



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



Mémoire de fin d'études pour l'obtention du  
diplôme de master Académique  
**Domaine : Architecture, Urbanisme et Métiers de la ville**  
**Filière : Architecture**  
**Option : Architecture et environnement**

Thème :

**L'optimisation de la performance énergétique  
dans les mosquées**

**Elaboré par :**

BEZZA Amira.

BENTIBA Amina.

**Encadre par :**

Mr. AHRIZ Atef

**Soutenu devant le jury composé de :**

01- Mr. FEZZAI Soufiane

02- Mr. AHRIZ Atef

03- Mr. FARES Ali

Président

Rapporteur

Examineur

Année universitaire : 2017/2018

Remerciements.....	V
Dédicace.....	VI
Résumé.....	VII
Liste des figures.....	VIII
Liste des graphes .....	XII
Liste des tableaux .....	XIII
Introduction générale :.....	1
Problématique :.....	2
Hypothèses :.....	3
Objectifs de recherche : .....	3
Méthodologie de recherche : .....	3
Structure de mémoire .....	4

## Chapitre 01 : l'énergie dans le bâtiment

<b>Introduction</b> : .....	5
<b>1. Energie et architecture</b> .....	5
1.1 Energie : .....	5
1.1.1. L'énergie grise.....	6
1.1.2. L'énergie primaire globale .....	6
1.1.3. L'énergie primaire : .....	6
1.1.4. L'énergie finale : .....	6
1.2 La conception architecturale et la consommation énergétique : .....	7
1.2.1 Naissance du concept énergétique du bâtiment : .....	7
1.2.2 L'indice de dépense d'énergie (IDE) :.....	7
1.3 Pour une architecture consciente de l'énergie : .....	7
1.4 L'utilisation rationnelle de l'énergie et Le confort thermique : .....	8
<b>2. La performance énergétique</b> : .....	8
2.1 La consommation énergétique : .....	9
a. Le bilan de consommation énergétique :.....	9
b. La consommation conventionnelle d'énergie : .....	9
2.2 L'efficacité énergétique : .....	9
2.3 La performance énergétique : .....	10
2.4 Les techniques d'aboutissement de l'efficacité énergétique ? .....	10
2.4.1. La facturation : .....	11

2.4.2. Les logiciels de simulation de la consommation énergétique : .....	11
2.4.3. Les diagrammes bioclimatiques : .....	11
<b>3. Comment améliorer l'efficacité énergétique des équipements ? .....</b>	<b>14</b>
3.1 Solution conceptuelle : .....	14
3.2 Solution technique : .....	16
<b>4. Le comportement énergétique d'une enveloppe : .....</b>	<b>17</b>
4.1. Définition d'une enveloppe : .....	17
4.2. Les exigences d'une façade auxquelles doit faire face : .....	17
4.3. La conception thermique de l'enveloppe : .....	18
4.4. Rapport : surface/volume : (RSV) .....	19
4.5. Rapport : surface de l'enveloppe/la surface de plancher : (RSSP) .....	19
4.6. Comment réduire la consommation énergétique par l'enveloppe ? .....	19
4.7. L'importance de l'équilibre entre l'expression architecturale et l'efficacité énergétique des formes architecturale : .....	20
<b>Conclusion : .....</b>	<b>21</b>

## Chapitre 02 : les mosquées

<b>Introduction : .....</b>	<b>22</b>
<b>1. Généralité : .....</b>	<b>22</b>
1.1 Définition de la mosquée et origine du mot : .....	22
1.2 Le rôle de la mosquée : .....	22
1.2.1 La mosquée centre de vie sociale : .....	22
1.2.2 La mosquée centre d'enseignement : .....	23
1.2.3 La mosquée centre politique : .....	23
1.2.4 La mosquée siège de tribunal : .....	23
1.2.5 La mosquée trésor public : .....	23
1.3. La chronologie de type des mosquées : .....	23
1.3.1 La mosquée arabe : .....	23
1.3.2 La mosquée persane : .....	24
1.3.3 La mosquée ottomane : .....	24
<b>2. Les Éléments architecturale de la mosquée : .....</b>	<b>25</b>
2.1 Le mihrab : .....	25
2.2 LE MINBAR ET LA MAQSURA : .....	26
2.3 LA COUR : .....	27
2.4 LE MINARET : .....	27
2.5 LE DÔME : .....	28
2.6 LA Coupole : .....	28

2.7	L'IWAN :	29
2.8	LES GALERIES PORTIQUES :	30
2.9	LES PILIERS :	30
2.10	LES COLONNES :	30
2.11	LES CHAPITEAUX :	30
2.12	LES ARCS :	30
<b>3.</b>	<b>Les éléments de la mosquée peuvent améliorer l'efficacité énergétique :</b>	<b>31</b>
<b>4.</b>	<b>Les Formes architecturales des mosquées :</b>	<b>32</b>
4.1	Les mosquées fermer ou ouvert :	32
4.2	Les mosquées avec forme carré ou rectangulaire :	33
4.3	Les mosquées avec un seul niveau ou multiples niveaux :	33
4.4	Les mosquées avec arcades ou sans arcade :	33
4.5	Les mosquées avec coupole ou sans coupole :	34
	<b>Conclusion :</b>	<b>34</b>
 <b>Chapitre 03 : les recherches antérieures</b> 		
	<b>Introduction :</b>	<b>36</b>
<b>1.</b>	<b>Les recherches antérieures :</b>	<b>36</b>
1.1.	Recherches antérieures sur la performance énergétique :	36
1.2.	Les recherches antérieures sur la forme et la performance énergétique :	40
1.3.	Recherches antérieures sur la mosquée et la performance énergétique :	42
<b>2.</b>	<b>Les méthodes pour l'évaluation de la performance énergétique :</b>	<b>43</b>
2.1.	L'évaluation énergétique par le calcul conventionnel 3CL :	43
2.2.	L'évaluation énergétique par La méthode expérimentale :	44
2.3.	L'évaluation énergétique par la méthode enquête :	45
2.4.	L'évaluation énergétique par Les logiciels :	45
<b>3.</b>	<b>Les logiciels de simulation thermique du bâtiment :</b>	<b>46</b>
A.	Design Builder :	46
B.	Bleitudes + Comfie :	47
C.	Virtual Environnement :	48
D.	TAS :	49
E.	Ecotect : (destiné aux architectes) :	50
<b>4.</b>	<b>Le choix du logiciel de simulation :</b>	<b>51</b>
4.1	Ecotect :	51
4.2.	Analyse de performance énergétique avec ECOTECT :	53
	<b>Conclusion :</b>	<b>54</b>



## Chapitre 04 : Zone d'intervention et création du modèle

<b>Introduction :</b>	55
<b>1-Présentation de la ville de Tébessa :</b>	55
1-1-La situation géographique :	55
1-2- Etude générale de climat :	56
1.3 Les données météorologiques de la zone d'études :	57
1.3.1. La Température :	57
1.3.2. L'humidité relative :	57
1.3.3. La vitesse de vent :	58
<b>2-Le choix du logiciel de simulation :</b>	58
2.1. La création du modèle et les variables de l'analyse :	59
2.1.1 Les paramètres fixes d'analyse :	59
2.1.2 Les paramètres variables d'analyse :	59
2.2. La codification des paramètres d'analyse :	60
2.3. Les scénarios :	60
<b>3. Création du modèle :</b>	61
<b>4. Les étapes de l'expérimentation (simulation) :</b>	66
<b>Conclusion :</b>	69

## Chapitre 05 : simulation

<b>Introduction :</b>	70
<b>1- vérification générale de la consommation énergétique dans les 24 scénarios et pendant deux période heating et cooling :</b>	70
A- La consommation énergétique pendant la période de climatisation (cooling) :	70
B- La consommation énergétique pendant la période de chauffage (heating) :	71
1-1 Vérification de la consommation énergétique et l'économie d'énergie :	71
A. pendant la période Cooling :	71
B. pendant la Heating :	73
1-2 classement générale de la consommation énergétique (cooling/heating) :	75
1-3 classement finale de l'économie d'énergie (cooling/heating) :	76
<b>2. décodification du classement finale des scénarios :</b>	79
<b>Conclusion :</b>	85
<b>Conclusion Générale :</b>	86
<b>Bibliographie :</b>	87

**Remercîments :**

*Tout d'abord, nous remercions le Dieu, notre créateur de nos avoir donné les forces, la volonté et le courage afin d'accomplir ce travail modeste.*

*Nous adressons le grand remerciement et toutes nos gratitude à notre encadreur Mrs AHRIZ Atef pour son suivi, ses nombreux conseils et ses critiques constructives du début à la fin de ce travail.*

*Nous tenons aussi à exprimer nos profonds remerciements au Membres de jury à leurs efforts et leur soin apporté à notre travail, tout particulièrement :*

*Nous souhaitons exprimer notre gratitude à Mr. FEZZAI et à Mr. FARES pour avoir lu notre mémoire.*

*Nous tenons aussi à remercier nos enseignants de département d'architecture de Tébéssa pour leur disponibilité et encouragements tout au long de notre formation.*

*Merci à nos familles qui nous ont toujours soutenues et à tout ce qui participe de réaliser ce mémoire.*

*Merci à tous les amis qui ont fait preuve de compréhension et de patience.*

*A tous ceux dont nous avons croisé le chemin et qui d'un sourire ou d'un mot gentil, ont su nous encourager.*

***Nos sincères remerciements à vous tous***

## *Dédicace :*

Je dédie cet évènement à la mémoire de l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon Source de courage, celui qui S'était toujours sacrifié pour me voir réussir, j'avoue que tu me manques. que dieu te accorde le paradis à toi mon père.

À la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la Flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; maman Que j'adore.

À mon adorable frère et toutes mes sœurs.

Aux personnes qui étaient toujours à mes côtés, et qui

M'ont accompagnaient durant mon chemin d'études.

*Amira.*

Je dédie le présent travail à mon père qui a su nous insuffler l'amour du savoir et des études.

À ma très chère mère qui m'a aidé à choisir et à tracer mon parcours.

Que Dieu lui accorde une longue vie.

Et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours. Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés.

Ce travail est également dédié

À mes chers frères et mes chères sœurs et à toute la famille.

À tous mes amis et collègues.

À toute personne qui a su être présente lorsque j'en avais besoin.

*Amina.*

## Résumé :

La performance énergétique dans l'architecture, constitue une demande reconnue et justifiée, à laquelle le designer doit apporter des solutions durables afin d'éviter toute opération de réhabilitation énergétique prématurée. La présente recherche s'intéresse à l'optimisation de la performance énergétique dans les mosquées. Elle a pour objectif d'améliorer la performance énergétique dans les mosquées à travers des solutions formelles naturelles. À cet effet, la forme des mosquées et les proportions et les dimensions de la forme sont les paramètres clés pour l'efficacité énergétique. Cette étude est effectuée sur la conception des simulations informatiques de la consommation énergétique de 24 scénarios des mosquées dans la ville de Tébessa cette simulation faite à l'utilisation de logiciel Ecotect analysis, une fois les résultats obtenus, nous procédons à leur présentation et interprétation. Pour l'arrivage au modèle optimal et le plus performant. Les résultats obtenus ont affirmé que les dimensions, les propositions des indicateurs de la forme des mosquées affectent considérablement la consommation d'énergie.

**Mots clés :** Performance énergétique, la forme, mosquée, simulation informatique, optimisation.

## المخلص:

يشكل أداء الطاقة في الهندسة المعمارية طلب معروف و مبرر ومن هنا وجب على المصمم اخذ حلول مستدامة وتقادي كل عمليات رد اعتبار قبل فوات الاوان . يهتم بحثنا على عملية تجريب الاداء الحراري للمساجد بهدف تحسين الاداء الحراري للمساجد من خلال حلول تشكيلية طبيعية من هذا السياق يعتبر شكل المساجد نسبه و أبعاده من العوامل الرئيسية للتأثير الحراري حيث تعتمد دراستنا على فكرة المحاكاة الرقمية للاستهلاك الحراري ل 24 نموذج حراري للمساجد في مدينة تبسة باستخدام برنامج Ecotect analysis حيث نقوم بتجريب السلوك الحراري حتى الوصول الى النموذج الحراري الامثل . تأكد النتائج التحصل عليها على ان الابعاد و نسب ومكونات الشكل العام للمساجد تأثر بشكل كبير على استهلاك الطاقة.

**الكلمات الدالة:** أداء الطاقة, الشكل, المساجد, المحاكاة الرقمية , تجريب.



---

## Liste des figures :

### Chapitre 01 :

- Figure. 1** : chaine énergétique, Source : (Mohammed, 2012).....6
- Figure. 1** : le diagramme bioclimatique de Givoni , source:GivoniB., 1978.....12
- Figure. 3** : le diagramme bioclimatique d'Olgyay (1963) , source: LIEBARD A. et DE HERDE A. 2005) .....12
- Figure. 4**: zones de contrôle potentiel selon Szokolay à la ville de Guelma, Source : (MEDJELEKH D, 2006) .....13
- Figure. 5**: Le diagramme de triangles de confort d'Evans, source : :(Evans J . M 2007).....14
- Figure. 6**: isolation thermique, Source : ( isolation.idées, 2017) .....16
- Figure 7**: La façade et les exigences auxquelles elle doit faire face., Source :(minergie, 2015) .....18
- Figure 8**: L'influence du rapport de la surface de l'enveloppe (A) sur le volume d'une chambre (V) sur L'énergie primaire dans une chambre selon des différentes qualités de l'isolation, Source : (Michael Bauer, 2007.p73).....19

### Chapitre 02 :

- Figure 9** : Grande mosquée de Sanaa, 8ème siècle, Sanaa, Yémen, source : ArchNet Digital Library [online] .....24
- Figure 10** : Mosquée Abdullokhon, 16ème siècle, Tadjikistan, source : ArchNet Digital Library [online] .....24
- Figure 11** : Mosquée Souleymane, 16ème siècle, source : ArchNet Digital Library [online] .....25
- Figure 12** : le mihrab de Kairouan, Source : Wikipédia,2007.....26
- Figure 13** : le mihrab de Cordoue, source : Wikipédia,2007.....26
- Figure 14** : La Mosquée Sultan Hassan Egypte, source : <http://www.sacreddestinations.com/egypt./cairo-sultan-hassan-mosque.htm>.....26
- Figure. 15** : Le minaret de la Grande Mosquée de Kairaouane,source : Wikipédia..... 28
- Figure.16** : Différents types de minarets. 1. Irak 2. Maroc 3. Turquie 4. Inde, 5. Égypte 6. Asie, source : planetWare.....28
- Figure 17** : Mosquée Ouzbékistan, source :Wikipédia,2007.....29
- Figure 18** : coupole du Mosquée Bleue source : Wikipédia,2007 .....29
- Figur 19** : les iwans dans la mosquée du vendredi Iran, Source : ouvrage Henri Stierlin....29

<b>Figure 20:</b> les différents types des piliers, Source : ouvrage Henri Stierlin.....	30
<b>Figure 21 :</b> les différentes formes d’arcs. Source : ouvrage Henri Stierlin.....	31
<b>Figure 22 :</b> mosquée cheikh Zayed à Abu Dhabi. Source : Wikipédia,2017.....	32
<b>Figure 23 :</b> mosquée Mohammad Ali à Egypte. Source : Wikipédia,2017.....	32
<b>Figure 24 :</b> mosquée Kowloon à Hong Kong. Source : Wikipédia,2017.....	33
<b>Figure 25 :</b> Masdjid al – nabawi à Arabie saoudite. Source : Wikipédia,2017.....	33
<b>Figure 26 :</b> mosquée Okba ben Nafi ‘a à Algérie. Source : Wikipédia 2017.....	33
<b>Figure 27 :</b> mosquée Abu-el-Abbas à Egypte. Source : Wikipédia 2017.....	33
<b>Figure 28 :</b> mosquée du Cœur de Tchétchénie à Grozny. Source : Wikipédia,2017.....	34
<b>Figure 29 :</b> mosquée Grande Mosquée de Kairouan à Tunisie. Source : Wikipédia 2017.....	34
<b>Figure 30 :</b> Mosquée Hassan II au Maroc. Source : Wikipédia,2017.....	34
<b>Figure 31 :</b> mosquée du Dôme du Rocher à Jérusalem. Source : Wikipédia2017.....	34

### Chapitre 03 :

<b>Figure 32:</b> interface design builder, source: designbuilder.co.uk.....	46
<b>Figure 34 :</b> Virtual Environnement, source : iesve.com/software.....	49
<b>Figure 35 :</b> interface du logiciel TAS, source : http://212.23.11.237. ....	49
<b>Figure 36 :</b> Ecotect analysas, Source : www.autodesk.com/ecotect-analysis. ....	50
<b>Figure 37 :</b> Résultats de simulation sous Ecotect, ombrage (a), lumière du jour (b) et performances thermique (c). (Source : www.autodesk.com/ecotect-analysis) .....	51

### Chapitre 04 :

<b>Figure 38 :</b> situation de Tébessa par rapport à l’Algérie, source DTP de la wilaya de Tébessa.....	56
<b>Figure 39 :</b> température en 2015 Tébessa, source infoclimat.com.....	56
<b>Figure 40 :</b> l’intégration des données climatique de la région et la précision de la date, source auteur.....	61
<b>Figure 41 :</b> la précision de l’heure, l’activité et la température, source auteur.....	61
<b>Figure 42 :</b> niveau d’éclairage et l’occupation, source auteur.....	62
<b>Figure 43:</b> vue 3d sur le modèle A1A0, source auteur.....	62
<b>Figure 44:</b> vue 3d sur le modèle A1A1, source auteur.....	62
<b>Figure 45 :</b> vue 3d sur le modèle A1A3, source auteur.....	63
<b>Figure 46 :</b> vue 3d sur le modèle A1S0, source auteur.....	63

<b>Figure 47</b> : vue 3d sur le modèle A1S1, source auteur.....	63
<b>Figure 48</b> : vue 3d sur le modèle A1S3, source auteur.....	63
<b>Figure 49</b> : vue 3d sur le modèle A2A0, source auteur.....	63
<b>Figure 50</b> : vue 3d sur le modèle A2A1, source auteur.....	63
<b>Figure 51</b> : vue 3d sur le modèle A2A3, source auteur.....	64
<b>Figure 52</b> : vue 3d sur le modèle A2S0, source auteur. ....	64
<b>Figure 53</b> : vue 3d sur le modèle A2S1, source auteur.....	64
<b>Figure 54</b> : vue 3d sur le modèle A2S3, source auteur.....	64
<b>Figure 55</b> : vue 3d sur le modèle B1A0, source auteur .....	64
<b>Figure 56</b> : vue 3d sur le modèle B1A1, source auteur.....	64
<b>Figure 57</b> : vue 3d sur le modèle B1A3, source auteur.....	65
<b>Figure 58</b> : vue 3d sur le modèle B1S0, source auteur.....	65
<b>Figure 59</b> : vue 3d sur le modèle B1S1, source auteur.....	65
<b>Figure 60</b> : vue 3d sur le modèle B1S3, source auteur.....	65
<b>Figure 61</b> : vue 3d sur le modèle B2A0, source auteur.....	65
<b>Figure 62</b> : vue 3d sur le modèle B2A1, source auteur.....	65
<b>Figure 63</b> : vue 3d sur le modèle B2A3, source auteur.....	66
<b>Figure 64</b> : vue 3d sur le modèle B2S0, source auteur. ....	66
<b>Figure 65</b> : vue 3d sur le modèle B2S1, source auteur.....	66
<b>Figure 66</b> : vue 3d sur le modèle B2S3, source auteur.....	66
<b>Figure 67</b> : analysis du scénario A1S0, source auteur.....	67
<b>Figure 68</b> : type d'analyse et calculassions des résultats, source auteur.....	67

## Chapitre 05 :

<b>Figure 69</b> : scenario A1S3, source auteur.....	79
<b>Figure 70</b> : scenario B1A3, source auteur .....	79
<b>Figure 71</b> : scenario A1A3, source auteur.....	79
<b>Figure 72</b> : scenario A1A1, source auteur.....	79
<b>Figure 73</b> : scenario B1S3, source auteur .....	80
<b>Figure 74</b> : scenario B1A1, source auteur .....	80
<b>Figure 75</b> : scenario A1A0, source auteur.....	80
<b>Figure 76</b> : scenario A1S1, source auteur .....	80
<b>Figure 77</b> : scenario B1S1, source auteur .....	81

---

<b>Figure 78</b> : scenario B1A0, source auteur .....	81
<b>Figure 79</b> : scenario A1S0, source auteur .....	81
<b>Figure 80</b> : scenario B1S0, source auteur .....	81
<b>Figure 81</b> : scenario A2S1, source auteur.....	82
<b>Figure 82</b> : scenario B2S1, source auteur.....	82
<b>Figure 83</b> : scenario B2A1, source auteur.....	82
<b>Figure 84</b> : scenario A2S0, source auteur .....	82
<b>Figure 85</b> : scenario A2A1, source auteur.....	83
<b>Figure 86</b> : scenario A2A0, source auteur.....	83
<b>Figure 87</b> : scenario B2S0, source auteur .....	83
<b>Figure 88</b> : scenario B2A0, source auteur.....	83
<b>Figure 89</b> : scenario A2S3, source auteur .....	84
<b>Figure 90</b> : scenario B2S3, source auteur .....	84
<b>Figure 91</b> : scenario B2A3, source auteur .....	84
<b>Figure 92</b> : scenario A2A3, source auteur.....	84
<b>Figure 93</b> : forme idéale du mosquée, source auteur. ....	85

## Listes des graphes :

<b>Graphe 01</b> : La variation mensuelle de la température site Web de l'office nationale de météorologique ,2009.....	57
<b>Graphe 02</b> : La variation mensuelle de l'humidité relative, source (Site web de l'office nationale de météorologique, 2009.....	58
<b>Graphe 03</b> : La variation mensuelle de la vitesse du vent ,2009.....	58
<b>Graphe 04</b> : la consommation énergétique de chauffage, source auteur 2018. ....	68
<b>Graphe 05</b> : classement du l'économie d'énergie (Heating), source auteur .....	68
<b>Graphe 06</b> : la consommation énergétique de climatisation, source auteur 2018. ....	70
<b>Graphe 07</b> : la consommation énergétique de chauffage, source auteur 2018. ....	71
<b>Graphe 08</b> : classement des scénarios par consommation énergétique(cooling), source auteur 2018. ....	72
<b>Graphe 09</b> : classement du l'économie d'énergie des scénarios (cooling), source auteur.....	72
<b>Graphe 10</b> : classement des scénarios par consommation énergétique (heating), source auteur.....	74
<b>Graphe 11</b> : classement du l'économie d'énergie des scénarios (heating), source auteur.....	74
<b>Graphe 12</b> : classement générale de la consommation énergétique (cooling/heating), source auteur. ....	76
<b>Graphe 13</b> : classement finale de l'économie d'énergie (cooling/heating), source auteur.....	77

## Liste des tableaux :

<b>Tableau 01</b> : Tableau de la variation mensuel de la température, source : site Web de l'office national de météorologique, 2009.....	57
<b>Tableau 02</b> : Tableau de la variation mensuel de l'humidité relative, 2009.source (Site web de l'office nationale de météorologique, 2009.....	57
<b>Tableau 03</b> : Tableau de la variation mensuel de la vitesse du vent, 2009.source (Site web de La vitesse maximale du vent est observé au mois d'Octobre d'une valeur de 14.1 m/s.....	58
<b>Tableau 04</b> : les variables d'analyse, source l'auteur. ....	59
<b>Tableau 05</b> : la codification des paramètres d'analyse, source auteur.....	60
<b>Tableau 06</b> : Les scénarios, source auteur.....	60
<b>Tableau 07</b> : la consommation énergétique de climatisation, source : auteur.....	67
<b>Tableau 08</b> :la consommation totale pour les scénarios, source auteur.....	71
<b>Tableau 09</b> : classement des scénarios par consommation énergétique et économie d'énergie, source auteur. ....	72
<b>Tableau 10</b> : consommation totale pour les scénarios (heating), source auteur. ....	73
<b>Tableau 11</b> : classement des scénarios par consommation énergétique (heating), source auteur. ....	73
<b>Tableau 12</b> : classement générale de la consommation énergétique (cooling/heating) , source auteur. ....	75
<b>Tableau 13</b> : classement finale de l'économie d'énergie (cooling/heating) , source auteur.....	77
<b>Tableau 14</b> : tableaux de décodifications des scénarios avec classement, source auteur.....	84
<b>Tableau 15</b> : classement finale de performance énergétique (cooling/heating), source auteur..	85

## Introduction générale :

Le besoin de construire beaucoup, vite et pas cher, a engendré une rupture entre l'architecture, victime d'une nouvelle technologie de chauffage et de climatisation, et son environnement le plus proche. L'augmentation de l'efficacité énergétique et l'atténuation des impacts climatiques représentent les principaux défis à relever au cours des années à venir.

« *L'architecture est fatalement climatique, il n'y a architecture que lorsqu'il y a Contraintes. Le climat en est une à laquelle on n'échappe pas* ». Pierre Lavigne, 2009.

Alors que la consommation énergétique dans l'architecture, constitue une demande reconnue et justifiée, à laquelle le concepteur doit apporter des solutions durables afin d'éviter toute opération de réhabilitation énergétique prématurée. L'économie d'énergie devient ainsi un élément structurant du projet architectural, dans un cadre permettant d'approcher le paramètre environnemental de préoccupations.

La maîtrise des éléments passifs, contribuant à l'efficacité énergétique, tels que l'orientation, les ouvertures, la forme architecturale... minimisera sans aucun doute la consommation énergétique. Pour cela nous assistons aujourd'hui à la réalisation d'édifices performants énergétiquement.

Ainsi que la question du confort vis à vis la consommation énergétique est très présente dans les édifices culturels islamique, les mosquées en particulier, qui fait partie des œuvres architecturales qui nous donnent un aperçu de la variété des approches et des réalisations en ce qui concerne la dynamique entre la forme architecturale et la performance énergétique surtout que c'est l'édifice qui doit offrir des conditions favorable pour les prières des fidèles .

Alors que les mosquées dans l'Algérie connaissent une crise aiguë en matière de confort thermique ne semble pas être le souci majeur des concepteurs. Le paysage urbain et architectural des agglomérations algériennes augmente la consommation énergétique et l'utilisation des systèmes de chauffage et de climatisation dans toutes les villes algériennes et de tous les climats. Ce phénomène est caractérisé par une forte demande ou la quantité a pris le dessus sur la qualité.

Parmi ces villes on compte la ville de Tébessa, une ville avec un climat semi aride, situé dans une zone aux potentialités locales inestimables et à un microclimat spécifique, à une intensification urbaine qui a causé une augmentation considérable à l'utilisation des énergies.

## Problématique :

La mosquée est l'institution primaire de l'islam et le symbole de l'identité de la civilisation islamique c'est le lieu où les cœurs des musulmans s'assemblent pour seule raison est le culte de Dieu et principalement de faire la prière.

De cette logique que la prière imposée de la vénération, les designers doivent offrir toutes les conditions nécessaires pour assurer le confort des fidèles tel que le confort : acoustique, visuel, psycho-sensitif, thermique... ce dernier est le principal et le plus important pour assurer ce confort.

Tous ces conditions étaient assurées dans les mosquées antiques. La preuve les anciennes mosquées tel que : Masjid Quiba en Arabie Saoudite, de Kufa en Irak, Kairouan en Tunisie..... grâce aux techniques de constructions et aux matériaux utilisés (pierres, la terre, le bois.....).

Au post colonial la mosquée en Algérie souffre d'une grande dégradation au niveau du confort. Avec la nouvelle tendance qui connaît un grand développement comme une réflexion de ce que les sciences ont permis (l'apparition du parpaing, béton armé...).

On constate que la mosquée devient une boîte décorée sans prendre en considération l'aspect du confort, qu'on voit aujourd'hui dans nos mosquées des problèmes : des odeurs, de sonorisation....., qui doivent être traités dernièrement avec des outils et des solutions industrialisés. Avec utilisation du haut parleur des systèmes de chauffage et refroidissement...

Malgré il y a des solutions passives qui peuvent réduire cet impact avant la construction et avant toutes solutions techniques.

Le confort thermique est le plus marquant et l'utilisation des systèmes de chauffage et refroidissement est le plus excessive qui augmentent conventionnellement la consommation d'énergie dans les mosquées.

Les éléments des mosquées qui peuvent influencer sur la consommation énergétique sont : les variables et les fixes.

Les fixes sont ce qu'Allah et le prophète Mohammed (SWS) ont prouvé et tous les Musulmans se sont mis d'accord.

Sont toutes les considérations légitimes qui doivent être respectées lors de la conception, comme l'orientation de la qibla dans la prière. Le Respect du caractère sacré du Mouadin

Les variables sont tous ceux qui ne s'opposent pas avec les fixes comme : les matériaux, les couleurs, l'éclairage, l'emplacement, la forme....



---

Ces variables sont les solutions qu'on peut les changer pour apportez les idées et la création architecturale et de coté énergétiques pour améliorer la performance énergétique dans les mosquées.

L'un de ces solutions qu'on va traiter dans notre recherche est la forme qui joue un rôle important dans l'amélioration de la performance énergétique.

**-par quel procéder on peut améliorer la performance énergétique dans les mosquées ?**

**-quelles sont les indicateurs de la forme qui influencer a la performance énergétique ?**

### **Hypothèses :**

-Dans le domaine de l'architecture la forme architecturale a une influence sur l'éclairage, le chauffage, et les besoins de refroidissement de la mosquée elle joue un rôle principal du taux de consommation énergétique dans la mosquée, notamment l'effet sur le confort thermique.

- les proportions et les dimensions de la forme sont les indicateurs qui peuvent être liées à la consommation de l'énergie dans les bâtiments.

### **Objectifs de recherche :**

-l'amélioration de la performance énergétique dans les mosquées à travers des solutions formels naturels qui aides les concepteurs dans leurs designs sans l'utilisation des solutions techniques. Après que les critères des mosquées reposent seulement dans le coté esthétique et ignorer les aspects énergétiques.

### **Méthodologie de mémoire :**

Cette recherche sera développée en deux principales parties. Afin d'arriver à une conclusion qui affirme ou infirme l'hypothèse de départ présentée au-dessus. La première partie s'agit d'introduire le thème de recherche à travers le traitement des différents aspects théoriques du sujet. Dans la deuxième partie, expérimentale pour aboutir à nos objectifs on fait appel à la simulation numérique à l'aide du logiciel Ecotect. Cette simulation numérique est faite à la base de l'optimisation énergétique de 24 scénarios des mosquées afin de l'interprétation des résultats obtenus par la simulation.

## Structure de mémoire :

Introduction, problématique, les hypothèses et les objectifs de recherche

Le mémoire est divisé en cinq chapitres distribués comme suit :

- On s'intéresse dans le **premier chapitre** à l'énergie et l'efficacité énergétique dans les bâtiments, pour définir les points les plus intéressants en matière de la préservation de l'énergie.

Ainsi de connaître les différents outils d'aide à sa valorisation et comment peut-on Réduire cette consommation.

Dans Le **deuxième chapitre** nous serons amenés à traiter la définition de nos concepts à savoir les mosquées et leur composante à travers l'historique des mosquées en s'appuyant sur des modèles et citations pour mieux cerner ce concept. Il s'agit ensuite de se diriger vers la notion des consommations énergétique et les éléments des mosquées qui influent sur les.

Pour le **troisième chapitre** : Nous avons fait une synthèse de ce qui a été réalisé dans ce domaine et classé selon les paramètres étudiés.

Ensuite on va analyser Les méthodes pour l'évaluation de la performance énergétique, Afin de pouvoir trouver le meilleur type d'analyse dans la partie analytique de la recherche Et c'est : L'évaluation énergétique par Les logiciels.

