

Université Mohamed Kheider – Biskra  
Faculté des Sciences et de la technologie  
Département : Architecture  
Réf : .....



جامعة محمد خيضر بسكرة  
كلية العلوم و التكنولوجيا  
قسم: الهندسة المعمارية  
المرجع:.....

Mémoire présenté en vue de l'obtention  
Du diplôme de  
**Magister en : Architecture**  
**Ecole doctorale d'architecture**  
**Option : Ville et Architecture au Sahara**

**Intitulé**

**L'impact de l'ouverture de la façade sur la consommation de l'énergie dans les bâtiments à usage de bureau sous un climat chaud et sec.**

Présenté par :

**ZEKRAOUI Djamel**

Soutenu publiquement le : . / . / 2017

**Devant le jury composé de :**

Dr. BENNABES Moussadek	Maitre de Conférences 'A'	Président	Université de Biskra
Pr. ZEMMOURI Noureddine	Professeur	Rapporteur	Université de Biskra
Pr. MOUMI Adbdelhafidh	Professeur	Examineur	Université de Biskra
Dr. DJELLOUL Amel	Maitre de Conférences 'A'	Examineur	Université de Biskra

A mes parents et toute  
la famille de Zekraoui

*Je remercie tout le département d'architecture et*

*tous mes enseignants et en particulier mon*

*encadreur :*

*M. ZEMMOURI Nouredine,*

*qui m'a beaucoup aidé*

*pour réaliser ce travail.*

*Ensuite, à tous les enseignants de la post-graduation*

*Je saisis cette occasion pour remercier également*

*tous les membres du jury pour avoir accepté de*

*juger mon travail.*

## Sommaire :

Dédicace

Remerciement

Sommaire : ..... I

Liste des figures : ..... IX

Liste des tableaux : ..... IX

Liste des graphes : ..... IX

## Chapitre introductif :

Introduction : ..... 1

Problématique : ..... 5

Hypothèses et objectif : ..... 5

Structure du mémoire : ..... 5

Etat de l'art : ..... 6

## Chapitre I : Problématique Energétique & l'architecture bioclimatique

Introduction : ..... 7

2-Définition de l'énergie : ..... 8

3-La Consommation Energétique : ..... 9

3-1- La consommation énergétique dans le secteur tertiaire : ..... 13

3-2- La consommation énergétique des différents secteurs en Algérie : ..... 15

3-2-1-La consommation finale du secteur résidentiel a atteint 6 millions de tep en  
2007 : ..... 17

3-2-2-La consommation énergétique du secteur tertiaire a atteint 1 million de tep en  
2007 : ..... 18

4-Les concepts nouveaux de l'architecture : ..... 19

4-1-L'architecture durable : ..... 19

4-2-L'éco-construction : ..... 19

4-3-L'architecture bioclimatique : ..... 20

4-4-Les maisons Basse consommation : ..... 20

4-5-Les maisons passives : ..... 20

4-6-Les maisons à énergie positive : ..... 21

4-7-Les maisons autonomes ou maisons zéro-énergie : ..... 21

4-8-La démarche HQE : ..... 21



## Sommaire

---

4-9-L'éco-rénovation :.....	22
Conclusion :.....	24
<b>Chapitre II : Climat et confort</b>	
Introduction :.....	25
1-Le climat :.....	25
1-1-Définition :.....	25
1-2-les différents types de climat :.....	26
1-2-1-Les climats tropicaux .....	26
1-2-2-Les climats de mousson:.....	26
1-2-3-Les climats secs :..... ;;	27
1-2-4-Les climats froids :.....	27
1-2-5-Les climats tempérés :..... ;	28
1-3-Eléments du climat:..... ;;	29
1-3-1-Les facteurs énergétiques:.....	29
1-3-1-1-Le rayonnement solaire :.....	29
1-3-1-2-Lumière:.....	30
1-3-1-3-La température de l'air:.....	31
1-3-2-Les facteurs hydrologiques:.....	31
1-3-2-1-Humidité Relative:.....	31
1-3-2-2-Les précipitations:.....	31
1-3-3-Les facteurs mécaniques:.....	32
1-3-3-1-Les vents:.....	32
2-Le confort:.....	32
2.1. Le confort respiratoire :.....	32
2.2. Le confort visuel:.....	33
2.3. Le confort acoustique:.....	33
2-4-Le confort Thermique:.....	33
2-4-1-Echange de chaleur entre corps humain et ambiance environnementale :.....	34
2-4-2-Les paramètres du confort thermique:.....	35
2-4-2-1-Les facteurs climatiques environnementaux:.....	35
2-4-2-1-1-La température de l'air(Ta):.....	35
2-4-2-1-2-L'humidité relative de l'air (HR):.....	35

## Sommaire

---

2-4-2-1-3-La vitesse de l'air :.....	35
2-4-2-1-4-Le rayonnement :.....	36
2-4-2-2-Les Variables dépendant du sujet:.....	36
2-4-2-3- Les facteurs subjectifs:.....	36
2-4-3-L'impact des ouvertures sur le confort thermique :.....	38
2-4-3-1- le comportement thermique des chambres avec des ouvertures de simple vitrage .....	38
2-4-3-2- le comportement thermique des chambres avec des ouvertures de double vitrage :.....	39
2-4-3-3- le comportement thermique des chambres avec des ouvertures de triple vitrage :.....	39
2-4-3-4- le comportement thermique des chambres selon le ratio(WWR) :.....	40
3-Tableau récapitulatif sur les études effectuées:.....	43
Conclusion:.....	45

### Chapitre III : le soleil et les ouvertures

Introduction :.....	46
2-la géométrie du soleil :.....	46
2-1-Le système terre – soleil :.....	46
2-2-La latitude et les conditions saisonnières d'ensoleillement.....	49
2-3-Les coordonnées solaires :.....	50
2-3-1-La déclinaison ( $\delta$ ) :.....	50
2-3-2-L'angle horaire solaire ( $\omega$ ) :.....	50
2-4-les coordonnées horizontales du soleil pour un observateur terrestre :.....	50
2-4-1-La hauteur angulaire du soleil (l'altitude) :.....	51
2-4-2-L'azimut du soleil :.....	51
2-5-L'irradiation solaire incidente :.....	52
2-5-1-Rayonnement Direct (I) :.....	54
2-5-2-Rayonnement Diffus (D) :.....	54
2-5-3- Rayonnement réfléchié :.....	54
2-Les Ouvertures et les Protections :.....	55
2-1- rôles des fenêtres :.....	55
2-2-Système de protection solaire :.....	55
2-2-1-Les Stratégies D'ombrage :.....	56

## Sommaire

---

2-2-4-Les Systèmes d'occultation	56
2-2-4-1-Systèmes d'occultation naturelle	56
2-2-4-2-Systèmes d'occultation fixe	57
2-2-5-1-Systèmes d'occultation mobile	59
2-2-4-3-Systèmes d'occultation mobile extérieure	59
2-2-5-3-Systèmes d'occultation mobile intérieure	59
2-2-5-Choisir le vitrage	60
2-2-5-1-Choix du vitrage en fonction des caractéristiques du bâtiment	60
2-2-6-Les types de vitrage	61
2-2-6-1-Les interactions entre les facteurs	62
3-La relation entre les ouvertures et les rayonnements solaires	64
4-Tableau récapitulatif sur les études effectuées:	68
Conclusion	71

### **Chapitre IV : Analyse de l'impact de l'orientation sur la consommation énergétique**

Introduction	72
1-Définition	72
2-Les Classes d'orientations:	72
3-Orientation d'une paroi verticale	74
4-La forme et l'orientation	74
4-1-L'Orientatation et les rayonnements solaire	77
4-2-L'orientation optimale	79
4-2-1-Hiver saison de chauffe	79
4-2-2-Eté période de surchauffe	80
4-2-3-Détermination de l'orientation optimale	80
4-3-Effet de l'orientation des façades par rapport au soleil	81
4-3-1- Effet de l'orientation sur les températures de surfaces extérieure	81
4-3-2- Orientation, couleur et matériaux	81
4-3-3- Effets de l'orientation sur les températures intérieures:	85
4-3-3- Besoins en énergie pour la climatisation suivant l'orientation	86
4-3-4-Besoins en énergie pour le chauffage suivant l'orientation	87
4-4-Effet de l'orientation des façades par rapport au vent:	89
4-5-Effets de l'orientation des fenêtres sur les températures intérieures	90

## Sommaire

---

4-6-Effet de l'orientation des façades par rapport la ventilation transversale :.....	93
5-Tableau récapitulatif sur les études effectuées:.....	95
Conclusion :.....	97

### **Chapitre V : Présentation de cas d'étude et l'outil de simulation**

Introduction :.....	98
2-Les caractéristiques climatiques de la ville de BISKRA :.....	98
3-L'humidité :.....	101
4-Les précipitations :.....	102
5- Les vents dominants :.....	103
6-Les mois de confort à Biskra :.....	104
7- L'irradiation solaire dans la ville de Biskra :.....	105
8-L'Architecture tertiaire à Biskra :.....	106
8-1-Les bureaux :.....	106
8-2- Pourquoi l'architecture tertiaire :.....	106
8-3- Géométrie du modèle :.....	107
9-Présentation de cas d'étude :.....	107
9-Méthodologie de travail :.....	108
11-Les logiciels utilisés pour la simulation :.....	111
11-1-Le logiciel Open studio :.....	111
11-2-Le logiciel Energy plus :.....	111
11-2-1-Les potentialités du l'outil Energy plus :.....	112
11-2-2-Le schéma de simulation d'Energy plus :.....	113
11-3-Réalisation du model à la ville Biskra :.....	113
11-3-1-Intégration des données météorologiques :.....	114
11-3-2-les étapes de simulation :.....	115
12-le processus de la simulation :.....	120
Conclusion :.....	121

### **Chapitre VI : Résultats et interprétations**

Introduction :.....	122
1-Les résultats obtenus par le logiciel open studio :.....	122
1-1-Le bâtiment orienté Sud :.....	122
1-1-a-Le bâtiment de ratio 25% :.....	123
1-1-a-Le bâtiment de ratio 50% :.....	123

## Sommaire

---

1-1-a-Le bâtiment de ratio 75% :..... ;;	124
1-1-a-Le bâtiment de ratio 100% :..... ;	124
1-1-Le bâtiment orienté Nord :.....	126
1-1-a-Le bâtiment de ratio 25% :.....	126
1-1-a-Le bâtiment de ratio 50% :.....	126
1-1-a-Le bâtiment de ratio 75% :.....	127
1-1-a-Le bâtiment de ratio 100% :..... ;;	127
1-1-Le bâtiment orienté Est :.....	129
1-1-a-Le bâtiment de ratio 25% :.....	129
1-1-a-Le bâtiment de ratio 50% :.....	129
1-1-a-Le bâtiment de ratio 75% :.....	130
1-1-a-Le bâtiment de ratio 100% :.....	130
1-1-Le bâtiment orienté Ouest :.....	132
1-1-a-Le bâtiment de ratio 25% :.....	132
1-1-a-Le bâtiment de ratio 50% :.....	132
1-1-a-Le bâtiment de ratio 75% :.....	133
1-1-a-Le bâtiment de ratio 100% :.....	133
1-5-Tableau récapitulatif :.....	135
1-5-a- La consommation de l'énergie pour le chauffage en fonction de différents ratios et orientations :.....	135
1-5-b- La consommation de l'énergie pour la climatisation en fonction de différents ratios et orientations :.....	136
Synthèse :.....	137
2-Les résultats obtenus en utilisant le double vitrage :.....	138
2-2- le double vitrage (6-13-6) :.....	138
2-2-a- La consommation de l'énergie pour le chauffage en fonction de différents ratios et orientations :.....	138
2-2-b- La consommation de l'énergie pour la climatisation en fonction de différents ratios et orientations :.....	139
2-3- le triple vitrage (3-13-3-13-3) :.....	140
2-3-a- La consommation de l'énergie pour le chauffage en fonction de différents ratios et orientations :.....	140

## Sommaire

---

2-3-b- La consommation de l'énergie pour la climatisation en fonction de différents ratios et orientations :.....	141
2-3- le double vitrage a basse émissivité (6-13-6LoE:.....	142
2-4-a- La consommation de l'énergie pour la climatisation en fonction de différents ratios et orientations :.....	142
2-2-b- La consommation de l'énergie pour la climatisation en fonction de différents ratios et orientations :.....	143
3- Comparaison de la consommation de l'énergie entre le simple vitrage et le double vitrage :.....	144
4- Comparaison de la consommation de l'énergie entre le double vitrage et le triple vitrage :.....	145
5- Comparaison de la consommation de l'énergie entre le double vitrage et double vitrage à basse émissivité :.....	146
6-Comparaison de la consommation de l'énergie entre les différents ratios (simple vitrage) :.....	147
7-Comparaison de la consommation de l'énergie entre les différents ratios (double vitrage) :.....	148
8-Comparaison de la consommation de l'énergie entre les différents ratios (triple vitrage) :.....	149
9-Comparaison de la consommation de l'énergie entre les différents ratios (double vitrage à basse émissivité) :.....	150
10- comparaison de la consommation totale de l'énergie par type de vitrage:.....	151
Conclusion :.....	153
Conclusion générale :.....	154
Les recommandations :.....	155
Les perspectives de la recherche :.....	155
<b>Annexes :</b>	
Annexe 1 :.....	161
Annexe 2 :.....	169
Annexe 3 :.....	177
Résumé :.....	185

## Liste des figures et des tableaux

### Chapitre I : Problématique Energétique & l'architecture bioclimatique

N° de tableau ou figures	désignation	source	page
<b>Figure 1</b>	Organisation des contenus sur le thème de l'énergie	DEPECKER.P, 1985	9
<b>Figure 2</b>	Évolution de la consommation mondiale d'énergie depuis le XIX <sup>e</sup> siècle (en 10 <sup>9</sup> tep).	LIEBARD, A ET DE HERDE, A. (2005). Traité d'architecture et d'urbanisme	10
<b>Figure 3</b>	Courbes prévisibles de la population mondiale (1750-2100) et consommation d'énergie primaire (1860-1975).	LIEBARD, A ET DE HERDE, A. (2005). Traité d'architecture et d'urbanisme	11
<b>Figure 4</b>	Consommation moyenne d'énergie par habitant en 2001	AIE/OCDE	12
<b>Figure 5</b>	Extrapolation à 2020 de la consommation énergétique si les tendances 1990-2000 se poursuivent.	Les Cahiers de Global Chance n°16, novembre 2002	12
<b>Tableau 1</b>	Evolution de la consommation énergétique de l'homme de la préhistoire à nos jours.	CHITOUR.Ch.E, 1994	13
<b>Figure 6</b>	Consommation d'énergie dans les bâtiments de bureaux simulés	earth trends 2005- Building and climate change	14
<b>Figure 7</b>	Consommation finale par secteur d'activité	APRUE- EDITION 2009	16
<b>Figure 8</b>	Répartition de la consommation finale par type d'énergie	APRUE- EDITION 2009	16
<b>Tableau 2</b>	Répartition de la consommation finale par secteur et par type d'énergie	APRUE- EDITION 2009	16
<b>Figure 9</b>	Evolution de la consommation en énergie dans le secteur résidentiel	APRUE- EDITION 2009	17
<b>Figure 10</b>	Consommation du secteur résidentiel par type d'énergie	APRUE- EDITION 2009	17
<b>Figure 11</b>	Evolution de la consommation en énergie dans le secteur Tertiaire	APRUE- EDITION 2005	18
<b>Figure 12</b>	Consommation du secteur Tertiaire par type d'énergie	APRUE- EDITION 2005	18
<b>Tableau 3</b>	les différents labels	www.effiergie.org	22

## Liste des figures et des tableaux

### Chapitre II : Climat et confort

N° de tableau ou figures	désignation	source	page
<b>Figure 1</b>	Distribution des climats tropicaux, secs, tempérés et froids.	LIEBARD, A ET DE HERDE, A. (2005). Traité d'architecture et d'urbanisme	26
<b>Figure 2</b>	représente les climats froids	Jacques Fortin 2007.	27
<b>Figure 3</b>	Répartition des 4 familles climatiques européennes.	Jacques Fortin 2007.	28
<b>Figure 4</b>	représente les climats tropicaux.	LIEBARD, A ET DE HERDE, A. (2005). Traité d'architecture et d'urbanisme	28
<b>Figure 5</b>	Composantes du rayonnement solaire global G.	<a href="http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16759">http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16759</a> (2015).	30
<b>Figure 6</b>	Le spectre solaire	<a href="http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16759">http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16759</a> (2015).	30
<b>Figure 7</b>	Bilan du cycle de l'eau.	Jean Poitou, Pascale Braconnot et Valérie Masson-Delmotte(2014)	31
<b>Figure 8</b>	Variations de la vitesse du vent, selon l'altitude et la nature du sol.	Mazari Mohammed (2012).	32
<b>Figure 9</b>	Les divers paramètres intervenant dans la qualité de l'air.	LIEBARD, A ET DE HERDE, A. (2005). Traité d'architecture et d'urbanisme	33
<b>Figure 10</b>	Le niveau d'éclairage de référence est adapté à l'activité prévue.	<a href="http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16759">http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16759</a> (2015).	33
<b>Figure11</b>	le métabolisme humain	Mazari Mohammed (2012).	36
<b>Figure12</b>	Températures de confort pour différentes activités (d'après O. Fanger).	Belblock (site d'internet) (2016).	37
<b>Figure13</b>	Plage de confort pour une activité de bureau.	LIEBARD, A ET DE HERDE, A. (2005). Traité d'architecture et d'urbanisme	37
<b>Figure14</b>	Températures de confort pour différentes vitesses relatives de l'air et un habillement moyen, d'après O. Fanger.	LIEBARD, A ET DE HERDE, A. (2005). Traité d'architecture et d'urbanisme	37
<b>Figure15</b>	Les pertes thermiques du corps humain dépendent de 6 paramètres physiques.	Belblock (site d'internet) (2016).	38
<b>Tableau 1</b>	les différents paramètres	Nedhal Al-Tamimi, Sharifah	42



## Liste des figures et des tableaux

	agissant sur le confort thermique.	Fairuz Syed Fadzil, Wan Mariah Wan Harunsur (Malaysia).	
<b>Tableau 2:</b>	Tableau récapitulatif sur les études effectuées.	Auteur	43

### Chapitre III : le soleil et les ouvertures

N° de tableau ou figures	désignation	source	page
<b>Figure 1</b>	Description simplifiée du plan orbital du système terre-soleil.	LIEBARD, A ET DE HERDE, A. (2005). Traité d'architecture et d'urbanisme	47
<b>Figure 2</b>	Description simplifiée de solstice d'été.	<a href="http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16759">http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16759</a> .	47
<b>Figure 3</b>	Description simplifiée des équinoxes de printemps et d'automne.	<a href="http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16759">http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16759</a> .	48
<b>Figure 4</b>	Description globale des équinoxes et des solstices.	<a href="http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16759">http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16759</a> .	48
<b>Figure 5</b>	Trajectoires apparentes du soleil au cours de l'année.	BENJAMIN.D & PHARABOD.F, 2002.	49
<b>Figure 6</b>	La latitude d'un lieu.	CERMA, 2004.	49
<b>Figure 7</b>	la déclinaison du soleil, telle qu'elle apparaît depuis la terre, le 20 <sup>ème</sup> jour de chaque mois.	MAZRIA, 1981.	50
<b>Figure 8</b>	hauteur du Soleil.	<a href="http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16759">http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16759</a>	51
<b>Figure 9</b>	L'azimut et la hauteur du soleil.	<a href="http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16759">http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16759</a>	51
<b>Figure 10</b>	L'azimut du soleil.	<a href="http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16759">http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16759</a>	51
<b>Figure 11</b>	exemple d'angle d'incidence.	<a href="http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16759">http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16759</a>	52
<b>Figure 12</b>	les pourcentages de lumière interceptée par une surface pour différents angles.	<a href="http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16759">http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16759</a>	52
<b>Figure 13</b>	L'épaisseur et la qualité de l'atmosphère.	<a href="http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16759">http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16759</a>	53
<b>Figure 14</b>	Puissance solaire pour différents ciels.	<a href="http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16759">http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16759</a>	53
<b>Figure 15</b>	Puissance solaire pour	<a href="http://www.energieplus-">http://www.energieplus-</a>	54

## Liste des figures et des tableaux

	différents ciels.	lesite.be/index.php?id=16759	
<b>Figure 16</b>	stratégies d'ombre.	MARSH. A, 1981.	55
<b>Figure 17</b>	occultation par végétation.	traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques.	56
<b>Figure 18</b>	occultation par végétation.	GUYOT. M. A, 2003 (www.arbreurbain.com).	56
<b>Figure 19</b>	Profil d'ombre d'un écran horizontal.	<a href="http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=11151">http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=11151</a>	57
<b>Figure 20</b>	Les occultations verticales perpendiculaires.	<a href="http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=11151">http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=11151</a>	58
<b>Figure 21</b>	Les occultations verticales obliques.	<a href="http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=11151">http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=11151</a>	58
<b>Figure 22</b>	Type de protection combinée.	S V SZOKOLAY, 1979.	58
<b>Tableau 01</b>	Facteurs solaires des différents types de protections mobiles.	Source : J.L IZARD, 1993.	59
<b>Figure 23</b>	Facteurs solaires de différentes protections solaires pour un vitrage simple.	ALAIN LIEBARD & ANDRE DE HERDE, 2003.	60
<b>Figure 24</b>	Simple vitrage et double vitrage.	<a href="http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10397#dblevitr_schema">http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10397#dblevitr_schema</a>	61
<b>Figures 25</b>	différentes emplacements de la couche métallique.	<a href="http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10397#dblevitr_schema">http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10397#dblevitr_schema</a>	61
<b>Figure 26</b>	triple vitrage.	<a href="http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10397#dblevitr_schema">http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10397#dblevitr_schema</a>	62
<b>Figure 27</b>	Les interactions entre les facteurs.	<a href="http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10397#dblevitr_schema">http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10397#dblevitr_schema</a>	63
<b>Figure 28</b>	la consommation de l'énergie annuelle par rapport à l'orientation ouest.	Byung Heelee, Sun Sook kim, young Huncho, Yoonbok Seong, Myoung Souk yeq et Kwang	64
<b>Figure 29</b>	La consommation de l'énergie annuelle par rapport à l'orientation Sud	Byung Heelee, Sun Sook kim, young Huncho, Yoonbok Seong, Myoung Souk yeq et Kwang	64
<b>Figure 30</b>	la consommation de l'énergie annuelle par rapport à l'orientation Nord.	Byung Heelee, Sun Sook kim, young Huncho, Yoonbok Seong, Myoung Souk yeq et Kwang	65
<b>Figure 31</b>	la consommation totale de l'énergie en fonction de WWR et l'orientation à Tehran.	Mohamed Mahdi ghiai, Mojtava mahdavinia, Fariba parvane, Jafarikhani sorour (2014)	66

## Liste des figures et des tableaux

<b>Figure 32</b>	la consommation totale de l'énergie en fonction de type de vitrage.	Mohammad Mahdi Tahmasebi et al (2014)	67
<b>Figure 33</b>	la consommation totale de l'énergie en fonction de l'orientation Est et Ouest.	Farshad Nasrollahi	68
<b>Figure 34</b>	la consommation totale de l'énergie en fonction de l'orientation Nord.	Farshad Nasrollahi	68
<b>Tableau 2:</b>	Tableau récapitulatif sur les études effectuées.	Auteur	69

### Chapitre IV : l'impact de l'orientation

N° de tableau ou figures	désignation	source	page
<b>Figure 01</b>	Classes d'orientations pour le climat méditerranéen en été.	groupe ABC, [Internet], 2005	73
<b>Figures 02</b>	les rayonnements solaires en hiver et en été.	bioclimatic housing p199 Edited by Richard Hyde	74
<b>Tableau 01</b>	Azimut de la paroi verticale suivant l'orientation.	C.N.E.R.I.B, 1998.p199	74
<b>Figure 03</b>	La compacité varie suivant la forme, la taille et le mode de contact des volumes construits.	traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques.	75
<b>Figure 04</b>	L'impact de la compacité.	cours de Pr.mazouz Saïd 2012.	76
<b>Figure 05</b>	L'impact de la compacité.	cours de Pr.mazouz Saïd 2012.	76
<b>Figure 06</b>	bâtiments et orientation des fenêtres Allonger les bâtiments à l'Est /Ouest pour maximiser les fenêtres au nord/sud.	<a href="http://www.yourhome.gov.au/passive-design/orientation">http://www.yourhome.gov.au/passive-design/orientation</a> .	77
<b>Figure 07</b>	Intensité Du Rayonnement Solaire selon les solstices.	<a href="http://www.yourhome.gov.au/passive-design/orientation">http://www.yourhome.gov.au/passive-design/orientation</a> .	77
<b>Figure 08</b>	Intensité Du Rayonnement Solaire Sous Différentes Latitudes.	MAZRIA. ed, 1981.	78
<b>Figure 09</b>	Variation de l'intensité solaire reçus des surfaces de différentes orientations.	GIVONI. B, 1978.	79
<b>Figure 10</b>	Influence de l'orientation sur les besoins du logement.	G.R.P.A.C.A, 1988.	80
<b>Figure 11</b>	Détermination de l'orientation optimale.	OLGYAY .V, 1967.	81
<b>Tableau 02</b>	Coefficients d'absorption pour différents matériaux et différentes couleurs.	Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique2005	82
<b>Figure 12</b>	Températures de surfaces externes de murs gris de différentes orientations.	B. GIVONI, 1978.	83

## Liste des figures et des tableaux

<b>Figure 13</b>	Températures de surfaces externes de murs blancs de différentes orientations.	B. GIVONI, 1978.	83
<b>Figure 14</b>	Températures de surfaces externes calculées pour janvier sur des murs de différentes orientations et couleurs externes.	B. GIVONI, 1978.	84
<b>Figure 15</b>	Températures de surface externe calculées pour juillet sur des murs de différentes orientations et couleurs externe.	B. GIVONI, 1978.	84
<b>Figure 16</b>	L'orientation et la couleur.	G.R.P.A.C.A, 1988.	84
<b>Figure 17</b>	Effet de l'orientation sur la température intérieure [période d'hiver].	Belkacem Berghout, Daniel Forgues et Danielle Monfet	85
<b>Figure 18</b>	Effet de l'orientation sur la température intérieure [période d'été].	Belkacem Berghout, Daniel Forgues et Danielle Monfet	86
<b>Figure 19</b>	Besoin en climatisation suivant l'orientation pour une journée en période estivale.	Belkacem Berghout, Daniel Forgues et Danielle Monfet	87
<b>Figure 20</b>	Besoin en chauffage suivant l'orientation pour une journée en période hivernale.	Belkacem Berghout, Daniel Forgues et Danielle Monfet	87
<b>Figure 21</b>	L'influence de l'orientation sur les besoins de chauffage.	Maaden H, Mokhtari A.M, Boualla N et Djebbar B	88
<b>Figure 22</b>	L'influence de l'orientation sur les besoins de climatisation.	Maaden H, Mokhtari A.M, Boualla N et Djebbar B	88
<b>Figure23</b>	Effet du vent sur les éléments du bâtiment.	MARTIN EVANS, 1980.	90
<b>Figure24</b>	Effet de l'orientation ; Direction du vent perpendiculaire à 90°.	Source : KONYA.A 1984	90
<b>Figure25</b>	effet de l'orientation ; Direction du vent oblique à 45°.	Source : KONYA.A 1984	90
<b>Figure26</b>	comparaison entre les différentes orientations des fenêtres sous le ciel clair dans l'attitude de 40°.	MAZRIA. ed, 1981.	91
<b>Figure27</b>	Exposition optimale pour le captage de soleil.	MAZRIA, 1980.	92
<b>Figure28</b>	Effet de l'orientation sur la température intérieure	Bouchahm Guermia, Bourebia Fatiha et S. Bellara Louafi et S.Abdou	93
<b>Tableau 03</b>	Effet de la ventilation transversale sur la vitesse d'air moyenne intérieure (% de la vitesse extérieure).	GIVONI.B, 1978.	93

## Liste des figures et des tableaux

<b>Figure29</b>	Régime des flux d'air dans le modèle subdivisés intérieurement d'une manière différente.	KONYA.A, 1980.	94
<b>Tableau 04</b>	Tableau récapitulatif sur les études effectuées.	Auteur	95

### Chapitre V : Présentation de cas d'étude et l'outil de simulation

N° de tableau ou figures	désignation	source	page
<b>Figure 1</b>	les zones climatiques d'hiver et d'été en Algérie	ministère de l'habitat, 1993.P :10-11	99
<b>Tableau 1</b>	Tableau des températures	N R H, Biskra, 2002	99
<b>Figure 2</b>	Températures minimales, maximales et moyennes de la ville de Biskra.	N R H, Biskra, 2002	99
<b>Figure 3</b>	Températures maximales la ville de Biskra	(MEZERDI Toufik).	100
<b>Figure 4</b>	Températures minimales. La ville de Biskra	(MEZERDI Toufik).	100
<b>Tableau 2</b>	Les caractéristiques de la zone D : Pré-Sahara et Sahara (une partie du tableau original).	Mazouz, S, 2004	101
<b>Tableau3</b>	Humidités relatives moyennes mensuelles de Biskra 2006.	monographie de Biskra.	101
<b>Figure 5</b>	L'humidité de la ville de Biskra (2006).	Auteur	102
<b>Tableau 4</b>	Précipitations moyennes mensuelles de Biskra 2006.	monographie de Biskra.	102
<b>Figure 6</b>	les précipitations de la ville de Biskra (2006).	Auteur	103
<b>Tableau 5</b>	Vitesses moyennes mensuelles des vents de Biskra 2006.	monographie de Biskra.	103
<b>Figure 7</b>	Vitesses moyennes mensuelles des vents de Biskra 2006.	Auteur	104
<b>Figure 8</b>	le diagramme de GIVONI de la ville de Biskra.	Auteur	104
<b>Figure 9</b>	Moyenne annuelle de la durée d'insolation mesurée (SS) (Période 1992-2002)	Atlas solaire Algerien	105
<b>Tableau 6</b>	Moyenne annuelle de la durée d'insolation mesurée (SS) (Période 1992-2002)	Atlas solaire Algerien	105
<b>Figure 10</b>	Moyenne annuelle de l'irradiation globale inclinée vertical Sud (Période 1992-2002)	Atlas solaire Algerien	105
<b>Tableau 7</b>	Moyenne annuelle de l'irradiation globale inclinée vertical Sud (Période 1992-2002)	Atlas solaire Algerien	105
<b>Figure11</b>	Moyenne annuelle de	Atlas solaire Algerien	105

## Liste des figures et des tableaux

	l'irradiation globale inclinée vertical Est et Ouest (Période 1992-2002)		
<b>Tableau 8</b>	Moyenne annuelle de l'irradiation globale inclinée vertical Est et Ouest (Période 1992-2002)	Atlas solaire Algerien	105
<b>Figure 12</b>	les bureaux de 25% de ratio	Auteur	110
<b>Figure 13</b>	les bureaux de 50% de ratio	Auteur	110
<b>Figure14</b>	les bureaux de 75% de ratio	Auteur	110
<b>Figure15</b>	les bureaux de 100% de ratio	Auteur	110
<b>Figure16</b>	Présentation de logiciel.	NREL National Renewable Energy Laboratory	111
<b>Figures17</b>	présentation de la version du logiciel.	documentation du logiciel Energy plus	112
<b>Figure18</b>	l'interface du logiciel.	Auteur	113
<b>Figure 19</b>	le schéma de simulation.	documentation du logiciel Energy plus	113
<b>Figure 20</b>	le logiciel sketch up.	Auteur	114
<b>Figure 21</b>	le logiciel open studio.	Auteur	115
<b>Figure 22</b>	les différents scénarios	Auteur	115
<b>Figure 23</b>	l'intégration des matériaux.	Auteur	116
<b>Figure 24</b>	l'intégration des charges	Auteur	116
<b>Figure 25</b>	l'addition de l'infiltration et la ventilation	Auteur	117
<b>Figure 26</b>	l'addition de système de climatisation et de chauffage.	Auteur	117
<b>Figure 27</b>	les paramètres de simulation	Auteur	118
<b>Figure 28</b>	les résultats obtenus par open studio.	Auteur	118
<b>Figure 29</b>	les résultats obtenus par energy plus	Auteur	119
<b>Figure 30</b>	la présentation des résultats par results viewer	Auteur	119
<b>Figure 31</b>	la présentation des résultats par results viewer	Auteur	120
<b>Figure 32</b>	le processus de la simulation	Auteur	120

## Chapitre VI : Résultats et interprétations

N° de tableau ou figures	désignation	source	page
<b>Figure 1</b>	le model avec différents ratios	Auteur	122
<b>Figures 2</b>	la consommation de l'énergie de bâtiment de ratio 25%.	Auteur	123
<b>Figures 3</b>	la consommation de l'énergie de bâtiment de ratio 50%.	Auteur	123
<b>Figures 4</b>	la consommation de l'énergie de bâtiment de ratio 75%.	Auteur	124
<b>Figures 5</b>	la consommation de l'énergie de bâtiment de ratio 100%.	Auteur	124

## Liste des figures et des tableaux

<b>Graphe 1</b>	la consommation de l'énergie en Kwh pour le chauffage en fonction de ratios.	Auteur	125
<b>Graphe 2</b>	la consommation de l'énergie en Kwh pour la climatisation en fonction de ratios.	Auteur	125
<b>Figures 6</b>	la consommation de l'énergie de bâtiment de ratio 25%.	Auteur	126
<b>Figures 7</b>	la consommation de l'énergie de bâtiment de ratio 50%.	Auteur	126
<b>Figures 8</b>	la consommation de l'énergie de bâtiment de ratio 75%.	Auteur	127
<b>Figures 9</b>	la consommation de l'énergie de bâtiment de ratio 100%.	Auteur	127
<b>Graphe 3</b>	la consommation de l'énergie en Kwh pour le chauffage en fonction de ratios.	Auteur	128
<b>Graphe 4</b>	la consommation de l'énergie en Kwh pour la climatisation en fonction de ratios.	Auteur	128
<b>Figures 10</b>	la consommation de l'énergie de bâtiment de ratio 25%.	Auteur	129
<b>Figures 11</b>	la consommation de l'énergie de bâtiment de ratio 50%.	Auteur	129
<b>Figures 12</b>	la consommation de l'énergie de bâtiment de ratio 75%.	Auteur	130
<b>Figures 13</b>	la consommation de l'énergie de bâtiment de ratio 100%.	Auteur	130
<b>Graphe 5</b>	la consommation de l'énergie en Kwh pour le chauffage en fonction de ratios.	Auteur	131
<b>Graphe 6</b>	la consommation de l'énergie en Kwh pour la climatisation en fonction de ratios.	Auteur	131
<b>Figures 14</b>	la consommation de l'énergie de bâtiment de ratio 25%.	Auteur	132
<b>Figures 15</b>	la consommation de l'énergie de bâtiment de ratio 50%.	Auteur	132
<b>Figures 16</b>	la consommation de l'énergie de bâtiment de ratio 75%.	Auteur	133
<b>Figures 17</b>	la consommation de l'énergie de bâtiment de ratio 100%.	Auteur	133
<b>Graphe 7</b>	la consommation de l'énergie en Kwh pour le chauffage en fonction de ratios.	Auteur	134
<b>Graphe 8</b>	la consommation de l'énergie en Kwh pour la climatisation en fonction de ratios.	Auteur	134
<b>Tableau 01</b>	tableau récapitulatif de la consommation de l'énergie pour le chauffage en fonction de différents ratios et orientations	Auteur	135
<b>Graphe 9</b>	la consommation de l'énergie en Kwh pour le chauffage en fonction de différents ratios et orientations.	Auteur	135
<b>Tableau 02</b>	tableau récapitulatif de la consommation de l'énergie pour la climatisation en fonction de différents ratios et orientations	Auteur	136



## Liste des figures et des tableaux

<b>Graphe 10</b>	la consommation de l'énergie en Kwh pour la climatisation en fonction de differnts ratios et orientations.	Auteur	136
<b>Figures 18(A)</b>	la consommation totale de l'énergie pour le chauffage en fonction des orientations et les ratios	Auteur	137
<b>Figures 18(B)</b>	la consommation totale de l'énergie pour la climatisation en fonction des orientations et les ratios	Auteur	137
<b>Tableau 03</b>	tableau récapitulatif de la consommation de l'énergie pour le chauffage en fonction de différents ratios et orientations	Auteur	138
<b>Graphe 11</b>	la consommation de l'énergie en Kwh pour le chauffage en fonction de différents ratios et orientations	Auteur	138
<b>Tableau 04</b>	tableau récapitulatif de la consommation de l'énergie pour la climatisation en fonction de différents ratios et orientations	Auteur	139
<b>Graphe 12</b>	la consommation de l'énergie en Kwh pour la climatisation en fonction de différents ratios et orientations	Auteur	139
<b>Tableau 05</b>	tableau récapitulatif de la consommation de l'énergie pour le chauffage en fonction de différents ratios et orientations	Auteur	140
<b>Graphe 13</b>	la consommation de l'énergie en Kwh pour le chauffage en fonction de différents ratios et orientations	Auteur	140
<b>Tableau 06</b>	tableau récapitulatif de la consommation de l'énergie pour la climatisation en fonction de différents ratios et orientations	Auteur	141
<b>Graphe 14</b>	la consommation de l'énergie en Kwh pour la climatisation en fonction de différents ratios et orientations	Auteur	141
<b>Tableau 07</b>	tableau récapitulatif de la consommation de l'énergie pour le chauffage en fonction de différents ratios et orientations	Auteur	142
<b>Graphe 15</b>	la consommation de l'énergie en Kwh pour le chauffage en fonction de différents ratios et orientations	Auteur	142
<b>Tableau 08</b>	tableau récapitulatif de la consommation de l'énergie pour la climatisation en fonction de différents ratios et orientations	Auteur	143
<b>Graphe 16</b>	la consommation de l'énergie en Kwh pour la climatisation en fonction de différents ratios et orientations	Auteur	143
<b>Graphe 17</b>	la consommation de l'énergie pour le chauffage Kwh entre le simple vitrage et le double vitrage	Auteur	144
<b>Graphe 18</b>	la consommation de l'énergie pour la climatisation Kwh entre le simple vitrage et le double vitrage	Auteur	144
<b>Graphe 19</b>	la consommation de l'énergie pour le chauffage Kwh entre le double vitrage et le triple vitrage	Auteur	145
<b>Graphe 20</b>	la consommation de l'énergie pour la climatisation	Auteur	145



## Liste des figures et des tableaux

---

	Kwh entre le double vitrage et le triple vitrage.		
<b>Graphe 21</b>	la consommation de l'énergie pour le chauffage Kwh entre le double vitrage et le double vitrage à basse émissivité	Auteur	146
<b>Graphe 22</b>	la consommation de l'énergie pour la climatisation en Kwh entre le double vitrage et le double vitrage à basse émissivité	Auteur	146
<b>Tableau 09</b>	Comparaison de la consommation de l'énergie entre les différents ratios et les différentes orientations (simple vitrage)	Auteur	147
<b>Tableau 10</b>	Comparaison de la consommation de l'énergie entre les différents ratios et les différentes orientations (double vitrage)	Auteur	148
<b>Tableau 11</b>	Comparaison de la consommation de l'énergie entre les différents ratios et les différentes orientations (triple vitrage)	Auteur	149
<b>Tableau 12</b>	Comparaison de la consommation de l'énergie entre les différents ratios et les différentes orientations (double vitrage à basse émissivité)	Auteur	150
<b>Graphe 23</b>	comparaison de la consommation totale de l'énergie de l'orientation Sud.	Auteur	151
<b>Graphe 24</b>	comparaison de la consommation totale de l'énergie de l'orientation Nord	Auteur	151
<b>Graphe 25</b>	comparaison de la consommation totale de l'énergie de l'orientation Est.	Auteur	152
<b>Graphe 26</b>	comparaison de la consommation totale de l'énergie de l'orientation Ouest.	Auteur	152



**Chapitre introductif**

## **Introduction :**

*« Pour bien disposer une maison, il faut avoir égard au pays et au climat ou on veut bâtir , car elle doit être autrement construite.. »<sup>1</sup>*

Dès la fin des années 60, l'humanité a pris conscience de la tendance vers l'épuisement des ressources et la première conférence internationale sur l'environnement de Stockholm en 1972 en est le symbole. Un an plus tard, le premier choc pétrolier illustre la fragilité des systèmes dépendant des énergies fossiles. Ainsi, est apparue la nécessité de mettre en œuvre une gestion globale de la planète et de ses écosystèmes.

