaux, des usines et des sociétés, etc., ce qui a entraîné une forte diminution des espaces verts dans les villes, augmentation de la pollution atmosphérique, utilisation des matériaux de construction préjudiciables à l'environnement. Alors, avec la disparition des espaces verts, la solution la plus écologique pour préserver l'environnement, et augmenter les espaces verts c'est la technologie de la construction **des toitures vertes** dans les bâtiments (Drevard ,2017).

Le principe d'installation des plantes sur les toits est une technique plus ancienne , existe depuis des milliers d'années , en passant par **les Jardins suspendus de Babylone** et **les maisons gazonnées scandinaves** (Bouattour , Alain , 2009) , et avec le développement des matériaux et des techniques de construction , les toitures vertes sont apparues dans les années 20 avec le mouvement moderne en architecture avec l'idée de Le Corbusier en 1933 (une terrasse plantée à chaque bâtiment) , et elles sont modernisées depuis quelque année , en Allemagne en 1970, en France 1980 , 1998 japon , 2000 aux États-Unis (Abderrezak , 2010) .

Aujourd'hui, la toiture verte est souvent une solution technique avant d'être un choix architectural. Elle offre de multiples avantages écologiques comme techniques, en plus de sa capacité à retenir l'eau, elle permet également d'améliorer le confort thermique à l'extérieur et l'intérieur des bâtiments, grâce aux fonctions biologiques de ses composantes (Abderrezak, 2010). Donc dans un contexte de réchauffement climatique, les toits verts connaissent un intérêt grandissant. En plus elle améliore la qualité de vie par l'utilisation des toits verts comme espace de détente et de récréation (l'ALEC / l'AGEDEN, 2016).

L'objectif de cette recherche est d'étudier les apports des toitures vertes sur le confort thermique dans un bâtiment. Où on utilise les outils de simulation pour tester ses différents types, densités et leurs effets sur le confort thermique sous un climat froid semi-aride à Tébessa.

Problématique :

Aujourd'hui, la construction confortable à basse consommation énergétique est une priorité majeure des concepteurs, à travers des conceptions écologiques dans la construction, différentes solutions innovantes peuvent être mises en œuvre, la toiture verte l'une des solutions passives, utilisées dans la conception des équipements, parmi ses équipements les hôpitaux (Abderrezak, 2010).

L'hôpital est un équipement de première nécessité dans la vie quotidienne, qu'il nécessite un intérêt grandissant à l'échelle de la conception, pour créer un équipement confortable, centré sur la protection physique comme morale des malades. Les toitures vertes parmi les solutions techniques utilisées dans le monde pour attendre certains comforts (psychique, thermique, acoustique. . .etc.) et certaines valeurs esthétiques pour l'équipement.

- Cité par La Métro (2008), d'après une étude de KONOPACKI et al. (2001), que la végétalisation de 6% des toits permettrait de réduire la température de la ville de 1 à 2°C.
- Selon Abderrezak (2010), confirmé que la baisse moyenne des températures de l'air est de 1,2°C au mois de juin et de 1°C au mois de juillet dans le climat semi-aride à Constantine.
- Selon Abderrezak (2010), confirmé que l'amélioration du taux d'humidité intérieur est relativement stable à 1,5% dans le climat semi-aride à Constantine.
- Elles contribuent aux économies d'énergie (cible4, les 14 cibles de HQE).
- Cité par La Métro (2008), d'après les cas (substrat sec ou gorgé d'eau), une toiture végétale permet de gagner 15 à 20 dB par rapport à une toiture classique.
- Selon La Métro, 2008, d'après Livingroofs.org, les toitures végétales peuvent retenir 70% à 80% des eaux pluviales en été et entre 20 et 40% en hiver.

Mais en Algérie, on utilise encore les toits ordinaires aussi on observe que :

- L'inconfort thermique ressenti au sein des hôpitaux a exigé une utilisation excessive d'énergie par rapport aux normes.
- Le confort psychique est absent dans la plupart des hôpitaux malgré son importance pour les malades.

À travers cette recherche, on va essayer de répondre à la question suivante :

- Quels sont les apports des toitures vertes dans un hôpital en matière du confort thermique à l'échelle urbaine et architecturale dans les régions froides semi-arides ?
- Qu'on peut décomposer aux questions suivantes :
- Quels sont les différents effets des toitures vertes sur l'équipement ?
- Comment peut-on maîtriser les effets des toitures vertes dans l'équipement ?

Les hypothèses :

Pour répondre à la problématique posée, on a formulé les hypothèses suivantes :

- Les toitures vertes peuvent contribuer à l'amélioration de confort thermique, selon leurs différents types , densités et leurs comportements thermiques .
- On peut maîtriser ces effets dans l'équipement à travers la simulation des différentes types et techniques des toitures vertes dans la conception.

Les objectifs de la recherche :

L'objectif de cette recherche est de répondre aux hypothèses énoncées, alors à l'aide de cette recherche on veut arriver à réaliser les objectifs suivants :

- Présenter l'importance des toitures vertes sur le confort thermique à l'échelle extérieure et intérieure
- Présenter les apports des toitures vertes sur l'hôpital et son environnement.
- Ajouter une valeur esthétique à l'hôpital.
- Optimisation de l'espace inutilisé.

Méthodologie de recherche :

Pour répondre aux objectifs fixés, cette étude est structurée autour de deux parties qui se complètent :

- **La première partie (partie théorique) :** elle consiste en une recherche bibliographique et documentaire sur le thème proposé pour l'objectif de définir et comprendre les éléments théoriques de base liées au thème de recherche, à partir de l'analyse de ces documents, cette partie se compose de trois chapitres.
- **Le premier chapitre :** dans ce chapitre, nous voulons montrer la nécessité de la présence des toitures vertes et leurs effets (sociaux, écologique, environnementaux, économique) en générales et sur le confort thermique, dans n'importe quel projet surtout lorsqu'on parle d'un équipement qui va accueillir des malades., et présenter ses différents types, composantes et apprécier qualitativement et quantitativement ses effets sur le bâtiment et leur environnement.
- **Le deuxième chapitre :** donner des notions générales sur le thème santé et l'équipement-hôpital (centre anti cancer) , on va approcher le sujet du macro au micro , dans l'objectif de comprendre l'organisation spatiale et fonctionnelle et les techniques utilisées dans la conception des hôpitaux .

- **Le troisième chapitre** : ce chapitre a pour l'objectif de mieux comprendre l'organisation spatiale et fonctionnelle des hôpitaux à travers l'analyse des exemples , puis l'analyse de terrain et finalement le programme .
- **La deuxième partie (une partie pratique)** : cette partie se compose de deux chapitres :
- **Le quatrième chapitre** : ce chapitre a pour l'objectif de comprendre les techniques et les méthodes d'évaluation des effets des toitures vertes sur le confort thermique et sera concentré sur la température à l'échelle extérieure et intérieure. Puis, créer le protocole de la simulation à l'échelle architecturale.
- **Le cinquième chapitre** : concerne l'analyse et l'interprétation des résultats de la simulation à l'échelle architecturale.
- Cette simulation basée sur l'outil informatique (Ecotect 2011), pour tester 9 scénarios. Le premier scénario comprend un bâtiment couvert par une toiture ordinaire, les autres sont couverts par des différents types et densités des végétaux (0%, 25% ,50% ,75% ,100%) , à travers l'Ecotect 2011 on a fait la simulation de la température intérieure des différents scenarios et faire une comparaison pour choisis le meilleur scenario.



Chapitre 01 :

Généralité sur les toitures vertes



Introduction :

Les toitures vertes ne sont pas nées aujourd'hui, elles sont connues depuis des milliers d'années. Après avoir été remplacées avec le temps par des autres matériaux comme : le béton, les tuiles ...etc. Elles sont revenues à nos jours comme une solution de base pour fournir un confort thermique aux bâtiments. En plus d'offrir de multiples avantages, écologiques comme techniques, elles permettent également d'embellir les espaces urbains en intégrant les bâtiments dans leur environnement. Dans ce chapitre nous voulons montrer la nécessité de la présence des toitures vertes dans les bâtiments, on retrace d'abord l'évolution des toitures vertes, ensuite, présenter ses différents types, composantes et apprécier qualitativement et quantitativement ses effets sur le bâtiment et leur environnement.

1. La végétation en architecture

Aujourd'hui, l'usage du végétal en architecture comme une pratique très importante à plusieurs égards (FAHED, 2018), parmi ces utilisations :

1.1. Intégration de la végétation dans l'espace extérieur (Nathalie et Tonin, 2012).

1.2. Intégration de la végétation dans l'espace bâti : (Abderrezak, 2010).

1.2.1 La végétation des cours et des patios (Benhalilou, 2008), (Abderrezak, 2010).

1.2.2 Les plafonds végétaux : tonnelle, pergola, auvent (Abderrezak, 2010).

1.2.3 Plantation sur les balcons et terrasse (Abderrezak, 2010).

1.2.4 La végétation des murs (Abderrezak, 2010).

1.2.5 Le verdissement des fenêtres (Abderrezak, 2010).

1.2.6 Les toitures vertes (Abderrezak, 2010).

1.1 Intégration de la végétation dans l'espace extérieur :

Cité par Nathalie et Tonin (2012), d'après Emelianoff (2007), Da Cunha (2009), la végétation a une grande importance dans les tissus urbains. Alors que les habitants veulent de plus en plus pouvoir soutenir la ville, de l'accepter dans leurs pratiques quotidiennes. Selon Akbari (2002) ; Nowak et al (2006) ; Matusoka et al (2008), l'intégration de la végétation dans les espaces extérieurs a des nombreux avantages : elle est améliorée la qualité de vie par l'utilisation comme des espaces de détente et de récréation, contribuer à la réduction d'îlot de chaleur urbain, améliorée la qualité de l'air, 7 sur 10 Français choisit leur lieu d'habitation à proximité des espaces verts pour profiter le max de ses bienfaits (Nathalie et Tonin, 2012).

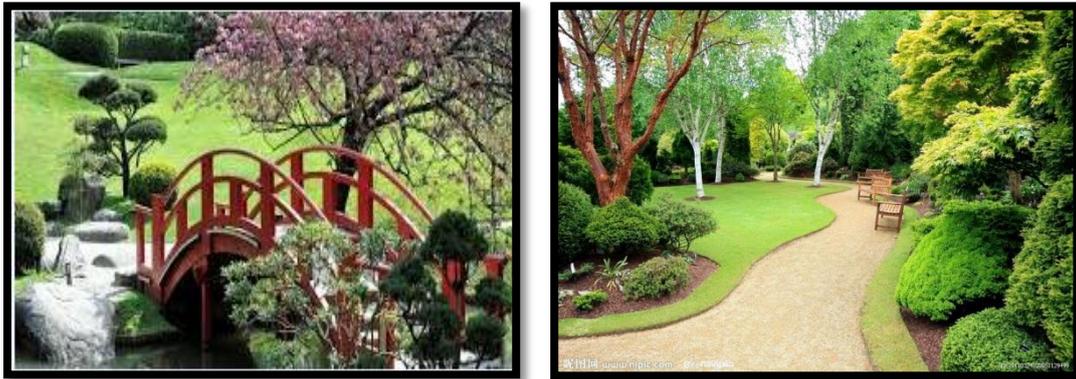


Figure 1 : intégration des végétation dans les espaces extérieurs (source : www.pinterest.fr)

1.2 Intégration de la végétation dans l'espace bâti :

D'après certain auteur, la présence des végétaux dans les bâtiments a amélioré le confort (thermique, acoustique... etc.), par l'intégration de la végétation dans les espaces intérieurs : les terrasse, balcons, les patios, les cours, les pergolas, les murs, les toitures vertes (Abderrezak, 2010).

1.2.1 La végétation des cours et des patios :

Les patios et les cours intérieures deviennent comme un séjour extérieur intime est des lieux de repos et activités (le patio et ses aspects environnementaux , 2020) . Selon Benhalilou (2008), les cours ont été utilisés comme jardins muraux, créer un microclimat par la combinaison des plantes et d'eau dans le bâtiment.

- selon Abderrezak (2010), *une étude a démontré qu'il y a une différence de température 4 C à 7C entre la cour plantée et le toit e la maison grâce à l'effet de Végétation qui permet aussi d'après Shady Attia ,(2006) , d'absorber la poussière et la saleté dans ces cours et patios et réduit les réverbérations.*

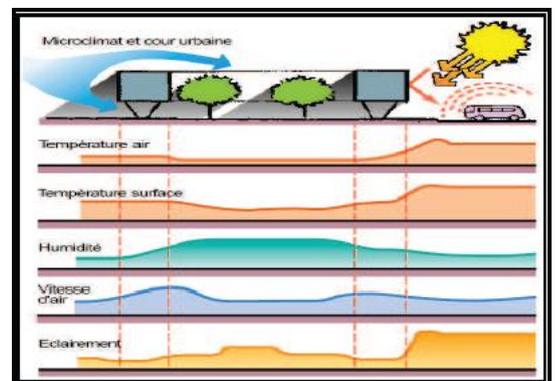


Figure 2 : variations des paramètres décrivant les facteurs d'ambiances dans une cour (source : Abderrezak, 2010)

1.2.2 Les plafonds végétaux : tonnelle pergola, auvent :

Ces structures horizontales permettent d'améliorer le confort, en été par l'effet d'ombrage sous la zone couverte en végétation et aussi contribuant aux rafraichissements par l'effet de l'évapotranspiration (Abderrezak, 2010).



Figure 3: pergolas recouvertes de végétation grimpante sur des terrasses (source : Abderrezak , 2010)

1.2.3 Plantation sur les balcons et terrasse :

Les terrasses et les balcons sont l'extension de l'espace intérieur (Abderrezak, 2010), visible de l'intérieur et l'extérieur de la maison, il méritent un propre traitement particulier pour rester splendides au cours de l'année, l'intégration des végétations dans ces lieux à une grande importance pour améliorer le confort intérieur, et le choix des plantes est très importante selon l'emploi que l'on veut en faire (Balcon et terrasse - Au Jardin Info , 2020).

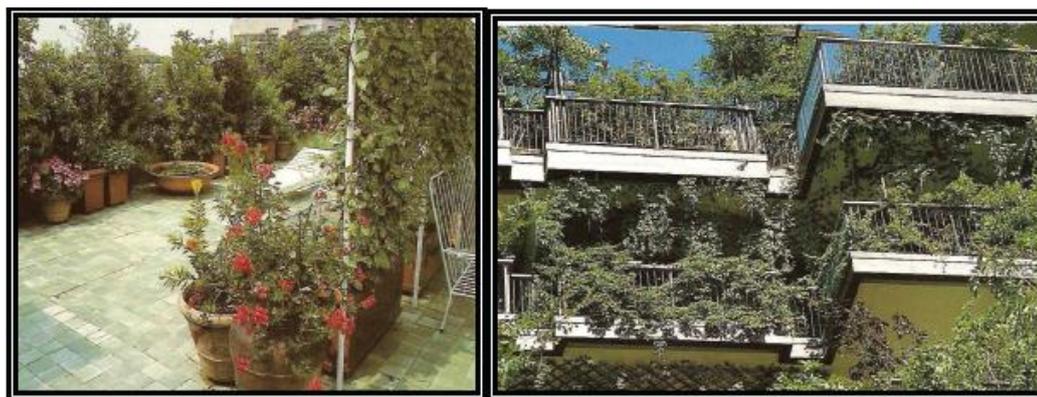


Figure 4: divers aménagements des balcons et terrasses (source : Abderrezak , 2010)

1.2.4 La végétation des murs :

Le mur végétal appelé aussi jardin vertical ou mur vert, est une paroi qui s'élève parallèlement aux murs pour protéger le bâtiment. Le mur vert utilise comme écran contre les changements climatiques, les bruits et surtout la pollution, son rôle change selon son orientation et sa composition, il est pour contrôler les climats extérieurs et intérieurs aussi pour l'esthétique, c'est toujours plus agréable à l'œil qu'une façade minérale (Abderrezak, 2010)

Selon une expérimentation de Benhalilou sur les murs végétaux à Constantine, les murs végétaux jouent un rôle important sur le rafraîchissement intérieur sous un climat semi-aride, trouver que l'écart moyen entre maisons recouvertes de végétation vigne vierge 100 % et maison sans végétation est entre 2,33C - 4,4C (Benhalilou, 2008).

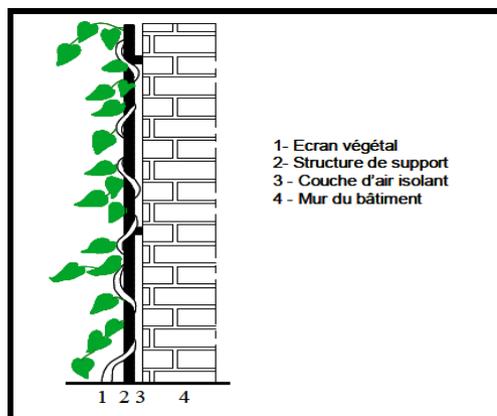


Figure 5: coupe d'un mur végétal (source : Benhalilou, 2008).



Figure 6: façade recouverte d'un mur végétal (source : Benhalilou, 2008).

1.2.5 Le verdissement des fenêtres :

Utilisé dans le cas où il n'y a pas un espace extérieure suffisant à planter (terrasse, balcon, loggia), on peut recouvrir un bord de fenêtre étroit par des plantes, il a également confirmé par Bass et al en 1997 par leur étude des jardins verticaux recouvrant des fenêtres et des murs Toronto que ce verdissement peut s'avérer très bénéfique pour le confort thermique (Abderrezak, 2010)



Figure 7: verdissement des bords des fenêtres par des géraniums et autres plantes (source : Abderrezak, 2010)

1.2.6 les toitures vertes :

La végétation des toits dans les bâtiments est une alternative au rafraîchissement des centres urbains et des bâtiments, cette pratique utilisée dans les villes développées pour compenser le manque d'espace verts au sol, les toitures vertes et son apport sur le rafraîchissement intérieur seront l'intérêt de la présence recherche (Abderrezak, 2010) .



Figure 8: végétation d'un toit d'un bâtiment (source : Benhalilou, 2008).

2. Les toitures vertes :

2.1 Définition des toitures vertes :

- La définition d'une toiture verte ou végétale est souvent liée à sa composition ou sa fonction :

Une toiture végétalisée, encore appelée **toit végétal**, **toiture végétale**, **éco toit** ou **toit vert** est un aménagement de verdure composé de matériaux et de végétaux installés sur le sommet d'un bâtiment. La végétation a vocation à être autonome grâce à une sélection de plantes capables de se développer en écosystème stable (Le Prieuré Végétal i.D , 2020_).

Selon Edwige (2017), une **toiture verte** est une toiture plate ou en pente recouverte de végétation et des couches nécessaires à son développement (drainage, substrat, ...).

Cité par Abderrezak (2010), d'après Theodore osmundson in beau Henderson, 2003, « *le toit jardin est n'importe quel espace planté, prévu pour fournir le repos et le plaisir à l'homme ou l'agrément environnemental, celui-ci est séparé du sol par un bâtiment ou toute autre structure* ».

Cité par Abderrezak (2010), d'après Alternatives (2007), « *Jardiner sur les toits, c'est développer de nouveaux liens avec le cycle alimentaire, les saisons, l'environnement et la communauté.* ».

2.2 Historique des toitures vertes :

Le principe d'installation des plantes sur les toits n'est pas une innovation, est une technique plus ancienne, nous avons tous entendu parler des « **Jardins suspendus de Babylone** » (Bouattour, Alain, 2009). Ensuite, **dans l'Athènes antique et à Rome**, à cause de la concertation urbaine, on aménageait des jardins sur les toitures traditionnellement plates. Après, en raison de ses performances en tant qu'isolant thermique, l'Islande a construit **des toitures à doubles pentes**, ensuite graduellement la Scandinavie puis le reste de l'Europe (Irlande , Norvège), l'utilisation de ces toitures atteint les prairies du nord d'Amérique qu'au 19 ème siècle (Abderrezak, 2010)



Figure 10: Jardins suspendus de Babylone - Maarten van Heemskerck - XVI^e siècle (source : Bouattour , Alain, 2009)



Figure 9: Graminées sur habitat traditionnel - Musée des traditions d'Oslo – Norvège (source : Bouattour , Alain, 2009)

Dès le **XXIII^e ème siècle** en **Suède**, la présentation d'un modèle réduit du toit jardin d'une résidence située à Berlin

D'après certain auteur, au **XIX^e ème siècle**, à cause de l'introduction des matériaux des toits conventionnels : planchers de bois, bardeaux de bois, les toitures vertes traditionnelles sont devenues utilisés comme une partie de l'enveloppe du bâtiment, ensuite, avec le développement des matériaux et techniques de construction modernes tels que le béton, **au 20^e ème siècle (les années 20)** avec **les 5 points de l'architecture moderne** a généralisé l'idée des **toitures –terrasses**

Les années 60, sont marquées par l'apparition de parcs publics avec du gazon et des arbres, construits sur des stationnements souterrains dans un but d'exploitation pour les loisirs, ensuite en **1970**, en **Allemagne**, **le mouvement de l'environnement urbain** est né permettant aux toits jardins d'occuper une grande importance dans la restitution de la verdure en ville en tant qu'amélioration écologique. Au milieu des années 80, avec le développement des techniques de construction, l'idée de réduire l'entretien des installations a débouché sur permettant l'installation de systèmes de végétalisation

En **1989**, SOPREMA (société spécialisée dans l'étanchéité) **lançait un nouveau concept des toitures végétalisées en France « SOPRANATURE »**, dans les autres pays, on a vu une montée en puissance pour le domaine de la végétalisation extensive dès **1996 au Canada, 1998 Japon, 2000 aux États-Unis** (Abderrezak, 2010).

Aujourd'hui, avec le développement des matériaux et techniques de construction, la toiture verte est souvent une solution technique avant d'être un choix architectural.

2.3 Les types des toitures vertes :

- Il existe plusieurs critères de classification des toitures vertes parmi ses critères :

2.3.1 les types des végétaux .

2.3.2 l'accessibilité et la pente de toiture .

2.3.1 Selon les types des végétaux :

Selon Bouattour et Alain (2009), Abderrezak (2010), SOCIÉTÉ QUÉBÉCOISE DE PHYTOTECNOLOGIE (2015), l'ALEC / l'AGEDEN (2016), ATASOY (2018), il existe 3 type des toitures :

- a. Les toits extensifs
- b. Les toits semi-intensifs
- c. Les toits intensifs

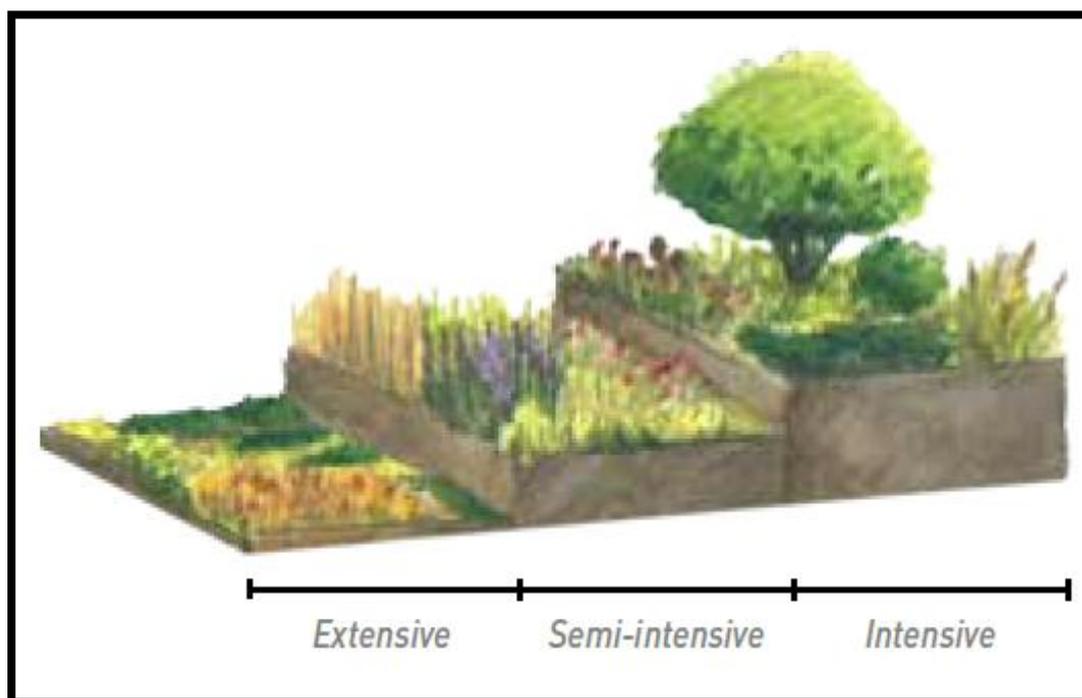


Figure 11: types des toitures vertes selon le type de végétation (source : ATASOY, 2018)

a. Les toits extensifs (Toiture végétalisée) :

Selon Bouattour et Alain (2009), est une technique qui utilise un substrat élaboré de faible épaisseur 10 à 15 cm pour un poids compris entre 60 à 180 dan/m². Particulièrement adaptée aux bâtiments de grande superficie, utilisé des plantes légères de faible arrosage sauf en cas de sécheresse prolongée, avec de faibles besoins nutritifs (sédums, mousses, graminées, plantes grasses), selon société québécoise de phytotechnologie (2015) et Abderrezak (2010), ce type adapté aux bâtiments de faibles charges, toits inclinés ou plats (béton, acier ou bois), installé généralement sur une structure existante.



Figure 12: Toiture verte extensive (source : Bouattour et Alain , 2009)

b. Les toits semi-intensifs (Toiture jardin légère) :

Selon Abderrezak (2010), Bouattour et Alain (2009), est une technique qui utilise un complexe de culture élaboré d'épaisseur 12 à 30 cm pour un poids compris entre 150 à 350 dan/m². Selon l'ALEC / l'AGEDEN (2016), préconisée pour les petites et moyennes surfaces. Ce type nécessite un entretien réputé modéré et un système d'arrosage automatique, elle est utilisée pour réaliser un espace décoratif en toiture.



Figure 13 : Toiture verte semi intensive (source : MEULEMAN ,2010)

c. Les toits intensive (Toiture jardin) :

selon Bouattour et Alain (2009) , société québécoise de phytotechnologie (2015) , est une technique qui utilise un substrat d'épaisseur plus profonde > 30 cm pour un poids compris plus de 350 dan/m² , ce qui permet l'utilisation d'une plus grande diversité de plantes à fort développement racinaire (les graminées, gazons, plantes vivaces ou arbustes) , ce type nécessite

un entretien réputé et un système d'arrosage automatique , préconisée pour les petites et moyennes surfaces, conduit à la réalisation d'une toiture-terrace jardin , il est recommandé de leur poser des haubans pour résister aux grands vents.

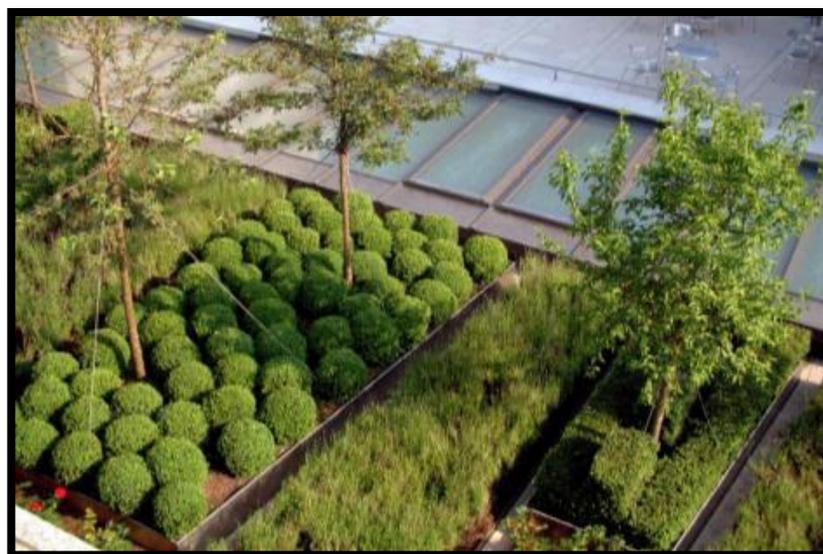


Figure 14: Toiture verte intensive (source : MEULEMAN,2010)

La différence entre les 3 types des toitures vertes :

critères	Toiture végétalisée (extensive)	Toiture jardin légère (semi-intensive)	Toiture jardin (intensive)
Utilisation	Toitures écologiques	Jardins / Toitures écologiques	Jardins et parcs
Les surfaces	Pour les grandes superficies	Pour les moyennes et petites superficies	Pour les moyennes et petites superficies
Accessibilité	Non	oui	oui
Épaisseur de substrat (cm)	4 à 15	12 à 30	> 30
Charge totale (dan/m²)	60 à 180	150 à 350	> 350
Pente	de 0 à 20% (jusqu'à 45% si aménagements spéciaux)	De 0 à 20%	0 à 5%
Entretien	Très limité	Moyen	importante
rénovation	oui	parfois	impossible
Type de végétation	Succulent , plantes vivaces , mousses , sedums	Gazon + certaines plantes décoratives à croissance lente	Gazon , fleurs , arbres , arbuste

Tableau 1: Tableau comparatif des différents types de toiture verte (sources :l'ALEC / l'AGEDEN , 2016 et Ernst & Young ,2009)

2.3.2 Selon leur accessibilité et selon leur pente :

Cité par Abderrezak (2010), d'après le centre national de la recherche de l'industrie du bâtiment (CNERIB)13 en Algérie, les toitures sont classées en générale selon leur accessibilité et selon leur pente.

- La classification selon l'accessibilité regroupe :
 - Les toitures-terrasses inaccessibles.
 - Les toitures-terrasses accessibles à la circulation piétonnière et au séjour.
 - Les toitures-terrasses techniques ou « à zone technique ».
 - Les toitures-terrasses accessibles à la circulation et au stationnement des véhicules légers.
 - Les toitures-terrasses accessibles à la circulation et au stationnement des véhicules lourds.
 - Les toitures-terrasses-jardins.
- D'autre part, la classification selon les pentes comporte : les toitures à pente nulle ($P < 2\%$), les toitures plates ($2\% < P < 5\%$) et les toitures inclinées ($P > 5\%$).

2.4 Les composantes des toitures vertes :

Selon Benhalilou (2008), Bouattour et Alain (2009), Ernst & Young (2009), Abderrezak (2010), société québécoise de phytotechnologie (2015), l'ALEC / l'AGEDEN (2016) , les toitures vertes se compose de plusieurs couches sont :

- Une couche végétale
- Un substrat de croissance
- Couche filtrante
- Couche drainante
- Couche d'étanchéité
- Couche isolante
- L'élément porteur

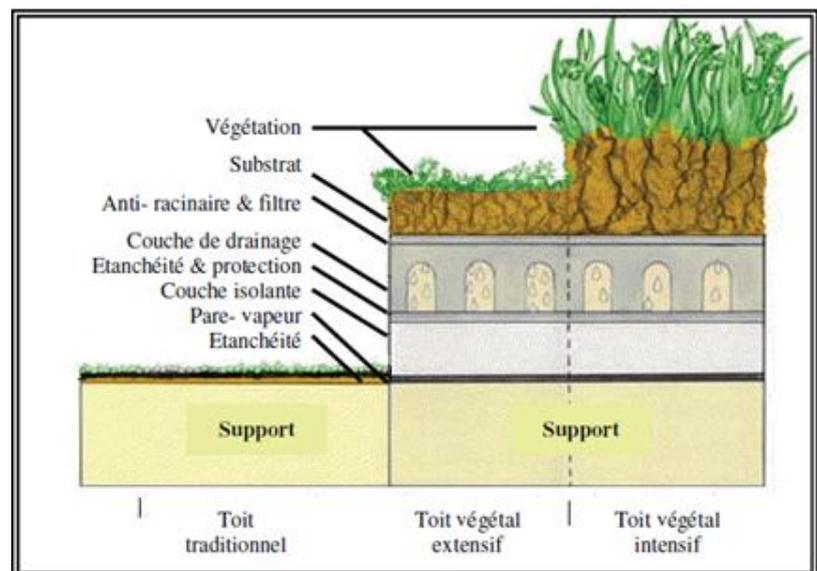


figure 15: Représentation schématique des Composante d'une toiture verte (**source ;** Benhalilou, 2008)

- **Une couche végétale** : Selon Bouattour et Alain (2009), Benhalilou (2008), c'est un ensemble des végétations adaptées aux l'épaisseur du substrat, la pente du toit, climat de la région et de l'usage attendu de la toiture... etc. De manière générale, on devrait privilégier des plantes vivaces et indigènes très résistantes aux températures extrêmes.
- **Un substrat de croissance** : Benhalilou (2008), est un support de culture, doit être léger à dominante minérale, résistant tout en retenant l'eau, généralement se compose d'un mélange de terre et/ou de compost végétal, ayant une épaisseur plus de 4 cm, selon le type de végétation choisie.
- **Une couche filtrante** : Selon l'ALEC / l'AGEDEN (2016), c'est une couche qui empêche les éléments fins de la couche de substrat de se déplacer vers la couche de drainage. Elle est souvent réalisée par des nappes de fibres synthétiques imputrescibles, choisie en fonction de la pente de la toiture. Cité par Abderrezak (2010), d'après Lassalle (2006) et les règles professionnelles pour la conception et la réalisation des terrasses et toitures végétalisées 2007 les caractéristiques requises pour la couche filante sont :
 - **La perméabilité** : qui devrait être 10 fois supérieure à celle de la couche de culture
 - **La charge** : du filtre doit être 100 à 200 g/m².
 - **Une couche drainante** : Selon l'ALEC / l'AGEDEN (2016), cette couche est pour évacuer les eaux de gravité vers les dispositifs d'évacuation des eaux pluviales, elle peut être mise en œuvre en fonction de la pente de la toiture, la résistance de la structure portante et l'épaisseur et la nature du substrat. Selon Benhalilou, 2008, elle dirige l'eau de pluie vers le drain du toit ou vers les gouttières extérieures par un espace de drainage d'environ 10 mm de hauteur. Elle peut être en granulats d'argile expansée, cailloux, graviers . . . etc.
- **Couche d'étanchéité** : Selon Bouattour et Alain (2009), cette couche est essentielle, comme pour toute toiture, résistante à la pénétration racinaire.
- **Couche isolante** : Selon Bouattour et Alain (2009), cette couche d'isolation est essentielle dans toutes les constructions pour conserver la chaleur qui s'évacue par la toiture et d'en réaliser ainsi des économies énergétiques et financières.
- **L'élément porteur** : Selon l'ALEC / l'AGEDEN (2016), elle peut être plate ou inclinée en béton, acier ou bois et doit supporter le poids de l'installation prévue. Le béton est le support autorisé, pour une végétalisation intensive.

2.5 Les effets des toitures vertes :

D'après certains auteurs, les toitures vertes présentent des nombreux effets, tant sur le plan de l'esthétique et de la durabilité, que dans une perspective de protection de la biodiversité et de l'environnement en milieu urbain.

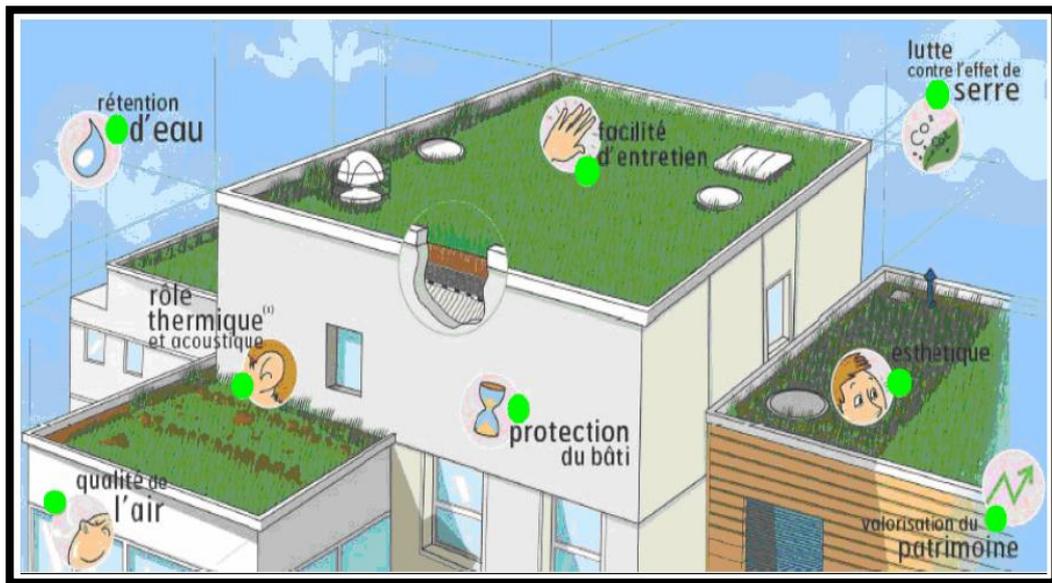


figure 16: les nombreux atouts des toitures vertes (source : Ernst & Young,2009).

2.5.1 À l'échelle urbaine :

2.5.1.1 L'amélioration de la qualité d'air :

D'après certains auteurs, les toits verts améliorer la qualité d'air par :

- La réduction de la température contribuant à l'amélioration de la qualité de l'air (îlot de chaleur urbain).
- Humidification de l'air ambiant (société québécoise de phytotechnologie, 2015).
- L'élévation de l'humidité de l'air engendrée par l'évapotranspiration et favorise donc la formation de rosée, indispensable à la fixation des poussières et des pollens en suspension dans l'air (Bouattour et Alain ,2009).
- Au Point de vue des composés chimiques, elles absorbent les substances nocives contenues dans l'air (diminution des concentrations de CO et CO₂, apport d'oxygène, filtration de polluants atmosphériques tels le dioxyde de soufre ou l'oxyde d'azote) (Bouattour et Alain ,2009) , cité par Djedjig (2013) , d'après Yang et al.(2008) , estiment que les toitures végétalisées sont capables de fixer 85 kg.ha⁻¹.an⁻¹ de polluants divers.

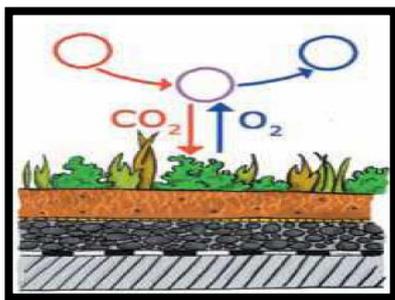


figure 18: Phénomène d'absorption du CO₂ par végétation (source : Ernst & Young , 2009).

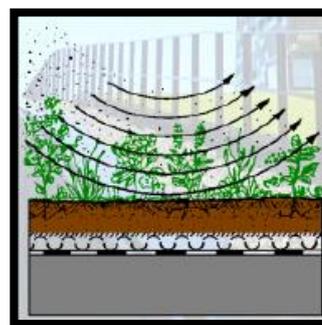


figure 17: Phénomène d'absorption des poussières par la végétation(source : Ernst & Young , 2009).

2.5.1.2 Rétention des eaux pluviales :

- Selon Djedjig (2013), la toiture verte a une grande capacité de stockage d'eau, ce qui contribue à augmenter la perméabilité des surfaces urbaines et réduit les risques d'inondation
- Selon note rapide (2014), l'efficacité des toitures végétales à gérer les eaux pluviales est variable selon les saisons. Au printemps et en automne, elles permettent de réduire les quantités d'eau ruisselées respectivement de 18 % et 10 %.

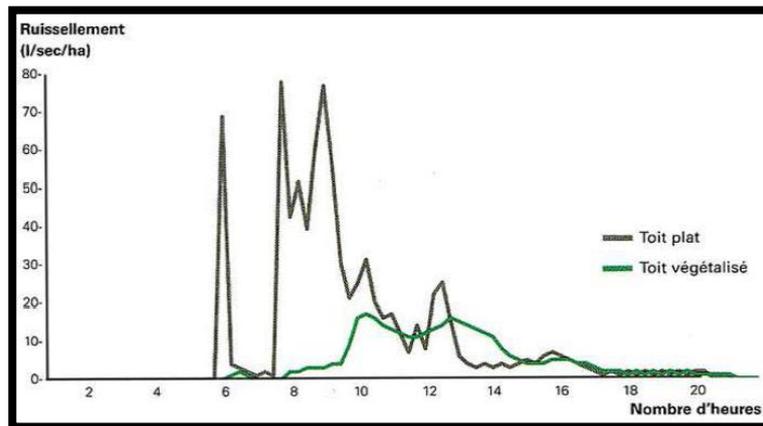


Figure 19: Ruissellement sur un toit plat conventionnel et un toit végétalisé extensif sur un période de 22 h (source : Cité par Ernst & Young et Associés , 2009)

2.5.1.3 L'amélioration de la biodiversité :

Les toitures vertes, comme des îlots écologiques, sont des abris pour tous les types des animaux (oiseaux, insectes). Elles sont aussi un endroit où les plantes peuvent pousser et se multiplier. Les plantes succulentes, par exemple, attirent très fortement les papillons et autres insectes se nourrissant du nectar des fleurs.