**Sur le Quatrième chapitre** Une analyse de 24 modèles des mosquées a la wilaya de Tébessa suivis d'expérimentations avec le logiciel de Ecotect analysas, nous a permis de déterminer l'impact de la forme des mosquées sur la consommation d'énergie

Et dans le **cinquième chapitre** nous effectuons des simulations informatiques de la consommation énergétique de plusieurs modèles développés au chapitre précédent qui nous conclut 24 scénarios à optimiser, une fois les résultats obtenus, nous procédons à leur présentation et interprétation. Pour arrive au modèle optimal le plus performant.

- La **conclusion générale** : expose les conclusions et les synthèses tirées de travail, des recommandations architecturales pour l'optimisation de la performance énergétique des mosquées dans la zone climatique du Tébessa.

# **CHAPITRE 01**

## *L'énergie dans le* *bâtiment*

## **Introduction :**

L'énergie en milieu urbain est un enjeu majeur placé au centre des préoccupations des nouvelles politiques urbaines durables, car elle est en augmentation et elle a un grand impact sur notre environnement. Les principales conséquences sont : la pollution atmosphérique causant une augmentation de l'effet de serre qui provoque un réchauffement climatique, Ça qui attaque aussi le confort thermique.

Alors le recours aux solutions passives est devenu primordial. C'est la meilleure solution pour résoudre les problèmes néfastes aussi bien que les problèmes environnementaux et économiques. L'environnement construit consomme une quantité d'énergie primaire importante ce qui implique des émissions de CO<sub>2</sub> élevées. Pas mal des problèmes environnementaux ont été constatés, ils sont issus du secteur de la construction : la déforestation, l'érosion du sol, la pollution de l'environnement, les acides, la destruction de la couche d'ozone, l'épuisement des combustibles fossilisée et le réchauffement climatique.

Ce chapitre vise à introduire à la notion de la consommation énergétique Ainsi de connaître les différents outils d'aide à sa valorisation et comment peut-on Réduire cette consommation.

## **1. Energie et architecture**

### **1.1 Energie :**

Le mot énergie désigne « la capacité d'un système à produire un travail, c'est l'un des quatre concepts prédéfinis de la physique, avec la matière, l'espace et le temps ». L'énergie se manifeste sous différentes formes et peut passer d'une forme à une autre, ou se décomposer en plusieurs formes, mais l'énergie totale d'un système isolé demeure constante. En particulier, l'énergie totale de l'Univers est constante, elle ne fait que se transformer ou se propager. Ce principe de la conservation de l'énergie constitue l'une des bases de la physique et résulte de l'homogénéité de l'Univers. (BENHARRA.Houda, 2016)

#### **1.1.1. L'énergie grise :**

Selon le dictionnaire de l'environnement : "L'énergie grise correspond à la dépense énergétique totale pour l'élaboration d'un matériau, tout au long de son cycle de vie, de son extraction à son recyclage en passant par sa transformation, une énergie évaluée en kWh/tonne". Elle est de but de mesurer l'impact environnemental des matériaux.

D'autre part, elle présente la somme des apports énergétiques importants durant toutes les étapes de la durée d'un produit. Ses principales unités de calculs sont :

Kilowattheure (kWh) par unité de mesure comme : kWh/m<sup>3</sup>, kWh/tonne, kWh/m<sup>2</sup> et le mégajoules (MJ). (Dictionnaire.de.l'environement, 2010) (Dictionnaire.de.l'environement, 2010) (Dictionnaire.de.l'environement, 2010).

### 1.1.2. L'énergie primaire globale :

Est l'énergie brute qui n'a pas encore été soumise à une conversion ou à une transformation. Il s'agit de la somme d'une part d'énergie primaire renouvelable (éolienne, biomasse, solaire, hydraulique) et d'autre part, d'énergie primaire non renouvelable (nucléaire, fossile, bois issu de déboisement des forêts primaires). (BENHARRA.Houda, 2016)

### 1.1.3. L'énergie primaire :

"C'est la première forme d'énergie directement disponible dans la nature avant toute transformation : bois, charbon, gaz naturel, pétrole... etc.". Elle est mesurée en KWh. L'énergie primaire est l'énergie disponible dans l'environnement : bois, charbon, gaz naturel, pétrole... etc.". Et directement exploitable sans transformation. Étant donné les pertes d'énergie à chaque étape de transformation, stockage et transport, la quantité d'énergie primaire est toujours supérieure à l'énergie finale disponible.(futura.planète, 2002)

### 1.1.4. L'énergie finale :

On appelle énergies finales les énergies qui sont utilisées par l'homme (gaz, électricité, fioul domestique, bois, etc.). Pour arriver à ces énergies, il aura fallu les extraire, les produire, les stocker et les distribuer, c'est en fait l'énergie qui arrive chez le consommateur et qui lui est facturée.

La chaîne énergétique reliant l'énergie primaire (énergie disponible dans la nature avant toute transformation) et l'énergie finale présentée par la Figure.1. (Mohammed, 2012)

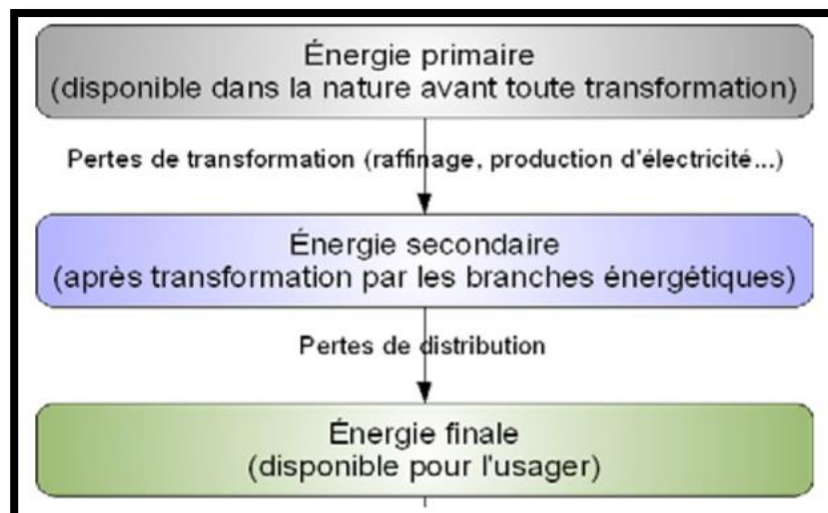


Figure. 1 : chaîne énergétique, Source : (Mohammed, 2012)

## **1.2 La conception architecturale et la consommation énergétique :**

### **1.2.1 Naissance du concept énergétique du bâtiment :**

Le concept énergétique du bâtiment introduit à une démarche systématique incluant l'élaboration de certaines variations. Elles sont de but de limiter le besoin en énergie d'une construction et de ses installations. Aussi, de minimiser le recours aux énergies fossiles. Ce concept repose sur des concepts architecturaux et techniques cohérents en fonction des besoins des utilisateurs, des opportunités et des contraintes présentées par l'environnement du projet et parfois par lui-même.

### **1.2.2 L'indice de dépense d'énergie (IDE) :**

Il s'agit d'un indice pour comparer la consommation d'énergie du bâtiment. Cet indice-là résulte de la division de la consommation annuelle d'énergie totale (de tous les agents énergétiques) exprimée en MJ par la surface brute de plancher chauffé (murs inclus). (BENHARRA.Houda, 2016)

### **1.3 Pour une architecture consciente de l'énergie :**

Afin de diminuer très sensiblement les besoins de chauffage sans perturber le confort d'été et pour un surcoût très raisonnable, voir quasiment nul, une démarche consiste à conjuguer favorablement un certain nombre d'éléments entre eux :

- bonne implantation dans le site.
- orientation, dimensionnement et constitution des baies vitrées et de leurs fermetures nocturnes.
- inertie thermique.
- masques du bâtiment lui-même ou de l'environnement.
- régulation du système de chauffage.

Les résultats de recherche montrent que le choix restreint des matériaux, leurs caractéristiques thermiques, la faible épaisseur des murs et l'importante proportion des surfaces en contact avec l'extérieur, constituent des facteurs qui augmentent les apports et les déperditions.

L'architecture solaire, climatique, bioclimatique... autant de vocabulaires différents pour une même vision, procurent chacun une partie intégrante d'une économie de l'énergie renouvelable. George et Jeanne-Marie Alexandroff classent ces vocabulaires et affirment que certains d'eux insistent sur la notion du climat comme l'architecture climatique, bioclimatique, well-balanced house (maison bien équilibré) et climat shaped house (maison formée par le climat). (DALEL, 2006)

## **1.4 L'utilisation rationnelle de l'énergie et Le confort thermique :**

L'utilisation rationnelle des énergies regroupe toutes les actions qui permettent d'obtenir le confort nécessaire à l'habitat et en utilisant au mieux les ressources énergétiques, en les paramètres climatiques de la région lors de la conception des bâtiments qui réalisés de nos jours ne prennent généralement pas en considération le facteur climatique. Ce sont des bâtiments standards qu'on réalise à n'importe quel endroit et sous des climats différents, ce qui entraîne l'installation de systèmes de climatisation ou de chauffage pour les rendre vivables pour les occupants. L'ajout du système de climatisation ou de chauffage (inutile si l'ensoleillement avait été pris en compte) ne répondra vraisemblablement plus aux objectifs du développement durable. En effet, Un bâtiment comprend un ensemble complexe de composants, consommateurs d'énergie tels que, l'éclairage, le chauffage, la climatisation ou la production d'eau chaude sanitaire. En plus, un bâtiment mal isolé entraîne des déperditions importantes qui impliquent des consommations d'énergies considérables.(Mohammed, 2012)

## **2. La performance énergétique :**

### **2.1 La consommation énergétique :**

La nomination consommation énergétique est polysémique selon les domaines de son utilisation. Elle dépend la qualité d'énergie utilisée par un appareil (on parle d'un rendement d'une chaudière, le cas d'un climatiseur on parle du COP). En domaine des logements, on converse sur son isolation ou on peut comparer la consommation d'énergie entre différents bâtiments, à la base d'une unité de (kW/m<sup>2</sup>/an). Notons bien qu'un bâtiment ne consomme beaucoup d'énergie c'est un bâtiment bien isolé.(BENHARRA.Houda, 2016)

#### **a. Le bilan de consommation énergétique :**

C'est l'outil primordial d'élaboration de la consommation énergétique sur une échelle nationale. Il base sur trois types de données : les données des activités qui déterminent la demande d'énergie, les coefficients de consommations unitaires et les données de producteurs et les distributeurs d'énergie.

#### **b. La consommation conventionnelle d'énergie :**

Elle est définie comme : un coefficient exprimé en kWh/(m<sup>2</sup>.an) d'énergie primaire (Consommation d'énergie primaire). Ce Cep est calculé sur une année à la base des données climatiques ordinaires d'une zone climatique définie par un arrêté du ministère chargé de la construction et de l'habitation et du ministère chargé de l'énergie.

## 2.2 L'efficacité énergétique :

C'est : « le rapport entre l'énergie utile produite par un système et l'énergie totale consommée pour le faire bien fonctionner ». Cette définition peut avoir un élargissement comme elle devient l'ensemble des technologies et pratiques pour diminuer la consommation énergétique jusqu'à la mise d'un niveau de performance équivalent dont l'objectif est de faire mieux avec moins. (BENHARRA.Houda, 2016)

D'autre part, elle a une définition bien ciblée qu'elle est le rapport entre l'énergie directe utilisée (utile) et celle consommée. Elle est exprimée par le COP6 dans le cas de la production de chaleur et par l'EER pour les appareils produisant du froid.

### -Pour quoi mesurer l'efficacité énergétique :

« Qui veut s'améliorer doit se mesurer, qui veut être le meilleur doit se comparer »

**Robert C. Camp.**

Si une municipalité veut gérer ses actifs afin de les maximiser et de les optimiser, il lui faut pouvoir évaluer les efforts fournis pour ce faire et donc les mesurer. L'efficacité énergétique est un indicateur de performance qui peut être utilisé afin de fixer des cibles et de mesurer nos efforts.

De manière plus concrète, mesurer les économies d'énergie et la réduction des émissions de GES attribuables à une meilleure utilisation de l'énergie disponible est utile pour évaluer :

- La performance environnementale
- La performance sociale, car agir en matière d'efficacité énergétique s'arrime naturellement avec l'amélioration des services rendus aux citoyen(ne)s
- La performance économique et financière (ex. : gains financiers, diversification des revenus avec la vente d'énergie renouvelable, attractivité du territoire pour des investissements étrangers, etc.) Ces performances sont bénéfiques pour la municipalité et parfaitement communicables afin de faire valoir ses efforts et améliorations en matière de développement durable. (pourquoi et comment mesurer l'efficacité énergétique ? [Online]).

## 2.3 La performance énergétique :

C'est la quantité d'énergie consommée ou estimée comme une utilisation normale du bâtiment. Elle inclut l'énergie utilisée pour le chauffage, l'eau chaude pour les sanitaires, le refroidissement, la ventilation, l'éclairage. La performance énergétique est liée à l'efficacité énergétique des équipements aussi à ses usagers et leurs usages quotidiens. À l'échelle des anciens logements, on parle sur des bâtiments énergivores leurs performances énergétiques



s'assurent qu'après la rénovation énergétique. À l'échelle des logements neufs, on l'assure par l'intégration des énergies renouvelables sachant que le bâtiment a été placé au cœur de la lutte contre le changement climatique par le Grenelle de l'Environnement ou la performance énergétique est le pilier principal. L'amélioration de la performance énergétique d'un bâtiment base sur la réglementation thermique. Cette dernière pousse la construction en deux sens : bâtiment à basse consommation d'énergie (BBC) et le bâtiment à énergie positive (BEPOS) dont les besoins de chauffage et d'éclairage sont faibles. Aussi il produit plus d'énergie qu'il consomme. (BENHARRA.Houda, 2016)

## **2.4 Les techniques d'aboutissement de l'efficacité énergétique ?**

Afin d'évaluer le progrès énergétique, il faut choisir des indicateurs et les mesurer à des intervalles réguliers. Différents éléments sont à prendre en considération pour mesurer les efforts. Ces éléments sont dépendants de ce que l'on veut mesurer et des raisons pour lesquelles l'efficacité énergétique a été implantée. Les indicateurs mesurables choisis sont fonction de ces éléments. Voici quelques indicateurs possibles :

### **2.4.1. La facturation :**

Le premier indicateur qu'une municipalité peut choisir pour mesurer ses efforts d'économie d'énergie est la facture énergétique. Cet indicateur n'est toutefois pas suffisant pour faire un bon diagnostic de la consommation d'énergie puisqu'il :

- Ne tient compte que de la consommation énergétique liée à l'utilisation d'une installation ou d'un équipement et non de son cycle de vie complet.
- Calcule les économies d'énergie de façon absolue.
- Cette méthode permet néanmoins de voir les gains (ou pertes) financiers réalisés. (pourquoi et comment mesurer l'efficacité énergétique ? [Online]).

### **2.4.2. Les logiciels de simulation de la consommation énergétique :**

Le rapport entre les deux facteurs cités précédemment dans un climat tempéré a été établi. La valorisation de l'énergie consommée par le bâtiment est aujourd'hui l'intérêt des chercheurs en plusieurs domaines de recherche. L'apparition des plusieurs types de logiciels pour l'évaluation de l'énergie dans le secteur des bâtiments est devenue une nécessité. Ils se regroupent en : des logiciels de dessin permettent aussi de la simulation comme : (l'Autodesk, Revit, Plancal...), des logiciel de simulation globale : (Energyplus, Pleiades, Transys,..), des

---

logiciels pour des parties spécifiques : (Polysun (solaire et PAC), flixo (ponts thermiques), PVsys (photovoltaïque), Meteonom (données météorologiques) et des logiciels de certification et de dimensionnement : (Lesosai Tectool, Lesosai, Tectool, Enercad, Thermo,...).(BENHARRA.Houda, 2016)

### **2.4.3. Les diagrammes bioclimatiques :**

Les diagrammes bioclimatiques sont des indices effectués pour combiner les facteurs environnementaux sous forme d'outils graphiques qui permettent de ramener les conditions intérieures dans la zone de confort ou le plus proche possible de cette zone.

Parmi les outils les plus connus dans ce domaine on peut citer le diagramme bioclimatique d'Olgay, celui de Givoni, les tables de Mahoney, la méthode de Szokolay ainsi que celle de Novell.

#### **a. Les tables de Mahoney :**

Il s'agit d'une forme d'outil d'évaluation de confort hygrothermique développé par le département des études tropicales de l'association architecturale à Londres qui relève d'une méthodologie pour la conception de bâtiments conformément au climat. (Sayigh et al., 1998).

Cette méthodologie est décomposée en trois étapes :

- études des projets au stade du croquis.
- élaboration du projet.
- détails d'exécution des ouvrages.

L'interprétation des données climatiques à l'aide d'une série de tableaux permet de déboucher assez rapidement sur des recommandations concernant les éléments architecturaux d'un projet. Cette méthode fait intervenir en plus de la température et l'humidité, la notion de confort diurne et nocturne.

#### **b. Le diagramme bioclimatique de Givoni :**

Le diagramme bioclimatique de Givoni (The Building Bioclimatique Chart (BBCC)) s'a été adressé aux problèmes associés au diagramme d'Olgay discutés précédemment. En effet Il a été basé sur la température intérieure au lieu de la température extérieure. Ainsi il a été dessiné sur un diagramme psychométrique conventionnel comme le diagramme d'ASHRAE54. A l'intérieur, et autour d'une zone considérée confortable pour un homme "prédéfini", cet architecte et médecin a créé d'autres zones « zones d'influences », dans des conditions thermo-hygro-métriques défavorables à l'homme, chacune liée à une méthode

thermique constructive (paramètre de conception) permettant de rétablir la situation de confort. (Givoni B., 1978)

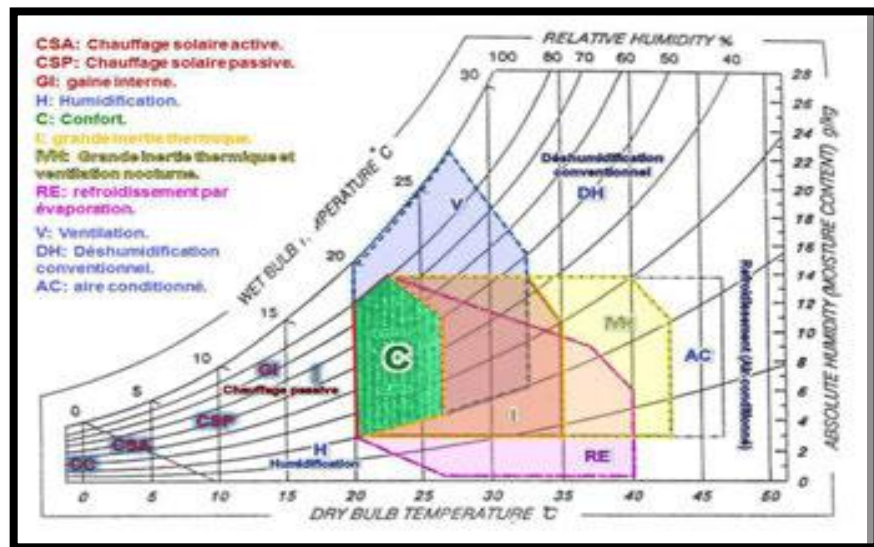


Figure. 2 : le diagramme bioclimatique de Givoni , source:GivoniB., 1978.

### c. Diagramme bioclimatique d'Olgay :

Le diagramme bioclimatique d'Olgay était l'un des premières tentatives d'intégration du savoir climatique dans le processus de conception architecturale du bâtiment.

Ce diagramme indique les zones du confort humain par rapport à la température d'air ambiant et l'humidité, la température radiante moyenne, l'éclairement solaire, la vitesse de l'air et la perte de chaleur évaporatoire. (LIEBARD A. et DE HERDE A. 2005)

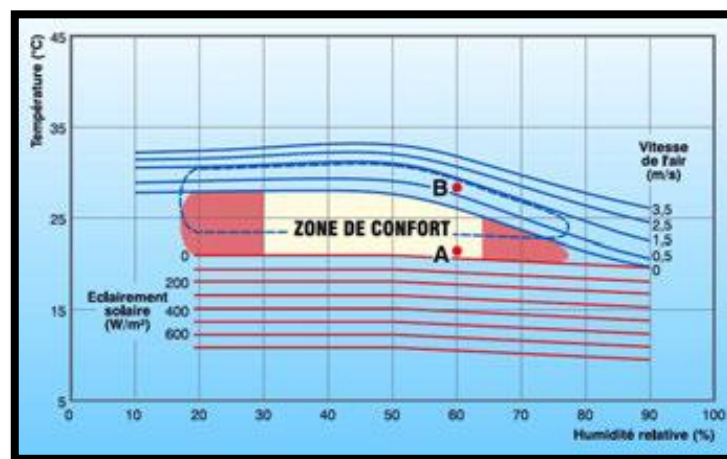


Figure. 3 : le diagramme bioclimatique d'Olgay (1963) , source: LIEBARD A. et DE HERDE A. 2005)

#### d. Le diagramme bioclimatique de Szokolay :

Szokolay a apporté une nouvelle méthode un peu différente aux méthodes précédentes. Il a développé un concept indépendant de l'endroit et ses occupants.

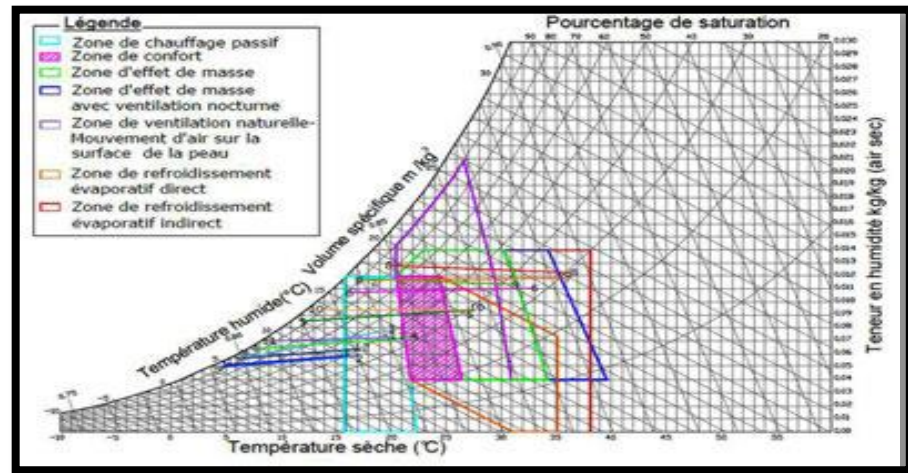


Figure. 4: zones de contrôle potentiel selon Szokolay à la ville de Guelma, Source : (MEDJELEKH D, 2006)

Cette méthode [Szokolay S.V., 1979, p.263] consiste à établir la zone neutre de confort ainsi que les différentes zones de contrôle potentiel avec plus d'exactitude (par rapport à la méthode de Givoni) selon les données climatiques propres à la région concernée.

Ces zones élaborées par Szokolay ne sont pas fixes contrairement à celles de Givoni.

Elles sont positionnées sur le diagramme psychométrique à travers la température neutre ( $T_n$ ), qui est en relation avec la température moyenne extérieure ( $T_m$ ) par l'équation suivante :  $T_n = 17,6 + (0,31 \times T_m)$ . (Medjelekh D, 2006)

#### e. Le diagramme de triangles de confort d'Evans :

Le diagramme de triangles de confort est développé afin de suggérer des stratégies qui consistent à fournir le confort thermique. Il est basé sur deux variables [Evans J.M. 2007, p.103] : la moyenne de température mensuelle ( $T_m$ )  $T_m = (T_{max} + T_{min}) / 2$ , et l'amplitude thermique ( $A_t$ )  $A_t = T_{max} - T_{min}$ , pour tracer 12 points qui représentent les 12 mois de l'année.

Ce diagramme comporte quatre Zones (triangles). Chaque triangle définit une zone de confort correspondante à une situation (activité) particulière

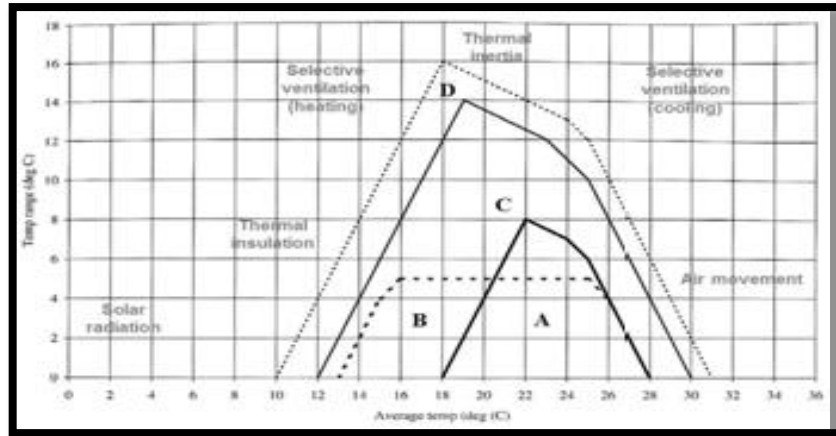


Figure. 5: Le diagramme de triangles de confort d'Evans, source : (Evans J. M 2007)

On peut classer ces stratégies selon la manière d'améliorer ou de maintenir le confort thermique (la réduction ou l'augmentation  $T_m$  et  $A_t$ ) comme suite :

Réduction de ( $T_m$ ) intérieur (air mouvement, ventilation sélective). (Evans J.M. 2007)

### 3. Comment améliorer l'efficacité énergétique des équipements ?

L'amélioration de l'efficacité énergétique des équipements a pour objet de réduire l'énergie consommée (« l'énergie finale », c'est-à-dire celle qui vous est facturée) par rapport à « l'énergie utile » (celle qui sert réellement). Parallèlement ou en complément de l'amélioration de :

#### 3.1 Solution conceptuelle :

Sont les éléments de l'enveloppe tels que :

**A. L'orientation :** d'un bâtiment par la direction vers laquelle sont tournées ces façades l'orientation des bâtiments détecte la qualité de l'habitat en affectant son ambiance intérieure de deux manières et ce par la régulation de deux facteurs climatiques distinctes

-Le rayonnement solaire et ses effets d'échauffement sur les murs et pièces orientées selon différentes directions.

-La ventilation en rapport avec la direction des vents dominants et l'orientation de la construction. (Givoni, B. (1978). *L'Homme, l'Architecture et le Climat*).

**B. La ventilation naturelle :** La gestion du confort d'été passe par la possibilité de ventiler avec de l'air frais une habitation. La capacité de rafraîchissement est disponible comme de jour ou de nuit. En hiver, cette option n'est valable que si un jour fait bon pour aérer la maison. L'air mobile est très favorable à des déperditions de chaleur. Par conséquent,

l'impact de la ventilation sur un bâtiment n'est pas négligé, car elle augmente les pertes par convection. (*Idem*)

**C. Dimension des ouvertures :** Les parois transparentes (vitrages) de l'enveloppe d'une habitation participent activement dans les échanges thermiques entre les environnements intérieurs et extérieurs des bâtiments (apports et déperditions thermiques). Toutefois, une attention particulière quant aux dimensions de ces ouvertures est recommandée selon l'orientation et la conception. (*Idem*)

**D. La forme et compacité :** Une habitation confortable ne peut être que de forme simple et compacte. Toutefois, la forme du bâtiment influe sur :

- Le bilan global de l'éclairage énergétique du soleil ;

- Le taux de déperditions thermiques ;

- L'écoulement des flux aux abords des bâtiments. Ainsi, selon (V. Olygay (1963), la forme optimale d'un bâtiment correspond à celle qui permet de perdre un minimum de chaleur en hiver et d'en gagner un minimum en été. (*Idem*)

**E. La couleur :** Du point de vue thermique, la teinte des couleurs influence fréquemment le comportement thermique des murs extérieurs par conséquent, sur le rendement énergétique de l'habitat. Des essais poussés ont montré que les températures superficielles dues à l'action directe des rayons du soleil varient fortement en fonction de la couleur. Par conséquent, il faut un choix judicieux des matériaux et de leur couleur au moment de la construction ou de la réhabilitation thermique. (*Idem*)

**F. Protection solaire et vent dominant :** Les dispositifs de protections solaires ont pour but de minimiser la surchauffe et de contrôler l'éblouissement lumineux. Ils peuvent, soit s'intégrer structurellement à l'architecture par des (porches, vérandas, brise-soleil, débord de toiture), ou s'appliquer à l'enveloppe (stores, peirciennes, volets). Ils peuvent également être fixes ou mobiles, intérieures ou extérieures, verticales ou horizontales. Les protections solaires peuvent être aussi, liées à l'environnement, autant naturel ou construit, comme la végétation, le relief ou même des masques provoqués par des bâtiments voisins. (*Idem*)

**G. L'isolation des parois et/ou la toiture :** pour diminuer les besoins de chauffage et de climatisation. L'isolation devrait rendre l'immeuble aussi étanche que possible. En employant de l'isolation haute performance et des systèmes de revêtement de mur offrant une isolation supplémentaire. Le remplacement des portes et des fenêtres pour éviter les fuites d'air peut constituer un très bon investissement pour les immeubles existants. (*Idem*)

### 3.2 Solution technique :

A. **L'éclairage** : Toutes les lampes disposeront d'un label « Energie A » (parties communes et logements). Exclure les lampes à incandescence, les halogènes, les tubes fluorescents et les lampes fluo compactes les moins performantes.

Pour les tubes néon, l'installation de ballasts électroniques au lieu de ballasts ferromagnétiques est recommandée (20% d'économie).

B. **Les éléments vitrés (fenêtres, portes-fenêtres)** : sont un des principaux points sensibles de l'enveloppe d'un bâtiment. Ils doivent répondre à des objectifs multiples et parfois contradictoires : apports de chaleur et de lumière naturelle, vue sur l'extérieur, aération, isolation, protection contre le climat, le bruit, les effractions... En construction comme en rénovation l'installation ou le changement d'un élément vitré doit être mûrement réfléchi.

**-Choisir son vitrage** : peut devenir le point faible thermique de la paroi car le verre est très conducteur. Cependant, le renforcement thermique d'une paroi vitrée diminue la pénétration du rayonnement solaire. (Ministère de l'Ecologie, 2015)

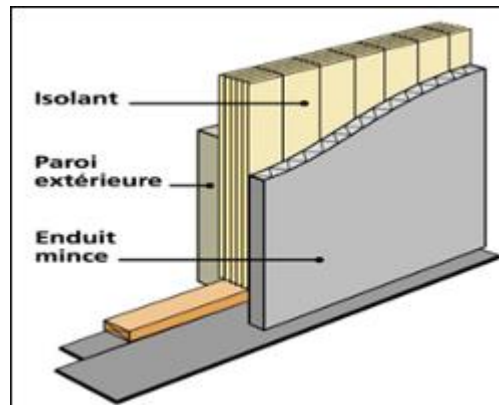


Figure. 6: isolation thermique, Source :(isolation.idées, 2017)

C. **Le Chauffage** : Favorisez le chauffage passif en premier lieu : le soleil qui entre dans la construction contribue évidemment à la chauffer de manière naturelle. De choisir une orientation idéale.

Favorisez l'énergie électrique, versus les énergies fossiles. C'est celle qui est la plus respectueuse de l'environnement.

D. **L'eau chaude sanitaire** : Un chauffe-eau doit fournir de l'eau chaude sanitaire en quantité suffisante, à la demande et à la température désirée. Dans un logement bien isolé ayant de faibles besoins de chauffage, la consommation d'énergie pour la production d'eau

chaude sanitaire (ECS) peut devenir très significative, d'autant que l'évolution des comportements tend à augmenter la consommation d'ECS.

E. **La ventilation :** Il permet de transmettre la chaleur de l'air vicié à l'air neuf entrant, réduisant ainsi les besoins en chauffage. La ventilation régule aussi l'humidité : si celle-ci est trop faible ou trop forte, cela peut créer un inconfort thermique.