En 1988, l'ONU adopte la notion de développement durable qui signifie un développement social, économique et politique répondant aux besoins présents, sans hypothéquer ou compromettre la capacité des générations futures à satisfaire leur propre développement. Cette notion fait apparaître la nécessité, tout à fait nouvelle dans son affirmation internationale officielle, d'une double solidarité : solidarité entre les peuples et solidarité entre les générations. Chaque acteur, de chaque secteur de la vie économique, est donc confronté à la responsabilité qui lui incombe dans la gestion globale des ressources et de l'environnement.

Pour le secteur du BTP, très énergivore avec 30 % à 40 % de la consommation d'énergie totale selon les pays, le concepteur doit donc continuer à assurer l'abri et le confort de l'utilisateur, mais devra, de plus, faire en sorte que l'impact du bâtiment sur l'environnement soit minimisé.

L'essor de l'architecture 'solaire' puis 'bioclimatique' permet à la fois la théorisation et la concrétisation de cette réflexion dans la production normale du cadre bâti. Cette expression vise principalement l'optimisation de consommation de l'énergie et du confort qu'un espace bâti peut induire de manière 'naturelle', c'est-à-dire en minimisant le recours aux énergies fossiles, les effets pervers sur le milieu naturel et les coûts d'investissement et de fonctionnement.

## **La consommation de l'énergie en Algérie ;**

L'Algérie connaît une crise aiguë en matière de développement urbain dont le confort thermique ne semble pas être le souci majeur des concepteurs. En quatre décennies d'indépendance, le paysage urbain et architectural des agglomérations algériennes a connu un changement sans précédent.( BELLARASamira 2005) Ce changement provoque le problème d'intégration climatique qui implique une consommation considérable d'énergie. La crise de

---

<sup>1</sup> -Izard.jean.Louis. Archi Bio éditions : parenthèses Paris. 1979 p.8

l'énergie a brutalement mis l'accent sur l'importance du volume de combustible utilisé pour le chauffage et la climatisation, en raison de cette consommation qui influe sur la charge d'exploitation des immeubles et également sur l'ensemble de l'économie du pays<sup>2</sup>. Pour cela, la prise en considération de l'aspect climatique, tient compte du respect des facteurs du site qui peuvent être utiles : Orientation, pente du terrain, ensoleillement, protection contre les intempéries, vents dominants<sup>3</sup>.

A cet effet l'architecture BIOCLIMATIQUE insiste sur l'optimisation de la relation de la construction avec le climat en vue de créer des ambiances « confortables » par des moyens spécifiquement architecturaux ; Le but de l'architecture bioclimatique est d'exploiter les effets bénéfiques du climat (captage du soleil en hiver, ventilation en été) tout en offrant une protection contre les effets négatifs (trop de soleil en été, expositions aux vents dominants en hiver)<sup>4</sup>, une conception consciente de l'énergie ; et qui place l'occupant et son confort au centre de ses préoccupations.

Une construction est dite bioclimatique ; quand sa conception architecturale vise à utiliser, les éléments favorables du climat et de l'environnement, en vue de la satisfaction des exigences du confort thermique<sup>2</sup>.

L'effet radiatif permet donc d'après une meilleure connaissance du comportement thermique d'un bâtiment donné, et qui facilite aussi l'étude de son orientation, de

L'emplacement des fenêtres susceptibles de produire le meilleur confort thermique et minimiser la consommation de l'énergie au cours des quatre saisons.<sup>5</sup>

La configuration de l'ouverture en plus les paramètres cités paravant sont les éléments clés des interactions visuelles, thermique et énergétique ; Cependant au niveau thermique cela se traduit par l'ensoleillement disponible, la pression du vent et l'humidité de l'air ; tout cela gère simultanément le rôle que joue la façade<sup>6</sup>. Le niveau du rayonnement sur un mur est sensiblement plus élevé dans une direction et moindre dans l'autre, ce qui signifie que les conditions de protection sont importantes, et en particulier là où il y a des fenêtres « il n' en reste pas moins qu'une bonne orientation des baies vitrées est un choix essentiel pour faire des économies d'énergie »<sup>7</sup>.

### **Bibliographie préliminaire :**

La présente bibliographie va nous permettre d'entamer l'état de l'art du sujet de recherche :  
1-Mohamed Mahdi ghiai, Mojtaba mahdavinia, Fariba parvane, Jafarikhani sorour, Relation between energy consumption and window to wall ratio in high-rise office building in Tehran (article 2014) ils ont trouvé que :

---

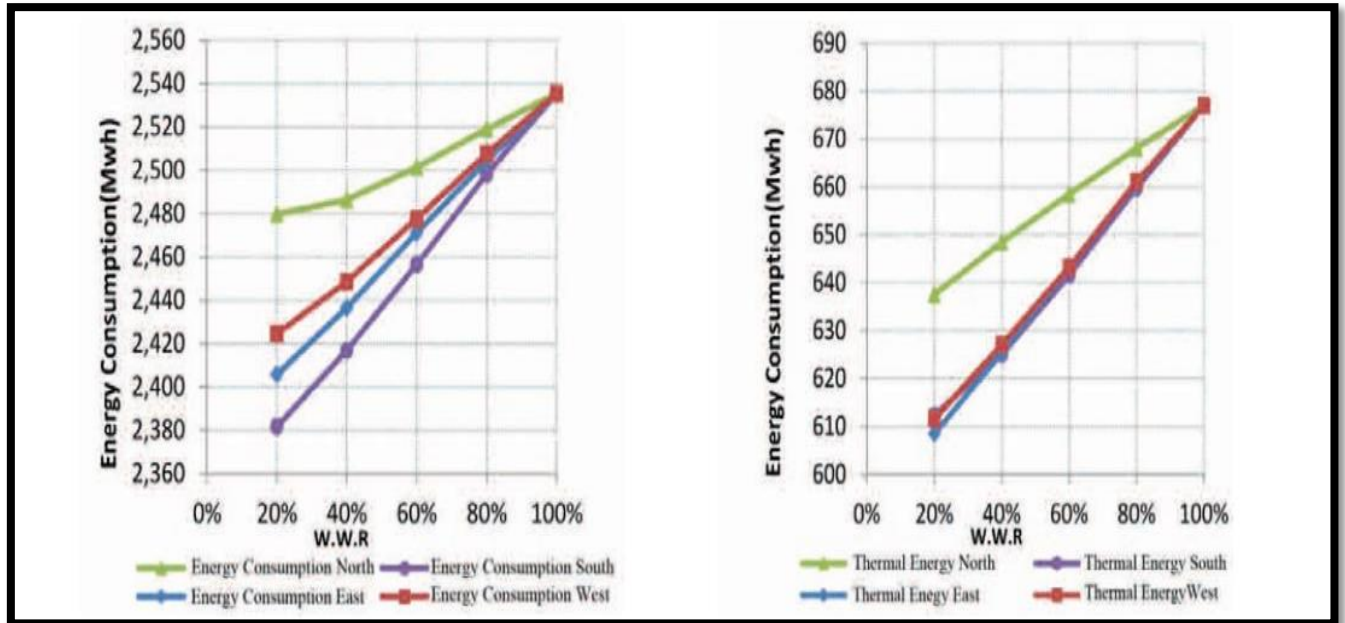
<sup>2</sup> - Bernard Château & Bruno Lapillone - la prévision à long terme de la demande d'énergie - : énergie et société .  
centre national de la recherche scientifique -CNRS- Paris 1977

<sup>3</sup> - la maison bioclimatique : [enligne] <http://www.lesdossiersdebiorespect.com> sur l'énergie, l'environnement.

<sup>4</sup> - Bioclimatisme : [enligne]. <http://www.greenspace.b/bioclimatime.html>

-le WWR optimal pour les façades Sud et Nord est 40% et pour les façades Est et Ouest est entre 20%-40% (moyen 30%).

-le WWR de Nord, Sud, Est et Ouest diminuer la consommation énergétique comme suit : 2%, 7%, 5%, 4%, respectivement.

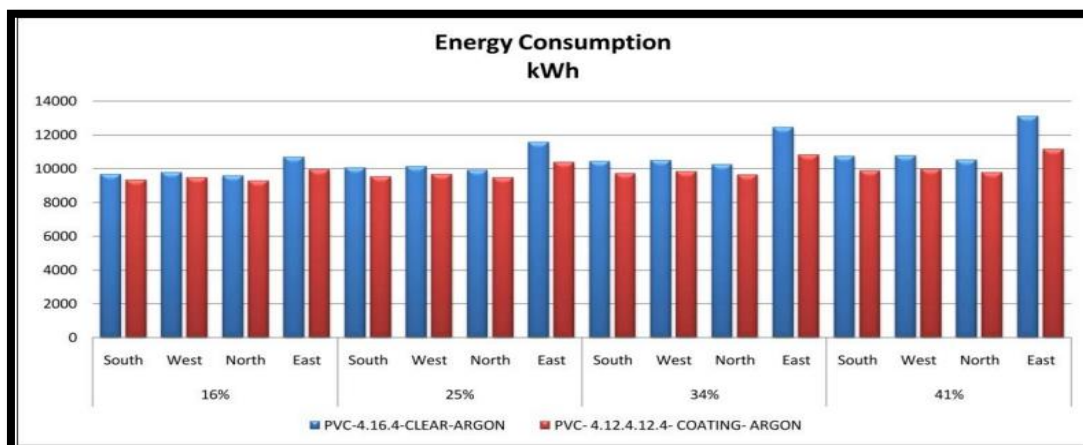


**Figure 1:** la consommation totale de l'énergie en fonction de WWR et l'orientation à Tehran.

Source: Mohamed Mahdi ghiai, Mojtaba mahdavinia, Fariba parvane, Jafarikhah sorour (2014)

2- Mohammad Mahdi Tahmasebia, Saeed Banihashemib, Mahmoud Shakouri Hassanabadi, Assessment of the variation impacts of window on energy consumption and carbon footprint (article 2011) ils ont trouvé que:

-le type de vitrage n'a pas un grand impact sur la consommation énergétique.



**Figure 2:** la consommation totale de l'énergie en Kwh en fonction de type de vitrage à Tehran.

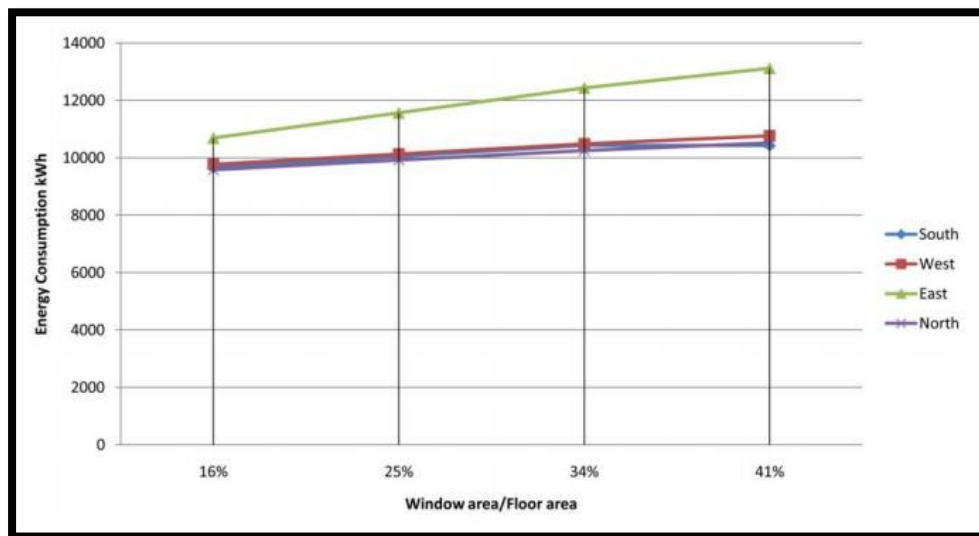
Source: Mohammad Mahdi Tahmasebia, Saeed Banihashemib, Mahmoud Shakouri Hassanabadi (2011)

-lorsque le WWR augmente la consommation énergétique augmente quel que soit l'orientation.

<sup>5</sup> - D. Wright– Soleil, Nature, Architecture- Edition : Parenthèses Paris 1979 p.83-116-117

<sup>6</sup> - A. CHATELET —P. FERNANDEZ – P. LAVIGNE l'architecture climatique : une contribution au développement durable EDISUD tome 2 :concepts et dispositifs ; Aix en Provence France, 1998 p.15

<sup>7</sup> - J. M. BLOCH -LAINE Construire avec le Climat « ministère de l'environnement et du cadre de vie » Paris 1979 p.23



**Figure 3:** la consommation totale de l'énergie en fonction de WWR et l'orientation à Tehran.

Source: Mohammad Mahdi Tahmasebia, Saeed Banihashemib, Mahmoud Shakouri Hassanabadi(2011)

3- N, Ben radouane et Ben Youcef, la fenêtre et son rôle dans la conception des maisons bioclimatiques (article 2008) ils ont conclu que :

-soit pour la façade Sud d'une surface de 30m<sup>2</sup> dont 20m<sup>2</sup> en double vitrage et 10m<sup>2</sup> en double paroi, l'augmentation, de température obtenue à l'intérieur est de 5°C à 6,5°C en hiver .et de 2° à 3°C en été.

- pour la façade Est d'une surface de 36m<sup>2</sup> dont 5m<sup>2</sup> en double vitrage et 31m<sup>2</sup> en double paroi, l'augmentation, de température obtenue à l'intérieur est de 1°C à 2°C en hiver .et de 2° à 3°C en été.

4- Byung heelee, Sun sook kim, Young Humcho, Yoonbok seong, Myoung souk yeo et Kwang Wookim, A study on energy consumption of effect buildings with variation fenestration design (article 2012) ils ont trouvé que:

-Orientation Sud: si le WWR augmente, la consommation de l'énergie diminue avec un SHGC réduit.

-Orientation Est et Ouest : si le SHGC augmente la consommation de l'énergie augmente avec un U-value constant.

-Orientation Nord : cette orientation n'est pas exposé au soleil donc le U-value c'est le paramètre primordiale qui a un impact sur la consommation.

### **La question de recherche :**

L'ouverture de la façade joue un rôle prépondérant dans la consommation de l'énergie, vu que l'ouverture représente la partie la plus sensible aux changements du climat extérieur.

La présente recherche tend à déterminer la meilleure configuration de l'ouverture pour non seulement une ouverture de l'espace sur l'extérieur mais aussi de favoriser un confort intérieur et une réduction de la consommation énergétique.

La question principale est :

-Quelle est la configuration optimale de l'ouverture dans un bureau sous un climat chaud et sec ?

### **Hypothèse et objectifs :**

Enfin Cette recherche n'a pas pour objectif d'accumuler des connaissances, ni d'ajouter des informations à une base de données. On ne cherche à travers ce mémoire qu'à présenter une tentative d'obtenir une configuration optimale de l'ouverture dans la façade dans un bureau sous un climat chaud et sec pour réduire la consommation de l'énergie

A ce effet nous avons émis, pour atteindre à ces objectifs les hypothèses suivantes ;

-l'ouverture accentue la consommation de l'énergie à savoir :

-la taille (dimension) des fenêtres.

-le type de vitrage.

-la consommation de l'énergie dépendra aussi à l'orientation.

- les conditions climatiques extérieures influencent sur la consommation de l'énergie.

### **Approche méthodologique de la recherche :**

Afin de répondre aux objectifs assignés au préalable, l'étude a concerné deux parties distinctes :

- Une première partie théorique consiste en une observation de la problématique énergétique ou dans un premier temps le développement du facteur énergie, son importance dans l'économie ainsi que les causes de l'augmentation de la consommation énergétique. Par la suite on ciblera les différents concepts d'architecture qui prennent en considération l'énergie
- . Maîtrisé le rôle de l'ensoleillement sur le bâtiment, la protection des ouvrants ainsi que la surface d'ouverture et le type de vitrage nous facilitent la réalisation d'une conception bioclimatique. Une étude détaillée des éléments combinés du climat sur la construction et qui influe sur la consommation de l'énergie, fait l'objet du chapitre deux et trois.
- D'autre part, une revue générale a été établie, concernant l'orientation et ses effets sur la consommation énergétique, ainsi que les techniques passives de contrôle de l'ensoleillement, déjà employées dans l'architecture traditionnelle et contemporaine. Ceci fera l'objet du quatrième chapitre

## Chapitre introductif

---

- Une deuxième partie pratique consiste de présentation de cas d'étude qui la ville de Biskra. Puis une modélisation à l'aide d'un logiciel informatique.
- Enfin une synthèse des résultats des différentes parties avec des recommandations pour les futures recherches. Et pour arriver à concevoir des bâtiments plus performants du point de vue thermique et énergétique, font l'objet du dernier chapitre.





# Chapitre I

Problématique Energétique & l'architecture bioclimatique

## Introduction :

L'énergie depuis le commencement des âges a été le moteur de l'activité humaine, et c'est un élément qui intervient dans tous les actes quotidiens de l'homme. Cependant le chauffage, la climatisation, l'éclairage, le transport...etc. représentent les différentes manières du besoin en énergie. ( BELLARA Samira 2005)

Le besoin brut du bâtiment est la quantité d'énergie nécessaire pour maintenir, pendant une période de temps donnée, un climat intérieur convenable et satisfaire les prestations du bâtiment (eau chaude, cuisson, éclairage, chauffage, climatisation...).Se caractérise par les différentes formes, c'est pourquoi elle est appelée «protéiforme »<sup>1</sup>.

Parmi les sources d'énergie qu'utilise l'homme : le pétrole connu depuis l'aube de l'humanité tient une place particulière, à côté du charbon, et du gaz naturel..... La véritable consommation de ces énergies fossiles conduit à l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre comme le dioxyde de carbone, le méthane, etc... Et par conséquent, le réchauffement de la planète. Les projections des modèles climatiques présentées dans le dernier rapport du GIEC indiquent que la température de la surface du globe est susceptible d'augmenter de 1,1 à 6,4 °C supplémentaires au cours du 21<sup>ème</sup> siècle et une élévation additionnelle de niveau de la mer de 0,1 à 0,25 mètres d'ici 2100. Ces conséquences vont déséquilibrer l'écosystème terrestre. L'homme est donc le responsable principal de cette catastrophe environnementale, à cause de sa mauvaise compréhension et sa mauvaise gestion de cet environnement fragile. A partir de 1980, l'union internationale sur la conservation de la nature a publié un rapport titré "La Stratégie Mondiale sur la Conservation de la Nature" ou apparut pour la première fois la notion de développement durable. Au-delà, plusieurs notions et démarches ont été fondées, comme l'architecture solaire, l'architecture écologique, LEED, la haute qualité environnementale (HQE), BREEAM et les labels (HPE, HPE EnR, THPE, THPE EnR, Minegie, Effinergie).

Donc, le remplacement d'une énergie fossile devenue incertaine pour assurer la pérennité des ressources naturelle est inévitable. Le recours aux énergies renouvelables comme le solaire, l'hydraulique, la géothermie, etc..., été une solution idéale pour réduire l'utilisation des énergies fossiles dans le bâtiment. Il existe plusieurs techniques permettant l'exploitation de cette énergie propre et principalement l'énergie solaire dans le but de préserver l'occupant et l'environnement.

---

<sup>1</sup>-Encyclopédie De L'électricité : puissance, information, électronique, Larousse, 1969, p.7.

## 2-Définition de l'énergie :

Le mot énergie est d'origine latine, « energia »qui veut dire « puissance physique qui permet d'agir et de réagir »<sup>2</sup>.

L'énergie est capable de produire soit du travail, soit de la chaleur, soit tous les deux. Parce que le travail et la chaleur sont fondamentaux pour notre vie.

La définition de l'énergie est vague, a une acceptation large suivant les différents domaines où on se trouve :

- Par rapports aux physiciens et naturalistes ; l'énergie est la puissance matérielle du travail<sup>3</sup>.
- Par rapports aux économistes ; C'est la quantité de l'énergie mécanique commercialisée ; c'est-à-dire l'ensemble des sources et des formes d'énergie susceptibles d'utilisation massive, aussi bien pour produire de la chaleur que pour actionner des machines.<sup>4</sup>

Dans tous les cas elle contribue au bien être de l'individu c'est pourquoi elle est considérée comme un bien social elle est :

- Limitée : au sens où il ne s'agit que d'un bien de consommation pour les ménages,
- Et considérable : Car sans énergie tout s'arrête. Ce qui explique l'importance qu'on y attache<sup>5</sup>. Vu qu'elle est indispensable au confort, L'énergie peut s'introduire dans l'architecture à travers deux axes principaux :
- Le coût énergétique « initial » de la construction à partir du coût énergétique des matériaux et de la construction.
- Le coût énergétique « vécu » de la consommation du au chauffage, climatisation, éclairage et alimentation. Ceci est démontré dans le schéma ci-dessous (figure1)<sup>5</sup> :

---

<sup>2</sup>-Grand Larousse De La Langue française, librairie Larousse, tome2 paris, 1972, p.1613.

<sup>3</sup> - Donald.W.Curran, la nouvelle donnée énergétique, Masson, collection géographie 1981,p.17

<sup>4</sup> - DONALD. W. CURRAN, La Nouvelle Donnée Energétique, Masson, collection géographie 1981.p.17

<sup>5</sup> - LOUAFI CHAHRAZED –L'énergie Electrique En Algérie – Université de Constantine 1998. p.191.

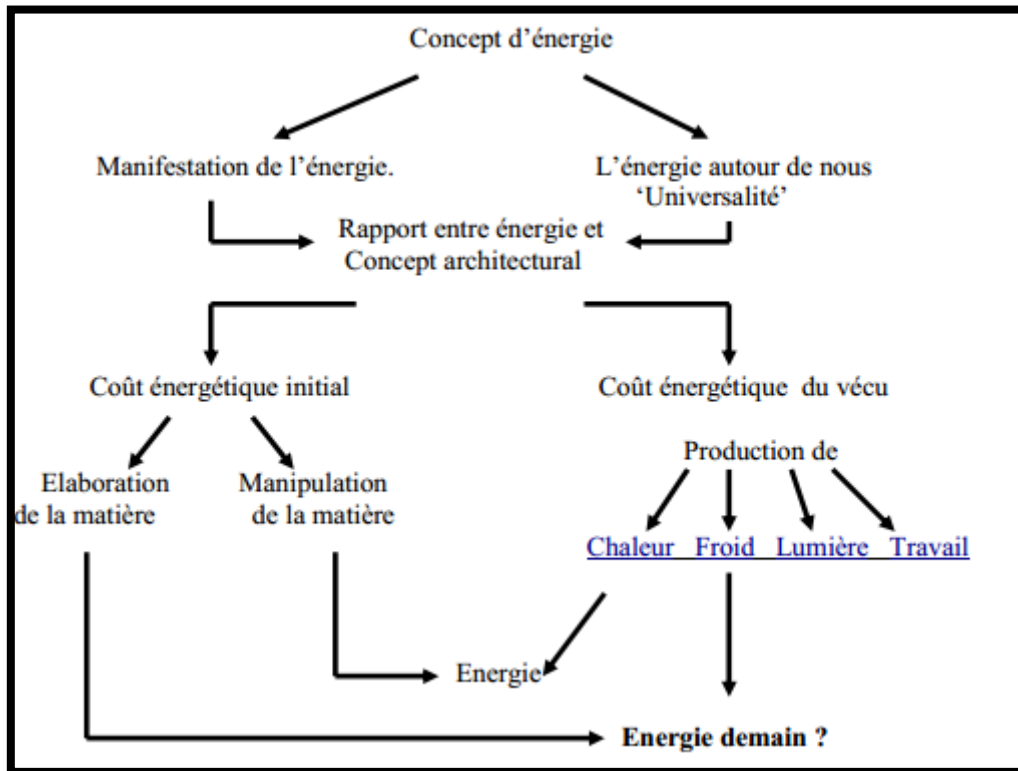


Figure 1: Organisation des contenus sur le thème de l'énergie. Source : DEPECKER.P, 1985

### 3-La Consommation Energétique :

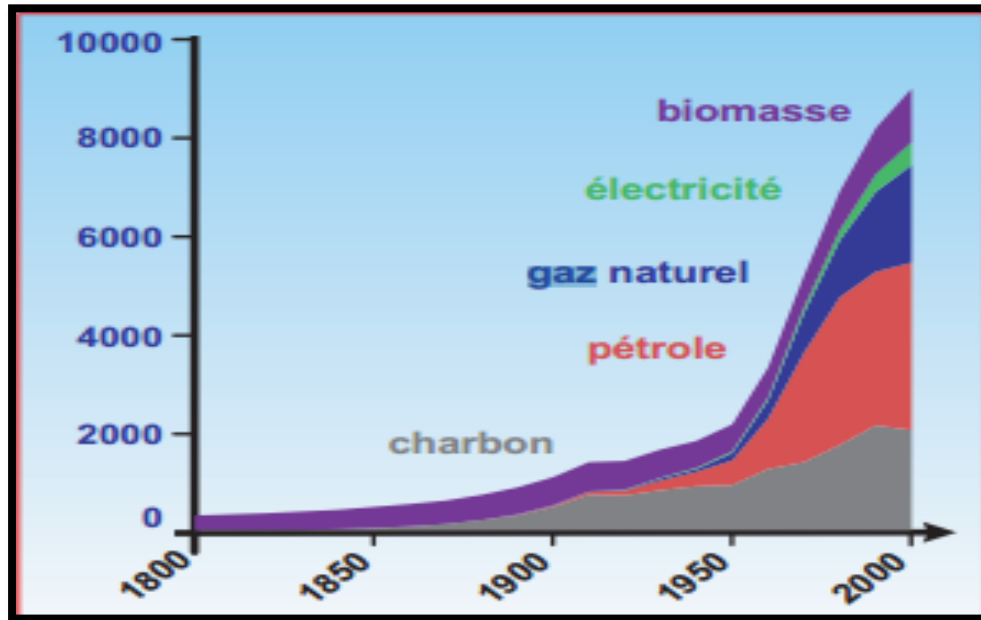
La réduction des consommations d'énergie est urgente, non seulement pour des raisons écologiques, mais aussi pour des raisons économiques, les énergies non renouvelables sont elles-mêmes des sous-produits fossiles végétaux ou animaux de l'énergie solaire (charbon, pétrole, etc.) Ou des gisements naturels (uranium). ces énergies sont disponibles en quantités limitées, mais leur exploitation permet d'obtenir des installations de haute puissance (centrale thermique ou nucléaire) capable de faire face à des applications industrielles<sup>6</sup>.

La figure2 rappelle que le développement économique occidental a été rendu possible, dès le XIXe siècle, par l'exploitation intensive de l'énergie et particulièrement des énergies fossiles, dont la consommation a plus que décuplé en deux siècles : au bois a succédé le charbon, puis le pétrole<sup>6</sup>.

Après la crise de pétrole, le nucléaire a gagné de l'importance. Aujourd'hui pourtant, ce mode de développement est mis en cause, tant par l'épuisement ou la raréfaction des réserves d'énergie, que par la pollution produite par la combustion de ces énergies ou de stockage des déchets

<sup>6</sup> – ALAIN LIEBARD & ANDRE DE HERDE, 2005,p.3a.

radioactifs. On estime que les réserves en énergies conventionnelles connus permettront des faire face aux consommations actuelles encore pendant 230ans pour le charbon, 70ans pour le gaz, 50ans pour l'uranium et 40ans pour le pétrole<sup>6</sup>.



**Figure 2:** Évolution de la consommation mondiale d'énergie depuis le XIX<sup>e</sup> siècle (en 10<sup>9</sup> tep).  
Source : ALAIN LIEBARD & ANDRE DE HERDE, 2005.

A l'horizon 2050, on a estimé que la terre sera peuplée de 8 à 10 milliards de personnes, qui auront tous besoin de consommer de l'énergie pour se chauffer, se déplacer, etc. Un accroissement de la demande énergétique est inévitable. En revanche, l'augmentation des ressources énergétiques est moins sûre. La découverte des nouveaux gisements s'est ralentie. Si on continue comme ça, une crise énergétique est très probable<sup>6</sup>.

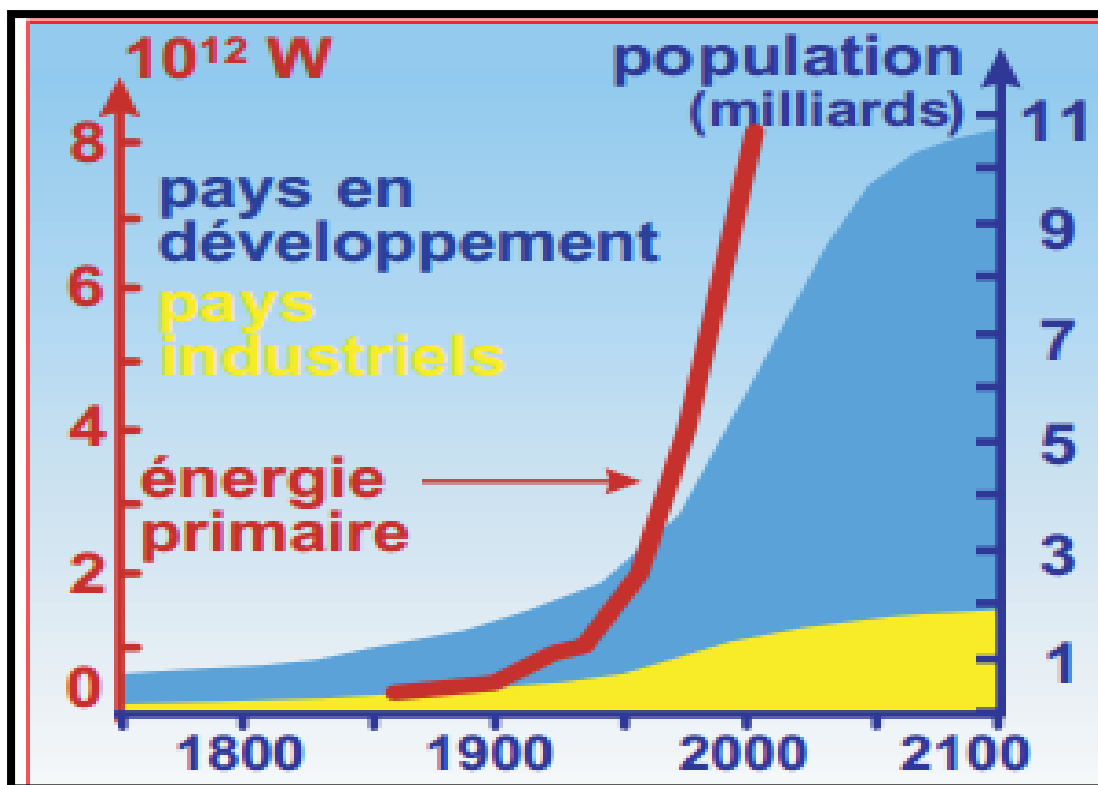
Selon (l'Organisation des nations unies), la terre comptera 9,3 milliards d'habitants en 2050. 95% de ces individus supplémentaires naîtront dans les pays moins développés. Il est prévu que la population d'Europe occidentale diminue tandis que celle d'Amérique du nord progresse de 40%. La progression sera plus sensible en Asie (+46%), en Amérique latine (+53%) et surtout en Afrique (+146%) d'ici à 2050. Alors que l'Europe représentait 15,6% de la population mondiale en 1950 ? Ce chiffre devrait décroître jusqu'à 6% en 2050. Les pays du sud compteront, alors, 87% de la population mondiale, soit environ 8 milliards d'habitants, contre 75% en 1990 équivalant à 3,8 milliards.

<sup>6</sup> – ALAIN LIEBARD & ANDRE DE HERDE, 2005, p.3b.4a

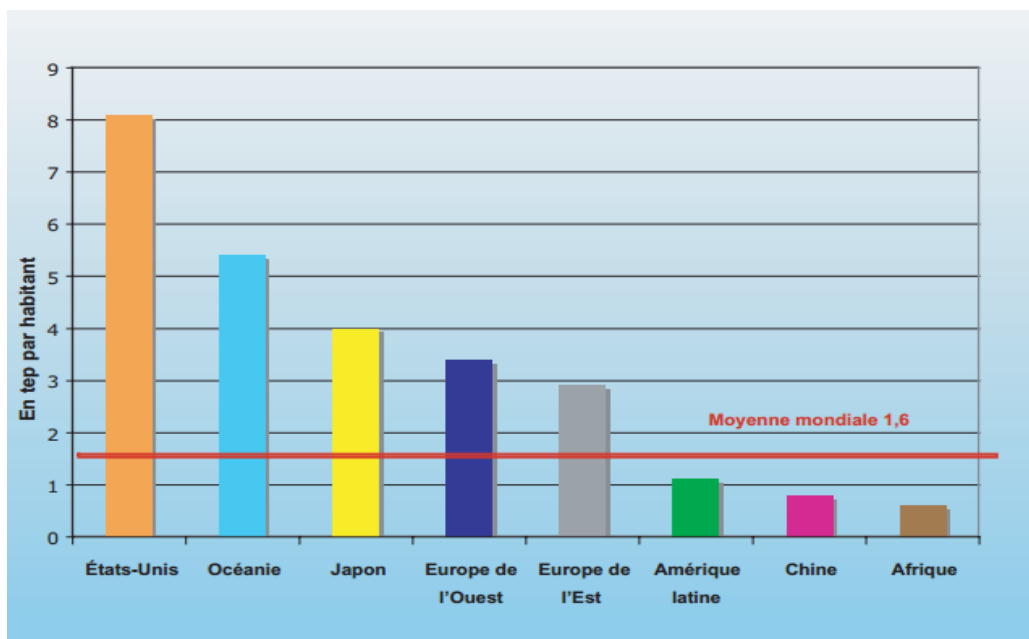
## Chapitre I : Problématique Energétique & l'architecture bioclimatique

La figure3 synthétise les tendances démographique actuelles jusqu'en 2100. La courbe bleue représente l'évolution de la consommation d'énergie primaire depuis 1860. On constate que l'accroissement de la consommation d'énergie se fait à un rythme encore plus soutenu que celui de la population.

La consommation d'énergie ne correspond pas à la distribution de la population sur la terre. Les pays industrialisés ne représente aujourd'hui que le 25% de la population, mais ils consomment 75%de l'énergie utilisée sur terre, 60%du charbon, 73%du pétrole, et 70%du gaz naturel. La consommation d'énergie par individu dans les pays du sud est inférieur en moyenne d'un facteur 10 à celle des pays industrialisée. Cette situation est en train de changer puisqu'on en enregistrait déjà, en 1986, une croissance de la consommation d'énergie égale à 6,2% par an pour les pays du sud, contre 0,5% dans les pays industrialisés<sup>6</sup>.



**Figure 3:** Courbes prévisibles de la population mondiale (1750-2100) et consommation d'énergie primaire (1860-1975). Source : ALAIN LIEBARD & ANDRE DE HERDE, 2005.