Cité par Djedjig (2013), d'après Miller (2007), la biodiversité englobe les variétés d'espèces vivantes (diversité d'espèces), la variété génétique (diversité génétique) et la variété éco systémique (diversité de l'écosystème).



Figure 20: la biodiversité dans les toitures vertes (source :Meuleman ,2010)

3.5.2 À l'échelle architecturale :

3.5.2.1 Amélioration du cadre de vie et rôle esthétique :

Selon Meuleman (2010), société québécoise de phytotechnologie (2015), Atasoy (2018), les toits verts améliorer le cadre de vie et le paysage de ville par :

- la diminution de la visibilité des surfaces minérales (ils offrent aux habitants un paysage plus agréable que celui des toits ordinaires).
- les toits végétalisés accessibles peuvent devenir un espace de loisirs et de détente.
- réduction du stress, baisse de l'hypertension, détente musculaire.
- la mise en place des toits végétalisés peut contribuer largement à l'intégration d'un bâtiment dans le paysage environnant (les toits végétalisés - extranet plan climat - Grenoble alpes , 2020).



Figure 21 : l'utilisation des toitures vertes comme espace de détente (source : Meuleman ,2010)

3.5.2.2 Protection et prolongation de la durée de vie du toit :

- Cité par Ernst & Young (2009), d'après l'ADIVET et le CSTB, la toiture verte représente une protection mécanique et prolongé la durée de vie de l'étanchéité du toit à 2 fois qu'une toiture ordinaire.

3.5.2.3 Résistance au feu :

- Selon l'AURG DIRE La Métro (2009), les toitures vertes retardent la propagation au feu du toit vers l'intérieur, surtout si le substrat est gorgé d'eau.

3.5.2.4 Une isolation acoustique :

Parmi les avantages d'installation des toitures vertes est l'amélioration de confort acoustique par le substrat et les plantes, selon Djedjig (2013), le substrat d'une toiture verte bloque les basses fréquences acoustiques et la végétation bloque les haute, donc c'est un remarquable isolant phonique, où un substrat de 12 cm d'épaisseur peut réduire les bruits de 40 dB à 50 dB.

Cité par Djedjig, 2013, d'après Van Renterghem et al. (2013) ont réalisé des simulations numériques de la propagation du son à partir d'une rue canyon vers une cour intérieure. Ils trouvent que l'utilisation des toitures végétales présente un grand potentiel pour améliorer la tranquillité dans la cour intérieure. Sur certaines configurations favorables, la réduction du bruit offerte par les toitures végétales atteint jusqu'à 7,5 dB.

3.5.2.5 Économies d'énergie et confort thermique :

Selon Benhalilou (2008). Ernst & Young (2009), Abderrezak (2010), Atasoy (2018), les toits verts améliorés le confort thermique dans le bâtiment par l'effet de :

A- En été :

- L'effet d'évapotranspiration
- L'effet d'ombrage

B- En hiver :

- L'effet du substrat

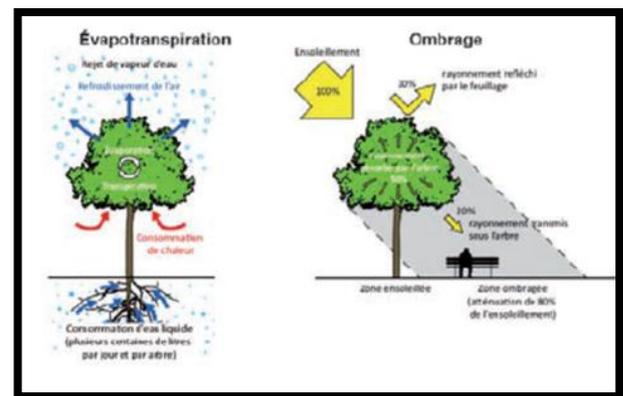


Figure 22: effets rafraichissants de la végétation (source : FAHED,2018)

A- En été :

- L'effet d'évapotranspiration :

La transpiration végétale : c'est une perte évaporative d'eau par les stomates de leurs feuilles. En effet, pendant que l'air chaud passe au-dessus de la surface des feuilles, l'humidité absorbe une partie de la chaleur et s'évapore, la plante consomme 40% de l'énergie solaire captée dans cette opération. L'air entourant la surface de feuille est ainsi refroidi par ce processus. Cette interaction qui s'appelle **l'évapotranspiration** est définie par la perte d'eau vers l'atmosphère par évaporation et transpiration (Benhalilou, 2008).

Selon Abderrezak, 2010, la toiture verte est une solution écologique, elle améliore le confort thermique intérieur, grâce aux phénomènes d'évapotranspiration qui réduit les gains chaleur par le toit. Donc, minimiser la consommation

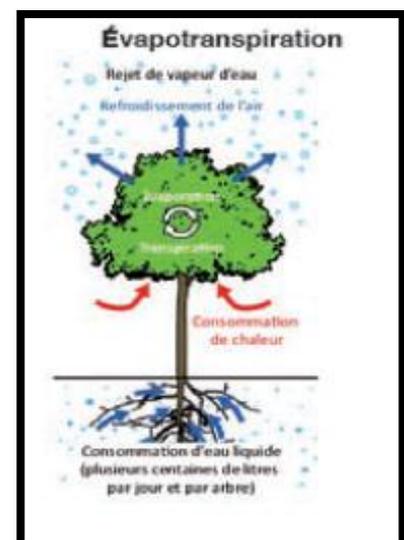


Figure 23: Transpiration végétale (source : Abderrezak, 2010)

énergétique dans le bâtiment.

Cité par La Métro, 2008, d'après livingroofs.org, une étude comparative a montré que les toitures végétales permettaient de réduire la chaleur totale pénétrant dans les bâtiments de 85% en journée. A l'inverse, la toiture permet de réduire la quantité de chaleur échappée durant la nuit de 70% (synthèse Toitures Végétalisées - La base de données Isidore dd , 2020).

- **L'effet d'ombrage :**

Cité par Benhalilou (2008), d'après (Hoffman et Shashua, 2000), l'ombrage des arbres contribue à 80% des effets de refroidissement dans les sites urbains. Pendant le jour, l'ombre d'arbre réduit les températures de surface des environnements en réduisant le gain de chaleur dans les bâtiments. La nuit, aux environnements plus frais, les arbres bloquent l'écoulement de la chaleur du bâtiment au ciel.

L'utilisation des arbres à feuilles caduques peuvent ombrager les bâtiments du rayonnement solaire direct non désiré et réduire son utilisation d'énergie de refroidissement, pendant l'été. Et en permettant ses gains solaires en hiver.

- Selon Louafi Bellara et Abdou (2011), la végétation a réduit la température de l'air de 2°C à 7°C selon l'ombre portée et le type de l'espèce, et une augmentation du taux d'humidité relative de l'air de l'ordre de 3% à 6% ce qui favorise l'effet bioclimatique de l'ombrage par la végétation.

B- En hiver :

- **L'effet du substrat :**

En hiver, le toit vert joue son rôle d'inertie dans le sens inverse, empêchant la chaleur accumulée à l'intérieur du bâtiment de s'échapper vers l'extérieur. La végétation protège le bâtiment du froid et la température n'est presque jamais négative (l'AURG DIRE La Métro, 2009).

3.6 Comparaison entre les effets des toitures vertes :

Type de toiture	Avantage	Inconvénient
Tous les systèmes	<ul style="list-style-type: none"> •esthétique • augmentation de la longévité du toit 	<ul style="list-style-type: none"> • La charge • éventuel surcoût

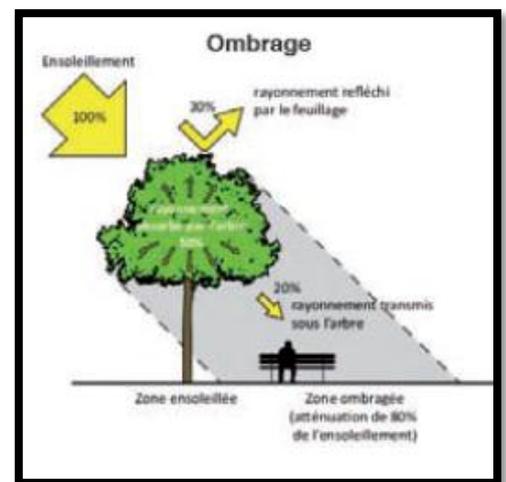


Figure 24: effet rafraichissant de la végétation par l'ombrage (source : FAHED,2018)

	<ul style="list-style-type: none"> • isolation thermique • isolation phonique • réduction de la pollution atmosphérique • rétention des eaux de pluie • diminution de l'effet d'îlot thermique urbain • préservation de la biodiversité • réponse aux cibles 	<ul style="list-style-type: none"> • risque d'incendie
<p>Les toits extensifs et semi-intensifs</p>	<p>Facilité de mise en oeuvre (toit en pente, peu de surpoids excessif, peu d'entretien),</p> <ul style="list-style-type: none"> • possibilité d'être mis en place <p>Lors d'une rénovation</p> <ul style="list-style-type: none"> • coûts faibles • souvent inaccessible donc zone De repos pour la biodiversité 	<ul style="list-style-type: none"> • choix limité de plantes • attrait esthétique moindre, Surtout en hiver • efficacité énergétique et rétention des eaux pluviales moindre
<p>Les toits intensifs</p>	<ul style="list-style-type: none"> • mise en place d'écosystèmes variés et de diversité dans le choix des végétaux • isolation de la structure • rétention des eaux pluviales • qualité esthétique 	<ul style="list-style-type: none"> • charge du substrat (de 600 à 1000kg/m²) lorsque celui-ci est gorgé d'eau • pente limitée à 5% • entretien et arrosage indispensables des surfaces • mise en place d'un système D'irrigation • coûts plus

Tableau 2: tableau comparatif entre les effets des différentes types des toitures vertes (source : <http://www.biodiversite-positive.fr/wp-content/uploads/2011/10/Toitures-végétalisées-05-janv.pdf>).

3.7 Critère de choix des végétaux :

Cité par Abderrezak (2010), d'après Larcher et Gelgon, la sélection des végétaux pour l'aménagement doit prendre en considération l'analyse de certains paramètres :

- Les paramètres édaphiques (structure, profondeur de sol)
- Les paramètres climatiques (température, ensoleillement, luminosité)

- La disponibilité spatiale (pour le développement optimal du végétal)
- Les critères propres à la végétation (dimension, feuillage, adaptations)
- Le facteur phytosociologie (association des végétaux, et leur comportement en groupe, ainsi que les ambiances qu'ils génèrent)

3.8 Type des plantes recommandées pour les toitures vertes :

3.8.1 Pour les toitures extensives et semi intensives :

Cité par Abderrezak (2010), d'après les règles françaises de la conception de ces toitures sont : *les plantes succulentes, les vivaces, les bulbeuses et les graminées*

- **les plantes succulentes** : les succulentes (plein de suc), comptent plus de 12000 espèces et 70 familles botaniques, elles ont la capacité de stocker facilement de l'eau, adaptation aux milieux secs.

- Les plantes les plus utilisées pour les climats secs sont du genre *sedum* et *sempervivum*.

-**Les plantes vivaces** : sont des espèces qui vivent plusieurs années, grâce à leur organe souterrain assurent leur conservation, mais dont les besoins en eau sont plus élevés.

-**Les plantes bulbeuses** : les espèces bulbeuses sont très nombreuses, elles agrémentent les pelouses en résistant en hiver rude .

Exemple des plantes succulentes et vivaces :

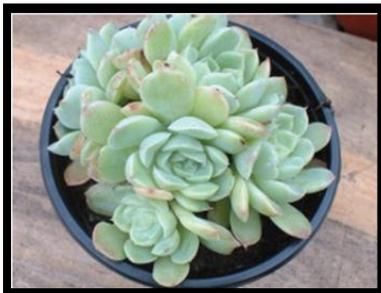


Figure 26: Aptenia cordifolia
(source : Abderrezak , 2010)



Figure 27 : pourpier de cooper (source
Abderrezak , 2010)



Figure 25; sedum tortulosum
(source : Abderrezak , 2010)



Figure 29 : echeveria Sanchez
(source : Abderrezak , 2010)



Figure 28:Aloinopsis Schooneesi
(source : Abderrezak , 2010)



Figure 30 : echeveria elegans
(source : Abderrezak , 2010)

3.8.2 Pour les toitures intensives : selon Benhalilou , 2008 , La végétation intensive peut se trouver sous formes : arbres et arbustes qui sont des plantes caduque et persistante.

-La végétation persistante : les végétaux à feuilles persistantes maintiennent leurs feuilles tout au long de l'année, ce type est recommandé dans les régions chaudes et sèches.

- sont les plus appropriées pour des expositions nord, pour protéger le bâtiment contre les vents.

-La végétation caduque : c'est une végétation qui pousse au printemps, protège en été et perd ses feuilles à l'automne et en hiver.

- sont les plus appropriées pour des expositions sud.

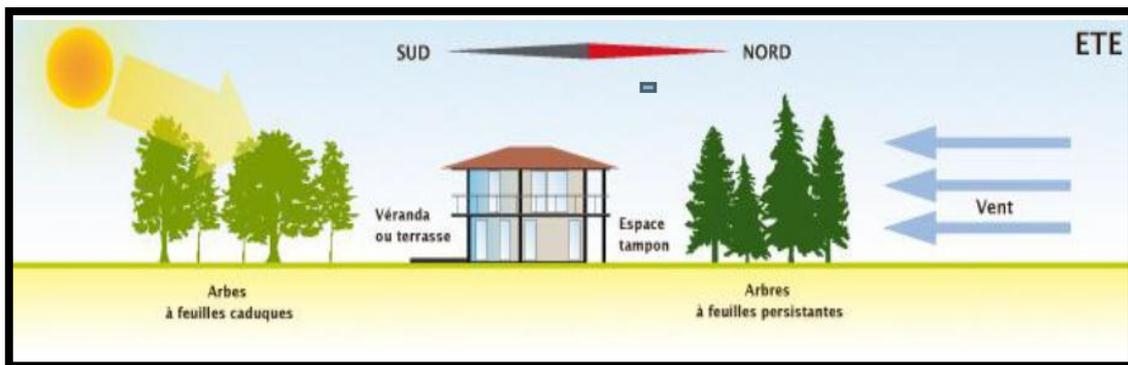


Figure 31: type de végétation selon l'orientation en été (source : Benhalilou , 2008)

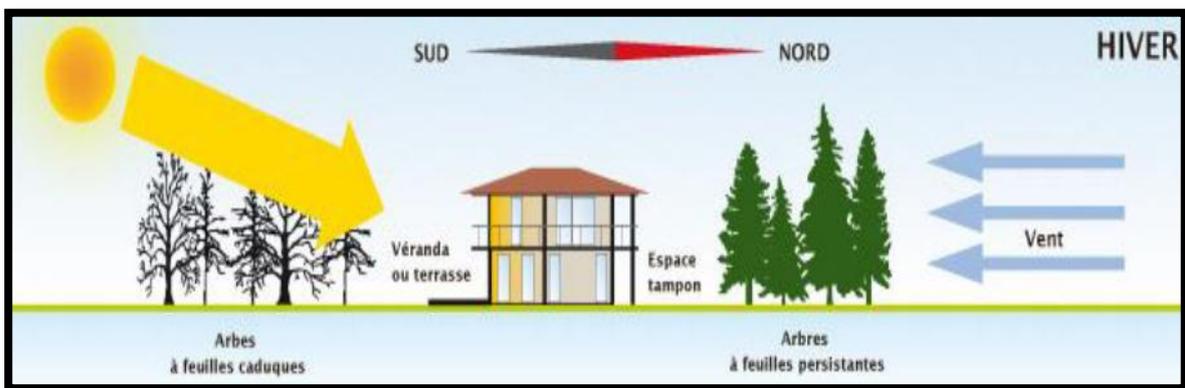


Figure 32: type de végétation selon l'orientation en hiver (source : Benhalilou , 2008)

3.9 Épaisseur de substrat en fonction du type de végétation :

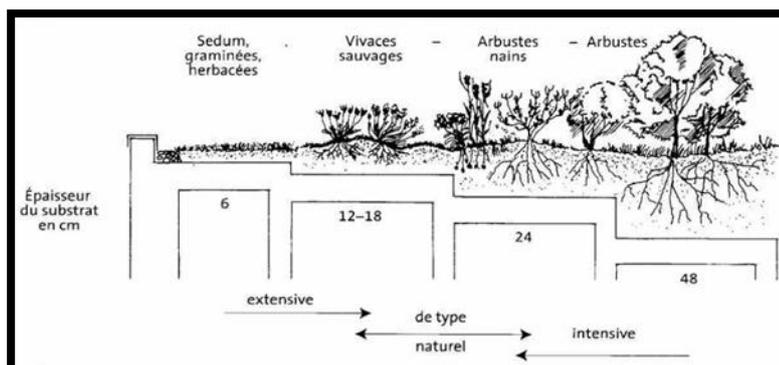


Figure 33: épaisseur de substrat en fonction du type de végétation (source : Ernst & Young ,2009)

Analyse des exemples :

I. École polytechnique de Montréal :

1. Fiche technique :

Nom de Projet : Polytechnique (Pavillon Lassonde)

Architecte: Mario Saia (Saia Barbarese Topouzanov architects).

Situation : Montréal.

Surface : 32 750 m².

Date de réalisation : Inauguration en 2005.



Figure 34: Polytechnique : Pavillon Lassonde (source : [www.google image .com.](http://www.google.com)).

2. Critère de choix :

- L'intégration des toits verts dans le projet.
- L'effet des toitures vertes sur le bâtiment.

3. L'intégration des toits verts dans le projet :

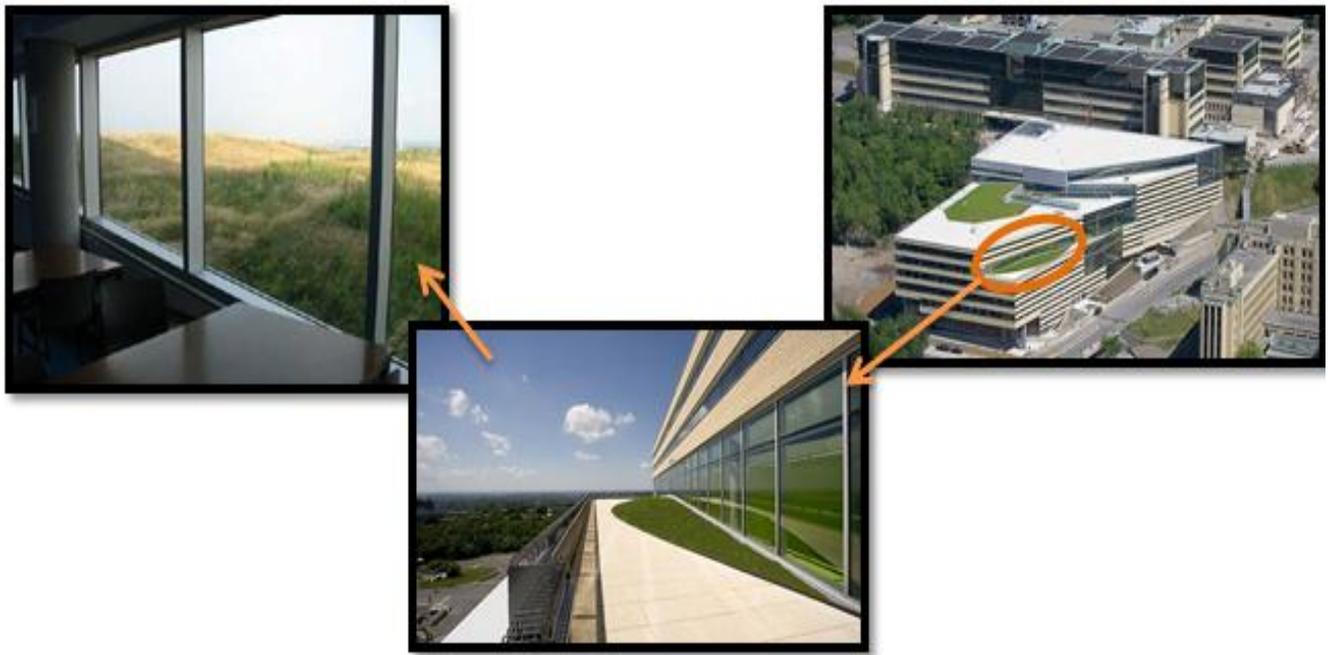


Figure 35: L'intégration des toits verts dans la polytechnique (source :www.google image.com.)

➤ **Diagnostic :**

- La création d'une dégradation dans le volume pour créer un terrasse jardin au public visible de la bibliothèque.

➤ **Synthèse :**

- La dégradation dans le volume est l'un des techniques de conception pour créer les toits verts.
- Assurer un bon confort psychique pour les publics par l'intégration d'un terrasse jardin visible de la bibliothèque.

4. Analyse de l'effet de toiture verte dans l'édifice :

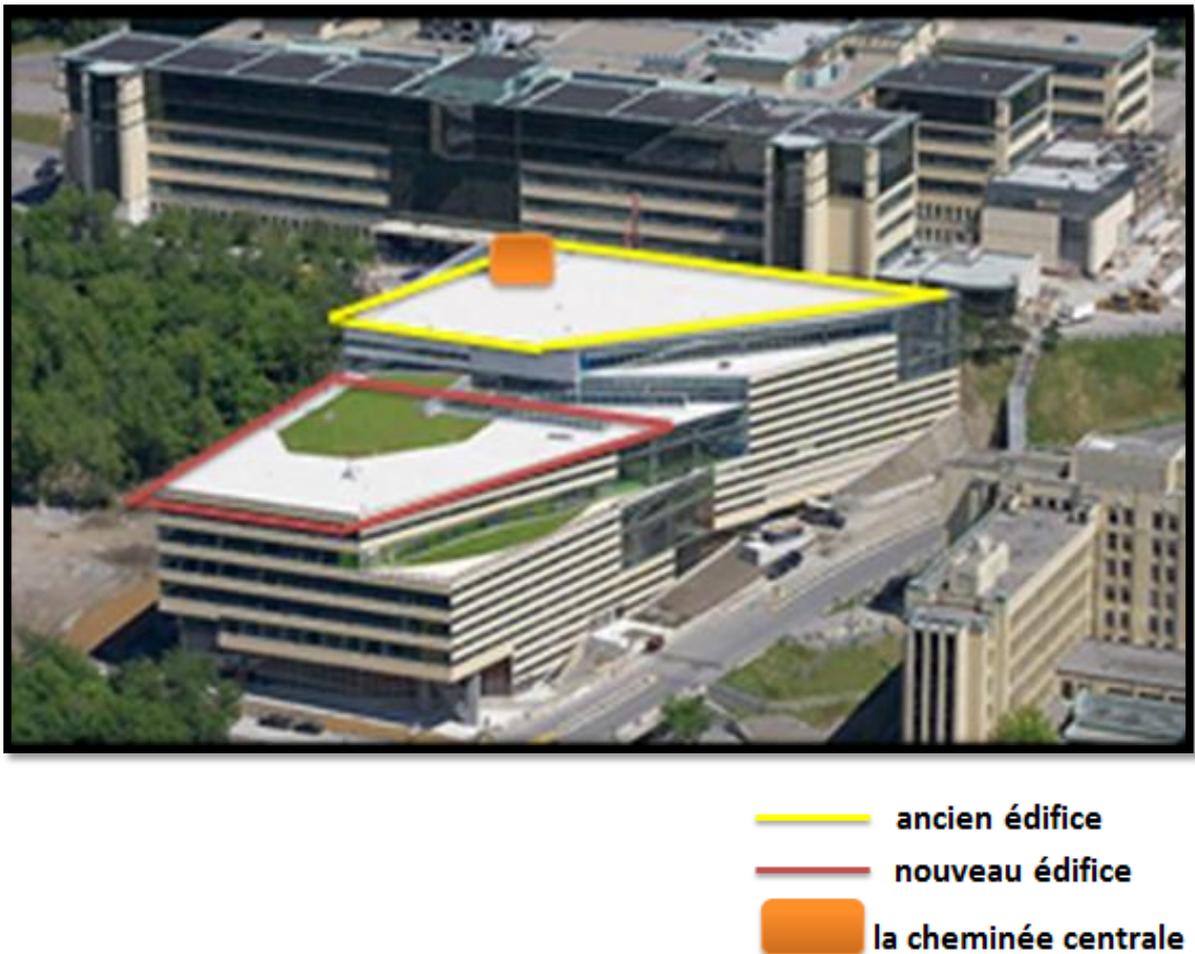


Figure 36: L'intégration des toits verts dans la polytechnique :(www.google image.com.).

➤ **Diagnostic :**

- Le toit vert du projet est intégré à la nouvelle bâtisse et il est certifié LEED Or, plusieurs technologies ont été utilisées pour atteindre cette prestigieuse cote, dont la récupération de chaleur de la cheminée centrale de l'ancien édifice et des bassins de rétention d'eau de pluie (Les pavillons Lassonde | Projets Verts ,2020).

➤ **Synthèse :**

- les toits verts jouent des rôles isolants et dépolluants.
- le toit vert récupérer une chaleur qui suffit aux 2/3 des besoins en chauffage dans ce projet.
- il peut retenir 20 et 40% des eaux pluviales en hiver.

II. Le casse-tête

1. Fiche technique :

Nom de Projet : Le casse-tête

Architecte : Ron Rayside

Situation : le Centre-Sud de Montréal

Type de projet : résidentiel + commerce

Date de réalisation : 2006



Figure 37: le casse-tête (source :www.google image.com)

2. Critère de choix :

- L'effet des toitures vertes sur le bâtiment

3. Analyse de l'effet de toiture verte dans l'édifice :

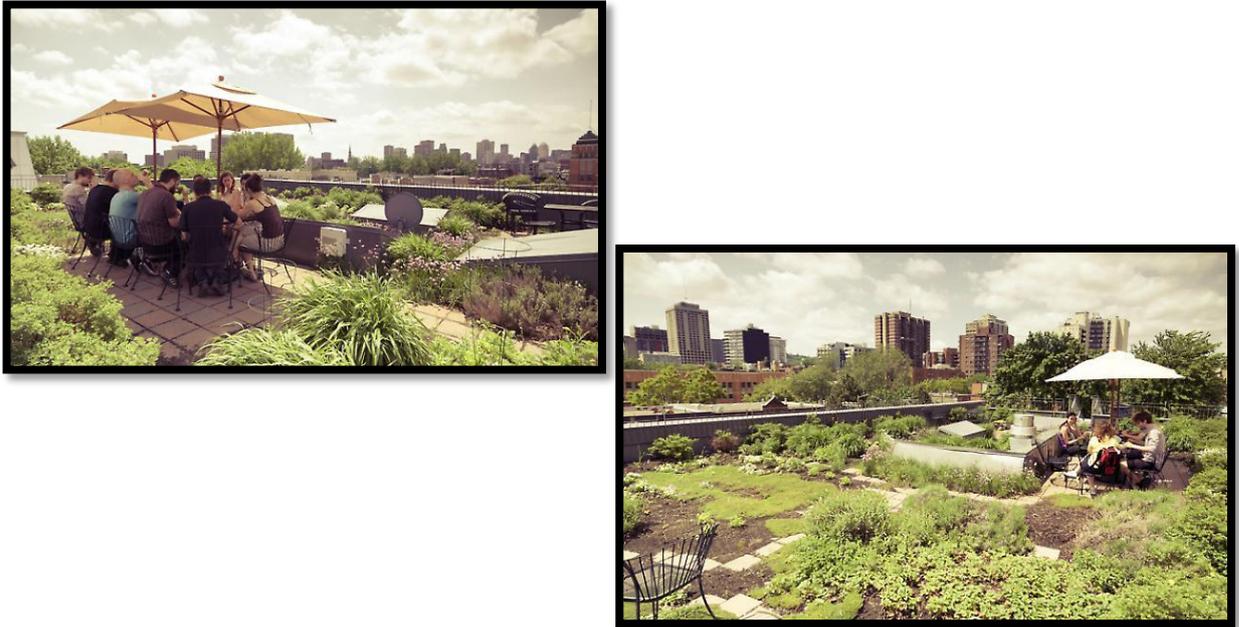


Figure 38: L'intégration de toit vert dans le casse-tête (source :www.google image.com.).

➤ *Diagnostic :*

- La toiture a été aménagée en entier, deux parties-terrasses ont été réalisées et le reste de la toiture est végétalisé.
- Il est certifié LEED pour la réduction des îlots de chaleur ainsi que pour la réduction de l'eau de ruissellement.

➤ *Synthèse :*

- Utilisation de la toiture verte comme espace détente pour améliorer la qualité de vie pour les locataires de l'immeuble.
- La toiture verte présente des nombreux effets thermique et économique sur l'immeuble :
 - Récupération entre 20 et 50 % de chaleur dans l'immeuble.
 - Réduction importante de la consommation énergétique (Réduction d'au moins 50 % en consommation d'énergie).
 - Réduction des rejets d'eau de pluie (Le Casse-tête RAYSIDE LABOSSIÈRE. Architecture Design , 2020).

III. Jacobs Medical Centre

1. Fiche technique :

Project Name: Jacobs Medical Centre

Architect: Cannon Design

Location: USA

Area: 509500 m²

Project year: 2017

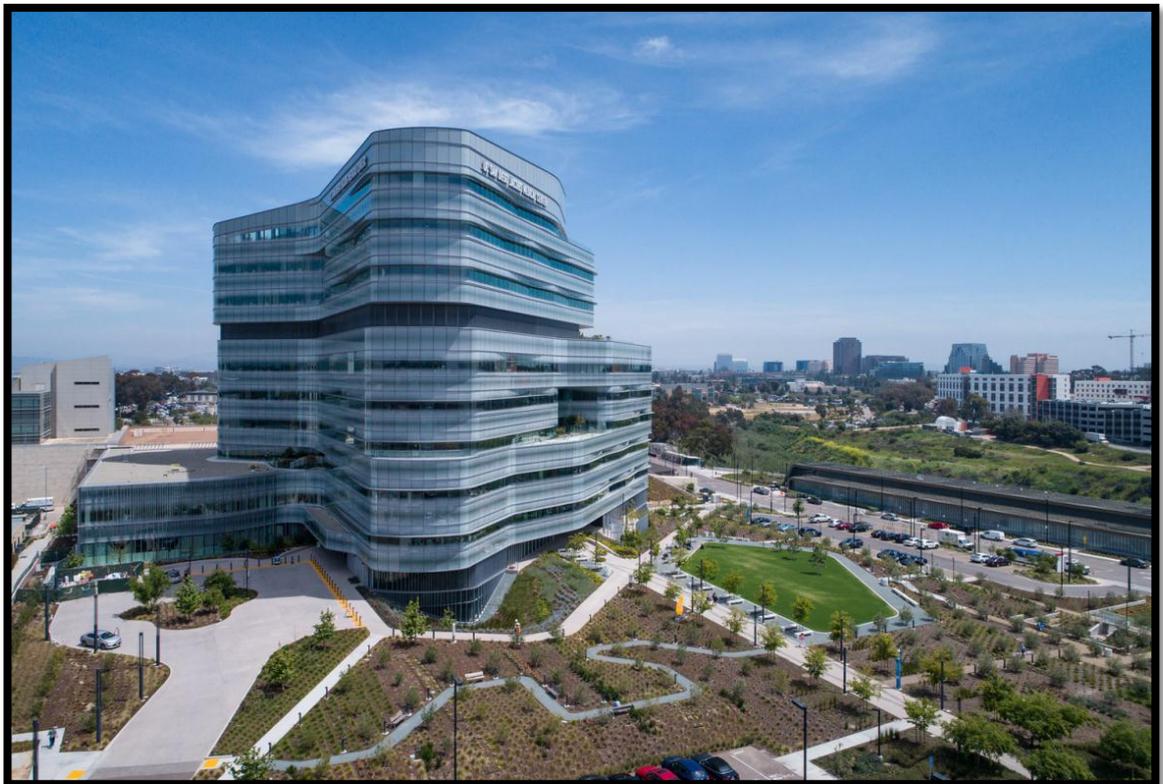


Figure 39: Jacobs Medical Centre (source :www.google.com).

2. Critère de choix :

- L'intégration des toits verts dans le projet

3. L'intégration des toits verts dans le projet :



Figure 40: L'intégration des toits verts dans le projet (source :www.google image.com.)

➤ *Diagnostic :*

- La création des dégradations dans le volume pour crée des toits verts visible aux chambres des malades

➤ *Synthèse :*

- La dégradation dans le volume est l'un des techniques de conception pour créer les toits verts.
- Assurer un bon confort psychique pour les malades par l'intégration des terrasses jardins visibles aux chambres des malades (la végétation permet de réduire le stress chez les patients et le personnel soignant).
- L'amélioration la qualité de vie des patients hospitalière à travers l'utilisation des toitures vertes comme espace détente et de récréation pour les malades.

Conclusion :

La toiture verte est l'une des solutions les plus économiques, attractives et respectueuses de l'environnement. En plus de ces avantages environnementaux, sociaux, urbanistiques, elle améliore le confort thermique grâce aux fonctions biologiques de ces composantes (l'évapotranspiration, l'ombrage), qui peuvent réduire les gains thermiques, ce qui contribue à rafraîchir l'endroit et à réduire les besoins énergétiques en climatisation de l'immeuble. Enfin, les toitures vertes sont des éléments importants au rafraîchissement thermique.



Chapitre 02 :

Analyse thématique



Introduction :

La santé est de première nécessité dans notre vie quotidienne, qui nécessite un grand intérêt, surtout à l'échelle de la conception de ses équipements. L'objectif de ce chapitre est de donner des éclaircissements et une meilleure connaissance du thème (santé), qui nous permettront de cerner toutes les exigences liées au projet . On va approcher le sujet de la macro au micro, on procède par donner des notions générales sur le thème santé, puis l'équipement hôpital (centre anti cancer) dans l'objectif de comprendre l'organisation spatial et fonctionnel et les techniques utilisés dans la conception des hôpitaux.

1. la santé:

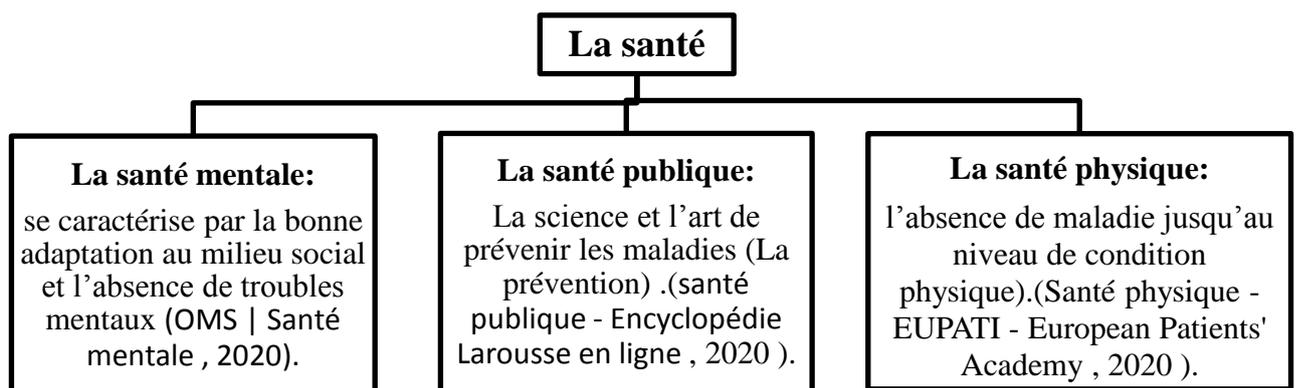
1.1 Définition de la santé:

Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS) ; « *La santé est un état de complet bien-être physique, mental et social, et ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmi  * » (Définir la notion de santé - Blog en santé , 2020).

Selon ministère de la santé algérienne : « *La protection et la promotion de la santé concourent au bien-être physique, mental et social de la personne, à son épanouissement au sein de la société et constituent un facteur essentiel du développement économique et social* ». (Journal officiel N   46, 2018).

1.2 Les types de la santé:

Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), existe 3 type de santé : **physique, mental et publique.**



organigramme 1 : Les types de la santé selon (OMS) (source ; La santé comme idéal et comme réalité - Philosophie.chla-sante-comme-ideal-et-comme-realite < <https://www.philosophie.ch>).

1.3 Les objectifs de la santé :

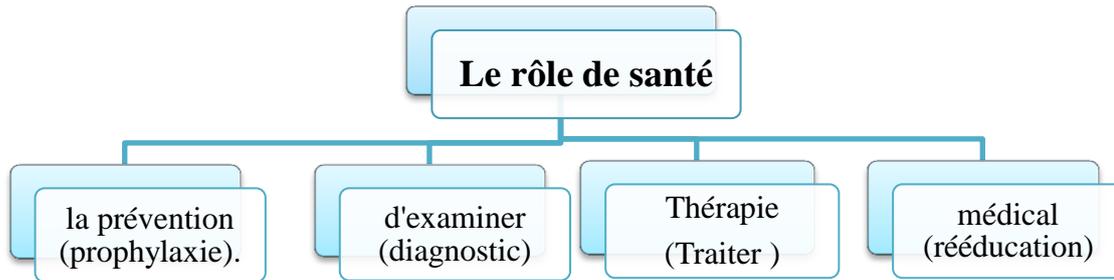
Selon ministère de la santé algérienne, les objectifs de la santé consistent à :

- Assurer la protection de la santé des citoyens à travers l'égal accès aux soins.

- La garantie de la continuité du service public de santé et la sécurité sanitaire.
- Les activités de santé s'appuient sur les principes de hiérarchisation et de complémentarité des activités de prévention, de soins et de réadaptation des différentes structures et les établissements de santé. (Journal officiel N° 46, 2018).

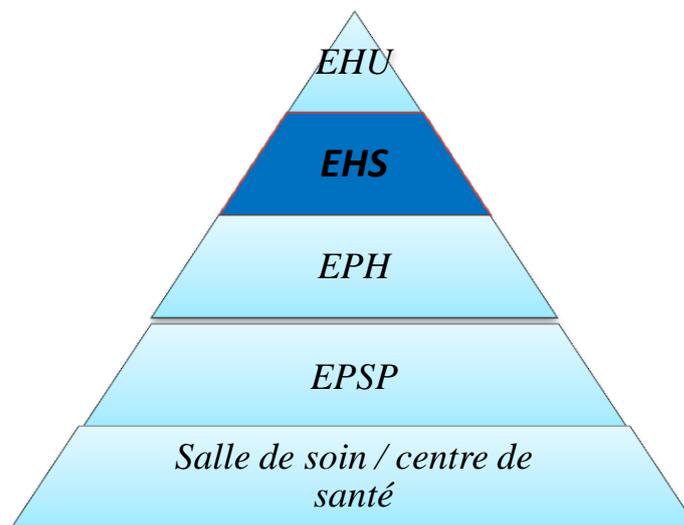
1.4 Le rôle de la santé:

Selon ministère de la santé algérienne, la santé a 4 rôles principales : (journal officiel N° 46, 2018)



organigramme 2: Le rôle de la santé en Algérie (source :journal officiel N° 46 , 2018)

1.5 L'organisation de système sanitaire Pyramide : (direction de santé – Tébessa- 2020).



organigramme 3: Nouveau pyramide (source :direction de santé ,2020)

- EHU : établissement hospitalière universitaire
- **EHS : établissement hospitalière spécialisé**
- EPH : établissement public hospitalière
- EPSP : établissement public de la santé proximité

1.6 Historique des hôpitaux :

- L'église c'est le premier lieu d'hébergement et de soins pour les malades.

