

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE CONSTANTINE 3**



**FACULTE / D'ARCHITECTURE ET D'URBANISME**

**DEPARTEMENT D'ARCHITECTURE**

N° d'ordre :... ..

Série :... ..

**Mémoire de Master2**

Filière : Architecture

Spécialité : Architecture Climatique et Environnement

**IMPACT DES MURS VEGETAUX SUR LE CONFORT HYGROTHERMIQUE  
DANS LE BATIMENT  
CAS DU CLIMAT SEMI-HUMIDE**

Dirigé par:

**Mme. BENHARKAT Sara**

Présenté par :

**BOUROGBI Imane**

Année Universitaire 2015/2016.

juin 2015

## Table des matières:

### **Introduction générale**

Introduction .....	01
Problématique .....	01
hypothèses .....	03
Objectifs .....	03
Méthodologie de la recherche.....	03

### **Chapitre I : Le confort hygrothermique dans le bâtiment**

#### Introduction

I.1. Notion de confort.....	05
I.1.1. Le confort dans l'habitat.....	06
I.1.2 Le confort hygrothermique.....	06
I.1.3. le bilan thermique du corps humain.....	07
I.2 Les indices de confort thermique.....	09
I.2.1 Le vote moyen prévisible (PMV) .....	09
I.2.2 Le vote de sensation effective (ASV).....	11
I.2.3 La température moyenne radiante (MRT) .....	11
I.2.4. La température physiologique équivalente (PET).....	11
I.3 Facteurs influant sur le confort thermique.....	12
I.3.1. Facteurs liés aux conditions climatiques.....	12
I.3.1.1. La température de l'air.....	12
I.3.1.2. L'humidité de l'air.....	12
I.3.1.3. Le vent .....	13
I.3.1.4. Rayonnement vers la voûte céleste.....	13
I.3.1.5. L'ensoleillement.....	13

I.3.2 .Facteur liés à la conception.....	14
I.3.2.1. L’effet de l’orientation.....	14
I.3.2.2. L’effet de l’albédo.....	14
I.3.2.3. Systèmes d’occultation des parois.....	16
I.3.2.3.1. Occultation liée à l’environnement.....	17
I.3.2.3.2. Les éléments architecturaux.....	18
I.3.2.3.3. Systèmes d’occultation fixe ou mobile extérieur ou intérieur.....	18
I.3.2.4. Effet de l’inertie thermique.....	19
I.3.2.5. Effet de la ventilation sur l’ambiance intérieure.....	21
I.3.2.5. 1.Effet de la ventilation transversale sur la température interne.....	21
I.3.2.5. 2. Effet de la ventilation nocturne.....	22
Conclusion.....	23

## **Chapitre II: Les murs végétaux**

Introduction.....	24
II.1. Définition des murs végétaux .....	24
II.2. Historique des murs végétaux.....	25
II.3. Les types des murs végétaux.....	26
II.3.1. Les plantes grimpantes .....	26
II.3.1.1 Grimpantes à ventouses.....	26
II.3.1.2 Grimpantes à racines-crampons.....	27
II.3.1.3 Grimpantes à tiges volubiles.....	27
II.3.1.4. Grimpantes à pétioles volubiles.....	28
II.3.1.5. Grimpantes à vrilles.....	28
II.3.1.6. Grimpantes à palisser.....	29