**Figure 4 :** Consommation moyenne d'énergie par habitant en 2001 (Source : AIE/OCDE).

La figure 5 montre un accroissement constant des consommations énergétiques dans le monde, une tendance qui se poursuivra à l'avenir, notamment dans les pays du sud. Les consommations de ces pays, bien inférieures à celle des pays nord, l'augmenteront fortement. Le Moyen-Orient et l'Afrique du nord doubleront leur consommation entre 2000 et 2020. les chiffres cumulés de l'ensemble de l'Afrique et de Moyen-Orient montrent une consommation en 1990 de 618Mtep, qui passe à 843 en 2008 et qui s'envolera à 1606 en 2020<sup>6</sup>.

Mtep	1990 Observé	2000 Observé	2020 Extrapolé
Europe de l'Ouest	1 468	1 625	1 990
Europe de l'Est	1 718	1 227	1 277
Amérique du Nord	2 178	2 603	3 718
Amérique latine	517	691	1 234
Afrique	618	843	1 606
Asie-Pacifique	2 351	3 116	5 513
<b>Total</b>	<b>8 850</b>	<b>10 105</b>	<b>15 338</b>

**Figure 5 :** Extrapolation à 2020 de la consommation énergétique si les tendances 1990-2000 se poursuivent. (Source : *Les Cahiers de Global Chance* n°16, novembre 2002)

# Chapitre I : Problématique Energétique & l'architecture bioclimatique

Donc la plus grande partie de cette énergie était consommée sous forme d'électricité. Les valeurs de la consommation d'énergie de l'homme à travers les âges sont indiquées dans le (Tableau 1)

Consommation individuelle exprimée en [10 <sup>3</sup> Kcal/j]	Alimentation, domestique et unitaire		Industrie et agriculture	transport	total
	unitaire	domestique			
1- Homme primitif -(1million d'années)	2	-	-	-	2
2- chasseurs (- 100 000 ans)	3	2	-	-	5
3-Agriculteur primitifs (- 7000 ans)	4	4	4	-	12
4-Agriculteur évolué (+ 1400 ans)	6	12	7	1	26
5- Hommes industriels (+ 1870 ans)	7	32	24	14	77
6-Homme technologique (Etat Unis)(+ 1970 ans)	10	66	91	63	230

**Tableau 1** : Evolution de la consommation énergétique de l'homme de la préhistoire à nos jours.

Source : CHITOUR.Ch.E, 1994

## 3-1- La consommation énergétique dans le secteur tertiaire :

Partout dans le monde le bâtiment est le plus grand consommateur d'énergie en particulier l'habitat, mais plus le pays est développé plus grande est la part du tertiaire. Ce secteur tend de plus en plus à prendre une part importante vu le phénomène de tertiairisation grandissant. Les pays de l'Amérique du nord et les pays développés, affichent une part égale entre l'habitat et le tertiaire. L'Europe, elle, affiche un taux avoisinant 25%. Les pays en voie de développement affichent un taux de 13%, et pour le Moyen Orient et l'Afrique du nord la part du tertiaire affiche un taux de 25% par rapport au résidentiel<sup>7</sup>.

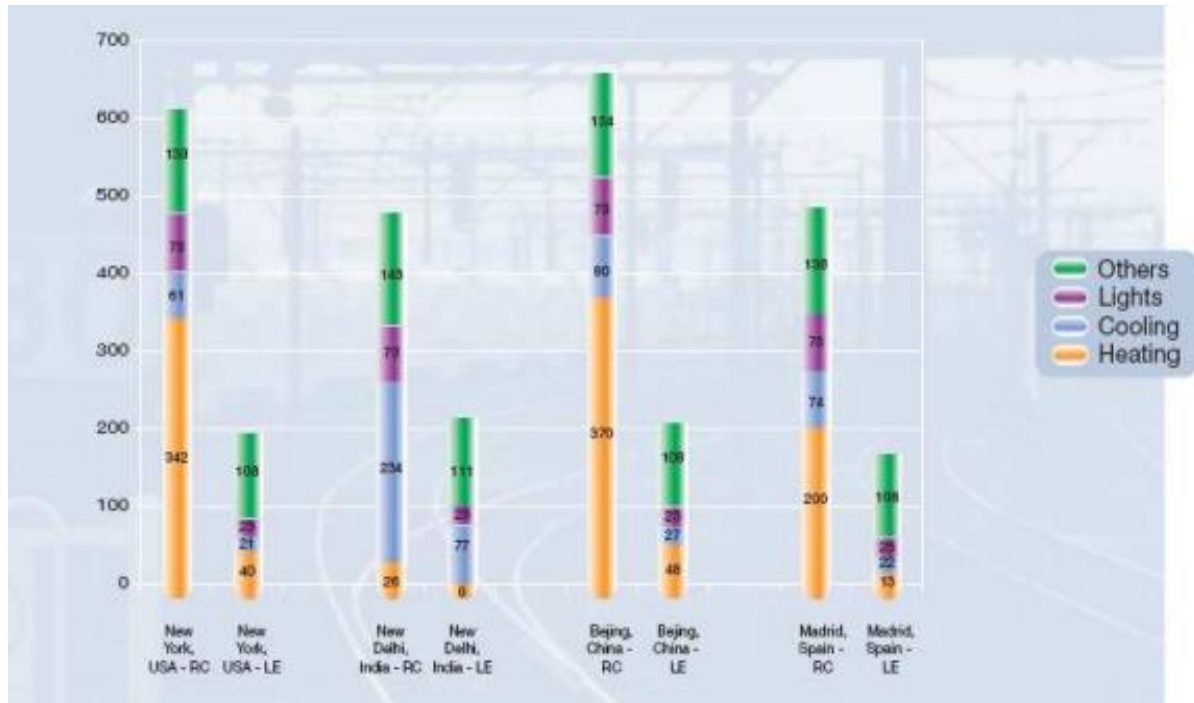
Pourtant quand il s'agit de chiffres, la même source donne des chiffres nettement en deçà de ces parts. En effet, pour les pays de l'Europe, la part du tertiaire par rapport au résidentiel est de 8,7% pour 27,5%. En Chine le bâtiment est là aussi le plus grand consommateur avec 42% d'énergie consommée dont 38% sont pour le résidentiel et seulement 4% pour le tertiaire. Au Brésil ,42% des consommations d'électricité sont dues au bâtiment dont 23% résidentiel et 19% pour le tertiaire. Au Canada, le résidentiel est responsable de 60% des émissions de GES contre 40% pour le tertiaire<sup>7</sup>.

<sup>7</sup> –mémoire magistère « audit énergétique de bâtiments tertiaires-Cas de trois bâtiments existants à Alger »p.29,30



# Chapitre I : Problématique Energétique & l'architecture bioclimatique

Dans le secteur tertiaire le poste le plus énergivore dépend du type, situation (zone climatique) et du degré de développement .Même si le poste chauffage/ climatisation représente une grande part selon le rapport des nations unies 2007.(voir fig n°6 ci-dessous)<sup>7</sup>



**Figure 6:** Consommation d'énergie dans les bâtiments de bureaux simulés-

Source earth trends 2005- Building and climate change

En effet, nous constatons que dans les pays où le climat est trop chaud le poste climatisation est le plus prépondérant, si à l'inverse le pays est dans une zone froide, le poste chauffage est le plus grand.

Une simulation a été effectuée avec l'Outil « Energy-10TM <sup>8</sup> » qui a comparé des consommations de bureaux dans différents climats faisant ressortir qu'à New Delhi, la climatisation est le poste le plus énergivore alors qu'à New York et Pékin c'est le chauffage qui affiche la plus grande consommation<sup>9</sup>. La même source affirme qu'au Brésil –pays qui consomme 2,1% de l'énergie mondiale,- les immeubles de bureaux consomment 48% de la consommation d'électricité pour la climatisation, 24% pour l'éclairage, 13% pour les pompes et ascenseurs et 15% pour les équipements de bureaux<sup>9</sup>.

En inde, la climatisation représente 50% des consommations d'énergie suivie de l'ECS puis le chauffage<sup>9</sup>.

Selon (l'institut de technologie du Massachussets) la consommation annuelle d'électricité dans

<sup>7</sup> –mémoire magistère « audit énergétique de bâtiments tertiaires-Cas de trois bâtiments existants à Alger »p.29,30

<sup>8</sup> –Energy-10 TM: Outil de simulation sur ordinateur

<sup>9</sup> –Building and Climate change. Op Cit

les immeubles de bureaux attribue 32% pour l'éclairage, 15% pour le poste climatisation-ventilation, 20% pour le chauffage, 8% pour les équipements informatiques les autres usages totalisent 25%.

Ainsi, le bâtiment tertiaire dans chaque pays arbore une consommation énergétique différente selon son climat, son degré de développement ou sa conception. Mais, quel que soit les raisons de sa consommation énergivore, des mesures communes ont été prises par l'ensemble des pays afin de réduire la facture énergétique et ainsi son impact sur l'environnement.

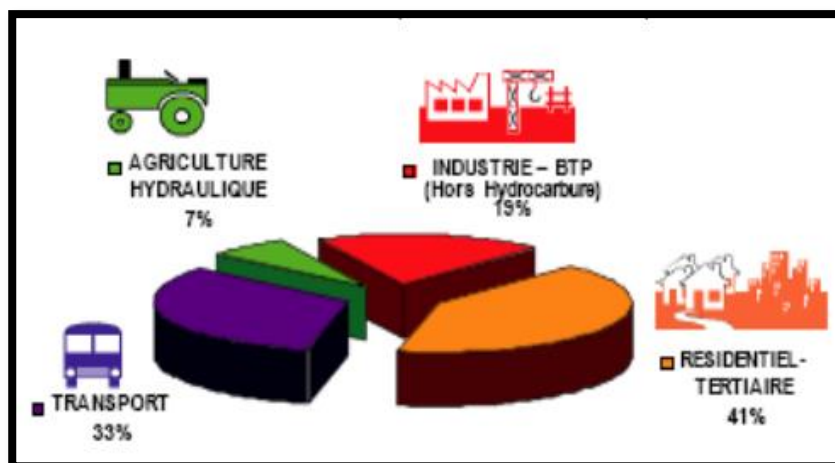
### **3-2- La consommation énergétique des différents secteurs en Algérie<sup>10</sup>:**

En Algérie, Les hydrocarbures occupent une place très importante dans le développement économique du pays. L'accroissement de la rente pétrolière suite à l'augmentation conjointe des volumes produits et du cours des hydrocarbures, a permis une croissance moyenne du PIB de 4% par an entre 2001 et 2007. Avec des hypothèses de taux de croissance économique de 3%, et un taux de croissance démographique de 1,6 % par an, pour la période 2007-2030, le taux de croissance de la demande énergétique serait compris entre 2,8 % et 4,3 % par an.

Entre 2000 et 2007, la consommation énergétique finale nationale a enregistré un taux de croissance moyen annuel de l'ordre de 6,32%. L'intensité énergétique finale a atteint 6TEP/MDA en 2007 soit 0,411 TEP pour 1000 dollars de PIB et soit deux fois plus que dans les pays de l'OCDE. Ainsi, l'économie nationale consomme deux fois plus pour créer la même unité de valeur ajoutée. Avec une intensité énergétique primaire de 3,82 TEP/MDA (soit 0,27TEP/1000\$). Les émissions de GES dues à la consommation d'énergie finale ont atteint 46 millions de TCO<sub>2</sub>. Les figures 7, 8 et le tableau 2 illustrent la répartition de la consommation finale par secteur et par type d'énergie en Algérie<sup>10</sup>.

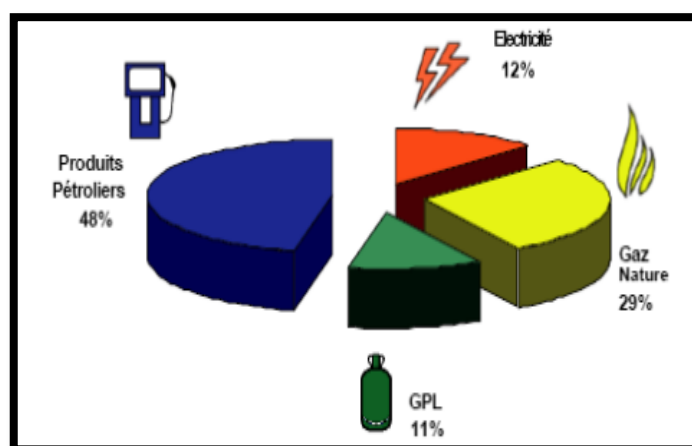
---

<sup>10</sup>-Consommation Énergétique Finale de l'Algérie –Chiffrent clés année 2005et2007 – APRUE –.



**Figure 7 :** Consommation finale par secteur d'activité (APRUE-EDITION 2009)

**Figure 8 :** Répartition de la consommation finale par type d'énergie source :(APRUE- EDITION 2009)



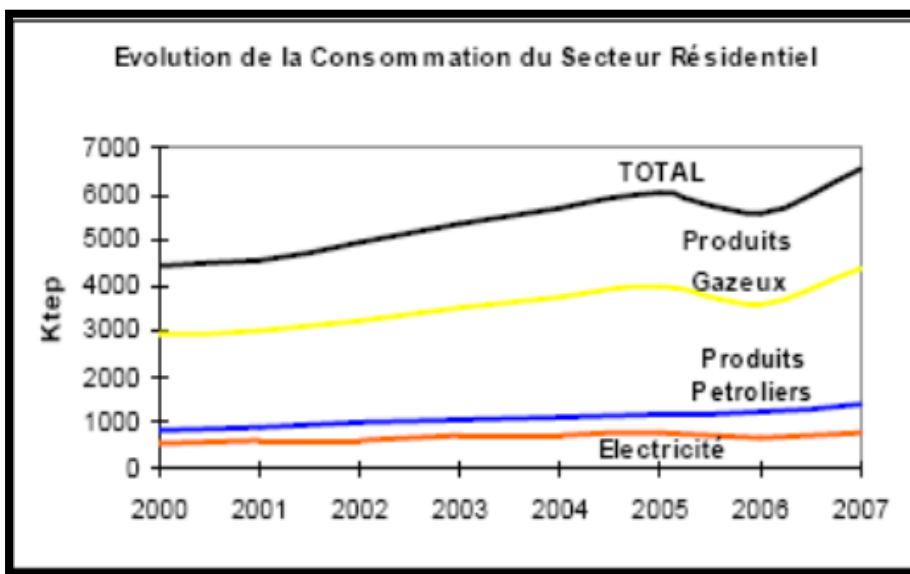
KTEPICI	Solides	Esence	Gazole	Fuel Lourd	Fuel Léger	GPL	GN	Electricité	Total
Industrie + BTP	477	0	669,63	0	0	74,28	2438,0	5580,67	4239,63
Résidentiel	0	0	1421,80	0	20,46	1611,58	2747,7	769,90	6571,45
Tertiaire	0	0	122,94	0	0	55,23	376,04	635,71	1189,91
Transport	0	2530,73	3030,80	595,87	0	379,20	0	2,67	6539,23
Agriculture+ Hydraulique	53,23	0	1052,60	0	0	0	0	345,15	1450,97
<b>Consommation Finale</b>	<b>530,23</b>	<b>2530,73</b>	<b>6297,75</b>	<b>595,87</b>	<b>20,46</b>	<b>2120,28</b>	<b>5561,80</b>	<b>2334,10</b>	<b>19991,20</b>

**Tableau 2 :** Répartition de la consommation finale par Secteur et par type d'énergie  
Source :(APRUE- EDITION 2009)

## 3-2-1-La consommation finale du secteur résidentiel a atteint 6 millions de tep en 2007 :

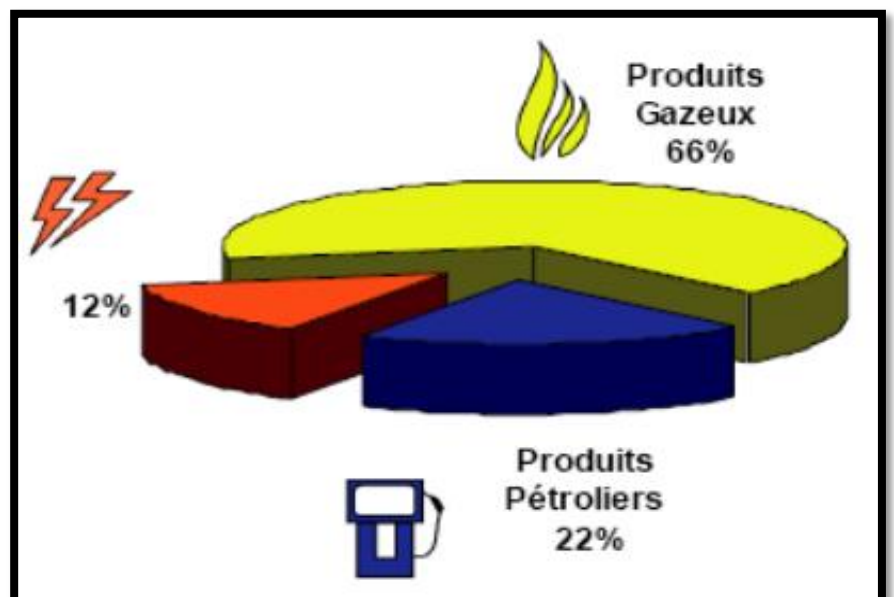
- La consommation énergétique moyenne annuelle d'un logement est de 1,050 tep.

La consommation électrique du secteur résidentiel a atteint 807 Ktep, elle représente 38% de la consommation totale d'électricité. Ainsi, il représente le premier secteur grand consommateur d'énergie électrique au niveau national. (APRUE- Edition 2009)



**Figure 9 :** Evolution de la consommation en énergie dans le secteur résidentiel (APRUE- Edition 2009)

**Figure 10:** Consommation du secteur résidentiel par type d'énergie (APRUE- Edition 2009)

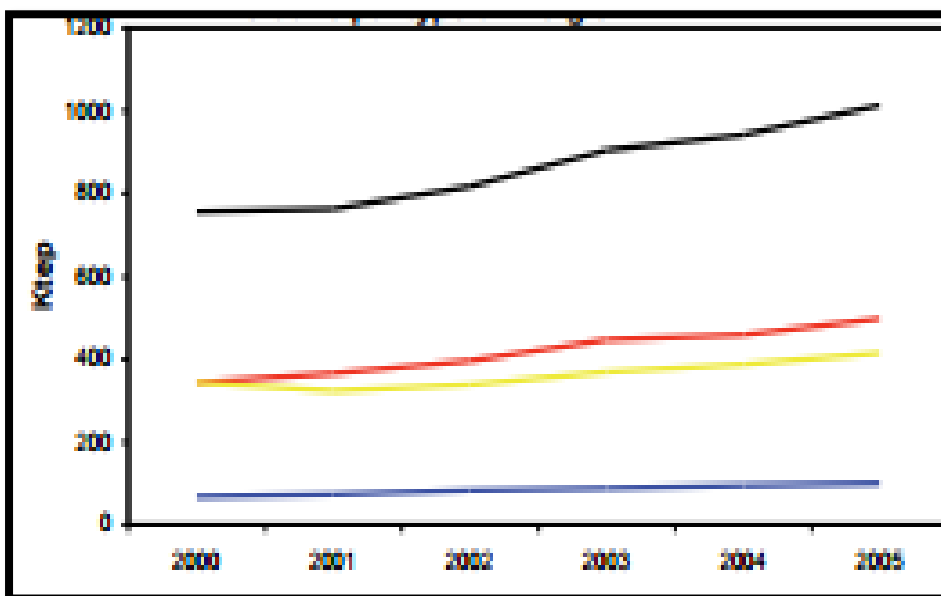


## 3-2-2-La consommation énergétique du secteur tertiaire a atteint 1 million de tep en 2007 ;

Entre 2000 et 2005 la consommation finale du secteur a progressé annuellement de 6%. Ce sont l'électricité et les produits gazeux qui ont contribué à cette évolution avec des parts respectives de 50% et 40%. Une forte demande d'électricité est à prévoir en raison des perspectives de développement de ce secteur. Pour ce qui concerne l'analyse par usages de l'électricité, il est à noter que l'éclairage et le froid totalisent 90%. Le chauffage et la cuisson représentent 60% de la consommation du gaz naturel. (APRUE- Edition 2005)

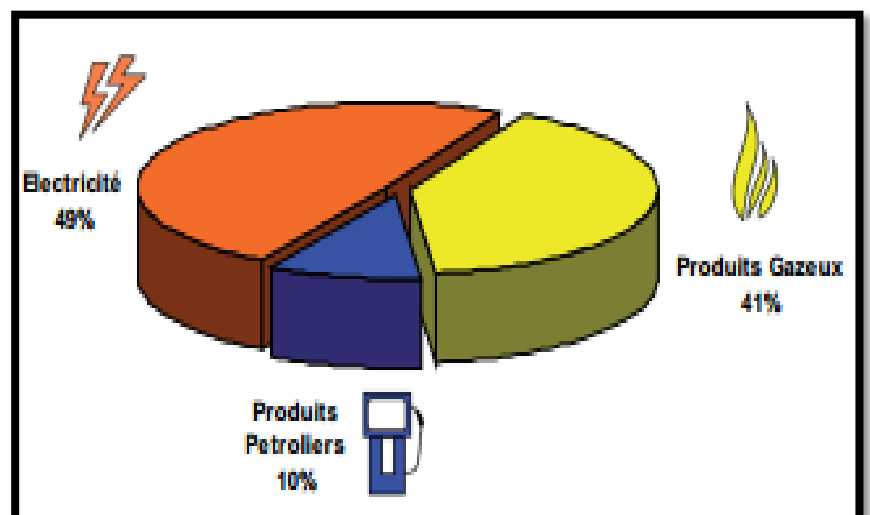
Par branche d'activité, cette consommation se répartie comme suit :

**Commerce : 39%, Administration centrale : 19%, Tourisme : 8%, Santé : 12%, Education : 8% Eclairage public : 5%, Autres : 5%**



**Figure 11 :** Evolution de la consommation en énergie dans le secteur Tertiaire (APRUE- Edition 2005)

**Figure 12:** Consommation du secteur Tertiaire par type d'énergie (APRUE- Edition 2005)



## 4-Les concepts nouveaux de l'architecture :

On constate que le climatiseur et le chauffage consomment une portion non négligeable en matière d'énergie. Cependant devant les besoins sans cesse croissant de la population algérienne pour les années à venir, on doit chercher comment économiser cette énergie et développer d'autres sources d'énergie, dans le but d'assurer un développement durable en harmonie avec l'environnement.

Pour cela on doit adapter le bâtiment au climat et au mode de vie des futurs habitants. ( BELLARA Samira 2005)

En considérant l'architecture dans une recherche d'intelligence, celle-ci doit créer elle-même, par son enveloppe (forme, matériaux, répartition des ouvertures) et ses structures intérieures, un microclimat confortable<sup>6</sup> l'architecture doit être étudiée en fonction du climat. Des concepts nouveaux dans le vocabulaire architectural tel que : « Architecture bioclimatique », « solaire passive », « architecture climatique » ou « les labels » une Conception consciente de l'énergie ont pris en considération les mécanismes du confort et l'économie d'énergie. .( BELLARA Samira 2005)

### 4-1-L'architecture durable :

C'est au Sommet de la Terre, en 1992, que fut consacré le concept de « développement durable ». Il définit les principes d'un développement conciliant l'économique, le social (l'accès aux mêmes ressources pour tous) et l'environnemental (la préservation des ressources).

Appliqué au domaine de la construction, il s'agit de :

- Construire pour durer avec les ressources disponibles, sans léser les générations futures. Notre empreinte écologique doit être la plus légère possible.
- Prendre en compte la notion de coût global. Les matériaux utilisés dans la construction doivent être choisis non seulement pour leurs performances et leur coût.
- À une échelle plus vaste, intégrer tout le cycle de vie d'un bâtiment, depuis l'impact de la fabrication des matériaux jusqu'à leur traitement en fin de vie<sup>11</sup>.

### 4-2-L'éco-construction :

Combinaison des mots « écologie » et « construction », la notion d'éco-construction est née dans les années soixante pour définir des bâtiments qui minimisent leurs besoins, ainsi que leur impact sur le site et sur l'environnement. Ces bâtiments sont intégrés le plus respectueusement possible

<sup>11</sup>-Maison écologique de Louise Ranck p 04

dans leur milieu, et mettent en œuvre des ressources naturelles et locales (matériaux, entreprises, mais aussi soleil, eau, sol, etc.). Ils font appel à des matériaux abondamment et facilement disponibles, renouvelables, et non polluants : pierre, terre, bois, paille, chanvre, etc. L'éco-construction s'inspire en cela de l'architecture vernaculaire et de ses principes de bon sens, de durabilité et d'économie de moyens, améliorée par des apports techniques permettant de tirer profit des énergies renouvelables : solaire passif, électricité solaire, éolienne, géothermie, puits canadien, etc<sup>11</sup>.

## **4-3-L'architecture bioclimatique :**

Une maison bioclimatique vise, par sa conception architecturale, à optimiser les ressources du milieu pour en profiter de façon passive. Cela permet de limiter les équipements techniques « actifs », consommateurs d'énergie primaire : les systèmes de chauffage, de transformation de l'énergie solaire en électricité, etc. Les options architecturales diffèrent en fonction du climat, de la latitude, des savoir-faire locaux, des besoins, voire des cultures. En climat continental, dans l'hémisphère Nord, elles se traduisent généralement par une orientation des vitrages au sud pour profiter des apports solaires directs en vue d'un chauffage passif en hiver, avec en complément des protections solaires l'été. Un bâtiment compact permet de limiter les surfaces de façades et le refroidissement provoqué par les vents dominants, entraînant des déperditions de chaleur. Les pièces de service sont situées au nord pour faire office de tampons thermiques. L'autre aspect de l'architecture « bio »-climatique concerne la prise en compte de critères environnementaux dans le choix des procédés de construction et des matériaux<sup>11</sup>.

## **4-4-Les maisons Basse consommation :**

Le concept de bâtiment basse consommation (BBC) met l'accent sur les économies d'énergie et l'aspect thermique. Selon certains, le plus important est de commencer par améliorer l'enveloppe du bâtiment pour limiter les déperditions thermiques. Cette démarche est depuis peu référencée sous la forme d'un label dénommé « BBC-Effergie », qui atteste d'une consommation de 50 kWh/m<sup>2</sup>/an d'énergie primaire (avec des variantes selon la zone climatique et l'altitude). Elle comprend également un contrôle de l'étanchéité à l'air, qui doit être inférieur à 0,6 m<sup>3</sup> par heure et par mètre carré. D'après l'association Effergie, ces objectifs peuvent être atteints sans difficulté et à des coûts raisonnables avec des techniques et des matériaux actuels éprouvés<sup>11</sup>.



## **4-5-Les maisons passives :**

C'est en Allemagne qu'a été développé le concept de « Passiv Haus ». Comme le label BBC français, il concerne des maisons à très faible consommation d'énergie, dont les performances, fixées par le Passiv haus de Darmstadt, sont une consommation de 15 kWh/m<sup>2</sup>/an pour le chauffage, une consommation en énergie primaire inférieure à 120 kWh/m<sup>2</sup>/an et une excellente étanchéité à l'air. Ces résultats sont rendus possibles par une isolation renforcée et des apports en chauffage passif. Mais la norme Passiv haus et le label suisse Minergie-P (sensiblement équivalent) insistent tous deux sur la sur isolation. Ce label allemand est délivré en France par l'association La Maison passive France. La limite de cette démarche réside dans le coût élevé des grandes épaisseurs d'isolants, des vitrages très performants et des équipements techniques. Il est en outre nécessaire de prévoir un appoint en chauffage pour pallier un manque d'ensoleillement de plusieurs jours<sup>11</sup>.

## **4-6-Les maisons à énergie positive :**

Elles produisent plus d'énergie qu'elles n'en consomment grâce à des équipements de production d'électricité (panneaux solaires, éoliennes, etc.). Le principe généralement appliqué est de revendre l'électricité produite à EDF à un prix avantageux, ce qui permet d'éviter les problèmes de stockage et d'acheter l'électricité du réseau en cas de besoin<sup>11</sup>.

## **4-7-Les maisons autonomes ou maisons zéro-énergie :**

Le principe des maisons autonomes est de produire directement l'énergie nécessaire au chauffage et à l'éclairage, sans dépendre d'un fournisseur extérieur, et de gérer son approvisionnement en eau (récupération de l'eau de pluie, des cours d'eau, etc.), ainsi que son traitement (par lagunage : l'eau est filtrée par les racines des plantes). Cette démarche va de pair avec une réduction de ses besoins et l'utilisation d'équipements peu gourmands en énergie. Elle implique un changement de comportement par rapport aux habitudes actuelles<sup>11</sup>.

## **4-8-La démarche HQE :**

Il s'agit en premier lieu d'une méthode élaborée dans les années quatre-vingt-dix pour que les acteurs du bâtiment intègrent l'environnement à leur démarche dès la phase de conception. Elle est accompagnée d'un référentiel, et depuis peu d'une certification. Les bâtiments doivent prendre en compte 14 cibles d'action, réparties en deux groupes.

---

<sup>11</sup>-Maison écologique de Louise Ranck p 07



# Chapitre I : Problématique Energétique & l'architecture bioclimatique

- Maîtrise des impacts sur l'environnement extérieur : éco-construction (relation des bâtiments avec leur environnement immédiat, choix intégré des produits et des procédés de construction.
- Création d'un environnement intérieur satisfaisant (confort hygrothermique, acoustique, visuel et olfactif), et sain (qualité sanitaire de l'air, de l'eau et des espaces) <sup>11</sup>.

## 4-9-L'éco-rénovation :

En France, parmi les 31 millions de logements, 19,1 millions, soit 61 % du parc, ont été construits avant la réglementation thermique de 1975. Ces logements, non isolés, consomment en moyenne 328 kWh/m<sup>2</sup> /an. L'objectif du Facteur 4 est de rénover ce parc avant 2050, pour qu'il ne consomme plus que 80 à 50 kWh/m<sup>2</sup>/an. Mais avec un taux actuel de renouvellement de 1 % par an, il restera en 2050 entre 30 à 40 % de logements antérieurs à 1975<sup>11</sup>.

LABELS		DEFINITION	INTERET POUR L'HABITANT
Labels spécifiques rénovation	BBC - Effergie rénovation: Bâtiment Basse Consommation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consommation maximale &lt; à <b>80 kWh ep/m2.an</b>, modulable selon la zone climatique</li> <li>• production locale d'électricité (photovoltaïque, micro-éolien...) déduite des consommations qu'à partir de 12 kWh ep/m<sup>2</sup>.an</li> <li>• perméabilité à l'air &lt; 0,8 m3/h.m<sup>2</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aides financières</li> <li>• À l'abris des hausses de prix à venir de l'énergie</li> </ul>
	LRE : Label rénovation énergétique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consommation globale &gt; <b>210 kWh ep/m2.an</b></li> <li>• Gain énergétique &gt; 50 %</li> <li>• Consommation globale de <b>210 à 151 kWh ep/m2.an</b></li> <li>• Consommation globale de <b>150 à 101 kWh ep/m2.an</b></li> <li>• Consommation globale &lt; <b>100 kWh ep/m2.an</b></li> </ul>	
	RT dans l'existant	<ul style="list-style-type: none"> <li>• proche de la rt 2005 pour le neuf</li> </ul>	
Labels non applicables à la rénovation	BBC - Effergie neuf : Bâtiment Basse Consommation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consommation de chauffage, d'ECS, de ventilation et d'éclairage : &lt; <b>50 kWh ep/m2 .an</b> (modulable selon zones climatiques et altitude)</li> <li>• étanchéité à l'air &lt; à <b>0,6 m3/h.m2</b></li> <li>• production locale d'électricité (photovoltaïque, micro-éolien...) déduite des consommations qu'à partir de 12 kWh ep/m<sup>2</sup>.an</li> </ul>	Selon les cas : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aides financières</li> <li>• À l'abri des hausses de prix à venir de l'énergie</li> <li>• Aides financières</li> <li>• À l'abri des hausses de prix à venir de l'énergie</li> <li>• exonération de taxe foncière</li> <li>• prêts à taux 0%</li> <li>• Majoration de 20% du COS de la maison</li> </ul>
	Maison passive	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consommation d'énergie finale de chauffage &lt; <b>15 kWh/m2 par an</b></li> <li>• Consommation d'énergie primaire &lt; <b>120 kWh ep/m2.an</b>, tous usages confondus</li> <li>• étanchéité à l'air de n50&lt;0,6/h</li> </ul>	
	HPE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consommation d'énergie primaire &lt; <b>de 10 %</b> aux bâtiments conventionnels (normes de référence :RT 2005)</li> </ul>	
	THPE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consommation d'énergie primaire &lt; <b>de 20 %</b> aux bâtiments conventionnels (normes de références : RT2005)</li> </ul>	

	HPE EnR	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Exigences du label HPE et réponse à 1 des 2 conditions suivantes :</b></li> <li>– part de la consommation de chauffage par un générateur utilisant la biomasse &gt; 50 %</li> <li>– Système de chauffage relié à un réseau de chaleur alimenté à plus de 60 % par des énergies renouvelables.</li> </ul>	
	THPE EnR	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consommation d'énergie primaire &lt; 30% aux bâtiments conventionnels (norme de référence : RT 2005)</li> <li>• <b>Exigences du label HPE et réponse à 1 des 5 conditions suivantes :</b></li> <li>- Bâtiment équipé de panneaux solaires assurant au moins 50% des consommations d'eau chaude sanitaire et de la consommation de chauffage par un générateur utilisant la biomasse &gt; 50%</li> <li>- Bâtiment équipé de panneaux solaires assurant au moins 50% des consommations de l'eau chaude sanitaire et système de chauffage relié à un réseau de chaleur alimenté à plus de 60% par des énergies renouvelables</li> <li>- Le bâtiment est équipé de panneaux solaires assurant au moins 50% de l'ensemble des consommations de l'eau chaude sanitaire et du chauffage</li> <li>- Le bâtiment est équipé d'un système de production d'énergie électrique utilisant les énergies renouvelables assurant une production annuelle d'électricité de plus de 25kWh/m<sup>2</sup> SHON en énergie primaire</li> <li>- Le bâtiment est équipé d'une pompe à chaleur devant répondre à des caractéristiques minimums de référence.</li> </ul>	

Cref = consommation de référence inscrite dans la Rt, exprimée en kWh, Cep = consommation en énergie primaire du bâtiment, exprimée en kWh

Coefficient de transformation en énergie primaire de l'énergie bois = 0,6

Coefficient de transformation pour le fioul et le gaz : 1kWh d'énergie finale = 1kWh d'énergie primaire

Coefficient de transformation pour l'électricité : 1kWh d'énergie finale = 2,58 kWh d'énergie primaire

### Tableau 3 : les différents labels

Sources: [www.effergie.org](http://www.effergie.org) ; [www.ressourceo.com/label\\_renovation\\_performance\\_energetique\\_ecologique.php](http://www.ressourceo.com/label_renovation_performance_energetique_ecologique.php) ;  
<http://pagesperso-orange.fr/archicaro/accueil%20Mp.htm> ; [www.cerqual.fr/institutionnel\\_cerqual/actualites/nouveau\\_label\\_energetique.pdf](http://www.cerqual.fr/institutionnel_cerqual/actualites/nouveau_label_energetique.pdf)

## **Conclusion :**

« Si l'architecture n'a pas de rêve, le bâtiment n'a pas d'âme. Mais s'il ne respecte pas les contraintes physiques ou s'il ne sait pas interpréter son rêve dans le langage des contraintes physiques, son rêve ne trouvera pas de matérialisation »<sup>12</sup>

L'art de bâtir en prenant en compte l'influence des facteurs climatiques n'est pas une invention du 20<sup>ème</sup> siècle. L'architecture bioclimatique se distingue de l'architecture conventionnelle par le fait que l'exploitation de l'énergie solaire est intégrée dans la conception du bâtiment, cette conception permet de diminuer considérablement les besoins de chauffage et de climatisation. Cependant pour minimiser ces dépenses énormes en matière de consommation énergétiques, (Chauffage, climatisation) on doit adapter les construction aux éléments du climat.( BELLARA Samira 2005)



# Chapitre II

Climat et confort

### **Introduction :**

Selon les derniers recensements, plus de 1/2 de la population mondiale vit désormais en ville, les agglomérations couvrent 2 % de la surface de la planète, concentrant 80 % des émissions de CO<sub>2</sub> et consommant 75 % de l'énergie mondiale<sup>1</sup>.

Le thème principal de la présente recherche s'articule autour de la relation entre le climat, l'architecture et l'homme. Cependant le maintien de l'équilibre thermique entre le corps humain et son environnement est l'une des principales exigences pour la santé, le bien-être et le confort<sup>2</sup>.

Le climat est une condition de vie, l'interaction entre le climat et l'homme nécessite un équilibre avec l'environnement, qui dépend de la conjugaison de plusieurs facteurs, qui vont être traité pour pouvoir comprendre toutes les caractéristiques d'une ambiance confortable.

Le discours mondial sur l'architecture durable et le design urbain s'unifie autour d'un facteur primordial à leur réussite, qui est le climat. Les ateliers et laboratoires de recherche, congrès et conférences et toutes sortes d'organismes engagés pour cette recherche visent à intégrer les différents contextes du climat depuis l'échelle de la ville jusqu'à celle des matériaux et composants. Pour autant que possible diminuer la responsabilité écrasante de la construction dans le réchauffement global.

### **1- Le climat :**

#### **1-1-Définition :**

1<sup>er</sup>/ « Le mot climat vient du grec klima, qui fait référence à l'inclinaison des rayons solaires par rapport à la surface de la terre »<sup>3</sup>.