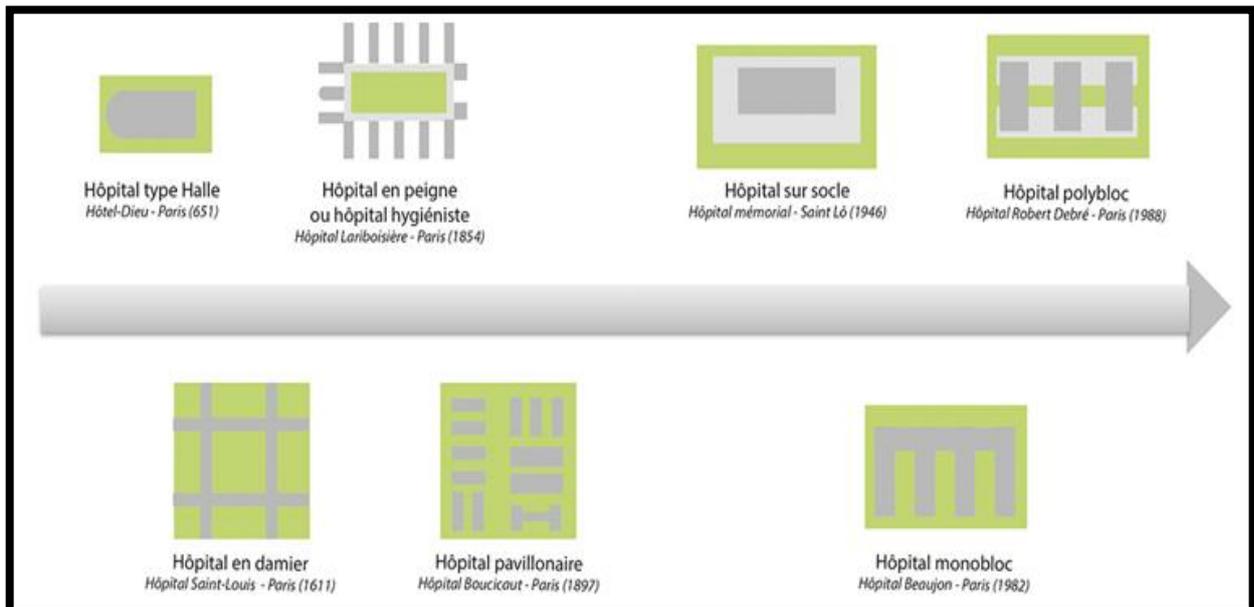


Figure 41 : l'évolution des hôpitaux (source : thesis.default.html < type < view < <https://publications.polymtl.ca>).

2. Établissement hospitalière spécialisé (EHS) :

2.1 Définition de l'EHS :

Selon ministère de la santé algérienne : « *un établissement public à caractère administratif, doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière* » (Med OULD-KADA, 2010) .

2.2 Le rôle d'EHS :

Selon ministère de la santé algérienne, les rôles de EHS sont :

- la mise en oeuvre des activités de **prévention**, de **diagnostic**, de **soins**, de **réadaptation médicale** et d'**hospitalisation**
- l'**application des programmes nationaux, régionaux et locaux de santé** de contribuer au recyclage et au perfectionnement des personnels des services de santé (Med OULD-KADA, 2010)

2.3 Les types d'EHS en Algérie :

1. Uro-néphrologie
2. Médecine de sport et Cardio-vasculaire
3. Pédiatrie
4. Cardiologie et Chirurgie cardiaque
5. Gynécologie obstétrique et Pédiatrie
6. Urgences médico-chirurgicales
7. Brûlés et chirurgie Réparatrice

8. Appareil locomoteur
9. Psychiatrie
10. Neurochirurgie
- 11. Cancérologie**
12. Rééducation Fonctionnelle
13. Ophtalmologie
14. Gynécologie obstétrique Pédiatrie Chirurgie (*Med OULD-KADA, 2010*)

3. Centre anticancéreux :

3.1 Définition de Centre anticancéreux :

Selon ministère de la santé algérienne : « C'est un établissement hospitalier spécialisé en cancérologie, cet établissement public à caractère administratif doté de l'autonomie financière »

Le rôle essentiel de cet établissement est :

- Le diagnostic et traitement des malades de cancéreuses (direction de santé – Tébessa-, 2020) .

3.2 Carte des centres anti cancer en Algérie

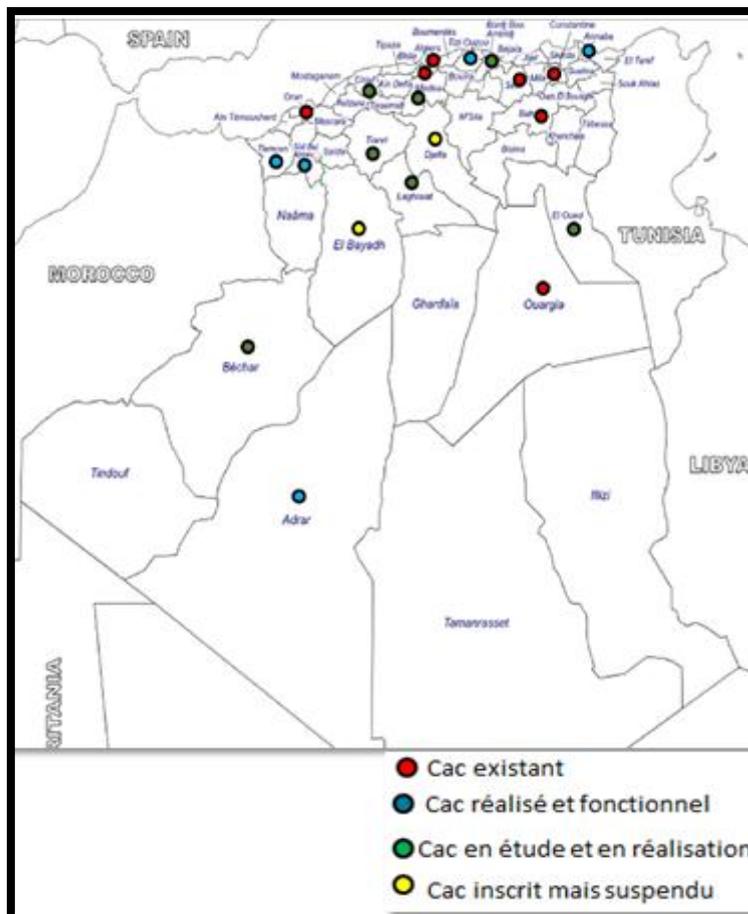


Figure 41 : Carte distribution des centres anti cancer en Algérie , année 2017

(source :la direction de la santé – Tébessa- , 2020)

4. Le cancer :

4.1 Définition de cancer :

Selon l'organisation mondiale de la santé : « Cancer est un terme général appliqué à un grand groupe de maladies qui peuvent toucher n'importe quelle partie de l'organisme. L'une de ses caractéristiques est la prolifération rapide de cellules anormales qui peuvent essaimer dans d'autres organes, formant ce qu'on appelle des métastases » (www.childrensoncologygroup.org).

4.2 Les types de cancer :

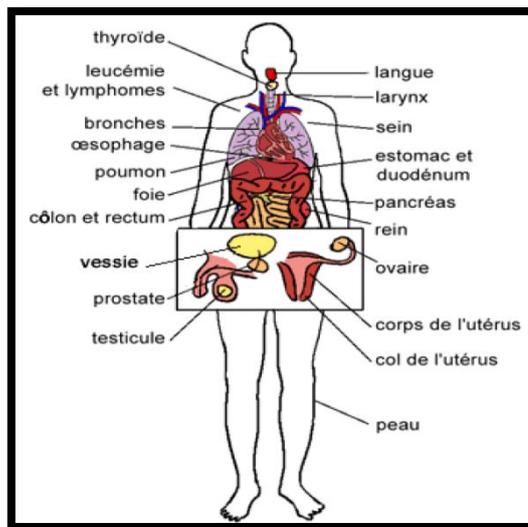
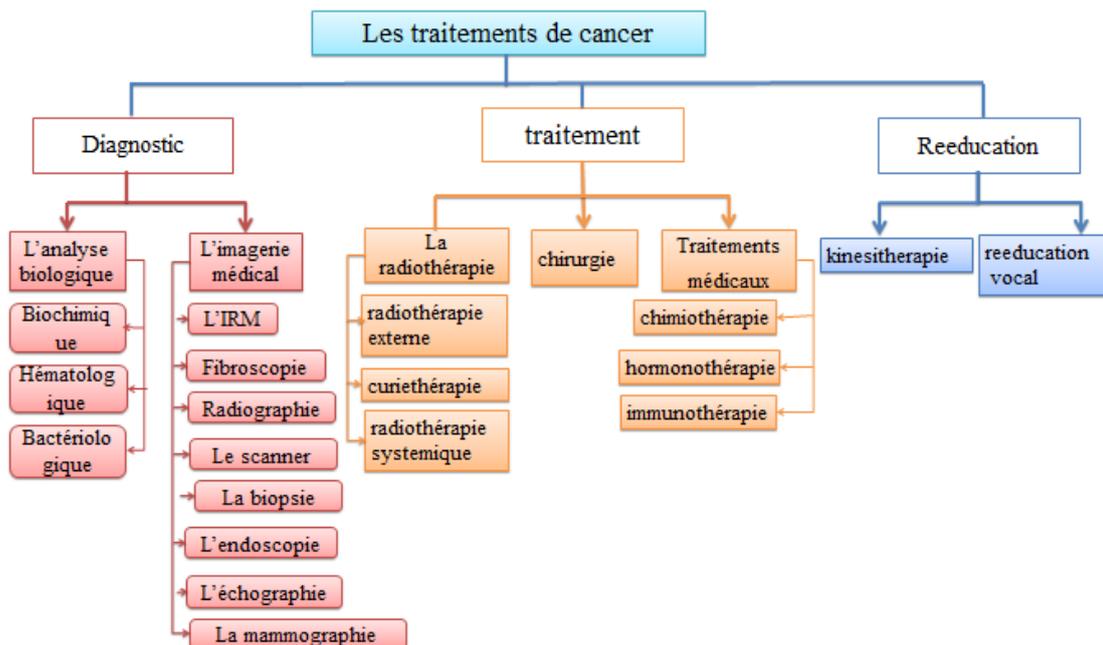


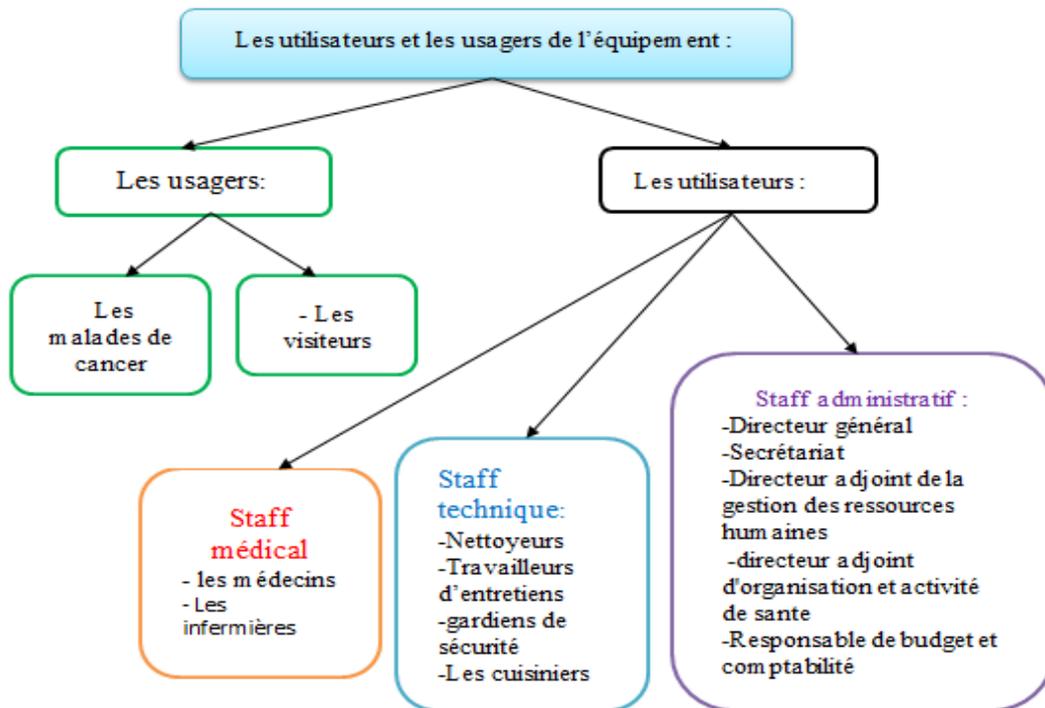
Figure 42: les type de cancer (source :www.google image .com.)

4.3 Les traitements de cancer :



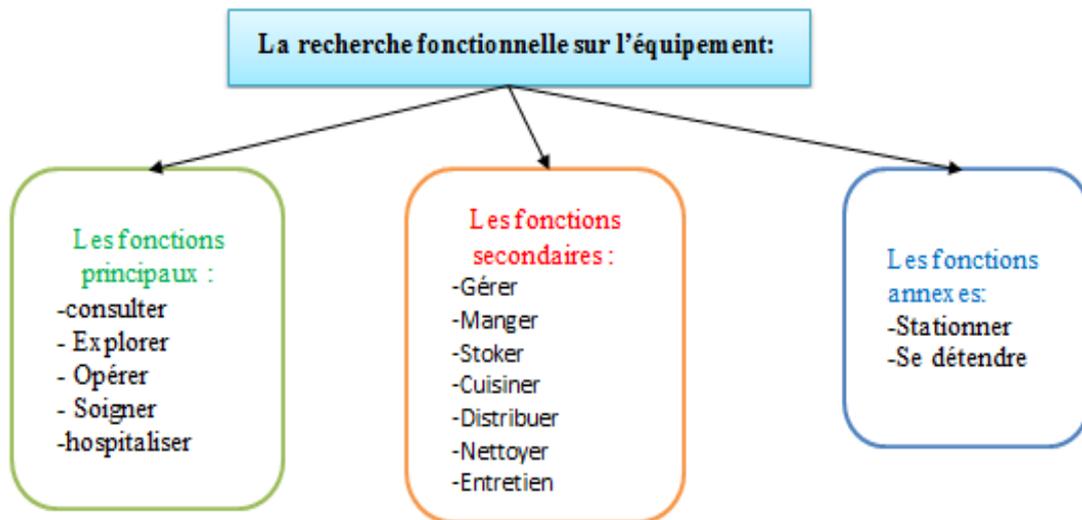
organigramme 4 ; les traitements de cancer (source : Ligue national contre le cancers , « traitement de cancers », 2011

5. Les utilisateurs et les usagers de l'équipement :



organigramme 5: les utilisateurs et les usagers de l'équipement (source : auteur)

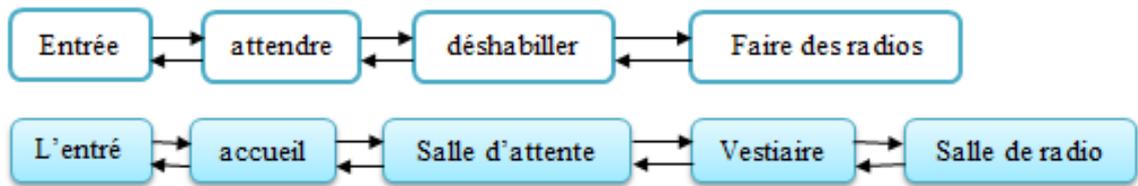
6. La recherche fonctionnelle sur l'équipement :



Organigramme 6 : la recherche fonctionnelle sur l'équipement (source : auteur)

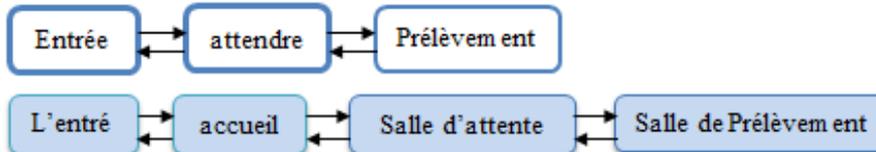
7. Les parcours spatiaux et fonctionnels des malades :

A. L'imagerie médicale :



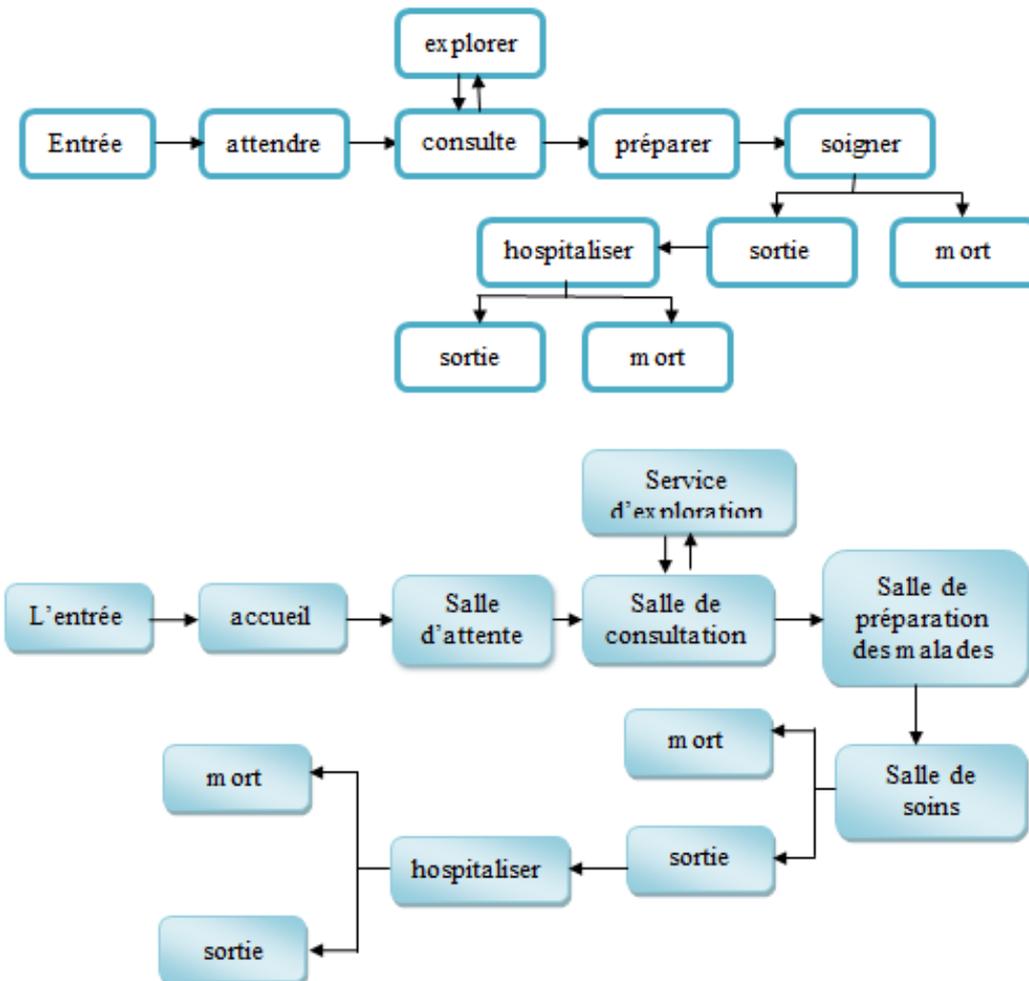
Organigramme 7: parcours spatial et fonctionnel des malades au service d'imagerie médicale (source : auteur)

B. Laboratoire :



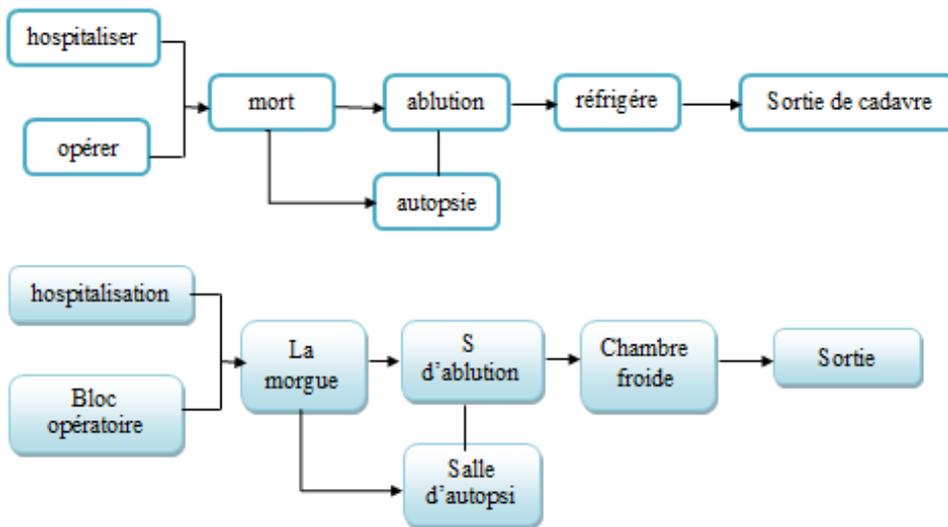
Organigramme 8 : parcours spatial et fonctionnel des malades au laboratoire (source : auteur)

C. Les services de soins :



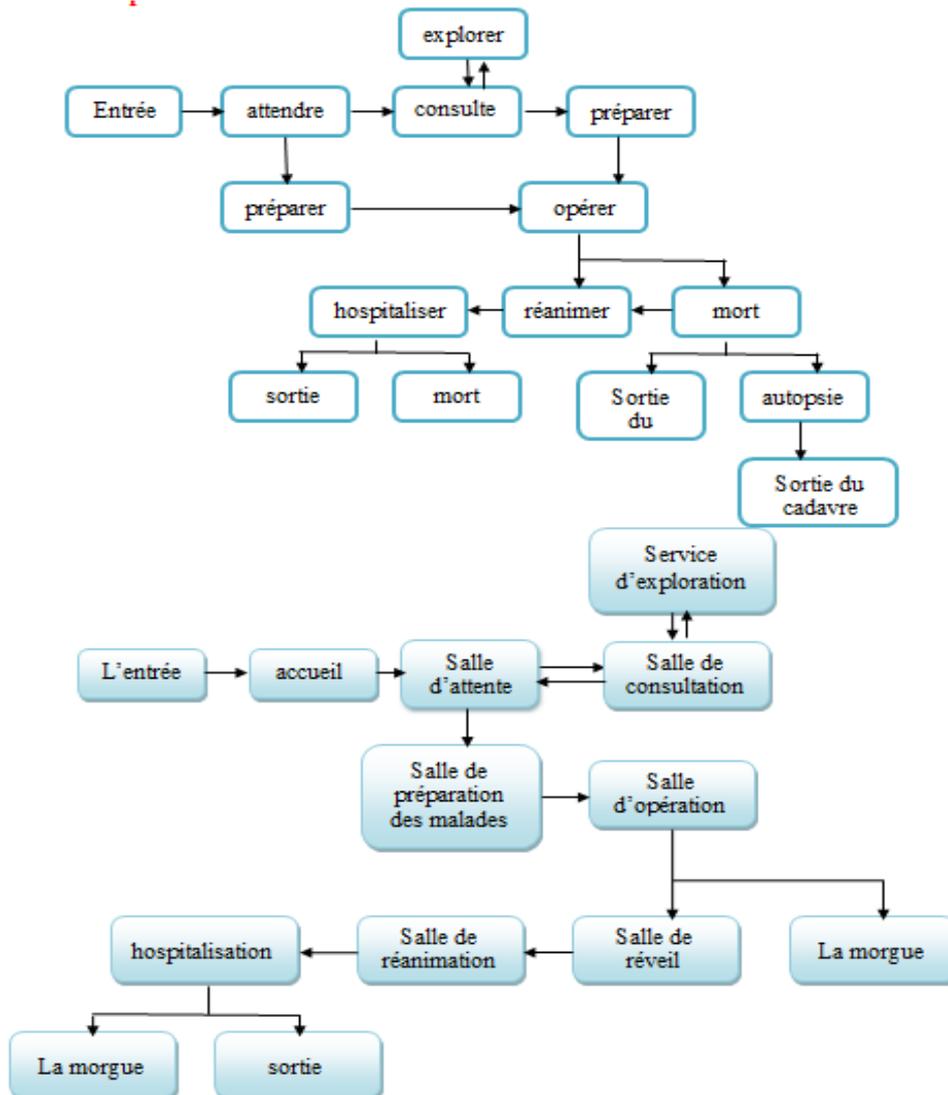
Organigramme 9 : parcours spatial et fonctionnel des malades aux services des soins (source : auteur)

D. La morgue :



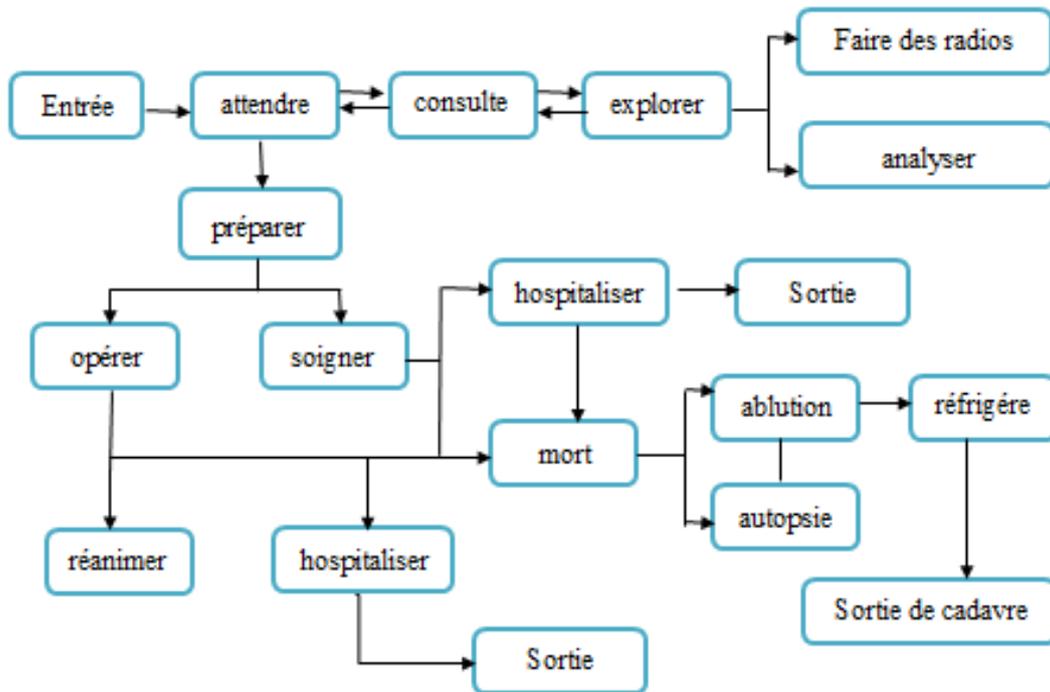
Organigramme 10 ; parcours spatial et fonctionnel des malades à la morgue (source : auteur)

E. Bloc opératoire :



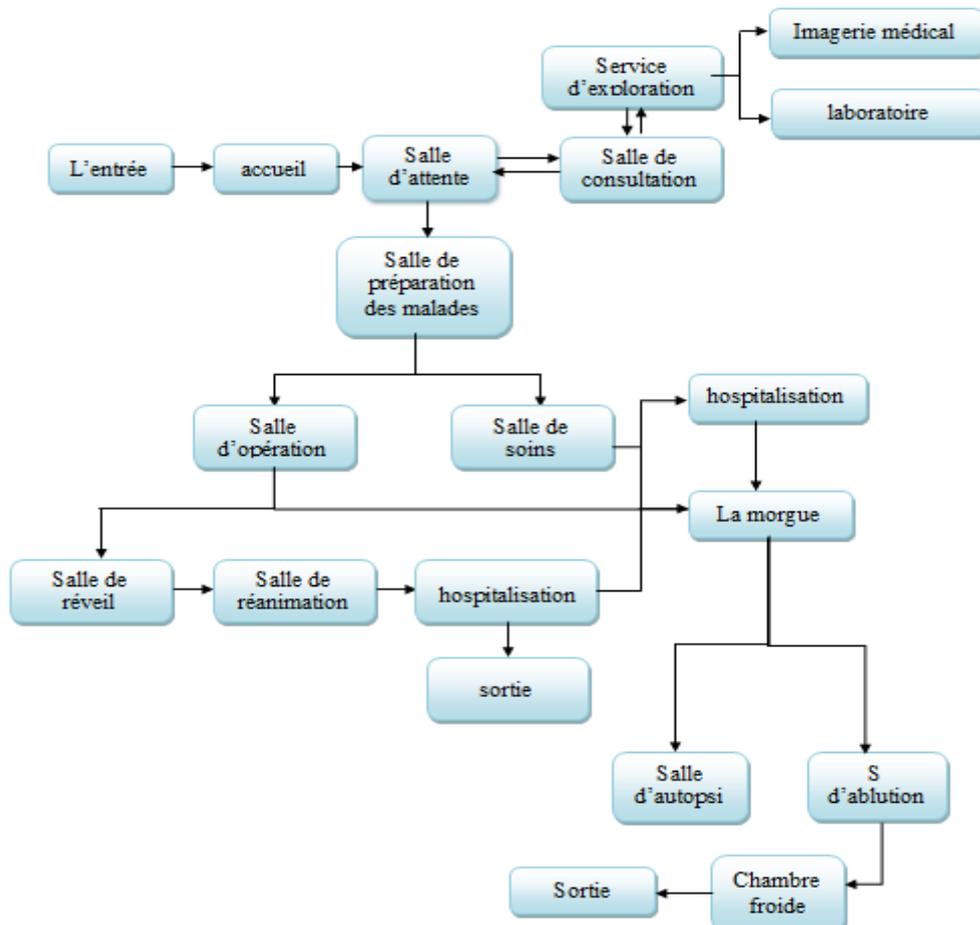
Organigramme 11: parcours spatial et fonctionnel des malades au bloc opératoire (source : auteur)

F. Le parcours fonctionnel globale des malades :



Organigramme 12: parcours fonctionnel globale des malades (source : auteur)

G. Le parcours spatial globale des malades :



Organigramme 13: parcours fonctionnel globale des malades (source : auteur)

8. Les exigences techniques :

8.1 Terrain de construction :

- Il devrait offrir une capacité suffisante pour contenir dans son périmètre l'ensemble du programme, ses branchements et son extension potentielle.
- Il doit bénéficier d'**une situation calme** et **hors nuisances** (climatiques, sonores, pollutions, etc.).
- La séparation entre les distributions extérieures publiques et privées (Neufert ,10€).
- Doit être **entouré** par des **espaces verts** (des forêts, des jardins).
- **L'accessibilité de terrain** (entourer par plusieurs voies) pour éviter la circulation surtout pour l'ambulance (PDF, fondements de la conception des hôpitaux).

8.2 Orientation :

- **le nord-ouest** et **le nord-est** : l'exposition la plus favorable pour **les salles de soins** et **les locaux de service**.
- **sud-est au sud-ouest** : l'exposition pour **les chambres des patients** (Neufert, 10€).

8.3 Les parkings :

- La séparation des parkings personnels et publics.
- 1 parking pour 3 visiteurs.
- 1 parking pour 3 travailleurs alternatifs. (PDF, considérations de base sur la conception des hôpitaux) .

8.4 Dégagements :

- la largeur des **dégagements d'accès** est d'environ **1,50 m**.
- **Les dégagements** dans lesquels **les malades** sont **transportés couchés**, une largeur utile **minimale de 2,25 m** (Neufert, 7€).
- **Les escaliers** au moins de **1,50 - 2,50 m** largeur.

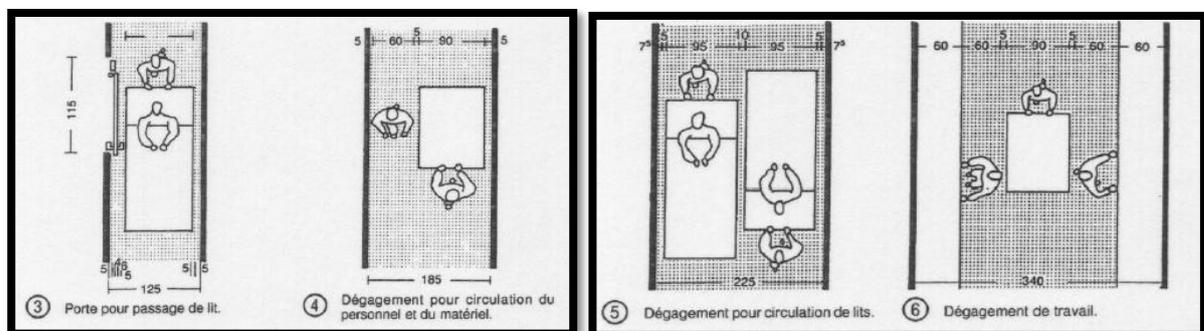


figure 43 : les normes des dégagements dans les hopitaux (source : Neufert , 7€)

- Dimension libre de la cabine d'ascenseur **0,90 X 1,20 m**.
- Dimension libre de la cage d'ascenseur **1,25 X 1,50 m** (Neufert ,10€).

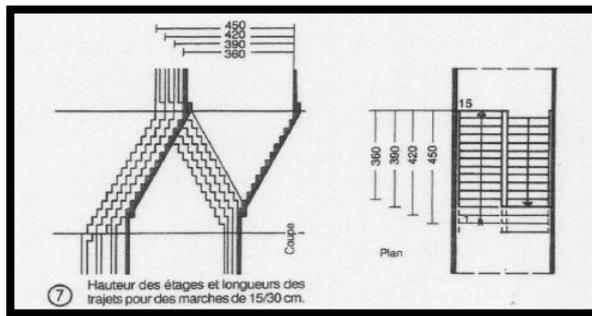


Figure 45 : les normes des escaliers dans les hopitaux
source : Neufert , 7é)

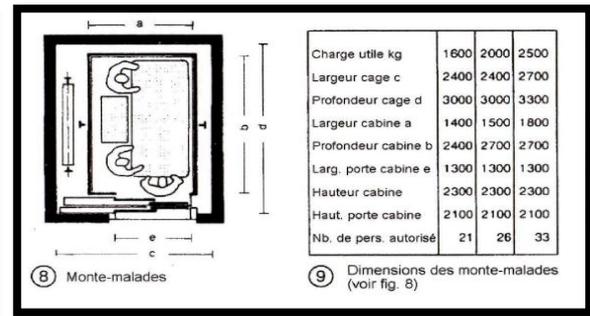


Figure 46 : les normes des montes malades dans les hopitaux (source : Neufert , 7é)

8.5 Les portes :

- Portes courantes 2,10 m à 2,20 m.
- Les portes des chambres doivent avoir une dimension de 1,25 x2, 13 m.
- Portes surdimensionnées passage de voitures particulières 2,50 m.
- Passage de véhicules de transport 2,70 m à 2,80 m.
- Hauteur minimale pour accès, hall pour malades couchés 3,50 m (Neufert , 10é) .

8.6 Les espaces sanitaires :

- Il est obligatoire d’avoir au moins un sanitaire accessible aux Personnes en fauteuil roulant dans chaque établissement (Neufert , 10é) .

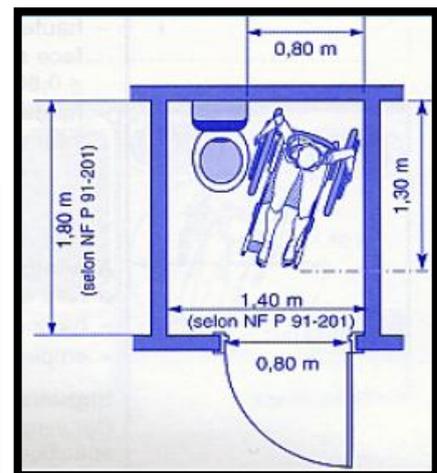
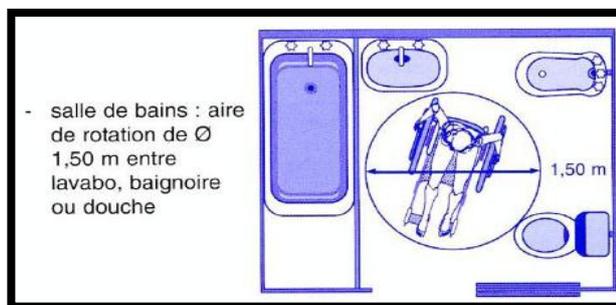


Figure 47 : les normes des sanitaires dans les hopitaux (source : Neufert , 10é)

8.7 La chambre d’hospitalisation :

03 Types de lits sont identifiés dans un centre anticancéreux :

- Lits de niveaux 1 : qui sont ceux de l’hospitalisation conventionnelle et ceux de l’hôpital de jour.
- Lits de niveaux 2 : qui sont ceux de l’hospitalisation en post opératoire.
- Lits de niveaux 3 : qui sont ceux des soins intensifs et de la chimiothérapie aplasiante, organisés à fonctionner de manière autonome avec des sas isolés.
- Les chambres des malades doivent être :

- éclairées naturellement, avec des vues panoramique vers un environnement extérieur agréable

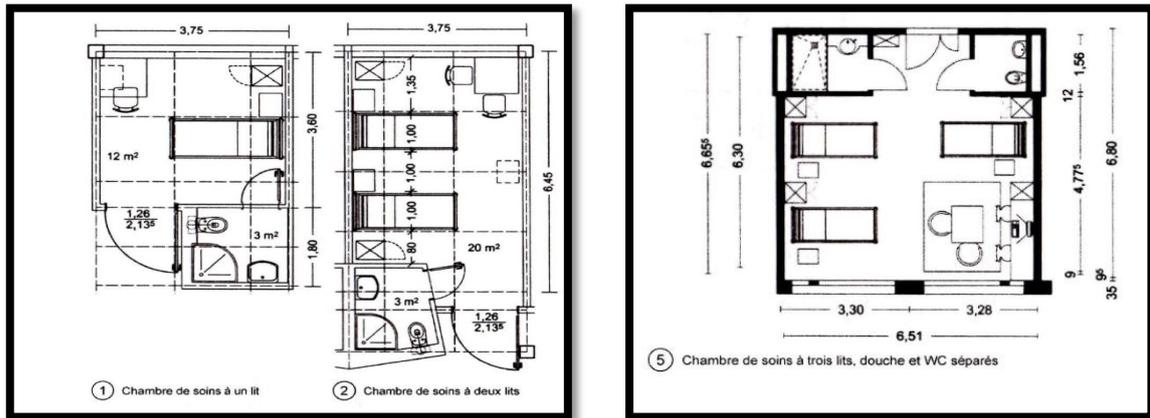


figure 48 : les normes des chambres dans les hôpitaux (source : Neufert , 10é)

8.8 Les laboratoires :

- Il est important de prévoir des portes et voies de circulation suffisamment larges pour permettre l'entrée des automates volumineux.
- Les zones de circulation doivent rester libres et ne doivent pas servir de zone de stockage.
- La hauteur sous plafond doit être suffisante pour :
 - Contenir le plus haut appareil, en tenant compte des systèmes de ventilation associée. Une hauteur **de plafond de 3m** est généralement **suffisante** pour accueillir **des Sorbonne**.
 - Le revêtement des sols doit être résistant à l'usure et **au poinçonnement, antidérapant, imperméable, résistant aux agents nettoyants et désinfectants** ainsi qu'aux produits chimiques utilisés lors des analyses.
- Il est souhaitable d'installer **des revêtements plastifiés à joints thermo soudés** plutôt que du carrelage.

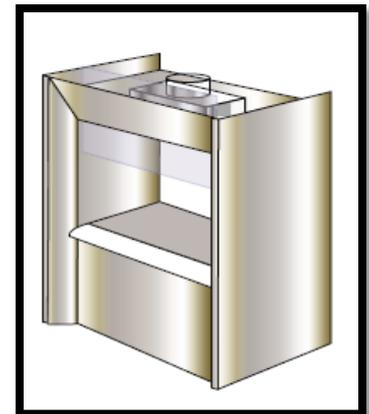


Figure 49: Sorbonne(source : la conception des laboratoires de chimie _IN... < pdf < acmo < bip.cnrs-mrs.fr).

8.9 Médecine nucléaire :

Salle gamma caméra, Salle de scintigraphie :

- Parois des murs : 25 cm de béton
- Renforts du sol, plafond et portes de 10 mm de plomb
- Revêtement de sol lisses et sans joint de façon à pouvoir récupérer facilement une source (Neufert , 10é) .

8.10 Imagerie médicale

- Il doit être accessible autant aux malades hospitaliers que pour les malades externes.
- Il doit être aménagé à proximité des unités de consultation (Neufert , 10€) .

8.11 Radiothérapie :

- Les accélérateurs de particules utilisés pour traiter les cancers – radiothérapie, radio chirurgie.
- doivent être abrités dans des salles spécialement adaptées.

8.12 Bloc opératoire :

- Il faut prévoir des portes coulissantes électriques de 1,40 m
- La salle d'opération :
- La hauteur sous plafond 2.80 à 3.00 m fini pour l'éclairage.
- Les murs et les sols ne doivent pas comportés de joints.
- Les angles des murs doivent être arrondis dans les salles d'opération.
- Les couloirs → largeur min 1.8m (Neufert , 10€) .