II.3.2. Les murs vivants.....	29
II.3.2.1. Mur modulaire avec substrat de croissance.....	29
II.3.2.2. Mur en mode de croissance hydroponique.....	30
II.3.2.3. Mur combinés.....	30
II.4. Le type de feuillage des murs.....	30
II.4.1. Les plantes grimpantes à feuillage persistant .....	30
II.4.2. Les plantes grimpantes à feuillage caduc.....	31
II.4.2.1. La vigne (Vitis vinifera).....	31
II.4.2.2. La vigne vierge .....	32
II.4.2.3. La vigne vierge de Virginie ((Parthenocissus Quinquefolia).....	33
II.4.2.4. La glycine.....	34
II.5. Les ambiances saisonnières des plantes .....	35
II.5.1. Les ambiances d’hiver.....	35
II.5.2. Les ambiances d’été.....	36
II.5.3. Les ambiances de demi-saison.....	36
II.6. Choix des végétaux selon l’orientation .....	36
II.7. Les effets des murs végétaux.....	37
II.7.1. Les effets des murs végétaux sur le confort .....	37
II.7.1.1. Le confort thermique .....	37
II.7.1.2. Le confort hygrothermique.....	38
II.7.1.3. Le confort acoustique.....	38
II.7.2. Les effets des murs végétaux sur l’enveloppe du bâtiment.....	39
II.7.2.1. La protection de l’enveloppe du bâtiment.....	39
II.7.2.2. L’humidité des murs.....	39

II.7.2.3. L'effet d'ombre.....	39
2.7.2.4. Effet d'oxygénation.....	39
II.7.2.5. Effet d'évapotranspiration.....	40
II.7.3. Les effets des murs végétaux sur l'environnement .....	40
2.7.3.1. La régulation de la température.....	40
II.7.3.2. La gestion des eaux pluviales.....	40
II.7.3.3. La qualité de l'eau.....	41
II.7.3.4. La biodiversité.....	41
II.7.4. Les effets sociaux .....	41
II.7.4.1. L'esthétique.....	41
II.7.4.2. Le contrat avec la nature.....	42
II.7.4.3. La santé.....	42
II.8. Etude expérimentale par Mme. Ben Halilou.....	42
II.8.1. Etude comparative des maisons "A" et "B".....	43
2.8.2. Variation des températures dans les maisons "A" et "B".....	43
II.8.3. Variation des températures surfaciques des maisons "A" et "B".....	44
Conclusion.....	47

### **Chapitre III: Analyse climatique bioclimatique et urbaine de la ville de Guelma**

Introduction.....	48
III.1.Présentation de la ville de Guelma.....	48
III.2. Analyse climatique de la ville de Guelma.....	49
III.2.1. Analyse des éléments de climat.....	49
III.2.1.1.La température.....	49
III.2.1.2.L'humidité relative.....	49
III.2.1.3.Le vent.....	50
III.2.1.5. Précipitation.....	52

Conclusion.....	53
III.3. Analyse bioclimatique de la ville de Guelma.....	54
Introduction.....	54
III.2.1.Les tables de Mahoney.....	54
III.2.1. Le diagramme de Szokolay.....	57
III.2.2. Le diagramme de Givoni.....	58
Conclusion.....	59
III.4.Analyse urbaine.....	59
III.4.1.Présentation de Hammam Debagh.....	59
III.4.1.1. La climatologie.....	59
III.4.1.2.La topographie.....	60
III.4.1.3. Equipement de loisirs, commerciaux et culturels.....	61
III.4.1.4. Des richesses en ruines (cascades, dolmens – bains).....	61
III.4.1.4.1. La grandiose cascade.....	61
III.4.1.4.2. Les Dolmens.....	61
III.4.2. Présentation du site.....	62
III.4.2.1. Situation de la ZET.....	62
III.4.2.2. La topographie.....	63
III.4.2.3. L'hydrologie :.....	63
III.4.2.4. Hydrographie.....	63
III.4.2.5. Géotechnique.....	63
III.4.2.6. Climatologie.....	63
III.4.2.7. Le choix du site.....	64
III.4.2.8. Accessibilité du terrain (de la ZET).....	64

III.4.2.9. La Coupe topographique.....	65
Conclusion.....	65

## **Chapitre IV: Présentation du projet et simulation numérique**

Introduction.....	66
IV.1. Présentation du projet .....	67
IV.1.1. Schéma de principe du projet .....	69
IV.1.2. Le plan de masse .....	71
V.1.2.1. La composition du projet .....	76
IV.1.2.2. Les stratégies durables appliquées dans l projet .....	84
IV.2. Simulation numérique .....	86
IV.2. 1.Logiciel Sketchup .....	86
IV.2.1.1. Présentation du logiciel .....	86
IV.2.1.2. Interprétation de l'ensoleillement .....	89
IV.2.2. Logiciel Envi met .....	95
IV.2.2.1 Présentation du logiciel .....	95
IV.2.2.2.Interprétation des resultats .....	95
Conclusion.....	111