2<sup>ème</sup>/ « Combinaison des états de l'atmosphère (température, vent) en un lieu donné et sur une période définie (mois, année, millénaire) »<sup>4</sup>.

3<sup>ème</sup>/ « le climat d'une région donnée est déterminé par des régimes de variations de plusieurs éléments et par leurs combinaisons. Les principaux éléments climatiques à considérer, lors de la conception des bâtiments, sont le rayonnement solaire, le rayonnement de grande longueur d'onde du ciel, la température d'air, l'humidité, le vent et les précipitations »<sup>5</sup>. Le climat : comme phénomène physique, est le résultat d'un grand nombre d'éléments qui se combine entre eux.

---

<sup>1</sup>-(Tregouët, R., 2005).

<sup>2</sup>-(GIVONI, 1978)

<sup>3</sup>-Microsoft Encarta 2009

<sup>4</sup>-Chémery Laure, Petit atlas des climats, 2006, p : 121

<sup>5</sup>- GIVONI Baruch, L'homme, l'architecture et le climat. Editions du Moniteur; Paris, 1978, p : 21

A cet effet, il est reconnu qu'une bonne connaissance des phénomènes climatologiques, ses variables, ainsi que leur utilisation de manière judicieuse, pourraient être d'un grand apport aux conditions de confort en générale, et particulièrement le confort des espaces intérieurs.

### 1-2-les différents types de climat :

La terre connaît cinq grands types de climats classés selon la température et l'humidité : climat tropical, climat sec, climat tempéré chaud, climat tempéré froid et climat froid<sup>3</sup>

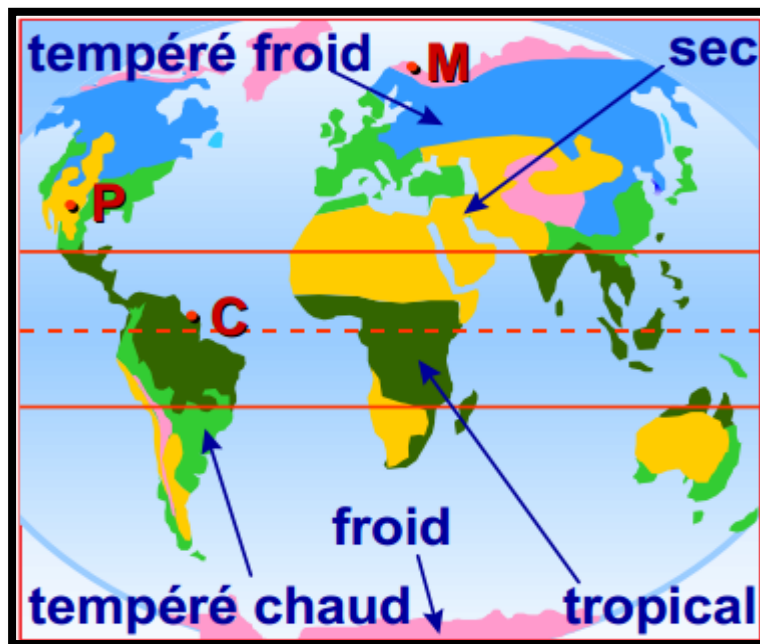


Figure 1: Distribution des climats tropicaux, secs, tempérés et froids.

Source : ALAIN LIEBARD & ANDRE DE HERDE, 2005.

#### 1-2-1-Les climats tropicaux :

(Climats de forêt humide, de mousson, ou de savane) se rencontrent entre les latitudes 15°N et 15°S . Ils sont caractérisés par une faible fluctuation saisonnière. La température de l'air varie entre 27 et 32 °C le jour et entre 21 et 27 °C la nuit. L'humidité relative tourne autour de 75 % toute l'année.

Le rayonnement solaire est important, même s'il est partiellement atténué par la couverture nuageuse ; le vent est faible ; les précipitations sont importantes<sup>3</sup> .

#### 1-2-2-Les climats de mousson:

Se rencontrent autour des tropiques du Cancer et du Capricorne. Ils sont caractérisés par une longue saison chaude et sèche et une courte saison chaude et humide. La température de l'air varie

---

<sup>3</sup> – ALAIN LIEBARD & ANDRE DE HERDE, 2005.,p.10a.

entre 32 et 43 °C le jour et entre 21 et 27 °C la nuit, en période sèche. En saison humide, la température de l'air varie entre 27 et 32 °C le jour et entre 24 et 27 °C la nuit. Le différentiel de température jour / nuit est alors très réduit. L'humidité relative pendant le jour est faible (20 à 55%), mais augmente considérablement en saison humide (55 à 95 %).

Le rayonnement solaire est intense ; les vents sont forts et continus essentiellement pendant la mousson ; les précipitations peuvent atteindre 200 à 250 mm pour le mois le plus pluvieux<sup>3</sup>.

### 1-2-3-Les climats secs :

(Climats des steppes ou désertiques) se rencontrent entre les latitudes 15° et 30° N et S . Ils sont caractérisés par une saison chaude et une saison froide.

La température de l'air varie entre 43 et 49 °C le jour et entre 24 et 30 °C la nuit. En saison froide, la température de l'air varie entre 27 et 32 °C le jour et entre 10 et 18 °C la nuit. Le différentiel de température entre le jour et la nuit est important ; l'humidité relative est faible (10 à 55 %) et le rayonnement solaire est intense ; les vents sont souvent chauds et localisés, porteurs de sable et de poussières ; les précipitations sont très faibles (50 à 155 mm/an)<sup>3</sup>.

### 1-2-4-Les climats froids :

(Climats de toundra ou d'altitude et climat polaire) se rencontrent en Amérique du Nord et en Asie. Ce climat continental connaît un été très bref et humide et un hiver long et faiblement enneigé (continent nord-américain) ou très sec et très froid (nord-est asiatique). Les climats polaires se rencontrent au-delà du cercle polaire<sup>3</sup>.

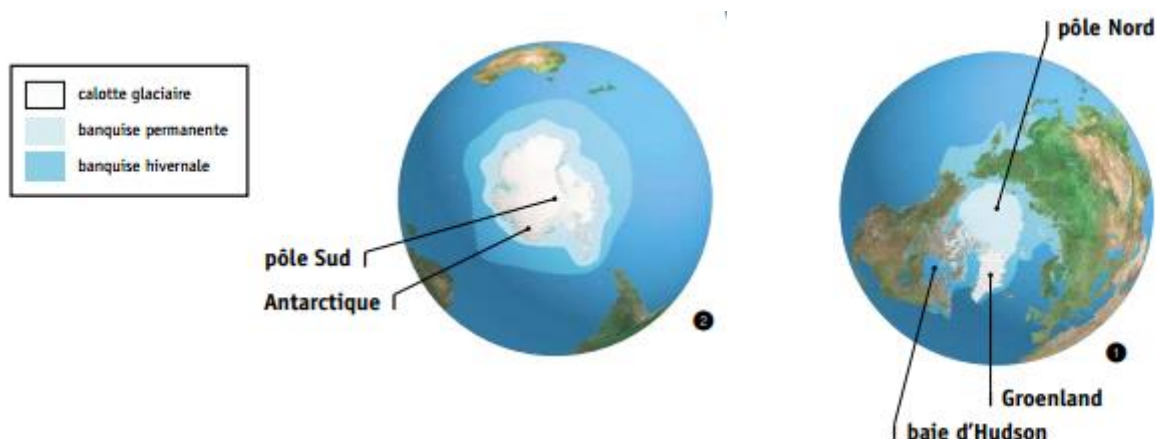


Figure 2: représente les climats froids.

Source : Jacques Fortin 2007.



### 1-2-5-Les climats tempérés :

Sont explicités dans le cadre des climats européens dans lequel on distingue les zones:

- nordique maritime,
- tempérée,
- continentale,
- méditerranéenne<sup>3</sup>.

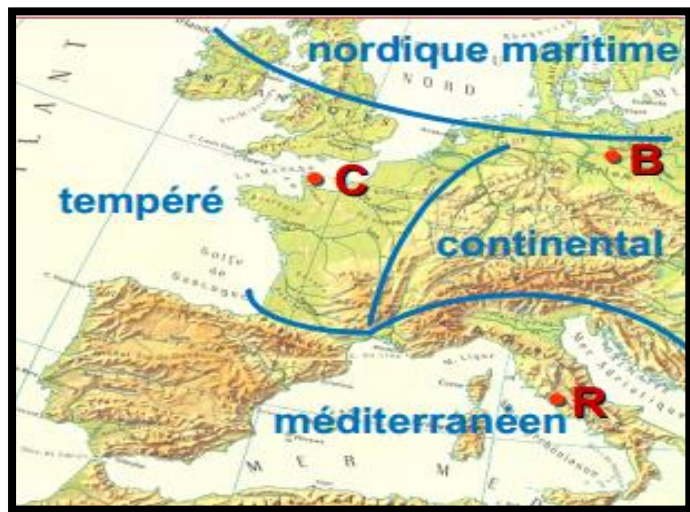


Figure 3 : Répartition des 4 familles climatiques européennes.

Source : ALAIN LIEBARD & ANDRE DE HERDE, 2005.

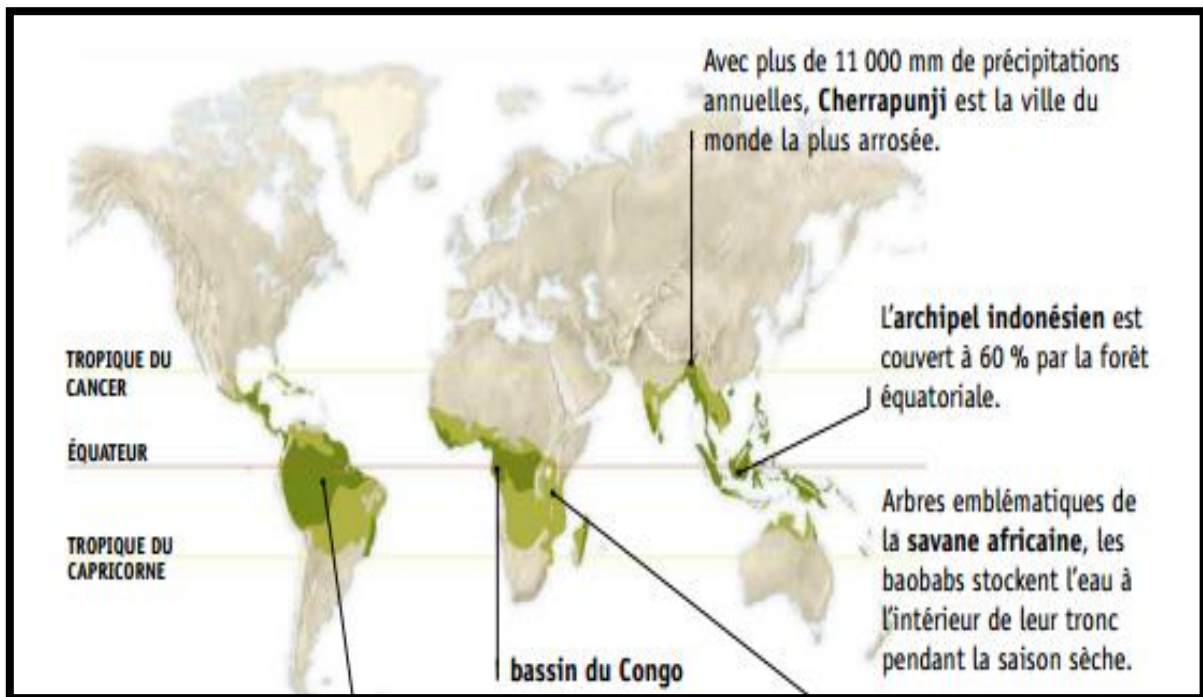


Figure 4: représente les climats tropicaux.

Source : Jacques Fortin 2007.

<sup>3</sup> – ALAIN LIEBARD & ANDRE DE HERDE, 2005,p.11a.11b



### 1-3-Eléments du climat :

On peut distinguer un ensemble d'éléments, et de facteurs climatiques rapportés en catégorie (REMADE ,1993)<sup>4</sup>:

- Facteurs énergétiques : rayonnement, lumière, et température
- Facteur hydrologique : précipitations, et hygrométrie.
- Facteurs mécaniques : vents, et enneigements. Le climat d'une région donnée est déterminé par les régimes de variations de plusieurs éléments et par leurs combinaisons.

Les principaux éléments climatiques à considérer dans la conception urbaine en générale et lors de la conception d'un bâtiment en particulier, et qui influent sur le confort humain sont :

- Le soleil (radiations)
- La température
- L'humidité
- Le vent
- Les précipitations (pluies, neiges.)<sup>5</sup>

Etant donné que les conditions climatiques peuvent varier d'une journée à une autre ou d'une année à une autre ; il est nécessaire de tenir compte des variations à partir de ces moyennes pour une vision plus claire et plus réaliste.

#### 1-3-1-Les facteurs énergétiques :

##### 1-3-1-1-Le rayonnement solaire :

Est une radiation électromagnétique émise par le soleil exprimée en Wh/m<sup>2</sup>. La quantité du rayonnement disponible sur le sol dans un lieu donné dépend de :

- L'altitude du lieu
- La saison et de l'heure de la journée.
- La qualité du ciel (ciel clair, semi couvert ou bien couvert).
- La pureté de l'air, le bioxyde de carbone et de la vapeur d'eau.
- Le vent

Le rayonnement reçu au sol se décompose en : rayonnement direct, diffus et réfléchi.

-Rayonnement direct : Ce sont des rayons parallèles, qui viennent directement du soleil, plus au moins atténués (par absorption ou par diffusion).

-Rayonnement diffus : ce rayonnement provient de manière non isotrope, de toutes les directions

---

<sup>4</sup> -REMADE, 1993 In BELKACEM SEGUIROU. Effet d'un groupement sur l'écoulement de l'air et le confort des piétons dans les espaces extérieurs- mémoire de magistère Université de Biskra 2003.

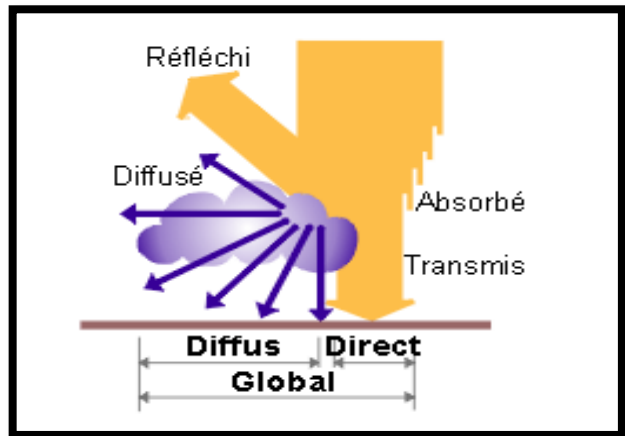
<sup>5</sup> -GIVONI.B L'Homme, L'Architecture et le Climat édition : Le Moniteur, paris 1978 p.21

de l'espace. Une partie du rayonnement diffusée est renvoyée vers l'espace, le reste est transmis jusqu'au sol.

-Rayonnement réfléchi : ou albédo qui provient de la réflexion du rayonnement (direct+diffus) sur l'environnement. (<http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16759>(2015)).

**Figure 5:** Composantes du rayonnement solaire global G.

Source : <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16759>(2015).



### 1-3-1-2-Lumière :

Le soleil source de toute énergie lumineuse et thermique, nous approvisionne en éclairage naturel et en chaleur. La lumière naturelle présente un spectre visible (rayonnement dont la longueur d'onde est comprise entre 380 et 760 nanomètres) de forme continue.

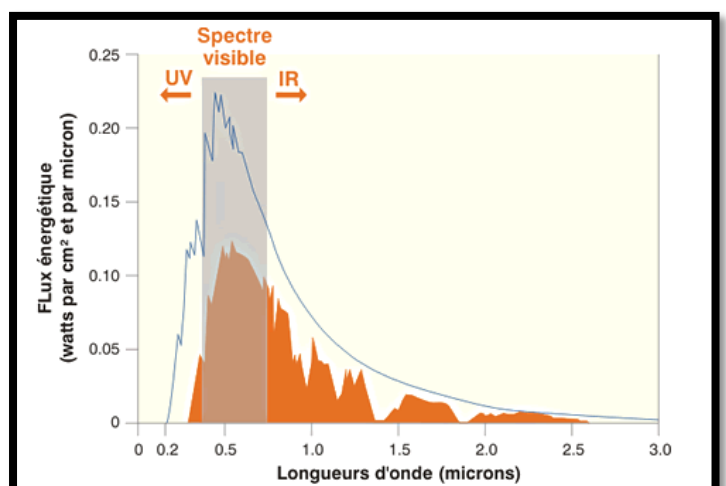
Il y a deux sources lumineuses : directe et indirecte.

La première englobe : l'ensoleillement direct et la lumière qui provient directement du ciel (lumière du ciel).

La deuxième comprend : toutes les composantes réfléchies par des surfaces illuminées par des sources primaires ou des sources secondaires. (<http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16759>(2015)).

**Figure 6:** Le spectre solaire

Source : <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16759>(2015).



### 1-3-1-3-La température de l'air :

C'est une grandeur physique qui indique le taux d'échauffement et de refroidissement de la surface de la terre<sup>6</sup>. Elle est mesurable à l'aide d'un thermomètre, et qui dépend de :

l'ensoleillement, le vent, l'altitude et la nature de sol (les surfaces continentales et maritimes ne se comportent pas de la même manière ; sous les mêmes conditions de rayonnement solaire, les masses d'eau chauffent plus lentement que les masses de la terre).

Les stations météorologiques effectuent des relevés horaires des températures de l'air, sous abri à 1,5 mètre du sol, pour définir la courbe d'évolution journalière des températures en un lieu.

### 1-3-2-Les facteurs hydrologiques :

#### 1-3-2-1-Humidité Relative :

Indique une évaluation directe du pouvoir évaporant de l'air. Elle est l'expression en pourcentage du degré hygrométrique ce qui représente le rapport entre la quantité de vapeur d'eau dans l'air que l'air peut contenir pour la même température. (GIVONI, 1978).

Elle dépend des précipitations, de la végétation et du type de sol, du régime des vents et de l'ensoleillement, qui peuvent favoriser son assèchement.

#### 1-3-2-2-Les précipitations :

Les précipitations sont produites par le phénomène de condensation de l'air dans les couches supérieures de l'atmosphère, sous forme de nuages contenant des gouttelettes d'eau, l'air s'élevant de plus en plus haut, le poids des gouttelettes augmente, provoquant ainsi la chute de pluies ou de neige. (GIVONI, 1978)

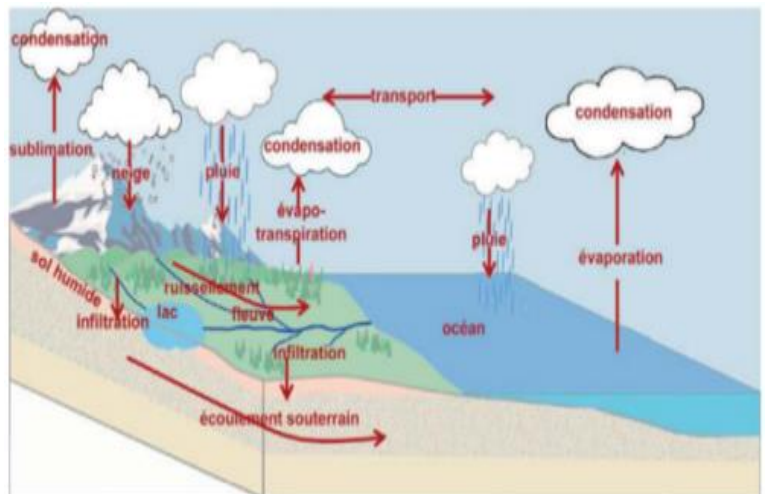


Figure 7: Bilan du cycle de l'eau.

Source : Jean Poitou, Pascale Braconnot et Valérie Masson-Delmotte(2014)

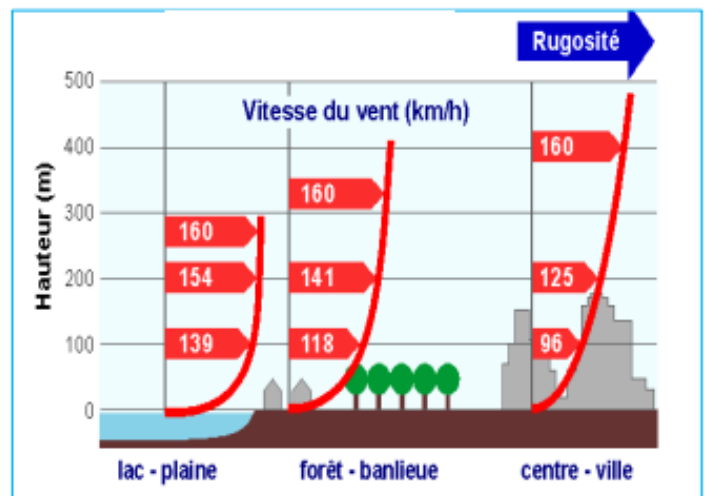
### 1-3-3-Les facteurs mécaniques :

#### 1-3-3-1-Les vents :

Le vent est un déplacement d'air, essentiellement horizontal, d'une zone de haute pression (masse d'air froid) vers une zone de basse pression (masse d'air chaud). Il se caractérise par trois paramètres : sa vitesse, sa direction et sa fréquence. Ces derniers sont représentés sur un même diagramme qui s'appelle "rose des vents".

Figure 8: Variations de la vitesse du vent, selon l'altitude et la nature du sol.

Source : Mazari Mohammed (2012).



### 2-Le confort :

Le confort est l'ambiance qui évite au corps de réagir aux conditions extérieures et d'économiser de l'énergie de son métabolisme. La base de la sensation de confort est simplement le manque de sensation de malaise <sup>7</sup>.

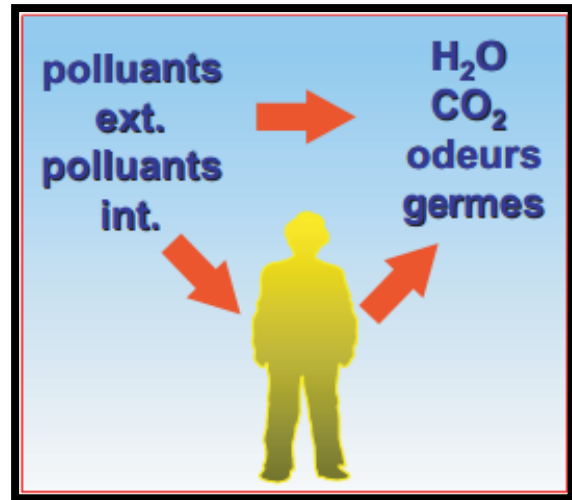
#### 2.1. Le confort respiratoire :

La bonne qualité d'air intérieur traduite par la ventilation est importante pour les processus métaboliques et pour l'hygiène de chacun. La ventilation et la réduction des pollutions à la source sont les garantes d'une meilleure respiration et d'une meilleure santé <sup>8</sup>.

<sup>7</sup> - mémoire de magistère de Mme Bellara Samira, intitulé (Impact de l'orientation sur le confort thermique intérieur dans l'habitation collective. Cas de la nouvelle ville Ali Mendjeli Constantine) p 31,34

**Figure 9** : Les divers paramètres intervenant dans la qualité de l'air.

Source : ALAIN LIEBARD & ANDRE DE HERDE, 2005.

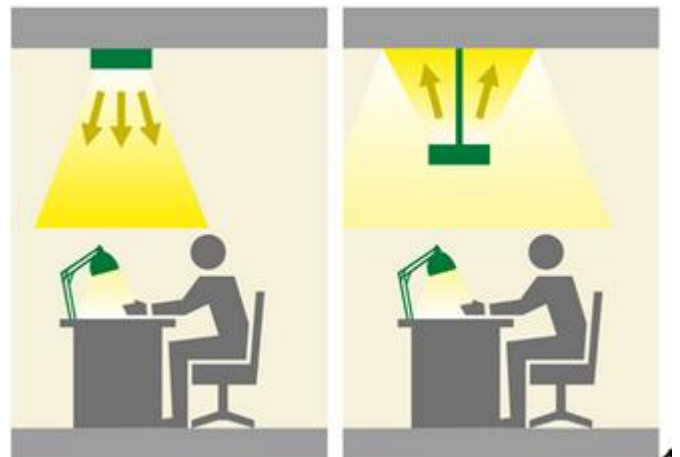


### 2.2. Le confort visuel :

Un bon éclairage doit garantir à l'habitant qu'il puisse exercer ses activités le plus efficacement possible, en assurant son bien-être et en lui apportant un certain agrément visuel. L'environnement visuel doit permettre de voir les objets nettement et sans fatigue dans une ambiance colorée agréable<sup>8</sup>.

**Figure 10** : Le niveau d'éclairage de référence est adapté à l'activité prévue.

Source : [http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16759\(2015\)](http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16759(2015)).



### 2.3. Le confort acoustique:

Le confort acoustique peut être défini comme la sensation de gêne assurée par l'environnement sonore d'un individu ou d'un groupe d'individus, dont les éléments sont : l'intensité des sons, la propagation et les temps de réverbération, la durée, la nature et le contexte (notion d'acceptabilité sociale des bruits)<sup>8</sup>.

### 2-4-Le confort Thermique :

-Le confort thermique peut être défini comme étant « l'état d'esprit qui exprime la satisfaction vis-à-vis de l'environnement thermique » (A.S. H.R.A.E).

<sup>8</sup> - ALAIN LIEBARD & ANDRE DE HERDE, 2005p51a

-Le confort thermique est le bilan équilibré entre les échanges thermiques du corps humain et de l'ambiance environnante [B. GIVONI 1978, M. EVANS 1980, S. SZOCOLAY 1980]

-D'après la norme (ISO 7730), « il y a situation de confort thermique si deux conditions sont satisfaites : Le bilan thermique de l'individu est équilibré sans que ses mécanismes autorégulateurs ne soient pas trop sollicités ».

### 2-4-1-Echange de chaleur entre corps humain et ambiance environnementale :

Les différents échanges thermiques sont les transferts de chaleur sensible (échange radiatif et convectifs) ainsi que les pertes par respiration, diffusion et par sudation .Les échanges entre la surface du corps et des vêtements et l'ambiance se font suivant quatre modes principaux :

#### 1. Echanges de chaleur par convection avec l'air,

dépend de la température de la peau du corps, température de l'air et la vitesse de l'air, pour cela le corps perd ou gagne de la chaleur selon les différences de températures entre l'air et la peau.



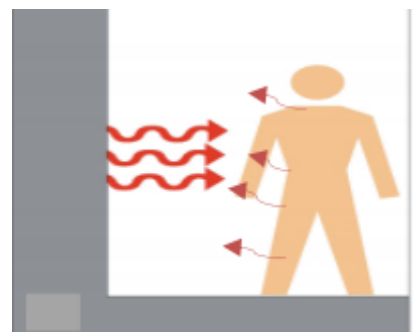
#### 2. Echanges par conduction qui se produit entre le corps

humain et les objets en son contact direct et qui dépend de la différence de température entre eux.



#### 3. Echanges par rayonnement avec l'environnement [les

parois, le soleil ...] qui dépend de la différence de température entre la peau et l'objet environnant. L'échange augmente avec l'augmentation de la surface du corps exposé.

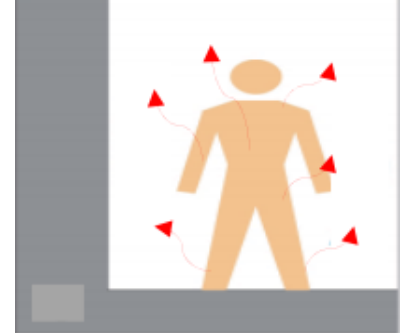


**4. Evaporation** : l'évaporation est le moyen le plus efficace pour éliminer la chaleur produite par le corps humain. Elle existe sous plusieurs formes : -Au niveau des voies respiratoires : dans

les conditions courantes d'activité légère ou de repos, les pertes de vapeur d'eau par les poumons sont environ de 11,5 W (correspond à 360 g d'eau/jour). ces pertes augmentent au cours d'exercices musculaires. -Au niveau de la peau : les échanges se font à deux manières :

-Diffusion de l'eau des couches superficielles de la peau (perspiration insensible) vers l'extérieur (en générale faible sauf au cours d'exercices musculaires).

-Sudation : l'extraction naturelle de l'eau s'effectue à partir des glandes sudoripares. En générale, La quantité de sueur évaporée est liée aux conditions de l'ambiance entourée par l'homme (l'humidité relative, température et la vitesse de l'air) <sup>9</sup>.



### 2-4-2-Les paramètres du confort thermique :

Il existe plusieurs facteurs variables qui interviennent dans la notion de confort. Il y a qui sont relatifs à l'individu et ceux qui sont relatifs à l'ambiance climatique environnementale :

#### 2-4-2-1-Les facteurs climatiques environnementaux :

##### 2-4-2-1-1-La température de l'air( $T_a$ ) :

Est le facteur le plus influent sur le confort humain d'après « recommandation architecturale » [1993] <sup>10</sup> une température de l'air allant de 22°C à 27°C est acceptable.

La température de l'air contrôle directement les échanges par convection qui est l'un des termes principaux du bilan thermique. La température de l'air dans un local n'est pas uniforme, des différences de températures d'air se présentent également en plan à proximité des surfaces froides et des corps de chauffe <sup>10</sup>.

##### 2-4-2-1-2-L'humidité relative de l'air (HR) :

L'humidité relative par définition est : « le rapport exprimé en pourcentage entre la quantité d'eau contenue dans l'air à la température ambiante et la quantité maximale qu'il peut contenir à cette température » (ALAIN LIEBARD & ANDRE DE HERDE, 2005p.27b).

---

<sup>9</sup> - mémoire de magistère de Melle BOULFANI WARD. Intitulée(LES AMBIANCES THERMIQUES D'ETE DANS L'HABITAT DE LA PERIODE COLONIALE A PATIO -Cas d'étude : maisons à patio (Jijel)-) p47

<sup>10</sup> - mémoire de magistère de Mme Bellara Samira, intitulé (Impact de l'orientation sur le confort thermique intérieur dans l'habitation collective. Cas de la nouvelle ville Ali Mendjeli Constantine) p 36

### 2-4-2-1-3-La vitesse de l'air :

La vitesse de l'air influence les échanges de chaleur par convection. Dans l'habitat, les vitesses de l'air ne dépassent généralement pas 0,2 m/s. Plus le mouvement de l'air est important plus le l'échange de chaleur par convection avec l'air ambiant est accéléré.

### 2-4-2-1-4-Le rayonnement :

Le rayonnement influence le confort thermique, dépend de la position du corps par rapport au soleil, la tenue vestimentaire et l'albédo des objets environnante et la vitesse du vent.

(GIVONI, 1978) a estimé à partir des expériences que la quantité de rayonnement direct tombant sur un homme à demi nu dans une position debout est d'environ 70% de celle tombant sur un sujet assis le dos tourné au soleil.

### 2-4-2-2-Les Variables dépendant du sujet :

- Les activités de l'individu
- Le vêtement

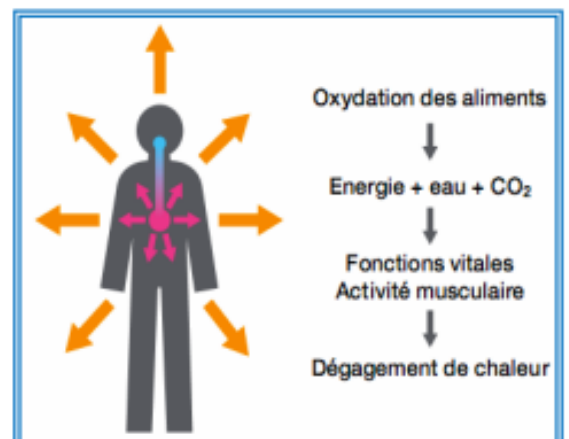
### 2-4-2-3- Les facteurs subjectifs :

L'individu peut contrôler les échanges thermiques qui se produisent par le choix de la tenue vestimentaire et il y a d'autres facteurs non qualifiables qui varie d'un individu à un autre [acclimatation, l'âge, le sexe les conditions de santé, l'activité....] (B.GIVONI- 1978, S.SZOKOLAY- 1980).

La sensation du confort thermique dépend d'après (Alain Liébard et André De Herde, 2005.) :

- Le métabolisme représentant la production de chaleur interne du corps humain nécessaire pour le maintenir à une température constante de 36.7°C, soit environ 80w au repos.

**Figure11:** le métabolisme humain  
Source : Mazari Mohammed (2012).





## Chapitre II : Climat et confort

- L'habillement représentant la résistance thermique aux échanges de chaleur qui ont lieu entre la surface de la peau et l'ambiance.
- La température de surface du corps ou température de la peau variant en fonction du métabolisme et de l'habillement
- La température ambiante concernant les échanges par convection avec l'air ambiant.
- La température moyenne de surface des parois concernant les échanges par rayonnement avec les parois, proportionnellement à leurs superficies.

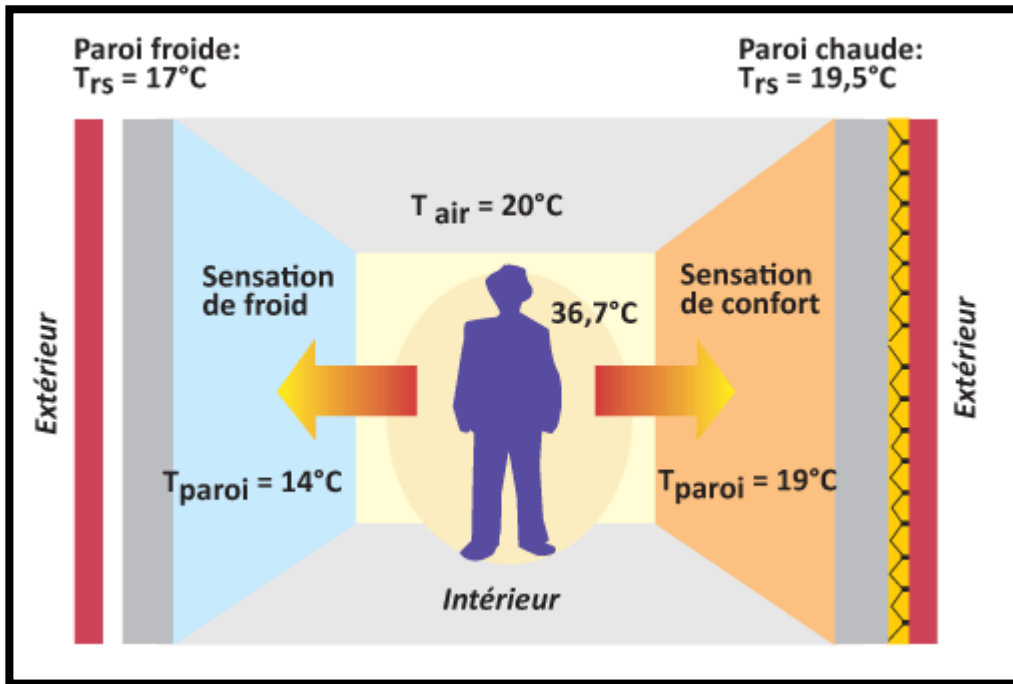
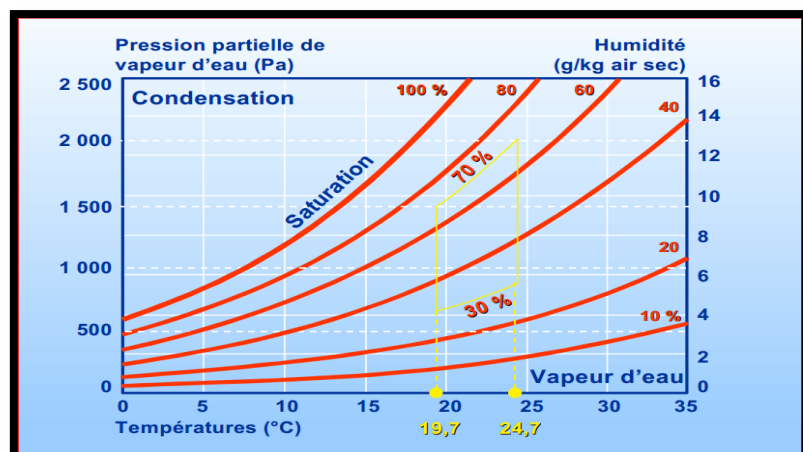


Figure12: Températures de confort pour différentes activités (d'après O. Fanger).

Source : Belblock (site d'internet) (2016).

- L'humidité relative concernant les échanges thermiques par évaporation à la surface de la peau.