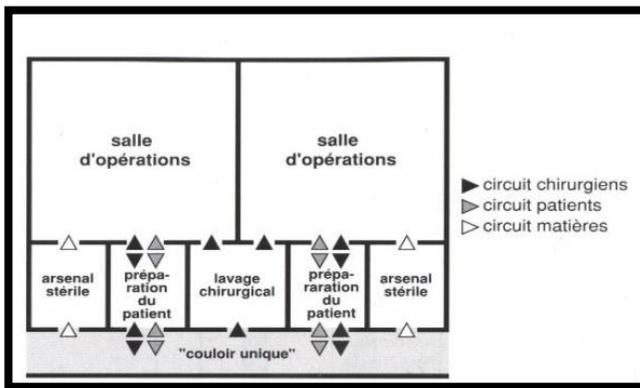


Figure 50 :Circuit unique (source :Neufert , 10€)

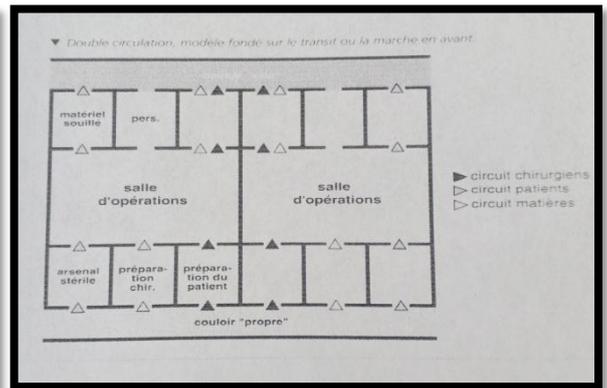


Figure 51: Modèle de la marche avant (source :Neufert , 10€)

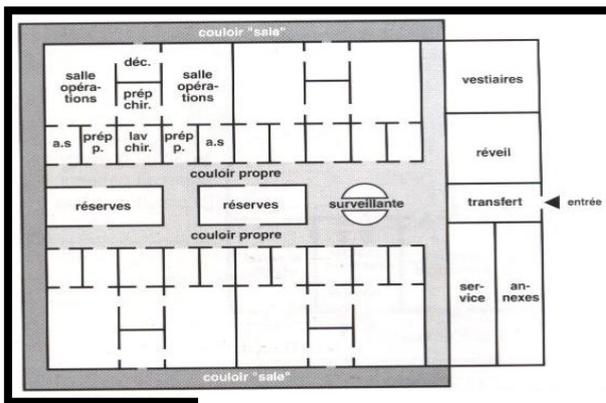


Figure 52 : Modèle a isolement du sale (source :Neufert , 10€)

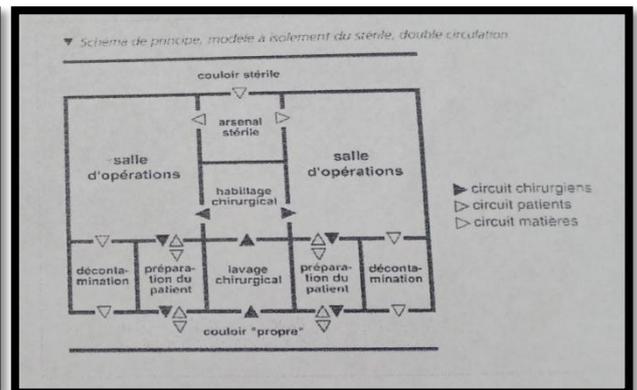


Figure 53 : Modèle a isolement de stérile (source :Neufert , 10€)

Conclusion :

L'hôpital rassemble une série des fonctions complémentaires : consultation externe, les soins, opération, et hospitalisation , qui nécessite un grand intérêt surtout à l'échelle de la conception , donc le concepteur de cet équipement doit essayer de concilier entre les choix architecturaux et urbains , la fonction et la qualité architecturale pour créer un équipement confortable, centré sur la protection physique comme morale des malades.



Chapitre 03 : approche analytique



Introduction :

Toute conception d'un projet doit être commencée par une idée , cette idée peut être inspirée du contexte , un projet célèbre ou une idée répondre aux exigences fonctionnelles pour créer un espace confortable , surtout lorsqu'on parle d'un équipement qui va accueillir des malades , donc ce chapitre a pour l'objectif de mieux comprendre l'organisation spatiale et fonctionnelle des hôpitaux à travers l'analyse des exemples , les organigrammes puis l'analyse de terrain et finalement le programme .

1. Analyse des exemple

I. L'institut Gustave Roussy :

1. Fiche technique :

Nom de projet : L'institut Gustave Roussy

Nombre de lits : 427 lits

Situation : ville juif, France

Surface : 80.000 m



Figure 55 : L'institut Gustave Roussy (source : [www.google image.com](http://www.google.com)).

1. Critère de choix :

- Organisation spatiaux-fonctionnel

1. La situation :

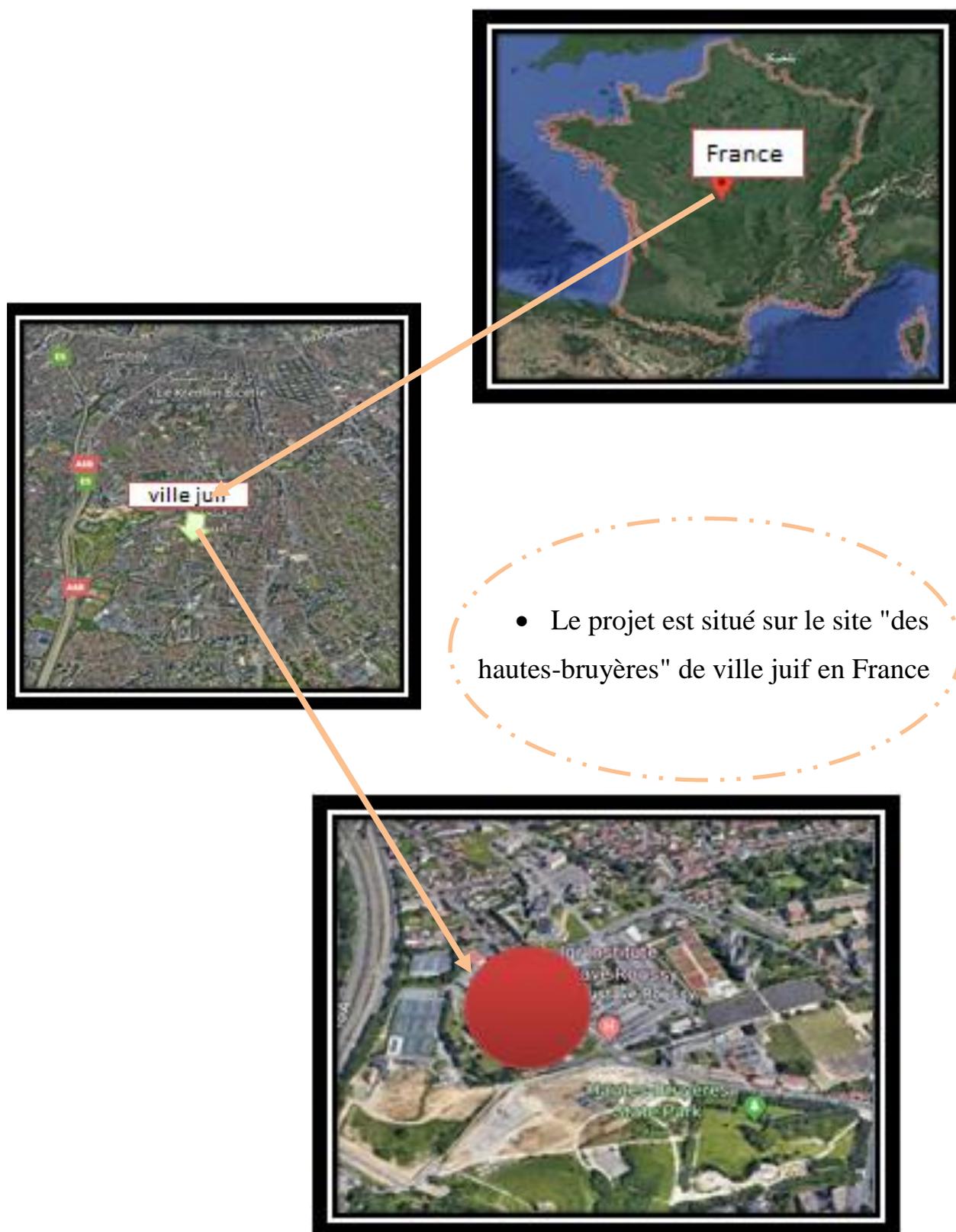


Figure 56 :la situation géographique de l'institut Gustave Roussy(source :www.google image.com).

2. L'environnement immédiat + les espaces extérieurs:

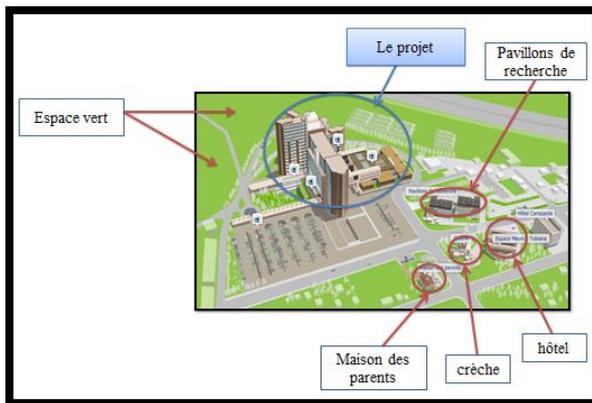


Figure 571 : l'environnement immédiat d'institut Gustave Roussy(source :www.google image.com).

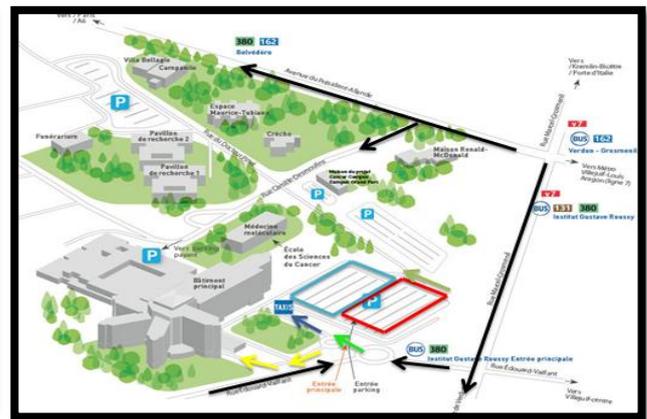


Figure 58 : les différents accès et aménagement extérieurs d'institut Gustave Roussy(source :www.google image.com)

➤ **Diagnostic :**

- Le projet est situé dans un zone calme, entourée par un grand espace vert et quelque équipement tell : maison des parents, crèche, hôtel, pavillons de recherche.
- Le projet est entouré par plusieurs voies mécaniques.

- Dans ce projet on a 2 accès :
- Accès principale et accès personnel
- L'entrée ambulatoire et l'entrée de projet a le même accès principal
- La présence des espaces verts autour de projet.
- La mixité des parkings personnels et publics.

➤ **Synthèse :**

- L'implantation de projet dans un zone calme hors de nuisance
- La présence des espaces verts autour du projet
- L'importance d'accessibilité (voie mécanique) dans le projet.
- La séparation entre les accès (principale et personnel)
- L'entrée ambulatoire et l'entrée de projet a le même accès principal
- La création des espaces vert dans le terrain.

3. Analyse spatio-Fonctionnel sous-sol +RDC :

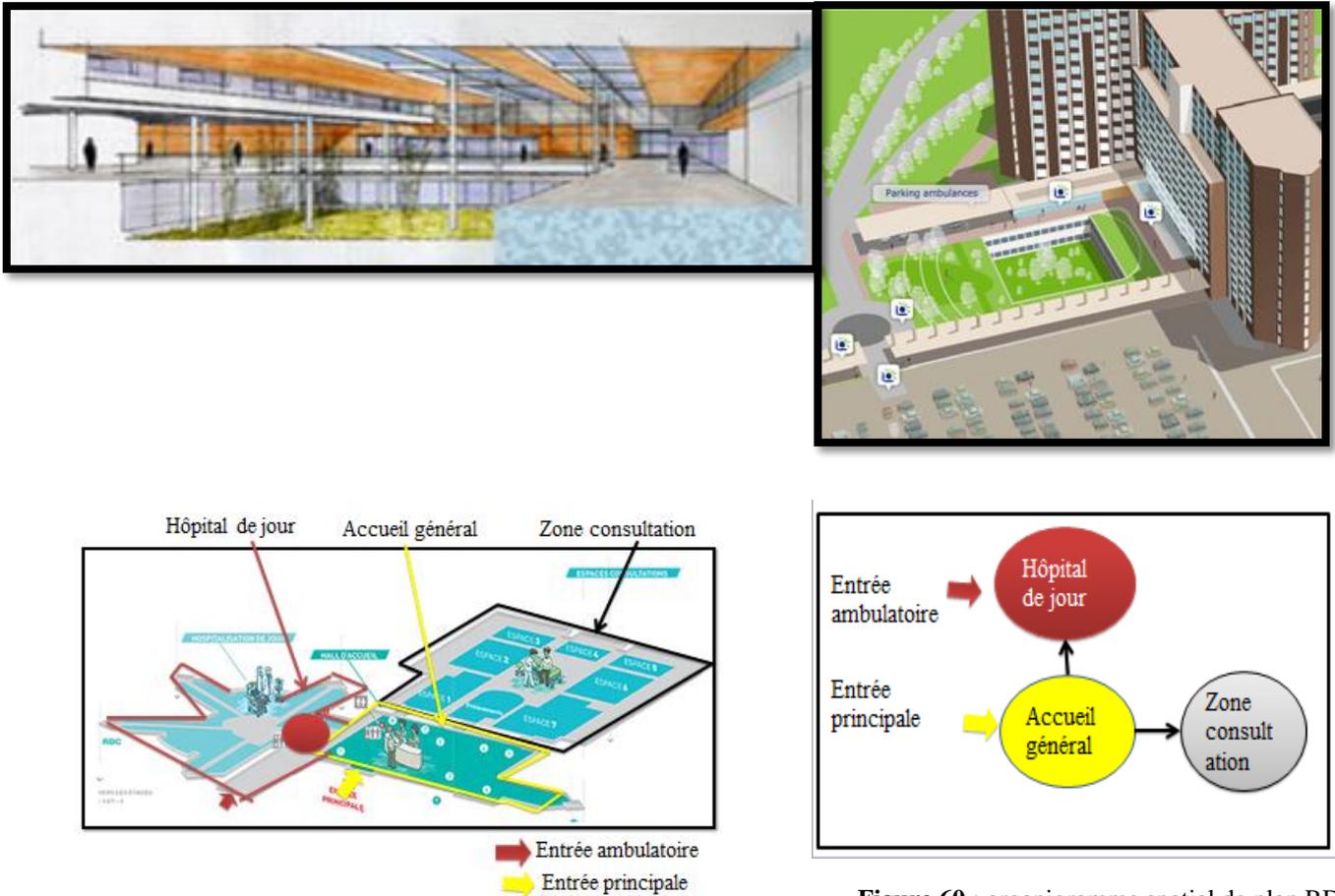


Figure 59 : plan RDC (source :www.google image.com).

Figure 60 : organigramme spatial de plan RD (source :www.google image.com).

➤ **Diagnostic :**

- Le projet est composé de 3 formes, chacune présente un service : le sous-sol se compose de 2 étages pour la radiothérapie (-2), laboratoire, imagerie médicale (-1)
- En RDC il y a 3 services : hôpital de jour, accueil général et zone de consultation.

➤ **Synthèse :**

- Utilisation système pavillonnaire horizontal et vertical (séparation des services verticalement et horizontalement)
- Espace de circulation central contient les escaliers de hall et les ascenseurs
- Les services d'explorations et radiothérapie en sous-sol
- Les services de consultations en RDC

4. Analyse spatio-Fonctionnel R+1 →R+9:

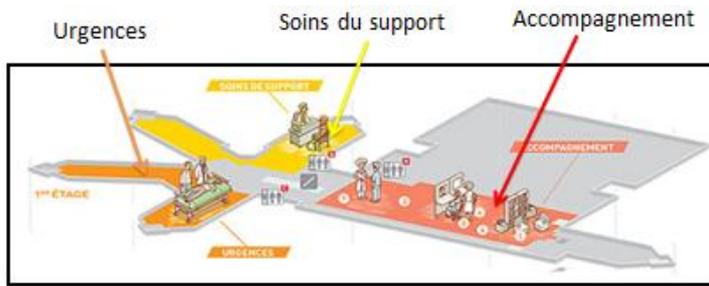


Figure 61: plan R+1 (source :www.google image.com).

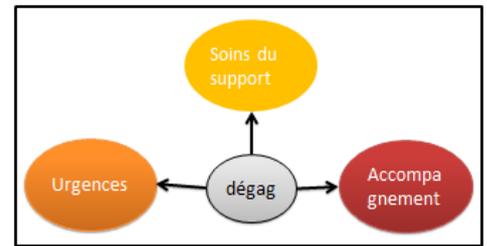


Figure 62 : organigramme spatial de plan R+1 (source : auteur)

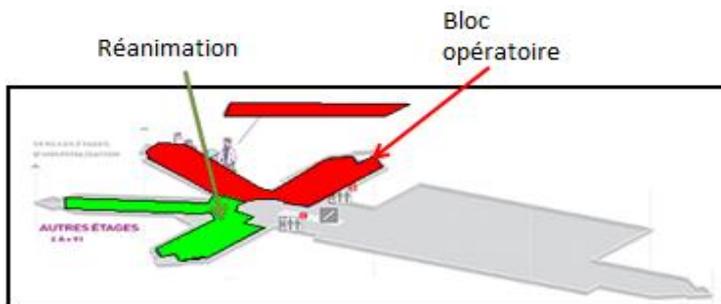


Figure 63 :plan R+2 (source :www.google image.com).

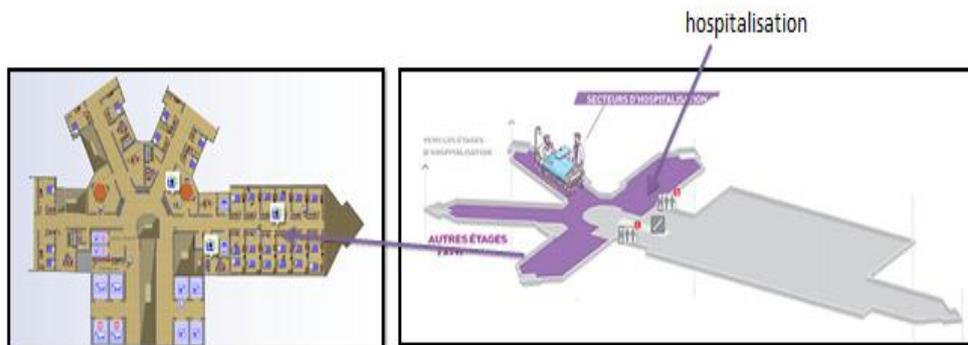


Figure 64 : plan r+3 → r+9 (source :www.google image.com).

➤ **Diagnostic :**

- Dans le 1^{er} étage on se trouve 3 service : soins du support, urgences et accompagnement.
- Dans le 2^{ème} étage on se trouve le bloc opératoire et la réanimation.
- Tous les derniers étages sont réservés pour les services d'hospitalisation.

➤ **Synthèse :**

- Il a une relation verticale entre l'urgence et l'hôpital de jours.
- la relation forte entre bloc opératoire et la réanimation .

Synthèse 01 :

- L'implantation de projet dans un zone calme hors de nuisance.
- La présence des espaces verts autour du projet.
- L'importance d'accessibilité (voie mécanique) dans le projet.
- La mixité des parking personnel et public dans l'accès principale.
- L'entrée ambulatoire et l'entrée de projet a le même accès principal.
- Utilisation système pavillonnaire vertical et horizontal (séparation des services verticalement et horizontalement).
- Espace de circulation central contient les escaliers de hall et les ascenseurs.
- Organisation centrale avec ségrégation radiale des service (organisation radio- centré).
- En sous-sol on a les services d'exploration.
- En RDC on a les services publics : accueil général, hôpital de jour, zone de consultation.
- Service d'hospitalisation dans les derniers étages.

II. Centre anti cancer de Constantine :

1. Fiche technique :

Nom de projet : Cac de Constantine

Capacité : 60 Lits

Maître d'œuvre : BET GAHAM Nabil

Maitre d'ouvrage : CHU Constantine situation : Constantine

Surface : 1382 m²

2. Critère de choix :

- Organisation spatiaux-fonctionnels .



Figure 65: Cac de Constantine (source ; BET GAHAM Nabil)

3. La situation :



Figure 66 : la situation géographique de CAC Constantine(source :www.google image.com).

4. Environnement immédiat + L'accessibilité:

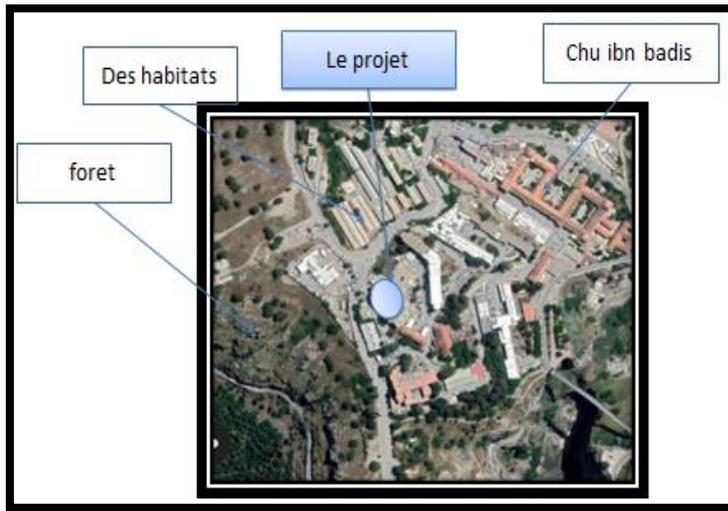


Figure 67 : l'environnement immédiat d'institut Gustave Roussy(source :www.google image.com).



Figure 68 : l'accessibilité de CAC Constantine(source :www.google image.com)

➤ Diagnostic :

- Le projet est située sur un site rocheux dans un zone calme, entourée par un grand espace vert (foret) et proche de chu ibn badis et des habitats.
- Il est accessible par plusieurs voies mécaniques autour de projet.

➤ Synthèse :

- L'implantation de projet sur un site rocheux présentant les caractéristiques suivent : Site stratégique, Vue panoramique, Dominant et Culminant .
- L'accessibilité par les voie mécanique .
- L'implantation de projet dans un zone calme hors de nuisance .
- La présence des espaces verts autour du projet .

5. Analyse spatio-fonctionnel de plan sous-sol +RDC :

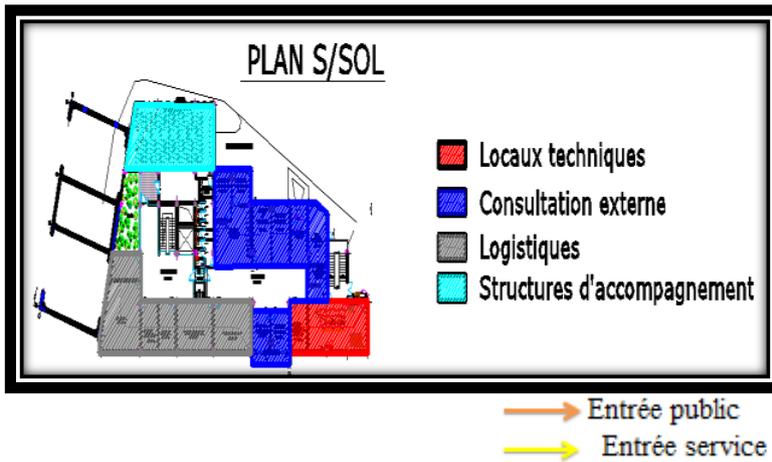


Figure 69 : plan de sous-sol (source :www.google image.com).

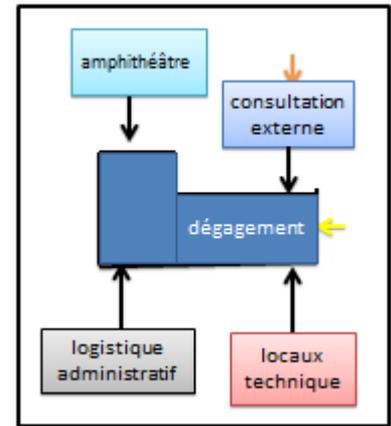


Figure 70 : organigramme spatial de plan sous-sol (source :auteur)

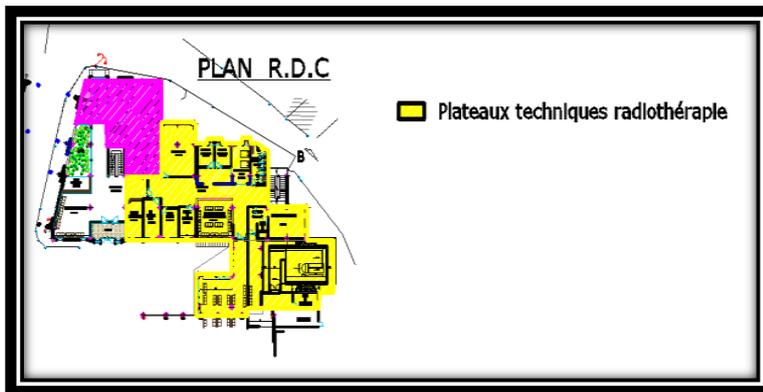


Figure 71 : plan de RDC (source :www.google image.com).

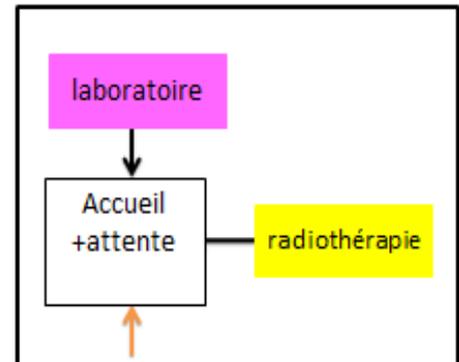


Figure 72: organigramme spatial de plan RDC (source :auteur)

Diagnostic :

- le projet d'une forme simple, le sous-sol se compose de 4 service : consultation externe, locaux technique, logistique administratif, amphithéâtre.
- 2 entrée au niveau de sous-sol : public et service.
- Le plan RDC se compose d'un laboratoire et plateau technique radiothérapie.

Synthèse :

- utilisation système monobloc
- Séparation entre l'entrée public et personnel
- La séparation entre les services (laboratoire, radiothérapie)

6. Analyse spatio-fonctionnel de plan R+1 → R+4 :

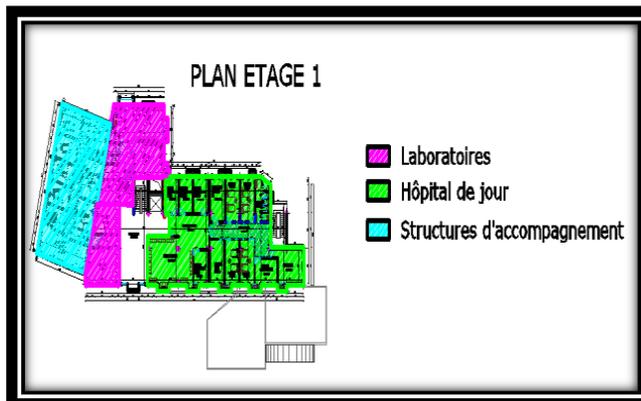


Figure 73 : plan r+1 (source :www.google image.com).

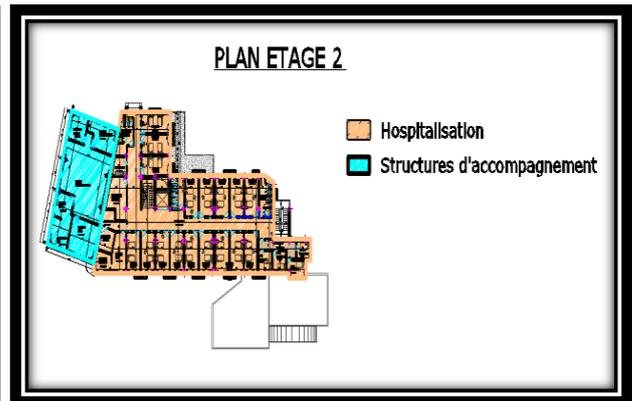


Figure 74 : plan r+2(source :www.google image.com)

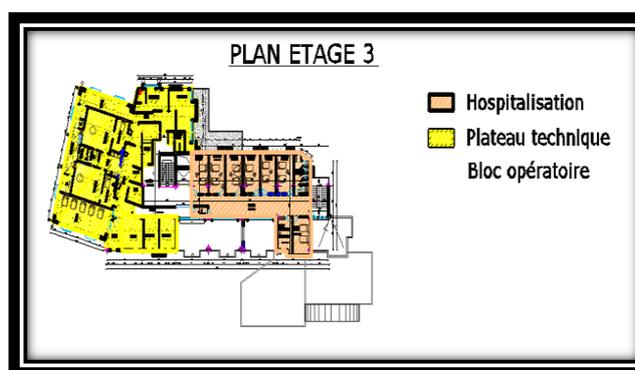


Figure 75 : plan r+3(source :www.google image.com).

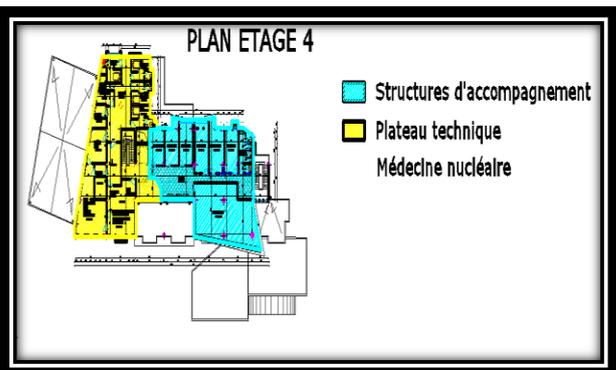


Figure 76 : plan r+4(source :www.google image.com)

➤ Diagnostic :

- Le plan R+1 se compose d'un laboratoire, hôpital de jour, structure d'accompagnement.
- Le plan R+2 se compose de service hospitalisation et structure d'accompagnement (Salle de kinesithérapie , Salon de beauté , b psychiatre) .
- Le plan R+3 se compose d'un bloc opératoire et hospitalisation.
- Le plan R+4 se compose d'un service médecin nucléaire, structure d'accompagnement (administratif)

➤ Synthèse :

- Une relation fort entre laboratoire et hôpital de jours.
- Pour améliorer le confort psychique des malades dans le service d'hospitalisation, ajoute autre activité tell : salon de beauté
- Utilisation bloc opératoire à double couloire modèle d'isolement de stérile.
- Une relation entre hospitalisation et bloc opératoire.
- Isolation de service médecine nucléaire.

Synthèse 02:

- l'implantation de projet dans un zone calme hors de nuisance.
- La présence des espaces verts proche du projet (foret) .
- l'importance d'accessibilité (voie mécanique) dans le projet.
- Séparation entre l'accès public et service.
- Utilisation système monobloc.
- Espace de circulation central contient les escaliers de hall et les ascenseurs.
- Organisation centrale avec ségrégation radiale des service (organisation radio- centré) .
- Utilisation bloc opératoire à double couloir modèle d'isolement de stérile.
- Une relation entre hospitalisation et bloc opératoire.
- Pour améliorer le confort psychique des malades dans le service d'hospitalisation, ajoute autre activité tel : salon de beauté.

III. Princess Maxima :

1. Fiche technique :

Project Name : Princess Maxima.

Architect : Liage architectes.

Location : The Netherlands .

Area : 448833 m².

Project year: 2018 .

2. Critère de choix :

- L'ambiance intérieur.



Figure 77 : Princess Maxima (source :www.google image.com).

3. Analyse d'ambiance intérieur :

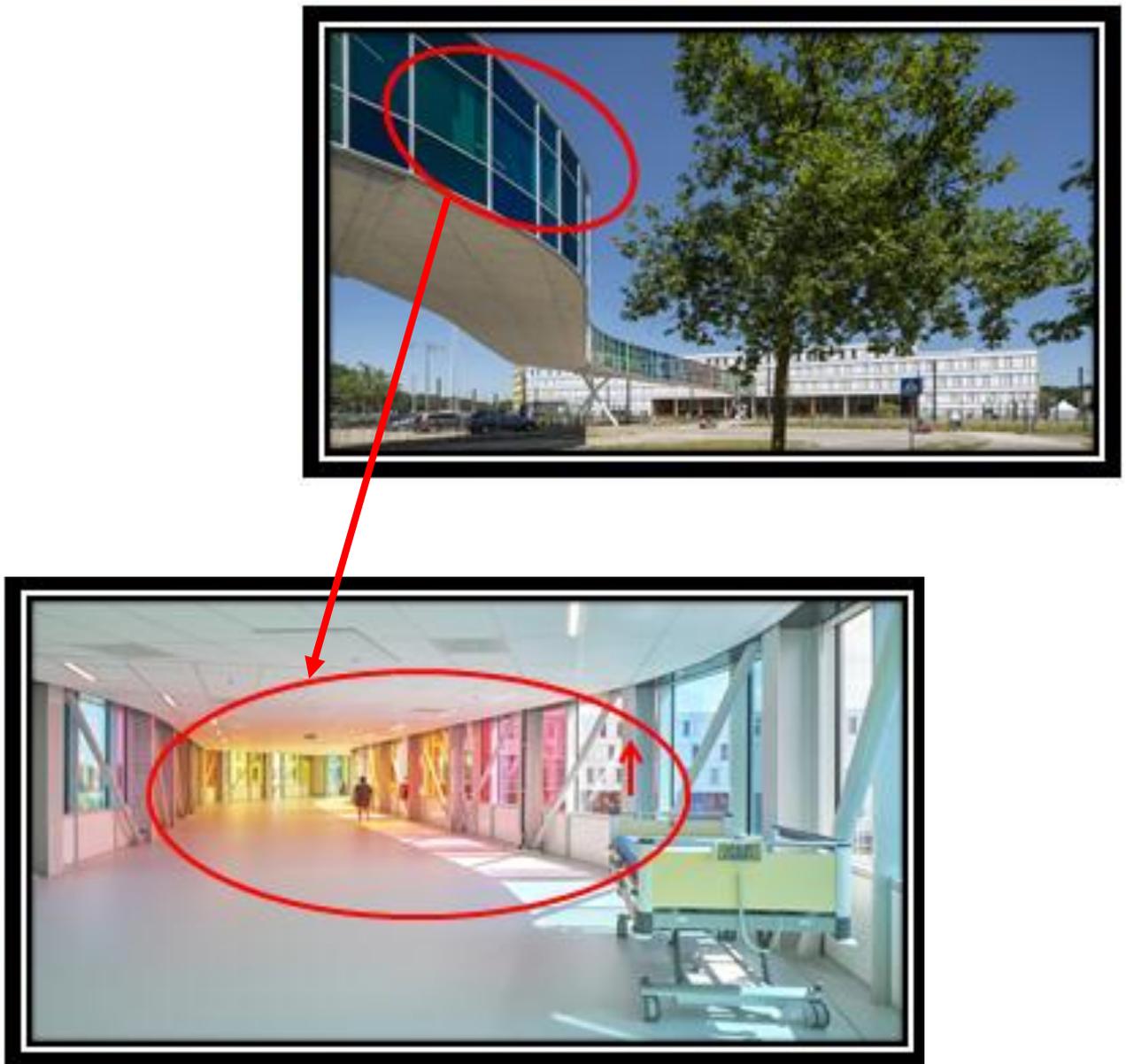


Figure 78 : l'ambiance intérieur a Princess Maxima (source :www.google image.com).

➤ **Diagnostic :**

- Utilisation des couleurs au niveau du vitrage.

➤ **Synthèse :**

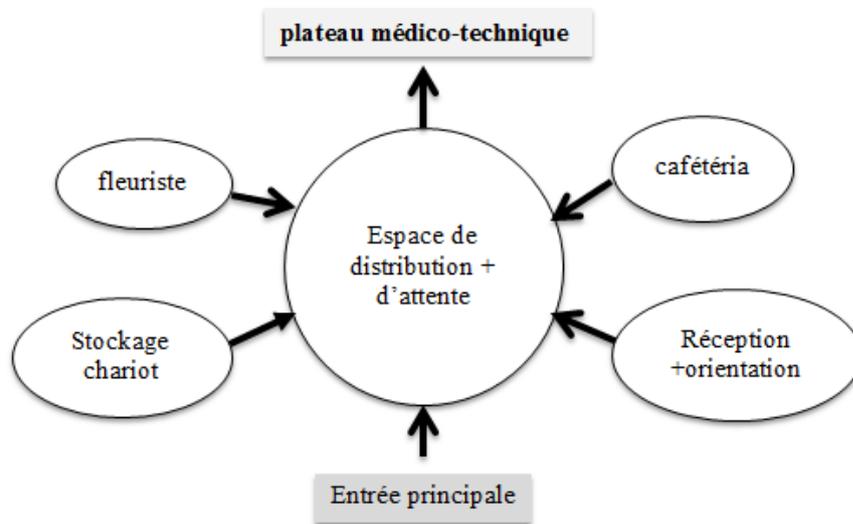
- Crée une ambiance intérieure à travers le vitrage coloré.

Synthèse générale :

- L'implantation de projet dans un zone calme hors de nuisance.
- La présence des espaces verts autour du projet.
- L'importance d'accessibilité (voie mécanique) dans le projet.
- La séparation des parkings personnels et publics.
- Utilisation système pavillonnaire :
- Utilisation système pavillonnaire (distribuer sur les services horizontalement et verticalement).
- Espace de circulation central contient les escaliers de hall et les ascenseurs.
- Organisation centrale avec ségrégation radiale des service (organisation radio- centré).
- Placer les services technique et généraux dans le sous-sol.
- La relation forte entre les services de consultation et d'exploration.
- Relation forte entre bloc opératoire et réanimation.
- Utilisation des vitrages coloré pour crée une ambiance intérieure dans l'hôpital.