F. **Des appareils électriques :** des systèmes et des appareils à haut rendement énergétique. Ainsi, les produits certifiés font le plus souvent partie des 15 à 30 % les plus performants de leur catégorie. (Ministère de l'Ecologie, 2015)

#### **4. Le comportement énergétique d'une enveloppe :**

##### **4.1. Définition d'une enveloppe :**

En architecture, c'est une surface de contact entre le bâtiment et son entourage. À partir de cette surface, on obtient une lecture contextuelle de ce bâtiment, c'est l'élément séparateur entre l'extérieur et l'intérieur d'une construction. Il s'agit d'une protection d'un bâtiment comme elle est influencée par des paramètres multiples car elle présente le contexte de chaque bâti. L'enveloppe est l'élément le plus important dans le projet architectural. (BENHARRA.Houda, 2016)

##### **4.2. Les exigences d'une façade auxquelles doit faire face :**

Une façade se compose de plein et de vide, de vitrage, des protections solaires et protection contre l'éblouissement. Ces composantes-là ont un contact direct avec le rayonnement solaire de l'extérieur. À l'intérieur, cette composante assure un éclairage, une vue et parfois elle provoque un éblouissement. Aussi, elle doit faire face à la température de l'air extérieur ; la raison d'installation d'une isolation thermique, des fenêtres et des protections solaires. Ainsi, de placer des masses d'accumulation pour assurer une température ambiante à l'intérieur du local aussi. Ainsi, la façade d'un bâtiment est responsable de la qualité de l'air à l'intérieur de la pièce par l'aération à partir de la fenêtre et les appareils intégrés dans la façade. Cette dernière assure une protection phonique et une autre de convection due respectivement des sources phoniques et des vents. Le schéma ci-dessous explique à quoi une façade doit se faire face. (BENHARRA.Houda, 2016)



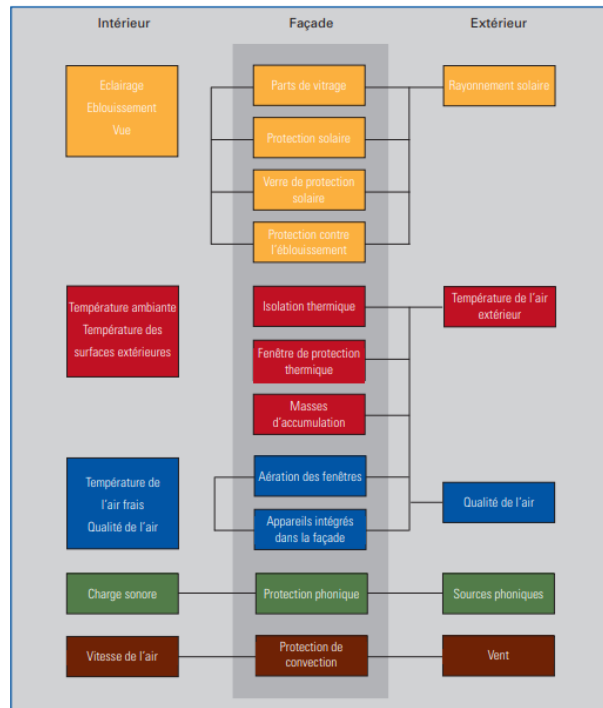


Figure 7: La façade et les exigences auxquelles elle doit faire face., Source :(minergie, 2015)

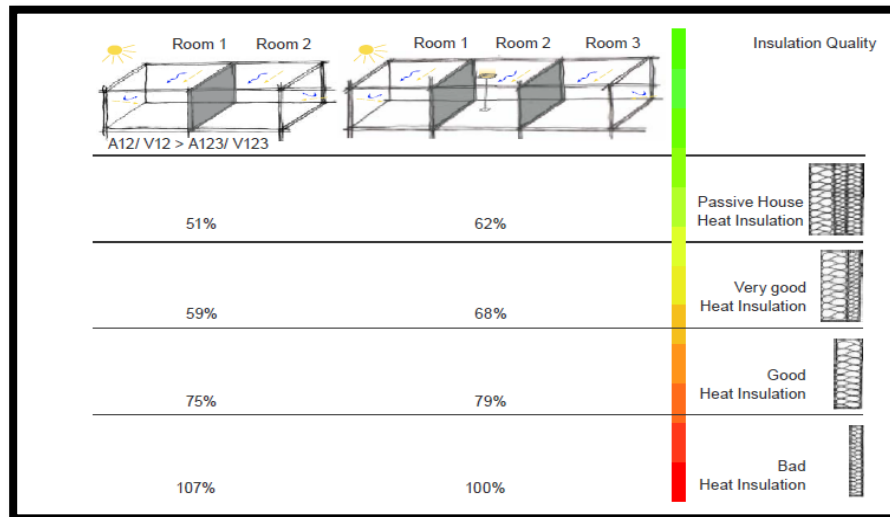
### 4.3. La conception thermique de l'enveloppe :

De but de bien concevoir une enveloppe d'une maison durable il faut suivre ces précautions extraites des différents livres de durabilité :

- Réduire les surfaces de murs extérieurs et de la toiture.
- Utiliser le grenier comme espace-tampon entre l'extérieur et l'intérieur du bâtiment.
- Utiliser le sous-sol ou le vide sanitaire comme espace-tampon entre l'intérieur et le sol.
- Prévoir des conduits d'air pour la récupération naturelle ou mécanique des gains de chaleurs internes.
- Centraliser les sources de Chaleur à l'extérieur du bâtiment.
- Utiliser un vestibule ou un écran protecteur du vent à chaque entrée.
- Placer les espaces peu utilisés, les zones de rangement, les services et le garage.
- Subdiviser l'intérieur (réaliser des zones séparées pour le chauffage ou la climatisation).
- Choisir les matériaux isolants pour contrôler les pertes de chaleur.
- Placer les pare vapeur (contrôler les pertes de chaleur).
- Mettre des détails de construction de mur pour réduire l'infiltration et l'exfiltration de l'air.
- Choisir des matériaux à fortes capacités thermiques (contrôle de transfert thermique).
- Prévoir des dispositifs d'isolation pour le vitrage.
- Réduire les ouvertures sur les façades Nord et Ouest.

#### 4.4. Rapport : surface/volume : (RSV)

C'est le rapport entre la surface extérieure de l'enveloppe et le volume protégé par cette enveloppe. Il est de but de comparer les différentes formes en termes de leurs efficacités. Un bâtiment compact implique un RSV faible. C'est-à-dire, il se caractérise par une faible perte de la chaleur. Ce rapport-là est spécifique que pour la surface extérieure de l'enveloppe car elle est la plus exposée aux variations des températures et des vents. Il n'exprime jamais la performance de l'usage de l'espace.



**Figure 8: L'influence du rapport de la surface de l'enveloppe (A) sur le volume d'une chambre (V) sur L'énergie primaire dans une chambre selon des différentes qualités de l'isolation, Source : (Michael Bauer, 2007.p73).**

#### 4.5. Rapport : surface de l'enveloppe/la surface de plancher : (RSSP)

Ce rapport-là est créé de but de bien déterminer les plans d'un bâtiment. Un plan efficace veut dire un RSSP faible. (Michael Bauer, 2007)

#### 4.6. Comment réduire la consommation énergétique par l'enveloppe ?

La réduction de la consommation énergétique dans une construction résulte du recours aux certaines précautions. Ces stratégies conceptuelles sont primordiales lors de la conception d'un bâtiment. Elles basent sur le bon choix de la forme et la volumétrie d'une construction, à l'aide des deux rapports : Rapport : surface/volume (RSV), Rapport surface de l'enveloppe/la surface de plancher (RSSP). Ainsi, de traiter les ponts thermiques résultants de la géométrie, des matériaux constructifs, etc.

#### 4.7. L'importance de l'équilibre entre l'expression architecturale et l'efficacité énergétique des formes architecturale :

Dans l'architecture, la forme englobe et donne de l'importance soit : à l'économie, à l'esthétique, à la fonctionnalité, à la culture, mais aussi à l'efficacité énergétique. L'approche passive aux thèmes de l'épargne d'énergie est essentiellement basée sur les articulations morphologiques des constructions. La forme, dans son sens géométrique et matériel, conditionne l'efficacité énergétique d'un bâtiment dans son interaction avec l'environnement.

Il n'y a pas un doute que cette approche passive d'énergie, étant soutenue par la forme matérielle à un impact direct sur la langue architecturale et sur l'influence de l'expression architecturale.

Le choix de la forme de construction ne dépend pas seulement des besoins énergétiques, mais de plusieurs paramètres, tels que : sociologiques, économiques, environnementaux, techniques et esthétiques. Ces paramètres interviennent au début dans la conception d'un bâtiment. Mais le souci, pour l'épargne d'énergie et par conséquent, la réduction de la pollution, doit demeurer dans un des principes de la conception environnementale dominant sur la conception d'un bâtiment de qualité (Depecker P. et al, 2001). Dans le but d'avoir des formes produisant des solutions énergétiques convenables, beaucoup d'intérêt est centré, récemment, autour de ces sujets, et la sagesse des formes et des concepts du passé ont été redécouverte. Parmi les concepts historiques, deux sont d'importance particulière :

A. **L'établissement des relations stratégiques raisonnables et amicales avec l'environnement physique** : cela est défini comme une alliance avec l'environnement qui implique la manipulation des paramètres physiques tel que le sol et la végétation, tissus urbains, pollution, et l'irradiation solaire représentant le paramètre dominant tant qu'il est la source de l'énergie primaire de notre planète. Tous ces éléments peuvent être mesurés en terme physique et sont donc le sujet de la science.

B. **L'identification des interactions entre les sensations et la perception physique dans la création du sentiment du confort** : les paramètres intervenants sont nos énergies émotives et intellectuelles, qui sont notre perfection inépuisable. Cependant, elles représentent l'essence même de la qualité architecturale.

L'efficacité énergétique de l'architecture ne signifie pas que l'élimination de n'importe quel excès dans la consommation d'énergie pour la construction de notre environnement, mais elle réclame aussi une expression plus modérée, plus élégante, pour augmenter la richesse et

le caractère précieux de l'architecture tout en contribuant à un meilleur environnement d'un point de vue esthétique. (Bellara S, (2004-2005))

### **Conclusion :**

L'espoir suscite par la nouvelle prise de conscience par les architectes, était de voir enfin l'aspect de l'enveloppe de construction, reconnu et intégré comme partie intégrante dans le processus de la conception architecturale. L'intérêt va donc du plaisir d'utiliser un espace à l'économie de l'énergie, ce qui fait un élément fondamental et confortable adapté aux usagers et performants en énergie.

## **CHAPITRE 02**

### *Les mosquées*

## **Introduction :**

« Ce qui unit le monde musulman ce n'est ni un espace physique, ni une communauté anthropologique ou linguistique, mais un système commun de croyances, de traditions ancestrales suivi par tous, et un système de signes communément accepté, dont une des expressions est l'architecture » selon **Oleg GRABAR**.

Dans le chapitre suivant, nous serons amenés à traiter la définition de nos concepts à savoir les mosquées et leur composante à travers l'historique des mosquées en s'appuyant sur des modèles et citations pour mieux cerner ce concept. Il s'agit ensuite de se diriger vers la notion des consommations énergétique et les éléments des mosquées qui influent sur les.

### **1. Généralité :**

#### **1.1 Définition de la mosquée et origine du mot :**

Si nous voulons définir le mot mosquée, nous trouvons que cette définition est un bâtiment dans lequel les musulmans adorent Dieu, où les cinq prières obligatoires et d'autres. Nommé la mosquée parce que c'est un lieu de prosterner devant Dieu, La mosquée est également appelée une "جامع", surtout si elle est grande. C'est ce qu'on appelle "جامع" lorsque les gens se rassemblent pour les prières du vendredi. Bien appelé Un lieu de prière *مصلى* à la place d'une mosquée lors de certaines des cinq prières Imposées sur eux, comme des chapelles d'école, des institutions, des entreprises, des routes de voyage, etc., qui ne sont souvent pas nécessaires.

Où la prière est limitée par la période actuelle Et est appelé à prier dans la mosquée à travers l'adhaan, et cinq fois par jour. (ريتا. خليل, 2014).

#### **1.2 Le rôle de la mosquée :**

La mosquée n'est pas seulement un lieu de culte, c'est aussi un endroit où l'on se trouve et où l'on s'échange des informations. Il est vital pour les musulmans qui vivent entourés de non-croyants de s'assurer un lieu où rencontrer leurs coreligionnaires. Les mosquées jouent également un important rôle social et politique dans les sociétés musulmanes.

##### **1.2.1 La mosquée centre de vie sociale :**

Quand on entre dans la Mosquée. Les musulmans sont assis au sol quel que soit leur rang social, les biens qu'ils possèdent. Les diplômés qu'ils ont eus car ils sont tous les mêmes auprès de Dieu. Dans la Mosquée. On apprend à vivre en Communauté et les rencontres

quotidiennes, cinq fois par jour pour ceux qui le peuvent, permettent aux musulmans de se fréquenter, d'échanger leurs idées et cela soude les liens de la Communauté. On y apprend également le sens de la concertation".

### **1.2.2 La mosquée centre d'enseignement :**

Il faut faire remonter la tradition d'enseigner dans les mosquées à l'époque du prophète qui. Assis dans son Masjid. Enseignait le coran au fur et à mesure qu'il en recevait la révélation et donnait les règles de conduite.

### **1.2.3 La mosquée centre politique :**

Le prophète n'était pas seulement l'envoyé de Dieu, il est également le chef temporel d'une communauté. Ce même caractère qui va se retrouver dans la mosquée qui est autant un centre religieux qu'un centre politique. Ainsi le prophète reçoit des délégations à l'intérieur de son Masjid à Médine, tenir conseil, gouverner comme cela se fait dans un palais royal.

### **1.2.4 La mosquée siège de tribunal :**

Dans sa mosquée à Médine. Le prophète rendait la justice, recevant les plaignants. Prononçait les jugements ou condamnations. Les premiers califes respectent scrupuleusement cette coutume et il devint courant de considérer la mosquée connue le siège du tribunal de la communauté. Divers conflits entre croyants, sont réglés à l'amiable avec l'intercession de l'imam.

### **1.2.5 La mosquée trésor public :**

La Zakât constitue l'un des cinq piliers du dogme, dès le début de l'islam la mosquée acquies le caractère d'un hôtel des finances (Bayt el- Muslimin). Elle regroupe les musulmans. Sous sa bannière sont distribués des dons. Aux pauvres. Aux indigents. Qu'elle collecte à cet effet.(Boufenara.Khadidja, 2014)

## **1.3. La chronologie de type des mosquées.**

La structure spatiale de la mosquée musulmane trois formes différentes : la salle hypostyle, la cour à quatre iwans et l'espace à coupole centrale.

### **1.3.1 La mosquée arabe :**

Son plan est conçu de la mosquée du prophète à Médine ; la première mosquée de ce type est la grande mosquée de Damas, fondée par les Omeyyades. Elle se compose d'une cour rectangulaire, ceinturée de galeries, et d'une salle hypostyle, comprenant le mur de la qibla, un minaret carré flanqué d'un côté de la cour.



**Figure 9 :** Grande mosquée de Sanaa, 8ème siècle, Sanaa, Yémen, source : ArchNet Digital Library [online],2005

### 1.3.2 La mosquée persane :

Apparaît en Iran au tournant des (XI-XIIe siècle). Son architecture reprend les éléments fondamentaux de la mosquée arabe (cour, salle, mur de qibla). Mais elle les intègre employant des formes d'origine iranienne et préislamique (iwān, salle à coupole). Cette mosquée est composée d'une cour rectangulaire à ciel ouvert entourée de salle de prière hypostyle, formées d'une succession de petites coupoles. Le milieu de chaque côté de la cour est occupé par un grand portail voûté plus ou moins profond : un iwān ou eivān. Une salle à coupole précédée d'un iwān souvent flanquée de deux minarets. Elle contient aussi un mur de qibla orienté perpendiculairement vers la Mecque.



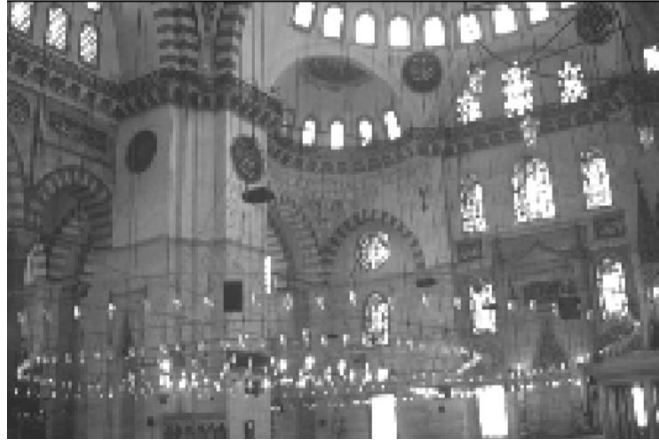
**Figure 10 :** Mosquée Abdulkhon, 16ème siècle, Tadjikistan, source : ArchNet Digital Library [online],2005

### 1.3.3 La mosquée ottomane :

Développée en Asie mineure au (XIVe siècle). Elle connut un développement spectaculaire au (XVIe siècle) avec l'architecte Sinan ; qui s'inspira de la basilique Sainte Sophie à Constantinople (VIe siècle) pour donner aux mosquées ottomanes une monumentalité et des volumes inédits. Les mosquées ottomanes se composent généralement d'une immense salle à coupole, bordée d'une cour à ciel ouvert entourée de galeries et



flanquée, en ses angles, de deux à quatre minarets. Comme dans les salles des mosquées persanes, l'espace intérieur n'est pas coupé par des colonnes. (عاطف et al., 2016)



**Figure 11** : Mosquée Souleymane, 16ème siècle, source : ArchNet Digital Library [online],2005

## **2. Les Éléments architecturale de la mosquée :**

### **2.1 Le mihrab :**

La demi-coupole du Mihrab est ornée de cannelures qui rayonnent de la cimaise de la grande mosquée de Constantine. Ce type de demi-coupole se rencontre également à Monastir à la mosquée Al –Dazz.

Les différences entre ces demi-coupoles portent sur l'arc dans lequel s'incurvent les cannelures, la forme et le nombre de ces dernières et le motif central d'où elles rayonnent. A Bejaïa, l'arc d'ouverture est un arc en plein cintre outrepassé. A Constantine, c'est un arc brisé à lobes inégaux superposés et entrelacés mais il est festonné au fâmi'al khâçakî à lobes triangulaires, et à lobes semi-circulaires au Mihrab de la mosquée al-Dazz à Monastir. A la grande mosquée de Constantine, la voussure est comprise entre l'arc d'ouverture et un arc brisé. Elle est large de 13 cm, orné d'inscriptions en caractères coufiques tandis que les écoinçons au nombre de deux sont ornés d'un décor floral et la bordure rectangulaire sont ornée d'inscriptions en caractères coufiques.

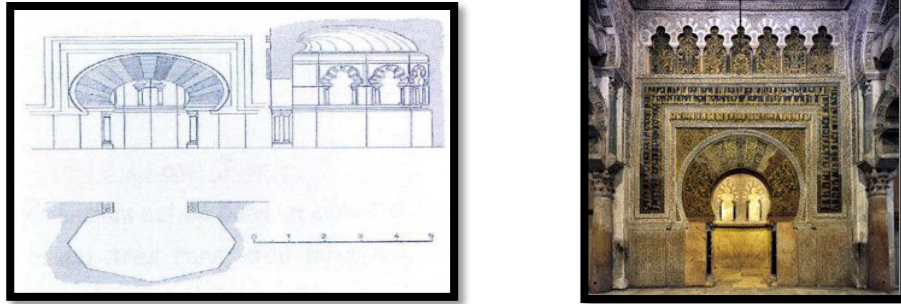


Figure 12 : le mihrab de Kairouan, Source : Wikipédia,2007

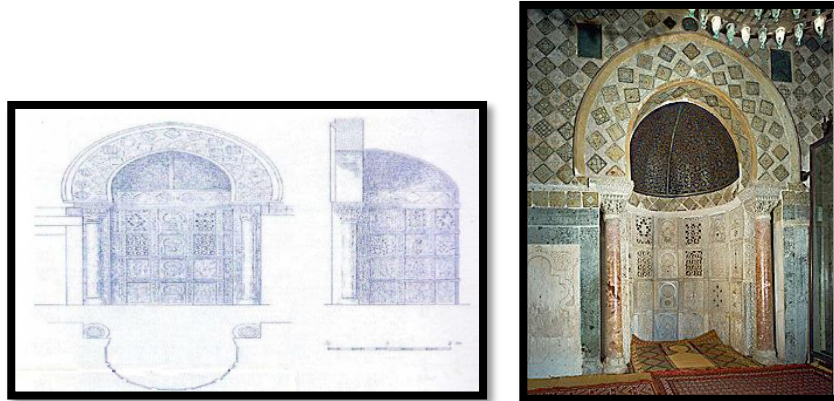


Figure 13 : le mihrab de Cordoue, source : Wikipédia,2007

## 2.2 LE MINBAR ET LA MAQSURA :

Du temps du Prophète sw, le minbar servait de trône au chef de la communauté, puis il devint chaire à degrés monumentale d'où le prédicateur fait le sermon du vendredi.

Autre détail typique du mobilier de mosquée, la maqsura, d'abord paravent placé autour du mihrab pour protéger les chefs des attentats éventuels, devint enceinte composée d'un bâti, d'un couronnement et d'un moucharabieh en bois sculpté et tourné, réservé à la prière du souverain pour le séparer des simples croyants.



Figure 14 : La Mosquée Sultan Hassan Egypte, source : <http://www.sacreddestinations.com/egypt./cairo-sultan-hassan-mosque.htm>,2010

### 2.3 LA COUR :

La basilique transformée, flanquée d'une cour fermée à arcades, avait la forme de la mosquée de Médine. Dans des exemples ultérieurs, des ailes plus longues furent ajoutées à l'extrémité de la cour (mosquée de Cordoue, VIII-X siècle). Toute ressemblance avec l'église, dont le point focal est à l'extrémité la plus courte, disparut. Ces ajouts s'expliquent par la croissance de la population, mais l'agrandissement est lié à une constante de l'art islamique, la répétition sans fin d'un même motif.

### 2.4 LE MINARET :

A Médine, l'appel à la prière était du haut d'un toit. Les juifs utilisaient le shofar (corne de bélier), et les premiers chrétiens une claquette de bois. La tradition syrienne de marquer de quatre tours les angles des édifices pourrait être à son origine. Située à l'angle de la cour, ou isolée comme à Samara, la tour sert depuis la mort du prophète pour l'appel de la prière. La mosquée des Omeyades ou grande mosquée de Damas (705-715), construite autour d'une ancienne basilique, est l'exemple le mieux préservé d'une mosquée primitive. Un dôme plus précieux, à l'intérieur de la salle de prière, indique des quatre mihrabs du mur de la qibla.

Les architectes Hammadides se seraient inspirés de l'Égypte fâtimide pour construire des minarets, cela n'est pas impossible puisque leur décor a bien des points communs avec celui des mosquées du Caire de cette période. A Constantine, le minaret de la grande mosquée a un plan carré qui comporte :

- Deux étages dont le second est en faible retrait par rapport au premier.
- Une plate-forme entourée d'un balcon ajouré.
- Un lanternon cylindrique qui se termine par un bulbe

Quatre vingt marches conduisent à la plate-forme supérieure. A 30 cm de l'arrivée, se dresse un minaret de structure tout à fait particulière rappelant l'époque Hammadide

Le minaret Hammadide comme l'almojade (minaret de la grande mosquée de Tlemcen) est parallélépipédique alors que ceux de Kairouan et de Sfax sont de forme de pyramide. A Tadj Mahal, les quatre minarets effilés situés aux quatre coins de la terrasse grecque encadrant l'élégant bâtiment central. Ils constituent une nouveauté dans l'architecture islamique.



**Figure. 15** : Le minaret de la Grande Mosquée de Kairouan, S  
Ource : Wikipédia,2016



**Figure.16** : Différents types de minarets. 1. Irak 2. Maroc 3. Turquie 4. Inde, 5. Égypte 6. Asie, source : planetWare,2010

## 2.5 LE DÔME :

Caractéristique de l'architecture islamique, il provient des traditions sassanides et chrétiennes. Le dôme du Rocher (fin VII siècle), à Jérusalem, est l'un des plus anciens et des plus grands. Il indique l'endroit où Mahomet fit de nuit le voyage céleste (Mi'raj). Il surmonte un haut tambour entouré à la base de deux déambulateurs. Ce plan s'inspire peut-être de l'église Saint-Sépulcre (IV siècle) à Jérusalem et ne correspond pas au plan de base de la mosquée. Il est doré et le reste de l'édifice est recouvert, à l'extérieur et à l'intérieur, d'une mosaïque de tuiles colorées.

L'influence turc grandit avec l'essor de l'Islam. Le mausolée du souverain de Boukhara (début du X siècle) est d'un grand intérêt architectural. Edifice carré en brique, sa coupole est posée sur des trompes (petits arcs coupant les angles du carré) et non plus sur des pendentifs (triangles concaves voûtés) byzantin.

Les trompes sont d'origine sassanide. Plus faciles à réaliser, elles dynamisèrent la construction.

Les mosquées ottomanes reflétaient l'héritage byzantin. Celle de Sélim II (1569-1574), conçu par l'architecte turc Sinan à Edirne, possède une coupole précédée d'une cour à arcades et entourée de dômes. Cette disposition rappelle Saint-Sophie d'Istanbul, bel exemple byzantin transformé en mosquée. Cependant, elle a plus de fenêtres, donc plus de lumière. Cette forme, utilisée pour Soliman le magnifique influença la conception des mosquées en Turquie, en Syrie, en Égypte, en Arabie et en Afrique du nord.

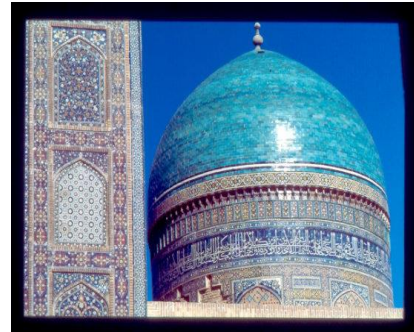
## 2.6 LA Coupole :

La coupole est la partie centralisée du plafond ornementée de minuscule mosaïque de plusieurs couleurs.

La coupole du dôme du Rocher à un diamètre de 20,4 mètres et se compose de deux coques liées ensemble par une cavité. La coque extérieure est recouverte de plaques d'aluminium dorées, la coque intérieure est ornée d'une fine mosaïque d'or et de verre.



**Figure 17 :** Mosquée Ouzbékistan, Source : Wikipédia,2007



**Figure 18 :** coupole du Mosquée Bleue source : Wikipédia,2007

## 2.7 L'IWAN :

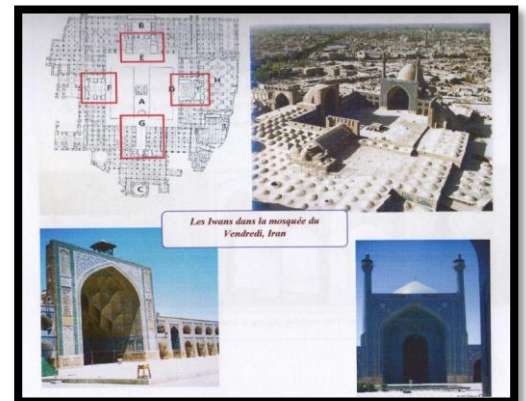
Salle voûtée en berceau, fermée sur trois côtés et s'ouvrant sur le quatrième par un arc.

Son origine se situe dans Khorasan (province de l'Est de l'Iran). Les premières mosquées d'Iran étaient à Kiosques (coupoles héritées des sassanides). L'apparition de l'iwan unique contribua à l'édification des petites mosquées, comme celle de Bamiyan en 1221, cette mosquée à iwan unique prend de l'importance par une augmentation en profondeur.

Ensuite un deuxième iwan apparaît positionné dans le même axe que le premier mais de l'autre côté de la cour (mosquée de Formad).

Ainsi l'Iran à l'époque seldjoukide, qui ne désirait plus construire de mosquées sur le plan arabe, avait tous les éléments pour réaliser la mosquée à quatre iwans (deux ajoutées dans l'axe transversal). L'une des premières réalisées est celle de Zawareh en 1136.

(La mosquée du vendredi) à Ardestân en Iran central comporte un plan de mosquée à quatre iwans. Au début du XII siècle, quatre iwans flanqués d'un double rangée d'ouverture plus petite furent ajoutés autour de la cour, donnant à la mosquée d'Isphan sa forme définitive à quatre iwans, tandis que le Tâj Mahal est entièrement recouvert d'Iwans qui font la beauté somptueuse de ce palais.



**Figure 19 :** les iwans dans la mosquée du vendredi Iran, Source : ouvrage Henri Stierlin,2015

## 2.8 LES GALERIES PORTIQUES :

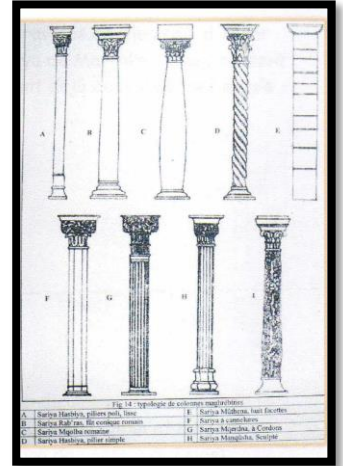
Les galeries sont des éléments importants qui font partie intégrante des mosquées, des médersas et même des mausolées. Elles sont utilisées pour ceinturer les cours sur un ou plusieurs tracées.

En plus de l'élément décoratif qu'elles apportent, elles servent de protection contre les intempéries et le soleil.

## 2.9 LES PILIERS :

Les piliers sont les organes de support, ils contribuent également à la décoration intérieure.

Nous trouvons dans les mosquées almoravides plusieurs sortes de pilier, les piliers rectangulaires, à Alger leur section est plus grande et les rectangles plus parfaits que ceux de Tlemcen, à Nedroma ils sont presque carré, les piliers en T se retrouvent dans la Grande mosquée de Tlemcen et les piliers uniformes se retrouvent à Sayidî Ibrahim et à la Grande mosquée de Tlemcen.



**Figure 10** : les différents types des piliers, Source : ouvrage Henri Stierlin, 2015

## 2.10 LES COLONNES :

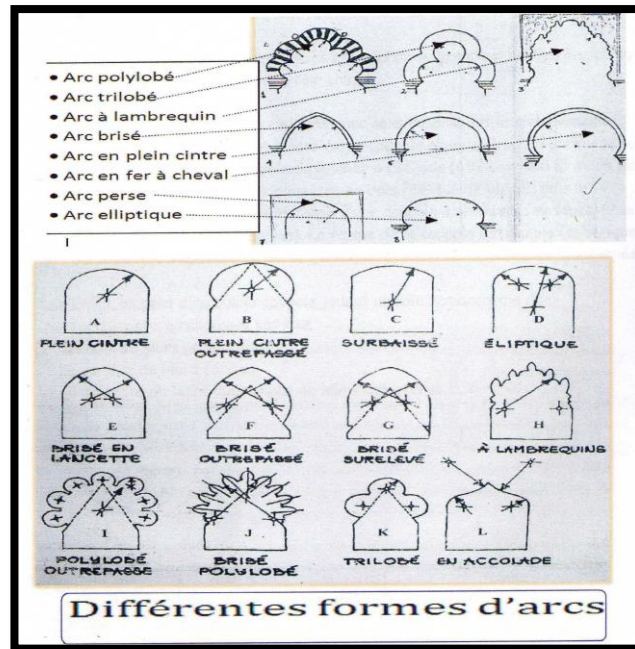
Les colonnes se composent de fut souvent en marbre, les bases et les chapiteaux, ils sont disposés parallèlement au mur de la qibla dans la majorité des mosquées. Les arcades des portiques extérieurs ainsi que les voûtes intérieures sont soutenues par des colonnes. Les chapiteaux qui font partie de l'architecture islamique sont de matières différentes, la pierre, surtout le marbre, le stuc ciselé et le bois sculpté parfois peint.