Conclusion générale

Bibliographie

Annexes

Résumé

### **Liste des figures:**

#### **Chapitre I:**

Fig I.1 : les échanges thermiques du corps humain.....	09
Fig.I.2 : Valeurs et type d'albédo en milieu urbain.....	15
Fig.I.3: Coefficients d'absorption pour différents matériaux et différentes couleurs.....	16

Fig. I.4. Occultation naturelle par la végétation .....	18
Fig I.5: Masque solaire créé par les bâtiments voisins assurent Une protection contre l'ensoleillement direct ...	18
Fig I.6 : Les balcons, éléments d'ombrage .....	19
Fig I.7 : les arcades qui joue au chat et la souris avec l'ombre et le soleil.....	19
Fig I-8 : Temps de déphasage de différents matériaux de construction en fonction des épaisseurs types.....	20
Fig. I.9 : Régime des flux d'air subdivisés intérieurement d'une manière différente.....	22

## **Chapitre II:**

Fig II-1 : Les murs végétaux.....	25
Fig. II-2 : Grimpantes a ventouses .....	27
Fig. II3: Grimpante a racine-crampon.....	27
Fig. II4: Grimpante a tige volubile.....	28
Fig. II-5 Grimpante a pétiole volubile.....	28
Fig. II-6 Grimpante a pétiole volubile.....	28
Fig. II-7 Grimpante à palisser.....	29
Fig. II-8. détail d'un mur modulaire.....	30
Fig. II-9. Le lierre.....	31
Fig. II-10. La vigne.....	32
Fig. II-11. La vigne vierge.....	33
Fig. II-12. La vigne vierge de virginie.....	34
Fig. II-13. La glycine.....	35
Fig. II-14. Ambiance d'hiver.....	35
Fig. II-15. Ambiance d'été.....	36
FigII.16. Variation des températures intérieures et extérieures dans les maisons "A" et "B".....	43
Fig. II.17. Variation des températures de surfaces moyennes intérieures et extérieures dans les maisons "A" et "B".....	44
Fig.II.18. Evolution de la température dans les maisons "A" et "B" à différents points de mesure et à différentes heures.....	46

## **Chapitre III:**

Fig.III.1. situation géographique de Guelma en Algérie.....	48
---	----

Fig.III.2. Diagramme de la température mensuelle à Guelma période (2005-2014).....	49
Fig.III.3. Diagramme de l'Humidité relative mensuelle à Guelma période (2005-2014).....	50
Fig.III.4. Diagramme de la Vitesse du vent mensuelle à Guelma période (2005-2014).....	51
Fig.III.5. Diagramme de l'isolation à Guelma période (2005-14).....	52
Fig.III.6. Diagramme de la précipitation mensuelle à Guelma période (2005-14).....	53
Fig.III.7 : disposition plan masse.....	55
Fig.III.8.disposition plan compact .....	56
Fig.III.9. la toiture végétalisée (toiture lourde).....	56
Fig.II.10.Diagramme bioclimatique de Givoni.....	57
Fig.II.11. diagramme psychométrique de S.V.ZOCOLAY.....	58
Fig.III.12.Situation de Hammam Debagh par rapport à la wilaya de Guelma.....	60
Fig.III.13.Carte topographique de la commune de hammam debagh.....	60
Fig.III.14. vue sur la cascade de hammam Debagh.....	61
Fig.III.15. les dolmens de Hammam Debagh.....	61
Fig.III.16..Plan de situation du terrain.....	62
Fig.III.17. Les rivières de la région.....	63
Fig.III.18. La beauté du site.....	64
Fig.III.19. A partir de la Route CW N° 122.....	65
Fig.III.20.Route vers Roknia.....	65
Fig.III.21. La coupe topographique du terrain.....	65