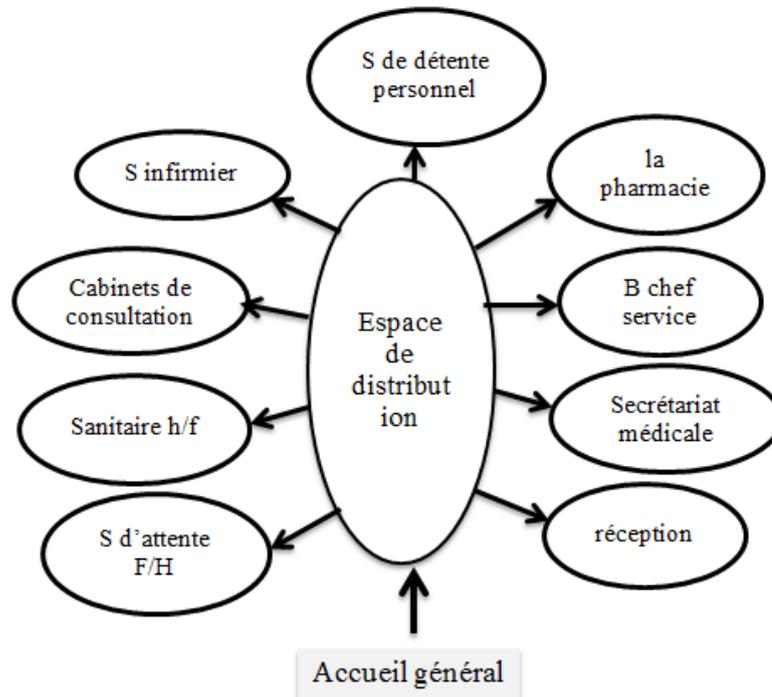
2. les organigrammes :

2.1 Accueil général :



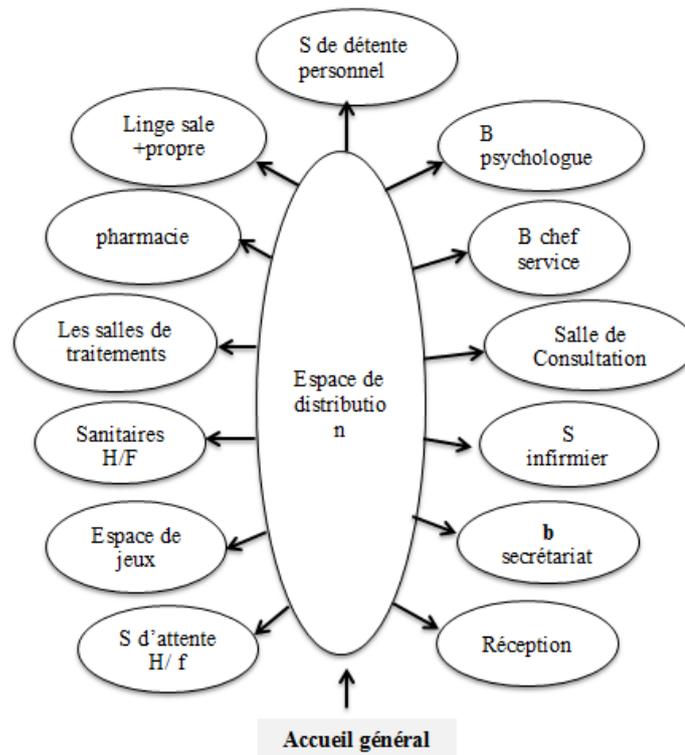
Organigramme 14 : hiérarchisation spatiale de l'accueil général (source :auteur)

2.2 Zone de consultation :



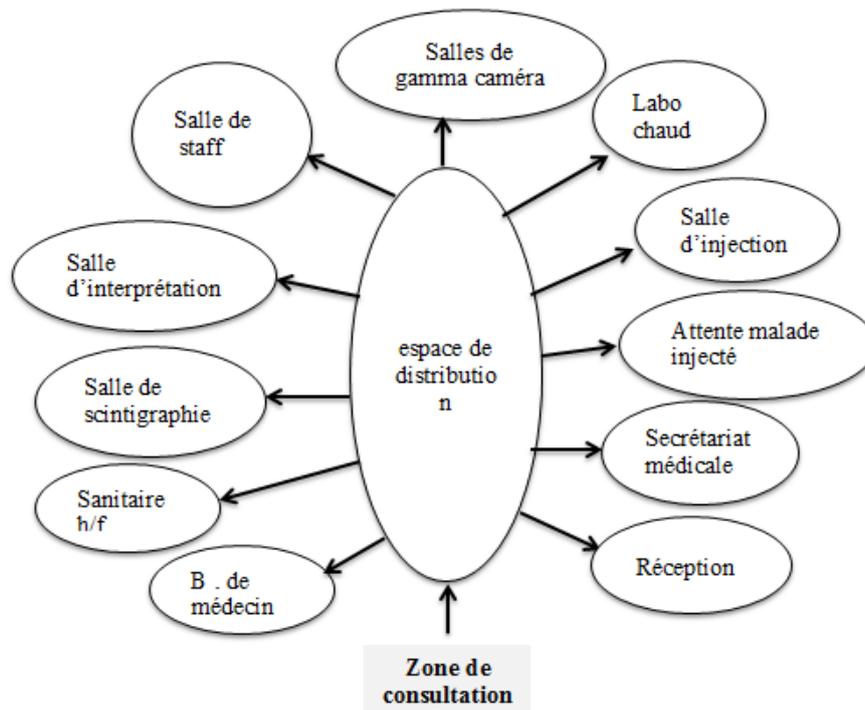
Organigramme 15 : hiérarchisation spatiale de la zone de consultation (source :auteur)

2.3 Hôpital de jour :



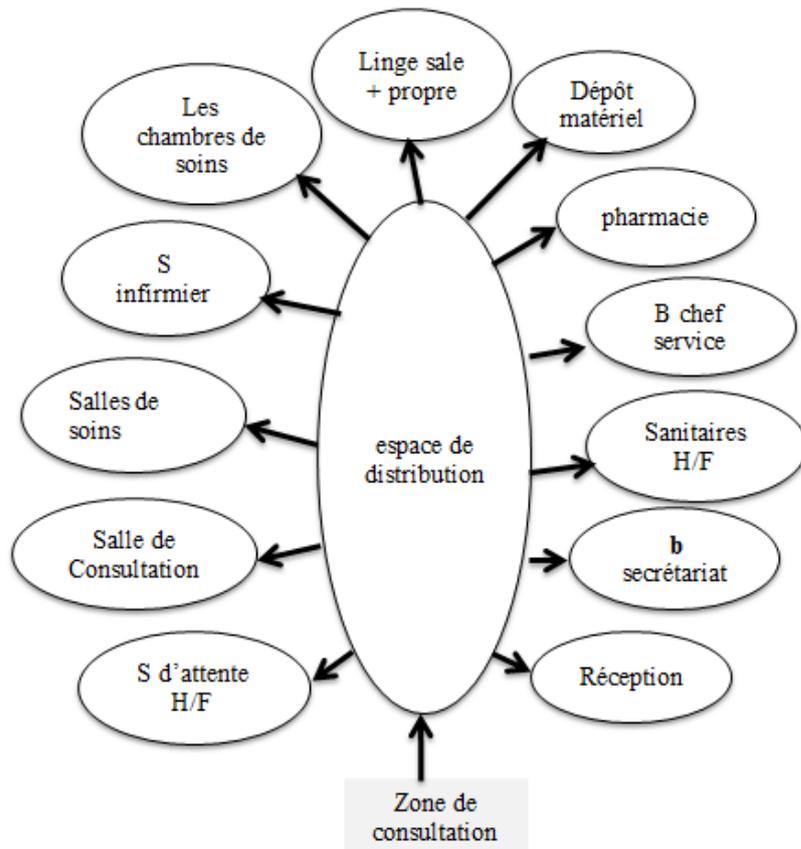
Organigramme 16 : hiérarchisation spatiale de l'hôpital de jour (source :auteur)

2.4 Médecine nucléaire :



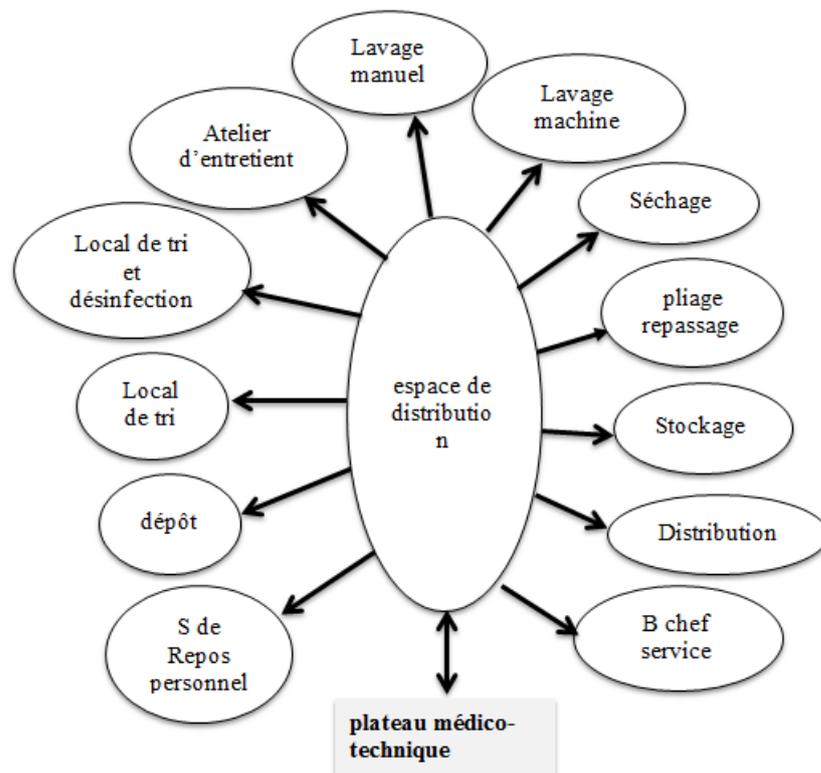
Organigramme 17: hiérarchisation spatiale de service médecine nucléaire (source :auteur)

2.5 Service d'oncologie adulte /enfant :



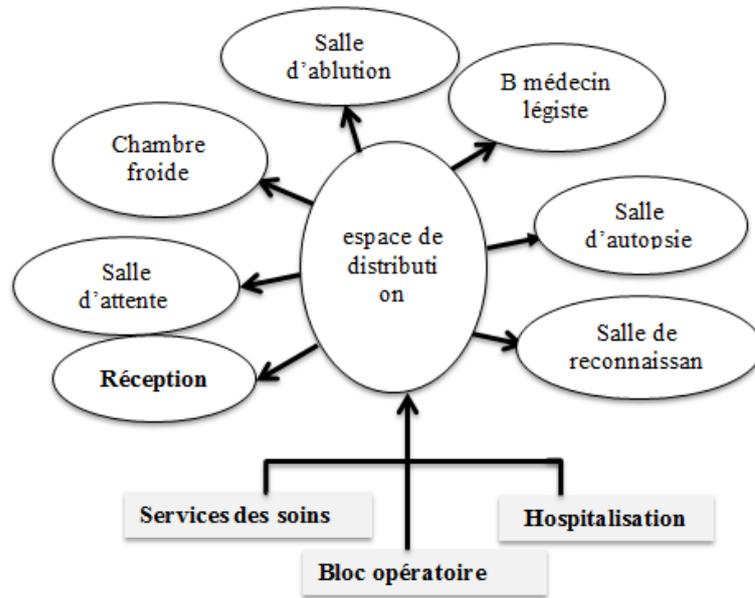
Organigramme 18: hiérarchisation spatiale de service oncologie adulte /enfant (source :auteur)

2.6 Lingerie :



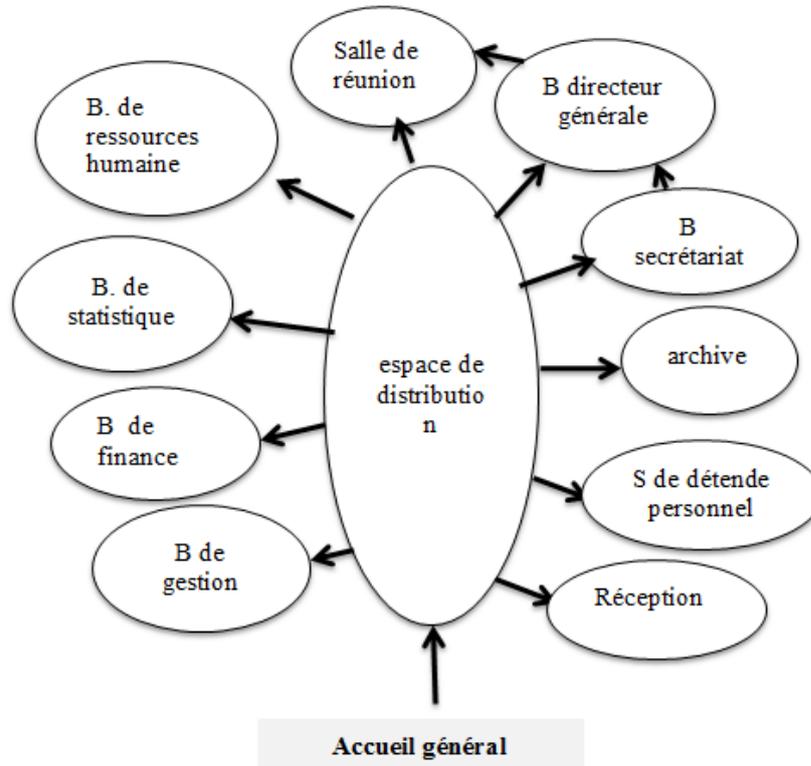
Organigramme 19 : hiérarchisation spatiale de lingerie (source :auteur)

2.7 La morgue :



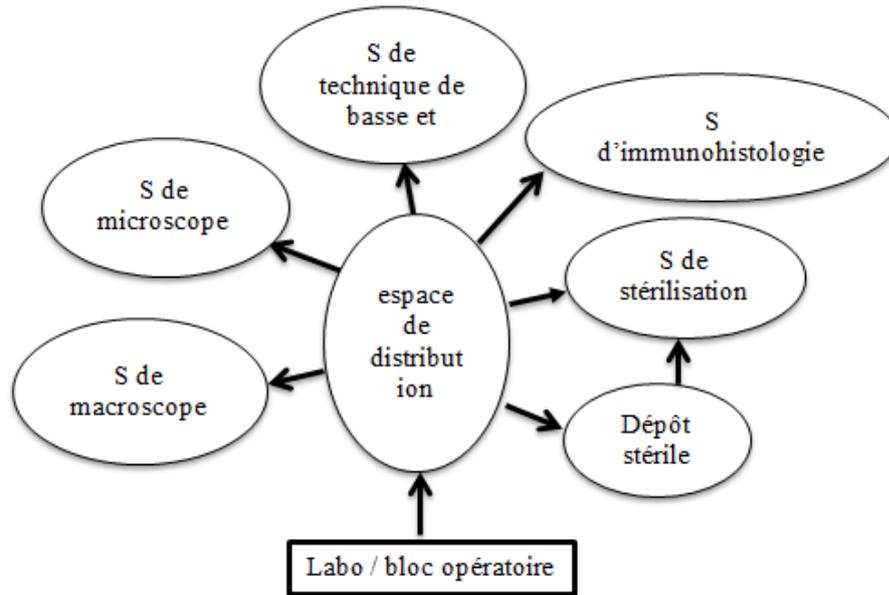
Organigramme 20 : hiérarchisation spatiale de la morgue (source :auteur)

2.8 Administration :



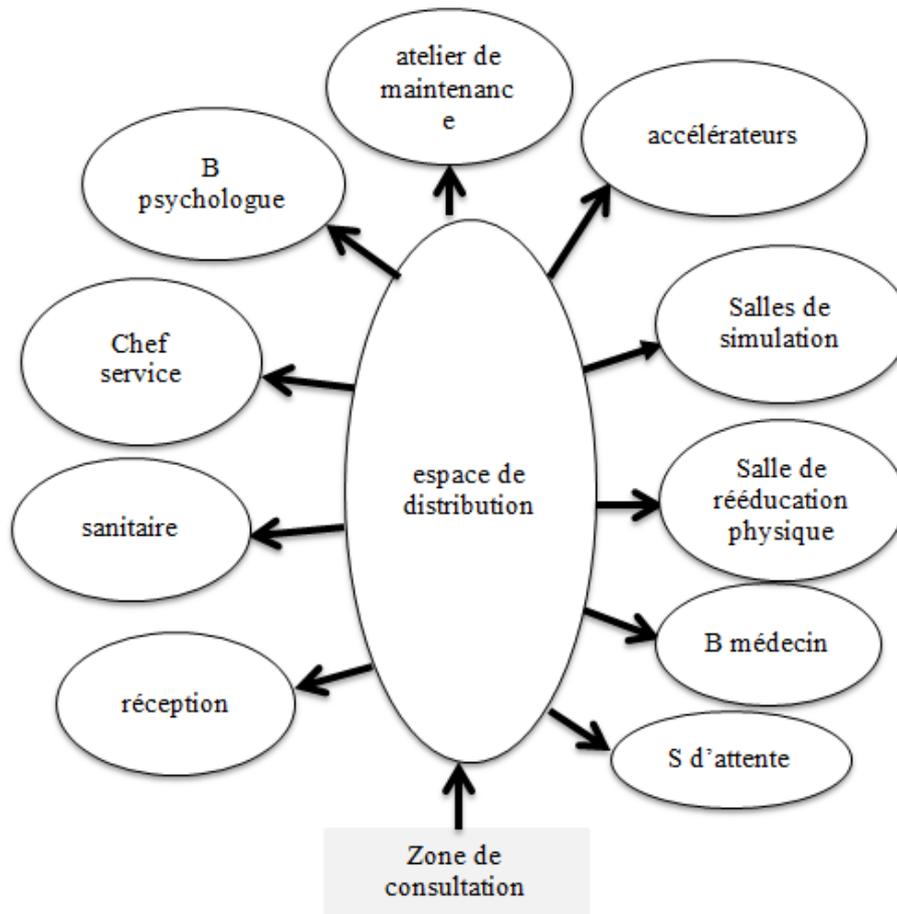
Organigramme 21: hiérarchisation spatiale de l'administration (source :auteur)

2.9 Anatomopathologie :



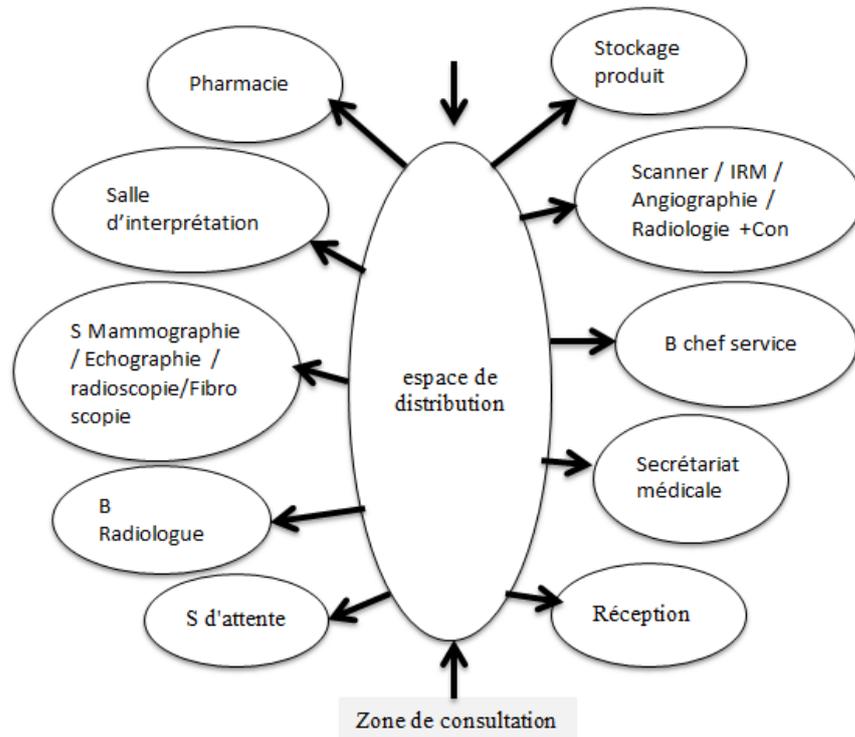
Organigramme 22: hiérarchisation spatiale de service Anatomopathologie (source :auteur)

2.10 Radiothérapie :



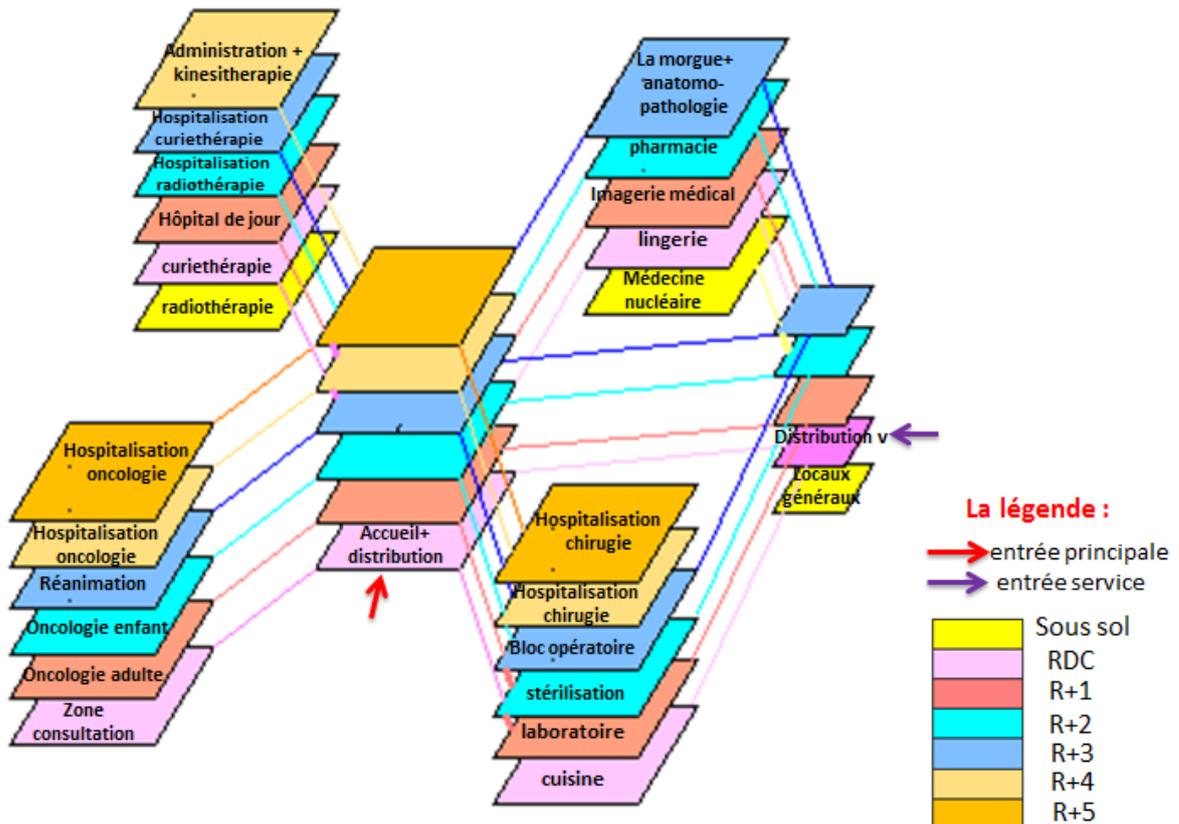
Organigramme 23 : hiérarchisation spatiale de la radiothérapie (source :auteur)

2.11 laboratoire :



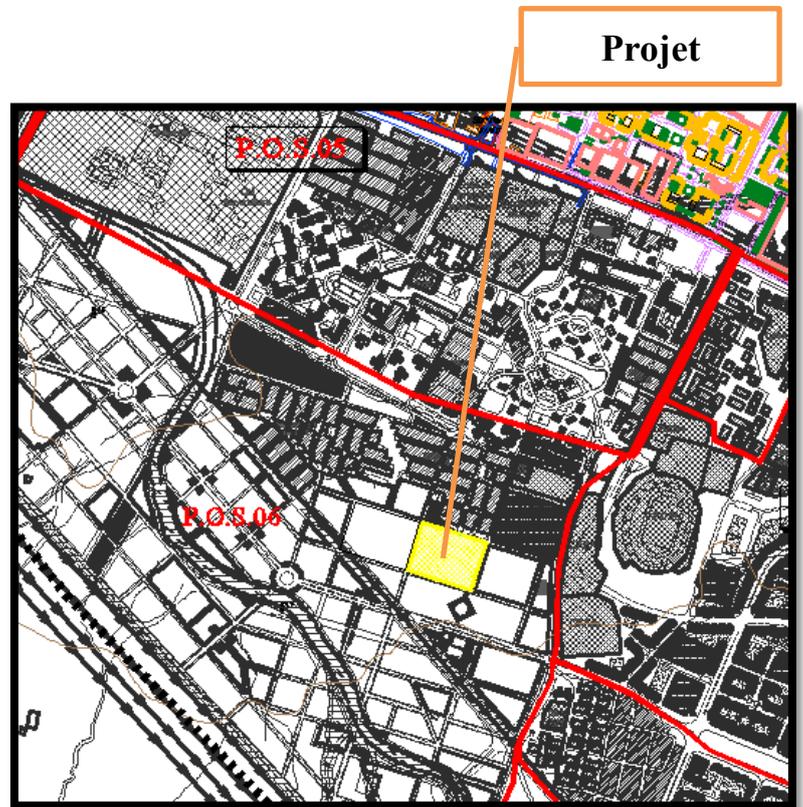
Organigramme 24: hiérarchisation spatiale de la radiothérapie (source :auteur)

2.12 Organigramme globale :



Organigramme 25 : organigramme spatial globale 3d (source :auteur)

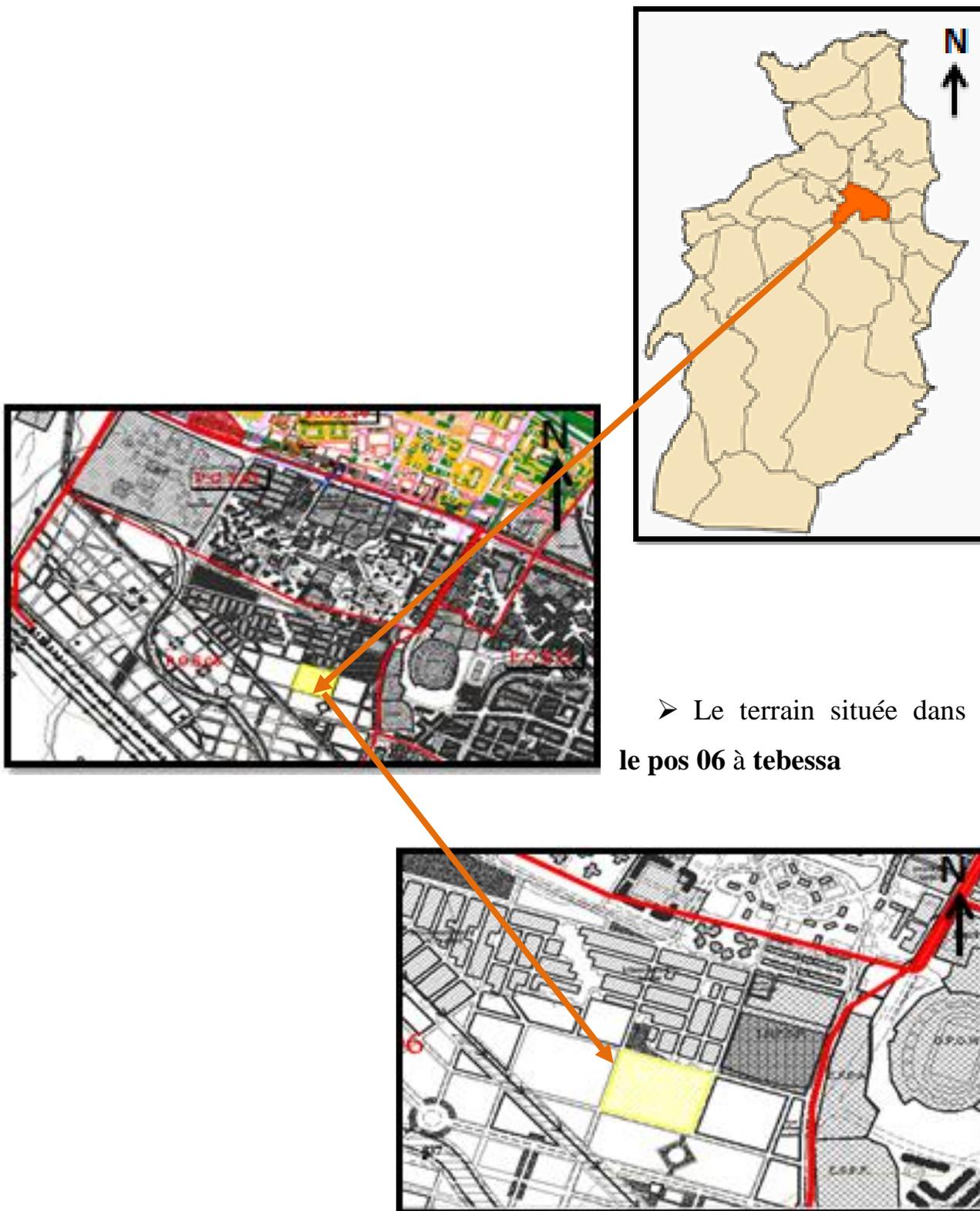
3. Analyse de terrain :



3.1 Les critères de choix :

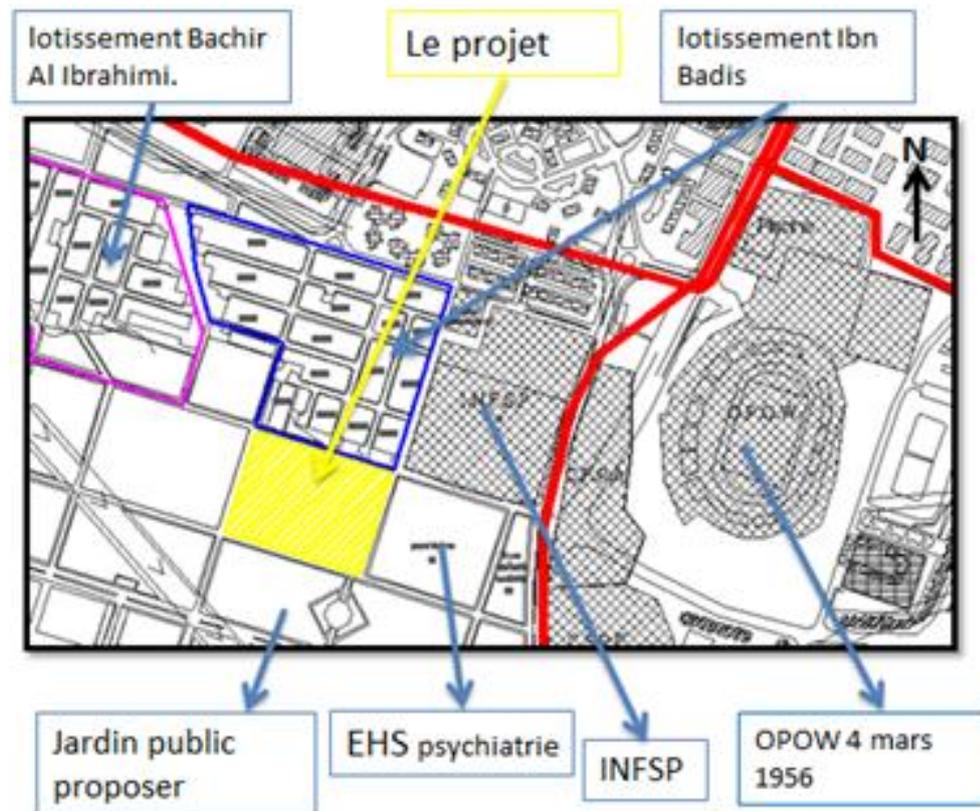
- **la situation de terrain :**
 - Dans un lieu Calme Loin de bruit
 - Éloigne par rapport de centre-ville qui représente plusieurs types de nuisances : la pollution de l'air, les bruits des voies de circulation
 - La présence de quelques établissements de santé comme : INFSP, Hôpital psychiatrie et donc la possibilité de créer un pôle sanitaire.
- **L'accessibilité :**
 - Terrain bien accessible
- **La possibilité des crée un foret dans le terrain** (pour crée lieu propre qui a de l'air sain)

3.2 La situation :



➤ Le terrain située dans le pos 06 à tebessa

3.3 Environnement immédiat :



Diagnostic :

- Le terrain est situé dans le pos 6.
- Eloigné de OPOW 4 mars 1956 par 350 m.
- Il est limité par :
 - **au nord** : lotissement Ibn Badis et lotissement Bachir Al Ibrahimi (**des habitats individuelles (RDC+T et R+1+T) et INFSP.**
 - **A l'est** : EHS psychiatrie.
 - **A l'ouest** : terrain vierge.
 - **Au sud** : Jardin public proposer.

Synthèse :

- Le terrain est situé dans **un zone résidentiel**
- éloigné par rapport de centre-ville et OPOW 4 mars 1956
- **calme hors de nuisance et des pollutions de circulation** qui répond en partie des exigences d'un établissement sanitaire

3.4 L'accessibilité :

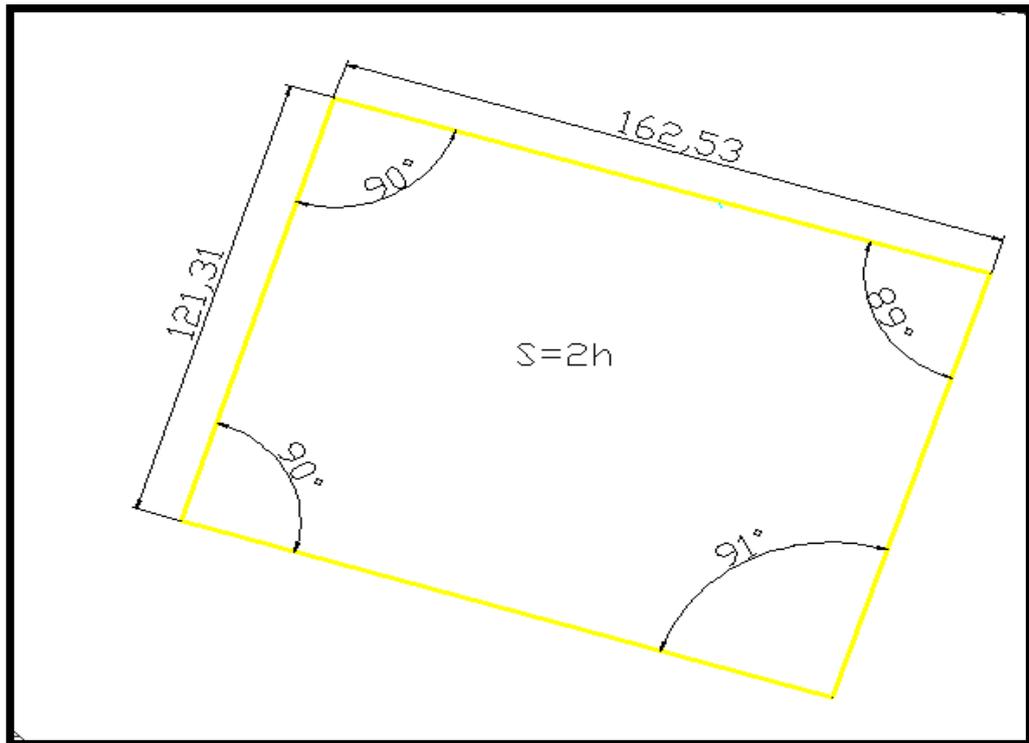


Diagnostic :

- Le terrain est accessible par **4 voies secondaires** qui sont servies par des voiries primaires, la voirie primaire située à l'est du projet, accessible par la route RN16 .

Synthèse :

- Le terrain est bien accessible par les voies mécaniques c'est un avantage pour créer plusieurs accès dans le projet pour éviter la circulation.
- Tous les voies a le même importance par rapport au terrain.

3.5 Morphologie et superficielle :**Morphologie :**

- Le terrain du projet a une forme presque rectangulaire

Surface :

-La surface de terrain = **2 h**

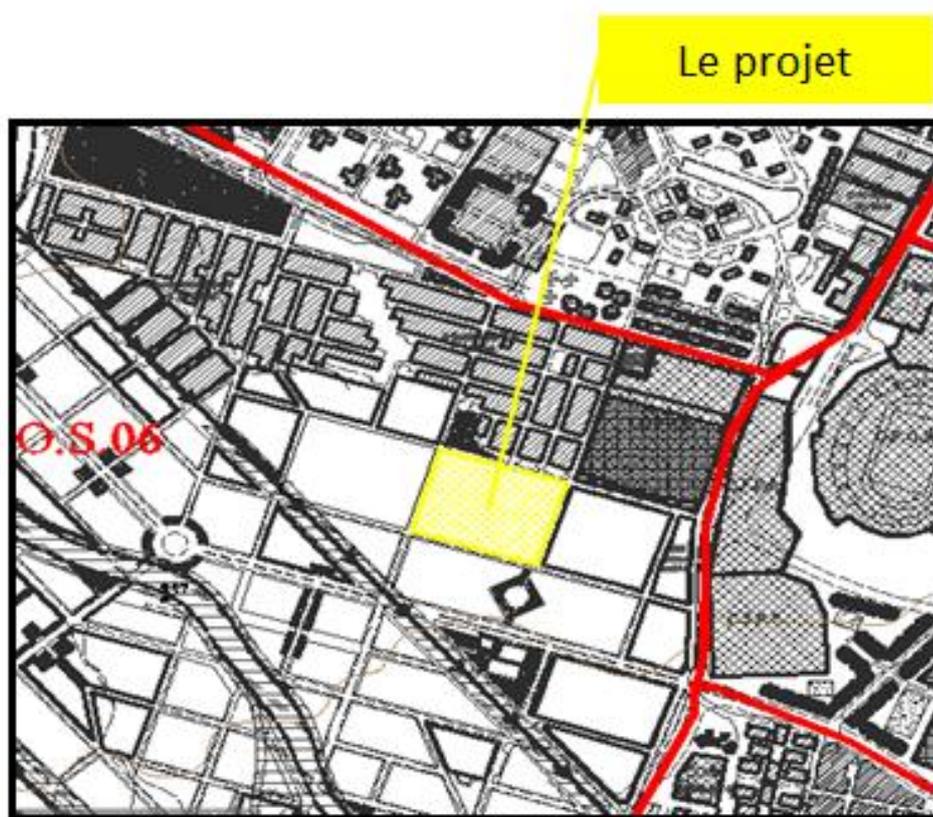
3.6 Relief :



Diagnostic :

- Le terrain a une pente 2,4.