## 2.11 LES CHAPITEAUX :

Les arcades des portiques extérieurs ainsi que les voûtes intérieures sont soutenues par des colonnes, leurs socles et des chapiteaux. Les chapiteaux qui font partie de l'architecture islamique de matières différentes, la pierre surtout le marbre, le stuc ciselé et le bois sculpté parfois peint.

## 2.12 LES ARCS :

Il y'a diverse formes d'arcs, des arcs brisés et lobés. Tlemcen on retrouve les arcs brisés qui sont ornés d'une double frise de palmes. On retrouve également dans différentes mosquées du monde musulman les arcs recticurvilignes, les arcs à lobes trèfles, les arcs lambrequins, les arcs festonnés les arcs superposés et les arcs entrelacés. (Ehadidja, 2013)



**Figure 21** : les différentes formes d'arcs. Source : ouvrage Henri Stierlin, 2015

### 3. Les éléments de la mosquée peuvent améliorer l'efficacité énergétique :

De nombreuses études antérieures ont vu le jour en termes de thermodynamique (Asfour, 2009), qui est l'impact de la contrainte thermique sur l'efficacité thermique. Pour une discussion récente sur le rôle du forme globale dans la fourniture du confort thermique des bénéficiaires (Cook 1999) se produit dans le même souffle de réfrigération négative et de potentiel. Pour le faire, (Mahmoud, 1999) a fourni une étude approfondie sur le développement de l'efficacité. Et le Saudia Arabian Thermal Survey, une étude approfondie qui reposait sur la production. Les éléments de contrôle dans la modification thermique de la forme, les matériaux de construction, le nombre de fonds, Système de ventilation, système d'eau et autres, et l'utilisation de l'analyse mathématique rigoureuse. Et au Seigneur Les deux principales composantes de la mosquée sont : salle de prière, Sahen, coupoles et le minaret. Cependant, des études récentes ont examiné d'autres composantes et détails de la littérature et de la littérature. Ce qui signifie contrôler le confort thermique ou augmenter l'efficacité thermique. Nous les classons comme suit :

A. **L'orientation** : La nécessité de guider la Qibla signifie que chaque zone géographique a une direction. Comparée au mouvement du soleil et c'est pourquoi chaque région a une étude climatique particulière.

B. **Environnement immédiat** : Ce qui est considéré comme la masse la plus commune d'une pierre urbaine séparée laissée par

Sous réserve des conditions météorologiques de tous les côtés.

- C. **Volume** : Le problème est généralement trouvé trois ou plus différent, Il y a 100 bénéficiaires, avec une capacité maximale de 400 personnes et adultes Le nombre de fidèles est de 1000 fidèles.
- D. **Forme géométrique** : Deux formes architecturales dominant les mosquées et sont rectangulaires à carrées.
- E. **Forme architecturale** : Ce qui diffère entre la mosquée fermée et la mosquée à moitié ouverte avec la présence du Sahen
- F. **Couloirs couverts** : généralement situés aux entrées de la salle.
- G. **La forme du toit** : qui diffère entre le toit plat et le plafond des nids.
- H. **Salle de prière** : Les mosquées ont plusieurs types selon les salles de prière, où le plus simple est la salle de prière, puis les doubles étages à plusieurs étages
- I. **Hauteur de la salle de prière** Doit valoir 1,5 de l'unité de conception de la salle de prière à condition qu'elle ne soit pas inférieure à 6 mètres
- J. **Les ouvertures** : ouvertures dans la trouville Toutes les façades presque sauf le mur de l'Qibla, ils sont plus élevés que le niveau de vue.
- K. **Matériaux de construction** : béton armé pour structure et pierre pour les murs et les plafonds.
- L. **les couleurs** : est considéré comme important dans la détermination de la quantité d'énergie solaire Reçu par les murs et les plafonds.(عاطف et al., 2016)

#### 4. Les Formes architecturales des mosquées :

La forme des mosquées a été ajustée en fonction des traditions locales et de condition de construction. Les chercheurs ont classé le design des mosquées en cinq grandes catégories :

##### 4.1 Les mosquées fermer ou ouvert :

**Mosquée ouvert** (qui se trouve en Mosquée Cheikh Zayed à Abu Dhabi - Émirats arabes unis), et **les mosquées couvert** (qui se trouve en Mosquée Mohammed Ali à Egypte).



**Figure 22** : mosquée cheikh Zayed à Abu Dhabi. Source : Wikipédia,2017

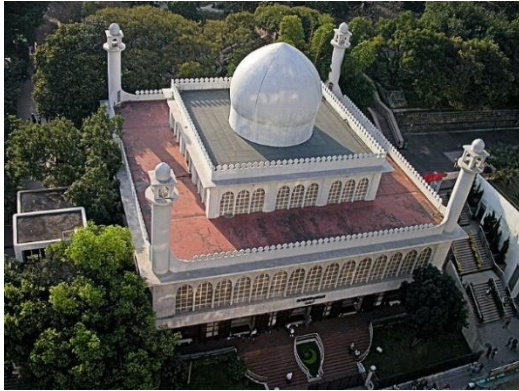


**Figure23** : mosquée Mohammad Ali à Egypte. Source : Wikipédia,2017



#### 4.2 Les mosquées avec forme carré ou rectangulaire :

**Mosquées avec forme carré** (qui se trouve en Kowloon Mosquée à Hong Kong).  
**Mosquées rectangulaire** (qui se trouve en mosquée du Prophète « Masdjid al-Nabawi » à Arabie saoudite).



**Figure 24** : mosquée Kowloon à Hong Kong. Source : Wikipédia,2017



**Figure 25** : Masdjid al – nabawi à Arabie saoudite. Source : Wikipédia,2017

#### 4.3 Les mosquées avec un seul niveau ou multiples niveaux :

**Mosquées avec un seul niveau** (mosquées Okba beh Nafi 'a à Biskra en Algérie)  
**Mosquées on multiple niveaux** (qui se trouve en Mosquée Abu el-Abbas el-MursiÀ d'Alexandrie, en Égypte).



**Figure 26** : mosquée Okba ben Nafi 'a à Algérie. Source : Wikipédia,2017



**Figure 27** : mosquée Abu-el-Abbas à Egypte. Source : Wikipédia,2017

#### 4.4 Les mosquées avec arcades ou sans arcade :

**Mosquées avec arcades** (qui se trouve en Grande Mosquée de Kairouan à Tunisie) et  
**Mosquées sans arcades** (mosquée du Cœur de Tchétchénie à La capitale tchéchène de Grozny).



**Figure 28** : mosquée du Cœur de Tchétchénie à Grozny. Source : Wikipédia,2017



**Figure 29** : mosquée Grande Mosquée de Kairouan à Tunisie. Source : Wikipédia,2017

#### 4.5 Les mosquées avec coupole ou sans coupole :

**Mosquées avec coupole** (qui se trouve en mosquée du Dôme du Rocher à Jérusalem) et **Mosquées sans coupole** (qui se trouve en Mosquée Hassan II au Maroc).



**Figure 30** : Mosquée Hassan II au Maroc. Source : Wikipédia,2017



**Figure 31** : mosquée du Dôme du Rocher à Jérusalem. Source : Wikipédia,2017

#### Conclusion :

On peut toutefois se demander ce qui confère une unité à cette architecture de l'islam, par-delà les diversités locales, culturelles ou ethniques. Le premier des facteurs d'unité découle des préceptes mêmes du prophète : dans toutes les terres musulmanes, la mosquée, qu'elle soit de torchis ou de marbre, représente-le pôle de la cité, de la communauté humaine. Mais par l'orientation des édifices, toutes les mosquées sont à leur tour comme polarisées vers la Mecque, si bien que les salles de prière forment autour de la pierre noire de la Kaaba une immense couronne de monuments. En dehors de ce commun dénominateur, force-nous est de

constater que la vérité des sources sur lesquelles se fonde chaque type d'architecture en islam a contribué à la création de modes d'expression très divers. Ce qui frappe dans cette quête des caractères propre à l'architecture islamique, c'est de constater que cette dernière parvient à créer des espaces originaux. Qu'elle plonge ses racines dans l'antiquité.

A cette diversité on peut classer les mosquées selon leur forme en quatre catégories : fermé, non fermé, carrée rectangulaire.

## **CHAPITRE 03**

*Les Recherches*

*antérieures*

## Introduction :

Plusieurs recherches se sont intéressées à la consommation énergétique du bâtiment en utilisant différentes méthodes et en étudiant l'amélioration de l'efficacité énergétique. Donc on a fait une synthèse de ce qui a été réalisé dans ce domaine et classé selon les paramètres étudiés au niveau de l'enveloppe du bâtiment.

Pour cette raison, des mesures d'efficacité énergétique sont de plus en plus mises en œuvre dans tous les secteurs. Ces critères sont basés sur l'adoption des paramètres appropriés pour l'orientation du bâtiment, forme, système d'enveloppe, chauffage passif et des mécanismes de refroidissement, l'ombrage, et le vitrage. Une analyse a été faite des études antérieures qui ont évalué l'influence de ces paramètres sur la demande totale d'énergie et propose les meilleures options de conception.

Nous avons fait une synthèse de ce qui a été réalisé dans ce domaine et classé selon les paramètres étudiés.

### 1. Les recherches antérieures

#### 1.1. Recherches antérieures sur la performance énergétique :

A. Le travail de BENHARRA Houda s'appuie sur « **Impact de l'orientation sur la consommation énergétique dans le bâtiment** ». Pour objectif de choisir la ressource énergétique à intégrer dans une maison insérée dans un climat aride et chaud. Cette étude est effectuée sur la conception des deux maisons individuelles typiques à la ville de Biskra. Les différentes stratégies constructives en climats chauds et l'utilisation des logiciels de la conception architecturale font le support basique des deux conceptions. Le logiciel des masques solaires ECOTECH. Suivie par une simulation solaire des deux bâtiments types par le logiciel SOLENE. Les résultats obtenus ont affirmé que les dimensions de la cour, l'orientation affectent considérablement la quantité d'énergie solaire directe reçue sur l'enveloppe d'une maison en climat aride et sec. (BENHARRA.Houda, 2016)

B. Le travail de BOUKKLI Hacene sur « **aspects Energétiques, Economiques et Environnementaux d'une Habitation Ecologique** ». La recherche est pour optimiser des solutions intégrées à l'enveloppe d'un bâtiment et fournissant simultanément l'énergie dans toutes ses formes, le travail consiste à rechercher les meilleurs moyens pour un rendement positif et efficace tant sur le plan énergétique, qu'économique et environnemental. Avec l'utilisation de la GSHP (Ground Source Heat Pump qui tient compte de la Température du

sol) comme système de chauffage et de refroidissement, et le comparer avec celui des anciens systèmes.(BOUKLI.HACENE, 2012)

C. La recherche de « **Evaluation du confort thermique dans l'habitat colonial à Alger** » présenter par Mr. GHANEM Foudil L'objectif principal de ce travail est de recherche est l'évaluation du confort thermique dans les immeubles de rapport à cour à Alger et ce, dans le contexte climatique d'Alger centre, où, cette typologie architecturale prend une grande place. L'enquête par questionnaire et le calcul des déperditions thermiques sont les moyens utilisés pour répondre à la problématique.(GHANEM.Foudil, 2017)

D. La recherche de « **Diagnostics de Performance Energétique des Grands Moulins, de la Halle aux Farines et du bâtiment Condorcet** » dans le but de réaliser des économies d'énergie et de préserver davantage l'environnement. A travers des diagnostics de performance énergétique ont été effectuées pour permettre de mesurer les performances de chacun en termes de consommation et de rejet de gaz à effet de serre.(Nicolas.CARIOU, 2008)

E. La recherche de « **ETUDE DE L'EFFICACITE ENERGETIQUE D'UN BATIMENT D'HABITATION A L'AIDE D'UN LOGICIEL DE SIMULATION** » Par Mr. BOURSAS Abderrahmane pour l'étude de l'impact des mesures d'efficacité énergétique passives sur les besoins énergétiques thermiques d'un bâtiment résidentiel conditionné par des données météorologiques de la ville de Constantine, pour l'optimiser afin de le rendre le plus performant. Avec des méthodes numériques par la simulation thermique dynamique à l'aide du logiciel de simulation TRNSYS. La simulation se fera sur un bâtiment modélisé et qui servira de cas de base et de référence.(Abderrahmane, 2013)

F. la recherche de « **Contribution à l'évaluation des performances énergétiques et environnementales d'un habitat individuel bioclimatique : cas de la maison pilote de Soudania –Alger- (Algérie)** » Par NEFISSA BELKACEM d'améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments dans un climat de type méditerranéen et de réduire les émissions de gaz à effet de serre par une conjonction de différentes techniques de chauffage et rafraîchissement passifs tels que l'isolation, la masse thermique, les dispositifs d'ombrage, ventilation nocturne et système de chauffage solaire. Elle fournira aux concepteurs une stratégie efficace en termes d'économies d'énergie et de confort thermique intérieur. en utilisant le logiciel TRNSYS et validé avec les données expérimentales.(NEFISSA.BELKACEM, 2017)

G. La recherche de « **Etude comparative relative à l'efficacité énergétique de deux appartements situés à Béchar, Algérie** » par Benoudjafer et al l'étude comparative relative à l'efficacité énergétique de deux appartements résidentiels qui sont situés dans la ville de Béchar (Algérie). A ce propos, des simulations ont été effectuées à l'aide du logiciel de simulation du comportement thermique en régime dynamique 'TRNSYS 16' avec le modèle numérique type 56. Ce projet vise l'introduction des matériaux de construction isolants, afin d'améliorer le confort thermique et de réduire l'énergie consommée. Diverses variantes ont été proposées, qui permettent de faire un choix pertinent assurant un meilleur confort thermique tout en étant très peu énergivore. (Benoudjafer et al., 2012)

H. **La performance énergétique d'une école maternelle équipée d'un système de toit vert à Athènes, Grèce** a été analysée. Des simulations ont été effectuées dans les deux cas, non isolé et isolé et selon les résultats, l'installation du toit vert contribue de manière significative à l'efficacité énergétique des bâtiments. Ainsi, une économie d'énergie remarquable a été obtenue grâce à la réduction de la charge de refroidissement durant la période estivale, après l'installation du système de toit vert. (Santamouriz et al, 2007)

I. La recherche de **Capacitive effet on the Heat Transfer through building glazing systems** et dans le but de réduire la consommation énergétique des bâtiments, une solution réside sur une simulation énergétique du bâtiment qui permet d'activer le transfert de la chaleur (et de l'humidité) par l'enveloppe et, par conséquent, est une façon de comprendre la façon d'améliorer la performance du bâtiment. Cet article vise à analyser le niveau de modélisation nécessaire d'évaluer avec succès le transfert de chaleur à travers les fenêtres à haute inertie thermique double ou triple vitrages dans l'ensemble du bâtiment. (Roberto Zanetti Freire et al, 2011)

J. La recherche d'Une **méthodologie simple pour la simulation énergétique des bâtiments**, Un des composants pour simuler le comportement thermique du bâtiment dans TRNSYS est le Type 56 Multizone building. Ce modèle traite les bilans thermiques d'un bâtiment ayant jusqu'à 25 zones thermiques. Le modèle de bâtiment dans le type 56 est un modèle d'équilibre non-géométrique avec un nœud de l'air par zone, ce qui représente la capacité thermique de la zone de volume d'air et les capacités qui sont étroitement liées. Composants de l'équipement distincts peuvent être couplés à des zones que soit gains convectifs internes ou les gains par ventilation.

Pour utiliser le type 56, un programme distinct PREBID de pré-traitement est exécuté. Le programme PREBID lit et traite dans un fichier contenant la description des capacités et génère deux fichiers qui sont utilisés par le composant de type 56 lors d'une simulation

TRNSYS. Les entrées et sorties de Type 56 dépendent de la description du bâtiment et des options au sein du programme PREBID. (Ibanez M et al, 2005)

**K.** La recherche de « **Numerical simulation of underground Seasonal Solar Thermal Energy Storage (SSTES) for a single family dwelling using TRNSYS** », un système de stockage de l'énergie solaire pendant l'été pour une utilisation pendant l'hiver suivant a été simulé. Plus précisément, des capteurs solaires thermiques fixés sur le toit d'une maison unifamiliale ont été utilisés pour recueillir l'énergie thermique solaire en Richmond, Virginie, Etats-Unis. TRNSYS a été utilisé pour modéliser et simuler la charge thermique d'hiver d'une maison typique de Richmond. (Marshall L et al, 2012)

**L.** « **MODELISATION D'UN SYSTEME DE PRODUCTION ELECTRIQUE PAR LA CELLULE PHOTOVOLTAIQUE** », est une application de l'énergie solaire destinée pour le préchauffage de l'air entrant dans un bâtiment, Dans la recherche le comportement thermique de ce type de capteur. Une étude expérimentale a été réalisée sur un prototype installé sur la plateforme des essais expérimentaux de l'U.R.E. R d'Adrar (Lat. 27°, Long. 0.17W). Le modèle mathématique est basé sur une évaluation des bilans thermiques en régime stationnaire. Le paramètre clé de cette étude est le rayonnement solaire, ce dernier a été estimé et mesuré sur site et pour deux plans différents.(Zerguine.Bilal, 2010)

**M.** La recherche de **Contribution à l'Etude des Systèmes Hybrides de Génération : Application aux Energies Renouvelables**. La production de l'énergie par des ressources renouvelables est principalement mise en œuvre pour alimenter les zones rurales éloignées. Pour ces régions, le prix d'extension du réseau électrique s'avère prohibitif et le surcoût de l'approvisionnement en combustible augmente radicalement avec l'isolement. Cependant, et pour pallier ces problèmes les travaux de recherche ont été orientés vers le concept des systèmes hybrides de génération d'énergie électrique. L'objectif principal de ce travail est l'étude et la simulation d'un système hybride éolien-diesel qui répond à nos besoins énergétiques afin de réduire les émissions des gaz à effet de serre. Les résultats de simulation obtenus, par Matlab/Simulink, montrent la souplesse du système proposé face aux variations de la charge tout en minimisant les émissions des gaz à effet de serre et assurant une meilleure stabilité sur la tension et la fréquence générées en présence des perturbations provoquées par la ressource aléatoire du vent.(Omar, 2014)

**N.** **Contribution de l'énergie photovoltaïque dans la performance énergétique de l'habitat à haute qualité énergétique** en Algérie e s'intéresse à l'étude du bilan thermique de l'habitation. Dans un premier lieu, nous effectuons une première simulation



pour déterminer les besoins énergétiques nécessaires au chauffage et à la climatisation de l'habitation étudiée. En deuxième lieu, et dans le souci de réduire au maximum les besoins énergétiques, et atteindre le niveau de performance énergétique d'une habitation économique, nous proposons un ensemble de solutions telles que l'utilisation des isolants et des vitrages à haute performances énergétiques.(MOHAMMED, 2011)

O. Une étude de « **IMPACT DE L'ORIENTATION SUR LE CONFORT THERMIQUE INTERIEUR DANS L'HABITATION COLLECTIVE** ». Est effectuée sur le site de la nouvelle ville ALI MENDJELI de Constantine afin de comparer et de chercher la relation entre les éléments du climat et l'orientation. Une investigation sur terrain (relevé des températures, humidité relatives, températures de surfaces) est entreprise pour évaluer la réponse quantitative globale pour ce type de climat (semi-aride). Parallèlement à cela une simulation à l'aide d'un logiciel TRNSYS (version 14.1) a été effectuée pour valider les résultats du terrain et pour tester plusieurs possibilités d'orientations et d'améliorations afin de déterminer les éléments qui peuvent servir à des conditions meilleures.(LOUAFI and S.ABDOU, 2010)

### 1.2. Les recherches antérieures sur la forme et la performance énergétique :

A. Le travail de N. Fezzioui<sup>1</sup>, et leur-là s'appuient sur « **Influence des caractéristiques dynamiques de l'enveloppe d'un bâtiment sur le confort thermique au sud Algérien** ». Une étude quantitative des performances thermiques et énergétiques du bâtiment de référence, ainsi que des différentes variantes améliorées étude quantitative est basée sur la simulation numérique du bâtiment à l'aide du logiciel TRNSYS.(Fezzioui et al., 2008)

B. Le travail de Mr MAZARI Mohammed s'appuient sur l'« **étude et l'évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public : cas du département d'architecture de Tamda** ». Leur principal objectif est de chercher les stratégies de conception à adopter les dispositifs architecturaux à utiliser pour assurer un niveau de confort thermique acceptable en étudiant l'influence de l'enveloppe du bâtiment sur les ambiances intérieures et comment intégrer le concept bioclimatique afin d'apporter des solutions aux exigences du confort thermique et de réduire les besoins en chauffage et en rafraîchissement . Cet objectif est tributaire d'une enquête auprès des occupants de ces espaces et d'une campagne de mesure des paramètres thermiques de confort.(Mohammed, 2012)

C. Le travail de Série technique SCHL (société canadienne d'hypothèse et de logement imprimé au canada) pour estimer la consommation d'énergie horaire de plusieurs

immeubles et **déterminer l'impact que pouvaient avoir les paramètres à l'étude sur leurs charges de chauffage et de climatisation.** Quelques milliers de simulations ont été effectuées (pour la région de Toronto, en Ontario), afin d'étudier des combinaisons uniques de formes architecturales et de paramètres d'enveloppe. Les résultats ont ensuite été analysés afin de cerner des tendances dans la façon dont la conception et les caractéristiques de la forme architecturale ainsi que les paramètres de l'enveloppe peuvent influencer sur les charges annuelles de chauffage et de climatisation.(SCHL, 2014)

D. Le travail de Zeroual s'appuie sur « **IMPACT DES GAINS DE CHALEUR SUR LAMORPHOLOGIE DES BATIMENTS** ». L'intégration de la composante énergétique dans le processus de la conception architecturale est un objectif qui tend à l'amélioration du confort thermique, la minimisation de l'impact sur l'environnement par l'utilisation des procédés passifs et aussi le développement d'une architecture qui peut se situer géographiquement. Leur principal objectif est déterminé l'impact des gains de chaleur sur les types des bâtiments. (Zeroual, 2006)

E. **La recherche de « Effet de la forme de toiture sur le confort thermique »,** La forme de toiture joue un rôle important dans la consommation d'énergie car elle reçoit la plus grande partie du rayonnement solaire, et par conséquence peut accroître le confort des habitants et réduire leur besoin de climatisation. Dans cette étude il comparé entre différentes formes de toitures par une simulation mathématique selon la température surfacique externe de la toiture. la température la plus basse sur la toiture en voute, alors en améliorant cette face on peut réduire cette Augmentation et aussi la consommation énergétique.(Hachem, 2013/2014)

F. « **IMPACT DE LA FORME ARCHITECTURALE SUR LA PERFORMANCE ENERGETIQUE** » Cette recherche dans le but d'étudier la performance thermique des bâtiments et ses effets sur le confort thermique dans les deux villes de Djelfa et Ain Saleh, ainsi que la recherche met en lumière l'impact des facteurs climatiques sur les formations urbaines, en particulier en ce qui concerne la géométrie et de l'orientation d'une habitation.

Dans ce contexte, la recherche suppose que la géométrie de l'unité de logement extérieur et de les diriger ainsi que la forme et l'orientation Sortie tissu urbain de récurrence affecte de manière significative la performance thermique d'une unité résidentielle et donc chauffage et climatisation, la recherche vise à la performance thermique des différentes formes d'orientation de l'ingénierie et l'évaluation de l'unité résidentielle Dans les différentes configurations physiques à l'aide du logiciel de simulation TRANSYS , conduisant à un

modèle de chercheur pour une performance thermique supérieure coïncideront pour une utilisation dans les bâtiments résidentiels Djelfa et In Saleh. (Lalmi and Said, 2016-2017)

### **1.3. Recherches antérieures sur la mosquée et la performance énergétique :**

A. « **Vers une conception thermique optimale pour les mosquées dans les régions chaudes du désert (Désert du Sahara)** » l'objectif de recherche soulignent le modèle suprême et il est de ne pas parvenir à une thermique optimale des mosquées dans les régions désertiques climats distincts et dimension chaud, modèle fournirait le confort thermique par le design et naturel. (B) rationaliser la consommation d'énergie pour le confort thermique, (c) appliquer des principes de durabilité, et (d) fournir autant de confort thermique que possible à l'utilisateur.

Et pour atteindre ces objectifs, nous avons appliqué la technique Generate & Test, où nous testons nos idées pour les réaliser en utilisant le logiciel. (Autodesk Ecotect Analysis) ont à l'aide du modèle global du modèle par défaut sous l'influence du climat chaud du désert, puis commencer à expérimenter avec différentes solutions de conception et construit sur les fondations de l'architecture environnementale et les principes du processus de développement durable, où étudié l'impact et de la performance thermique des composants de la mosquée de choisir je représente la performance pour atteindre des solutions Le Vision et créer le modèle thermique ultime..(عاطف et al., 2016)

B. « **L'influence du style architectural sur la performance énergétique dans la mosquée** », Cette étude vise à discuter la justification et les caractéristiques de ces styles architecturaux en plus de leur effet sur la performance thermique de la mosquée. Une modélisation environnementale informatisée a été mise en œuvre à l'aide du programme Ecotect pour comparer quatre cas de modélisation représentant différente géométries et différents emplacements géographiques. Les résultats obtenus montrent l'effet significatif du style architectural de la mosquée sur ses performances thermiques. Les différents cas modélisés ont montré des comportements différents en termes de confort thermique des occupants du bâtiment, où une variation allant jusqu'à 80% a été observée. (S and Asfour, 2009)

C. **Mosquée à énergie positive de Tadmamet Création d'opportunités durables**, la mosquée de Tadmamet offre un confort optimal aux visiteurs de la zone rurale de Tadmamet, connue pour ses températures élevées l'été et très basses l'hiver. Les panneaux photovoltaïques installés sur le toit lui permettent non seulement de couvrir ses besoins en électricité, mais également de produire un surplus d'électricité, devenant ainsi la première

mosquée à énergie positive du Maroc. Le surplus d'électricité sera utilisé pour le pompage solaire et l'alimentation de la mosquée en eau. Le projet a fait l'objet d'une simulation thermique dynamique préalable pour valider ses caractéristiques d'efficacité énergétique. L'objectif final étant de contribuer à la mise en place et au développement d'un écosystème entrepreneurial national autour des projets d'efficacité énergétique.

**D. Optimiser la consommation énergétique et d'eau de la mosquée Hassan II** et de ses bâtiments. Consiste à identifier, installer et financer une partie de la mise en place des mesures d'efficacité énergétique et d'énergies renouvelables pour réduire d'au moins 50% la consommation de la Fondation de la mosquée Hassan II. Ces mesures d'efficacité énergétique devraient générer suffisamment d'économie pour récupérer les investissements réalisés sur une période de 5 ans. L'AMI permettra de choisir un nombre limité de soumissionnaires. Il sera suivi d'un appel à proposition transmis aux soumissionnaires retenus pour développer des projets d'efficacité énergétique et d'énergies renouvelables. Les offres seront finalement évaluées sur la base de la meilleure proposition.

**E. « Optimisation de la conception thermique des mosquées en Arabie Saoudite ».** La conception thermique optimale et le fonctionnement des mosquées sont essentiels pour atteindre le confort thermique requis tout au long de la journée. Les mosquées sont caractérisées par une fonction et un horaire d'exploitation uniques qui ne sont pas typiques des autres types de bâtiments. Néanmoins, leur conception thermique et leur fonctionnement n'ont pas été étudiés avec soin. Cet article décrit les caractéristiques physiques et opérationnelles typiques des mosquées ainsi que les résultats de l'optimisation thermique d'une mosquée de taille moyenne dans les deux villes saoudiennes de Riyad et de Djeddah, chaudes et sèches à l'aide d'une technique d'optimisation de recherche directe. Couplé à un programme de simulation d'énergie horaire HVAC.

## **2. Les méthodes pour l'évaluation de la performance énergétique :**

### **2.1 L'évaluation énergétique par le calcul conventionnel 3CL :**

L'approche conventionnelle s'intéresse aux trois principaux types de consommation énergétique dans le logement : le chauffage à température standard et sans interruption, la préparation de l'eau chaude sanitaire et le refroidissement ou le rafraîchissement du logement. La méthode conventionnelle ne permet cependant pas

d'évaluer la consommation énergétique réelle, ni d'adapter les programmes de travaux à la diversité des modes de vie des occupants.

Le calcul conventionnel permet de comparer la performance intrinsèque avant/après travaux d'un même logement, indépendamment des températures qui seront pratiquées dans la réalité, et de visualiser le gain réalisable.

#### A. **Avantage :**

- **CONSENSUS** : Il existe de nombreuses méthodes permettant d'estimer « sur le pouce » les consommations énergétiques des logements, mais c'est la première fois qu'un groupe de travail avec des acteurs aussi différents (EDF, GDF, FG3E, chaleur fioul, ADEME,) s'est mis d'accord.

- **FIABLE** : La méthode a fait l'objet de tests sur un panel de plusieurs milliers de maisons (étude retours terrain EDF, CEREN, base de données du groupe, autres) afin de comparer le « réalisme » des résultats de la méthode avec les factures.

- Les nombreux tests qui ont été effectués dans le cadre du groupe de travail par les fournisseurs d'énergie, le CEREN, le CSTB ... ont montré que la méthode 3CL donnait un niveau de précision très satisfaisant, comme le montre les courbes ci-après.

- Données climatiques départementales

- Traite 95% des maisons et des logements du parc

- **EVOLUTIVE** : Tout nouveau paramètre peut facilement être intégré dans la méthode.

- La méthode actuelle ne peut pas être utilisée pour faire un diagnostic thermique qui prend en compte le comportement de l'utilisateur. En revanche, elle peut comparer deux états (avant/après) dans un cadre conventionnel.

#### B. **Inconvénients :**

- La méthode n'est pas basée sur une méthode au pas de temps horaire.

- Les apports solaires par les baies vitrées sont pris en compte de façon forfaitaire, donc difficile de valoriser une maison bioclimatique.(actu-environnement, 2013)

### 2.2 **L'évaluation énergétique par La méthode expérimentale :**

Si la notion expérimentale et la conduite d'expériences particulières peuvent être appliquées à un grand nombre de processus de recherche, il convient d'en examiner la

pertinence au regard de l'architecture et de la configuration d'ambiances. Nous interrogeons dans ce numéro l'expérimentation des ambiances, ou par les ambiances, au sens où il ne s'agit pas seulement de décrire des situations existantes ou données comme telles (pouvant inclure aussi un certain type d'expérience) mais de mettre en place des modalités de « faire l'ambiance » pour tirer des éléments d'ordre théorique, méthodologique ou technique. Il s'agit en ce sens de confronter les concepts et outils fondamentaux en amont du projet proprement dit en approchant celui-ci partiellement, voire en dehors de ses cadres normatifs stricts.(Calenda, 2017)

### **2.3 L'évaluation énergétique par la méthode enquête :**

L'enquête Performance de l'Habitat, Équipements, Besoins et Usages de l'énergie, figurant au programme des enquêtes statistiques. Elle comprend deux volets réalisés séparément, un entretien en face à face avec les occupants des logements tirés au sort, sur leurs équipements consommateurs d'énergie, leurs consommations énergétiques, leur attitude vis-à-vis de l'énergie, et un diagnostic de performance énergétique (DPE) du logement.(solidaire, 2014)

### **2.4. L'évaluation énergétique par Les logiciels :**

Actuellement, la plupart des éditeurs de logiciels utilisent les algorithmes de la méthode 3CL, mais ils ne sont pas à l'abri de « bugs » lorsqu'ils ont réalisé les codages informatiques des nombreuses formules mathématiques surtout lorsque les développeurs ne sont pas des thermiciens c'est la raison pour laquelle une procédure d'évaluation des logiciels a été mise en place.