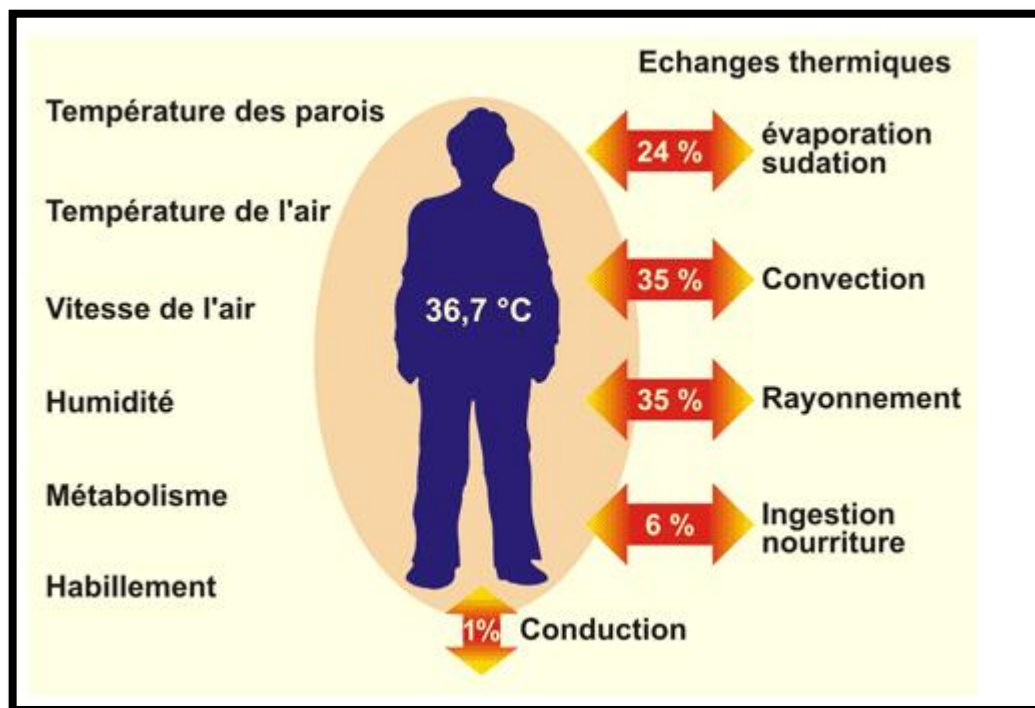
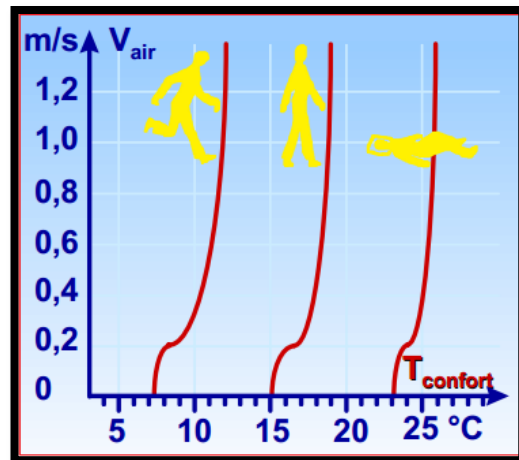
Figure13: Plage de confort pour une activité de bureau.  
Source : ALAIN LIEBARD & ANDRE DE HERDE, 2005.



- La vitesse de l'air influençant les échanges thermiques par convection et par transpiration.

. **Figure14:** Températures de confort pour différentes vitesses relatives de l'air et un habillement moyen, d'après O. Fanger.

Source : ALAIN LIEBARD & ANDRE DE HERDE, 2005.



**Figure15:** Les pertes thermiques du corps humain dépendent de 6 paramètres physiques.

Source : Belblock (site d'internet) (2016).

### 2-4-3-L'impact des ouvertures sur le confort thermique :

-Dans l'étude expérimentale qui a été faite par Salem ben abd el Aziz el soudais dans un climat chaud et sec (Riyadh) il a conclu que :

### **2-4-3-1- le comportement thermique des chambres avec des ouvertures de simple vitrage :**

Lorsque la température maximale de l'extérieur est de 44°C, la température intérieure des chambres expérimentales orientées Sud est égale (52°C à 64°C) avec un intervalle de (8°C à 20°C). Bien que la température intérieure des chambres orientées Ouest soit égale (60°C à 81°C) avec un intervalle (16°C à 27°C) par rapport la température extérieure. Donc on constate que l'orientation Sud est mieux que l'orientation Ouest.

- Lorsque la température minimale de l'extérieur est de 30,5°C, la température intérieure des chambres expérimentales orientées Sud est égale (23°C à 28°C) avec un intervalle de (2,5°C à 7,5°C). Bien que la température intérieure des chambres orientées Ouest soit égale (21°C à 27°C) avec un intervalle (1°C à 7°C) lorsque la température minimale de l'extérieur est de 28°C par rapport la température extérieure. Donc on conclut que le comportement thermique des chambres avec des ouvertures de simple vitrage est le même durant la nuit.

### **A- le comportement thermique des chambres avec des ouvertures de ratio varié (100%, 75%, 50%) :**

La différence entre la température maximale et la température minimale est égale (19°C à 19,3°C) lorsque la chambre est orientée Ouest, Sauf la chambre de 25% qui a une différence de 12,5°C. Bien que la différence entre la température maximale et la température minimale est égale (18°C à 24°C) lorsque la chambre est orientée Sud, Sauf la chambre de 25% qui a une différence de 9°C. Donc on constat que l'orientation Sud a un impact positif sur la réduction de la température.

### **2-4-3-2- le comportement thermique des chambres avec des ouvertures de double vitrage :**

-Lorsque la température maximale de l'extérieur est de 44,5°C, la température intérieure des chambres expérimentales orientées Sud est égale (53°C à 59°C) avec un intervalle de (7,5°C à 14,5°C). Bien que la température intérieure des chambres orientées Ouest soit égale (51,5°C à 57°C) avec un intervalle de (9°C à 14,5°C) par rapport la température extérieure (presque 43°C). Donc on constate que le comportement thermique est presque le même dans les deux orientations.

- Lorsque la température minimale de l'extérieur est de 30,5°C, la température intérieure des chambres expérimentales orientées Sud est égale (24°C à 27°C) avec un intervalle de (3,5°C à 6,5°C). Bien que la température intérieure des chambres orientées Ouest soit égale (23°C à 25,5°C) avec un intervalle (1,5°C à 4°C) par rapport la température extérieure (27°C). Donc on constat que

l'orientation Sud est mieux que l'orientation Ouest. Donc on conclut que le comportement thermique des chambres orientées Sud et Ouest est le même durant la nuit.

### **2-4-3-3- le comportement thermique des chambres avec des ouvertures de triple vitrage :**

-Lorsque la température maximale de l'extérieur est de 42°C, la température intérieure des chambres expérimentales orientées Sud est égale (50°C à 56°C) avec un intervalle de (8°C à 14°C). Bien que la température intérieure des chambres orientées Ouest soit égale (47°C à 55°C) avec un intervalle de (5°C à 13°C) par rapport la température extérieure (42°C). Au-delà on constate que le triple vitrage a un impact positif sur la réduction de la température intérieure concernant la façade Ouest.

- Lorsque la température minimale de l'extérieur est de 29°C, la température intérieure des chambres expérimentales orientées Sud est égale (24°C à 27°C) avec un intervalle de (2°C à 5°C). Bien que la température intérieure des chambres orientées Ouest soit égale (23°C à 25°C) avec un intervalle (1°C à 3°C) lorsque la température minimale de l'extérieur est de 26°C. Donc on constate que l'orientation Sud est mieux que l'orientation Ouest. Donc on constate que le comportement thermique des chambres orientées Sud et Ouest est le même durant la nuit avec une priorité à l'orientation Ouest.

### **2-4-3-4- le comportement thermique des chambres selon le ratio(WWR) :**

- Lorsque on a un ratio de 25% avec une ouverture de simple vitrage orientée Sud on obtient un comportement thermique similaire à une ouverture de 50% orientée Sud.

- Lorsque on a une ouverture de 100% de la façade Ouest de simple vitrage on obtient un comportement thermique similaire à une ouverture de 50% et 75% orientée Ouest.

- Lorsque on a une ouverture de double vitrage ou triple vitrage orientée Sud ou Ouest avec un ratio de 100% on obtient un comportement thermique similaire à une ouverture de 75% orientée Ouest ou Sud.

- Lorsque on a un ratio de 25% avec une ouverture de simple vitrage orientée Sud on obtient un comportement thermique similaire à une ouverture de double ou triple vitrage de même ratio et de même orientée Sud.

- Lorsque on a une ouverture de 25% de ratio orientée Ouest on obtient un comportement thermique optimal si nous avons utilisé le triple vitrage.

- Lorsque on a une ouverture de double vitrage et 50% de ratio orientée Sud on obtient le même comportement thermique avec une ouverture de 50% orientée Sud et caractérisée par un triple vitrage.

## Chapitre II : Climat et confort

---

- Lorsque on a une ouverture de 50% de la façade Ouest on obtient un comportement thermique optimal si on utilise le triple vitrage.

- le comportement thermique de deux chambres qui ont 25% et 50% de ratio orientée Ouest est presque le même lors de l'utilisation de double et triple vitrage.

-l'étude montre que plus qu'on a une surface vitrée réduite plus qu'on va améliorer le confort thermique spécialement la façade Ouest.

- Etude 02 : était faite par A. Mokhtari, K. Brahimi et R. Benzada sur l'architecture et le confort thermique dans les zones arides (ville de Béchar) ils ont conclu que :

-L'amélioration de la performance thermique peut se faire par la suppression des parois simples, et l'utilisation de matériau de bonne isolation thermique comme la brique rouge, l'usage d'isolants et l'augmentation du débit de ventilation pour mieux refroidir la structure en été.

Bien qu'il y ait des principes de base, chaque bâtiment est un cas particulier et doit être étudié en fonction de l'emploi auquel il est destiné (bureaux, écoles, habitat..). On retiendra tout de même que sans protection du soleil, le choix de l'orientation d'un bâtiment a un faible impact énergétique, car la consommation totale (chaude + froide) plus importante à l'Est et l'Ouest est compensée par une consommation totale plus faible au Nord et au Sud.

Par ailleurs, si des protections solaires sont prévues, les grands cotés Nord et Sud sont plus faciles à gérer: une protection architecturale fixe est très efficace au Sud et ne nécessite que peu d'entretien.

Il faut privilégier les ouvertures au Nord pour favoriser l'éclairage et la ventilation naturels.

- Etude 03 : c'est une étude qu'était faite par Nedhal Al-Tamimi, Sharifah Fairuz Syed Fadzil, Wan Mariah Wan Harunsur, sur l'effet de l'orientation, la ventilation, et la variation de ratio sur la performance thermique dans une chambre sous un climat tropique (Malaysia) ils ont conclu que :

Selon les conditions climatiques et les résultats obtenues, l'orientation Est est plus sensibles au rayonnement solaire, donc la chambre orientée Est est plus chaude que la chambre Ouest avec la ventilation naturelle. Le changement du WWR n'a aucun impact sur la différence entre la température intérieur et extérieur.

Comme recommandation :

- éviter d'ouvrir des fenêtres dans les côtés Est et Ouest sauf s'il est nécessaire mais avec des procédures :

-L'utilisation des isolants thermiques qui ont une valeur de U réduite.

## Chapitre II : Climat et confort

-L'utilisation des occultations

- Sélectionner un type de vitrage qui a une valeur de U très réduite pour minimiser les pénétrations solaires.

- A partir des résultats l'utilisation de 25% de WWR et ventilation naturelle peut améliorer considérablement le confort thermique intérieur (Tableau 1).

Date	Room orientation	WWR	Vent. condition	Max in/temp	Ave in/temp	Min in/temp	Ave diff. Temp In/out	Time of the peak	% Time Temp < 28.6°C
7 and 8/3/09	East	50%	Unventilated	35.17	30.56	28.22	+2.41	9:20am	8.3%
	West			32.20	28.76	27.03	+0.63	5:30pm	53.5%
10 and 13/3/09	East	50%	Natural ventilated	31.24	28.40	25.36	+0.66	9:20am	41.7%
	West			32.92	28.18	25.40	+0.45	6:10pm	57.0%
16 and 21/3/09	East	25%	Natural ventilated	29.82	27.50	25.28	+1.01	1:00pm	79.3%
	West			29.27	26.98	25.21	+0.50	3:10pm	82.5%
28 and 29/3/09	East	0%	Unventilated	30.15	29.00	27.91	+1.27	6:50pm	40.3%
	West			30.22	28.50	27.53	+0.76	6:10pm	58.3%

**Tableau 1:** les différents paramètres agissant sur le confort thermique.

Source: Nedhal Al-Tamimi, Sharifah Fairuz Syed Fadzil, Wan Mariah Wan Harunsur (Malaysia).

### 3-Tableau récapitulatif sur les études effectuées:

<b>Etude</b>	<b>Conditions climatiques</b>	<b>Les variables</b>	<b>Résultats</b>
De Salem ben abd el Aziz el soudais	un climat chaud et sec (Riyadh)	-l'orientation (Sud, Ouest) -le type de vitrage Le ratio (mur /ouverture)	-l'orientation Sud est mieux que l'orientation Ouest pour le simple vitrage. -le double vitrage et le triple vitrage minimisent considérablement la température intérieure. -il est préférable d'utiliser le double vitrage lorsqu'on a un bâtiment orienté sud. -l'utilisation de simple vitrage au lieu le double vitrage dans un bâtiment orienté sud est efficace car les résultats de ces derniers est presque similaire. -pour l'orientation ouest il est préférable de minimiser la surface vitrée.
De A. Mokhtari, K. Brahim et R. Benzada	un climat chaud et sec (Béchar)	-l'orientation -les matériaux et les isolants -les protections solaires	- , le choix de l'orientation d'un bâtiment a un faible impact énergétique, car la consommation totale (chaude + froide) plus importante à l'Est et l'Ouest est compensé par une consommation totale plus faible au Nord et au Sud. - une protection architecturale fixe est très efficace au Sud
De Nedhal Al-Tamimi,	sous un climat	-l'orientation - la ventilation	- l'orientation Est est plus sensibles au rayonnement solaire

## Chapitre II : Climat et confort

---

Sharifah Fairuz Syed Fadzil, Wan Mariah Wan Harunsur	tropique (Malaysia)	-le WWR	- Le changement du WWR n'a aucun impact sur la différence entre la température intérieur et extérieur - éviter d'ouvrir des fenêtres dans les côtés Est et Ouest sauf s'il est nécessaire mais avec des procédures : -L'utilisation des isolants thermiques qui ont une valeur de U réduite. -L'utilisation des occultations - Sélectionner un type de vitrage qui a une valeur de U très réduite pour minimiser les pénétrations solaires.
---	------------------------	---------	---

**Tableau 2:** Tableau récapitulatif sur les études effectuées.

Source: Auteur



### **Conclusion :**

Le confort thermique est un élément essentiel pour le bien être de l'occupant dans son environnement bâti. La prise en compte de celui-ci dans l'habitat implique de prendre en considération leur différents aspects et leur paramètres qui les influences.

D'après les recherches que nous avons analysées on conclut qu'il y a une multitude paramètres à suivre pour minimiser la température intérieure est assurer le confort thermique tel que :

-L'orientation des ouvertures qui joue un rôle très importants vis-à-vis la minimisation de la température intérieure.

-le type de vitrage tel que le double vitrage ou le triple vitrage qui ont une valeur de U très réduite et qui participe à la réduction de la température intérieure de l'espace.

-les protections solaires qui ont une fonction essentielle de protéger les ouvertures contre les rayonnements solaires directs de l'été et par conséquence éviter la surchauffe à l'intérieur de l'espace.

Pour cela il existe deux stratégies pour arriver à un confort thermique idéal:

\* En été, il faut se protéger du rayonnement solaire, des apports de chaleur, minimiser les apports internes, dissiper la chaleur en excès et refroidir naturellement.

\* En hiver, il faut capter la chaleur du rayonnement solaire, la stocker dans la masse, la conserver par l'isolation et la distribuer dans le bâtiment tout en la régulant.



# Chapitre III

Le soleil et les ouvertures

### **Introduction :**

Le soleil a été toujours une source intarissable de créativité chez l'architecte, de l'héliotropisme jusqu'au solaire passif, le soleil a toujours inspirer les architectes en quête d'idées et de formes nouvelles<sup>1</sup>.

En architecture bioclimatique, le soleil est considéré comme le matériau par excellence de toute conception pouvant offrir confort et économie pour ses utilisateurs, toujours étant, son adaptation aux besoins de l'être humain est très complexe et suscite d'innombrables paramètres d'étude, donc sa consommation doit être faite avec modération afin de palier notamment aux problèmes de sur-échauffement et d'effet de serre<sup>2</sup>.

L'énergie solaire est aujourd'hui (d'après ALAIN LIEBARD & ANDRE DE HERDE, 2005) utilisée dans le cadre de l'architecture solaire passive (par les baies vitrées, les serres, les chauffe-eau solaires, etc.) et active (capteurs solaires destinés aux systèmes de chauffage). Quant au solaire photovoltaïque, il permet la conversion du rayonnement solaire en électricité (rendement 10 à 12 %).

### **2-la géométrie du soleil :**

La toute première contrainte qui s'impose, c'est la présence variable du soleil, qui suit plusieurs rythmes bien connus : jour - nuit et printemps, été, automne, hiver. Dans chaque lieu, la trajectoire du soleil dans le ciel diffère tout au long de l'année. Le rayonnement varie donc selon la saison, la latitude, l'altitude ou les conditions locales de nébulosité. L'énergie journalière moyenne à une époque de l'année et le type de ciel (clair, moyen, couvert) influence directement le climat du lieu étudié<sup>3</sup>.

#### **2-1-Le système terre – soleil :**

Le soleil constitue notre source énergétique fondamentale. Les caractéristiques du système solaire soumettent la terre à des variations saisonnières affectant l'évolution de l'ensoleillement et des températures.

Les mouvements de la terre à l'intérieur du système solaire sont très complexes. La rotation terrestre (1 690 km/h au droit de l'équateur) correspond au cycle jour / nuit, tandis que son parcours autour du soleil, équivalent à 1 710 km/min, provoque les variations saisonnières.

L'axe de rotation de la terre est incliné de 23°27' par rapport à l'écliptique Cette inclinaison définit

---

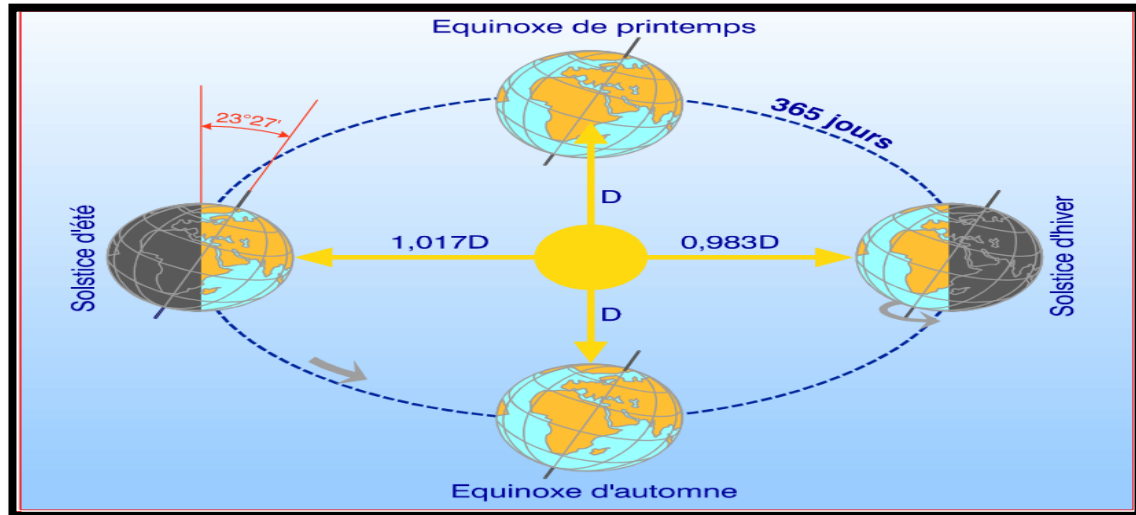
<sup>1</sup> -MAZRIA.ED effet de serre: « un phénomène qui permet de piéger la chaleur », dans :- le guide de l'énergie solaire passive- éditions parenthèses, 1981.

<sup>2</sup> - mémoire de magistère de Mme Bellara Samira, intitulée(Impact de l'orientation sur le confort thermique intérieur dans l'habitation collective. Cas de la nouvelle ville Ali Mendjeli Constantine) p 44

<sup>3</sup> - Site Internet [en ligne] : <http://www.domus-construction.fr/>.

## Chapitre III : le soleil et les ouvertures

les limites des tropiques du Cancer et du Capricorne : au solstice d'hiver en hémisphère Nord (le 22 décembre à 12 h 00 en temps universel), les rayons du soleil sont perpendiculaires au tropique du Capricorne (et perpendiculaires au tropique du Cancer au solstice d'été en hémisphère Nord)<sup>4</sup>.



**Figure 1:** Description simplifiée du plan orbital du système terre-soleil.

Source : ALAIN LIEBARD & ANDRE DE HERDE, 2005.

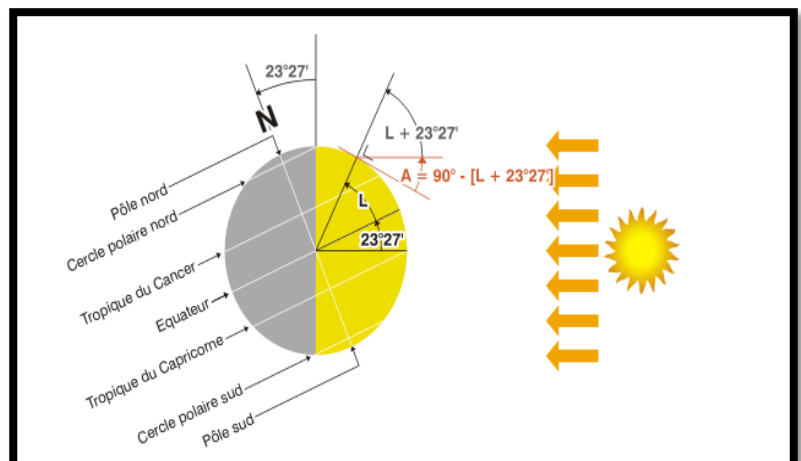
Le mouvement de la terre sur sa trajectoire est uniforme, la terre se déplace à vitesse constante (une vitesse moyenne de 29.8 km/s soit 107'000 km/h).

Le sens des variations de la déclinaison peut être appréhendé au travers des quatre positions clés (figure 6), Elles correspondent respectivement :

- **au solstice d'été** (21 juin) : la position de la terre est opposée à celle du 21 décembre et le soleil frappe l'hémisphère Nord avec l'angle maximum de déclinaison de  $23^{\circ}27'$ . La hauteur du Soleil à midi (solaire) est de  $23^{\circ}27'$  supérieure à celle de l'équinoxe.

**Figure 2:** Description simplifiée de solstice d'été.

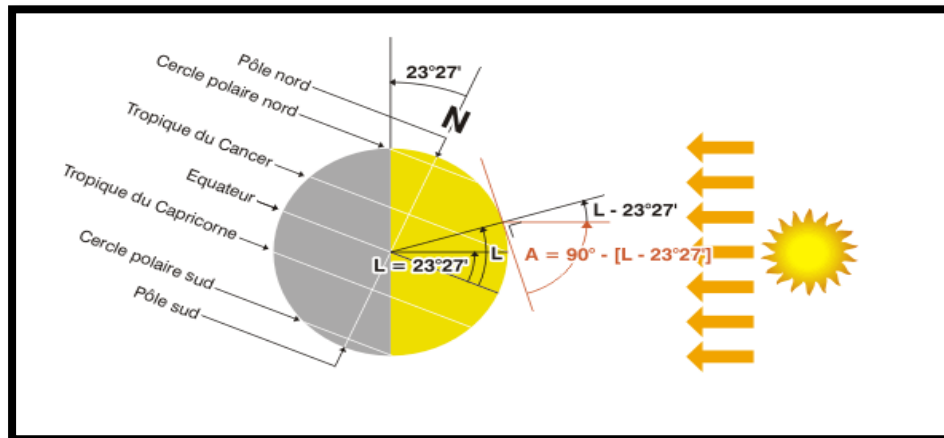
Source : <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16759>(2015).



<sup>4</sup> - ALAIN LIEBARD & ANDRE DE HERDE, 2005, p.1a,1b

## Chapitre III : le soleil et les ouvertures

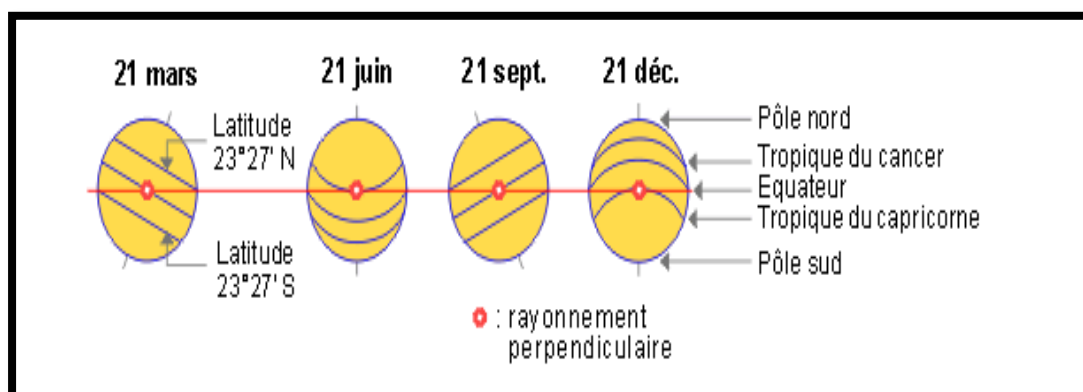
- **aux équinoxes de printemps (21 mars) et d'automne (21 septembre)** : le rayon solaire est dans le plan de l'équateur et la déclinaison vaut alors  $0^\circ$  ; cette position traduit l'égalité des jours et des nuits, C'est à ce moment que la hauteur du Soleil à midi est la plus facile à calculer. En effet, sa hauteur est égale à l'angle complémentaire de la latitude.



**Figure 3:** Description simplifiée des équinoxes de printemps et d'automne.

Source : <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16759> (2015)

- **au solstice d'hiver (21 décembre)** : les rayons solaires frappent la terre avec un angle de déclinaison de  $-23^\circ 27'$  ; c'est la valeur minimum de la déclinaison. La hauteur du Soleil à midi est de  $23^\circ 27'$  inférieure à celle de l'équinoxe. La hauteur du Soleil à midi est de  $23^\circ 27'$  inférieure à celle de l'équinoxe.<sup>5</sup>



**Figure 4:** Description globale des équinoxes et des solstices.

<sup>5</sup> - site d'internet <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16759>

## Chapitre III : le soleil et les ouvertures

Source : <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16759> (2015)

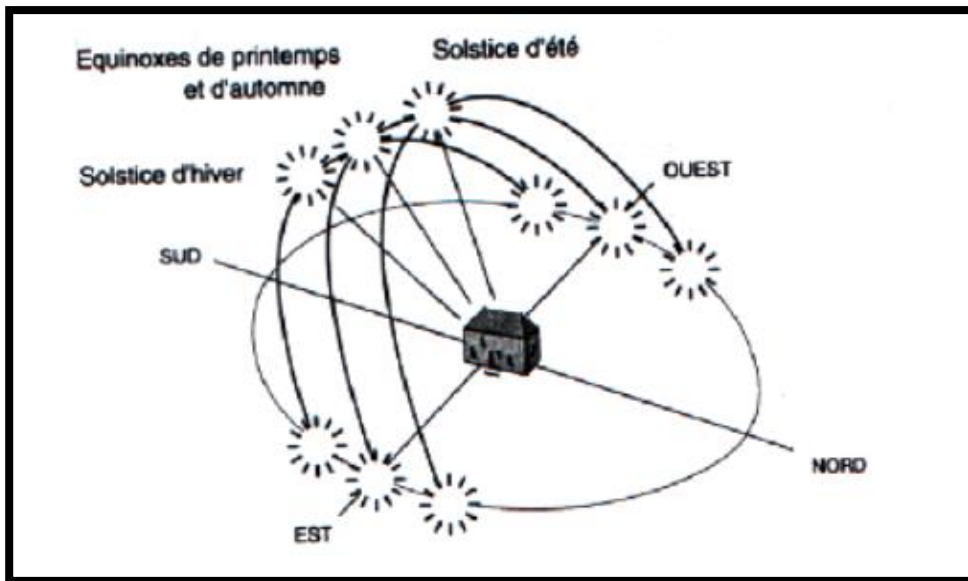


Figure 5: Trajectoires apparentes du soleil au cours de l'année.  
Source: BENJAMIN.D & PHARABOD.F, 2002.

### 2-2-La latitude et les conditions saisonnières d'ensoleillement :

La position d'un lieu sur la terre d'après la définition de CERMA est déterminée par sa latitude (figure 10), angle entre la droite joignant le point considéré sur la terre et le centre de la terre avec le plan de l'équateur terrestre. Cette droite constitue la verticale du lieu<sup>6</sup>. Le plan horizontal du lieu est tangent à la sphère terrestre et perpendiculaire à la verticale du lieu.

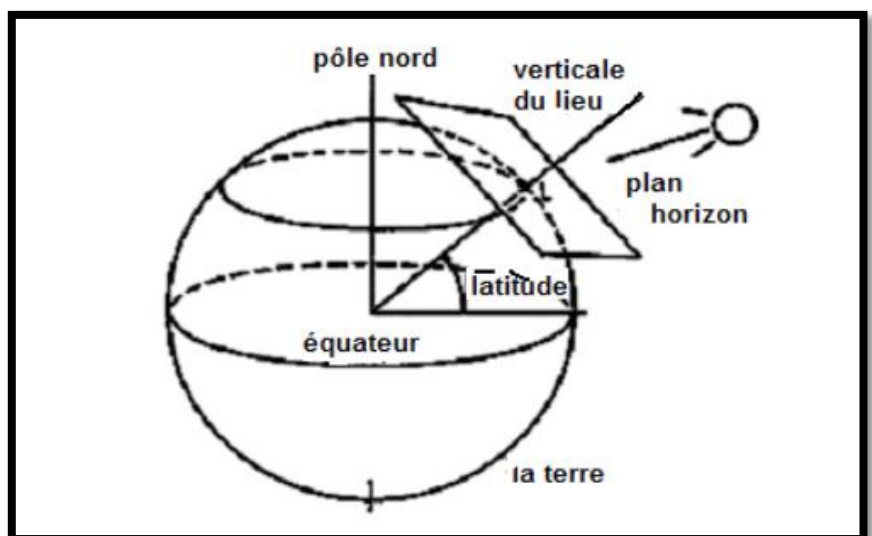


Figure 6: La latitude d'un lieu.  
Source : CERMA, 2004.

<sup>6</sup> - CERMA « La géométrie solaire » [En ligne] <http://audience.cerma.archi.fr/cerma/pageweb/theorie/solaire/.html>.  
(Page consulter le 14/07/2004).

L'ensemble des points terrestres de même latitude constitue un parallèle terrestre. Du fait, de la rotation diurne de la terre autour de son axe des pôles, chacun des points d'un même parallèle se trouve ainsi, à un décalage horaire près, dans une situation d'ensoleillement identique. Selon la latitude, les conditions d'ensoleillement sont différentes au cours de l'année. On peut, en chaque latitude, déterminer précisément ces conditions et obtenir les coordonnées terrestres du soleil correspondantes<sup>7</sup>.

### 2-3-Les coordonnées solaires :

**2-3-1-La déclinaison ( $\delta$ ) :** (angle entre le rayon solaire et le plan équatorial), spécifique d'une date, permet de déterminer sur la sphère céleste une position du soleil (figure 7) La valeur de la déclinaison est indépendante de la position de l'observateur sur la terre. Elle ne dépend que du temps saisonnier, qui lui résulte seulement de la position de la terre par rapport au soleil. Sa variation peut donc s'appréhender en examinant le mouvement annuel de rotation de la terre autour du soleil<sup>7</sup>.

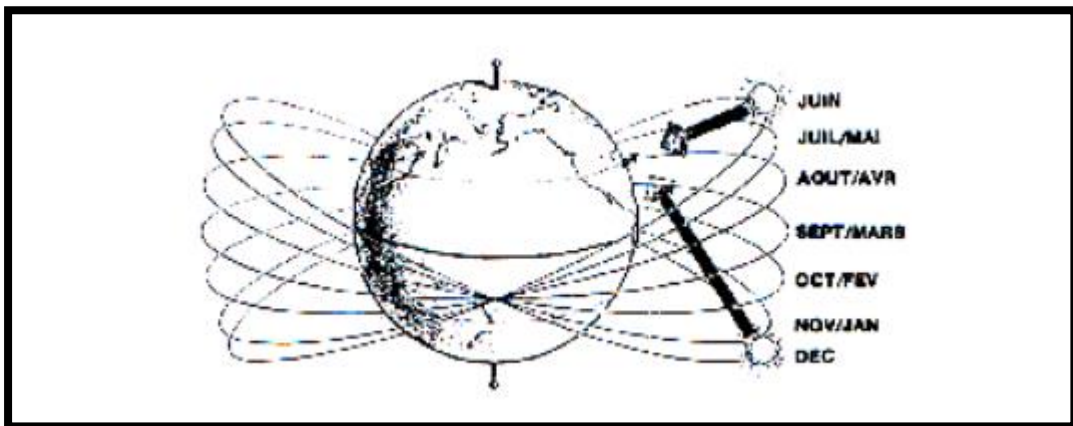


Figure 7: la déclinaison du soleil, telle qu'elle apparaît depuis la terre, le 20<sup>ème</sup> jour de chaque mois. Source : MAZRIA, 1981.

**2-3-2-L'angle horaire solaire ( $\omega$ ) :** Traduit le mouvement journalier du soleil sur sa trajectoire. Les trois dates significatives de l'année peuvent ainsi être aisément tracées. Les cercles horaires constituent des grands cercles verticaux, espacés de  $15^\circ$  en  $15^\circ$ , passant par les pôles de cette sphère fictive circulaire ( $0^\circ$  correspond à midi solaire,  $90^\circ$  à 18H solaires). Ces coordonnées solaires sont indépendantes de la position de l'observateur sur la terre. Mais ces trajectoires apparentes du soleil vont apparaître différemment dans le ciel de l'observateur terrestre, en fonction de sa position sur la terre déterminée par la latitude<sup>7</sup>.

<sup>7</sup> -mémoire de magistère de Mme Bellara Samira, intitulé (Impact de l'orientation sur le confort thermique intérieur dans l'habitation collective. Cas de la nouvelle ville Ali Mendjeli Constantine) p 50

### 2-4-les coordonnées horizontales du soleil pour un observateur terrestre :

A un instant donné, la hauteur et l'azimut du Soleil déterminent la position du Soleil dans le ciel. Ainsi est connue la direction du rayonnement solaire et peuvent être calculées les surfaces ensoleillées du bâtiment. Ces calculs tiendront compte des effets d'ombrage dus au relief, au cadre bâti, à la végétation ou au bâtiment lui-même<sup>7</sup>.

**2-4-1-La hauteur angulaire du soleil (l'altitude) :** La hauteur "a" du Soleil est l'angle que fait la direction du Soleil avec le plan horizontal. Elle se compte de 0° à 90° à partir de l'horizon vers la voûte céleste<sup>8</sup>.

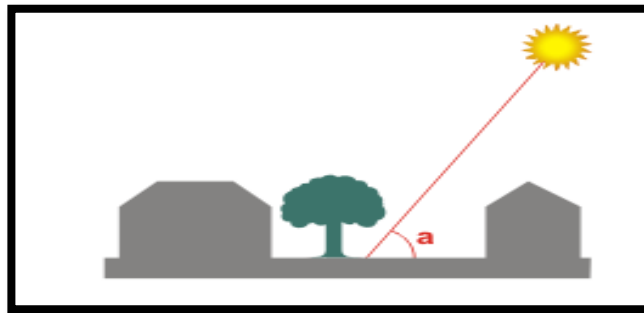


Figure 8 : hauteur du Soleil.

Source : <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16759> (2015)

**2-4-2-L'azimut du soleil :** L'azimut "y" du Soleil est l'angle créé entre le plan vertical passant à la fois par le Soleil et par le lieu considéré, et le plan vertical N-S. Cet angle vaut 0° au sud et est conventionnellement positif vers l'ouest et négatif vers l'est<sup>8</sup>.

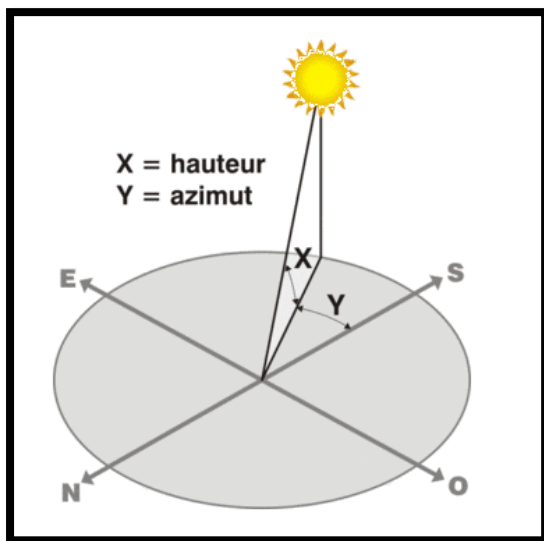


Figure 9 : L'azimut et la hauteur du soleil.

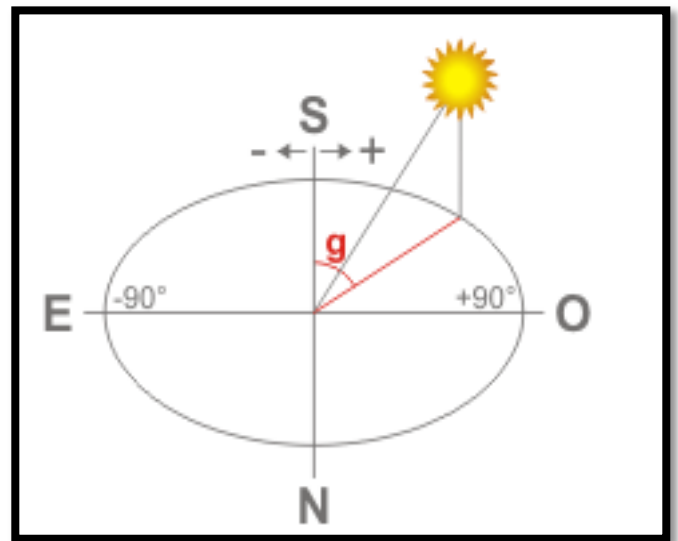


Figure 10 : L'azimut du soleil.