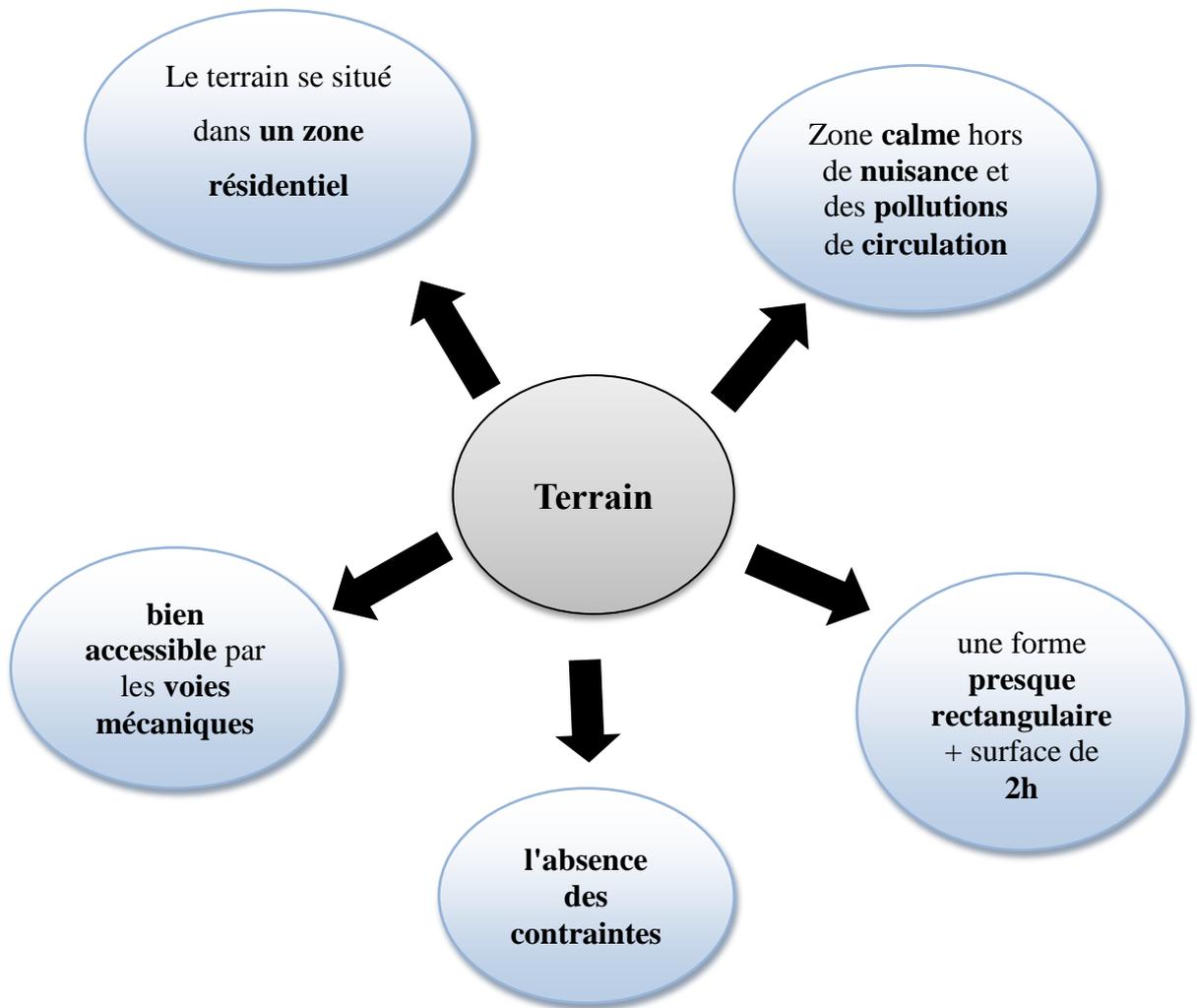
3.7 Contrainte et servitude :



Synthèse :

- L'absence des contraintes dans le terrain

Synthèse d'analyse de terrain :



4. Le programme				
programme officiel de 120 lits				
Les espaces	Programme officiel	Les nombres	Total	
Accueil général	Réception+ Information +Orientation	20	1	20
	Espace Attente	20	2	40
	stockage chariot	10	1	10
	office	10	1	10
	bibliothèque	40	1	40
	cafétéria	60	1	60
	fleuriste	15	1	15
	Circulation	0.5s	/	107.5
	Total			323.5
Zone de consultation	Accueil et Orientation	15	1	15
	salle d'attente h/f	18	2	36
	Secrétariat Médical	20	1	20
	cabinets de consultation	15	8	90
	S de infirmier	20	1	20
	b chef service	25	1	25
	pharmacie	20	1	20
	Circulation	0.2s	/	45.2
	Total			271.2
Hôpital de jour	Accueil et Orientation	15	1	15
	Salle d'attente homme / femme	30	2	60
	S de traitement homme/ femme	40	4	80
	Espace de jeux	56	1	56
	Salle de traitement enfant	80	1	80
	Salles de consultation	15	2	30
	B chef service	25	1	25
	B secrétariat médicale	20	1	20
	S infirmier	15	1	15
	pharmacie	15	1	15

	B psychologue	20	1	20
	S de détente personnel	30	1	30
	Linge sale	10	1	10
	Linge propre	10	1	10
	S d'entretien	10	1	10
	Sanitaire h/f	7.5	2	15
	Circulation	0.2s	/	98.2
	Total			589.2
	Médecine nucléaire	Réception -accueil	15	1
Salle d'injection		30	2	60
S d'attente malade injecté		30	2	60
Labo chaud		30	1	30
B . de médecin		20	1	20
Secrétariat médicale		25	1	25
Salle de staff		30	1	30
Salle d'interprétation		30	1	30
Salle de scintigraphie		30	1	30
Salle de gamma caméra		30	2	60
circulation		0.2s	/	72
Total				432
Imagerie Médicale		Réception -accueil	15	1
	S d'attente malades couchées	56	1	56
	B. radiologue	20	1	20
	S détente personnel	40	1	40
	B . de médecin	20	1	20
	Stockage produit	25	1	25
	Chambre de garde	20	1	20
	S de échographie	20	1	20
	S de radioscopie	20	1	20
	Salle d'interprétation	25	1	20
	S de mammographie	20	1	20
	Fibroscopie	20	1	20
	S d'attente malade debout	40	1	40
	Secrétariat médicale	20	1	20

	Sanitaire hommes/femmes	7.5	2	15
	Pharmacie	14	1	14
	S d'entretien	10	1	10
	Angiographie +Con +Prép	60	1	60
	Scanner +Con +Prép	60	1	60
	IRM +Con +Prép	60	1	60
	Radiologie +Con +Prép	60	1	60
	circulation	0.2s	/	127
	Total			762
Service Généreux	Groupe électrogène	54	1	54
	Générateur de secours	60	1	60
	Incinérateur	60	1	60
	Déchet	45	1	45
	Climatisation	60	1	60
	Chaufferie	80	1	80
	Fluide médicaux	55	1	55
	Circulation	0.1s	/	41.4
	Total			455.4
Pharmacie	Réception -accueil	15	1	15
	Laboratoire de préparation	36	1	36
	laboratoire	24	1	24
	Stockage générale	90	1	90
	B pharmacie	30	1	30
	Chambre froide	60	1	60
	B. gestion	30	1	30
	dépôt sec	60	1	60
	dépôt	90	1	90
	S de préparation	60	1	60
	S de préparation biberonnerie	35	1	35
	réserve chariot	25	1	25
	Espace de distribution	36	1	36
	sanitaire h/f	7.5	2	15
	circulation	0.2s	/	109.2
	Total			655.2

Lingerie	Réception -accueil	15	1	15
	Atelier d'entretien	80	1	80
	Dépôt	50	1	50
	Repos personnel	30	1	30
	Espace de lavage manuel	50	1	50
	Espace de lavage machine	50	1	50
	Espace de tri	50	1	50
	Tri & désinfection	50	1	50
	Stockage	80	1	80
	B. chef service	30	1	30
	Espace de distribution	36	1	36
	Espace de pliage repassage	60	1	60
	Séchage	90	1	90
	Sanitaire	7.5	2	15
	circulation	0.1s	/	68.6
Totale			754.6	
Stérilisation général	Réception -accueil	15	1	15
	Tri & réception	60	1	60
	Décontamination	37	1	37
	Cabine de lavage	73	1	73
	Recomposition des boîtes d'instruments	70	1	70
	Prés désinfection	30	1	30
	Traitement des endoscopes	50	1	50
	Laveurs désinfecteur	75	1	75
	Conditionnement	70	1	70
	Stockage	110	1	110
	Autoclave	15	1	15
	Circulation	0.1s	/	60.5
Total			665.5	
Morgue	Réception -accueil	15	1	15
	Salle de reconnaissance	36	1	36
	B. médecin légiste	15	1	15
	S d'attente	20	1	20

	Autopsie	30	1	30
	Salle d'ablution	45	1	45
	Chambre froide	100	1	100
	Archive	12	1	12
	Circulation	0.1s	/	27.3
	Total			300.3
Radiothérapie	Accélérateur	100	3	300
	Salle de contrôles	10	3	30
	Salle de simulation	50	2	100
	Atelier de maintenance	10	1	10
	Salle de rééducation physique	30	3	90
	B. de médecin	20	1	20
	B. de psychologue	20	1	20
	B. chef service	25	1	25
	Attente	30	2	60
	Sanitaire	7.5	2	15
	circulation	0.2s	/	134
	Total			804
	Administration	Réception -accueil	15	1
B de secrétariat		15	1	15
B directeur générale		25	1	25
B . de gestion		20	1	20
B. de ressources humaine		20	1	20
B. de statistique		20	1	20
Salle de réunion		60	1	60
B . finance		20	1	20
Archive		20	1	20
S de détente personnel		30	1	30
Circulation		0.1s	/	24.5
Total				269.5
Laboratoire	Réception -accueil	15	1	15
	Salle de réception des prélèvement	40	1	40
	salle de consultation	25	1	25
	B infirmier	20	1	20

	B. pour les personnel paramédicale	25	1	25
	Archive	20	1	20
	Dépôt pharmacie	20	1	20
	Sanitaire	7.5	2	15
	Stockage instrument laboratoire	25	1	25
	Frigo tissu prélève	25	1	25
	Salle de cytoponction & technique cytologique	25	1	25
	Banque du sang	25	1	25
	Salle de conservation des pièces	20	1	20
	Salle de stérilisation	18	1	18
	Laboratoire hématologie	40	1	40
	Laboratoire immunologie	40	1	40
	Laboratoire microbiologie	40	1	40
	Laboratoire parasitologie	40	1	40
	Salle de staff	30	1	30
	B. chef service	25	1	25
	Circulation	0.2s	/	138.6
	Total			831.6
anato- pathologie	Réception -accueil	15	1	15
	Salle de macroscopie	50	1	50
	Salle de microscope	50	1	50
	Salle de technique de bases et d'examen extemporané	30	1	30
	Salle d'immunohistologie	30	1	30
	Salle de stérilisation	25	1	25
	Dépôt stérile	25	1	25
	Circulation	0.1s	/	22.5
Total			247.5	
Bloc Opératoire	Réception -accueil	15	1	15
	Salles d'opérations	40	4	40
	Arsenal stérile	10	2	20
	Préparation malade	10	2	20

	Lavage chirurgical	10	2	20
	S autoclave	15	1	15
	Vestiaire chirurgical	10	1	10
	Dépôt matériel stérile	12	1	12
	Dépôt tenus du bloc	9	1	9
	Pharmacie	14	1	14
	Banque du sang	15	1	15
	Salle de réveil	45	1	45
	Chambre de garde	15	1	15
	Repos chirurgical	10	1	10
	Circulation	0.2s	/	91
	Total			546
Hospitalisation oncologie h/f/e	Réception -accueil	15	1	15
	B. chef service	25	1	25
	Chambre de garde	25	1	25
	Salle de soin	15	1	15
	B. de médecin	20	1	20
	Chambre 2 lits	24	12	288
	Chambre 1 lit	18	12	216
	S In fermier	15	1	15
	S d'attente	30	2	60
	Linge propre	10	1	10
	Linge sale	10	1	10
	S d'entretien	10	1	10
	B. psychologue	20	1	20
	Pharmacie	15	1	15
	sanitaire	7.5	2	15
	circulation	0.2S	/	148.8
Total			892.8	
Hospitalisation Chirurgie h/f/e	Réception -accueil	15	1	15
	B. chef service	25	1	25
	Chambre de garde	25	1	25
	Salle de soin	15	1	15
	B. de médecin	20	1	20

	Chambre 2 lits	24	12	288
	Chambre 1 lit	18	12	216
	S In fermier	15	1	15
	S d'attente	30	1	30
	Linge propre	10	1	10
	Linge sale	10	1	10
	S d'entretien	10	1	10
	B. psychologue	20	1	20
	Pharmacie	15	1	15
	sanitaire	7.5	2	15
	circulation	0.2s	/	148.8
	Total			892.8
	Hospitalisation Radiothérapie h/f/e	Réception -accueil	15	1
B. chef service		25	1	25
Chambre de garde		25	1	25
Salle de soin		15	1	15
B. de médecin		20	1	20
Chambre 2 lits		24	12	288
Chambre 1 lit		18	12	216
S In fermier		15	1	15
S d'attente		30	1	30
Linge propre		10	1	10
Linge sale		10	1	10
S d'entretien		10	1	10
B. psychologue		20	1	20
Pharmacie		15	1	15
sanitaire		7.5	2	15
circulation		0.2s	/	148.8
Total			892.8	
Hospitalisation curiothérapie h/f/e	Réception -accueil	15	1	15
	B. chef service	25	1	25
	Chambre de garde	25	1	25
	Salle de soin	15	1	15
	B. de médecin	20	1	20

	Chambre 2 lits	24	12	288
	Chambre 1 lit	18	12	216
	S In fermier	15	1	15
	S d'attente	30	1	30
	Linge propre	10	1	10
	Linge sale	10	1	10
	S d'entretien	10	1	10
	B. psychologue	20	1	20
	Pharmacie	15	1	15
	sanitaire	7.5	2	15
	circulation	0.2s	/	148.8
	Total			892.8
	kinesithérapie	Réception -accueil	15	1
S de kinésithérapie collectif		75	1	75
boxes kinesio-message		40	2	80
S de repos malade		30	1	30
D de détente malade		30	1	30
B psychologue		20	1	20
B secrétariat		20	1	20
salle d'examen		25	1	25
dépôt		25	1	25
circulation		0,2S	/	61
Total				366
Cuisine	Dépôt sec	50	1	50
	Dépôt	60	1	60
	S de Préparation biberonnerie	35	1	35
	Dépôt frais Chambre froide	50	1	50
	S de Préparation	50	1	50
	Réserve chariot	26	1	26
	S de Distribution	30	1	30
	Espace cuisson	120	1	120
	Sanitaire	18	1	18
	Réserve alimentation	50	1	50
	Chambre froide	40	1	40

	circulation	0,2S		105,8
	TOTALE			634,8
curiethérapie	un bloc opératoire	30	2	60
	bunkers curiethérapie a haut débit en béton	16	5	80
	salle de stockage et de préparation des produit de radio actifs	12	2	24
	chambre plombées	18	3	54
	salle physique	20	3	60
	secrétariat	15	1	15
	b de surveillant médical	9	1	9
	b de médecin chef d'unité	9	1	9
	poste de veille paramédicale	15	1	15
	salle détente personnel	12	1	12
	bureau de médecin	16	2	16
	vestiaire h/f	7,5	2	15
	sanitaire h/f	7,5	2	15
	local d'entretient	9	1	9
	local de stockage matériel	9	1	9
	circulation	0,2s		80,4
	total	/		482,4
	unité de curiethérapie métabolique	salle de traitement	14	2
salle de soins		15	1	15
pharmacie		20	1	20
b du surveillant médical		15	1	15
b de médecin chef d'unité		25	1	25
secrétariat médicale		15	1	15
salle d'examen		18	2	36
chambre de garde		18	1	18
poste de veille paramédicale		12	1	12
office		9	1	9
local d'entretient		9	1	9
local de linge sale		9	1	9

	circulation	0,2s		44
	total	/		264
oncologie médical adulte (h/f)	Salle de soins	16	3	48
	pharmacie	20	1	20
	salle de réception et de préparation	12	1	12
	b de médecin chef d'unité	9	1	9
	B secrétariat médical	15	1	15
	b de médecin pour 3 médecins	20	3	60
	salle d'accueil et d'accompagnateurs	15	1	15
	salle de staff	25	1	25
	chambre de sanitaire et douche	24	12	288
	sanitaire h/f	7,5	2	15
	vestiaire h/f	7,5	2	15
	office	10	1	10
	entretient	10	1	10
	linge sale	10	1	10
	linge propre	10	1	10
	circulation	0,2s		112,4
		Total		
oncologie médical adulte enfant	Salle de soins	16	3	48
	pharmacie	20	1	20
	salle de réception et de préparation	12	1	12
	b de médecin chef d'unité	9	1	9
	B secrétariat médical	15	1	15
	b de médecin pour 3 médecins	20	3	60
	salle d'accueil et d'accompagnateurs	15	1	15
	salle de staff	25	1	25
	chambre N2 :de sanitaire et douche	24	12	288
	sanitaire h/f	7,5	2	15
	vestiaire h/f	7,5	2	15
	office	10	1	10
	entretient	10	1	10
	linge sale	10	1	10
linge propre	10	1	10	

	circulation	0,2s		112,4
	total	/		674,4
Réanimation soin intensif	Bureau du surveillant médical che	9	1	9
	pharmacie	15	1	15
	Bureau du médecin chef d'unité	9	1	9
	bureaux de médecins	9	2	18
	Secrétariat médical	15	1	15
	Local de stockage de matériel	9	1	9
	Salle de réanimation à 6 lits de niveau 3	80	2	160
	chambres individuelles niveau 3	20	4	80
	Salle de soins	15	1	15
	Salle de staff	25	1	25
	Salle de détente pour le personnel paramédical	15	1	15
	Vestiaires pour personnel	6	2	12
	Sanitaires pour personnel	6	2	12
	Chambre de garde avec sanitaire et douche	15	1	15
	Local entretien	10	1	10
	Linge sale	10	1	10
	Linge propre	10	1	10
	circulation	0,2s		87,8
total			526,8	
		TOTAL	15932,9	

Conclusion :

Pour une meilleur conception des hopitaux , il faut bien choisis la composition qui s'adapte avec la morphologie d'hôpital (monobloc ou pavillonnaire ...etc.) et le terrain choisis. Et pour améliorer la qualité de ses servies , il faut utiliser des solutions innovantes que de l'utilisation des matériaux et des techniques écologiques et respectueux de la santé humaine .



Chapitre 04 :

*Les méthodes d'évaluation les effets des
toitures vertes sur confort thermique.*



Introduction :

L'état de recherche sur les toitures vertes montre que cette technique est la solution la plus écologique, pour améliorer le confort thermique dans les bâtiments, il existe plusieurs méthodes et techniques pour l'évaluation de ses effets à l'échelle urbaine et architecturale. L'objectif de ce chapitre est de comprendre les techniques et les méthodes d'évaluation des effets des toitures vertes sur le confort thermique et sera concentrée sur la température à l'échelle extérieure et intérieure. Puis, créer le protocole de la simulation à l'échelle architecturale .

1. Les méthodes et technique d'évaluation des effets des toitures vertes sur le confort thermique :

Il existe plusieurs méthodes et techniques utilisés pour l'évaluation des effets des toitures vertes sur le confort thermique : méthode d'enquête, méthode expérimentale, méthode numérique (simulation).

1.1 Méthode d'enquête :

Est une **méthode** de recueil des données primaires à partir d'un questionnaire administré à un échantillon issu d'une population, qui vivent dans des espaces recouverts par des toitures vertes et autres sans végétations (toitures ordinaires), dans le même lieu et les mêmes caractéristiques climatiques, et fait une comparaison entre les deux afin de vérifier les apports des toitures vertes sur le confort thermique.

1.2 Méthode expérimentale :

Basée sur les mesures sur terrain (**in-situ**), comme l'expérimentation de : Abderrezak, 2010, S. Parizotto, R. Lamberts, 2011, Xiaowen Ma et al, 2017.

- **Le principal objectif** à travers la recherche de Abderrezak (2010) « évaluation de l'efficacité de rafraîchissement passif d'une toiture végétale sous un climat semi-aride », cas une terrasse végétation extensive à Constantine :
- La vérification de la capacité de rafraîchissement passif des bâtiments.
 - Évaluation de confort thermique engendré par ce système léger sous le climat semi-aride de Constantine.
 - **Pour ce faire, elle est installée une toiture extensive expérimentale sur terrasse accessible d'une habitation individuelle**, elle est constituée de 6 cm de terre végétale et plantée de diverses espèces résistantes à la sécheresse de **type CAM** (crassulaceen **acid metabolism**) et d'autres plantes vivaces succulentes, des mesures **In situ** de **températures de l'air, températures surfaciques et humidités relatives** sont effectuées.

-
- A travers cette recherche Abderrezak adjial **confirmé** que :
 - **La baisse moyenne des températures de l'air** est de **1,2°C** au mois de juin et de **1°C** au mois de juillet dans le climat semi-aride à Constantine.
 - **L'amélioration du taux d'humidité intérieur** est relativement **stable à 1,5%**.
 - **La densité de la couverture foliaire** est plus importante pour **conserver les températures stable et basses**, puisque la végétation protège la surface externe du substrat des radiations solaires grâce à **l'ombrage** (Abderrezak, 2010).
 - **Le principal objectif** à travers la recherche de S. Parizotto, R. Lamberts (2011) « investigation **des performances thermiques des toits verts au climat tempéré** », cas d'un bâtiment expérimental à Florianópolis, sud de Brésil :
 - Etudier les toits verts comme stratégie bioclimatique pour améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments
 - Prendre les mesures sur terrain pendant la période chaude et froide
 - A travers cette recherche ils confirment que :
 - Pendant la période chaude, le toit vert a réduit le gain de chaleur de 90 à 97 % par rapport au toit ordinaire et a augmenté la perte de chaleur à 20 à 49 %.
 - Pendant la période froide, le toit vert a réduit le gain de chaleur de 70 à 84 % par rapport au toit ordinaire a réduit la perte de chaleur à 44 à 52 % (S. Parizotto, R. Lamberts, 2011).
 - **Le principal objectif** à travers la recherche de Xiaowen Ma et al (2017) « évaluation **complète des performances énergétiques et environnementales d'un vaste toit vert d'un bâtiment dans un climat subtropical** », cas d'un bâtiment résidentiel dans le sud de la chine :
 - Evaluer les avantages d'un toit vert extensif pour l'énergie thermique du bâtiment, l'environnement
 - A travers cette recherche ils confirment que :
 - Un millieur confort thermique intérieur et une température de l'air extérieur plus basse au-dessus d'un toit (réduction de 0.9 – 3°C) peuvent être obtenus en utilisant le toit vert.
 - Economie 32.7 % de l'énergie quotidienne moyenne dans la chambre avec toit vert (Xiaowen Ma et al, 2017).

1.3 Méthode numérique (simulation) :

1.3.1 A l'échelle urbaine :

Selon fahed (2018), parmi les logiciels qui présentent un degré de précision élevé et qui prennent en considération un large nombre de contraintes climatiques dans la simulation des végétations, on peut citer : **Solène microclimat**, **TEB (Town energy balance)**, **rhino 6 + dragon Fly (plug-in) + ENVI-met 4.5**.

➤ *Solène-microclimat :*

- Est un logiciel de simulation du microclimat urbain développé depuis les années 1990 par des chercheurs et des ingénieurs du laboratoire CERMA (Centre de recherche méthodologique d'architecture) de Nantes.
- Les points forts de ce logiciel sont :
- Le traitement des géométries urbaines réelles et pas uniquement des formes prises dans une grille
- L'étude de l'impact des espaces verts à l'échelle du quartier sur le confort extérieur, sur la température de surface et sur la consommation énergétique.
- Les inconvénients de logiciel :
- Le bilan hydrique n'est pas intégré dans le bilan énergétique à l'échelle urbaine.
- Il ne considère que l'effet énergétique de l'évapotranspiration à l'échelle du bâtiment.
- Ce logiciel a été utilisé dans plusieurs thèses de doctorat afin de simuler le microclimat urbain. Comme (Bozonnet, 2005), (Robitu, 2005), (Bouyer, 2009) . (fahed, 2018) .

➤ *Modèle TEB-SURFEX :*

- Le modèle TEB (Town Energy Balance) développé par (Masson, 2000), permet d'étudier **les échanges d'énergie et d'eau entre l'atmosphère et les villes**.
- Les bâtiments dans TEB ne sont pas reproduits avec leur géométrie exacte ; il suffit d'indiquer la largeur et la hauteur des bâtiments.
- Le modèle TEB permet de simuler :
- Impact de la végétation sur le microclimat local effet d'ombrage des jardins et des végétations, ainsi que l'évapotranspiration des plantes.
- Les consommations énergétiques pour la climatisation et le chauffage du bâtiment ainsi que l'indice du confort humain
- L'un de ses avantages :
- La simulations rapides sur les zones urbaines étendues (fahed , 2018) .

➤ Rhino 6 :

- Rhino est plus qu'un simple modelleur. Doté d'un riche écosystème de modules et d'un ensemble ouvert d'outils de développement, Rhino peut créer, éditer, analyser, documenter, rendre, animer et traduire des courbes et des surfaces **NURBS*** ainsi que des solides, des nuages de points et des maillages. Aucune limite en termes de complexité, de degré ou de taille, en dehors de celles de votre matériel (Plateforme de développement - Nouveautés de Rhino 6 , 2020) .
- Rhino 6 apporte des améliorations à SDK gratuits, avec des améliorations au niveau de l'API, une meilleure documentation et un plus grand nombre de commandes de Rhino accessibles à travers Grass Hopper (What's New in Rhino 6,2020)
- **Les fonctions et caractéristiques spéciales comprennent :**
- **Des outils de modélisation 3D de structure libre illimités** que seuls des logiciels de 20 à 50 fois plus chers possèdent. Modélisez toutes les formes que vous pouvez imaginer.
- **La précision** nécessaire pour le dessin, le prototypage, l'étude technique, l'analyse et la fabrication de tous types d'objets tels qu'un avion ou des bijoux.
- **Une compatibilité** avec tous vos logiciels de conception, de dessin, de FAO, d'ingénierie, d'analyse, de rendu, d'animation et d'illustration.
- **La lecture et la réparation** de fichiers **IGES** très complexes et de maillages.
- **Une grande accessibilité.** Si facile à apprendre et à utiliser que vous pouvez vous concentrer sur la conception et la visualisation sans être distrait par le logiciel.
- **Une grande rapidité**, même sur un ordinateur portable. Aucune configuration spéciale n'est nécessaire.
- **Plateforme de développement** pour des centaines de **produits 3D spécifiques.**
- **Coût abordable.** Matériel informatique normal. Apprentissage rapide. Prix abordable. Sans coûts d'entretien (Caractéristiques de Rhino , 2020)



Figure 79 : rhino 6 (Source : <https://www.rhino3d.com/6/new>)

➤ Envi-met :

Envi-met est un modèle holistique tridimensionnel pour la simulation des interactions surface- plante-air.

- Il utilisé pour simuler **des environnements urbains** et pour **évaluer les effets de visions d'architecture verte**.
- Les principaux systèmes formant le modèle sont : **le sol, la végétation, l'atmosphère et le bâtiment**.
- Les principaux paramètre d'entrées du modèle sont les suivants :
- **Les données météorologiques.**
- **Les profils d'humidité et de température initiale de sol.**
- **Les structures et les propriétés des surfaces de sol, de la végétation et des bâtiments**
- Aucune importation de géométries issues de logiciels de dessin D.A.O (Autocad, Sketch Up...)
- Le modèle comprend la simulation de :
- Impact de la végétation sur le microclimat local.
- La simulation complète de tous les paramètres physiques de la plante (par exemple, le taux de photosynthèse).
- La simulation de l'évapotranspiration, l'absorption et co2 et la température des feuilles en fonction de taux de photosynthèse de la plante.
- Représentation 3d de la végétation, y compris la modélisation dynamique du bilan hydrique de chaque espèce (fahed , 2018) .

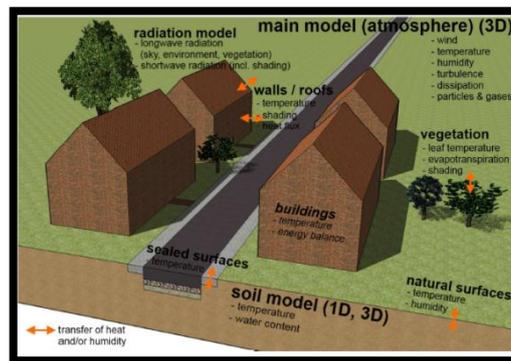


Figure 80 : envi-met (source : www.envi-met.com)

✓ **Recherches sur le microclimat urbain utilisant ENVI-met :**

- Atik et al (2014), dans ce travail « **Effets des toitures vertes sur le microclimat urbain à Alger** » ont utilisé envi-met pour la simulation du site à travers 2 scénario (toiture minérales, toitures verts) , A travers cette recherche ils confirment que : l'écart maximum enregistré est de 0.4°C
- Taleghani, et al (2014), ont réalisé des simulations microclimatiques d'un campus universitaire à Portland aux Etats-Unis. Les simulations extraites par ENVI-met indiquent que le modèle avec végétation contribue à une diminution de 1.6 °C de la température de l'air alors que l'intégration du bassin d'eau provoque une diminution de 1.1 °C. Le changement de l'albédo des pavements de 0.37 à 0.91 permet de diminuer la température de l'air de 1.3 °C mais contribue d'autre part à une augmentation de 2.9 °C de la température moyenne radiante.
- Fahed (2018), à travers son recherche « **Etude numérique du potentiel de rafraîchissement des techniques de réduction des ilots de chaleur urbain (ICU) sous climat méditerranéen** » , il utilise envi-met , qui prend en considération les différents phénomènes physiques impactant les paramètres microclimatiques ainsi que l'interaction entre les composantes de la ville et son environnement , Les simulations ont montré que la couverture végétale conduit à un effet de fraîcheur le jour comme la nuit. La température ambiante a été réduite et cette diminution est plus importante durant les heures ensoleillées, d'une valeur qui peut atteindre 2 °C (fahed , 2018) .

➤ **Dragon Fly (plug-in):**

- **Dragon Fly** permet de modéliser et d'estimer des phénomènes climatiques a grande échelle, tels que les ilots de chaleur urbains, les futurs changements climatiques locaux tels

que les variations topographiques. Ceci est accompli à l'aide de moteurs thermodynamiques urbains, y compris le générateur de météo urbaine.

- Pour utiliser envi-met pour simuler le microclimat dans un environnement urbain, dragonfly contient désormais des capacités d'exportation vers envi-met. Cela devrait faciliter la phase de modélisation envi-met.



Figure 81 : dragonfly (source : <https://www.food4rhino.com>)

1.3.2 À l'échelle architecturale :

Ecotect 2011 :

Ecotect Analysis 2011, est un logiciel de simulation développé pour la première fois par Andrew Marsh et récemment approprié par la société américaine Autodesk. Ecotect a été conçu pour que **la conception environnementale la plus efficace** soit validée pendant les premières étapes conceptuelles du design.

Ecotect permet aussi d'avoir une idée précise sur le rayonnement solaire , sur l'éclairage naturel (en calculant les valeurs des facteurs d'éclairage naturels et les niveaux d'éclairement à n'importe quel point du modèle) et aussi sur les ombres et réflexions (en affichant la position et le parcours du soleil par rapport au modèle, à la date, à l'heure et à l'emplacement choisis). (Laib ahlem et all , 2019)

- **L'importation des plans sous format DXF du logiciel Autocad 2014 vers Ecotect.**

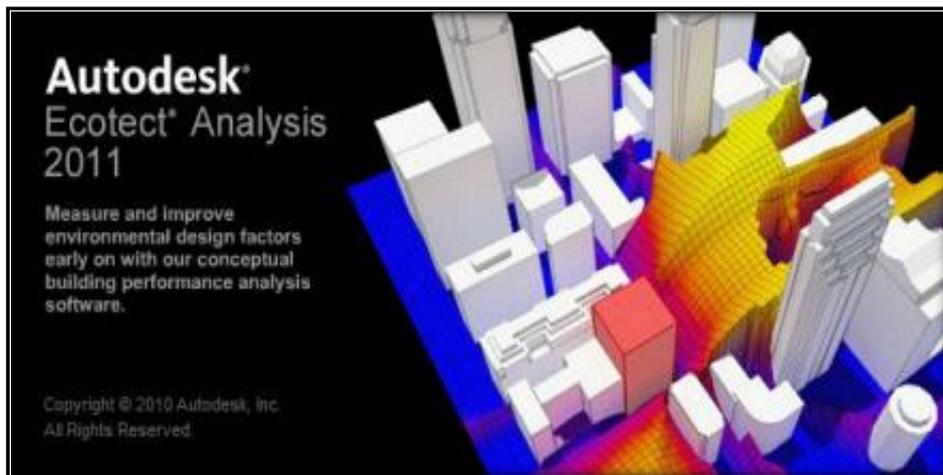


Figure 82 : Ecotect analysis 2011 (Source: Ecotect Analysis 2011)

- **Recherches sur le microclimat urbain utilisant Ecotect 2011 :**
- Laib ahlem (2019), à travers sa recherche « **contribution ou confort thermique des constructions par les toitures végétales dans les zones d'habitat ou Maghreb ...cas de l'Algérie** », elle utilise AUTODESK ECOTECT 2011 ; Les simulations ont montré que la couverture végétale extensive , donner un gain de 25 % d'amélioration du confort thermique intérieur .

2. Le protocole de la simulation à l'échelle architecturale :

- **L'objectif de la simulation :** est d'évaluer les apports des toitures vertes au matière du température intérieur d'un bâtiment.
- **Les paramètres de simulation :**
 - Les types des toitures vertes (extensifs, semi-intensifs)
 - La densité des toitures vertes (25%, 50%,75% ,100%)
 - Alors, nous allons donc testés 5 scénarios. Le premier scénario comprend un bâtiment couvert par une toiture ordinaire (l'état zéro), et les autres couverts par une toiture verte 25%, 50%,75% ,100% végétation des différent types extensives et semi intensives

Les types des toitures vertes	La densité	Les scénarios
Une toiture ordinaire (l'état zéro)	0%	A
La toiture extensive	25%	B
	50%	C
	75%	D
	100%	E
La toiture semi intensive	25%	B'
	50%	C'
	75%	D'
	100%	E'

Tableau 3: les scénario de simulation a l'échelle architecturale (source : auteur)

➤ **La méthode de simulation :**

A l'aide de logiciel AUTODESK ECOTECH 2011, il s'agit d'une importation de mon projet d'étude déjà modelé sous format *DXF* et l'attribution de différents paramètres et matériaux puis le lancement de calcul de la température intérieure afin d'exporter les graphs nécessaires pour simulation.

3.Les démarches de simulation par L'ECOTECH :

- 1. Préparation des plans :** la 1 ère partie commence par le dessin des plans le logiciel Autodesk-Autocad 2014.
- 2. Paramétrage de l'Ecotech Analysis :**
 Cette étape consiste à introduire dans le logiciel les « inputs » nécessaire pour l'obtention des meilleurs résultats. Ces paramètres incluent toutes les données relatives au modèle et à son environnement, à savoir :
 - 2.1. La description du projet :** englobe des informations relatives au projet objet de simulation, nom, objectif, destination...etc.
 - 2.2. Les données climatiques :** dans ce cas, on a utilisé des fichiers 'météo' de Tébéssa, introduit directement dans Ecotech sous format WEA. Ces données climatiques sont visualisables dans WEATHER TOOL, un outil intégré dans le logiciel qui offre un aperçue sur les données climatiques telles que : les températures, le régime des vents, l'humidité, l'ensoleillement...etc.

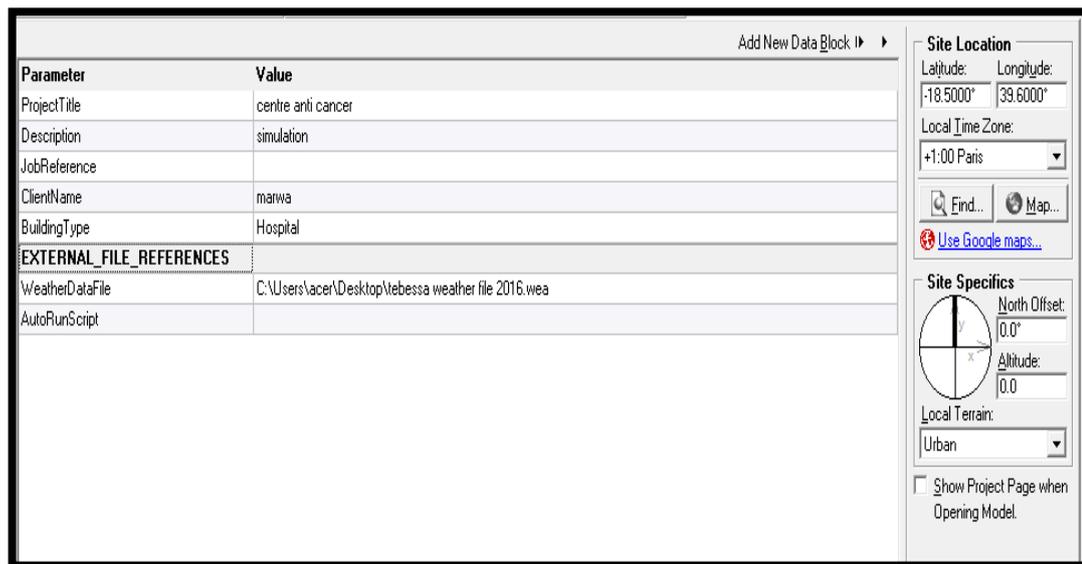


Figure 83 : le paramétrage du logiciel. (Source : Ecotect Analysis 2011)

3 - Importation des plans : Les plans modélisés à l'aide du logiciel Autocad 2014, ont été importés vers Ecotect sous format DXF, tout en prenant compte la compatibilité des échelles, par le changement d'unité dans les préférences user.

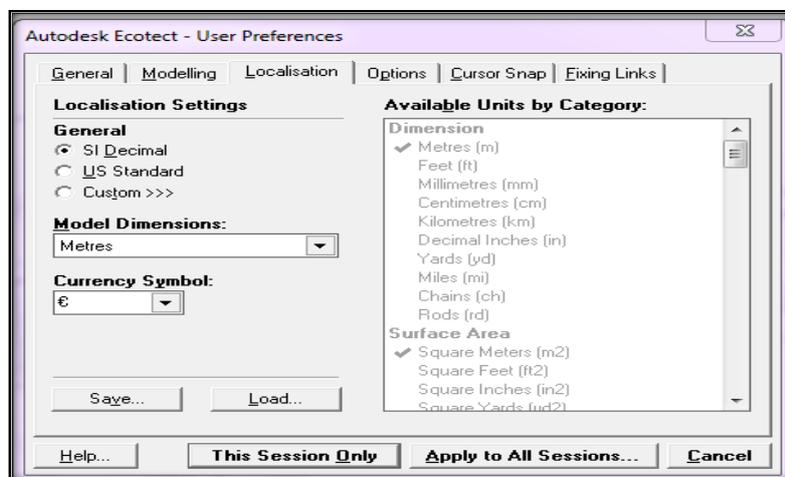


Figure 84 ; modifie l'unité en mètre dans les préférences user (Source : Ecotect Analysis 2011)

- Importation des plans AUTOCAD (enregistrée sous format DXF à l'ECOTECT).
- Dessiner en 3D le projet d'étude.
- Choisir les matériaux de construction, et définir les différentes propriétés de chaque élément.
- Choix des espèces végétales
- Définir le paramètre à mesurer (température.).

- Définir la période et l'heure d'étude.
- Lancer l'analyse.

Conclusion :

Ce chapitre était consacré pour expliquer les méthodes de simulation des effets des toitures vertes sur le confort thermique et sera concentrée sur la température à l'échelle extérieure et intérieure. Afin de mieux maîtriser l'impact des "toitures végétales" sur le milieu interne et externe, ainsi établir les paramètres les plus influents sur le confort thermique, ces paramètres ont été étudié par la simulation numérique pour répondre à une série de questions concernant l'impact de ces toitures, dont les résultats sont présentés et discutés dans le chapitre suivant.



Chapitre 04 :

L'analyse et l'interprétation des résultats .



Introduction :

Dans ce chapitre, nous allons aborder un ensemble de résultats des séries de calcul effectué par le logiciel Ecotect 2011 à l'échelle architecturale. Elle aboutit à la description du résultat comme s'il s'était réellement déroulée. Ces résultats seront commentés et comparés entre les échantillons, et représentés sous forme de graphes ou représentations graphiques de valeurs numériques. Ces résultats sont analysés et interprétés à ce niveau.

1. A l'échelle architecturale :

1.1. Interprétation des résultats de la simulation :

Les résultats de la simulation via ECOTECT 2011 se représentent en courbes d'évaluation de température, désignées en 3 zones qui se distinguent par couleur (le rouge est la zone d'inconfort avec sensation du chaud, le blanc au milieu désigne la bande optimale du confort, et le bleu la zone d'inconfort avec sensation du froid). L'étude s'effectuera pendant les journées spécifiques les plus chaudes du 09 et 22 juillet et les plus froides au 28 décembre et 08 janvier à Tebessa.

1.1.1 Effet de la toiture végétale sur le confort thermique intérieur en période estivale :

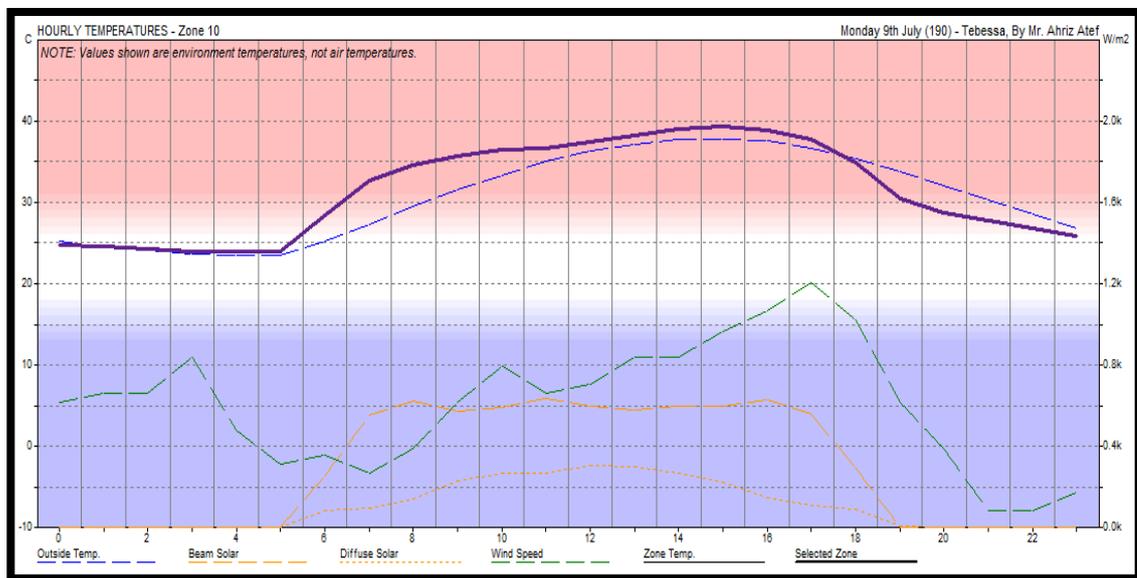


Figure 85 : Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec toiture ordinaire au 9 juillet (scénario A).

A).

➤ Scénario A (avec une toiture ordinaire) :

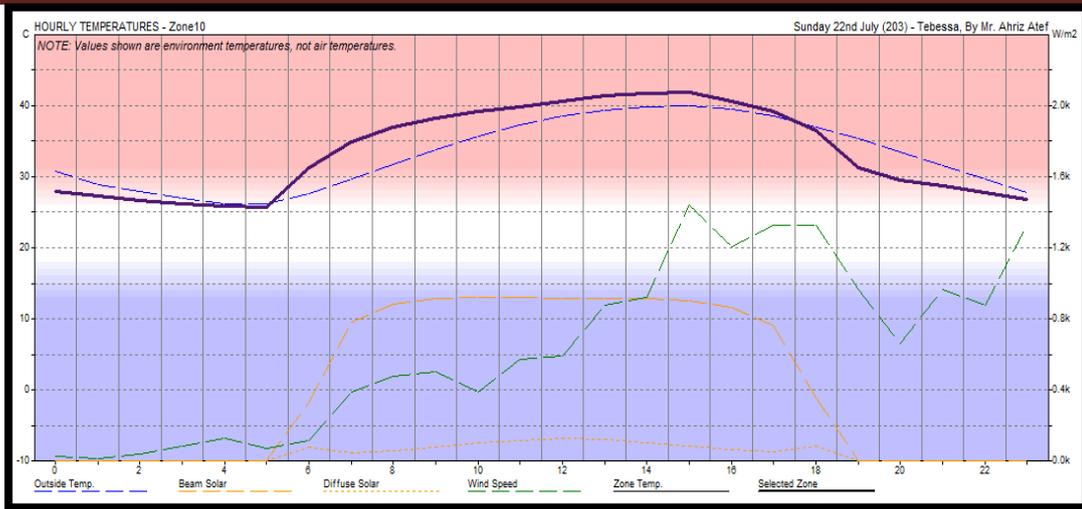


Figure 86 : Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec toiture ordinaire au 22 juillet (scénario A).