L'évaluation est une démarche volontaire des éditeurs de logiciels soucieux de fournir des logiciels de qualité à leurs utilisateurs. Elle se compose de deux étapes successives :

Une phase d'autotests permettant aux éditeurs de mettre au point leurs logiciels

Une phase d'évaluation permettant aux éditeurs d'obtenir un avis sur la qualité technique de leurs logiciels.

### 3. Les logiciels de simulation thermique du bâtiment :

#### A. Design Builder :

##### Présentation :

Design Builder allie rapidité de modélisation d'un bâtiment à la simulation thermique dynamique précise. Le mode apprentissage de Design Builder permet une prise en main rapide. Dans chaque fenêtre les informations essentielles sont expliquées et des raccourcis pratiques vous évitent de chercher comment faire via les menus ou barre d'outils. Le rendu 3D avec textures permet de visualiser les ombres portées tant au niveau des masques proches que des vitrages extérieurs et intérieurs, et d'exporter le rendu sous forme d'image ou de film avis.

Au niveau de la simulation, Design Builder utilise le moteur de calcul Energy Plus v1.4 issu des logiciels renommés BLAST et DOE-2. Le couple Design Builder / Energy Plus a passé avec succès les tests de fiabilité de l'ASHRAE. Caractéristiques paramétrables et indépendantes de la ventilation mécanique, du chauffage et de la climatisation, gradients de température pour les espaces verticaux ou système à déplacement, ventilation naturelle modélisée suivant les règles d'ouverture des fenêtres et portes, gradation de l'éclairage à l'aide de capteur de luminosité à placer librement dans une zone, Design Builder exploite pleinement les possibilités d'Energy Plus et permet la création de fichier IDF permettant de travailler avec les fonctionnalités Energy Plus non encore implémentées dans Design Builder.

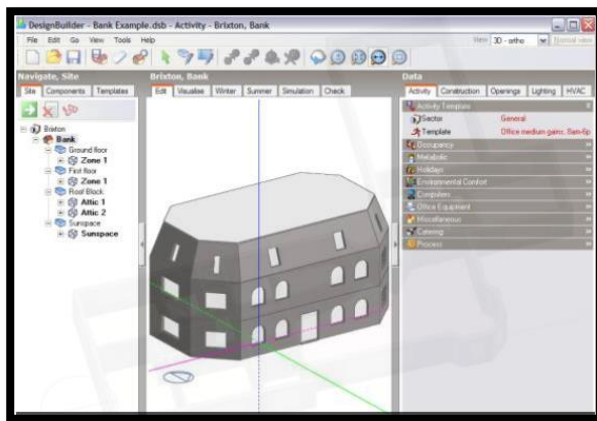


Figure .32: interface design builder, source: designbuilder.co.uk,2011

##### Avantage:

Modeleur 3D très complet et facile de prise en main (ressemble à SketchUp)

Mur et cloisons en 3D

Moteur de calcul Energyplus

Modèles détaillés de ventilation naturelle

Développement d'un module CFD

Disponible en plusieurs langues (dont le français)

**Faiblesses :**

Manque certaines fonctionnalités d'Energypus ?

## B. Pleiades + Comfie :

### Présentation :

- Seul logiciel français présenté, Comfie est développé par le Centre d'Energétique de l'école des Mines de Paris et l'interface Pleiades par IZUBA Energies. Les besoins de chauffage et de rafraîchissement sont calculés en dynamique (le pas de temps peut être choisi entre 1 heure et 1/10<sup>ème</sup> d'heure) zone par zone (jusqu'à 20 zones peuvent être modélisées). Des profils et des histogrammes de température peuvent être obtenus afin de vérifier le niveau de confort dans différentes zones thermiques d'un bâtiment. Les graphes peuvent être copiés et intégrés au rapport de simulation généré par l'interface. Le logiciel est fourni avec le module de saisie graphique Alcyclone qui permet de définir des parois type, dessiner le bâtiment en suivant les contours d'un plan préalablement scanné ou importé à partir d'un fichier DWG et de visualiser en 3D.

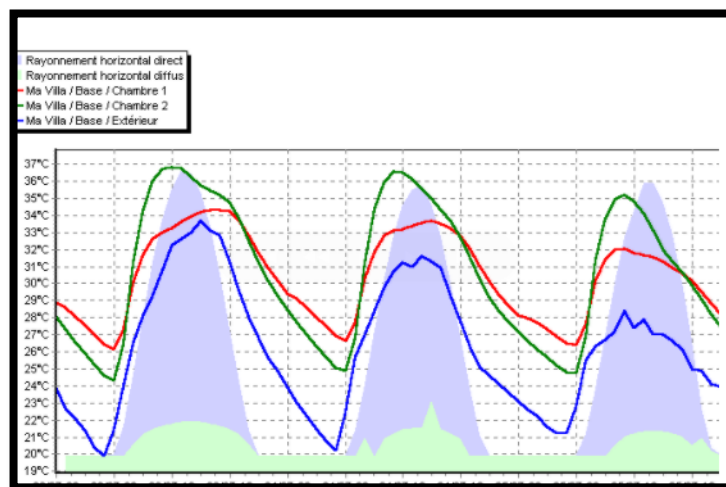


Figure. 33 : graphe du confort thermique Pleiades, source : izuba.fr/logiciel,2017



**Avantage :**

- Prise en main très rapide
- Bonne simulation des conceptions passives
- Passerelle avec Equer
- Logiciel français

**Faiblesses :**

- Modélisation simplifiée des équipements
- Nombres de zones limitées

**C. Virtual Environnement :****Présentation :**

• Virtual Environnement, édité par IES Software Ltd, est un logiciel d'aide à la décision permettant une approche holistique de la simulation et de la conception. Il permet une évaluation rationalisée du projet, aidant ainsi à orienter le projet vers des objectifs de confort, d'économie, de performance et de qualité environnementale. L'ingénieur peut ainsi proposer et justifier une disposition architecturale, un type de matériau ou une stratégie de ventilation optimisant le confort et diminuant les consommations d'énergie. VE est constitué d'un module central dans lequel est créée la géométrie du bâtiment et de plusieurs (20) modules spécifiques. Les modules communiquent entre eux afin d'avoir une simulation très précise, mais il n'est pas obligatoire de tous les acheter.

**Module :**

- **ModelIT** : Module de modélisation et de rendu 3D
- **Apache** : Calc (perte et gain de chaleur), Loads (Charge de chauffage et de climatisation), Sim (simulation dynamique), HVAC (équipement), MacroFlo (ventilation naturelle)
  - **RadianceIES** : simulation 3D de l'éclairage avec rendu photographique
  - **SunCast** : information solaire visuel, graphique et numérique
  - **MicroFlo** : module CFD
  - **IndusPro** : dessin et dimensionnement des conduits de ventilation



**Figure. 34 :** Virtual Environnement, source : [iesve.com/software](http://iesve.com/software),2016

**Avantage :**

Logiciel complet et modulaire

**Faiblesses :**

Promo que pour les étudiants anglais et pas de démo

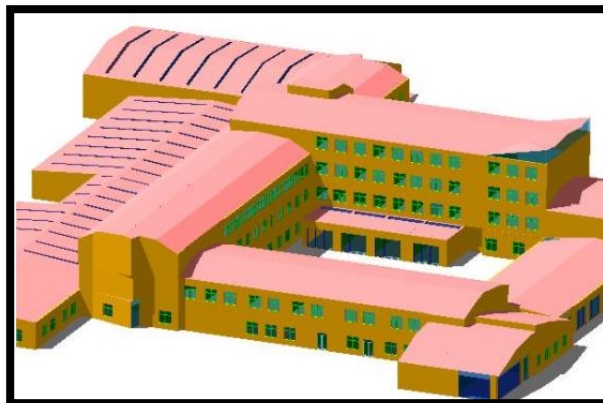
**D. TAS :**

**Présentation :**

Tas est composé de 3 élément :

- Un modeleur 3D (Tas Building Designer),
- Un module d'analyse thermique/Energie (Dynamic Simulation),
- Un module CFD (Tas Ambiens)

-Tas est développé par EDSL (Environnemental Design Solution Limited) depuis 1989. Le logiciel permet d'exporter au format DXF pour avoir un rendu photo réaliste ou faire des calculs de lumière avec le logiciel Lumen Designer. Tous les résultats peuvent être exportés sur Excel ou Word, avec des formats préformatés ou définis par l'utilisateur.



**Figure .35 :** interface du logiciel TAS, source : <http://212.23.11.237>,2017

**Avantage :**

Outil précis pour développer des concepts

**Faiblesses :**

Non destiné à la conception détaillée d'équipement

**E. Ecotect : (destiné aux architectes) :**

**Présentation :**

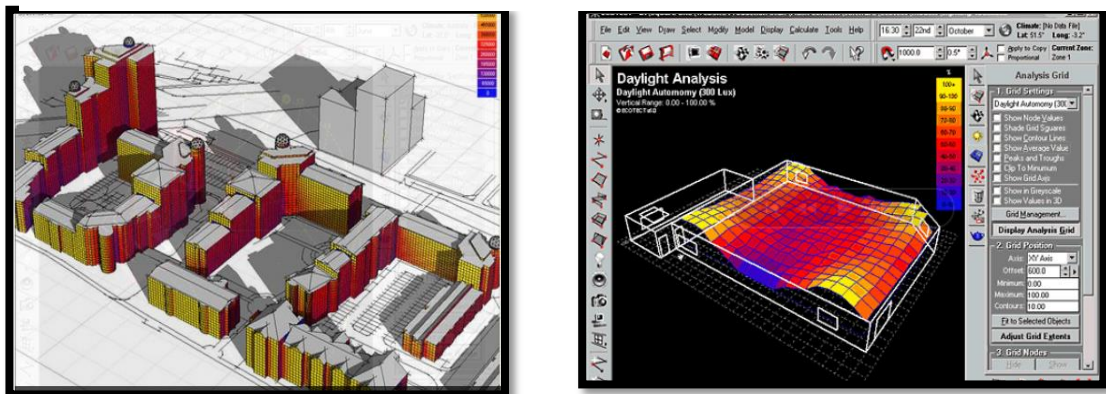
Logiciel de simulation complet qui associe un modèleur 3D avec des analyses solaire, thermique, acoustique et de coût. ECOTECT est un outil d'analyse simple et qui donne des résultats très visuels. ECOTECT a été conçu avec comme principe que la conception environnementale la plus efficace est à valider pendant les étapes conceptuelles du design. Le logiciel répond à ceci en fournissant la rétroaction visuelle et analytique, guidant progressivement le processus de conception en attendant que les informations plus détaillées soient disponibles. Ses sorties étendues rendent également la validation finale de conception beaucoup plus simple en se connectant par interface à Radiance, Energyplus et à beaucoup d'autres outils plus spécialisés. ECOTECT est bon pour enseigner au débutant les concepts importants nécessaires pour la conception efficace de bâtiment.

**Importations:**

3D Studio (.3DS. ASC. PRJ); AUTOCAD (.DXF); Energyplus (. IDF); Windows Bitmap(.BMP)

**Exportations:**

DOE-2 (. INP); AIOLOS (.PPA); VRML (. WRL); ESP-r (.CFG); WinAir4 CFD (. GEO ); Radiance (. RAD. OCT) ; Energyplus (. IDF) ; AUTOCAD (.DXF)



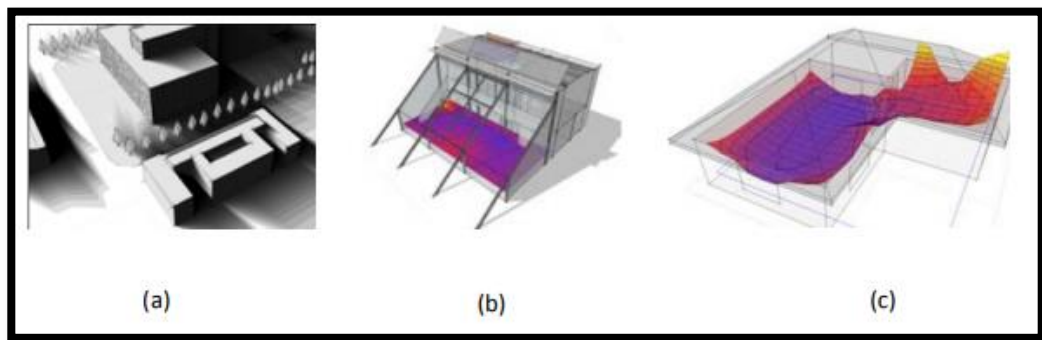
**Figure 36 :** Ecotect analysis, Source : [www.autodesk.com/ecotect-analysis,2011](http://www.autodesk.com/ecotect-analysis,2011)

**Avantage :**

- Prise en main assez rapide
- Résultats très visuels (parfaits pour communiquer avec des architectes)
- Bon outil pour la phase esquisse et pour bien orienter la conception
- Nombreuses sorties vers des logiciels plus performants

**Faiblesses :**

- CIBSE Admittance Method
- Pas de calcul d'équilibre thermique (radiation et convection à chaque pas de temps)
- Pas de ventilation naturelle ni de multizones
- Très faibles possibilités en chauffage, ventilation et air conditionné. (I3ER. Ingénierie.de.l'Efficacité.Energétique.et.des.Energies.Renouvelables, 2007)

**4. Le choix du logiciel de simulation :**

**Figure 37 :** Résultats de simulation sous Ecotect, ombrage (a), lumière du jour (b) et performances thermique (c).,Source : [www.autodesk.com/ecotect-analysis](http://www.autodesk.com/ecotect-analysis),2011

**4.1 Ecotect :**

Ecotect v 5.5 est un logiciel de conception Haute Qualité Environnementale (HQE) destiné aux architectes, qui allie une vaste gamme de simulations et d'analyses pour bien comprendre les performances du bâtiment. C'est un logiciel de simulation simple et complet qui associe un modèleur 3D avec des analyses solaire, thermique, acoustique et de coût. Ecotect permet aux concepteurs de travailler facilement en 3D et d'utiliser tous les outils nécessaires à la gestion efficace de l'énergie. "Ecotect 5.5" offre plusieurs avantages, c'est un outil facile dans sa manipulation et sa compréhension, il permet de guider le processus de conception et aide les concepteurs à prendre les bonnes décisions dès la première phase

d'esquisse, en ce qui concerne la localisation de la construction, sa forme globale, son orientation, les matériaux utilisés pour l'extérieur ainsi que la taille des fenêtres et leur emplacement...etc. Un autre avantage important est qu'il est possible d'analyser la situation d'éclairage durant toute l'année tout simplement en attribuant les paramètres de simulation (comme l'emplacement, la date, l'heure, l'état du ciel etc.). Il donne des résultats très visuels comme il peut être connecté avec d'autres logiciels (Radiance, Energyplus et d'autres logiciels performants). À partir d'Ecotect, nous pouvons importer des données de 3D Studio (.3DS, .ASC, .PRJ), Autocade (.DXF), Energyplus (.IDF), Windows Bitmap (.BMP). Comme nous pouvons faire des exportations vers DOE-2 (.INP), AIOLOS (.PPA), VRML (.WRL), ESP-r (.CFG), WinAir4 CFD (.GEO) ; Radiance (.RAD, .OCT), Energyplus (.IDF), Autocade (.DXF). Ecotect offre six fonctions principales :

A. **La fonction Visual Impact**, aide à analyser les angles de projection, les obstructions et les composants verticaux pour n'importe quel point ou surface.

B. **La fonction Solar Radiation Analysis**, "Ecotect 5.5" permet de visualiser l'incidence des radiations solaires sur les fenêtres et les surfaces calculées pour chaque saison.

C. **La fonction Shadow and Reflections** : permet les simulations d'ombres, de réflexions et indique la position du soleil et l'ensoleillement du projet comme elle montre comment la lumière entre par les fenêtres et se déplace dans l'espace.

D. **La fonction Daylight**, permet de calculer les détails de l'ensoleillement, les facteurs d'éclairage naturels : les niveaux d'éclairement (lux), le facteur de lumière du jour (%), les réflexions intérieures et extérieures (%) à n'importe quel point du modèle, ainsi que les composantes du ciel. Selon le type de la grille (verticale ou horizontale), la fonction affiche les résultats en 2D et/ou en 3D. Elle simule aussi les économies potentielles qu'offre la conception axée sur l'éclairage naturel. Notre travail se base sur cette fonction.

E. **La fonction Thermal performance**, permet de calculer les charges de chauffages et de climatisation pour toute types de zones, quelques soient leurs formes. Il analyse également les changements thermiques dû à l'occupation des bâtiments, aux apports internes, à l'infiltration, ainsi qu'aux différents équipements.

#### 4.2 Analyse de performance énergétique avec ECOTECH :

Performance thermique de chauffage et de calculer les charges de refroidissement sensibles pour les modèles avec un certain nombre de zones ou de type de géométrie, et des analyses effets de l'emploi, les gains internes, objets infiltration et de l'équipement.

Ombres et simulation Réflexions montre la position du Soleil et de la voie par rapport au modèle à toute date, heure et lieu. Voyez comment la lumière du soleil entre par les fenêtres et se déplace dans un espace.

Daylighting calcule les facteurs de lumière du jour et les niveaux d'éclairement à un point quelconque dans le modèle ou sur la grille d'analyse. Aide à déterminer les économies potentielles en raison de la conception de l'éclairage la lumière du jour.

- Performance thermique : Revit inclut une fonction de charges de chauffage et de refroidissement, et respecte les spécifications du manuel ASHRAE Handbook of Fundamentals. Vous pouvez calculer les charges thermiques de votre projet en prenant en compte les charges internes et les contraintes de radiation solaire, ainsi que leurs effets sur l'enveloppe du bâtiment. Vous pouvez ensuite calculer les charges thermiques et de refroidissement pour les modèles, ainsi qu'analyser les effets de l'occupation, des gains internes, de l'infiltration et des équipements.

- Analyse énergétique complète d'un bâtiment : l'outil intégré Energy Analysis for Revit a été amélioré dans Revit 2014 (et versions ultérieures) et prend en charge des éléments de construction plus détaillés. Le workflow amélioré permet d'obtenir un modèle analytique énergétique directement à partir d'un modèle Revit et de générer les résultats dans Revit. Effectuée à l'aide de Green Building Studio, l'analyse permet de calculer la consommation totale d'énergie et son coût annuel, mensuel, quotidien et horaire, à l'aide d'une base de données mondiale regroupant des informations météorologiques. Vous avez également la possibilité de personnaliser la représentation visuelle des données obtenues grâce à Green Building Studio.

## **Conclusion :**

L'évaluation énergétique par les méthodes de l'enquêtes, expérimental ou calcul conventionnel 3cl ont connu plusieurs problèmes. Ces problèmes et manques minimisent leur efficacité et exactitude qui affectent sur les recommandations à fournir.

Parmi ces problèmes on cite :

- Les résultats ne sont pas des quantités mesurables.
- Les diagrammes n'expliquent pas l'acclimatation. L'effet d'acclimatation et les attentes de confort devraient être pris en considération,
- Ils donnent des stratégies générales qui orientent un peu la conception architecturale. Ils ne donnent pas les corrections pertinentes en termes des dispositifs architecturaux convenables.

# **CHAPITRE 04**

*Zone*

*d'intervention et  
création du modèle*



## **Introduction :**

Evaluer sérieusement la consommation d'énergie d'un bâtiment permet de disposer d'un système bien adapté, sachant que toute exigence supplémentaire se traduira par une augmentation de la puissance à mettre en œuvre. Une analyse de 24 modèles des mosquées a la wilaya de Tébessa suivis d'expérimentations avec le logiciel de Ecotect analysas, nous a permis de déterminer l'impact de la forme des mosquées sur la consommation d'énergie, concernant la climatisation ainsi que les différentes zones de consommation de chauffage.

### **Méthodes de travail :**

Cette étude est basée sur la technique de la conception et test à travers l'utilisation de logiciel Ecotect analysas, ou on va optimiser la consommation énergétique des mosquées dans plusieurs modèles chaque modèle est différent de l'autre dans leur composition formelle. Ou on va changer ou annuler ces compositions dans chaque étape jusqu'à l'arrive au modèle optimal.

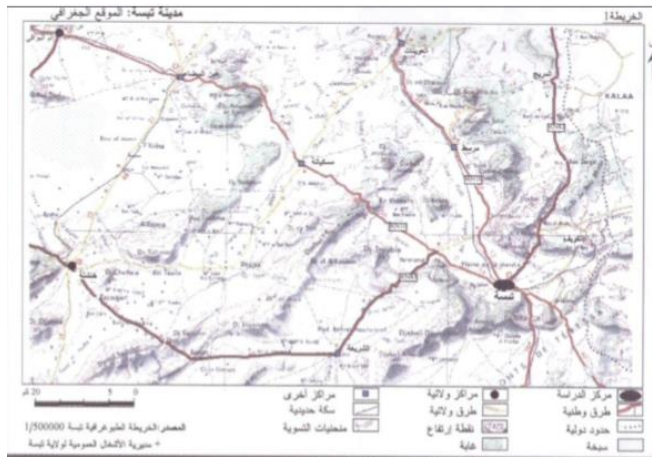
Pour cela cette opération est articulée sur 3 étapes :

- **La première :** la création du modèles principale et la détermination des compositions fixes et variables du testassions.
- **2ème étape :** les étapes de l'expérimentations, (simulation)
- **3ème étape :** l'analyse et la traduction des résultats pour l'arrivage au les recommandations générales et la réalisation de modèle optimale.

## **1-Présentation de la ville de Tébessa :**

### **1-1-La situation géographique :**

Tébessa occupe une position stratégique à l'extrême Est de l'Algérie, c'est une ville carrefour à la frontière du désert et de la Tunisie, aboutissement de voies de circulation Importantes et constitue un point de transit entre l'intérieur et l'extérieur du pays d'une part et Entre le Tell et le Sahara d'autre part. Tébessa couvre une aire de 13878 kilomètres carrés et se rattache naturellement d'une Manière générale à la zone des Hauts plateaux et partiellement à l'immense étendue steppique Du pays.(Gherzouli Lazhar ,2007)

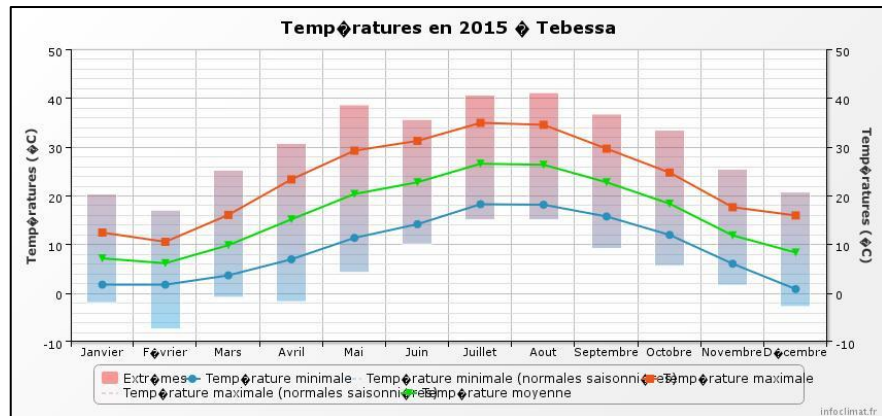


**Figure 38** : situation de Tébessa par rapport à l'Algérie , source DTP de la wilaya de Tébessa,2012

### 1-2- Etude générale de climat :

Cette région étant une zone de transition météorologique est considérée comme une Zone agro-pastorale avec une présence d'un nombre important de phénomènes (gelée, grêle Crue, vent violent). La Wilaya de Tébessa se distingue par quatre (04) étages bioclimatiques.

- Le Sub-humide (400 à 500 mm/an), très peu étendu, il est limité aux sommets de quelques reliefs (Djebel Serdies et Djebel Bouroumane) ;
- Le Semi-aride (300 à 400 mm/an), couvre toute la partie Nord de la wilaya ;
- Le Sub-aride (200 à 300 mm/an), couvre les plateaux steppiques ;
- L'aride ou saharien doux (inférieur à 200 mm/an), s'étend au-delà de l'Atlas saharien. Source (l'Agence Nationale de Développement de l'Investissement (ANDI)-2013)



**Figure 39** : température en 2015 Tébessa, source infoclimat.com,2013

### 1.3 Les données météorologiques de la zone d'études :

#### 1.3.1. La Température :

T(°C)	Jan	Fév.	Mar	Avri	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept	Oct.	Nov	Déc
Tmax	3.37	2.14	7.31	0.55	4.10	9.80	2.66	3.10	5.70	3.24	4.16	1.21
Tmin	1.2	0.6	0.2	.16	.74	.80	2.10	2.78	.68	.04	.14	0.1

Tableau 01 : Tableau de la variation mensuel de la température, source : site Web de l'office national de météorologie, 2009

- La température maximale est observée au mois d'Aout d'une valeur de 43.1 °C.
- La température minimale est observée au mois de Janvier d'une valeur de -1.2 °C.

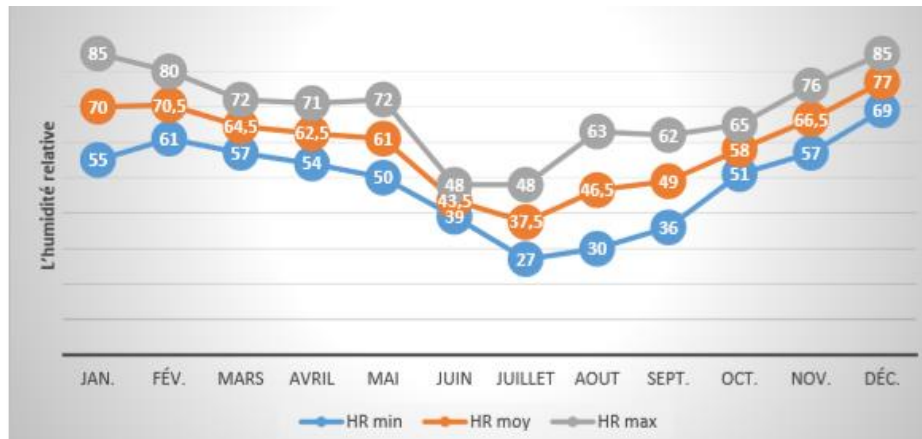


Graph 1 : La variation mensuelle de la température site Web de l'office nationale de météorologie ,2009

#### 1.3.2. L'humidité relative :

	Jan	Fév.	Mar	Avril	Mai	Jui	Juil	Aout	Sept.	Oct	Nov	Déc
HR max	85	80	72	71	72	48	48	63	62	65	76	85
HR min	55	61	57	54	50	39	27	30	36	51	57	69
HR moy	70	70.5	64.5	62.5	61	43.5	37.5	46.5	49	58	66.5	77

Tableau 2 : Tableau de la variation mensuel de l'humidité relative, 2009.source (Site web de l'office nationale de météorologie, 2009



Graph 2 : La variation mensuelle de l'humidité relative, source (Site web de l'office nationale de météorologie, 2009

- L'humidité relative maximale est observée au mois de Janvier et décembre d'une valeur de 85%.
- L'humidité relative minimale est observée au mois de Juillet d'une valeur de 27%.

### 1.3.3. La vitesse de vent :

V (m/s)	Jan	fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	juil.	Aout	sept.	oct.	nov.	déc.
Vitesse	8.82	6.02	9.47	6.87	6.49	8.01	6.64	7.49	8.04	14.1	9.58	1.86

Tableau 3 : Tableau de la variation mensuel de la vitesse du vent, 2009. source (Site web de La vitesse maximale du vent est observé au mois d'Octobre d'une valeur de 14.1 m/s.



Graph 3: La variation mensuelle de la vitesse du vent ,2009

- La vitesse minimale du vent est observée au mois de Février d'une valeur de 6.02 m/s.

## 2-Le choix du logiciel de simulation :

Notre choix est porté su

r Autodesk Ecotect analysis qui est un outil d'analyse environnementale combinant un large éventail d'outils d'analyse et de simulation avec une ergonomie et une interactivité

qu'on trouve rarement dans ce genre de logiciel, il permet de surcroit la présentation analytique directe dans le contexte du modèle du bâtiment. Ceci lui confie la possibilité de communiquer des concepts techniques souvent complexe pour l'architecte ainsi qu'un ensemble de données étendu de manière intuitive et efficace.

## 2.1. La création du modèle et les variables de l'analyse :

Comme nous l'avons déjà précisé la modélisation est faite sur Ecotect, Pour optimiser l'impact de la forme des mosquées sur l'efficacité énergétique nous citons des variables et des fixes.

### 2.1.1 Les paramètres fixes d'analyse :

Sont les données qu'on ne change pas avec tous les modèles de simulation :

- a) **L'orientation** : l'orientation de l'qibla dans la ville de Tébessa selon leur site sidéral est de  $108.61^\circ$  est.
- b) **Les façades** : on a choisi un modèle libre qui permet aux mosquées à bien inciter aux conditions climatiques
- c) **La taille** : pour les grandes mosquées de 1000 fidèles d'un moyen de  $1.4 \text{ m}^2$  /fidèle et pour les modèles de deux niveaux 60% pour RDC et 40% pour 1ère étage.

### 2.1.2 Les paramètres variables d'analyse :

- a) **La géométrie** : pour les deux forme géométrique carré et rectangle avec la proportion du masjid nabawi (longueur \*2 largeur)
- b) **La hauteur** : 1/3 profondeur
- c) **Coupole** : unique centrale (1/2 largeur)
- d) **Arcade** : d'une dimension de 3\*3 pour seule façade, 2 façades, 3façades.

orientation	Quibla		
façades	ilot libre		
forme	fermé avec coupole unique		
taille(moyenne)	1000 fidèle		
géométrie	rectangle proportion ( longueur X 2 largeur)		
hauteur	1/3 profendeur ( min 3 et max 8)		
coupole	unique centrale (1/2 largeur)		
arcade	sans arcade	1 façade	3 façade

Tableau 4 : les variables d'analyse, source l'auteur.

## 2.2. La codification des paramètres d'analyse :

nomination	les paramètres											
(A)	forme carré											
(1)-(2)	1 seul niveau						2 niveaux					
(S)-(A)	sans coupole			avec coupole			sans coupole			avec coupole		
(0)-(1)-(3)	0 arcade	1 arcade	3 arcade	0 arcade	1 arcade	3 arcade	0 arcade	1 arcade	3 arcade	0 arcade	1 arcade	3 arcade
n° de scenario	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
(B)	forme rectangulaire (longueur x 2 largeur)											
(1)-(2)	1 seul niveau						2 niveaux					
(S)-(A)	sans coupole			avec coupole			sans coupole			avec coupole		
(0)-(1)-(3)	0 arcade	1 arcade	3 arcade	0 arcade	1 arcade	3 arcade	0 arcade	1 arcade	3 arcade	0 arcade	1 arcade	3 arcade
n° de scenario	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

Tableau 5 : la codification des paramètres d'analyse, source auteur

## 2.3. Les scénarios :

Selon les données précédentes on a obtenu 24 scénarios 12 pour la forme carrée et 12 pour la forme rectangulaire :

n°scénario	code	forme	longueur	largeur	hauteur	coupole	arcade
1	A1S0	CARRÉ	38	38	8		0
2	A1S1		38	38	8		1
3	A1S3		38	38	8		3
4	A1A0		38	38	8	X	0
5	A1A1		38	38	8	X	1
6	A1A3		38	38	8	X	3
7	A2S0		30	30	16		0
8	A2S1		30	30	16		1
9	A2S3		30	30	16		3
10	A2A0		30	30	16	X	0
11	A2A1		30	30	16	X	1
12	A2A3		30	30	16	X	3
13	B1S0	RECTANGULAIRE	52	26	8		0
14	B1S1		52	26	8		1
15	B1S3		52	26	8		3
16	B1A0		52	26	8	X	0
17	B1A1		52	26	8	X	1
18	B1A3		52	26	8	X	3
19	B2S0		42	21	16		0
20	B2S1		42	21	16		1
21	B2S3		42	21	16		3
22	B2A0		42	21	16	X	0
23	B2A1		42	21	16	X	1
24	B2A3		42	21	16	X	3

Tableau 6 : Les scénarios, source auteur

### 3. Création du modèle :

Notre simulation sur logiciel Autodesk Ecotect analysis commencé par localisation et l'intégration des données climatique de la région de Tébessa. Et la précision de la date utilisées pour l'analyse, nous choisissons 1ère avril.