<sup>8</sup> - site d'internet([www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16759](http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16759)) (2015)

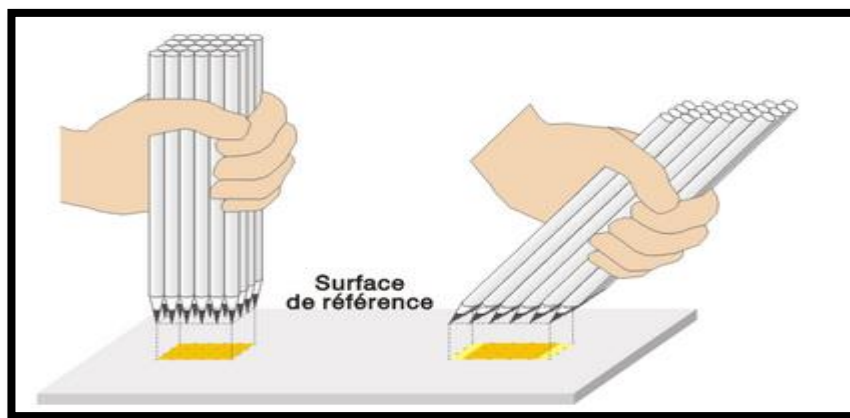


Source : <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16759> (2015)

### 2-5-L'irradiation solaire incidente:

L'angle que font les rayons du Soleil avec une surface détermine la densité énergétique que reçoit cette surface. Puisque le rayonnement solaire arrive sur la Terre sous forme d'un faisceau parallèle, une surface perpendiculaire à ces rayons intercepte la densité maximale d'énergie. Et si l'on incline la surface à partir de cette position perpendiculaire, son éclairage diminue.(exemple explicatif – figure 15). L'angle solaire peut être déterminé par deux méthodes ;

- Par la méthode de calcul théorique précis.
- Par la lecture graphique des abaques.



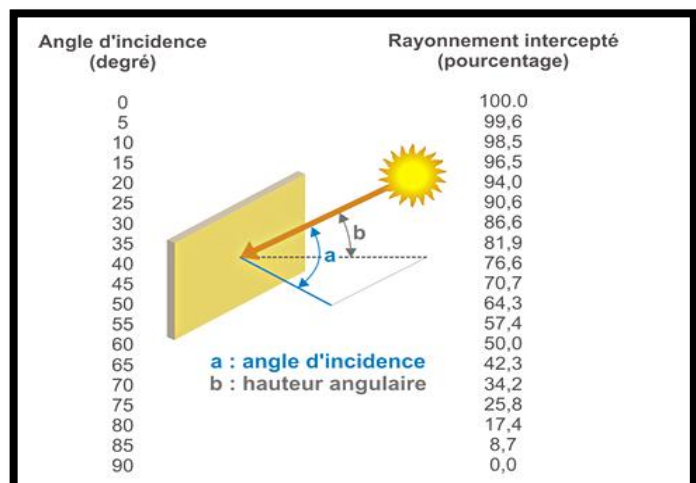
**Figure 11** : exemple d'angle d'incidence.

Source : <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16759>

Cependant, une surface qui s'écarte de 25 % de cette position perpendiculaire au Soleil, intercepte encore plus de 90 % du rayonnement direct maximum. L'angle que font les rayons du Soleil avec la normale à la surface (angle d'incidence) déterminera le pourcentage de lumière directe interceptée par la surface. Le tableau ci-dessous donne les pourcentages de lumière interceptée par une surface pour différents angles d'incidence<sup>9</sup>.

**Figure 12** : les pourcentages de lumière interceptée par une surface pour différents angles.

Source : <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16759> (2015)



<sup>9</sup> - site d'internet([www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16759](http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16759)) (2015)

## Chapitre III : le soleil et les ouvertures

Trois facteurs essentiels déterminent l'importance du rayonnement solaire sont :

➤ **L'épaisseur et la qualité de l'atmosphère** : Au milieu du jour, le Soleil est au-dessus de nos têtes, et ses rayons ont à traverser une épaisseur d'air moindre avant d'arriver sur Terre. Mais au début et à la fin de la journée, le Soleil est bas sur l'horizon ; la traversée de l'atmosphère se fait alors plus longue. L'atmosphère absorbe et diffuse d'autant plus de particules de lumière qu'elle est plus épaisse et plus dense.

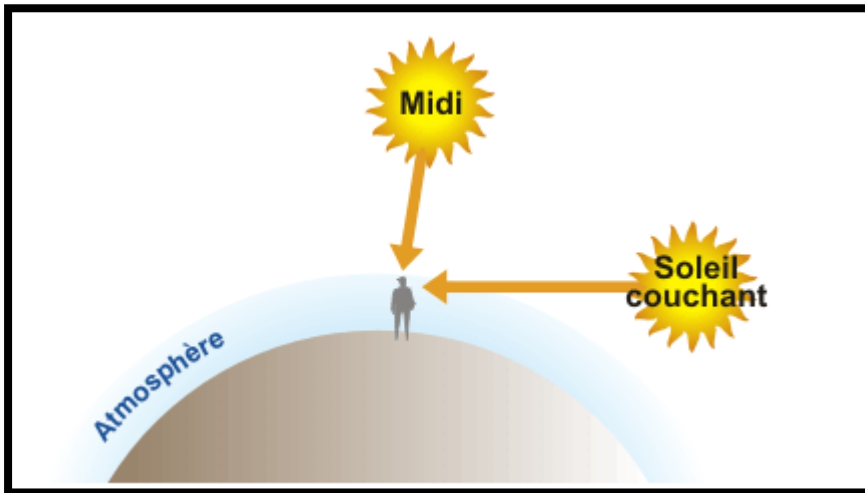


Figure 13: L'épaisseur et la qualité de l'atmosphère.

Source : <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16759> (2015)

➤ **La durée de l'ensoleillement et le type de ciel** : Le rayonnement solaire reçu sur une surface varie donc au cours du temps en fonction de la position du Soleil et de la couverture nuageuse. La puissance solaire maximale à la surface de la Terre est d'environ  $1\ 000\ \text{W/m}^2$  pour une surface perpendiculaire aux rayons<sup>10</sup>.

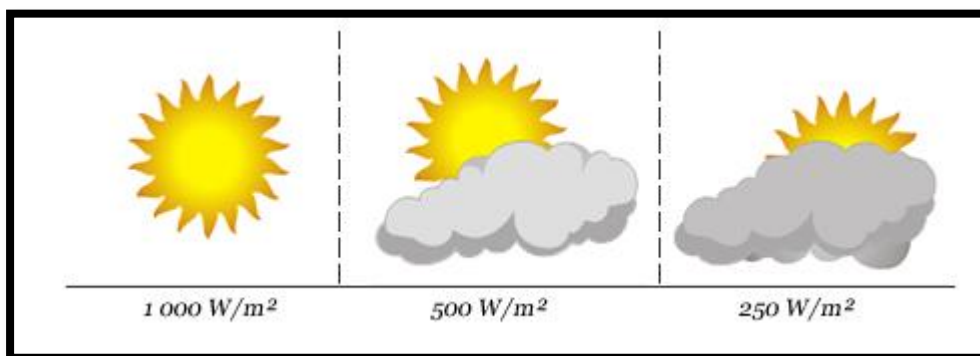


Figure 14: Puissance solaire pour différents ciels.

Source : <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16759> (2015)

<sup>10</sup> - site d'internet ([www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16759](http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16759)) (2015)

<sup>11</sup> -MAAZOUZ. S ---L'intégration des facteurs physique de l'environnement dans le processus de conception architecturale----thèse de doctorat d'état2000 p.34

### ➤ L'inclinaison des rayons solaires (l'angle solaire) <sup>11</sup>

Le rayonnement solaire mesuré hors atmosphère, à une puissance de 1300 W/m<sup>2</sup> de surface exposée, et lorsqu'il atteint le sol il est de 1100W/m<sup>2</sup> pour un ciel clair et bien dégagé. (MAZRIA, 1980) <sup>12</sup>

Le rayonnement en provenance du soleil et tombant sur n'importe quel plan du sol présente trois composantes :

- Le rayonnement direct.
- Le rayonnement diffus.
- Le rayonnement réfléchi ou albédo qui dépend de la nature du sol.

#### 2-5-1-Rayonnement Direct (I) :

Un rayonnement est dit direct dans la mesure où il ne subit pas de déviation dans son parcours à travers l'atmosphère jusqu'au sol (est bien lisible dans un ciel clair, dégagé de nuages), le rayon direct qui provient directement du soleil et qui peut être nul par temps couvert <sup>13</sup>.

#### 2-5-2-Rayonnement Diffus (D):

Le rayon diffus est dévié dans toutes les directions à cause des obstacles rencontrés dans son parcours tels que les nuages, le brouillard, les molécules d'air, la vapeur d'eau et les aérosols (particules microscopiques en suspension dans l'atmosphère). Il peut atteindre 50 % du rayonnement global reçu, lorsque le Soleil est bas sur l'horizon, et 100 % pour un ciel entièrement couvert <sup>10</sup>.

#### 2-5-3- Rayonnement réfléchi :

Correspondant au rayonnement réfléchi par l'environnement extérieur, en particulier le sol, dont le coefficient de réflexion est appelé "albédo" <sup>10</sup>.

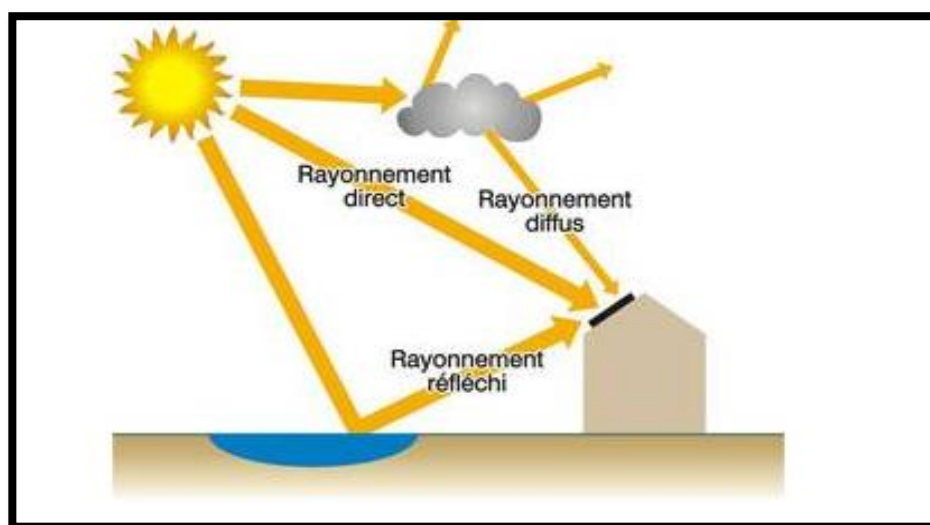


Figure 15: Puissance solaire pour différents ciels.

Source : <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16759> (2015)

<sup>12</sup> -MAZRIA. E - Le Guide De L'énergie Solaire Passive- (édition /parenthèses) paris,1980 P .15.

<sup>13</sup> -LAVIGNE.P- Architecture Climatique- Une Contribution A Développement Durable, tome1. EDISUD, 1994.p.74

### **2-Les Ouvertures et les Protections :**

Les ouvertures, et les fenêtres jouent un rôle important dans les relations du bâtiment avec son environnement. En effet, les échanges de chaleur, les déperditions thermiques et les apports de chaleur ainsi que les apports solaires proviennent principalement des ouvertures. Leurs tailles et leur orientation sont parmi les facteurs les plus importants qui affectent la performance thermique du bâtiment ainsi que la consommation énergétique. En hiver, la pénétration du soleil par les ouvertures assure une économie d'énergie. En été, elle peut avoir l'effet opposé s'il devient nécessaire de refroidir l'habitation.

Il est important de noter que si les fenêtres verticales orientées au sud peuvent être efficacement protégées de l'ensoleillement, en été, par des protections fixes comme des auvents, des débords de toiture, brise-soleil ou des consoles ceci n'est pas le cas des autres orientations ou inclinaisons.

#### **2-1- rôles des fenêtres :**

1. Contrôler les apports de chaleur de manière constante ou sélective (protection en période de sur-échauffement et pénétration des rayons en périodes de sous-échauffement)
2. Influencer sur l'éclairage naturel, l'éblouissement, la vue et la ventilation.
3. Affecter la quantité de rayonnement incident et modifier le flux de chaleur pénétrant à l'intérieur ainsi que la température intérieure.

Les premiers travaux sur le développement de méthodes simples de conception en vue du contrôle solaire ont eu pour auteurs les frères OLGYAY à l'université de Princeton. On peut déduire plusieurs types d'occultation. (Bellara Samira 2005)

#### **2-2-Système de protection solaire :**

Un brise-soleil est un dispositif dont le rôle est d'éviter que tout ou seulement une partie du rayonnement solaire ne pénètre à travers une ouverture<sup>14</sup>.

On appelle protection solaire tout corps empêchant le rayonnement solaire d'atteindre une surface qu'on souhaite ne pas voir ensoleillée. Les protections solaires ont pour but de :

- Réduire les surchauffes dues au rayonnement solaire.
- Améliorer l'isolation en augmentant le pouvoir isolant des fenêtres. Cette propriété sera principalement recherchée durant les nuits d'hiver. Certaines protections intérieures peuvent réduire les déperditions thermiques des fenêtres de 25 % à 40 %.
- Contrôler l'éblouissement.

---

<sup>14</sup> -A.CHATELET, P.FERNANDEZ et P.LAVIGNE : « L'architecture Climatique : Une Contribution Au Développement Durable, tome2 : concepts et dispositifs », Edition EDISUD-Aix-en-Provence1998 –page37-

### 2-2-1-Les Stratégies D'ombrage :

L'usage de contrôles solaires appropriés est très important. La projection d'une ombre adéquate réduit ce qui est un gaspillage inutile d'énergie utilisée pour refroidir un espace à grandes surfaces de vitrage sans protection. La figure (16) indique quatre stratégies fondamentales de la projection d'une ombre<sup>15</sup>.

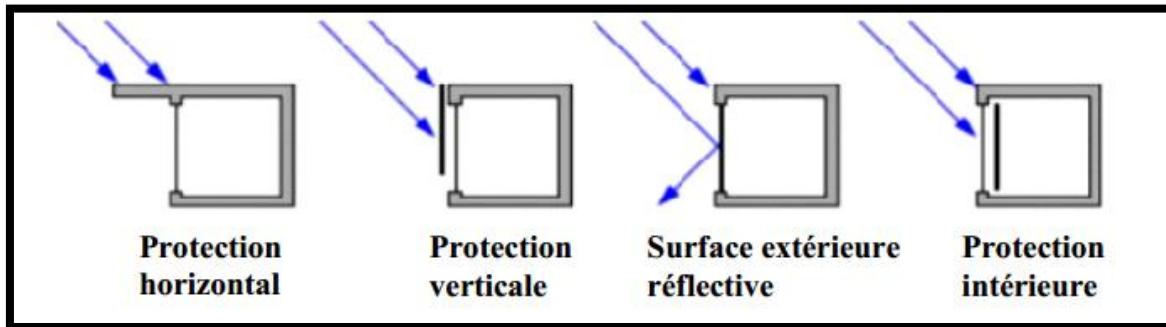


Figure 16: stratégies d'ombre. Source : MARSH. A, 1981.

### 2-2-4-Les Systèmes d'occultation :

#### 2-2-4-1-Systèmes d'occultation naturelle :

La végétation à feuilles caduques procure un ombrage naturel saisonnier. On recherchera des essences avec peu de branchages, pour avoir un ombrage minimum en hiver, mais avec un feuillage dense pour la raison inverse, en été. De plus elle se comporte comme humidificateur réduisant la température de l'air par évaporation<sup>15</sup>.



Figure17: occultation par végétation.

Source : ALAIN LIEBARD & ANDRE DE HERDE, 2005.



Figure 18: occultation par végétation.

Source : GUYOT. M. A, 2003 (www.arbreurbain.com)

<sup>15</sup> - mémoire de magistère de Mme Bellara Samira, intitulée (Impact de l'orientation sur le confort thermique intérieur dans l'habitation collective. Cas de la nouvelle ville Ali Mendieli Constantine) p 94

### 2-2-4-2-Systèmes d'occultation fixe :

Constituées par des masques architecturaux, tels que Balcon, loggia, saillis, refends, débord de toitures ou des brises soleil (horizontaux, verticaux ou combinaison des deux). D'après J. L IZARD, 1993 cet effet peut être mesuré au moyen du facteur de transmission  $F_t$  donné par la formule suivante :

$$F_t = \text{énergie incidente avec masque} / \text{énergie incidente sans masque.}$$

#### A- Les occultations horizontales ou auvents :

C'est le dispositif d'occultation le plus efficace pour ombrager un vitrage vertical orienté sud, sud-est. Un masque horizontal provoque une ombre à un rayonnement fonction de son azimut (a) et de sa hauteur (h) par rapport à la normale de l'ouverture. Pour dessiner le profil d'ombre d'une fenêtre équipée d'un écran horizontal, il faut commencer par déterminer les angles a, b et c. L'angle "a" représente un ombrage de la fenêtre de 100 %, l'angle "b" un ombrage de 50 % et l'angle "c" un ombrage nul. Ensuite, il convient de repérer les trois lignes d'ombre relatives aux angles "a", "b" et "c" sur l'indicateur d'occultation. (site web énergie plus)

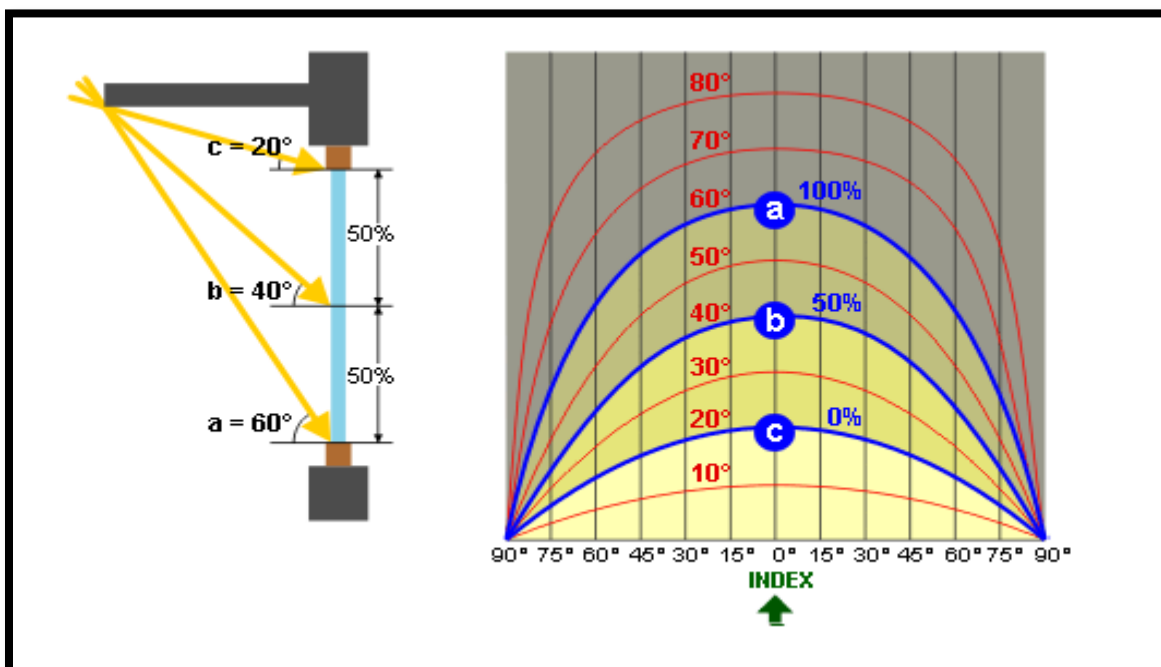


Figure 19 : Profil d'ombre d'un écran horizontal.

Source : <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=11151>(2015)



### B- Les occultations verticales :

Il existe deux types fondamentaux de pare-soleil vertical : les avancées perpendiculaires à la façade et celles qui lui sont obliques. Un masque vertical provoque une ombre à un rayonnement qui n'est fonction que de son azimut par rapport à la normale au plan de l'ouverture. Premièrement, on détermine les angles "a" et "b". Ceux-ci correspondent à l'occultation complète de la baie. Ensuite, il faut déterminer les angles "c" et "d" qui représentent une occultation à 50 % et enfin les angles "e" et "f" pour une occultation nulle. On trace alors les lignes verticales relatives aux angles "a", "b", "c", "d", "e", "f" à partir de la base de l'indicateur d'ombre. (site web énergie plus)

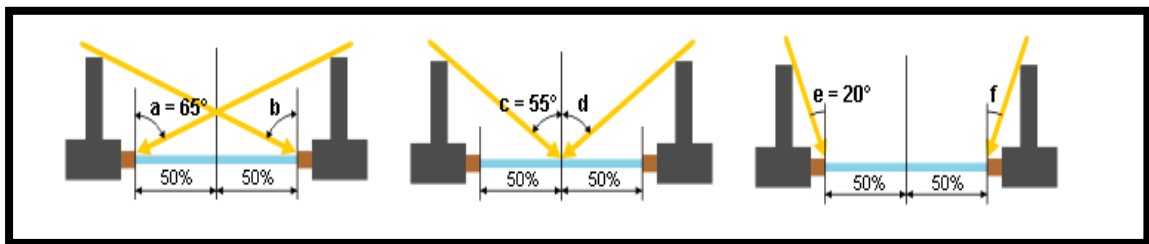


Figure 20 : Les occultations verticales perpendiculaires.

Source : <http://www.energiepluslesite.be/index.php?id=11151>(2015)

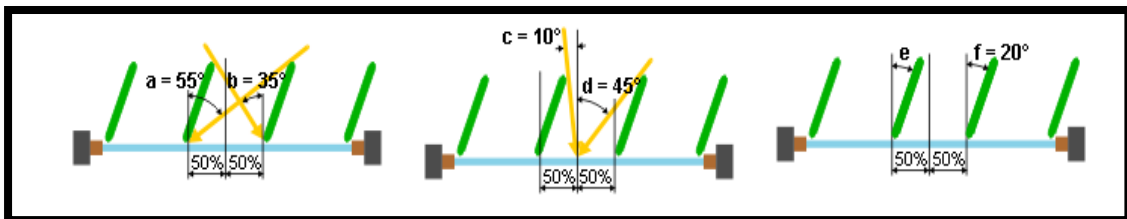


Figure 21 : Les occultations verticales obliques.

Source : <http://www.energiepluslesite.be/index.php?id=11151>(2015)

### C- Combinaison d'occultations horizontales et verticales :

Comme les loggias, claustras assurent plus d'efficacité et à n'importe qu'elle orientation. (Bellara Samira 2005) Pour déterminer le profil d'ombre d'un ensemble pare-soleil comportant des parties horizontales et verticales, il suffit de fusionner les profils des deux types d'avancées.

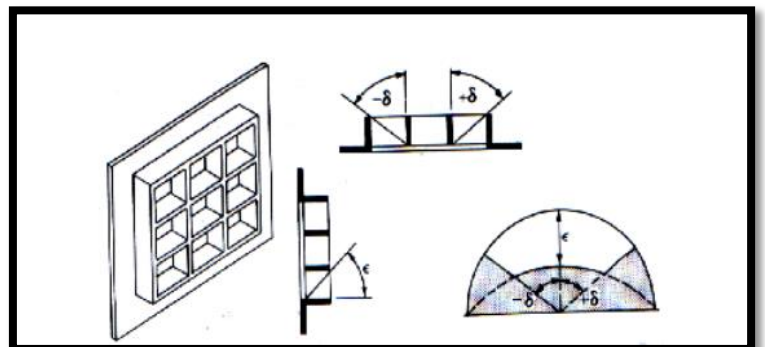


Figure 22 : Type de protection combinée.

Source: S V SZOKOLAY, 1979.

### 2-2-5-1-Systèmes d'occultation mobile :

#### 2-2-4-3-Systèmes d'occultation mobile extérieure :

La protection mobile externe est une formule excellente, dans la mesure où elle permet un réglage manuel pour intercepter le rayonnement solaire indésirable à l'extérieur du vitrage. Une partie est réfléchiée vers l'extérieur, toute fois, on peut diminuer les déperditions en protégeant les fenêtres grâce à l'épaisseur des façades<sup>16</sup>.

#### 2-2-5-3-Systèmes d'occultation mobile intérieure :

Les stores vénitiens, stores à enroulement. Ou rideau, sont généralement ouverts le matin et l'après-midi, mais fermé en mi-journée. Lorsque l'occultation est intérieure, du moment que le rayonnement solaire est transmis à travers la vitre avant interception. Le rayonnement absorbé par le vitrage et restitué vers l'intérieur, cette chaleur reste à l'intérieur de la pièce du fait de l'opacité du vitrage qui empêche toute dissipation de la chaleur.

L'efficacité de l'occultation interne est déterminée par son facteur de réflexion (couleur) Des recherches effectuées par le laboratoire de recherche de l'ASHRAE<sup>17</sup> de Cleveland (USA), consistent à mesurer les facteurs d'occultation de différentes protections selon leur position par rapport au vitrage et de leur couleur (facteur de réflexion) a prouvé l'importance de la position, où la protection extérieure reste plus efficace. B. GIVONI (1980) établit les conclusions suivantes:

- Les systèmes extérieurs sont beaucoup plus efficaces que les systèmes internes.
- Pour Les systèmes externes, l'efficacité augmente lorsque la couleur est plus sombre.
- Pour le système intérieur, l'efficacité augmente lorsque la couleur est plus claire.

Position par rapport au vitrage	Vitrage simple		Vitrage double		
	Extérieur	Intérieur	Extérieur	Entre les deux vitres	Intérieur
Volet battant ou roulant	5 à 10		5 à 10	-	-
Store à lames minces	10 à 15	45 à 75	5 à 10	30 à 45	45 à 80
Store de toile opaque	5 à 15	35 à 65	5 à 10	20 à 45	45 à 75
Store de toile légèrement transparente	15 à 25	35 à 65	10 à 20	25 à 45	40 à 75
Store de toile assez transparente	20 à 30	40 à 70	15 à 25	30 à 50	40 à 75

**Tableau 01** : Facteurs solaires des différents types de protections mobiles. Source : J.L IZARD, 1993.

<sup>16</sup> - mémoire de magistère de Mme Bellara Samira, intitulée (Impact de l'orientation sur le confort thermique intérieur dans l'habitation collective. Cas de la nouvelle ville Ali Mendjeli Constantine) p 94

<sup>17</sup> -GIVONI.B : « L'homme, l'architecture et le climat » – édition Le Moniteur-Paris-1978-page 257 -



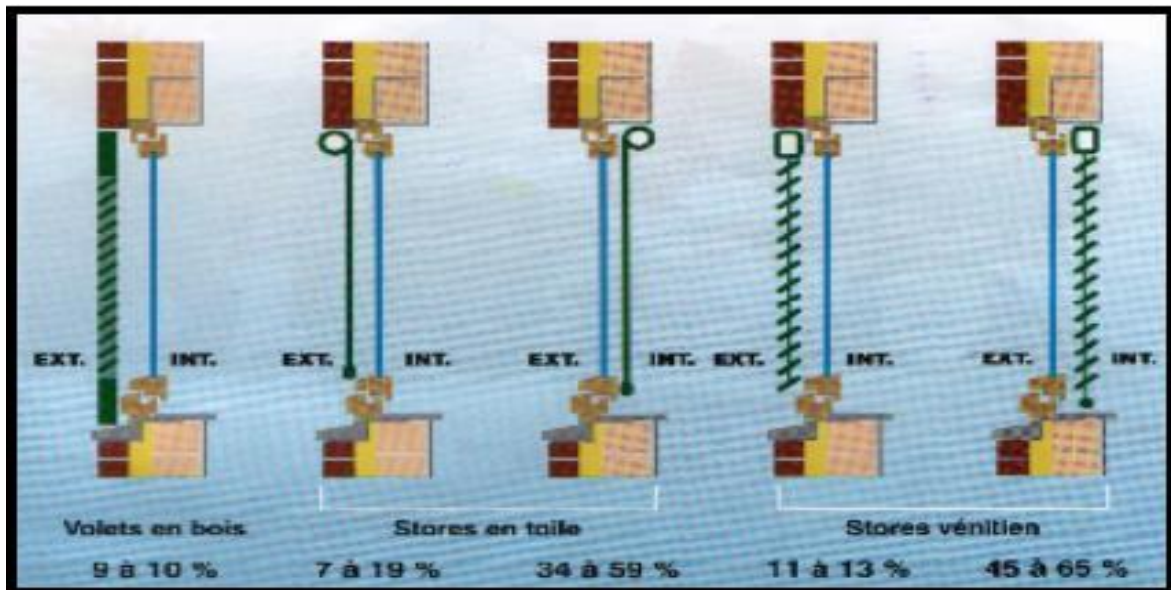


Figure 23 : Facteurs solaires de différentes protections solaires pour un vitrage simple.  
Source : ALAIN LIEBARD & ANDRE DE HERDE, 2003.

### 2-2-5-Choisir le vitrage :

Le premier rôle d'une baie vitrée est :

- D'assurer le confort visuel et thermique des occupants.
- De gérer les apports solaires en toute saison en optimisant l'énergie disponible.

De ce point de vue, les vitrages sont caractérisés par 3 facteurs :

**Facteur lumineux** : le coefficient de transmission lumineuse "TL"

**Facteur thermique** : le coefficient de transmission thermique "U"

**Facteur énergétique vis-à-vis du soleil** : le facteur solaire "FS"<sup>18</sup>

#### 2-2-5-1-Choix du vitrage en fonction des caractéristiques du bâtiment :

Lors du choix d'un vitrage, les paramètres déterminants seront :

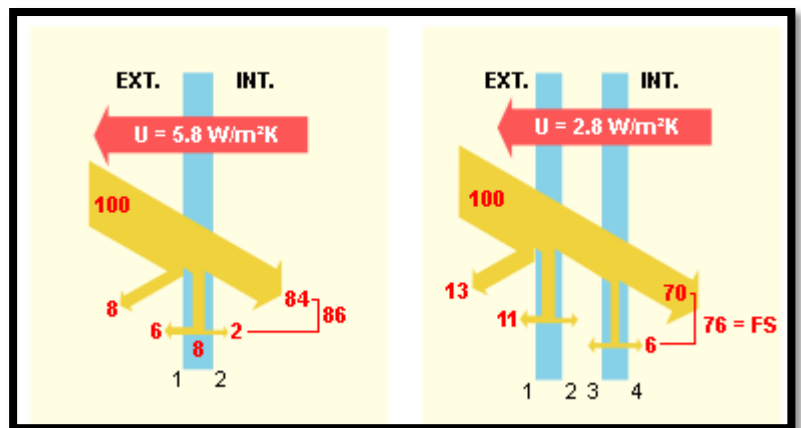
- l'orientation du bâtiment,
- l'implantation du bâtiment,
- les gains internes,
- la climatisation éventuelle des locaux,

- le pourcentage de surface vitrée,
- la taille du local et la photométrie des parois.

### 2-2-6-Les types de vitrage :

#### A-vitrage isolant thermique et acoustique :

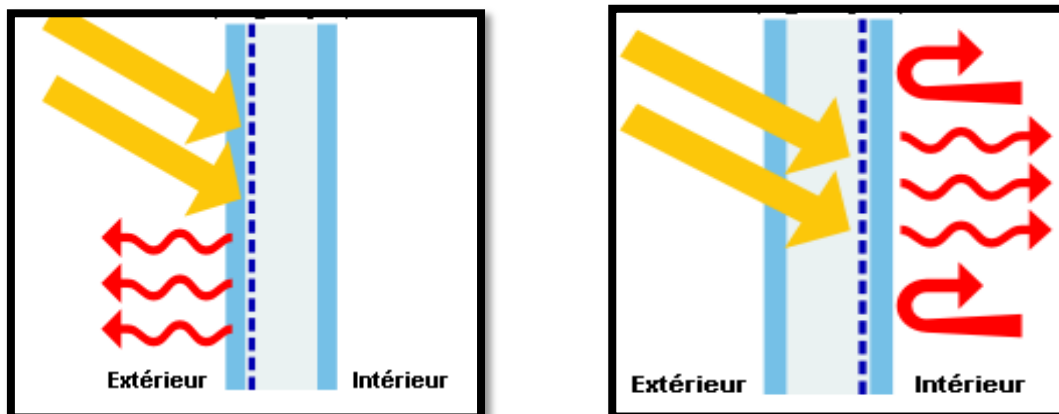
**-Le double vitrage à verre clair :** La transmission solaire du double vitrage est légèrement plus faible que celle du vitrage simple car la chaleur qui traverse le vitrage est absorbée et réfléchiée par deux couches et non une seule. Les schémas suivants donnent les coefficients de transmission thermique U et le facteur solaire FS d'un double vitrage et d'un simple vitrage<sup>18</sup> :



**Figure 24:** Simple vitrage et double vitrage.

Source [http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10397#dblevitr\\_schema](http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10397#dblevitr_schema) (2015)

**-Le double vitrage à basse émissivité :** La couche "basse émissivité" est, en général, une couche métallique, en argent par exemple, déposée sous vide et qui doit être placée à l'intérieur du double vitrage vu sa fragilité. Elle bloquera une partie du transfert de chaleur par rayonnement, diminuant ainsi le flux total de chaleur au travers de la fenêtre<sup>18</sup>.



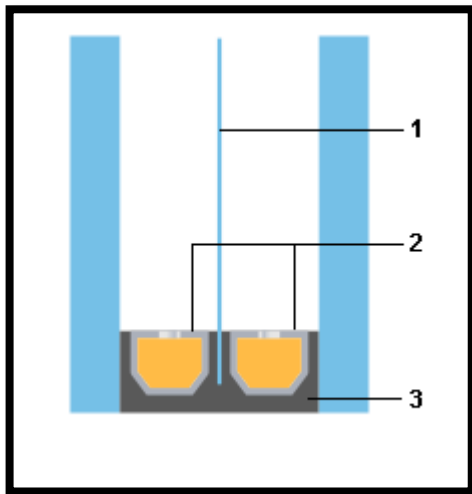
**Figures 25 :** différents emplacements de la couche métallique.

Source [http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10397#dblevitr\\_schema](http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10397#dblevitr_schema)(2015)

<sup>18</sup> -site d'internet <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10397>(2015)

**-Le triple vitrage :** Le vitrage est formé par trois feuilles de verre séparant deux espaces d'air. L'isolation thermique que procure un triple vitrage est meilleure que celle d'un double vitrage. Mais le triple vitrage est rarement appliqué, car sa forte épaisseur et son poids élevé ne s'adaptent pas aux menuiseries classiques.

Une variante consiste en un double vitrage avec un ou plusieurs films plastiques tendus dans l'espace d'air, de façon à avoir plusieurs lames d'air en série sans augmenter le poids du vitrage<sup>19</sup>.



1-Film tendu.

2-Espaceur métallique.

3-Mastic thermosoudable.

**Figure 26 :** triple vitrage. Source [http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10397#dblevitr\\_schema](http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10397#dblevitr_schema)(2015)

### **-Le vitrage isolant acoustique :**

Le principe des vitrages dissymétriques est le suivant : on utilise au sein d'un même vitrage des verres d'épaisseur suffisamment différente de sorte que chacun d'eux puisse masquer les faiblesses de l'autre lorsqu'il atteint sa fréquence critique.

La figure suivante compare les spectres d'isolation acoustique d'un double vitrage classique et d'un double vitrage dissymétrique<sup>19</sup>.

### **B-vitrage réfléchissant**

### **C-vitrage absorbant**

### **D-vitrage renforcé mécaniquement**

#### **2-2-6-1-Les interactions entre les facteurs :**

Les souhaits de l'utilisateur varient selon les périodes de l'année et sont contradictoires. En effet :

En hiver, il désire maximiser les gains solaires, et donc avoir une transparence maximale au rayonnement solaire (TL et FS élevés).

---

<sup>19</sup> -site d'internet <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10397>(2015)

## Chapitre III : le soleil et les ouvertures

En été, il désire limiter au maximum les gains de chaleur (FS faible) qui sont la cause de surchauffe, tout en assurant un éclairage suffisant des locaux (TL élevé).

Le graphique ci-dessous montre les différentes combinaisons possibles des valeurs TL et FS des vitrages.

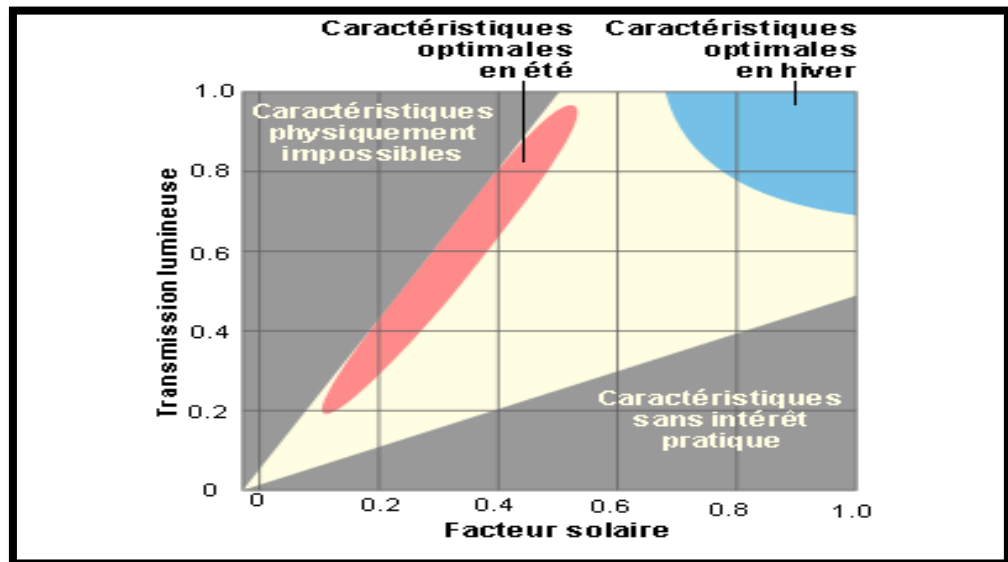


Figure 27 : Les interactions entre les facteurs.