➤ **Pour un bâtiment avec une toiture ordinaire** , dans les 5 heures du matin une température constante dans la zone de confort entre 23°C à 25°C pour le 09 juillet et 25°C à 28°C pour le 22 juillet . Ensuite , une augmentation rapide des températures , ce qui confirme l'effet de phénomène îlot de chaleur urbain . Puis , elle diminue jusqu'au le maximum à 23 :00 h (26°C (zone de confort)) .

- L'écart de température au maxima de la température extérieure constatée à 14 :15 h , qui est de 38°C et 40°C pour l'ambiance thermique intérieure au 09 juillet , et 40°C et 42°C pour l'ambiance thermique intérieure au 22 juillet .

- **Donc** , on indique une situation d'inconfort au niveau de l'espace couvert avec une dalle ordinaire en période estivale , ce qui peut engendrer des besoins importants en rafraichissements actifs par le biais de la climatisation avec une sur consommation énergétique évidente.

➤ **Scénario B (avec 25 % toiture extensive) :**



Figure 87: Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 25 % toiture extensive au juillet . (scénario B)

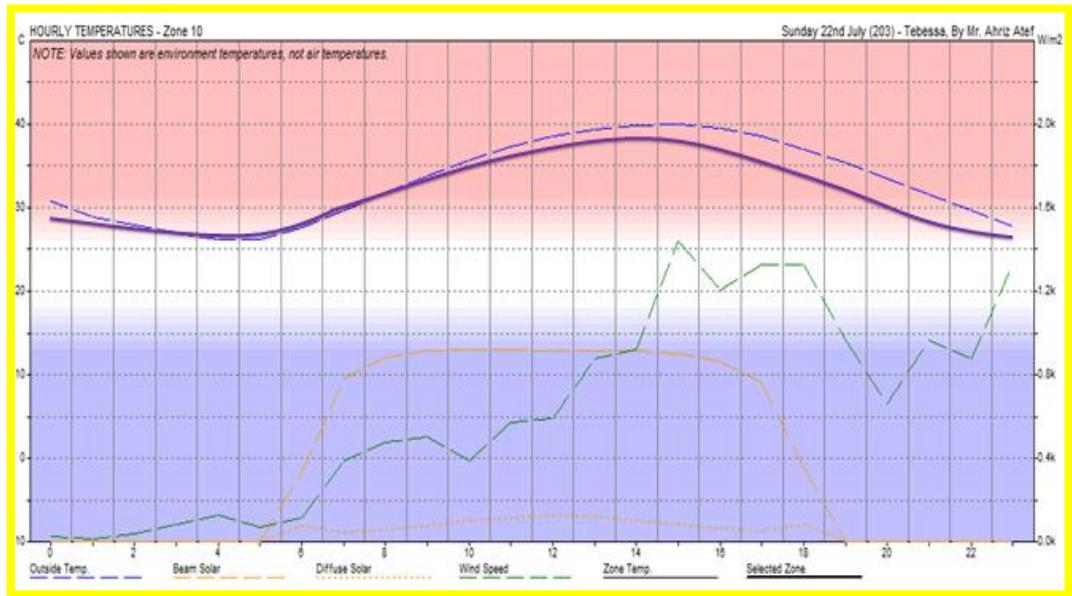


Figure 88 : Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 25 % toiture extensive ;
22 juillet . (scénario B)

- **Pour une bâtiment avec 25% toiture extensive** , dans les 5 heures du matin une température constante dans la zone de confort entre 25°C et 27°C pour le 09 juillet et 26°C à 29°C pour le 22 juillet . Ensuite , une augmentation rapide des températures au maximum à 14 :15 h . Puis , elle diminue jusqu'au le maximum à 23 :00 h (25°C (zone de confort)) .
- L'écart de température au maxima de la température extérieure constatée à 14 :15 h , qui est de 38°C et 37°C pour l'ambiance thermique intérieure au 09 juillet , et 40°C et 38°C pour l'ambiance thermique intérieure au 22 juillet .
- **Donc** , au niveau de l'intérieur des constructions aux heures les plus chaudes un écart de 1°C à 2°C est observé entre la température extérieure et intérieure .

➤ **Scénario C (avec 50 % toiture extensive) :**

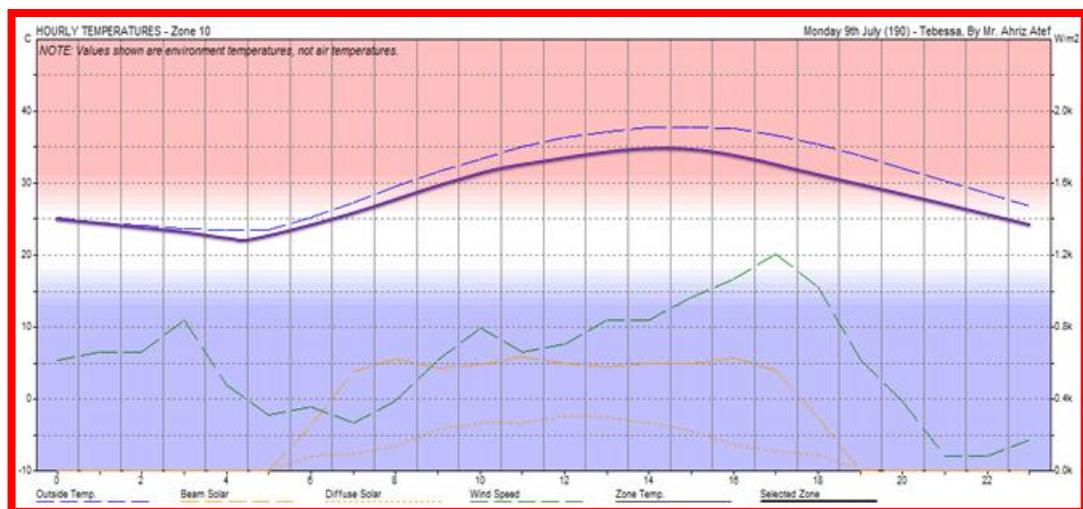


Figure 89: Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 50 % toiture extensive
au 09 juillet . (scénario c)

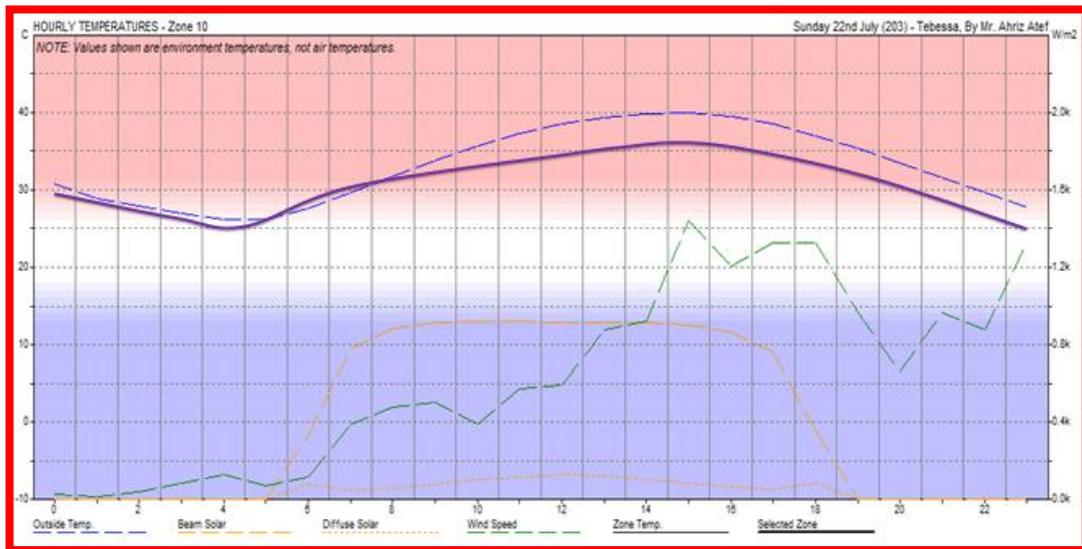


Figure 90: Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 50 % toiture extensive : 22 juillet . (scénario B)

- **Pour un bâtiment avec 50% toiture extensive** , dans les 5 heures du matin une température constante dans la zone de confort entre 22°C et 25°C pour le 09 juillet et 25°C à 29°C pour le 22 juillet . Ensuite , une augmentation rapide des températures au maximum à 14 :15 h . Puis , elle diminue jusqu'au le maximum à 23 :00 h (25°C (zone de confort)) .
- L'écart de température au maxima de la température extérieure constatée à 14 :15 h , qui est de 38°C et 35°C pour l'ambiance thermique intérieure au 09 juillet , et 40°C et 36°C pour l'ambiance thermique intérieure au 22 juillet .
- **Donc** , au niveau de l'intérieur des constructions aux heures les plus chaudes un écart de 3°C à 4°C est observé entre la température extérieure et intérieure .
- **Scénario D (avec 75 % toiture extensive) :**

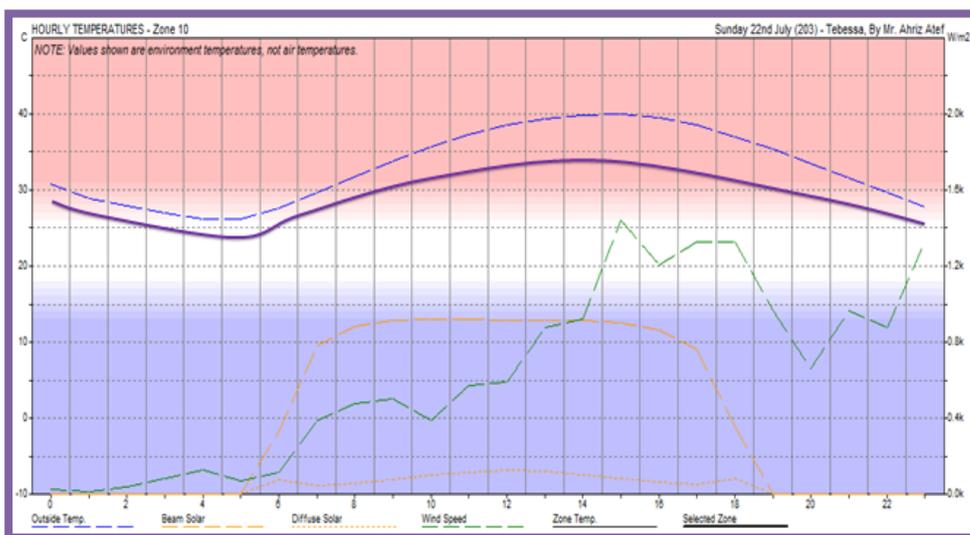


Figure 91 : Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 75 % toiture extensive . 09 juillet (scénario D)

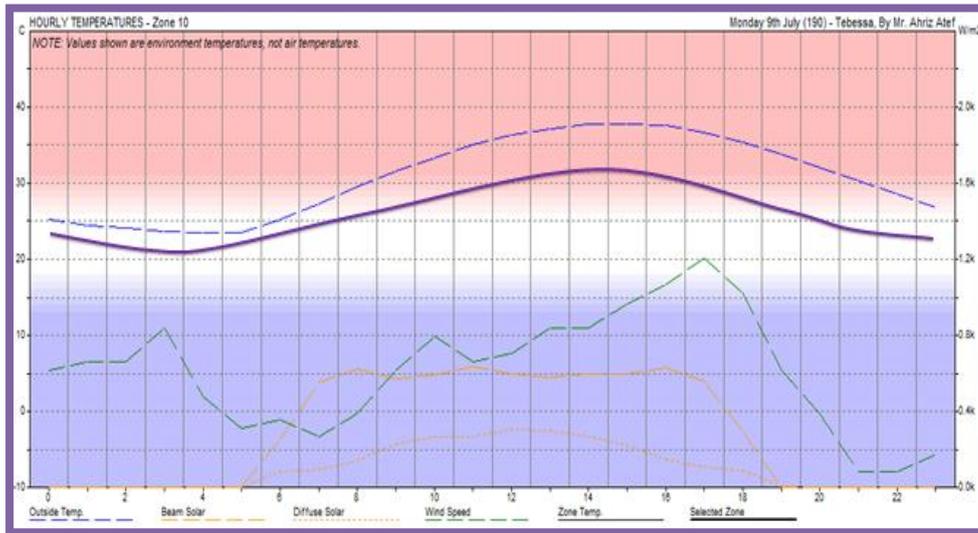


Figure 92; Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 75 % toiture extensive .
au 22 juillet (scénario D)

- **Pour un bâtiment avec 75 % toiture extensive** , dans les 6 à 7 heures du matin une température constante dans la zone de confort entre 21°C et 25°C pour le 09 juillet et 24°C à 28°C pour le 22 juillet . Ensuite , une augmentation rapide des températures au maximum à 14 :15 h . Puis , elle diminue jusqu'au le maximum à 23 :00 h (23°C à 25°C (zone de confort)). - L'écart de température au maxima de la température extérieure constatée à 14 :15 h , qui est de 38°C et 32°C pour l'ambiance thermique intérieure au 09 juillet , et 40°C et 34°C pour l'ambiance thermique intérieure au 22 juillet .
- **Donc** , au niveau de l'intérieur des constructions aux heures les plus chaudes un écart de 6°C est observé entre la température extérieure et intérieure , cela est justifié par l'augmentation de la densité de la couverture de la toiture extensive (75%) .

➤ **Scénario E (avec 100 % toiture extensive) :**

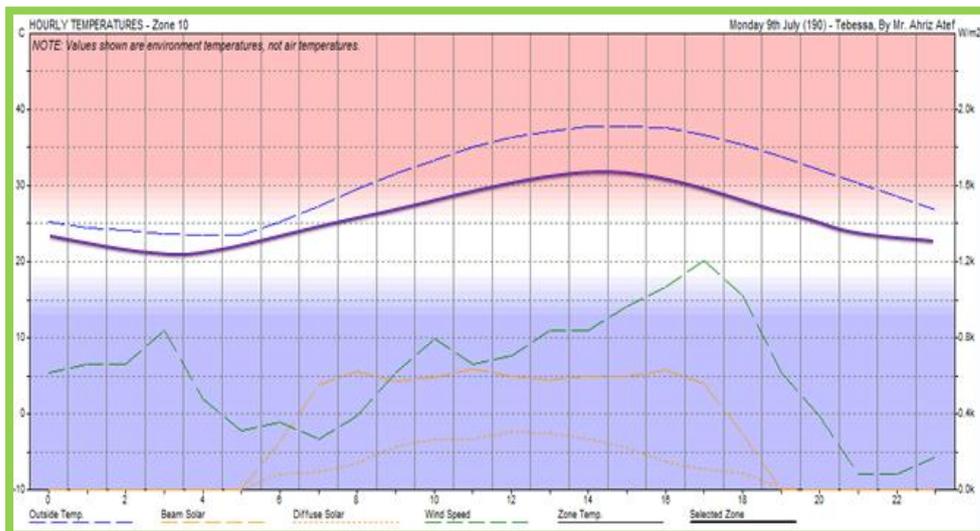


Figure 93: Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 100 % toiture extensive au 09 juillet (scénario E)

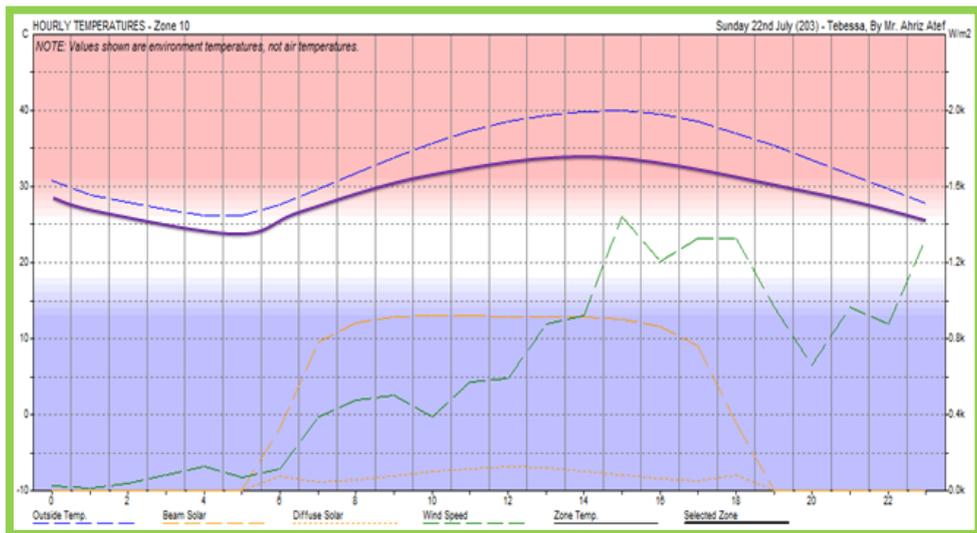


Figure 94; Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 100 % toiture extensive au 22 juillet (scénario E)

- Aucune différence entre les résultats de scénario **D** (avec 75% toiture extensive) et scénario **E** (avec 100 % toiture extensive) .
- **Scénario B' (avec 25 % toiture semi-intensive) :**

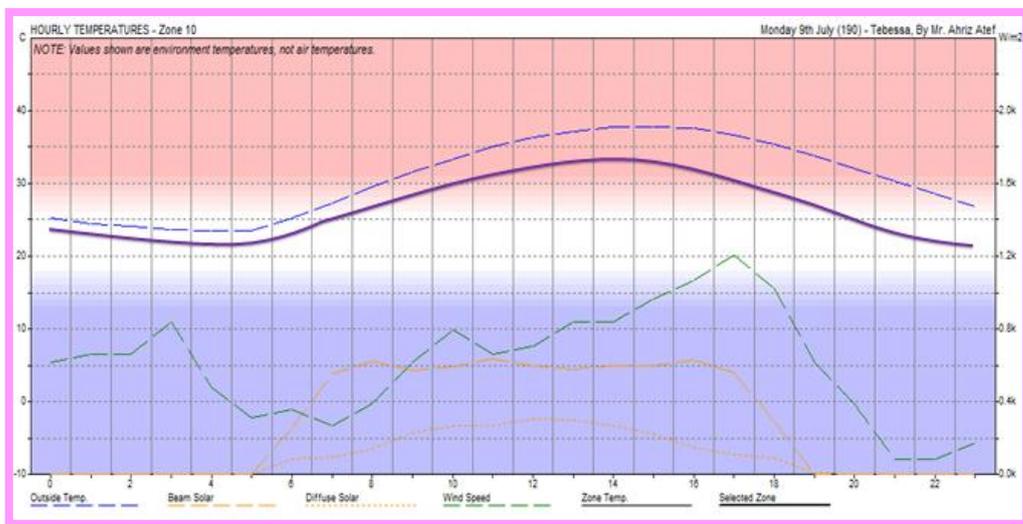


Figure 95 : Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec toiture 25% semi intensive au 09 juillet (scénario B').



Figure 96 : Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec toiture 25% semi-intensive au 22 juillet (scénario B’).

- **Pour un bâtiment avec 25 % toiture semi-intensive** , dans les 8 à 9 heures du matin une température constante dans la zone de confort entre 21°C et 24°C pour le 09 juillet et 25°C à 26°C pour le 22 juillet . Ensuite , une augmentation rapide des températures au maximum à 14 :15 h . Puis , elle diminue jusqu’au maximum à 23 :00 h (21°C à 25°C (zone de confort))
- L’écart de température au maxima de la température extérieure constatée à 14 :15 h , qui est de 38°C et 34°C pour l’ambiance thermique intérieure au 09 juillet , et 40°C et 35°C pour l’ambiance thermique intérieure au 22 juillet .
- **Donc** , au niveau de l’intérieur des constructions aux heures les plus chaudes un écart de 4 à 5°C est observé entre la température extérieure et intérieure.

➤ **Scénario C’ (avec 50 % toiture semi-intensive) :**

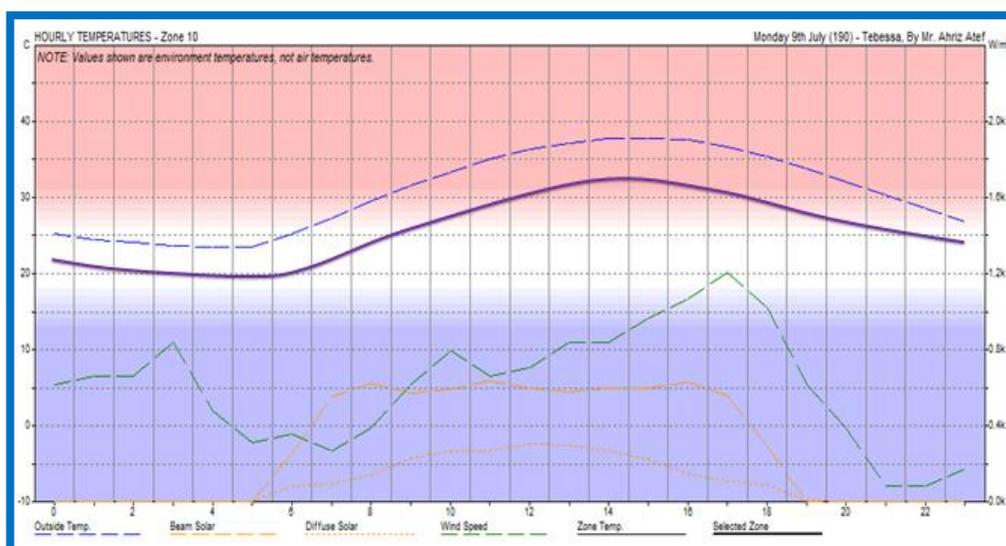


Figure 97: Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec toiture 50% semi-intensive au 09 juillet (scénario C’).

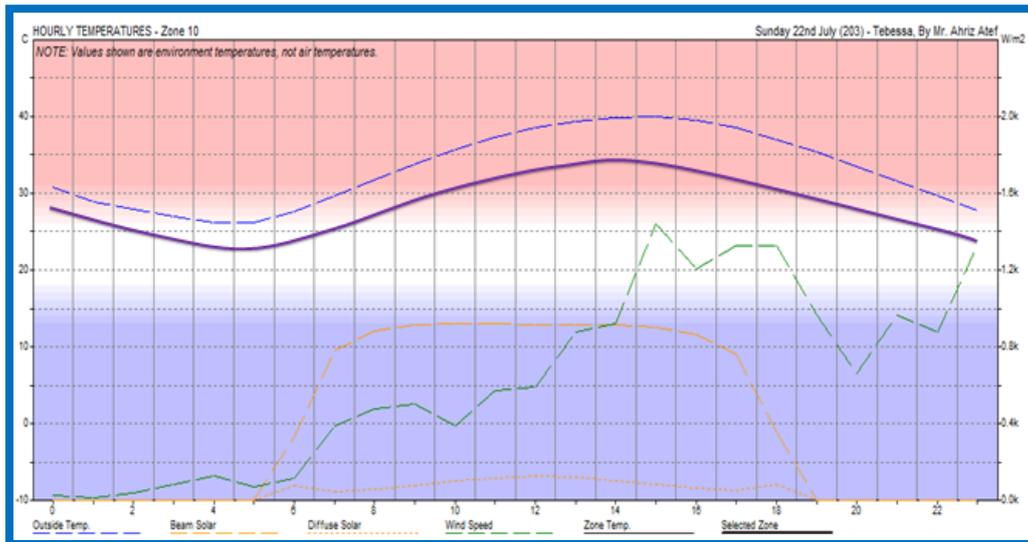


Figure 98: Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec toiture 50% semi-intensive au 22 juillet (scénario C’).

- Pour un bâtiment avec 50% toiture semi-intensive , dans les 8 à 9 heures du matin une température constante dans la zone de confort entre 20°C et 25°C pour le 09 juillet et 23°C à 28°C pour le 22 juillet . Ensuite , une augmentation rapide des températures au maximum à 14 :15 h . Puis , elle diminue jusqu’au le maximum à 23 :00 h (23°C à 24°C (zone de confort))

- L’écart de température au maxima de la température extérieure constatée à 14 :15 h , qui est de 38°C et 32°C pour l’ambiance thermique intérieure au 09 juillet , et 40°C et 34°C pour l’ambiance thermique intérieure au 22 juillet .

- **Donc** , au niveau de l’intérieur des constructions aux heures les plus chaudes un écart de 6°C est observé entre la température extérieure et intérieure .

➤ **Scénario D’ (avec 75 % toiture semi-intensive) :**

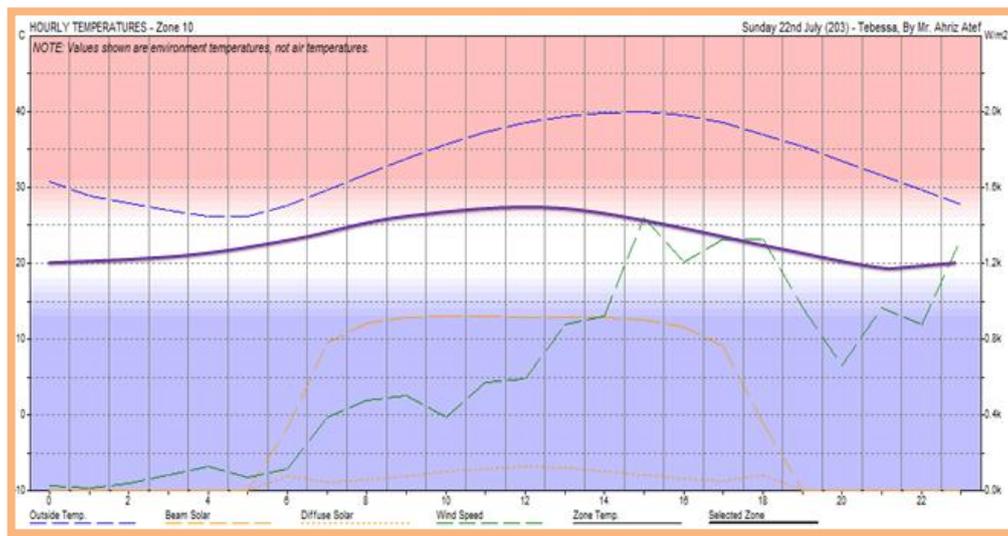


Figure 99: Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 75% toiture semi-intensive au 09 juillet . (scénario D’)

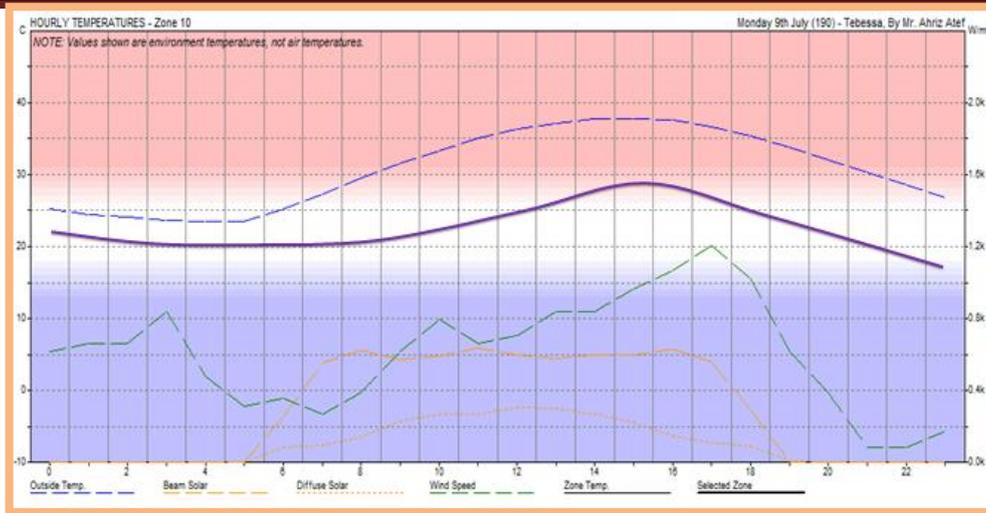


Figure 100: Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 75 % toiture semi-intensive au 22 juillet . (scénario D')

➤ **Pour un bâtiment avec 75 % toiture semi-intensive :**

- Au 09 juillet, dans les 9 heures du matin une température constante entre 21°C et 23°C , ensuit , une augmentation rapide des températures au maximum à 14 :15 h (27°C). Puis , elle diminue jusqu'au le maximum à 23 :00 h (19°C) .
- Au 22 juillet, une augmentation rapide des températures au maximum à 14 :15 h (27°C). Puis , elle diminue jusqu'au le maximum à 23 :00 h (20°C) .
- L'écart de température au maxima de la température extérieure constatée à 14 :15 h , qui est de 38°C et 27°C pour l'ambiance thermique intérieure au 09 juillet , et 40°C et 28°C pour l'ambiance thermique intérieure au 22 juillet .
- **Donc** , au niveau de l'intérieur des constructions aux heures les plus chaudes un écart de 11°C à 12°C est observé entre la température extérieure et intérieure .

➤ **Scénario E' (avec 100 % toiture semi-intensive) :**

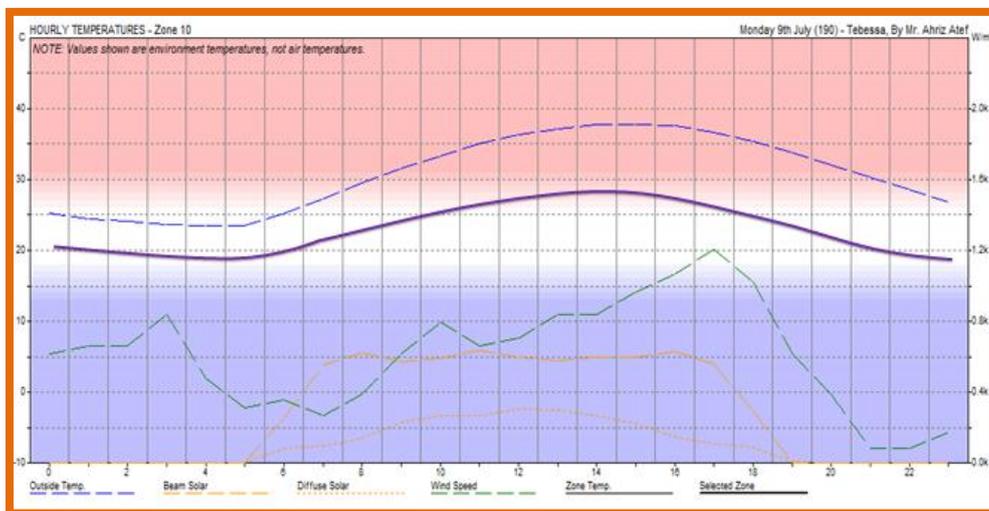


Figure 101: Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 100% toiture semi-intensive au 09 juillet . (scénario E')



Figure 102: Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 100 % toiture semi-intensive au 22 juillet . (scénario E')

➤ Aucune différence entre les résultats de scénario **D'** (avec 75% toiture extensive) et scénario **E'** (avec 100 % toiture semi-intensive) , les 2 résultats nous donnent un écart de 11°C à 12°C est observé entre la température extérieure et intérieure , donc le meilleur scénario dans la période estivale c'est **scénario D'** (75% végétation semi-intensive) .

1.1.2 Effet de la toiture végétale sur le confort thermique intérieur en période hivernale

➤ **Scénario A (avec une toiture ordinaire) :**

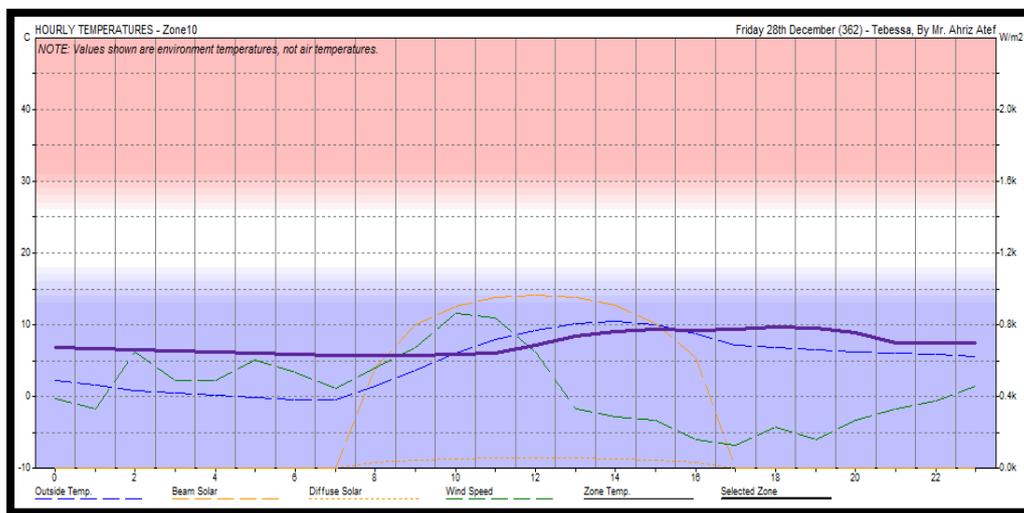


Figure 103: Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec toiture ordinaire (28 décembre) . (scénario A) .

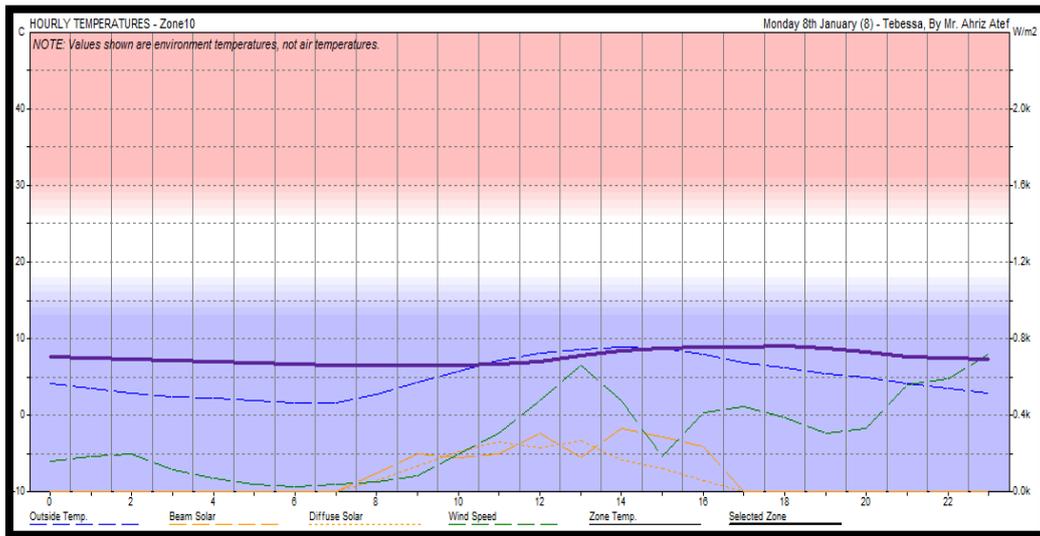


Figure 104 : Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec toiture ordinaire (08 janvier). (scénario A)

➤ **Pour un bâtiment avec une toiture ordinaire** , la moyenne des températures est de 10°C, l'analyse du graphe des températures nous indique des températures intérieures très froides dans un seuil inacceptable, cela est dû à l'effet refroidissant et amplifiant de la toiture ordinaire nue totalement exposée aux aléas climatiques, ceci occasionne des besoins importants en chauffage pour ramener l'ambiance intérieure à un niveau de confort acceptable.

➤ **Scénario B (avec 25 % toiture extensive) :**

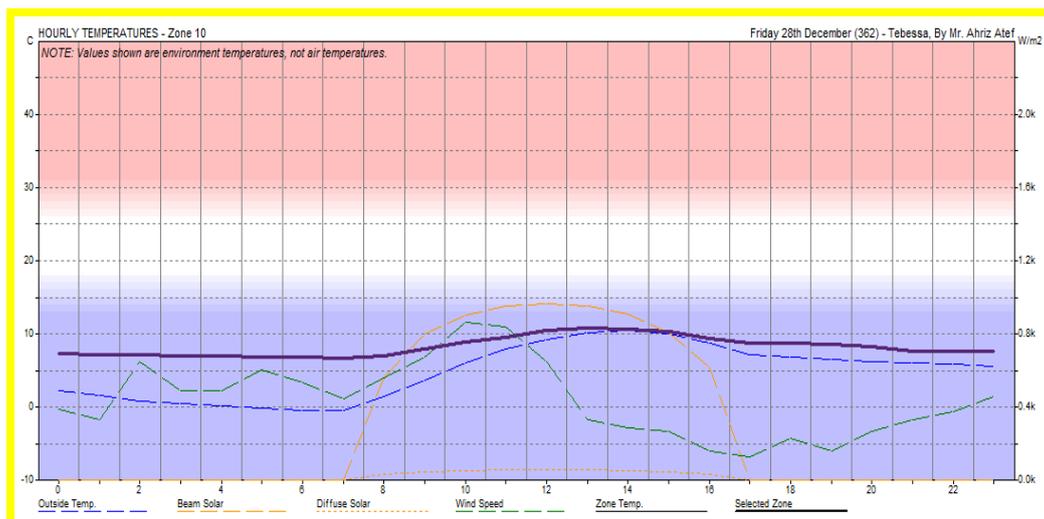


Figure 105 : Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 25 % toiture extensive . (décembre) (scénario B)

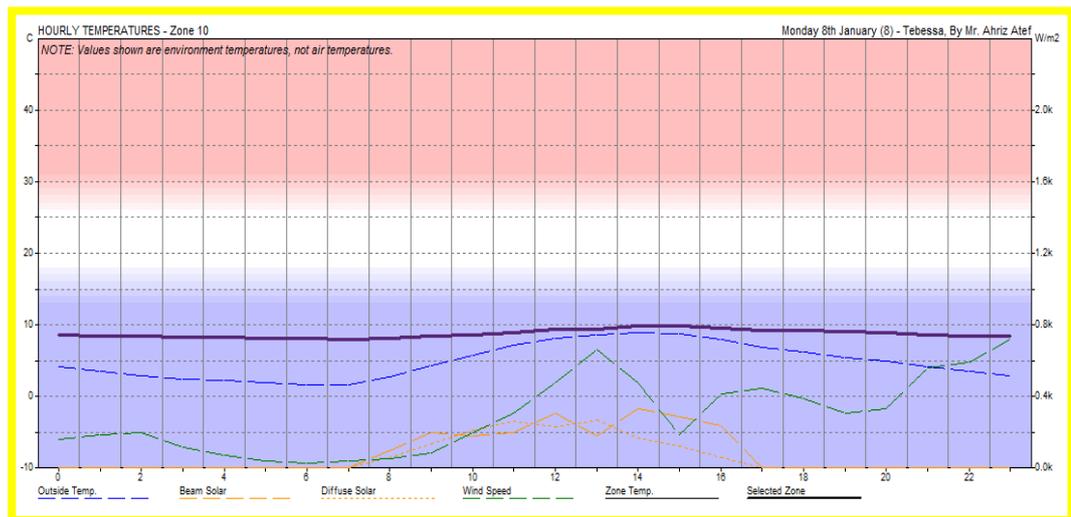


Figure 106: Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 25 % toiture extensive .
(08 janvier) (scénario B)

➤ **Pour un bâtiment avec 25% toiture extensive** , la moyenne des températures est de 10°C , il n’y a pas une grande différence entre scénarios A et B toujours l’analyse du graphe des températures nous indique des températures intérieures très froides dans un seuil inacceptable , ceci occasionne des besoins importants en chauffage pour ramener l’ambiance intérieure à un niveau de confort acceptable.

➤ **Scénario C (avec 50 % toiture extensive) :**

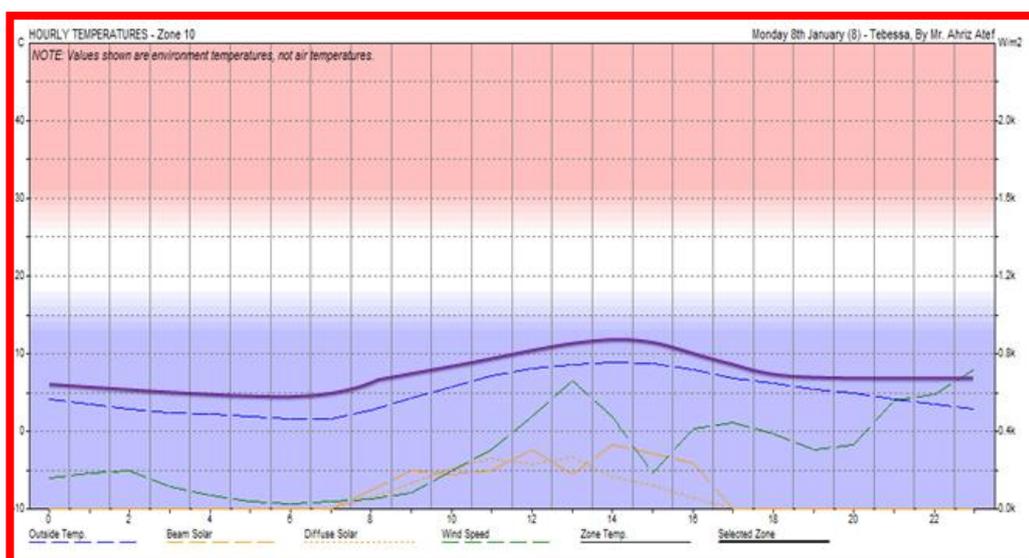


Figure 107: Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 50 % toiture extensive . (08 janvier) (scénario C)



Figure 108 : Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 50 % toiture extensive . (28 décembre) (scénario C)

➤ **Pour un bâtiment avec 50% toiture extensive** , la moyenne des températures est de 12°C , on observe une amélioration des conditions de confort malgré des températures extérieures très fraîches l'analyse du graphe des températures nous indique des températures intérieures très froides dans un seuil inacceptable , ceci occasionne des besoins importants en chauffage pour ramener l'ambiance intérieure à un niveau de confort acceptable.