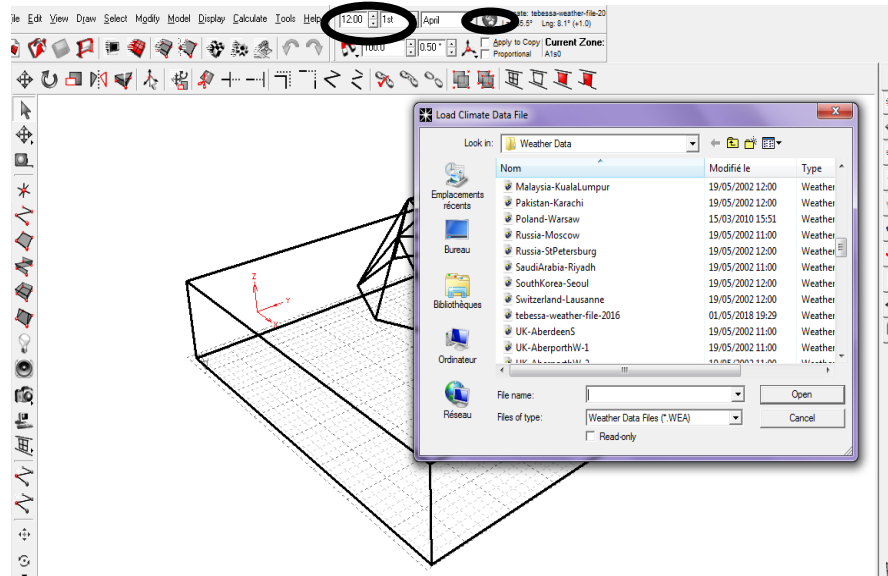


Figure 40 : l'intégration des données climatique de la région et la précision de la date, source auteur

Ensuite, nous précisons les heures de l'opération selon les heures de prière ou l'utilisation d'énergie. Aussi le type d'activité et la température du confort entre 18° et 26°

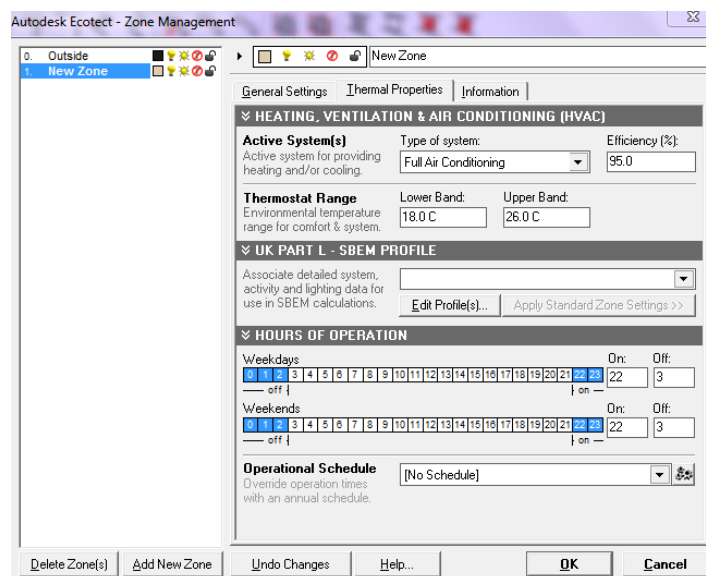


Figure 41 : la précision de l'heure, l'activité et la température, source auteur

Puis le niveau de l'éclairage de 500lux et l'occupation d'espace pour 1000 fidèles.

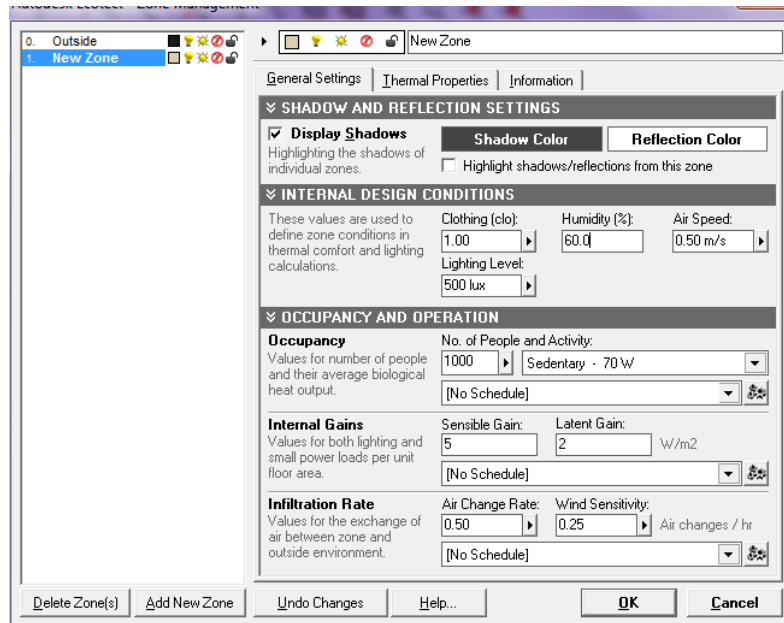


Figure 42 : niveau d'éclairage et l'occupation, source auteur

Après l'introduire de toutes ces données nous commençons à la réalisation des modèles de simulation chaque modèle à leurs propriétés selon les codés cités dans le tableau des scénarios précédent :

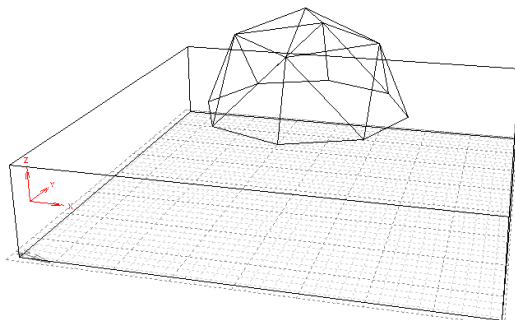


Figure 43: vue 3d sur le modèle A1A0, source auteur

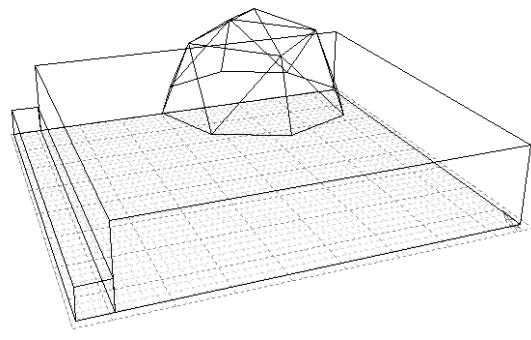


Figure 44: vue 3d sur le modèle A1A1, source auteur

source auteur



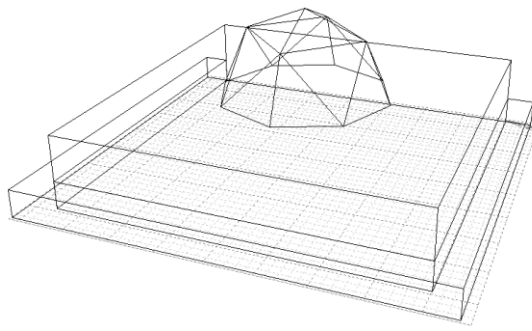


Figure 45 : vue 3d sur le modèle A1A3, source auteur

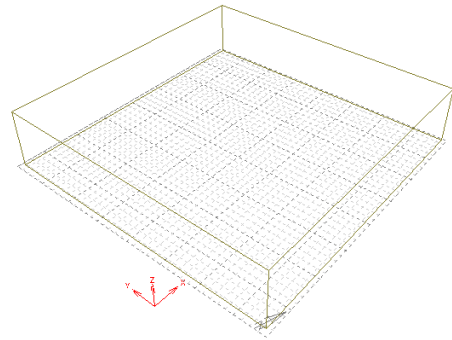


Figure 46 : vue 3d sur le modèle A1S0, source auteur

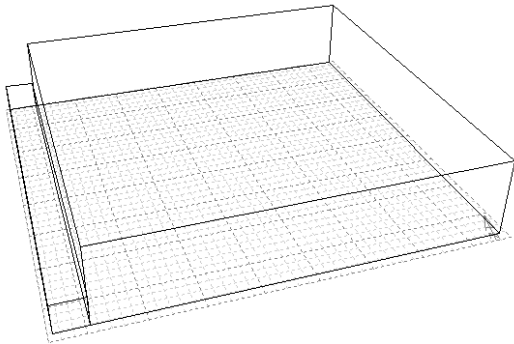


Figure 47: vue 3d sur le modèle A1S1, source auteur

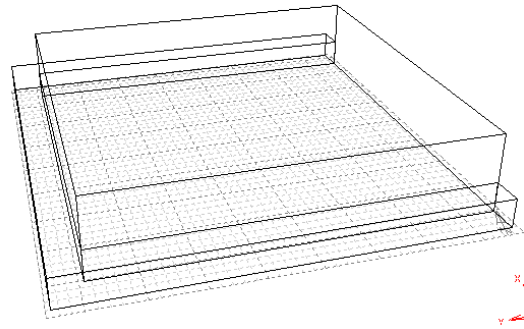


Figure 48 : vue 3d sur le modèle A1S3, source auteur

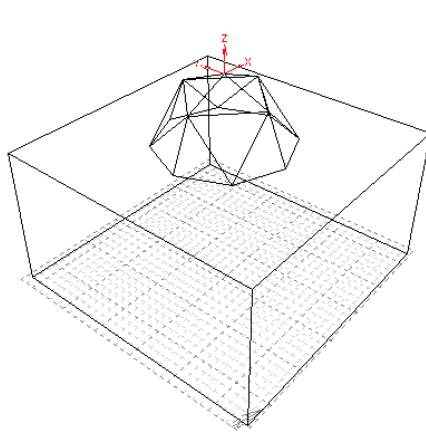


Figure 49 : vue 3d sur le modèle A2A0, source auteur

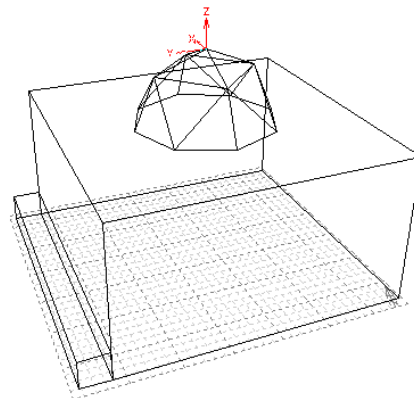


Figure 50 : vue 3d sur le modèle A2A1, source auteur

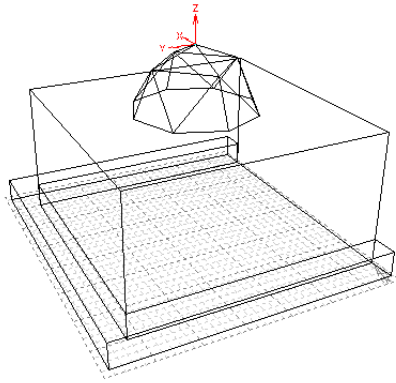


Figure 51: vue 3d sur le modèle A2A3, source auteur  
source auteur.

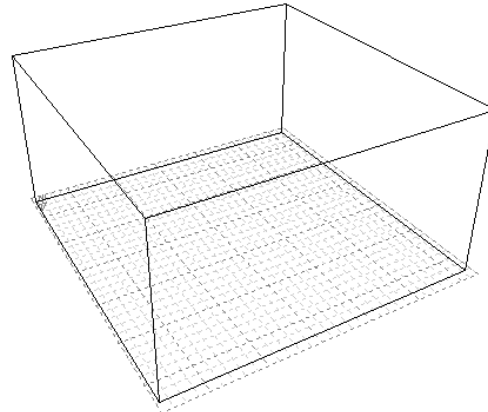


Figure 52 : vue 3d sur le modèle A2S0,

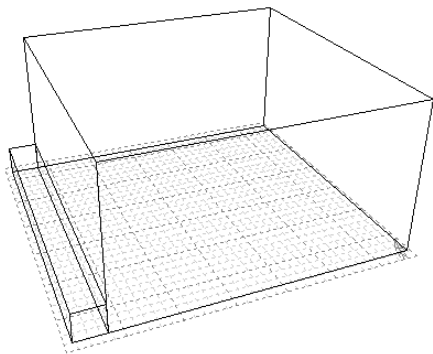


Figure 53 : vue 3d sur le modèle A2S1, source auteur  
source auteur

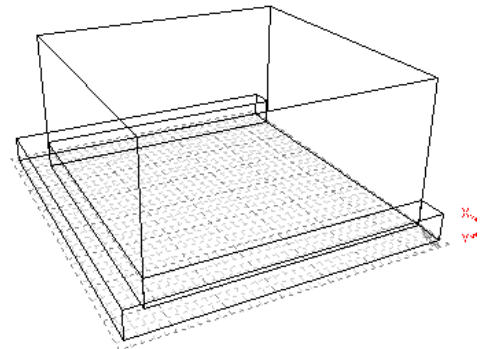


Figure 54: vue 3d sur le modèle A2S3,

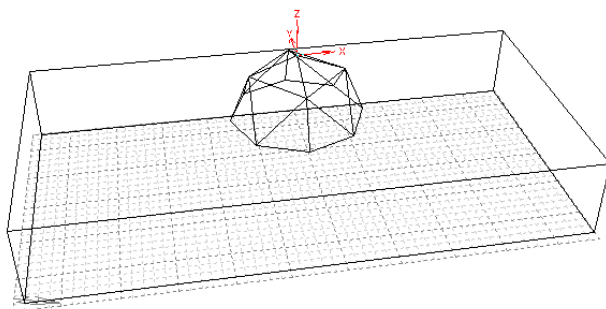


Figure 55 : vue 3d sur le modèle B1A0, source auteur  
source auteur

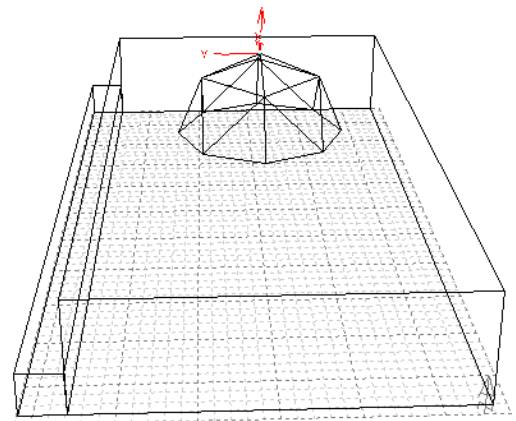


Figure 56 : vue 3d sur le modèle B1A1,

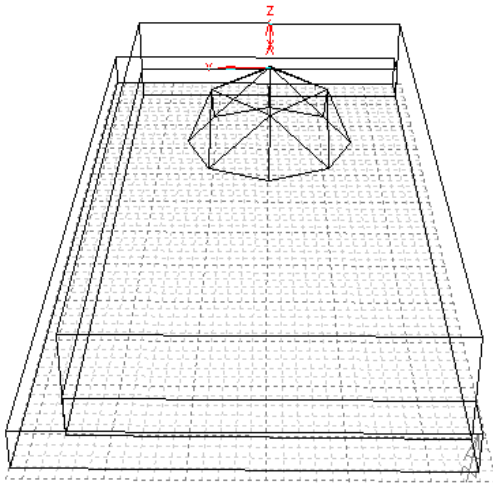


Figure 57 : vue 3d sur le modèle B1A3, source auteur

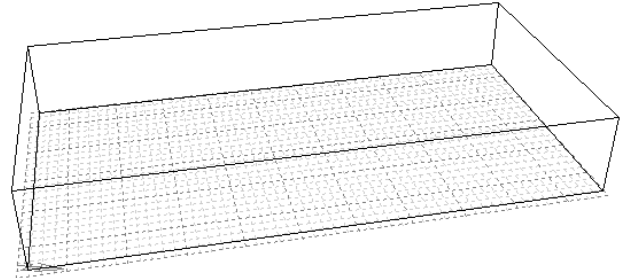


Figure 58 : vue 3d sur le modèle B1S0, source auteur

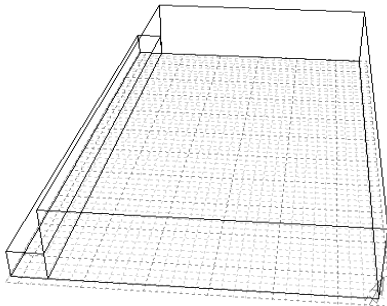


Figure 59 : vue 3d sur le modèle B1S1, source auteur

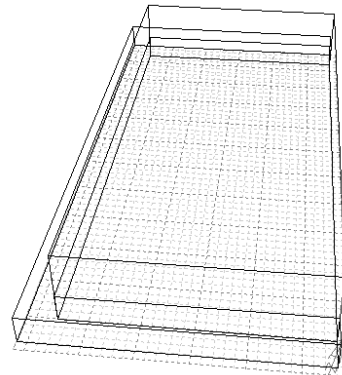


Figure 60 : vue 3d sur le modèle B1S3, source auteur

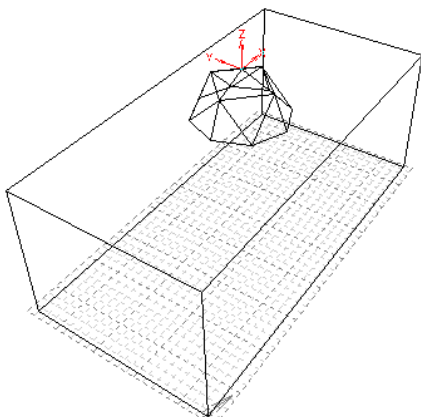


Figure 61 : vue 3d sur le modèle B2A0, source auteur

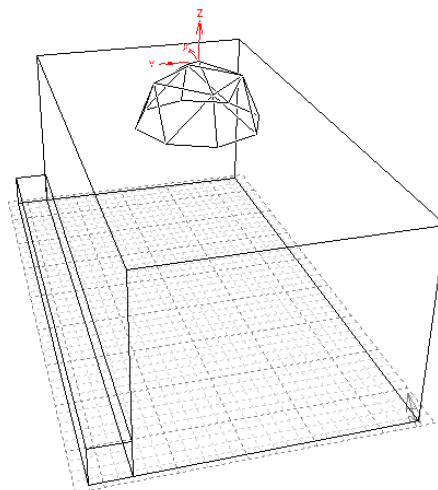


Figure 62 : vue 3d sur le modèle B2A1, source auteur

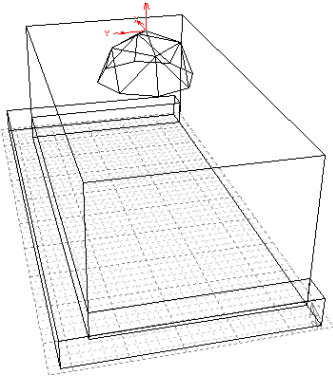


Figure 63 : vue 3d sur le modèle B2A3, source auteur

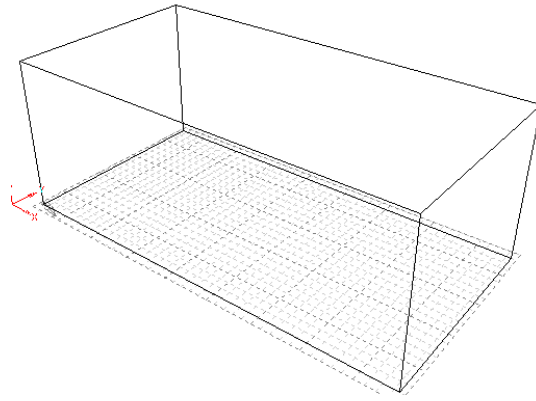


Figure 64 : vue 3d sur le modèle B2S0, source auteur.

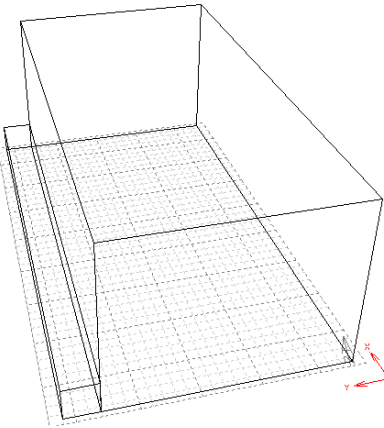


Figure 65 : vue 3d sur le modèle B2S1, source auteur

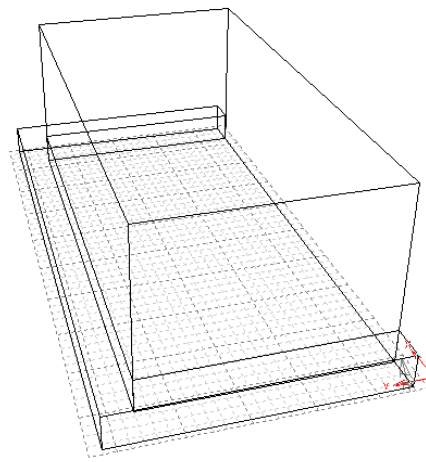


Figure 66 : vue 3d sur le modèle B2S3, source auteur

#### 4. Les étapes de l'expérimentation (simulation) :

Après la création du modèle sur logiciel ECOTECT en à passer à l'étape de la simulation :

Pour démarrer le calcul de la consommation énergétique, clique sur « ANALYSIS », le menu suivant apparait. On sélectionne « Resource consumption » et on cache seulement « Heating/Cooling loads » puis on clique sur calculate, plus cela prendra un peu de temps relativement au degré des détails et au nombre des éléments à calculer.

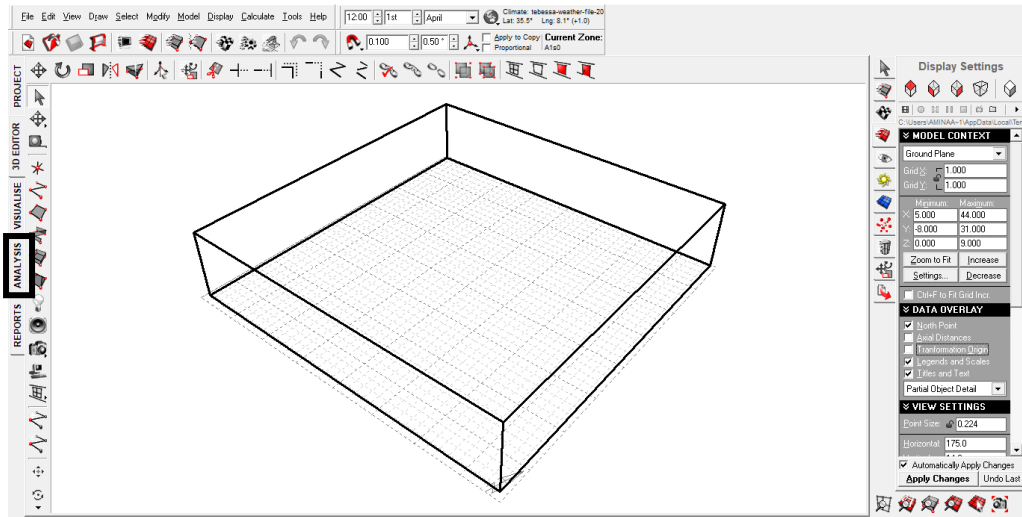


Figure 67: analysis du scénario A1S0, source auteur

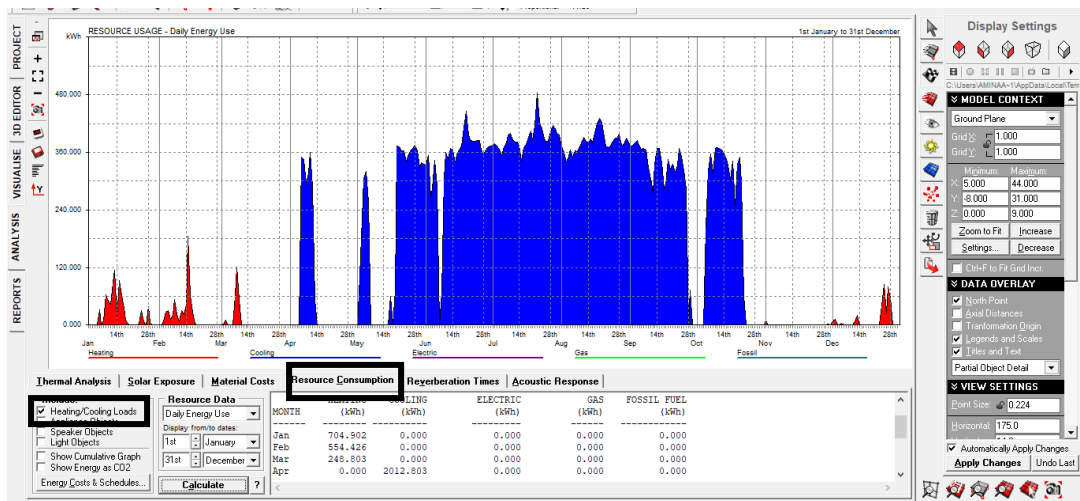


Figure 68 : type d'analyse et calculations des résultats, source auteur

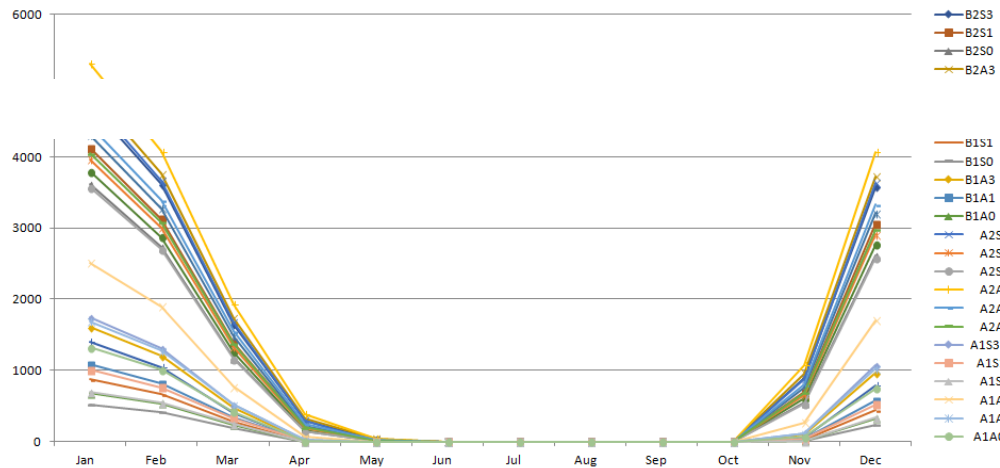
Ce dernier écran affiche les résultats obtenu en graphe et un tableau qui contient les informations qu'on les recherche, la consommation du scénario en climatisation et de chauffage pendant les 12 mois.

- En sélectionnant ces dernières données et les importer en tableaux numériques sur logiciel MICROSOFT Excel :

cooling													
scénarios	A1S0	A1S1	A1S3	A1A0	A1A1	A1A3	A2S0	A2S1	A2S3	A2A0	A2A1	A2A3	B1S0
Jan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Feb	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Apr	2012,803	1854,218	1083,735	1829,76	1323,143	841,693	1595,261	1247,379	765,112	1355,301	1002,64	763,399	2072,676
May	5567,241	5122,697	4682,117	4965,901	4745,901	4537,655	4990,461	4586,539	4441,968	4563,961	4517,56	4432,035	5738,282
Jun	10085,8	9765,269	9034,527	9454,954	9093,528	8743,44	9288,909	9142,072	8913,428	9213,252	8897,083	8774,787	10148,77
Jul	12080,95	12193,77	12426,71	12089,94	12202,75	12435,68	12234,07	12325	12647,17	12238,98	12329,91	12648,8	12057,79
Aug	11815,83	11906,8	12095,64	11813,81	11904,79	12093,62	11849,01	11922,14	12179,94	11848,23	11921,36	12175,96	11793,64
Sep	9319,71	9264,608	8161,685	9075,892	8580,709	7631,989	8549,775	8072,887	7370,189	8159,061	7888,454	7000,554	9333,873
Oct	5645,398	5146,016	3427,54	5044,927	4048,779	3048,948	4535,819	3985,928	2974,543	4100,977	3468,062	2907,273	5340,025
Nov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dec	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau 7 : la consommation énergétique de climatisation, source : auteur

Pour faciliter la lecture des résultats on va présenter ces informations dans des graphes, deux graphes saisonniers (climatisation et chauffage), ces derniers nous précisent la dégradation de la consommation énergétique pour chaque scénario.

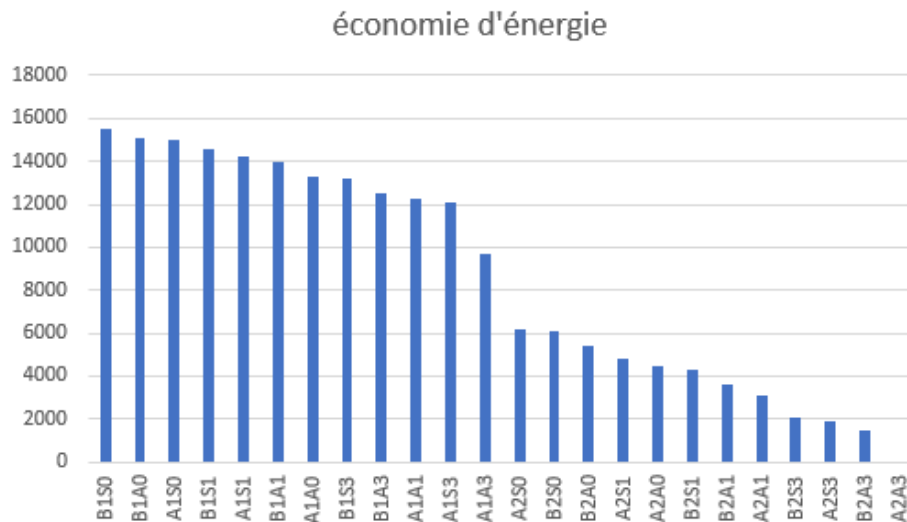


Graph 4 : la consommation énergétique de chauffage, source auteur 2018.

Ensuite on va classer les scénarios du plus performant jusqu'à le moins performant selon leur économie d'énergie cette économie est calculer de la manière suivante :

(La consommation du scénario – la consommation du scénario le moins performant)

Plus le résultat négatif plus le scénario performant et plus économie en énergie.



Graph 5 : classement de l'économie d'énergie (Heating), source auteur

### **Conclusion :**

On a obtenu plusieurs résultats traduisent par des tableaux et des graphes à l'aide du logiciel EXCEL :

- consommation énergétique pour (heating) et (cooling).
- économie d'énergie pour (heating) et (cooling).
- classement de performance énergétique pour (heating) et (cooling).
- Classement totale de performance énergétique plus économie d'énergie pour (heating/cooling).
- classement finale de performance énergétique plus économie d'énergie pour (heating/cooling).