Source [http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10397#dblevitr\\_schema\(2015\)](http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10397#dblevitr_schema(2015))

- La zone supérieure grise :  
Correspond aux combinaisons de TL et FS qu'il n'est pas possible d'atteindre, le facteur solaire n'étant jamais inférieur à la moitié de la transmission lumineuse.
- La zone inférieure grise :  
Correspond aux combinaisons qui présentent peu d'intérêt, le facteur solaire FS étant élevé (apports énergétiques importants) et transmission lumineuse TL faible (peu d'apports lumineux).
- La zone centrale claire :  
Correspond aux caractéristiques qu'il est théoriquement possible de réaliser, certaines zones présentant plus d'intérêt selon les périodes de l'année.<sup>19</sup>

### 3-La relation entre les ouvertures et les rayonnements solaires :

- Etude 01: Dans l'étude qui était déjà faite par Byung Heelee, Sun Sook kim, young Huncho, Yoonbok Seong, Myoung Souk yeq et Kwang Wookim (A study on energy consumption of effect buildings with variation fenestration design in Seoul) ils ont trouvé que:

-Orientation Sud: si le WWR augmente, la consommation de l'énergie augmente avec un SHGC réduit.

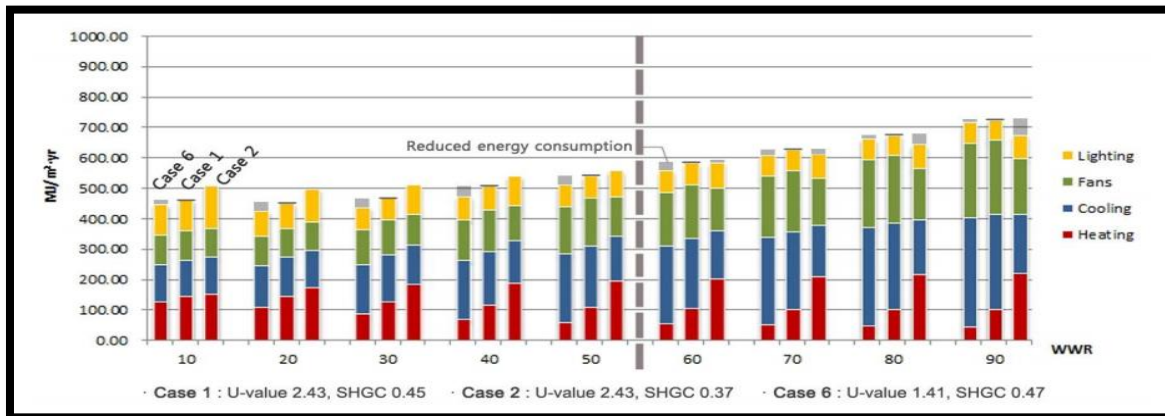


Figure 28 : la consommation de l'énergie annuelle par rapport à l'orientation ouest.

Source: Byung Heelee, Sun Sook kim, young Huncho, Yoonbok Seong, Myoung Souk yeq et Kwang

-Orientation Est et Ouest : si le SHGC augmente la consommation énergétique augmente avec une valeur de U constante. et lorsque la valeur de U augmente la consommation énergétique augmente doucement à cause des gains solaires.

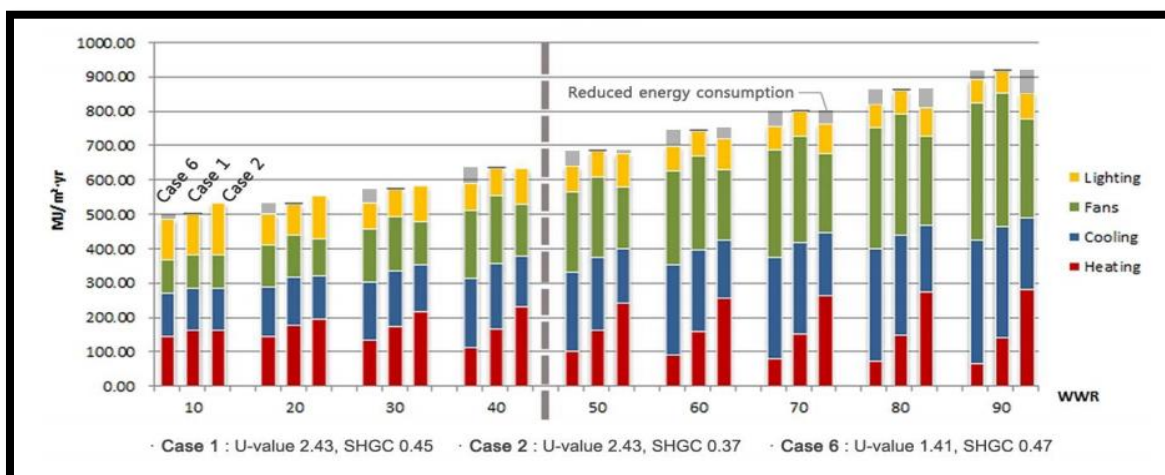
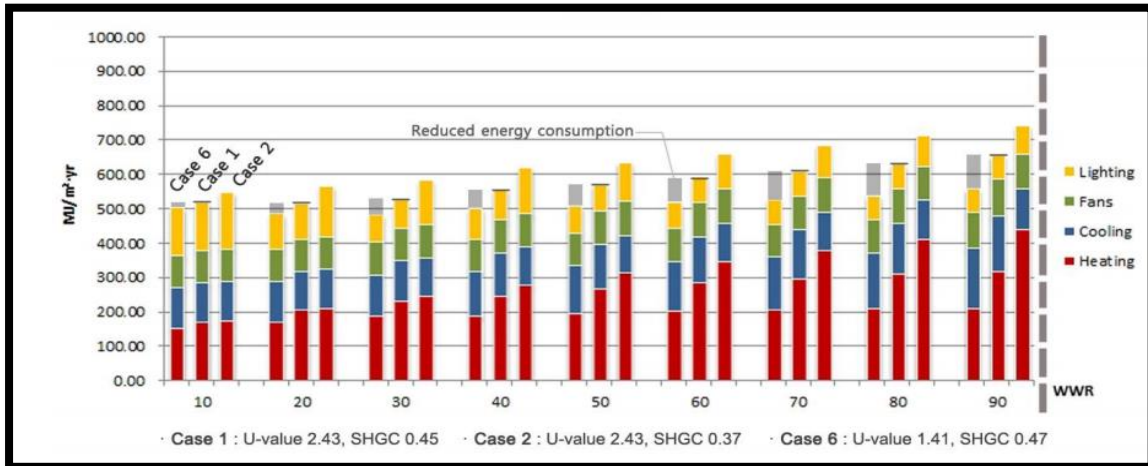


Figure 29 : la consommation de l'énergie annuelle par rapport à l'orientation Sud.

Source: Byung Heelee, Sun Sook kim, young Huncho, Yoonbok Seong, Myoung Souk yeq et Kwang

-Orientation Nord : cette orientation n'est pas exposée au soleil donc la valeur de U c'est le paramètre primordial qui a un impact sur la consommation énergétique.



**Figure 30** : la consommation de l'énergie annuelle par rapport à l'orientation Nord.

Source: Byung Heelee, Sun Sook kim, young Huncho, Yoonbok Seong, Myoung Souk yeq et Kwang

- Etude 02: c'est une étude qui était faite par K. Ahmada, A. F. Rafiqueb, S. Badshaha, M. Imrana (effect of windows area reduction and glazing type on energy consumption of residential buildings in Islamabad) ils ont conclut que:

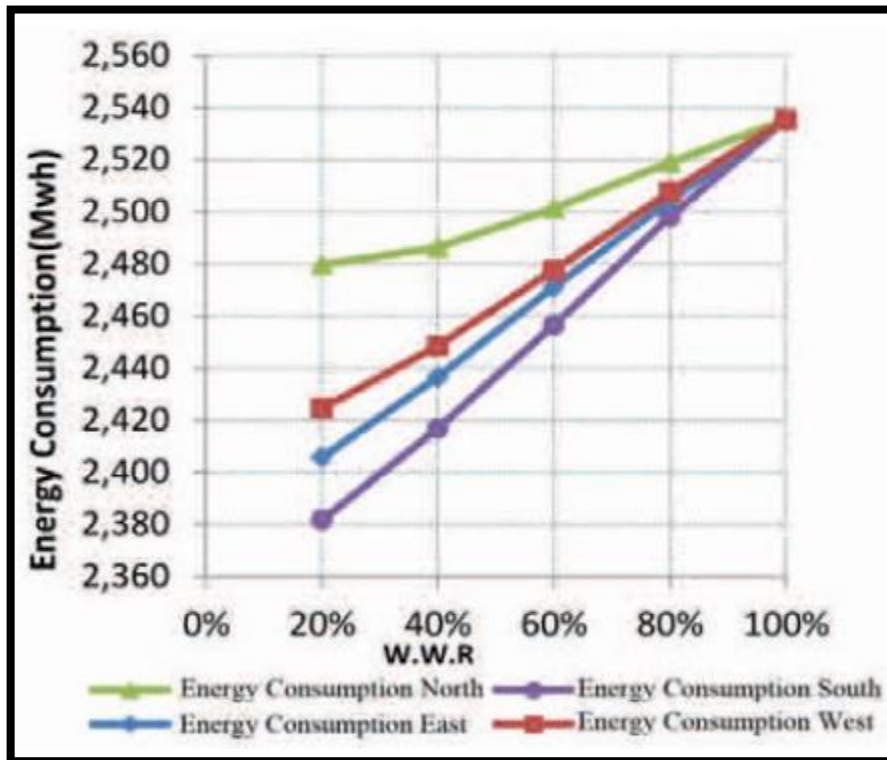
-la réduction de la taille de fenêtres de (6x5 a 5x4) peut diminuer la consommation électrique utilisée pour la climatisation jusqu'à 7,2% (Est WWR=0%, Ouest =17,50%, Sud=27%, Nord=22,40%).

-l'utilisation de double vitrage peut conserver 5,9% de l'énergie électrique utiliser pour la climatisation.

- Etude 03 : le groupe de Mohammad Mehdi Ghiai, Mojtaba Mahdavinia, Fariba Parvane, Sorour Jafarikhah dans leur article (relation between energy consumption and window to wall ratio in high-rise office buildings in Tahrn)(2014) ils ont obtenus des résultats comme suit :

-le WWR optimal pour les façades Sud et Nord est 40% et pour les façades Est et Ouest est entre 20% à 40% (moyen 30%).

-le WWR de Nord, Sud, Est et Ouest diminue la consommation énergétique comme suit : 2%, 7%, 5%, 4% respectivement.



**Figure 31:** la consommation totale de l'énergie en fonction de WWR et l'orientation à Tehran.

Source: Mohamed Mahdi ghiai, Mojtaba mahdavinia, Fariba parvane, Jafarikhah sorour (2014)

- Etude 04 :Le groupe de Mohammad Mahdi Tahmasebi, Saeed Banihashemi, Mahmoud Shakouri Hassanabadi dans l'étude de (assessment of the variation impact of window on energy consumption and carbon footprint )(2011) ils ont trouvé que :

-le gaz utilisé dans le double et le triple vitrage n'a pas un grand impact sur la consommation énergétique dans un climat tropique.

-A partir des résultats obtenus, l'augmentation de ratio a 41% n'a pas une grande différence par rapport le ratio de 34% vis-à-vis la consommation énergétique dans le climat tropique.

Tableau des résultats de simulation



Code	Area %	Orientation	Annual Energy kWh	Energy per m2 kWh/m2	Carbon footprint kg CO2/year	Code	Area %	Orientation	Annual Energy kWh	Energy per m2 kWh/m2	Carbon footprint kg CO2/year
PVC 4-16-4 Clear Glass Air	16%	South	9673	171.96	2602	PVC 4-16-4 Clear Glass Argon	16%	South	9666	171.84	2600
		West	9778	173.83	2631			West	9772	173.72	2629
		North	9588	170.45	2579			North	9584	170.38	2578
		East	10694	190.12	2878			East	10691	190.06	2877
	25%	South	10060	178.84	2707		25%	South	10053	178.72	2705
		West	10139	180.25	2728			West	10131	180.11	2726
		North	9927	176.48	2671			North	9921	176.37	2669
		East	11577	205.81	3116			East	11568	205.65	3114
	34%	South	10446	185.71	2811		34%	South	10433	185.48	2808
		West	10495	186.58	2824			West	10486	186.42	2822
		North	10265	182.49	2762			North	10252	182.26	2759
		East	12448	221.3	3352			East	12437	221.1	3349
41%	South	10745	191.02	2892	41%	South	10730	190.76	2888		
	West	10771	191.48	2899		West	10768	191.43	2898		
	North	10527	187.15	2833		North	10522	187.06	2832		
	East	13124	233.32	3534		East	13120	233.24	3533		
PVC 4.12-4-12- 4 Coating Air	16%	South	9336	165.97	2511	PVC 4.12-4-12- 4 Coating Argon	16%	South	9332	165.9	2510
		West	9469	168.34	2547			West	9467	168.3	2547
		North	9294	165.23	2500			North	9287	165.1	2498
		East	9930	176.53	2672			East	9929	176.52	2671
	25%	South	9534	169.49	2565		25%	South	9528	169.39	2563
		West	9654	171.63	2597			West	9650	171.56	2596
		North	9467	168.3	2547			North	9461	168.2	2545
		East	10379	184.52	2793			East	10372	184.39	2791
	34%	South	9730	172.98	2618		34%	South	9722	172.84	2616
		West	9836	174.86	2646			West	9831	174.77	2645
		North	9638	171.34	2593			North	9632	171.24	2591
		East	10822	192.39	2913			East	10814	192.25	2910
41%	South	9881	175.66	2658	41%	South	9871	175.48	2656		
	West	9980	177.42	2685		West	9971	177.26	2683		
	North	9770	173.69	2628		North	9761	173.53	2626		
	East	11165	198.49	3005		East	11155	198.31	3002		

**Figure 32:** la consommation totale de l'énergie en fonction de type de vitrage.

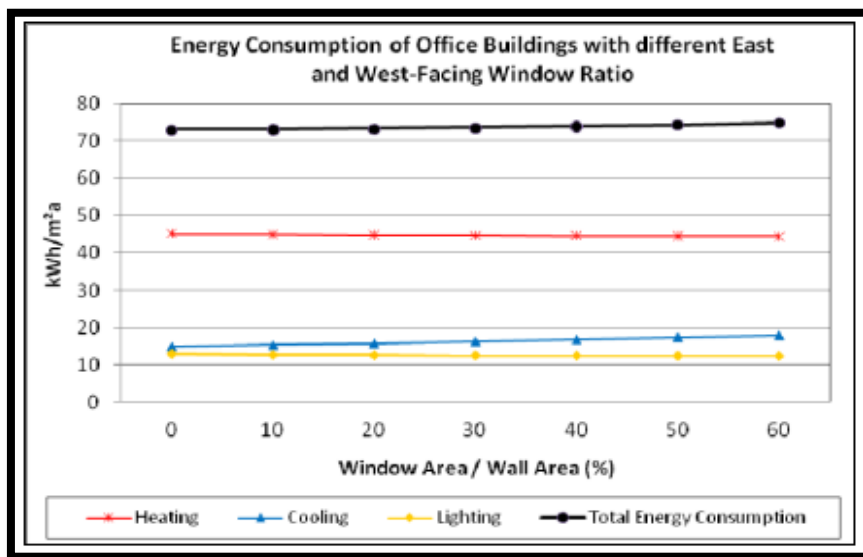
Source: Mohammad Mahdi Tahmasebi et al (2014)

- Etude 05 : L'étude de Farshad Nasrollahi (window area in office buildings from the viewpoint of energy efficiency in Tahren) a montré que le WWR dans toutes les orientations et le type d'occultation ont une influence sur le chauffage, la ventilation, l'éclairage naturel et la consommation totale de l'énergie dans un bâtiment à usage bureau, l'étude a donné les résultats suivant :



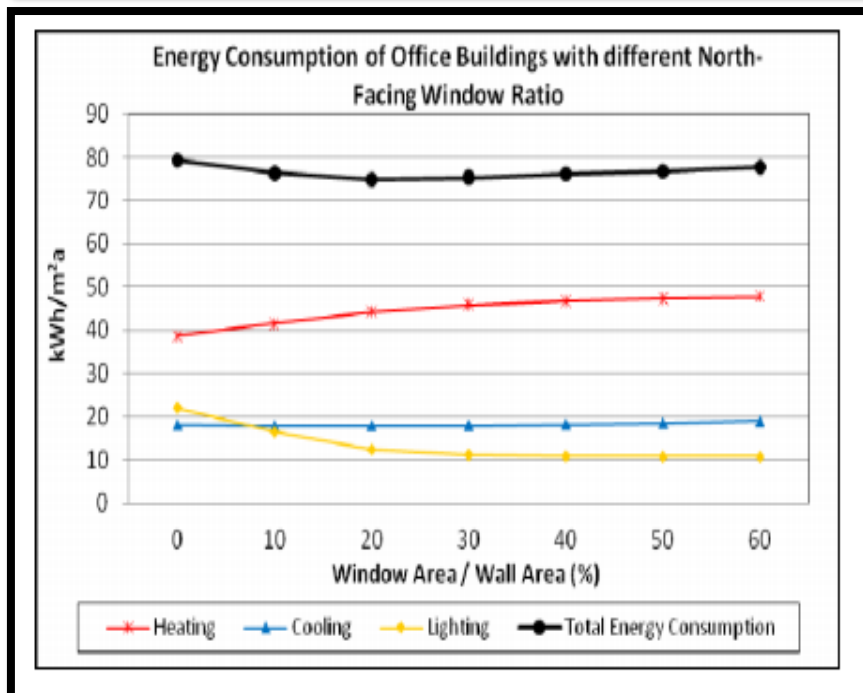
## Chapitre III : le soleil et les ouvertures

- -pour les bâtiments qui ont le même ratio dans toutes les orientations sans occultation, le ratio optimal pour le chauffage, ventilation et l'éclairage est 80% de Sud, 10% Est et Ouest et 40% de Nord.
- Pour la réduction de la consommation énergétique totale le ratio optimal est de 50%.
- - pour les bâtiments avec des stores extérieurs, le ratio optimal pour le chauffage, ventilation et l'éclairage est 80% de Sud, 10% Est et Ouest et 50% Nord.
- -pour les bâtiments de ratio différent et des orientations différentes, le ratio optimal pour la façade Sud, Nord, Est et Ouest est 60%, 20-30% et 10% respectivement.



**Figure 33:** la consommation totale de l'énergie en fonction de l'orientation Est et Ouest.

Source: Farshad Nasrollahi



**Figure 34:** la consommation totale de l'énergie en fonction de l'orientation Nord.

Source: Farshad Nasrollahi

### 4-Tableau récapitulatif sur les études effectuées:

<b>Etude</b>	<b>Conditions climatiques</b>	<b>Les variables</b>	<b>Résultats</b>
De Byung Heelee, Sun Sook kim, young Huncho, Yoonbok Seong, Myoung Souk yeq et Kwang Wookim	Seoul	-l'orientation -la valeur « U » - SHGC -Le WWR (mur /ouverture)	-Orientation Sud: si le WWR augmente, la consommation de l'énergie augmente avec un SHGC réduit. -Orientation Est et Ouest : si le SHGC augmente la consommation énergétique augmente avec une valeur de U constante. et lorsque la valeur de U augmente la consommation énergétique augmente -Orientation Nord : cette orientation n'est pas exposée au soleil donc la valeur de U c'est le paramètre primordial qui a un impact sur la consommation énergétique.
De K. Ahmada, A. F. Rafiqueb, S. Badshaha, M. Imrana	Islamabad	-l'orientation - le WWR -type de vitrage	-la réduction de la taille de fenêtres de (6x5 a 5x4) peut diminuer la consommation électrique utilisée pour la climatisation jusqu'à 7,2% (Est WWR=0%, Ouest =17,50%, Sud=27%, Nord=22,40%). -l'utilisation de double vitrage peut conserver 5,9% de l'énergie électrique utiliser pour la climatisation.
De Mehdi Ghiai, Mojtaba Mahdavinia, Fariba Parvane,	Tahran	-l'orientation -le WWR	-le WWR optimal pour les façades Sud et Nord est 40% et pour les façades Est et Ouest est entre 20% à 40% (moyen 30%).

## Chapitre III : le soleil et les ouvertures

Sorour Jafarikhah			-le WWR de Nord, Sud, Est et Ouest diminue la consommation énergétique comme suit : 2%, 7%, 5%, 4% respectivement.
De Mohammad Mahdi Tahmasebi, Saeed Banihashemi, Mahmoud Shakouri Hassanabadi	un climat tropical (Malaysia)	-type de vitrage	-le gaz utilisé dans le double et le triple vitrage n'a pas un grand impact sur la consommation énergétique dans un climat tropical.  -A partir des résultats obtenus, l'augmentation de ratio a 41% n'a pas une grande différence par rapport le ratio de 34% vis-à-vis la consommation énergétique dans le climat tropical.
De Farshad Nasrollahi	Tahran	-le WWR -l'orientation	-pour les bâtiments qui ont le même ratio dans toutes les orientations sans occultation, le ratio optimal pour le chauffage, ventilation et l'éclairage est 80% de Sud, 10% Est et Ouest et 40% de Nord.  - pour les bâtiments avec des stores extérieurs, le ratio optimal pour le chauffage, ventilation et l'éclairage est 80% de Sud, 10% Est et Ouest et 50% Nord.  -pour les bâtiments de ratio différent et des orientations différentes, le ratio optimal pour la façade Sud, Nord, Est et Ouest est 60%, 20-30% et 10% respectivement.

**Tableau 2:** Tableau récapitulatif sur les études effectuées.

Source: Auteur

### **Conclusion :**

La production architecturale des édifices ayant une performance correcte vis-à-vis des aspects énergétiques montre que la problématique énergétique doit être intégrée dès les phases primaires de la conception.

La radiation solaire transmise au travers des fenêtres non protégées et des murs transparents donne lieu à une forte augmentation de la température dans le bâtiment.

A cet effet il est indispensable d'utiliser plusieurs recommandations pour éviter les rayonnements solaires et éviter la surchauffe dans l'espace, parmi ces recommandations :

- Le bon choix de l'orientation.
- L'utilisation de différents types d'occultations (fixe ou mobile) en fonction de l'orientation (horizontal au Sud verticale à Est et l'Ouest) ou bien des stores extérieurs.
- L'utilisation de différents type de vitrage qui ont une valeur de « U » réduite et un SHGC très réduit pour réduire la pénétration des rayonnements solaires direct de l'été à l'intérieur de l'espace.



# Chapitre IV

L'impact de l'orientation

### **Introduction :**

L'orientation d'un édifice répond à sa destination : les besoins en lumière naturelle, l'intérêt d'utiliser le rayonnement solaire pour chauffer le bâtiment ou, au contraire, la nécessité de s'en protéger pour éviter la surchauffe, l'existence de vents pouvant refroidir le bâtiment en hiver ou le rafraîchir en été, sont autant de paramètres importants dans le choix de l'orientation<sup>1</sup>.

Les études précédentes ont démontré que les effets de l'orientation sur le climat intérieur des pièces étaient déterminés par une combinaison de nombreux facteurs relatifs à la conception et la réalisation des bâtiments<sup>2</sup>.

Le choix d'une orientation est soumis d'après GIVONI, 1978 à de nombreuses considérations, cependant la position de la façade par rapport au soleil et au vent affecte l'ambiance intérieure. Une orientation adaptée aux contraintes du bâtiment permet ainsi de réduire les consommations de chauffage et d'éclairage.

Une revue générale sur les techniques passives de contrôle de l'ensoleillement, déjà employées dans l'architecture traditionnelle et contemporaine. Ces techniques peuvent apporter des réponses, à prendre en compte dans l'amélioration des conditions de confort intérieure.

### **1-Définition :**

L'orientation est la disposition d'un bâtiment ou d'un aménagement urbain par rapport aux éléments d'un site ou au point cardinal (BRUNET et AL, 1992 p.163).

L'orientation d'un bâtiment est la direction vers laquelle sont tournées ses façades. C'est- à-dire la direction perpendiculaire à l'axe des blocs<sup>2</sup>.

Le choix de l'orientation d'après GIVONI. B (1980) est soumis à de nombreuses considérations, telles que :

- La vue
- La position par rapport aux voies
- La topographie du site
- La position des sources des nuisances et la nature du climat (facteurs climatiques ; Les radiations solaires et le vent.

### **2-Les Classes d'orientations :**

Dans le climat méditerranéen, où le soleil est souvent présent dans le ciel, c'est l'orientation qui définit la quantité d'énergie solaire incidente sur une paroi verticale, et cette quantité d'énergie est la principale cause de l'exigence de protection solaire<sup>3</sup>.

Selon une étude menée par le groupe ABC de Marseille et à partir des deux critères:

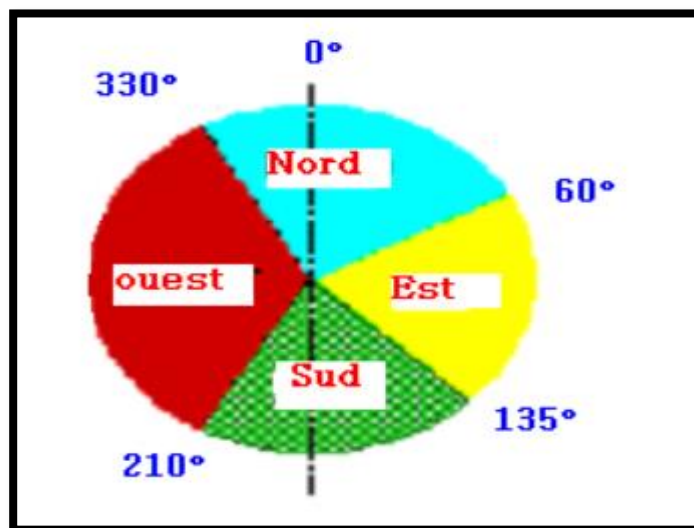
---

<sup>1</sup> - ALAIN LIEBARD & ANDRE DE HERDE, 2005, p.64a

<sup>2</sup> - GIVONI.B – L'homme, L'architecture Et Le Climat- édition le moniteur. Paris, 1978. page244.

<sup>3</sup> - Groupe ABC : «ProtecSolWeb », [En ligne] <http://www.marseille.archi.fr/~abc/Textes/ProtecSolWeb.PDF>

- Quantité d'énergie solaire incidente sur la paroi,
  - Concomitance des moments où l'énergie incidente et la température d'air sont maximales,
- Il est possible de répartir les orientations sur un cercle en quatre classes: NORD, EST, SUD et OUEST, comme le montre la figure (1):



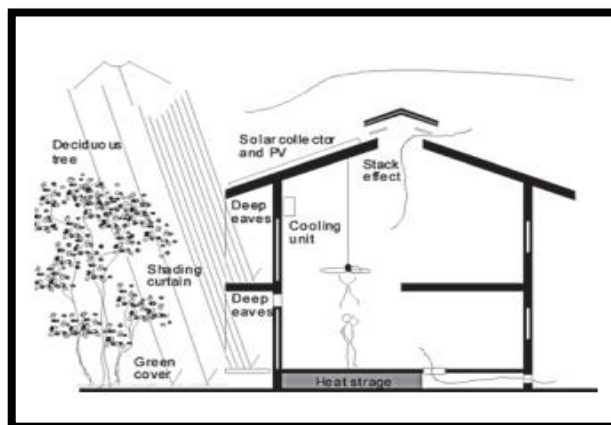
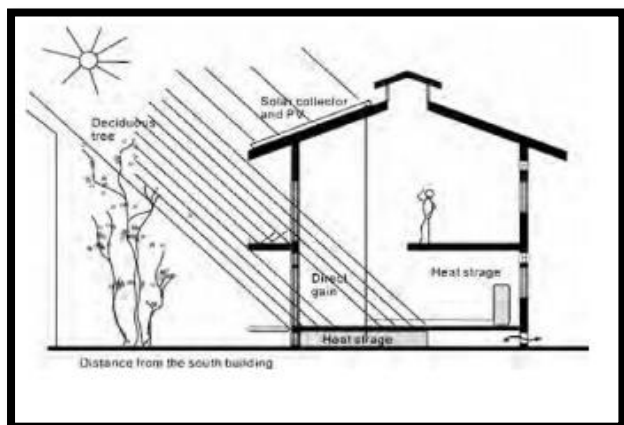
**Figure 01** : Classes d'orientations pour le climat méditerranéen en été.

Source : groupe ABC, [Internet], 2005

- Les pièces orientées à l'est bénéficient du soleil le matin mais la lumière est difficile à maîtriser car les rayons sont bas sur l'horizon. L'exposition solaire y est faible en hiver mais, en été, elle est supérieure à l'orientation sud, ce qui est peu intéressant<sup>4</sup>.
- Les pièces orientées à l'ouest présentent des caractéristiques identiques : possibilité d'inconfort visuel par éblouissement et surexposition en été. De plus, en été, ces pièces étant exposées à un rayonnement solaire intense qui s'additionne aux températures déjà élevées en fin de journée, il devient difficile de contrôler les surchauffes<sup>4</sup>.
- Les pièces orientées au nord bénéficient toute l'année d'une lumière égale et du rayonnement solaire diffus. Pendant l'été, elles peuvent souffrir d'un rayonnement direct au petit matin et en soirée car le soleil est bas et ses rayons provoquent un éblouissement difficile à contrôler<sup>4</sup>.
- Les pièces orientées au sud bénéficient d'une lumière plus facile à contrôler et d'un ensoleillement maximal en hiver et minimal en été. En effet, en hiver, le soleil bas pénètre profondément dans la maison tandis qu'en été, la hauteur solaire est plus élevée et la pénétration du soleil est donc moins profonde. Le sud est l'orientation qui permet le meilleur contrôle passif de l'ensoleillement<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> - ALAIN LIEBARD & ANDRE DE HERDE, 2005p.64a



Figures 02 : les rayonnements solaires en hiver et en été. Source: bioclimatic housing p199 Edited by Richard Hyde

### 3-Orientation d'une paroi verticale :

L'azimut de la paroi verticale suivant l'orientation est déterminée suivant le tableau (1), l'azimut égale à 0° pour l'orientation Sud, elle est négative à l'Est et positif à l'ouest<sup>5</sup>.

Tableau 01 : Azimut de la paroi verticale suivant l'orientation.

Source : C.N.E.R.I.B, 1998.p199

Orientation	Azimut (degrés)	Orientation	Azimut (degrés)
N	-180	N	180
NNE	-157.5	NNO	157.5
NE	-135	NO	135
ENE	-112.5	ONO	112.5
E	-90	O	90
ESE	-65.5	OSO	65.5
SE	-45	SO	45
SSE	-22.5	SSO	22.5
S	0	S	0

### 4-La forme et l'orientation :

Du point de vue de la consommation d'énergie, la forme optimale pour une construction est celle qui permet un minimum de gains solaires en été et un maximum de gains solaires en hiver. A ce titre il faut souligner les performances thermiques indéniables que représente la construction de forme compacte. Une forme "compacte" est plus économe en énergie qu'une forme "éclatée", puisque les déperditions sont proportionnelles à la surface d'échange entre l'intérieur chauffé et l'extérieur froid.

Le "coefficient de forme" Le coefficient de forme, ou compacité, mesure le rapport de la surface

<sup>5</sup> - mémoire de magistère de ( Née Louafi ) Samira, intitulée(Impact de l'orientation sur le confort thermique intérieur dans l'habitation collective. Cas de la nouvelle ville Ali Mendjeli Constantine) p 120



de l'enveloppe déperditive au volume habitable ( $m^2/m^3$ ). Il permet de qualifier les volumes construits en indiquant leur degré d'exposition aux conditions climatiques ambiantes.

La compacité est un critère d'évaluation thermique intéressant mais délicat à appliquer car il dépend de plusieurs facteurs. La figure 3 propose, à partir d'une analyse purement géométrique, de comparer la variation de la compacité par rapport à :

- la forme (à volume constant),
- la taille (à forme constante),
- au mode de contact (à forme et volume constants) <sup>6</sup>.

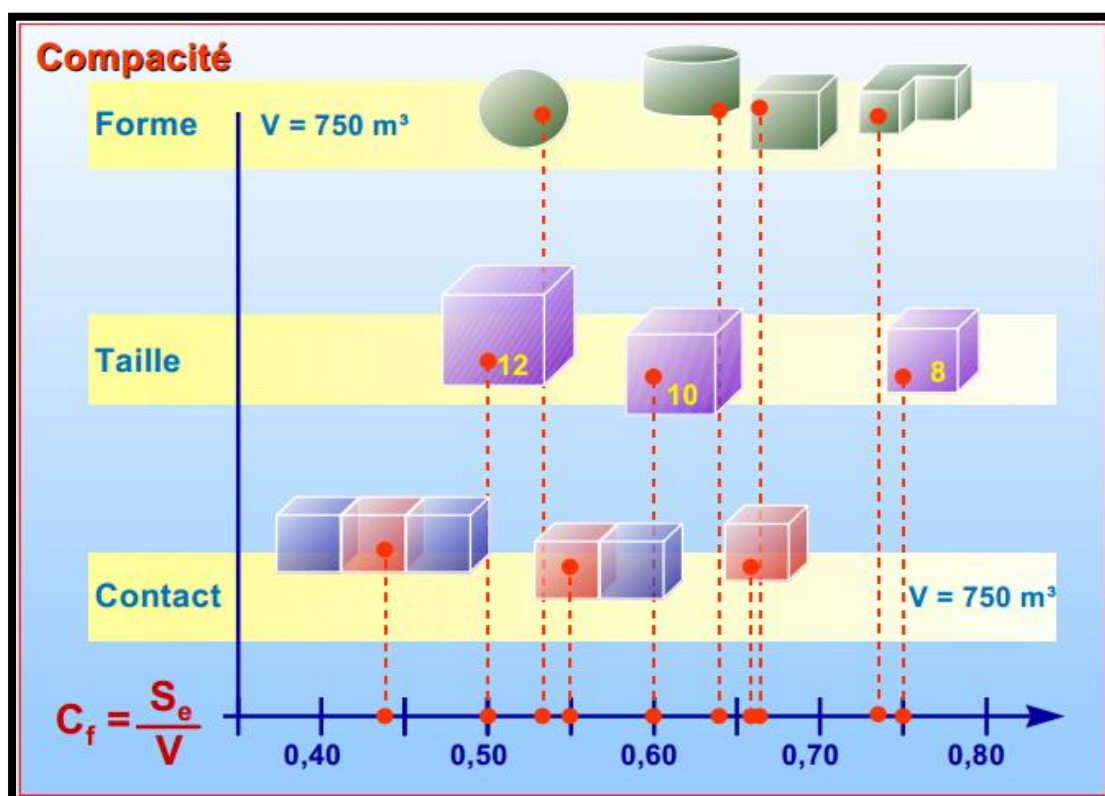


Figure 03 : La compacité varie suivant la forme, la taille et le mode de contact des volumes construits. Source : ALAIN LIEBARD & ANDRE DE HERDE, 2005, p.64a.

<sup>6</sup> - ALAIN LIEBARD & ANDRE DE HERDE, 2005, p.64a, p.64a

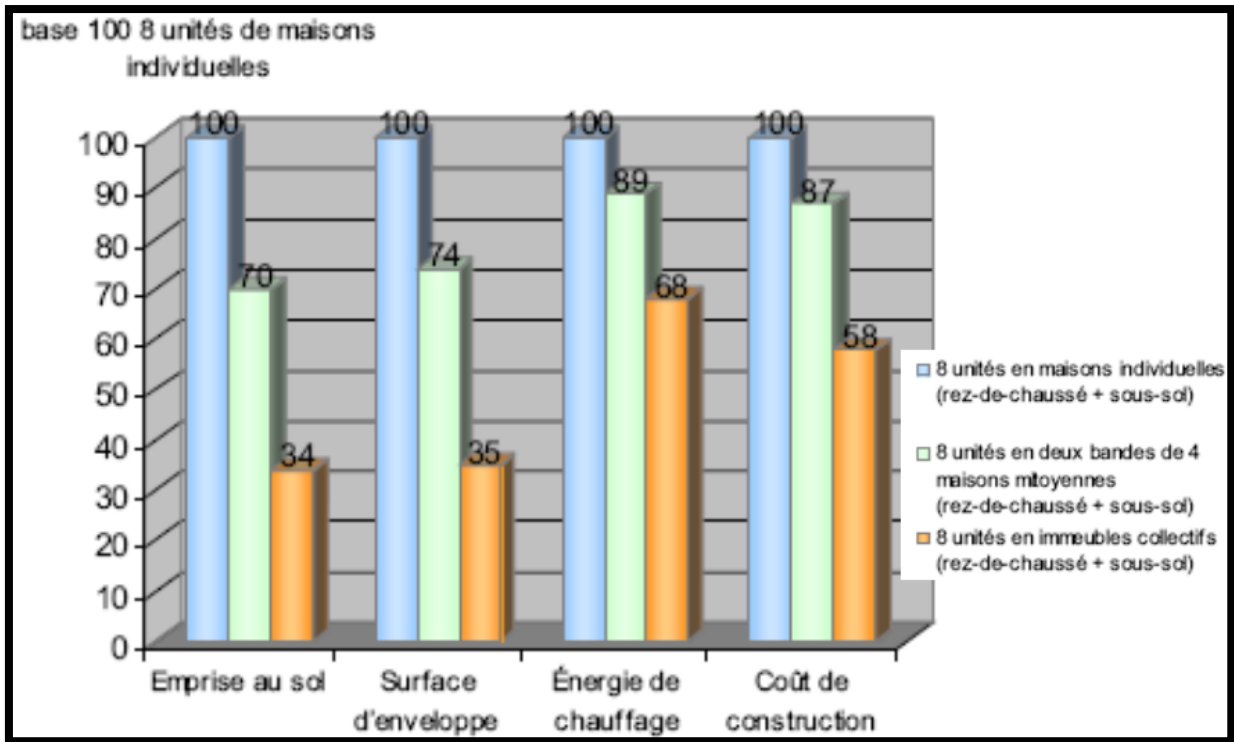


Figure 04 : L'impact de la compacité. Source : cours de Pr.mazouz Saïd 2012.