➤ **Scénario D (avec 75 % toiture extensive) :**

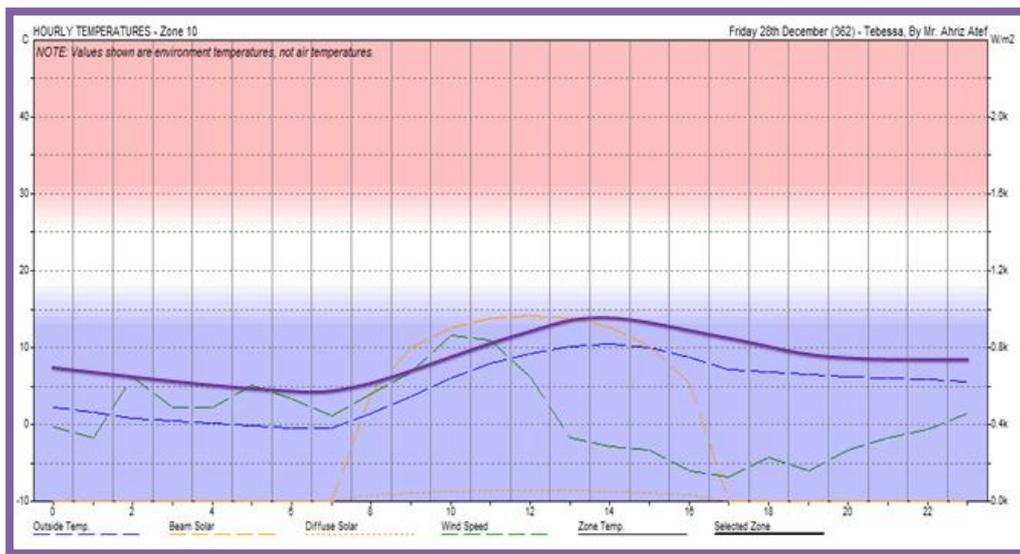


Figure 109: Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 75 % toiture extensive (28 décembre) (scénario D)

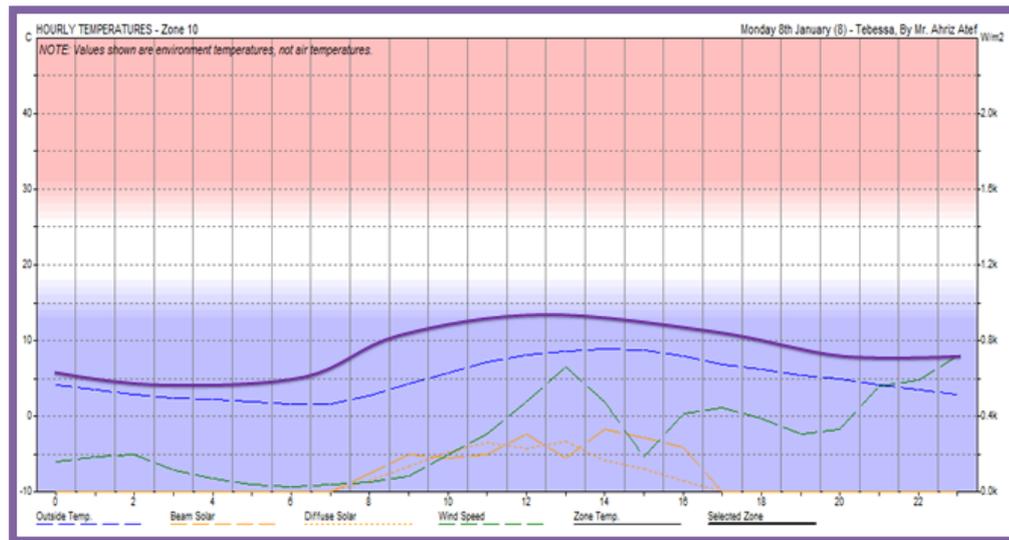


Figure 110: Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 75 % toiture extensive (08 janvier) . (scénario C)

- **Pour un bâtiment avec 75 % toiture extensive** , la moyenne des températures est de 14°C , on observe une nette amélioration des conditions de confort malgré des températures extérieures très fraîches avec une moyenne de 9°C pour ces journées du 08 janvier et 28 décembre , considérée comme les plus froides de l'année, la moyenne des températures intérieures est de 14°C .
- **Scénario E (avec 100 % toiture extensive) :**

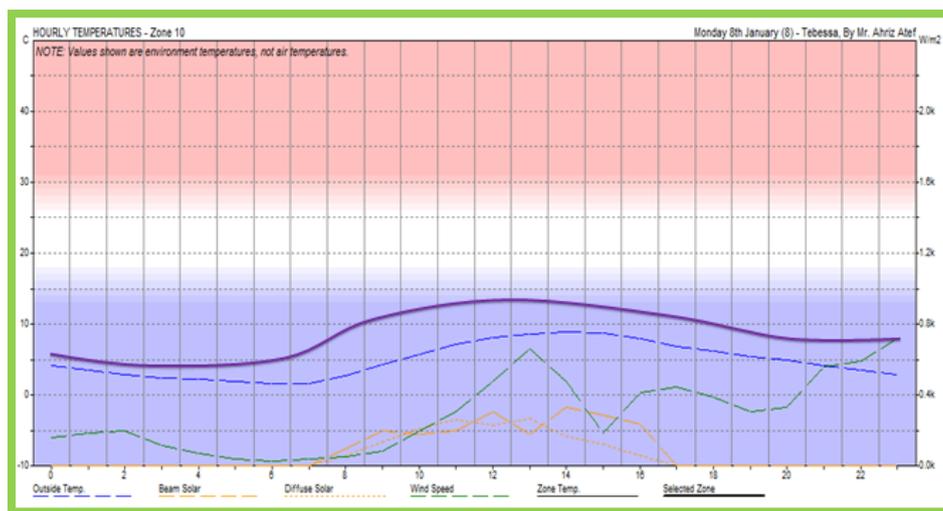


Figure 111: Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 100 % toiture extensive . (08 janvier) (scénario E)

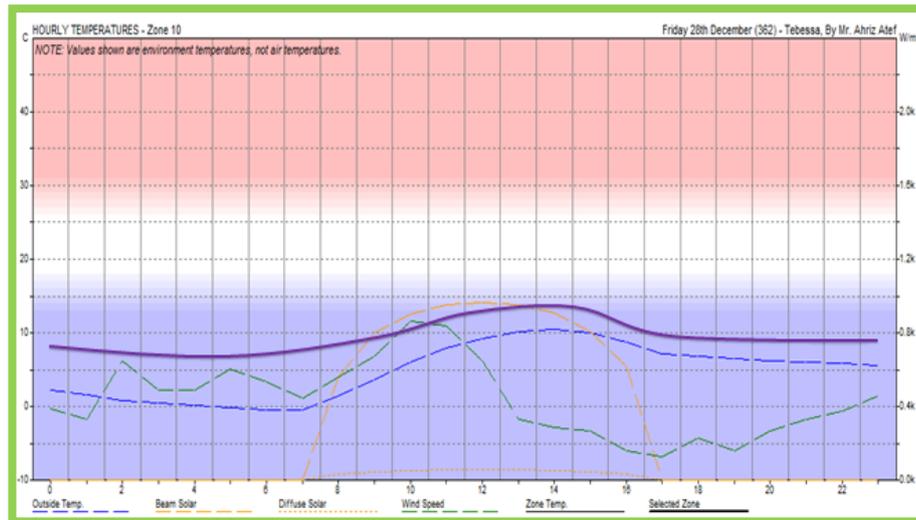


Figure 112: Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 100 % toiture extensive . (28 décembre) (scénario E)

➤ Aucune différence entre les résultats de scénario **D** (avec 75% toiture extensive) et scénario **E** (avec 100 % toiture extensive) .

➤ **Scénario B'** (avec 25 % toiture semi-intensive) :

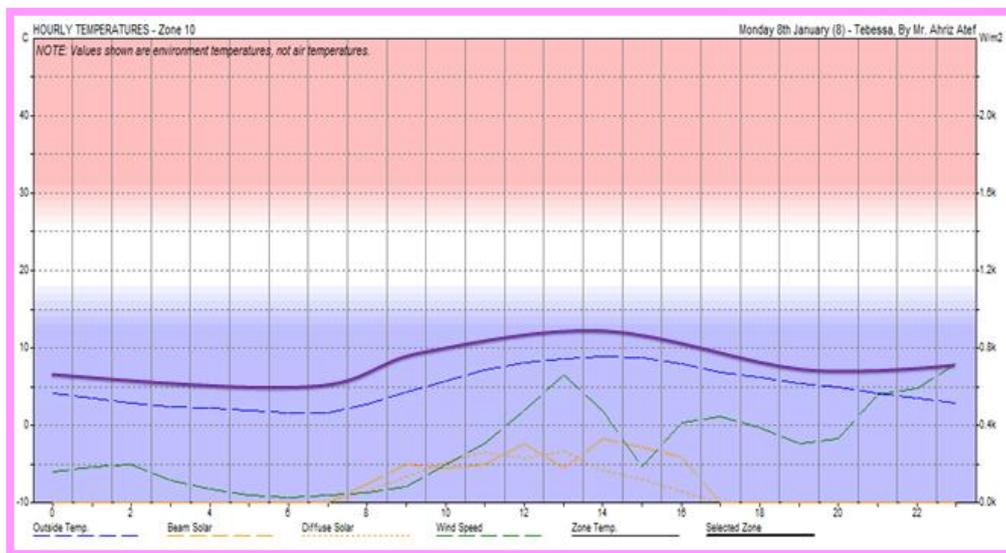


Figure 113: Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 25 % toiture semi-intensive . (08 janvier) (scénario D)

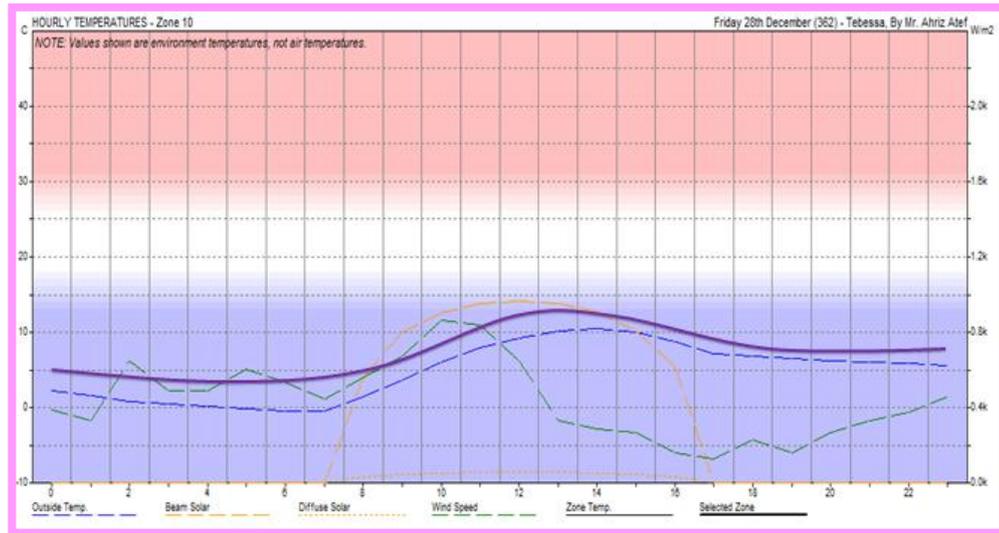


Figure 114: Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 25 % toiture semi-intensive . (28 décembre) (scénario D)

➤ **Pour un bâtiment avec 25 % toiture semi-intensive** , dans les 7 heures du matin une température constante entre 4°C et 6°C , ensuit , une augmentation rapide des températures au maximum 13°C. Puis , elle diminue jusqu'au le maximum à 23 :00 h (7°C) . l'analyse du graphe des températures nous indique des températures intérieures très froides dans un seuil inacceptable , ceci occasionne des besoins importants en chauffage pour ramener l'ambiance intérieure à un niveau de confort acceptable.

➤ **Scénario C' (avec 50 % toiture semi-intensive) :**

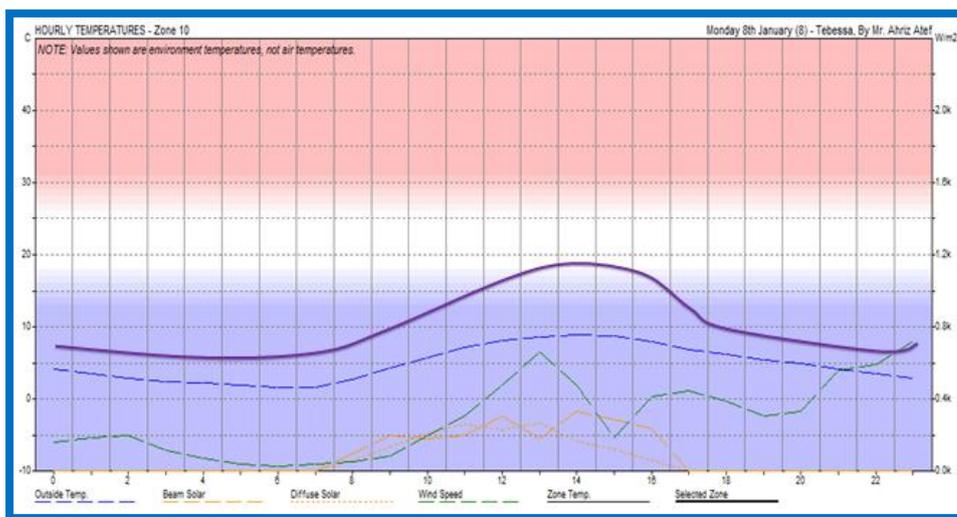


Figure 115: Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 50 % toiture semi-intensive . (08 janvier) (scénario c')

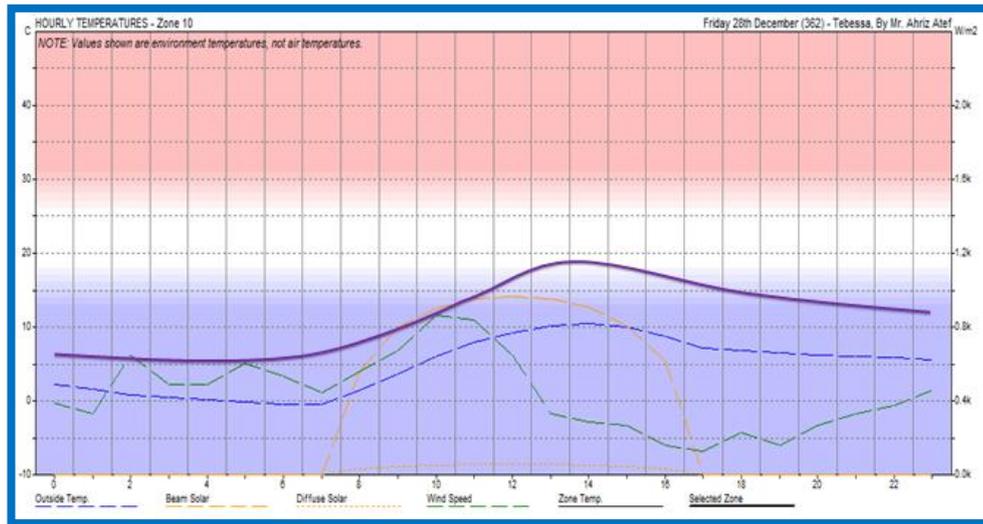


Figure 116: Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 50 % toiture semi-intensive . (28 décembre) (scénario c’)

➤ **Pour un bâtiment avec 50 % toiture semi-intensive** , dans les 6 heures du matin une température constante entre 5°C et 7°C , ensuite , une augmentation rapide des températures au maximum à 14 :00 h (19°C(zone de confort)). Puis , elle diminue jusqu’au le maximum à 23 :00 h (7°C) , on observe une amélioration des conditions de confort malgré des températures extérieures très fraîches avec une moyenne de 9°C pour ces journées du 08 janvier et 28 décembre , considérée comme les plus froides de l’année, le maximum de la température intérieure est de 19 °C

➤ **Scénario D’ (avec 75 % toiture semi intensive) :**

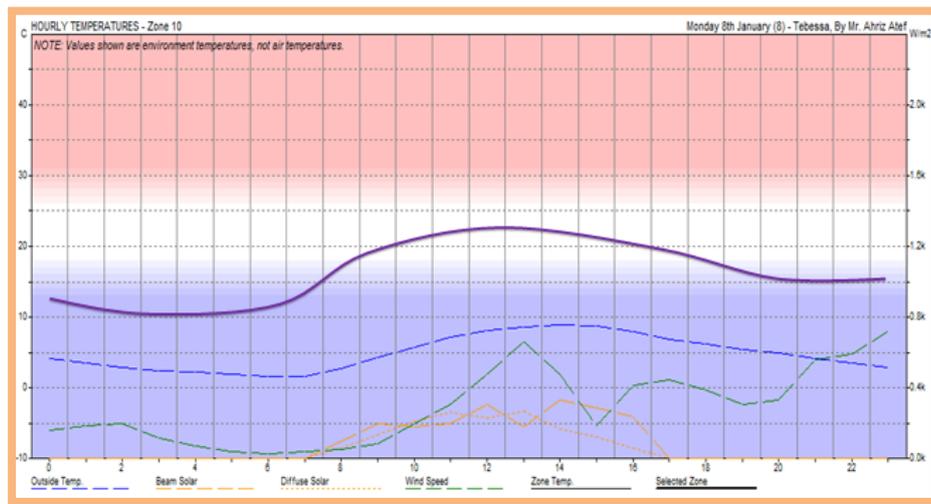


Figure 117 : Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 75 % toiture semi-intensive (08 janvier) (scénario D’).

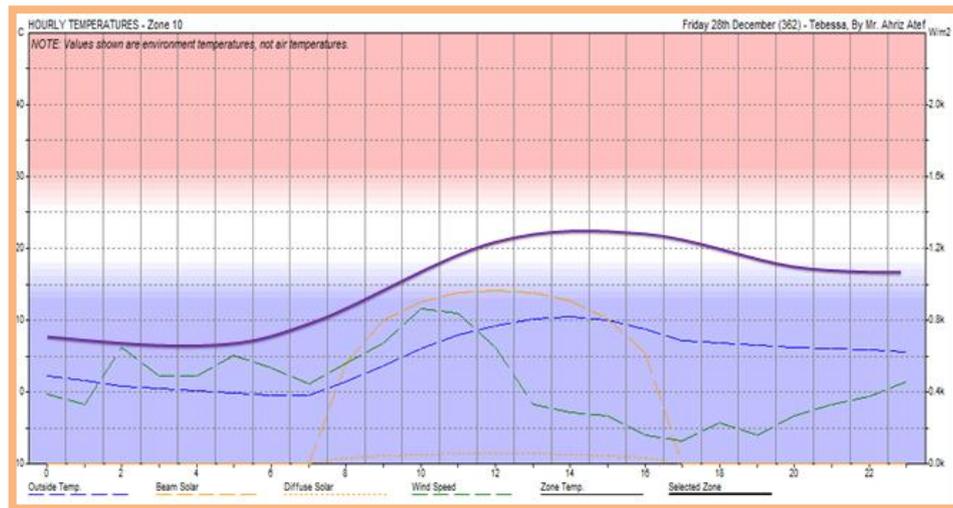


Figure 118: Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 75 % toiture semi-intensive (28 décembre) (scénario D’).

➤ **Pour un bâtiment avec 75 % toiture semi-intensive**, dans les 6 heures du matin une température constante entre 6°C et 8°C pour le 28 décembre et 10°C et 13°C pour le 8 janvier, ensuite, une augmentation rapide des températures au maximum 23°C (zone de confort). Puis, elle diminue jusqu'au maximum à 23 :00 h (15°C à 16°C), on observe une meilleure amélioration des conditions de confort par rapport aux autres scénarios, malgré des températures extérieures très fraîches avec une moyenne de 9°C pour ces journées du 08 janvier et 28 décembre, le maximum de la température intérieure est de 23 °C.

➤ **Scénario E’ (avec 100 % toiture semi intensive) :**

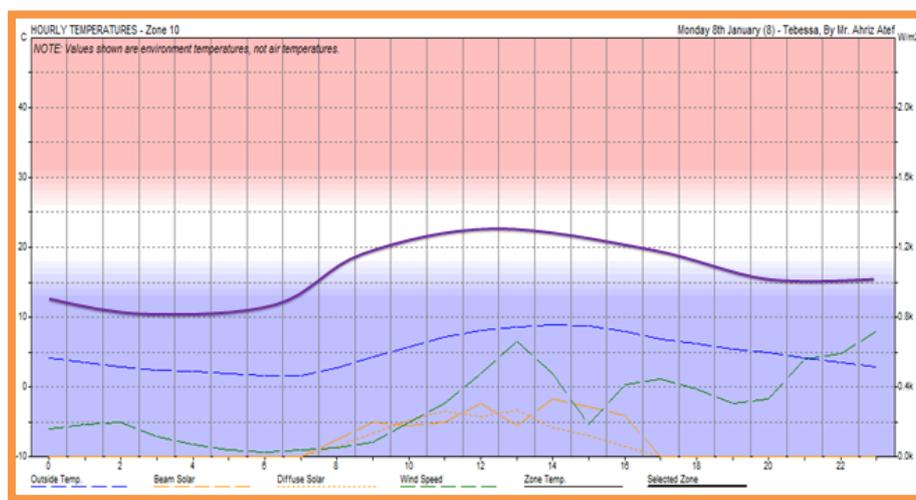


Figure 119: Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 100 % toiture semi-intensive (08 janvier) (scénario E’).

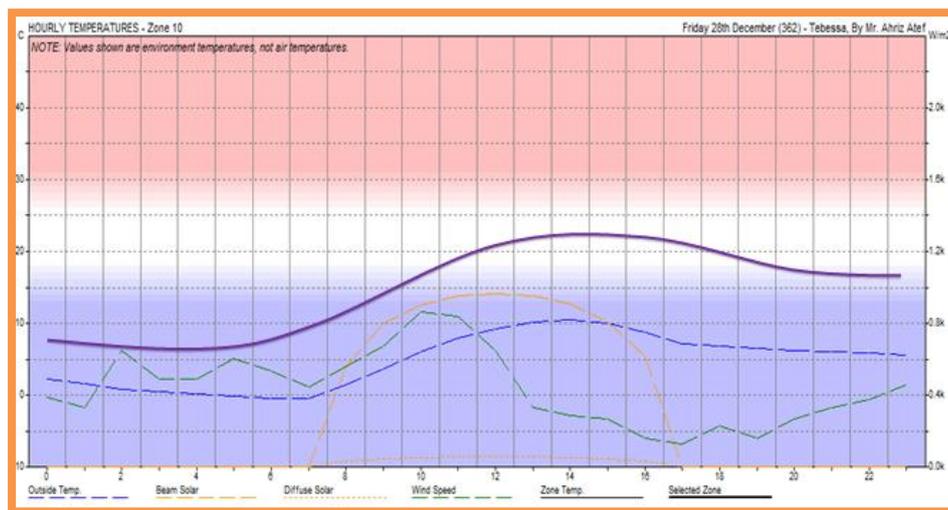


Figure 120: Comparatif de température extérieure et intérieure espace avec 100 % toiture semi-intensive (28 décembre) (scénario D').

➤ Aucune différence entre les résultats de scénario **D'** (avec 75% toiture extensive) et scénario **E'** (avec 100 % toiture extensive) , les 2 résultats nous donnent le maximum de la température intérieure est de 23 °C.

1.2 une analyse comparative des différents scénarios de chaque période :

1.2.1 la période estivale :

- Les résultats de la simulation obtenus dans cette période ont montré que :
- Pour un bâtiment avec une toiture ordinaire (Scénario A) , la température intérieure est de 2 °C supérieur à la température extérieure , donc on indique une situation d'inconfort des espaces intérieur , ce qui peut engendrer des besoins importants en rafraichissements actifs par le biais de la climatisation avec une sur consommation énergétique évidente.
- pour un bâtiment avec 25 % toiture extensive (Scénario B) , au niveau de l'intérieur des constructions aux heures les plus chaudes un écart de 1°C à 2°C .
- pour un bâtiment avec 50 % toiture extensive (Scénario C) , au niveau de l'intérieur des constructions aux heures les plus chaudes un écart de 3°C à 4°C est observé entre la température extérieure et intérieure , cela est justifié par l'augmentation de la densité de la toiture verte (50 % végétation type extensive) par-rapport aux scenarios A et B .
- pour un bâtiment avec 75 % toiture extensive (Scénario C) , au niveau de l'intérieur des constructions aux heures les plus chaudes un écart de 6°C est observé entre la température extérieure et intérieure , cela est justifié par l'augmentation de la densité de la couverture de la toiture extensive (75%) par-rapport aux scénarios A , B et C .

- pour un bâtiment avec 100 % toiture extensive (Scénario D) , aucune différence entre les résultats des scénarios C et D .
- pour un bâtiment avec 25 % toiture semi-intensive (Scénario B') , au niveau de l'intérieur des constructions aux heures les plus chaudes un écart de 4 à 5°C est observé entre la température extérieure et intérieure .
- pour un bâtiment avec 50 % toiture semi-intensive (Scénario C') , au niveau de l'intérieur des constructions aux heures les plus chaudes un écart de 6°C est observé entre la température extérieure et intérieure .
- pour un bâtiment avec 75% toiture semi-intensive (Scénario D') , au niveau de l'intérieur des constructions aux heures les plus chaudes un écart de 11°C à 12°C est observé entre la température extérieure et intérieure , le bâtiment toute la journée est dans la zone de confort , cela est justifié par le type de végétation semi-intensive et l'augmentation de la densité de la couverture (75%).
- pour un bâtiment avec 100 % toiture semi-intensive (Scénario E') , aucune différence entre les résultats de scénario D' (avec 75% toiture extensive) et scénario E' (avec 100 % toiture semi-intensive) , les 2 résultats nous donnent un écart de 11°C à 12°C entre la température extérieure et intérieure , donc la meilleur scénario dans la période estivale c'est **scénario D'** (75% végétation semi intensive)

1.2.2 la période hivernale :

- Les résultats de la simulation obtenus dans cette période , ont montré que :
- pour un bâtiment avec une toiture ordinaire (Scénario A) , les températures intérieures très froides dans un seuil inacceptable , cela est dû à l'effet refroidissant et amplifiant de la toiture ordinaire nue totalement exposée aux aléas climatiques, ceci occasionne des besoins importants en chauffage pour ramener l'ambiance intérieure à un niveau de confort acceptable .
- pour un bâtiment avec 25 % toiture extensive (Scénario B) , il n'y a pas une grande différence entre scénarios A et B toujours l'analyse du graphe des températures nous indique des températures intérieures très froides dans un seuil inacceptable , ceci occasionne des besoins importants en chauffage pour ramener l'ambiance intérieure à un niveau de confort acceptable .
- pour un bâtiment avec 50 % toiture extensive (Scénario C) , on observe une amélioration des conditions de confort malgré des températures extérieures très fraîches l'analyse du graphe des températures nous indique des températures intérieures très froides dans un seuil inacceptable .
- pour un bâtiment avec 75 % toiture extensive (Scénario D) , on observe une nette amélioration des conditions de confort malgré des températures extérieures très fraîches , pour ces journées du 08 janvier et 28 décembre qui considérée comme les plus froides de l'année , le maximum

de la température intérieure est de 14°C , cela est justifié par l'augmentation de la densité de la toiture verte (75% végétation type extensive) par-rapport aux scénarios A , B et C.

- pour un bâtiment avec 100 % toiture extensive (Scénario E) , Aucune grande différence entre les résultats de scénario D (avec 75% toiture extensive) et scénario E (avec 100 % toiture extensive) .

- pour un bâtiment avec 25 % toiture semi-intensive (Scénario B') , l'analyse du graphe des températures nous indique des températures intérieures très froides dans un seuil inacceptable .

- pour un bâtiment avec 50 % toiture semi-intensive (Scénario C') , on observe une amélioration des conditions de confort malgré des températures extérieures très fraîches, le maximum de la température intérieure est de 19 °C .

- pour un bâtiment avec 75% toiture semi-intensive (Scénario D') , on observe une meilleure amélioration des conditions de confort par rapport les autres scénarios , malgré des températures extérieures très fraîches pour ces journées du 08 janvier et 28 décembre , le maximum de la température intérieure est de 23 °C , cela est justifié par le type de végétation semi-intensive et l'augmentation de la densité de la couverture (75%). .

- pour un bâtiment avec 100 % toiture semi-intensive (Scénario E') , aucune différence entre les résultats de scénario D' (avec 75% toiture semi-intensive) et scénario E' (avec 100 % toiture semi-intensive) , les 2 résultats nous donne le maximum de la températures intérieures est de 23 °C . Donc le meilleur scénario dans la période estivale c'est **scénario D'** (75% végétation semi-intensive) .

Conclusion :

Les résultats obtenus dans cette simulation ont montré que le toit vert influe parfaitement sur le confort thermique à l'intérieur du bâtiment sur les deux périodes estivales et hivernales.

- L'effet de la toiture verte en période estivale ➡ le rafraîchissement intérieur du bâtiment .
- L'effet de la toiture verte période hivernal ➡ réchauffement intérieure du bâtiment.

Le type et la densité des toitures vertes influent sur la quantité de confort thermique intérieur , à partir de l'analyse des résultats de la simulation le meilleur scénario pour un confort optimal intérieur c'est le **scénario D'** (75 % toiture verte semi-intensive).

Conclusion générale :

La technique de reverdissement les toits des bâtiments ne se limite plus à l'esthétique, à fournir l'ombre et à la réalisation des objectifs fonctionnels comme la protection des bâtiments contre les changements climatiques . Mais il est devenue destiné à fournir un environnement naturel propice à bien être de l'homme .

Ma recherche qui mit en évidence l'évaluation et les mesures de l'effet des toitures vertes sur le confort thermique d'un bâtiment . Et pour montrer l'efficacité de cette technique nous avons fait une analyse comparative entre plusieurs scénarios , le premier avec toit ordinaire et les autres avec des différents types et densités des toitures vertes dans des conditions climatiques similaire sous le climat froid semi-aride à Tebessa.

D'après cette étude on peut conclure que le meilleur scénario pour un confort thermique optimal intérieur c'est **le scénario D'** « une toiture verte recouverte à 75% par végétation semi-intensive ».

Donc le type et la densité des toitures vertes influent sur la quantité de confort thermique intérieur d'un bâtiment .



Bibliographie



Mémoires et thèses :

1. **ABDERREZAK ADJIEL** , «évaluation de l'efficacité de rafraîchissement passif d'une toiture végétale sous un climat semi –aride , cas d'une terrasse a végétation extensive à Constantine » . Mémoire de magister ,Université mantouri de Constantine , 2010.
2. **BENHALILOU KARIMA** , «l'impact de la végétation grimpante sur le confort hygrothermique estival du bâtiments , cas de climat semi-aride » . Mémoire de magister ,Université mentouri de Constantine, 2008.
3. **JEFF FAHED** , « Etude numérique du potentiel de rafraîchissement des techniques de réduction des îlots de chaleur urbain (ICU) sous climat méditerranéen». Thèse de doctorat ,Université de TOULOUSE, 2018.
4. **RABAH DJEDJIG** , « Impacts des enveloppes végétales à l'interface bâtiment microclimat urbain ». Thèse de doctorat ,Université de La Rochelle, 2013.
5. **TOM DREVAR** , «la végétation des toitures vers un droit de la canopée urbaine » . Mémoire master 2 droit de l'environnement , université jean moulin-Lyon 3 , 2017.

les articles :

1. **MURAT ATASOY** , « the benefits of green roofs for urban landscapes » , Article , Université Osmaniye Korkut Ata, Faculté d'architecture, Design, et des beaux-arts , 2018. [En ligne] <https://www.researchgate.net/publication/329809399> .
2. **SAMIRA LOUAFI BELLAR** , « Effet de l'ombrage sur le confort thermique et visuel dans les espaces extérieurs : cas de l'esplanade de l'Université Mentouri de Constantine, Est de l'Algérie » , Article , Laboratoire ABE (Architecture Bioclimatique et Environnement),Université Mentouri Constantine , Algérie , 2011.
3. **S. PARIZOTTO** , « Investigation of green roof thermal performance in temperate climate: A case study of an experimental building in Florianópolis city, Southern Brazil » , article , 2011.
4. **XIAOWEN MA ET AL** , “Comprehensive Evaluation of Energy and Environmental Performances of an Extensive Green Roof of a Building in Subtropical Climate” , article , 2017.

Les revues et les formations :

1. **EDWIGE NOIRFALISSE** , « Toitures vertes: du concept à l'entretien » Formation Bâtiment Durable 8 , Laboratoire Matériaux d'Isolation et d'Étanchéité CSTC , 2017.
2. **MEHDI LOTFI** , « Caractérisation des espaces verts publics en fonction de leur place dans le gradient urbain – rural , Cas d'étude : la trame verte de l'Agglomération

- Tourangelle » . Projet de Fin d'Etudes « formation au génie de l'aménagement » , département aménagement de l'Ecole Polytechnique de l'Université de Tours , 2009.
3. **LE PRIEURE VEGETAL I.D**, « Qu'est-ce qu'une toiture végétale ? » , revue électronique . [En ligne] <http://www.vegetalid.fr/en-savoir-plus-sur-la-vegetalisation/qu-est-ce-qu-une-toiture-vegetale.html> (visité le 08/02/2020).
 4. **NATHALIE LONG ET BRICE TONIN** , « Les espaces verts urbains : étude exploratoire des pratiques et du ressenti des usagers » , article , vertigo la revue électronique en science de l'environnement , 2012 . [En ligne] <http://journals.openedition.org/vertigo> (visité le 15/01/2020).
 5. **NOTE RAPIDE** , « Les stratégies de végétalisation pour aider la ville à faire face à la canicule » , Revue , N° 662 , 2014.

Les sites internet et les documents :

1. **PDF** : Fiche réalisée par société québécoise de phytotechnologie, « les toits végétalisés », , mise à jour le 26 mai 2015 . [En ligne] http://www.phytotechno.com/wpcontent/uploads/2018/02/SQP_Fiche_Toits-vegetalisés-2.pdf. (visité le 04/01/2020) .
2. **PDF** : Fiche réalisée par Med Bouattour, Fuchs Alain. « LA VEGETALISATION DES BATIMENTS» Paris –2009. [En ligne] <http://www.la-cambuse.fr/wp-content/uploads/2016/07/RES-1209-vegetalisation-des-batiments-rapport.pdf> (visité le 08/01/2020).
3. **PDF** : Fiche réalisée par l'ALEC / l'AGEDEN. « Toiture végétalisée » Mise à jour août 2016. [En ligne] https://www.infoenergie38.org/wp-content/uploads/toiture_vegetalisee.pdf (visité le 02/03/2020).
4. **PDF** : « Synthèse Toitures Végétalisées - La base de données Isidore dd » . [En ligne] Temis-0080077 < isidoredd.documentation.developpement-durable.gouv.fr (visité le 08/01/2020).
5. **PDF** : « optimisation de la biodiversité sur les toitures végétalisée ». [En ligne] <http://www.biodiversite-positive.fr/wp-content/uploads/2011/10/Toitures-vegetalisées-05-janv.pdf>. (visité le 08/11/2019).
6. **PDF** : MEULEMAN JP , « Les toitures vertes » , 2010 . [En ligne] <http://www.google.com/url?q=https://docplayer.fr/6269461-Les-toitures-vertes-presentation-par-la-sa-meuleman-jp-jean-paul-meuleman-hugues-michot-presentation->

- des-
toituresvegetales.html&sa=U&ved=2ahUKEwixgrmngsroAhV4QhUIHYNyCusQFjAC
egQIBxAB&usg=AOvVaw2gr4qVuLOJrkOfI-zo26aE (visité le 15/12/2019).
7. **PDF** : Ernst & Young , « étude pour la définition d'une démarche de développement des toitures végétalisées » , direction de l'environnement et de l'énergie Nice côte d'azur , 2009 . [En ligne] Etude_sur_les_toitures_vegetalisees_1 < default < <https://www.nice.fr> (visité le 15/12/2019).
 8. **PDF** : l'AURG DIRE La Métro , « Les toits végétalisés , adaptation au changement climatique » Notice technique 01 , 2009 . [En ligne] http://www.google.com/url?q=http://planairclimat.lametro.fr/content/download/1952/48596/file/Notice_technique01_BD.pdf&sa=U&ved=2ahUKEwiFsfyGv6LrAhVITRUIHcGdAkAQFjAAegQIARAB&usg=AOvVaw2nEblWR3seGLgsUv0c2H9P (visité le 07/12/2019)
 9. **PDF** : un recueil réalisé par Med OULD-KADA, « Recueil de Textes Réglementaires relatifs à la Gestion des Etablissements de Santé », 2010 . [En ligne] http://www.google.com/url?q=http://www.santemaghreb.com/algerie/recueil_txt_regl.pdf&sa=U&ved=2ahUKEwiNpdyJh8roAhXgSBUIHUYiADoQFjAAegQIARAB&usg=AOvVaw0kiRXsIT-K36HIX8mOueVs. (visité le 07/12/2019) .
 10. **PDF** : La conception des laboratoires de chimie . [En ligne] http://bip.cnrs-mrs.fr/acmo/pdf/la%20conception%20des%20laboratoires%20de%20chimie_INRS.pdf (visité le 12/12/2019) .
 11. **PDF** : Journal officiel de la république algérienne n° 46 , 16 Dhou El Kaâda 1439 - 29 juillet 2018 . [En ligne] <https://www.joradp.dz/FTP/JO-FRANCAIS/2018/F2018046.pdf> (visité le 07/12/2019) .
 12. **BALCON ET TERRASSE - AU JARDIN INFO** . [En ligne] Fiches < <https://www.aujardin.info> (visité le 08/02/2020) .
 13. **BLOG EN SANTE** . [En ligne] <http://blogensante.fr/2013/09/01/definir-la-notion-de-sante/> (visité le 07/12/2019) .
 14. **CLAUDE HAMONET - ARTICLE** . [En ligne] <http://claudefhamonet.free.fr/fr/art.htm> (visité le 07/12/2019) .
 15. **ENCYCLOPEDIE LAROUSSE** . [En ligne] https://www.larousse.fr/encyclopedia/divers/santé_public/90008 (visité le 07/12/2019).

16. - **EUPATI - European Patients' Academy** . [En ligne] <http://www.patientsacademy.eu/fr/glossary/sante-physique/> (visité le 07/12/2019) .
17. **LES PAVILLONS LASSONDE | PROJETS VERTS.** [En ligne] <http://projetsverts.voirvert.ca/projets/les-pavillons-lassonde> (visité le 08/11/2020) .
18. **LE CASSE-TETE RAYSIDE LABOSSIERE. ARCHITECTURE DESIGN.** [En ligne] [://docplayer.fr/1252070-Le-casse-tete-rayside-labossiere-architecture-design-developpement-urbain.html](http://docplayer.fr/1252070-Le-casse-tete-rayside-labossiere-architecture-design-developpement-urbain.html) (visité le 08/11/2020) .
19. **OMS | SANTE MENTALE.** [En ligne] https://www.who.int/topics/mental_health/fr (visité le 07/12/2019) .
20. **OMS | Cancer** . [En ligne] <https://www.who.int/topics/cancer>(visité le 08/12/2019) .
21. [En ligne] www.pinterest.fr (visité le 02/03/2020) .
22. [En ligne] www.google.com (visité le 12/01/2020) .
23. [En ligne] <https://www.food4rhino.com> (visité le 12/05/2020) .
24. [En ligne] www.envi-met.com (visité le 12/05/2020) .
25. [En ligne] <https://www.rhino3d.com/6/new> (visité le 12/05/2020).
26. [En ligne] <https://www.rhino3d.com/6/features> (visité le 12/05/2020) .
27. [En ligne] <https://www.rhino3d.com/6/new/development> (visité le 12/05/2020) .