# **CHAPITRE 05**

## *Simulation*



## Introduction :

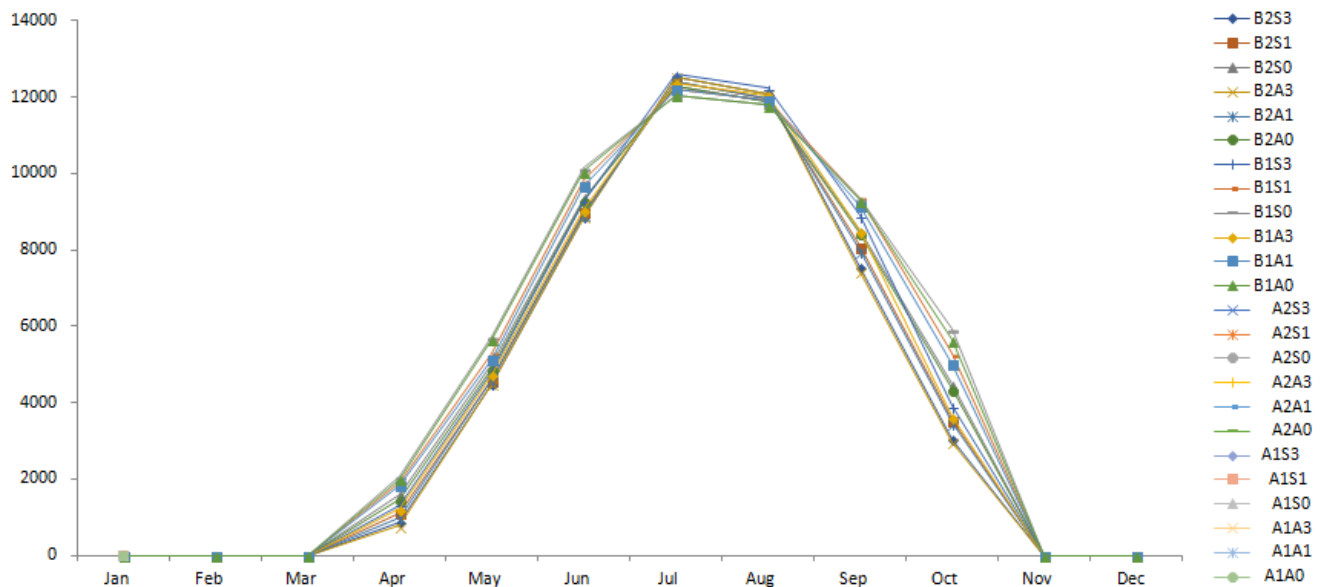
Dans ce chapitre, relativement au sujet de notre recherche nous effectuons des simulations informatiques de la consommation énergétique de plusieurs modèles développés au chapitre précédent qui nous conclut 24 scénarios à optimiser, une fois les résultats obtenus, nous procédons à leur présentation et interprétation. Pour arrive au modèle optimal le plus performant.

### 1- vérification générale de la consommation énergétique dans les 24 scénarios et pendant deux période heating et cooling :

La consommation énergétique est étudiée sur la base d'un graphe indiquant les fluctuations de la consommation le long du les deux saisons l'été et l'hiver.

Les graphes de la consommation énergétique affichent les courbes de la consommation saisonnière de chaque scénario. L'axe des moins est donne en abscisse en bas du graphe alors que les consommations sont indiquées dans l'axe des cordonnées à gauche.

#### A- La consommation énergétique pendant la période de climatisation (cooling) :



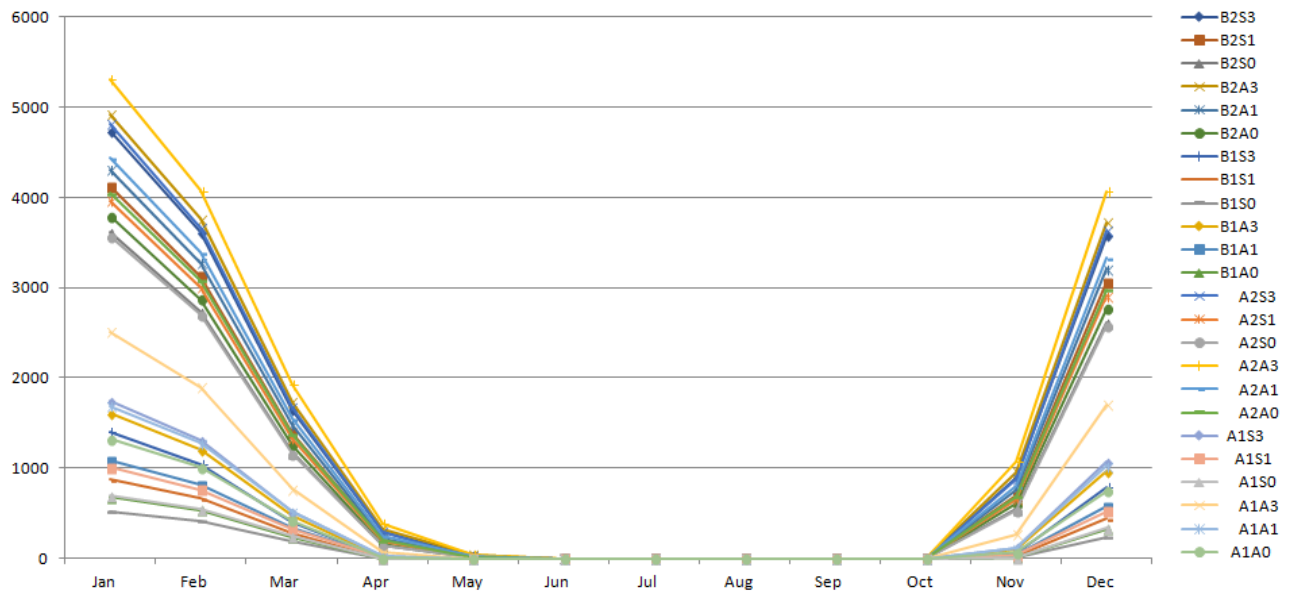
Graphe 06 : la consommation énergétique de climatisation, source auteur 2018.

Dans notre cas, et selon les données climatiques de la région de Tébessa et la base de données du logiciel Ecotect.

On constate tout d'abord que l'utilisation de climatisation enregistrée pour le confort d'été est pendant 7 mois dans l'année, d'avril jusqu'à octobre et les graphes de tous les scénarios sont proches.

Ensuite, les graphes nous montrent que la consommation énergétique augmente d'avril jusqu'à le pic atteigne au juillet ensuite il diminue jusqu'à ce qu'il soit éliminé en novembre.

**B- La consommation énergétique pendant la période de chauffage (heating) :**



**Graph 07 : la consommation énergétique de chauffage, source auteur 2018.**

On constate tout d'abord que l'utilisation de chauffage enregistrée pour le confort d'hiver est pour des scénarios pendant 7 mois dans l'année, de novembre jusqu'à avril, d'autre scénario pendant 6 mois de novembre à mars et pendant 4 mois pour les autres scénarios de novembre à mai.

Ensuite, les graphes nous montrent qu'il y a une variation de la consommation énergétique pour chaque scénario. Et les mois de janvier et décembre sont les mois où la consommation est plus élevée.

**1-1 Vérification de la consommation énergétique et l'économie d'énergie :**

**a- Pendant la période Cooling :**

- **La consommation totale pour les scénarios :**

Scénarios	A1S0	A1S1	A1S3	A1A0	A1A1	A1A3	A2S0	A2S1	A2S3	A2A0	A2A1	A2A3
Total Consommation(KWh)	56528	55253	50912	54275	51900	49333	53043	51282	49292	51480	50025	48703

Scénarios	B1S0	B1S1	B1S3	B1A0	B1A1	B1A3	B2S0	B2S1	B2S3	B2A0	B2A1	B2A3
Total Consommation(KWh)	57085	55812	53110	56549	54959	51553	53086	50731	49479	52589	50362	49177

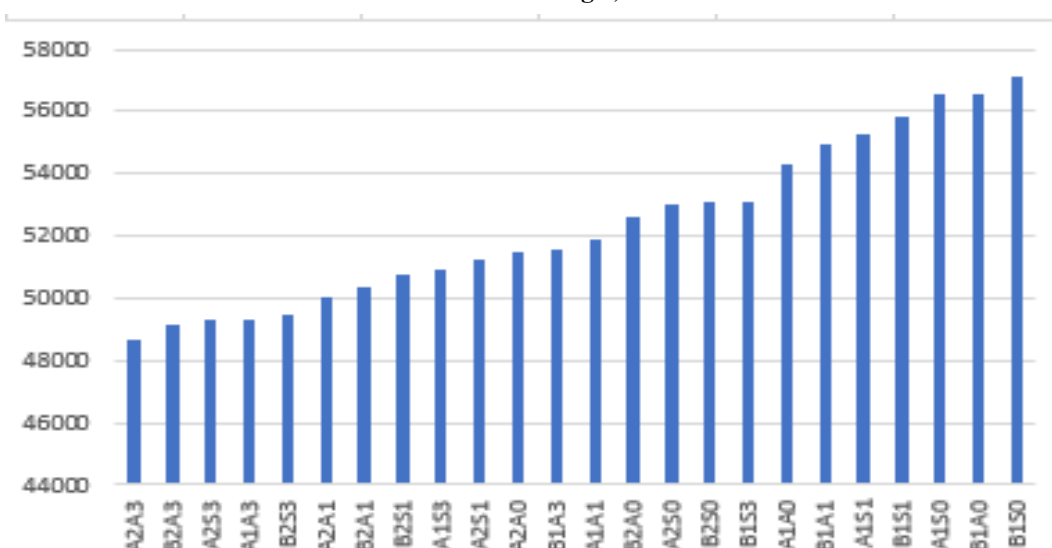
**Tableau 08 : la consommation totale pour les scénarios, source auteur.**

- **Classement des scénarios par consommation énergétique pendant la période (cooling) :**

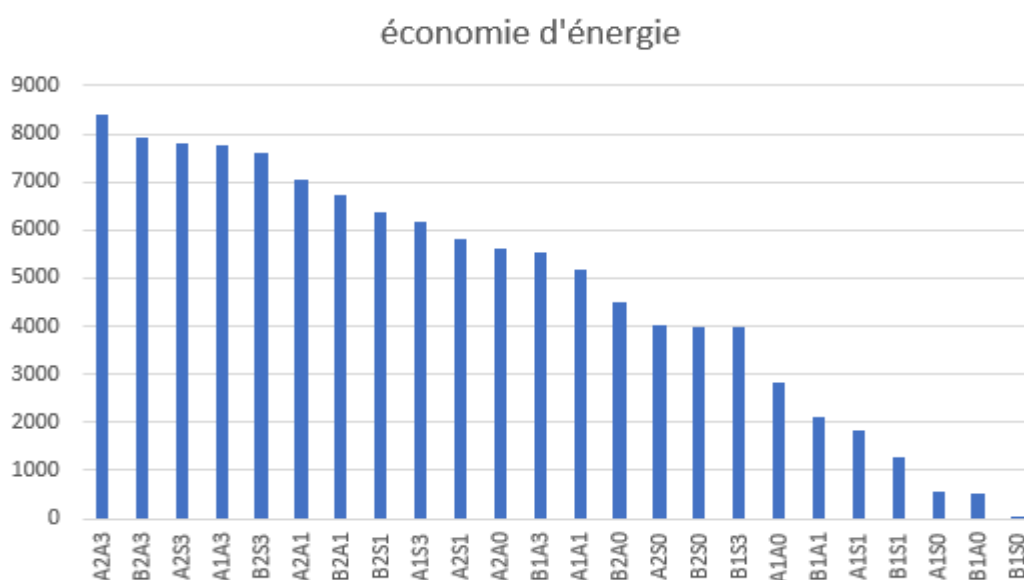
Scénarios	A2A3	B2A3	A2S3	A1A3	B2S3	A2A1	B2A1	B2S1	A1S3	A2S1	A2A0	B1A3
Total Consomation	48703	49177	49292	49333	49479	50025	50362	50731	50912	51282	51480	51553
économie d'énergie	-8382	-7908	-7793	-7752	-7606	-7060	-6723	-6354	-6173	-5803	-5605	-5532
Class de perf	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Scénarios	A1A1	B2A0	A2S0	B2S0	B1S3	A1A0	B1A1	A1S1	B1S1	A1S0	B1A0	B1S0
Total Consomation	51900	52589	53043	53086	53110	54275	54959	55253	55812	56528	56549	57085
Economie d'énergie	-5185	-4496	-4042	-3999	-3975	-2810	-2126	-1832	-1273	-557	-536	0
Class de perf	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

**Tableau 09 : classement des scénarios par consommation énergétique et économie d'énergie, source auteur.**



**Graph 08 : classement des scénarios par consommation énergétique(cooling), source auteur 2018.**



**Graph 09 : classement du l'économie d'énergie des scénarios (cooling), source auteur**

Dans notre cas proposé et pour la climatisation la consommation fluctue entre la consommation minimale de 48703 kWh avec économie d'énergie de 8382 kWh et de consommation maximale de 57085 kWh.

On constate que dans les scénarios proposés contient des arcades dans les 3 façades par exemple (A2A3 et A2A0) offrent plus d'économie d'énergie d'une acquérant d'énergie de 2777 kWh.

Et lorsqu'on comparé deux scénarios de les mêmes caractéristique différents seulement dans la forme on obtient que la forme carrée et plus performante de la forme rectangulaire par exemple (A2A3 et B2A3) d'une acquérant d'énergie de 474 kWh.

Ensuite les scénarios avec coupole plus performant que les scénarios sans coupole par exemple (A2A3 et A2S3) d'une acquérant d'énergie de 589 kWh.

Aussi les scénarios avec deux niveaux plus performant que les scénarios de seul niveau par exemple (A2A3 et A1A3) d'une acquérant d'énergie de 360 kWh.

#### b- Pendant la période Heating :

- La consommation énergétique totale pour les scénarios :

Scénarios	A1S0	A1S1	A1S3	A1A0	A1A1	A1A3	A2S0	A2S1	A2S3	A2A0	A2A1	A2A3
Total Consomation	1865	2657	4772	3573	4653	7217	10705	12056	14960	12393	13778	16875

Scénarios	B1S0	B1S1	B1S3	B1A0	B1A1	B1A3	B2S0	B2S1	B2S3	B2A0	B2A1	B2A3
Total Consomation	1371	2298	3681	1793	2873	4380	10826	12620	14788	11458	13261	15446

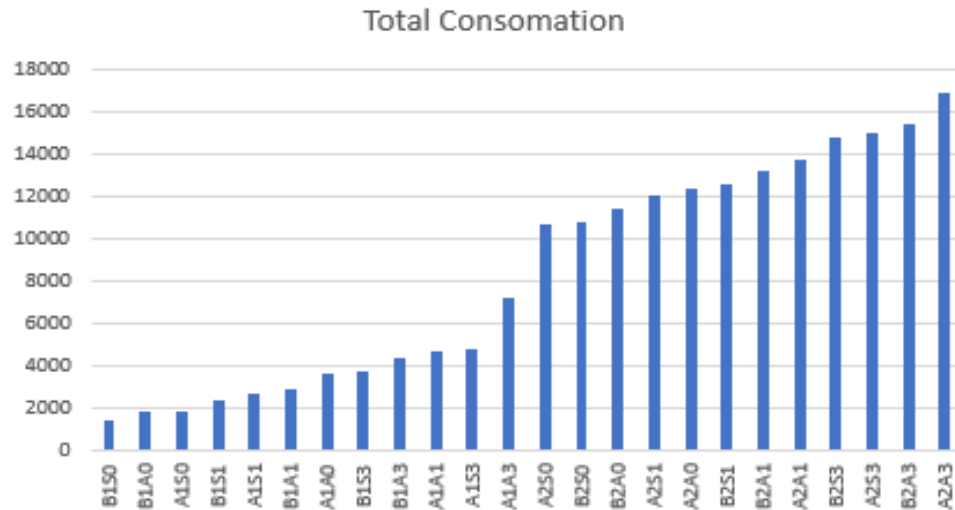
Tableau 10 : consommation totale pour les scénarios (heating), source auteur.

- Classement des scénarios par consommation énergétique (heating) :

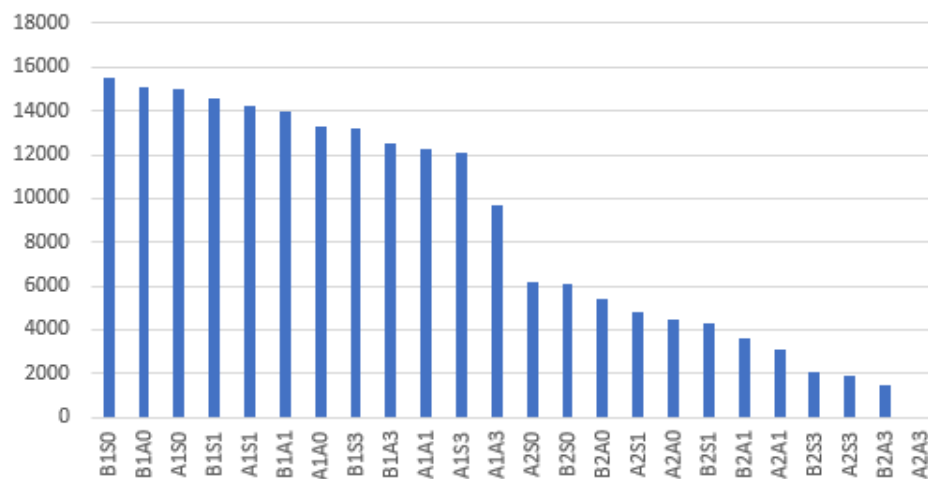
Scénarios	B1S0	B1A0	A1S0	B1S1	A1S1	B1A1	A1A0	B1S3	B1A3	A1A1	A1S3	A1A3
Total Consomation	1371	1793	1865	2298	2657	2873	3573	3681	4380	4653	4772	7217
économie d'énergie	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Class de perf	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Scénarios	A2S0	B2S0	B2A0	A2S1	A2A0	B2S1	B2A1	A2A1	B2S3	A2S3	B2A3	A2A3
Total Consomation	10705	10826	11458	12056	12393	12620	13261	13778	14788	14960	15446	16875
économie d'énergie	-6170	-6049	-5417	-4819	-4482	-4255	-3614	-3097	-2087	-1915	-1429	0
Class de perf	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

Tableau 11 : classement des scénarios par consommation énergétique (heating), source auteur.



Graph 10 : classement des scénarios par consommation énergétique (heating), source auteur.



Graph 11 : classement de l'économie d'énergie des scénarios (heating), source auteur.

Dans notre cas proposé et pour le chauffage la consommation fluctue entre la consommation minimale de 1371 kWh avec économie d'énergie de 15504 kWh et de consommation maximale de 16875 kWh.

On constate que dans les scénarios proposés sans coupole sont plus performants que les scénarios avec coupole par exemple (B1S0 et B1A0) d'une acquérant d'énergie de 422 kWh.

Et lorsqu'on comparé deux scénarios de les mêmes caractéristique différents seulement dans la forme on obtient que la forme rectangulaire et plus performante que la forme carrée par exemple (B1S0 et A1S0) d'une acquérant d'énergie de 494 kWh.

Ensuite les scénarios sans arcades plus performant que les scénarios avec arcade par exemple (B1S0 et B1S3) d'une acquérant d'énergie de 2310 kWh.

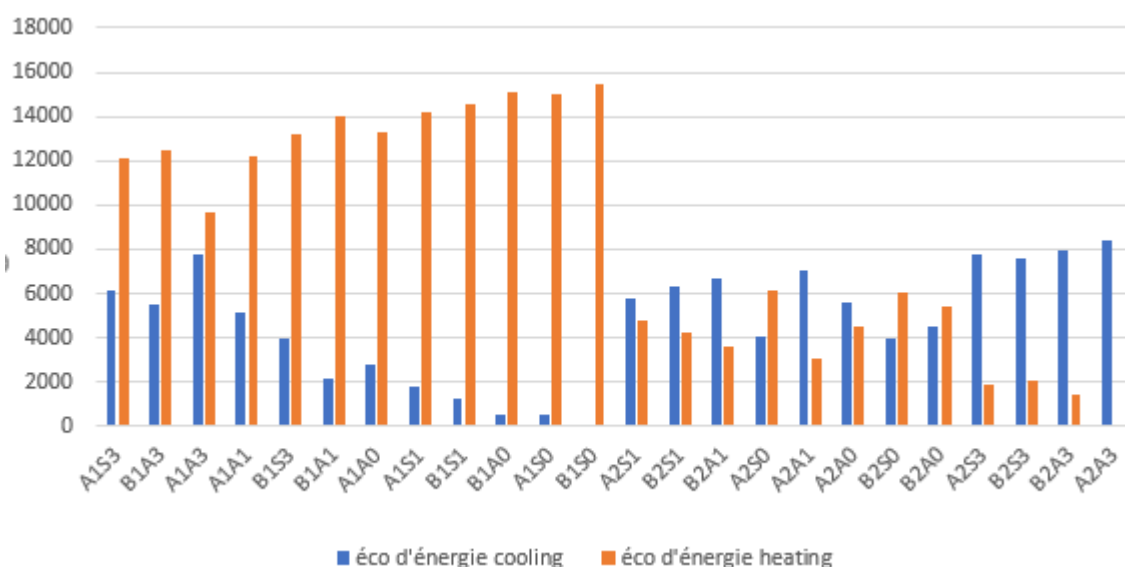
Aussi les scénarios avec seul niveaux plus performant que les scénarios de deux niveaux par exemple (B1S0 et B2S0) d'une acquérant d'énergie de 9455 kWh.

### 1-2 classement générale de la consommation énergétique (cooling/heating) :

Scénarios	A1A1	A1A3	A1S0	A2A0	A2A1	A2A3	A2S0	A2S1	A2S3	A1S1	A1A0	A1S3
Total Conso cooling	51900	49333	56528	51480	50025	48703	53043	51282	49292	55253	54275	50912
Total Conso heating	4653	7217	1865	12393	13778	16875	10705	12056	14960	2657	3573	4772
éco d'énergie cooling	-5185	-7752	-557	-5605	-7060	-8382	-4042	-5803	-7793	-1832	-2810	-6173
éco d'énergie heating	-12222	-9658	-15010	-4482	-3097	0	-6170	-4819	-1915	-14218	-13302	-12103
class de perf cooling	13	4	22	11	6	1	15	10	3	20	18	9
class de perf heating	10	12	3	17	20	24	13	16	22	5	7	11

Scénarios	B1A0	B1A1	B1A3	B1S0	B1S1	B1S3	B2A0	B2A1	B2A3	B2S0	B2S1	B2S3
Total Conso cooling	56549	54959	51553	57085	55812	53110	52589	50362	49177	53086	50731	49479
Total Conso heating	1793	2873	4380	1371	2298	3681	11458	13261	15446	10826	12620	14788
éco d'énergie cooling	-536	-2126	-5532	0	-1273	-3975	-4496	-6723	-7908	-3999	-6354	-7606
éco d'énergie heating	-15082	-14002	-12495	-15504	-14577	-13194	-5417	-3614	-1429	-6049	-4255	-2087
class de perf cooling	23	19	12	24	21	17	14	7	2	16	8	5
class de perf heating	2	6	9	1	4	8	15	19	23	14	18	21

Tableau 12 : classement générale de la consommation énergétique (cooling/heating) , source auteur.



**Graph 12 : classement générale de la consommation énergétique (cooling/heating), source auteur.**

Selon la classification générale des scénarios par l'économie d'énergie pour les deux périodes (heating/ cooling) Il est apparu trois catégories différentes :

- Catégories performantes dans la période du refroidissement : l'exemple du scénario A2A3) d'une acquérant d'énergie de 8382 kWh.
- Catégories performantes dans la période du chauffage : l'exemple du scénario B1S0) d'une acquérant d'énergie de 15504 kWh.
- Catégories performantes dans la période du refroidissement et du chauffage : l'exemple du scénario A1S3) d'une acquérant d'énergie de 9894 kWh.

On constate que :

\*les scénario la plus performante dans la période du refroidissement Le contraire sera dans la période de chauffage.

\*les scénario la plus performante dans la période du chauffage Le contraire sera dans la période de refroidissement.

\*des scénario Ils sont proches dans les deux périodes du chauffage et du refroidissement Ils sont préférés.

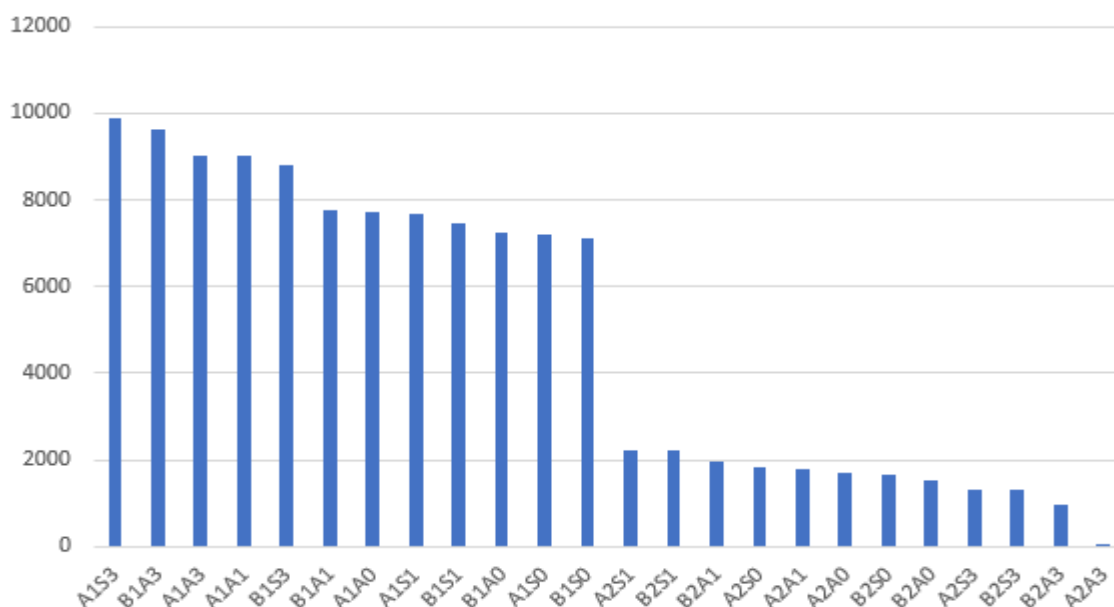
**1-3 classement finale de l'économie d'énergie (cooling/heating) :**

Scénarios	A1S3	B1A3	A1A3	A1A1	B1S3	B1A1	A1A0	A1S1	B1S1	B1A0	A1S0	B1S0
éco d'énergie cooling	-6173	-5532	-7752	-5185	-3975	-2126	-2810	-1832	-1273	-536	-557	0
éco d'énergie heating	-12103	12495	-9658	12222	13194	14002	13302	14218	14577	15082	15010	15504

éco énergie finale	-9894	-9645	-9027	-9025	-8787	-7745	-7729	-7667	-7467	-7235	-7184	-7121
Class perf finale	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Scénarios	A2S1	B2S1	B2A1	A2S0	A2A1	A2A0	B2S0	B2A0	A2S3	B2S3	B2A3	A2A3
Eco d'énergie cooling	-5803	-6354	-6723	-4042	-7060	-5605	-3999	-4496	-7793	-7606	-7908	-8382
éco d'énergie heating	-4819	-4255	-3614	-6170	-3097	-4482	-6049	-5417	-1915	-2087	-1429	0
éco énergie finale	-2239	-2226	-1954	-1829	-1774	-1704	-1665	-1530	-1324	-1310	-953	0
Class perf finale	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

Tableau 13 : classement finale de l'économie d'énergie (cooling/heating) , source auteur.



Graph 13 : classement finale de l'économie d'énergie (cooling/heating), source auteur

Dans notre cas proposés l'économie d'énergie maximale est de -9894 KWh.

Le modèle le plus performant est A1S3 avec une forme carrée longueur et une largeur 38 m et la hauteur 8 m et avec les arcades pour tous les façades leur économie d'énergie de chauffage et plus élève que de climatisation .et le modèle le moins performant A2A3 avec une forme carrée longueur et une largeur 30 m et la hauteur 16 m et avec coupole est les



arcades pour tous les façades leur économie d'énergie de climatisation est le maximale de tous les autre scénario mais en chauffage 0 économie d'énergie.

On constate que :

\*il y a deux gammes : gamme très performante et gamme négligeable.

\*la gamme performante Commence à partir de scénario A1S3 jusqu'à scénario B1S0, est caractérisé par l'efficacité et économie énergétique pendant les deux périodes (cooling/heating).

\* la gamme non performante (négligeable) Commence à partir de scénario A2S1 jusqu'à scénario A2A3, est le contraire des caractéristiques de gamme performante

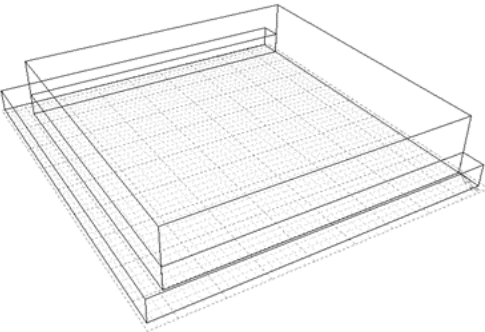
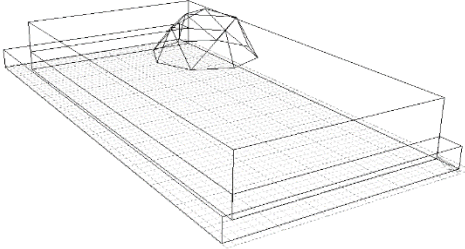
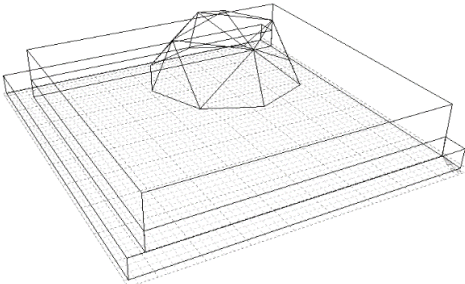
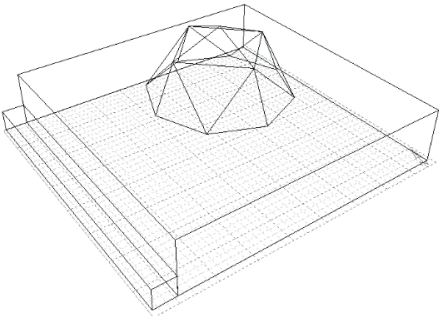
\*La forme carrée est plus performant que la forme rectangulaire.

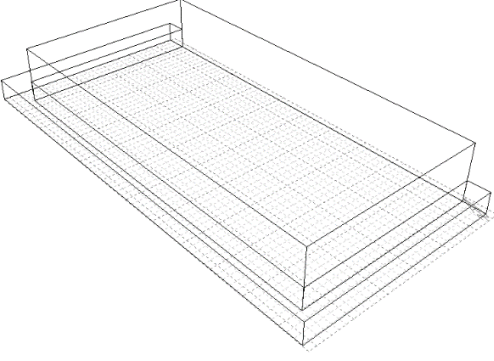
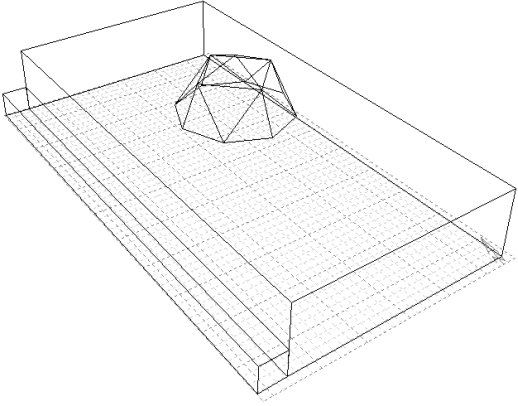
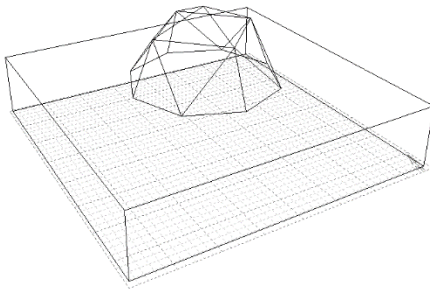
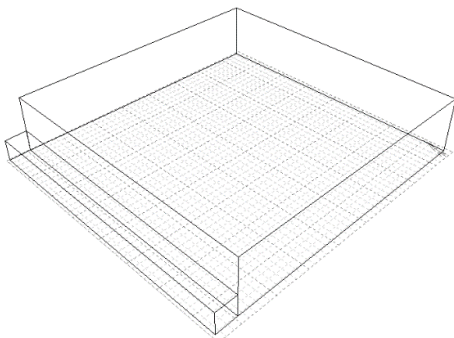
\*le modèle de seul niveau plus performant que les modèles de deux niveaux.