## **Chapitre IV :**

Fig.V.1. Schéma de principe.....	73
Fig.IV.2. légende du schéma de principe du projet.....	74
Fig.V.3. plan de masse du projet.....	75
Fig.IV.4. plan d'un groupement des bungalows.....	77
Fig.IV.5. Façade Nord « type01 ».....	78
Fig.IV.6. Façade sud « type 02 ».....	78
Fig.IV.7. façade Est du bungalow type 01.....	79

Fig.IV.8. Façade Ouest du bungalow type 02.....	79
Fig.IV.9. Plan du bungalow « type01 ».....	79
Fig.IV.10. Plan du bungalow « type02 ».....	80
fig.IV.12. Le Travertin.....	81
Fig.IV.11. l'Aluminium organique .....	81
Fig.IV. 13. les formes ondulées du bois .....	82
Fig.IV.14. un exemple du bois ondulé.....	82
Fig.IV. 15.Les étapes du traitement du bois.....	82
Fig.IV.16. toiture en tuile canal .....	82
Fig.IV.17. Tuiles canal posés sur létaux.....	82
Fig.IV.18 La pose du feutre bitumé .....	83
Fig.IV.19 Un schéma d'une toiture en tuile .....	83
Fig.IV.20. Les caractéristiques physiques et thermiques de la tuile en terre cuite.....	83
Fig.IV.21 Tableau de stratégies appliquées dans le projet.....	85
Fig.IV.22. Présentation de la fenêtre du Sketch Up.....	87
Fig.IV.23. le solstice d'hiver.....	89
Fig.IV.24.Plan de l'assiette de recherche à 10h 21/12/2015.....	89
Fig.IV.25.Façade de l'assiette de recherche à 10h 21/12/2015 .....	90
Fig.IV.27.Plan de l'assiette de recherche à midi 21/12/2015.....	90
Fig.IV.28.Façade de l'assiette de recherche à midi 21/12/2015.....	90
Fig.IV.29. Tableau : la hauteur solaire et l'azimut à midi (21/12/2015).....	90
Fig.I V. 23. Plan de l'assiette à 15h 21/12/2015.....	91
Fig.IV.31.Façade de l'assiette de recherche à midi 21/12/2015 .....	91
Fig.IV.32. Tableau : la hauteur solaire et l'azimut à midi (21/12/2015).....	91
Fig.IV.33. Le solstice d'été.....	91
Fig.I V.34. plan de l'assiette à 10h 21/06/2015.....	92
Fig.IV.35. Façade de l'assiette de recherche à 10h 21/06/2015.....	92
Fig.IV.36. Tableau : la hauteur solaire et l'azimut à 10:00h (21/06/2016).....	92
Fig.IV.37. plan de l'assiette à midi 21/06/2015.....	92
Fig.IV.38. Façade de l'assiette de recherche à midi 21/06/2015.....	93
Fig.IV.39. Tableau : la hauteur solaire et l'azimut à 12:00h (21/06/2016).....	93

Fig.IV.40. plan de l'assiette à 15h 21/06/2015.....	93
Fig.IV.41. Façade de l'assiette de recherche à 15h 21/06/2015.....	93
Fig.IV.42. Tableau : la hauteur solaire et l'azimut à 15:00h (21/06/2016).....	94
Fig.IV.43. plan de l'assiette à 18h 21/06/2015.....	94
Fig.IV.44. Façade de l'assiette de recherche à 18h 21/06/2015.....	94
Fig.IV.45. Tableau : la hauteur solaire et l'azimut à 18:00h (21/06/2016).....	94
Fig.IV.46. Organigramme des étapes de la simulation.....	95
Fig.IV.47. les paramètres de base de la région cible.....	96
Fig.IV.48. modelage de l'assiette de recherche en 2D.....	96
Fig.IV.49. modelage de l'assiette de recherche en 3D.....	97
Fig.IV.50. Lancement de configuration.....	97
Fig.IV.51. vérification des données .....	97
Fig.IV.52. Leonardo « logiciel annexe d'Envimet ».....	98
Fig.IV.53. fenêtre principal de Leonardo.....	98
Fig.IV.54- Les températures simulées pour une journée d'hiver (21/12/2015) à 11.....	99
Fig.IV.55- Les températures simulées pour une journée d'hiver (21/12/2015) à 14h.....	100
Fig.IV.56. Les températures simulées pour une journée d'hiver (21/12/2015) à 10h.....	100
Fig. IV.57. Les températures simulées pour une journée d'hiver (21/12/2015) à 13h.....	100
Fig.IV.58. La vitesse du vent simulée pour une journée d'hiver (21/12/2015) à 11h.....	102
Fig.IV.59. La vitesse du vent simulée pour une journée d'hiver (21/12/2015) à 14h.....	102
Fig.IV.60 . La vitesse du vent simulée pour une journée d'hiver (21/12/2015) à 10h.....	103
Fig.IV.61. La vitesse du vent simulée pour une journée d'hiver (21/12/2015) à 13h.....	103
Fig.IV.62. L'humidité relative simulée pour une journée d'hiver (21/12/2015) à 10h.....	103
Fig.IV.63. L'humidité relative simulée pour une journée d'hiver (21/12/2015) à 14h.....	103
Fig.IV.64. L'humidité relative simulée pour une journée d'hiver (21/12/2015) à 10h.....	105
Fig.IV.65. L'humidité relative simulée pour une journée d'hiver (21/12/2015) à 13h.....	105
Fig.IV.66. Les températures simulées pour une journée d'été (21/06/2015) à 11h.....	106
Fig.IV.67. Les températures simulées pour une journée d'été (21/06/2015) à 15h.....	107
Fig.IV.68. Turbulence sur le côté sous le vent.....	108
Fig. IV. 69. Fig. La vitesse du vent simulée pour une journée d'été (21/06/2015).....	108
Fig.IV.70. La vitesse du vent simulée pour une journée d'été (21/06/2015) a 15h.....	109
Fig.IV.71. La vitesse du vent simulée pour une journée d'été (21/06/2015) a 10h.....	109

Fig.IV.72. La vitesse du vent simulée pour une journée d'été (21/06/2015) à 12h.....	110
FigIV.73. L'humidité relative simulée pour une journée d'été (21/06/2015) à 11h.....	111
Fig.IV.74. L'humidité relative simulée pour une journée d'été (21/06/2015) à 15h.....	111



**Résumé:**

Concevoir une architecture plus respectueuse de l'environnement est l'intérêt de l'architecture bioclimatique dans le but de minimiser la consommation d'énergie.

Avec la crise énergétique, le recours aux procédés passifs a connu donc un essor de plus en plus amplifié. Par conséquent, l'effet de la végétation comme dispositif de rafraîchissement est reconnu ; son impact sur le confort extérieur a fait l'objet de maintes recherches. Quant à l'effet de la végétation sur le confort intérieur, celui-ci semble être insuffisamment traité.

Cette recherche étudie la relation qui existe entre le confort thermique dans le bâtiment et la végétalisation de la façade dans les zones semi humide dans le but de déterminer l'influence de l'intégration du mur végétal sur le confort thermique sans le recours au chauffage et à la climatisation artificielle, elle vise aussi à la caractérisation de ce mur végétal (dimension, orientation,...) pour arriver à un confort optimal dans la région étudiée.

D'ailleurs, les résultats de mesures ont révélé que, les plantes grimpantes à feuillage caduc sur un mur orienté sud ouest a un effet bénéfique sur l'environnement thermique extérieur près du bâtiment et par conséquent sur l'ambiance intérieure de ces derniers. En outre, nous avons relevé que la performance hygrothermique des plantes grimpantes vis-à-vis des bâtiments dépendaient étroitement de la densité du feuillage, de son épaisseur et du rapport de couverture, et finalement de la typologie.

**Mots clés :**

Végétation grimpante à feuillage caduc, confort hygrothermique estival, climat semi humide.