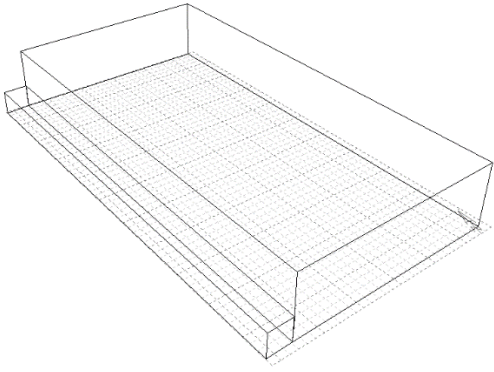
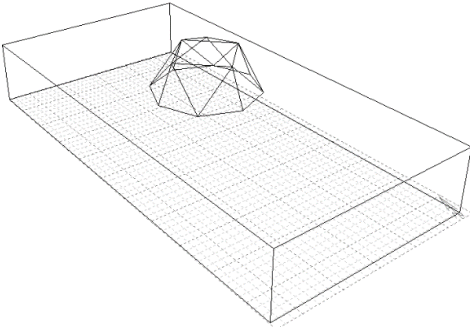
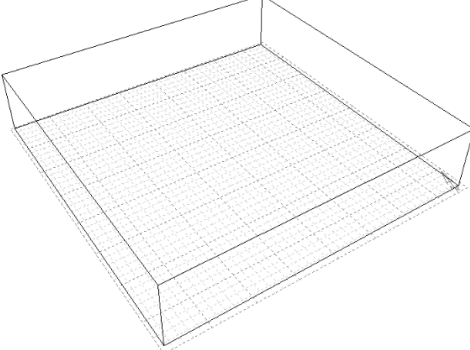
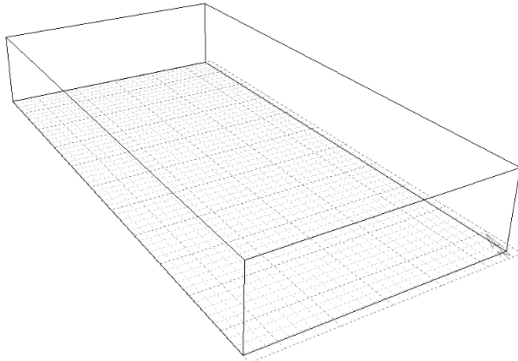
\*l'absence de la coupole minimise la consommation énergétique.

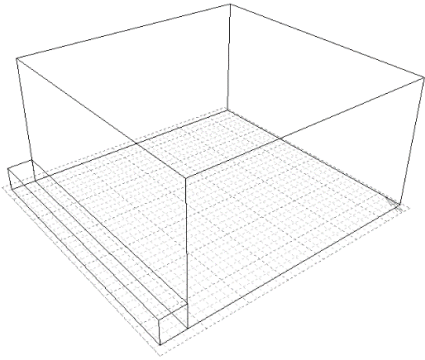
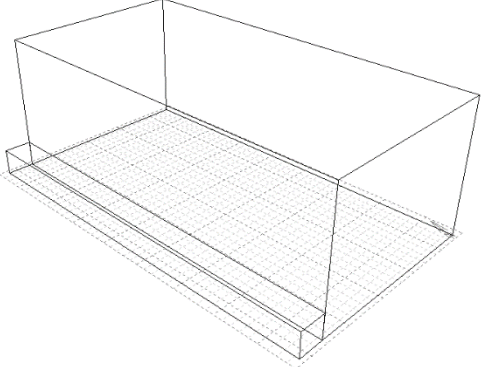
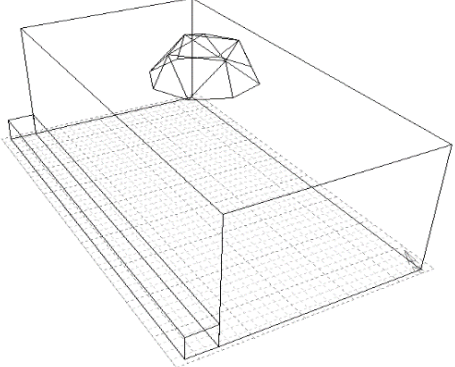
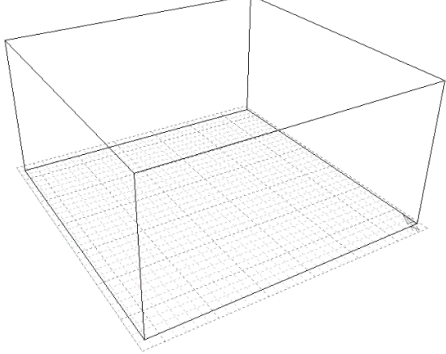
\* les arcades plus qu'ils sont présents dans les façades plus que le modèle est performant.

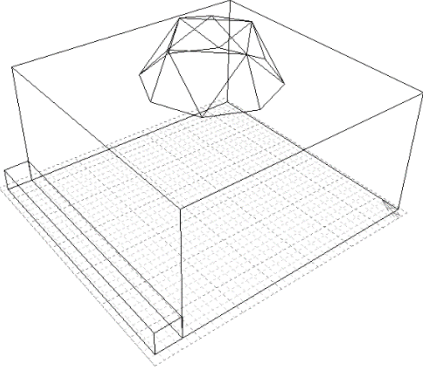
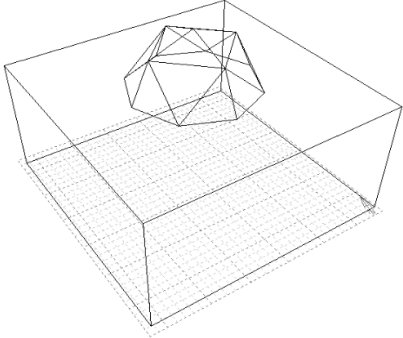
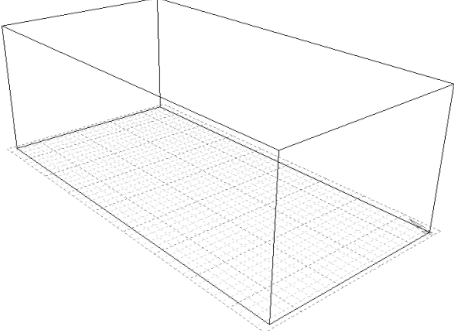
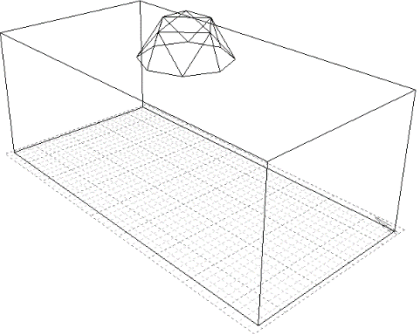
## 2. décodification du classement finale des scénarios :

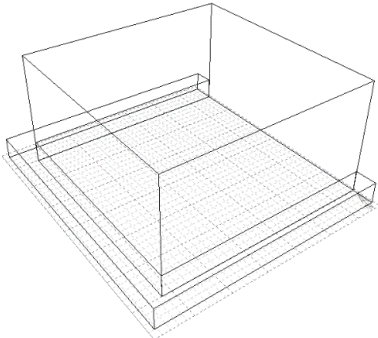
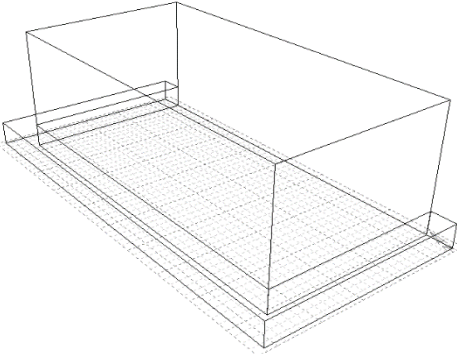
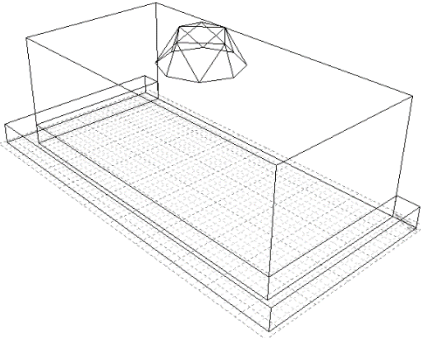
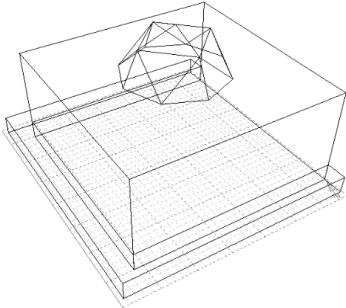
 <p>Figure n°69 : scenario A1S3, source auteur</p>	<b>Classement</b>		<b>01</b>	
	<b>Code</b>		A1S3	
	<b>Forme</b>	Carré	<b>Niveaux</b>	1
	<b>Longueur</b>	38	<b>Arcade</b>	3
	<b>Largeur</b>	38	<b>Coupole</b>	Sans
 <p>Figure n°70 : scenario B1A3, source auteur</p>	<b>Classement</b>		<b>02</b>	
	<b>Code</b>		B1A3	
	<b>Forme</b>	Rectangulaire	<b>Niveaux</b>	1
	<b>Longueur</b>	52	<b>Arcade</b>	3
	<b>Largeur</b>	26	<b>Coupole</b>	Avec
 <p>Figure n°71 : scenario A1A3, source auteur</p>	<b>Classement</b>		<b>03</b>	
	<b>Code</b>		A1A3	
	<b>Forme</b>	Carré	<b>Niveaux</b>	1
	<b>Longueur</b>	38	<b>Arcade</b>	3
	<b>Largeur</b>	38	<b>Coupole</b>	Avec
 <p>Figure n°72 : scenario A1A1, source auteur</p>	<b>Classement</b>		<b>04</b>	
	<b>Code</b>		A1A1	
	<b>Forme</b>	Carré	<b>Niveaux</b>	1
	<b>Longueur</b>	38	<b>Arcade</b>	1
	<b>Largeur</b>	38	<b>Coupole</b>	Avec

 <p>Figure n°73 : scenario B1S3, source auteur</p>	<b>Classement</b>		<b>05</b>	
	<b>Code</b>		B1S3	
	<b>Forme</b>	Rectangulaire	<b>Niveaux</b>	1
	<b>Longueur</b>	52	<b>Arcade</b>	3
	<b>Largeur</b>	26	<b>Coupoles</b>	Sans
 <p>Figure n°74 : scenario B1A1, source auteur</p>	<b>Classement</b>		<b>06</b>	
	<b>Code</b>		B1A1	
	<b>Forme</b>	Rectangulaire	<b>Niveaux</b>	1
	<b>Longueur</b>	52	<b>Arcade</b>	1
	<b>Largeur</b>	26	<b>Coupoles</b>	Avec
 <p>Figure n°75 : scenario A1A0, source auteur</p>	<b>Classement</b>		<b>07</b>	
	<b>Code</b>		A1A0	
	<b>Forme</b>	Carré	<b>Niveaux</b>	1
	<b>Longueur</b>	38	<b>Arcade</b>	0
	<b>Largeur</b>	38	<b>Coupoles</b>	Avec
 <p>Figure n°76 : scenario A1S1, source auteur</p>	<b>Classement</b>		<b>08</b>	
	<b>Code</b>		A1S1	
	<b>Forme</b>	Carré	<b>Niveaux</b>	1
	<b>Longueur</b>	38	<b>Arcade</b>	1
	<b>Largeur</b>	38	<b>Coupoles</b>	Sans

 <p>Figure n°77 : scenario B1S1, source auteur</p>	<b>Classement</b>		<b>09</b>	
	<b>Code</b>		B1S1	
	<b>Forme</b>	Rectangulaire	<b>Niveaux</b>	1
	<b>Longueur</b>	52	<b>Arcade</b>	1
	<b>Largeur</b>	26	<b>Coupole</b>	Sans
 <p>Figure n°78 : scenario B1A0, source auteur</p>	<b>Classement</b>		<b>10</b>	
	<b>Code</b>		B1A0	
	<b>Forme</b>	Rectangulaire	<b>Niveaux</b>	1
	<b>Longueur</b>	52	<b>Arcade</b>	0
	<b>Largeur</b>	26	<b>Coupole</b>	Avec
 <p>Figure n°79 : scenario A1S0, source auteur</p>	<b>Classement</b>		<b>11</b>	
	<b>Code</b>		A1S0	
	<b>Forme</b>	Carré	<b>Niveaux</b>	1
	<b>Longueur</b>	38	<b>Arcade</b>	0
	<b>Largeur</b>	38	<b>Coupole</b>	Sans
 <p>Figure n°80 : scenario B1S0, source auteur</p>	<b>Classement</b>		<b>12</b>	
	<b>Code</b>		B1S0	
	<b>Forme</b>	Rectangulaire	<b>Niveaux</b>	1
	<b>Longueur</b>	52	<b>Arcade</b>	0
	<b>Largeur</b>	26	<b>Coupole</b>	Sans

 <p>Figure n°81 : scenario A2S1, source auteur</p>	<b>Classement</b>		<b>13</b>	
	<b>Code</b>		A2S1	
	<b>Forme</b>	Carré	<b>Niveaux</b>	2
	<b>Longueur</b>	30	<b>Arcade</b>	1
	<b>Largeur</b>	30	<b>Coupole</b>	Sans
 <p>Figure n°82 : scenario B2S1, source auteur</p>	<b>Classement</b>		<b>14</b>	
	<b>Code</b>		B2S1	
	<b>Forme</b>	Rectangulaire	<b>Niveaux</b>	2
	<b>Longueur</b>	42	<b>Arcade</b>	1
	<b>Largeur</b>	21	<b>Coupole</b>	Sans
 <p>Figure n°83 : scenario B2A1, source auteur</p>	<b>Classement</b>		<b>15</b>	
	<b>Code</b>		B2A1	
	<b>Forme</b>	Rectangulaire	<b>Niveaux</b>	2
	<b>Longueur</b>	42	<b>Arcade</b>	1
	<b>Largeur</b>	21	<b>Coupole</b>	Avec
 <p>Figure n°84 : scenario A2S0, source auteur</p>	<b>Classement</b>		<b>16</b>	
	<b>Code</b>		A2S0	
	<b>Forme</b>	Carré	<b>Niveaux</b>	2
	<b>Longueur</b>	30	<b>Arcade</b>	0
	<b>Largeur</b>	30	<b>Coupole</b>	Sans

 <p>Figure n°85 : scenario A2A1, source auteur</p>	<b>Classement</b>		<b>17</b>	
	<b>Code</b>		A2A1	
	<b>Forme</b>	Carré	<b>Niveaux</b>	2
	<b>Longueur</b>	30	<b>Arcade</b>	1
	<b>Largeur</b>	30	<b>Coupole</b>	Avec
 <p>Figure n°86 : scenario A2A0, source auteur</p>	<b>Classement</b>		<b>18</b>	
	<b>Code</b>		A2A0	
	<b>Forme</b>	Carré	<b>Niveaux</b>	2
	<b>Longueur</b>	30	<b>Arcade</b>	0
	<b>Largeur</b>	30	<b>Coupole</b>	Avec
 <p>Figure n°87 : scenario B2S0, source auteur</p>	<b>Classement</b>		<b>19</b>	
	<b>Code</b>		B2S0	
	<b>Forme</b>	Rectangulaire	<b>Niveaux</b>	2
	<b>Longueur</b>	42	<b>Arcade</b>	0
	<b>Largeur</b>	21	<b>Coupole</b>	Sans
 <p>Figure n°88 : scenario B2A0, source auteur</p>	<b>Classement</b>		<b>20</b>	
	<b>Code</b>		B2A0	
	<b>Forme</b>	Rectangulaire	<b>Niveaux</b>	2
	<b>Longueur</b>	42	<b>Arcade</b>	0
	<b>Largeur</b>	21	<b>Coupole</b>	Avec

 <p>Figure n°89 : scenario A2S3, source auteur</p>	<b>Classement</b>		<b>21</b>	
	<b>Code</b>		A2S3	
	<b>Forme</b>	Carré	<b>Niveaux</b>	2
	<b>Longueur</b>	30	<b>Arcade</b>	3
	<b>Largeur</b>	30	<b>Coupoles</b>	Sans
 <p>Figure n°90 : scenario B2S3, source auteur</p>	<b>Classement</b>		<b>22</b>	
	<b>Code</b>		B2S3	
	<b>Forme</b>	Rectangulaire	<b>Niveaux</b>	2
	<b>Longueur</b>	42	<b>Arcade</b>	3
	<b>Largeur</b>	21	<b>Coupoles</b>	Sans
 <p>Figure n°91 : scenario B2A3, source auteur</p>	<b>Classement</b>		<b>23</b>	
	<b>Code</b>		B2A3	
	<b>Forme</b>	Rectangulaire	<b>Niveaux</b>	2
	<b>Longueur</b>	42	<b>Arcade</b>	3
	<b>Largeur</b>	21	<b>Coupoles</b>	Avec
 <p>Figure n°92 : scenario A2A3, source auteur</p>	<b>Classement</b>		<b>24</b>	
	<b>Code</b>		A2A3	
	<b>Forme</b>	Carré	<b>Niveaux</b>	2
	<b>Longueur</b>	30	<b>Arcade</b>	3
	<b>Largeur</b>	30	<b>Coupoles</b>	Avec

**Tableau 14 : tableaux de décodifications des scénarios avec classement, source auteur.**

**Conclusion :**

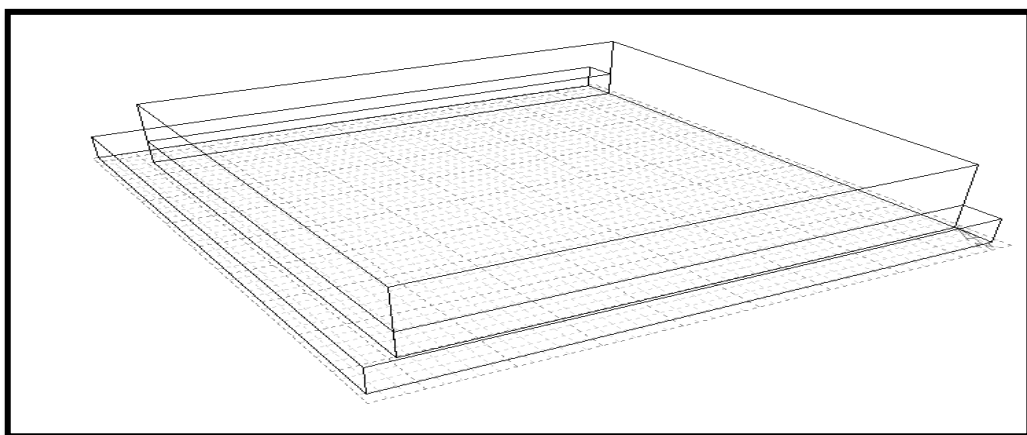
Scénarios	A1S3	B1A3	A1A3	A1A1	B1S3	B1A1	A1A0	A1S1	B1S1	B1A0	A1S0	B1S0	A2S1	B2S1	B2A1	A2S0	A2A1	A2A0	B2S0	B2A0	A2S3	B2S3	B2A3	A2A3
Class perf finale	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Class de perf cooling	9	12	4	13	17	19	18	20	21	23	22	24	10	8	7	15	6	11	16	14	3	5	2	1
Class de perf heating	11	9	12	10	8	6	7	5	4	2	3	1	16	18	19	13	20	17	14	15	22	21	23	24

**Tableau 15 : classement finale de performance énergétique (cooling/heating), source auteur.**

D'après l'analyse des résultats de la simulation Pour l'optimiser la performance énergétique dans les mosquées, on peut constater que la forme architecturale des mosquées joue un rôle très important pour améliorer la performance énergétique. et Avec moins des solutions techniques de l'utilisation de système de chauffage et climatisation.

On peut citer quelques recommandations pour la forme des mosquées optimale pour un modèle plus performant énergétiquement dans la zone de wilaya de Tébessa (voir Figure n° 93). En conclusion, nous avons conclu que la taille idéale de la mosquée devrait être de 1 000 fidèles et de 1,40 m<sup>2</sup>, et que la surface générale de la mosquée à peu près 1400 m<sup>2</sup> en fonction de la forme carrée, La longueur et largeur optimale est de 38 m. En ce qui concerne la hauteur et les meilleures solutions atteintes étaient dans les limites de 8 mètres.

Alors que l'étude a prouvé que les arcades couvertes sont une solution idéale, mais l'adoption des arcades au niveau des 3 façades (Nord-Sud-Ouest), Avec la même longueur de la façade et la largeur de 3 mètres et une hauteur de 3 mètres.

**Figure 93 : forme idéale du mosquée, source auteur.**



---

## Conclusion Générale :

La consommation énergétique consiste actuellement un enjeu majeur dans les constructions tant pour la qualité des ambiances intérieures que pour les impacts environnementaux dont il est responsable.

Cette recherche présente une simple initiative visant l'étude de l'impact de la forme sur la consommation énergétique dans les mosquées

L'approche choisie s'adapte aux besoins des architectes concepteurs soucieux de la composition architecturale consciente de l'importance de la performance énergétique dans les constructions. Bien que limitée dans son application à un contexte particulier, les modèles conceptuel élaboré dans cette recherche peut être investi pour d'autres contextes et a une large variété de bâtiments.

L'objectif visé à travers ce travail de recherche est d'améliorer la performance énergétique dans les mosquées à travers des solutions formelles naturelles qui aident les concepteurs dans leurs designs sans l'utilisation des solutions techniques. Et de élaboré les indicateurs de la forme qui influencer à la performance énergétique. A travers l'optimisation de cette performance énergétique dans 24 scénarios chaque scénario différents à les autres dans un indicateur formelle cette analyse fait avec logiciel de simulation Ecotect analysas les résultats obtenus nous permet de faire une lecture saisonnière selon la consommation de chauffage et de climatisation, à base de cette lecture on a classé les scénarios de le plus performant au moins performant selon leur économie d'énergie.

Cependant il nous est possible de confirmer la relation prédite entre les concepts de l'hypothèse que : la forme architecturale a une influence sur le taux de consommation énergétique dans la mosquée, et que les proportions et les dimensions de la forme sont les indicateurs qui peuvent être liées à la consommation de l'énergie dans les bâtiments.

Enfin, l'une des vertus de cette étude réside dans le fait qu'elle a pu amorcer une ébauche de modèle générale pour l'étude quantitative de la consommation énergétique.

Il est espéré que ces aboutissements auront le mérite d'intéresser aussi bien les architectes, chercheurs que les praticiens afin de les appliquer.

## Bibliographie :

### Livres :

- ✚ ASIMAKOPOULOS , D N & all, 2001 , "Energy and climate in the urban built environment " , New-York.
- ✚ CHATELET, A., FERNANDEZ, P., LAVIGNE, P , 1988 , "Architecture climatique : Une contribution au développement durable .Tome 2 : Concept et dispositifs", France .
- ✚ EVANS, J. M. , 2007 , Why we need holism in pregnancy care: a review. Alternative Therapies in Health and Medicine, Royaume-Uni .
- ✚ FARSHAD N., 2009, " Climate and energy responsive housing in continental climates , the suitability of passive houses for Iran's dry and cold climate", Berlin..
- ✚ GIVONI B. ,1978 , "L'homme , l'architecture et le climat", france .
- ✚ LIEBARD A. et DEHERDE A. ,1996-2004 , "Traité d'urbanisme et d'architecture bioclimatique : concevoir, édifier et aménager avec le développement durable ".Architecture et Climat ,USA .
- ✚ Littler ,J. ; Thomas , R. , 1984, "Design with energy The conservation and use of energy in buildings 32 East 57 th Street , New- York USA.

### Mémoires:

- ✚ ABDERRAHMANE. B, 2013, Etude de l'efficacité énergétique d'un bâtiment d'habitation à l'aide d'un logiciel de simulation, mémoire de MAGISTÈRE , Université Constantine 1, Algérie .
- ✚ Bellara S , 2005 , "Impact de l'orientation sur le confort thermique intérieur dans l'habitation collective. Cas de la nouvelle ville Ali Mendjeli Constantine", Mémoire de Magistère , Université de Mentouri , Constantine, Algérie .
- ✚ BENHARRA.HOUDA., 2016 , Impact de l'orientation sur la consommation énergétique dans le bâtiment. -Cas des zones arides et chaudes-, Mémoire de Magistère , Université de Mohamed Khider – Biskra, Algérie .
- ✚ BOUFENARA.KHADIDJA , 2014 , L'évolution des éléments architecturaux et architectoniques de la mosquée en vue d'un cadre référentiel de conception. Cas des mosquées historiques de Constantine, Mémoire de Magistère , Université badji mokhtar-annaba. Algérie .

- 
- ✚ BOUKLI.HACENE , 2012 , Aspects Energétiques, Economiques et Environnementaux d'une Habitation Ecologique , Mémoire de Magistère, Université Abou Bekr Belkaid – Tlemcen. Algérie .
- ✚ DALEL. M., 2006, Impact de l'inertie thermique sur le confort hygrothermique et la consommation énergétique du bâtiment Cas de l'habitation de l'époque coloniale à Guelma , Mémoire de Magistère , Université de Constantine. Algérie .
- ✚ EHADIDJA, Y. T, 2013 , Les monuments historiques de Tlemcen Essai d'analyse : cas de la mosquée SIDI BELAIICEN, Mémoire de magistère en Architecture , universite abou-bekr belkaïd- tlemcen. Algérie .
- ✚ GHANEM.FOUDIL , 2017, Evaluation du confort thermique dans l'habitat colonial à Alger Cas d'étude, Mémoire de magistère ,Universite de bejaia .Algérie .
- ✚ HACHEM, Z. M. , 2014 , Effet de la forme de toiture sur le confort thermique , MASTER PROFESSIONNEL , Université KasdiMerbah , Ouargla.Algérie .
- ✚ LALMI, B. & SAID, G , 2017, impact de la forme architecturale sur la performance energetique , Master Professionnel , Université kasdi merbah , ouargla.Algérie.
- ✚ LOUAFI, S. B. & S.ABDOU , 2010 , impact de l'orientation sur le confort thermique interieur dans l'habitation collective , Mémoire de magistère , Université Constantine (Algérie) .
- ✚ MOHAMMED, M. , 2011, Contribution de l'énergie photovoltaïque dans la performance énergétique de l'habitat à haute qualité énergétique en Algérie , diplôme de Magistère en génie mécanique, universite hassiba benbouali de chlef . Algérie.
- ✚ MOHAMMED, M. , 2012 , Etude et évaluation du confort thermique des batiment à caractère public : Cas du département d'Architecture de Tamda (Tizi-Ouzou) , Mémoire de Magister, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou. Algérie.
- ✚ NEFISSA.BELKACEM., 2017 , Contribution à l'évaluation des performances énergétiques et environnementales d'un habitat individuel bioclimatique : cas de la maison pilote de Souidania –Alger- (Algérie) , thèse DOCTORAT , Université Hassiba Benbouali Chlef. Algérie.
- ✚ OMAR, F , 2014 , Contribution à l'Etude des Systèmes Hybrides de Génération : Application aux Energies Renouvelables , diplôme de Magistère , Université Mohamed Chérif Messaadia de Souk-Ahras. Algérie.
- ✚ ZERGUINE.BILAL , 2010 , modelisation d'un systeme de production electrique par la cellule photovoltaïque , diplôme de Magistère , Université badji mokhtar annaba. Algérie.

### article de conférence :

- ✚ ASFOUR, Omar S, 2009, Effect of Mosque Architectural Style on Its Thermal Performance, The Islamic University Journal (Series of Natural Studies and Engineering), Palestine.
- ✚ COOK, J, 1999, the Patrimony of passive cooling, In: CAP (ed.) Symposium on mosque architecture, Riyadh, Kingdom of Saudi Arabia.
- ✚ MAHMOUD, M. E, 1999, Thermal design optimisation of mosques in saudi arabia, In : CAP (ed.) Symposium on mosque architecture,Riyadh, Kingdom of Saudi Arabia.
- ✚ FEZZIOUI, DROUI, BENYAMINE & LARBI, 2008 , Influence des caractéristiques dynamiques de l'enveloppe d'un bâtiment sur le confort thermique au sud Algérien, *Revue des Energies Renouvelables Vol. 11 ., Algérie.*
- ✚ ريتا خليل ، 2014 ، المساجد، الجامعة اللبنانية مركز اللغات و الترجمة ، لبنان.
- ✚ Ahriz atef et al , 2016 , To an Optimized thermal design of mosques in hot deserts ,the first international conference on mosque architecture , Damman- arabie saoudite.

### Guides et Présentations :

- ✚ BENOUDJAFER, I., GHOMARI, F. & MOKHTARI, A, 2012, Etude comparative relative à l'efficacité énergétique de deux appartements situés à Béchar, *Revue des Energies Renouvelables,Algérie.*
- ✚ CALEND A , 2017 , Expérimenter l'ambiance par l'architecture , *Revue internationale sur l'environnement sensible . l'architecture et l'espace urbain, France*
- ✚ Minergie, 2015,La bonne enveloppe,Conception.Réalisation.Construction Physique du bâtiment.Ecologie,suisse.
- ✚ MINISTÈRE.DE.L'ECOLOGIE, 2015, Comment optimiser les performances énergétiques de votre habitation ?,Cahier de recommandations environnementales n°1, val de bièvre-FRANCE.
- ✚ NICOLAS.CARIOU, 2008, Diagnostics de Performance Energétique des Grands Moulins de la Halle aux Farines et du bâtiment Condorcet, MASTER PRO STEP ,France.
- ✚ SCHL, 2014, Impact de la forme architecturale sur la performance énergétique potentielle des collectifs d'habitation,LE POINT EN RECHERCHE, Canada.

---

## Site internet:

- ✚ ACTU-ENVIRONNEMENT,2013,[Online],Les clés de l'évaluation énergétique, <https://www.actu-environnement.com/media/pdf/news-23181-cles-evaluation-energetique-anah.pdf> , visitée le 27/12/2017.
- ✚ ArchNet Digital Library,2005,[online],<http://archnet.org/library/sites>, visitée le 04/02/2018.
- ✚ DICTIONNAIRE.DE.L'ENVIRONNEMENT,2010,[Online],Energie Grise est une définition du dictionnaire environnement et développement durable, [https://www.dictionnaire-environnement.com/energie\\_grise\\_ID5863.html](https://www.dictionnaire-environnement.com/energie_grise_ID5863.html), visitée le 22/01/2018.
- ✚ FUTURA.PLANÈTE,2002,[Online],Énergie primaire,<https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/energie-renouvelable-energie-primaire-6933/>, visitée le 22/01/2018.
- ✚ I3ER.INGÉNIERIE.DE,2007,[Online],L'EFFICACITÉ.ENERGÉTIQUE.ET.DES.ENERGIES.RENOUVELABLES,<http://logiciels.i3er.org/ecotect.html>, visitée le 21/02/2018.
- ✚ Isolation.idées,2017,[Online],isolation thermique mur, <https://www.brestisolation.fr/isolation-thermique-mur/>, visitée le 29/01/2018.
- ✚ ma municipalité efficace,2016,[Online],POURQUOI ET COMMENT MESURER L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE ?,<http://www.mamunicipaliteefficace.ca/116-efficacite-energetique-ges-pourquoi-et-comment-mesurer-lefficacite-energetique-.html> , visitée le 15/03/2018.
- ✚ Solidaire, m.d.l.t.é.e.,2014,[Online],Sources et méthodes, <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sources-methodes/enquete-nomenclature/1541/0/enquete-performance-lhabitat-equipements-besoins-usages.html> , visitée le 20/03/2018.
- ✚ Sacred.Destinations,2010,[Online],<http://www.sacreddestinations.com/egypt/cairo-sultan-hassan-mosque.htm>, visitée le 10/02/2018.