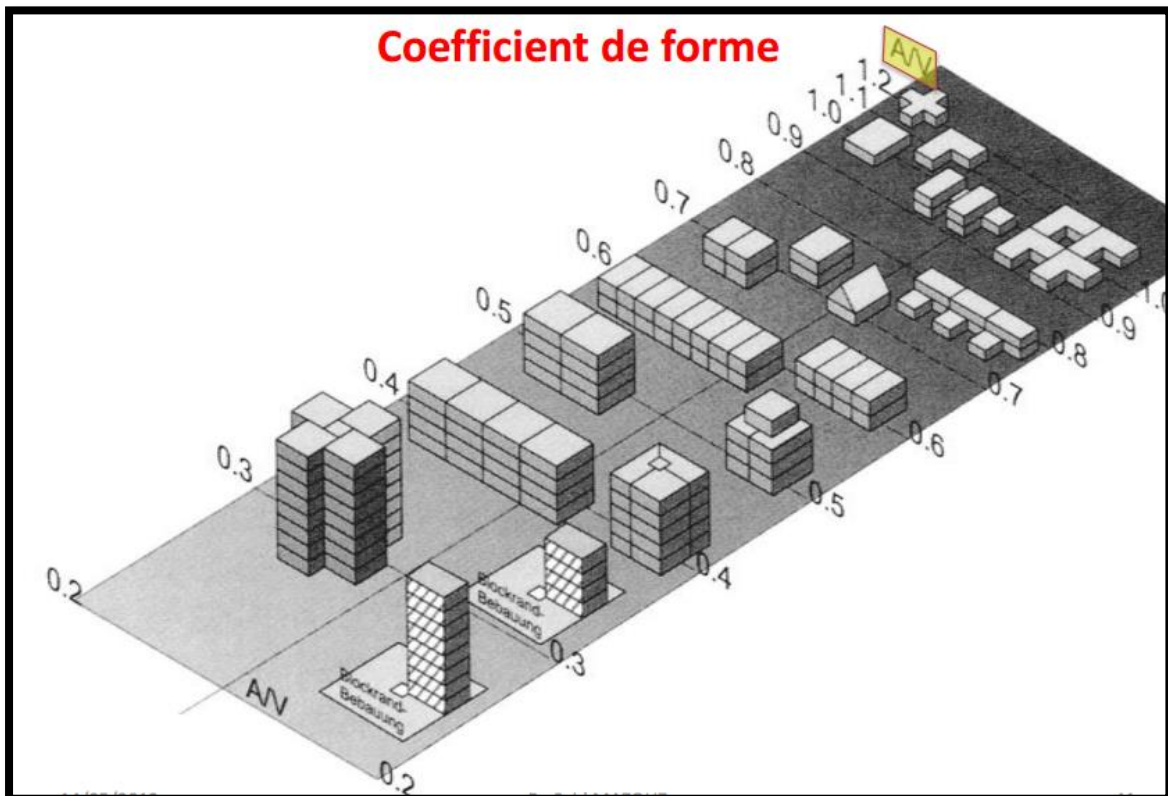
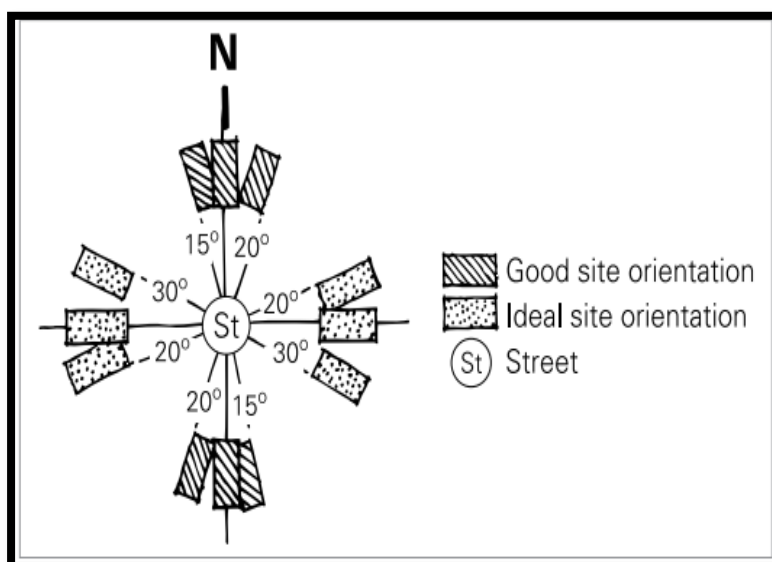


Figure 05 : L'impact de la compacité. Source : cours de Pr.mazouz Saïd 2012.

Dans son livre *design with climate* (1967), OLGYAY décrit une approche air soleil en rapport avec l'orientation dans laquelle une différence autant de 3°C dans température de l'air dans un bâtiment entre la plus mauvaise et meilleure orientation.

Les recommandations énoncées par V. OLGYAY, dans son livre « *design with climat* » et qui résume les trois principes suivants :

- Le carré n'est pas la forme optimale quelle que soit la localisation de la construction.
- Toutes les formes allongées dans la direction Nord-sud sont moins efficaces que la forme carrée, aussi bien en hiver qu'en été.
- Il existe une forme optimale générale donnant les meilleurs résultats dans chaque cas, et pour tous les climats, c'est la forme allongée dans la direction EST-OUEST.



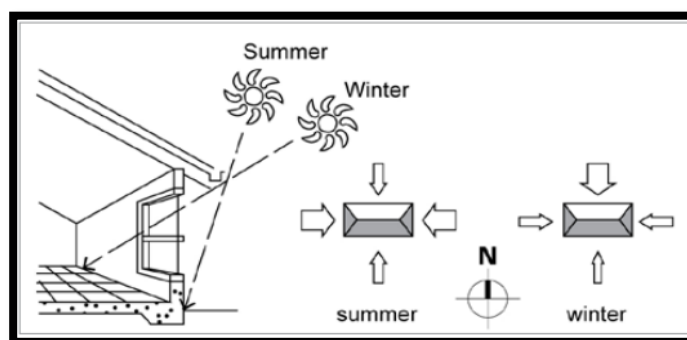
**Figure06** : bâtiments et orientation des fenêtres Allonger les bâtiments à l'Est /Ouest pour maximiser les fenêtres au nord/sud. Source : [http://www.yourhome.gov.au/passive-design/orientation\(2015\)](http://www.yourhome.gov.au/passive-design/orientation(2015)).

### 4-1-L'Orientation et les rayonnements solaire :

La quantité de rayonnement indirect tombant sur une surface est presque indépendante de l'orientation extérieure tandis que le rayonnement direct (figure 07) dépend fortement de l'orientation<sup>7</sup>.

**Figure 07** : Intensité Du Rayonnement Solaire selon les solstices.

Source : [http://www.yourhome.gov.au/passive-design/orientation\(2015\)](http://www.yourhome.gov.au/passive-design/orientation(2015)).



<sup>7</sup> - -Site Internet [en ligne] [www.squ1.com](http://www.squ1.com),

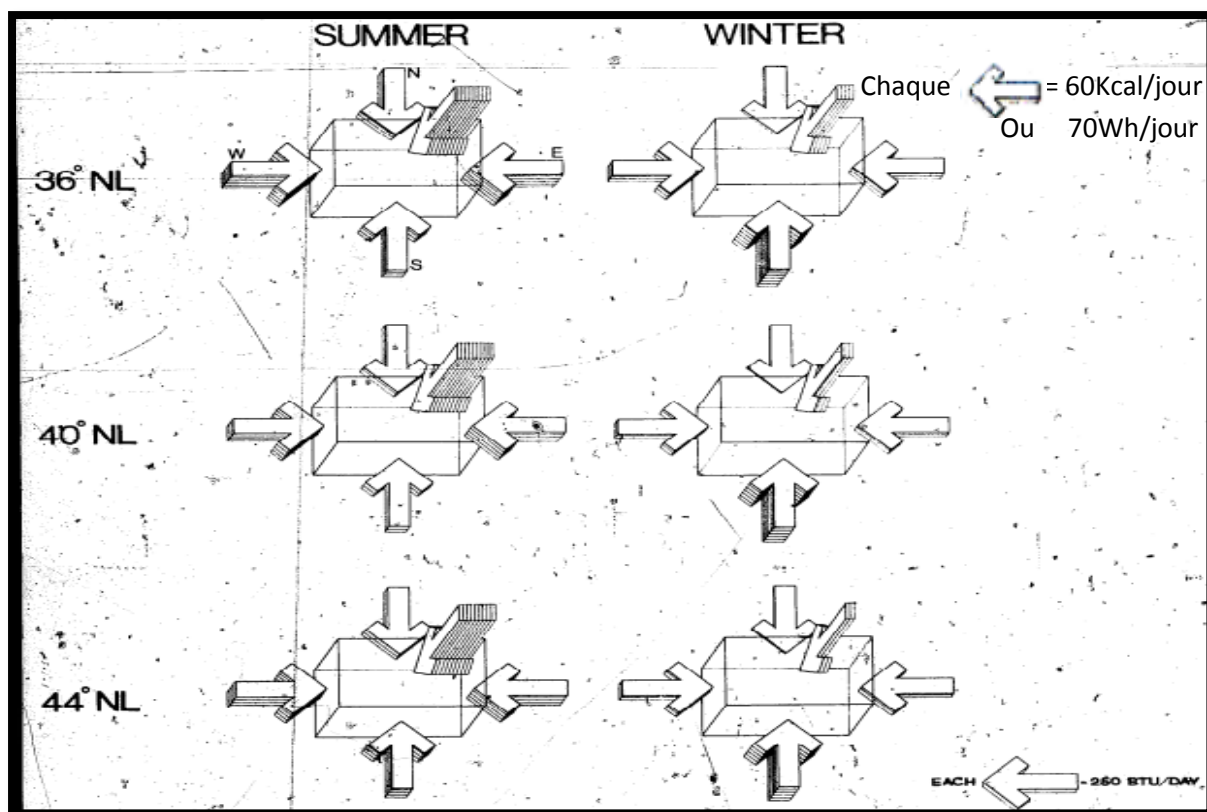


Figure08 : Intensité Du Rayonnement Solaire Sous Différentes Latitudes. Source : MAZRIA. ed, 1981.

MAZRIA a déduit que :

- Les intensités du rayonnement solaire reçu sur chaque paroi de la construction qui concrétise les conclusions D'OLGYAY.V 1963 ; ou la construction qui s'étirant le long d'un axe Est-ouest exposera sa plus grande façade au sud, face aux apports thermiques maximum pendant les mois d'hiver et ses façades les plus réduites EST et OUEST aux apports solaires maximums en été, lorsque la chaleur n'est pas souhaitée pour toutes les latitudes tempérées de l'hémisphère Nord (32° à 56°)
- La façade sud d'un bâtiment reçoit en hiver, près de trois fois plus le soleil que les façades. EST et OUEST
- Ces proportions s'inversent en été, et la façade sud reçoit alors beaucoup moins de soleil que les façades, EST et OUEST ainsi que la toiture
- La façade NORD, reçoit très peu de rayonnement qu'elle que soit la saison.

Pour cela, l'exposition sud est donc idéale pour l'hémisphère Nord.

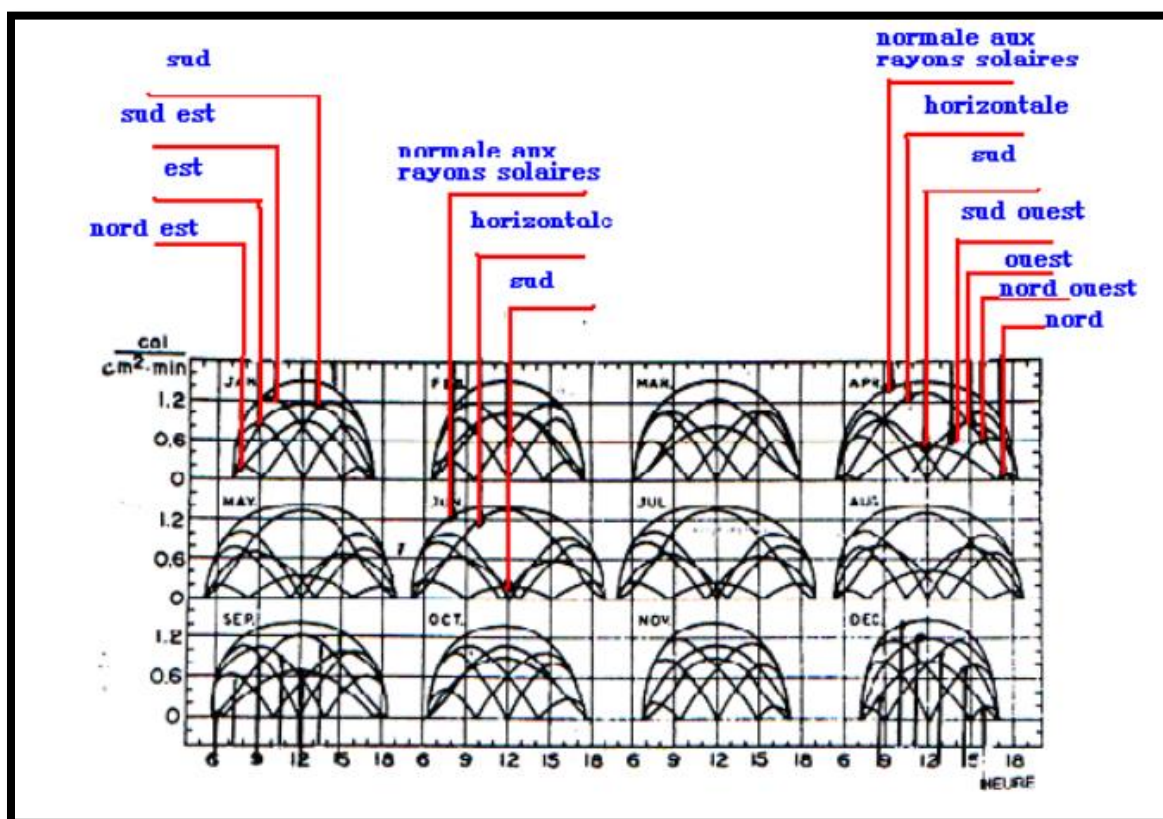


Figure 09 : Variation de l'intensité solaire reçue des surfaces de différentes orientations. Source : GIVONI. B, 1978.

On peut déduire du graphe (figure 09) que :

- 1- Un mur SUD reçoit le rayonnement direct en décembre qu'en juin.
- 2- Un mur NORD ne reçoit le rayonnement direct qu'entre le 21 mars et le 21 septembre.
- 3- La surface horizontale reçoit le rayonnement le plus intense en été mais entre novembre et janvier elle reçoit moins qu'un mur sud, sud-est et sud-ouest<sup>7</sup>.

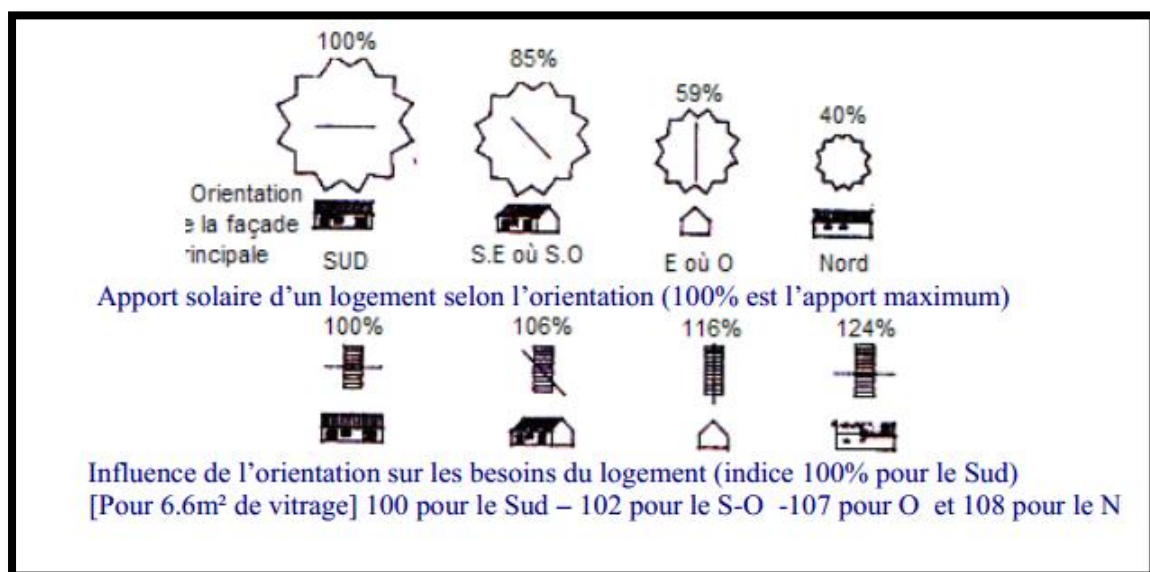
## 4-2-L'orientation optimale :

### 4-2-1-Hiver saison de chauffe :

L'orientation privilégiée est celle qui reçoit le plus fort ensoleillement. La figure (10) présente dans le cas d'un bâtiment à double orientation la réduction de l'ensemble des apports solaires lorsque la façade principale devient sud-est (ou sud-ouest), ou Ouest, et nord. D'après les études faites sur la région Provence alpes côte d'azur en 1988 que jusqu'à 45° vers l'est ou l'ouest, la



perte est limitée à 15% des apports. Ainsi que l'augmentation des besoins du bâtiment, dépend directement de la surface des vitrages<sup>7</sup>.



**Figure10** : Influence de l'orientation sur les besoins du logement. Source : G.R.P.A.C.A, 1988.

### 4-2-2-Eté période de surchauffe :

L'orientation privilégiée est celle qui reçoit le plus faible ensoleillement. Les apports solaires dans ce cas accusent une augmentation sensible. Pour un logement peu vitré sans occultation (6.6m<sup>2</sup> de la façade principale), orienté à 45° ou 90° vers l'Est ou l'ouest, la température moyenne dépasse d'un peu plus de 1°C celle du même logement orienté plein sud. Et les températures maximales sont majorées de 2°C lorsque l'exposition est Ouest<sup>8</sup>.

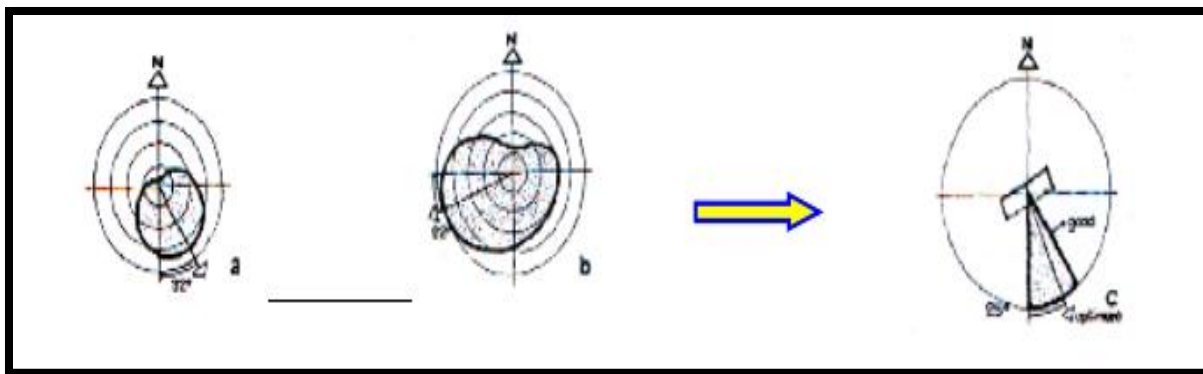
### 4-2-3-Détermination de l'orientation optimale :

Pour déterminer l'orientation optimale (figure 11), on peut suivre la méthode de V. Olgyay, 1967: En traçant les directions du gain radiant maximum pendant les mois froids (a) et les mois chauds(b), il est possible de déterminer l'orientation optimale(c) pour n'importe quel endroit donné<sup>9</sup>.

<sup>7</sup> - mémoire de magistère de Mme Bellara ( Née Louafi ) Samira, intitulée(Impact de l'orientation sur le confort thermique intérieur dans l'habitation collective. Cas de la nouvelle ville Ali Mendjeli Constantine) p 120

<sup>8</sup> - GUIDE POUR LA REGION PROVENCE-ALPES-COTE D'AZUR « conception thermique de l'habitat »EDISUD. France, 1988.page.40

<sup>9</sup>-Olgyay.V –Design with climate- Bioclimatique Approach To Architectural Regionalism- PRINCETON, New Jersey, 1967.



a = totale radiation durant la période froide.

b = totale radiation durant la période chaude.

c = à partir du diagramme un compromis détermine l'orientation optimale.

**Figure11** : Détermination de l'orientation optimale.

Source: OLGYAY .V, 1967.

### 4-3-Effet de l'orientation des façades par rapport au soleil :

#### 4-3-1- Effet de l'orientation sur les températures de surfaces extérieure :

La température de la surface externe (d'après GIVONI.B, 1978) a des grands effets sur :

- les conditions thermiques intérieures,
- La dilatation et la contraction de l'élément de la construction.

La température de la surface extérieure dépend de :

1. La température de l'air ambiant. « Indépendant de l'orientation »
2. L'incidence du rayonnement solaire.

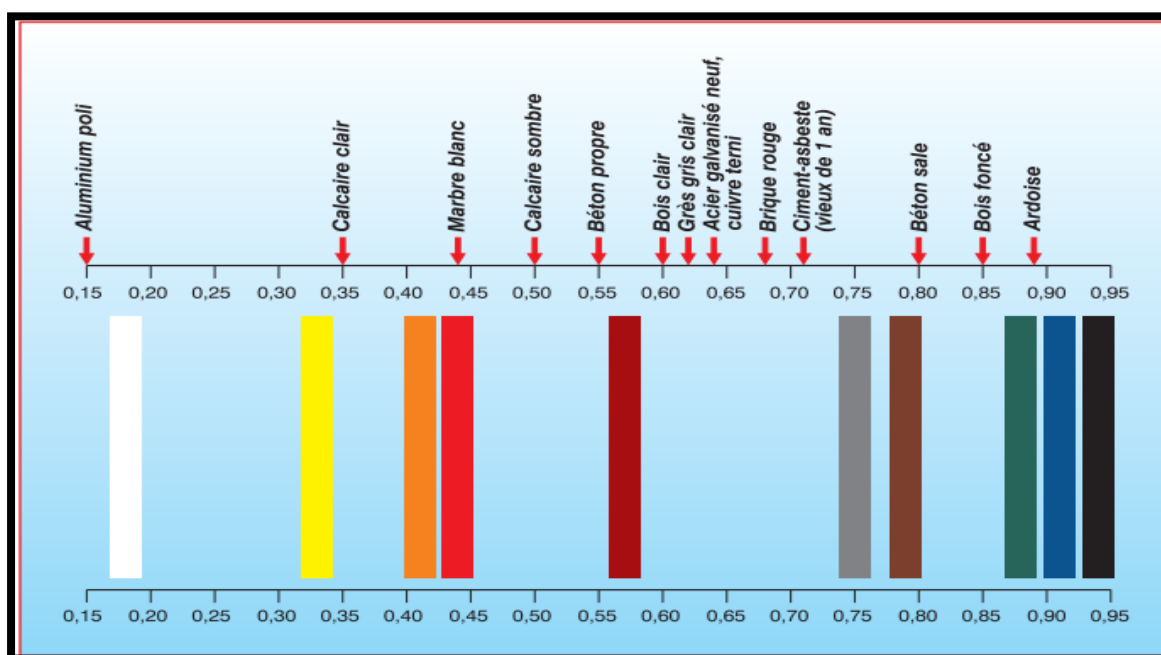
#### 4-3-2- Orientation, couleur et matériaux :

Une partie du rayonnement solaire irradiant une paroi est absorbée et l'autre est réfléchi. La partie absorbée est transformée en chaleur et accumulée dans la masse du matériau. La capacité de réflexion d'un matériau dépend de sa couleur. Plus la couleur est claire, plus la réflexion est importante. A l'inverse, plus la paroi est sombre, plus grande est la capacité d'absorption. En climat chaud, les couleurs claires en façade participent donc de la protection solaire du bâti.

Le coefficient d'absorption  $\alpha$  est le rapport entre l'énergie solaire absorbée et l'énergie solaire incidente. La valeur de  $\alpha$  varie de 0 à 1 ; elle dépend de la couleur. Plus la couleur est sombre, plus  $\alpha$  tend vers 0,9. Une couleur claire correspond, au mieux, à un  $\alpha$  égal à 0,2. Enfin, une surface réfléchissante, comme celle de l'aluminium neuf, a un facteur d'absorption voisin de 0,1.

Les parois Est et Ouest qui reçoivent les ensoleillements les plus importants en été<sup>10</sup>.

<sup>10</sup> - ALAIN LIEBARD & ANDRE DE HERDE, 2005, p.166a.



**Tableau 02 :** Coefficients d'absorption pour différents matériaux et différentes couleurs.  
 Source : ALAIN LIEBARD & ANDRE DE HERDE, 2005

La (figure 12) et la (figure 13) montrent d'après (GIVONI, 1978) l'effet de la couleur externe et l'orientation pour la température de surface externe. D'après une différence de 23° dans les surfaces peintes en gris sous diverses orientations, tandis que pour les murs peints en blanc la différence était inférieure de l'ordre de 3°. Ce qui explique que l'effet thermique de l'orientation fait référence à la couleur externe (facteur d'absorption).

La (figure 12) et la (figure 13) montrent d'après (GIVONI, 1978) l'impact de la couleur sur les températures de surface, où la couleur claire est meilleure quelle que soit l'orientation. Par contre pour une couleur grise ; on remarque une différence de températures suivant l'orientation.

Les (figures 14) et la (figure 15) montrent que les températures de surfaces externes des murs orientés dans différentes orientations et de différentes couleurs d'une zone semi-aride du NEGEV en Israël d'après GIVONI. Ce qui explique que plus que le coefficient d'absorptivité est grand plus que la température de surface est plus importante. Pour cela il faut éviter les couleurs foncées sur les parois soumises à un fort ensoleillement d'été, en particulier lorsqu'il s'agit de la paroi Ouest ou horizontale la figure (16) donne les couleurs suivant l'orientation d'après G.R.P.A.C.A<sup>11</sup>

<sup>11</sup> - GUIDE POUR LA REGION PROVENCE ALPES COTE D'AZUR « Conception Thermique De L'habitat » EDISUD. France, 1988- page.41.



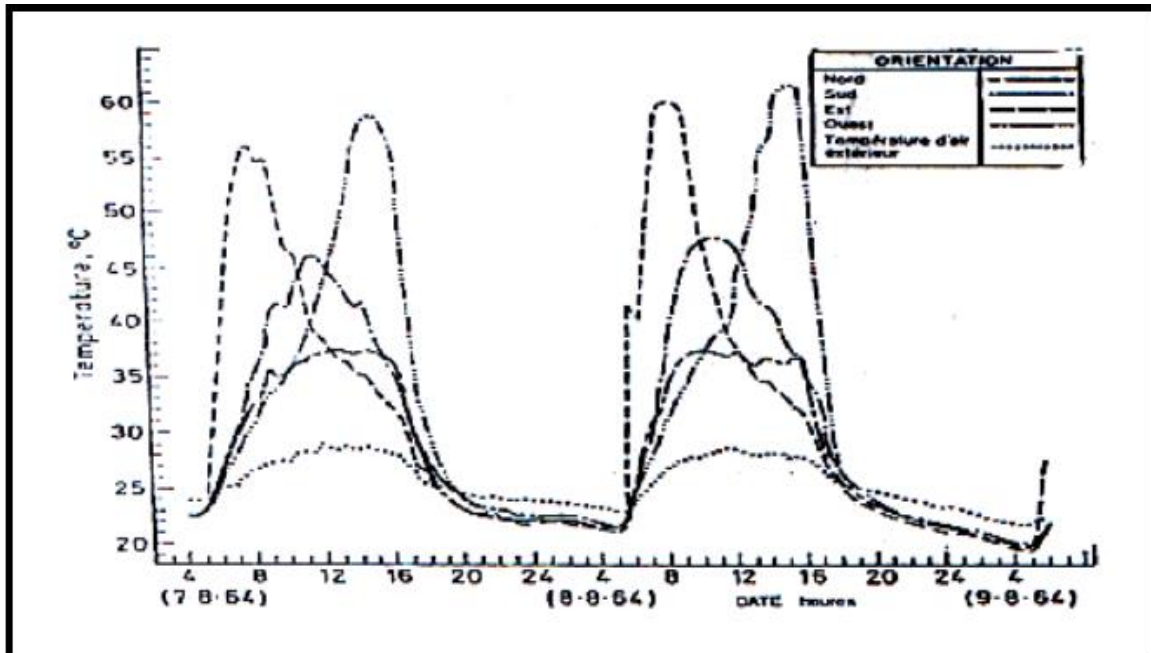


Figure12 : Températures de surfaces externes de murs gris de différentes orientations.  
Source : B. GIVONI, 1978.

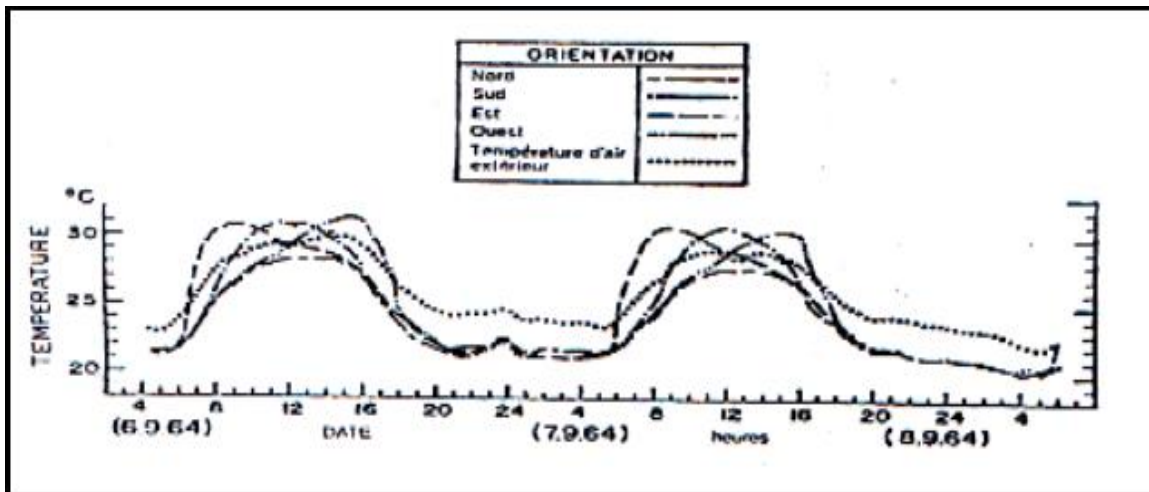


Figure13 : Températures de surfaces externes de murs blancs de différentes orientations.  
Source : B.GIVONI, 1978.

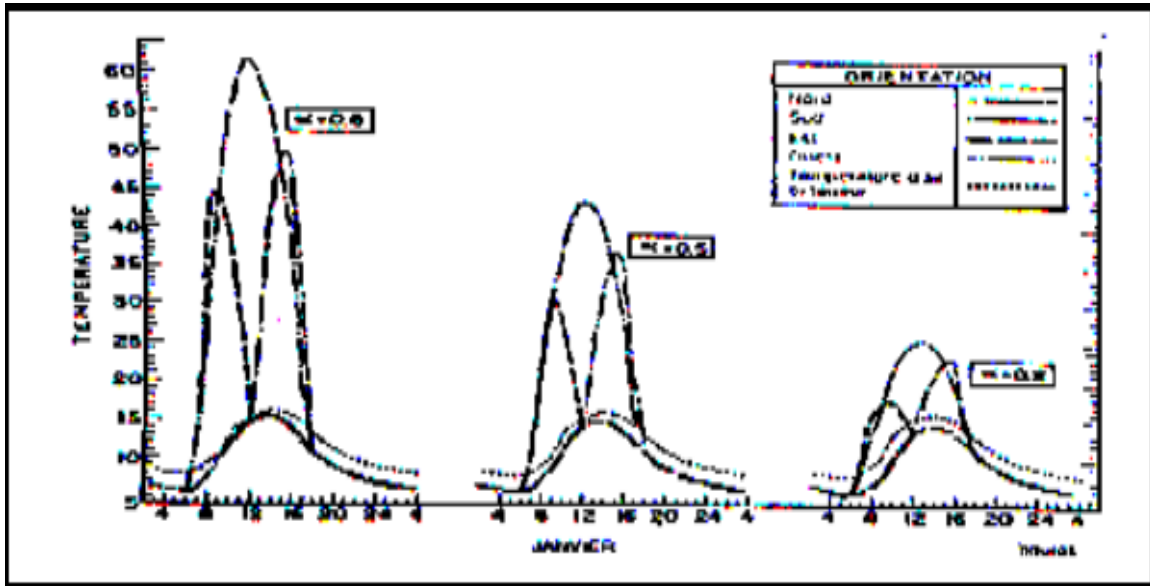


Figure14 : Températures de surfaces externes calculées pour janvier sur des murs de différentes orientations et couleurs externes. Source : B.GIVONI, 1978.

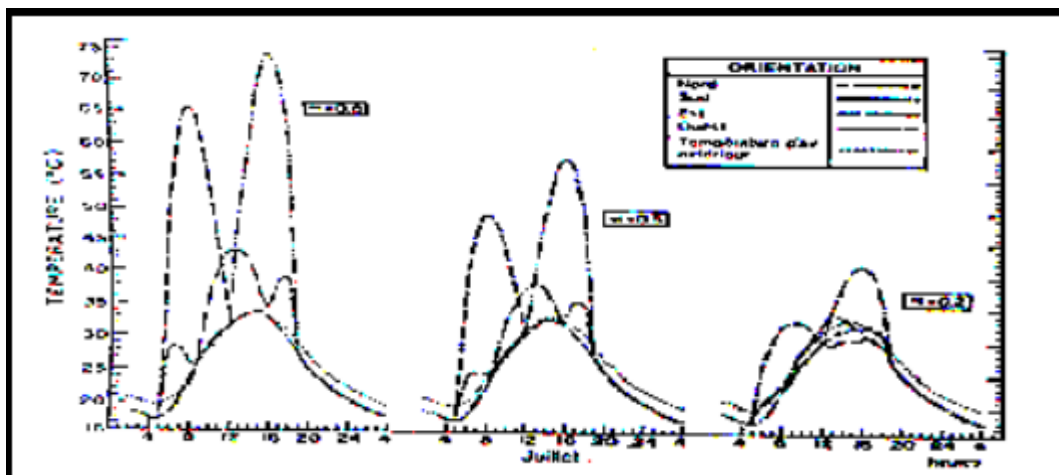


Figure15 : Températures de surface externe calculées pour juillet sur des murs de différentes orientations et couleurs externe. Source : B.GIVONI, 1978.

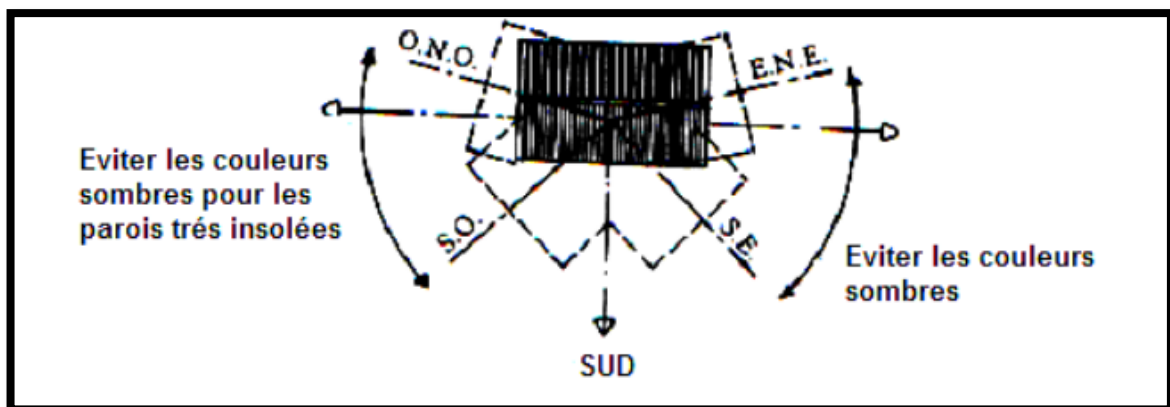


Figure16 : L'orientation et la couleur. Source : G.R.P.A.C.A, 1988.

### 4-3-3-Effets de l'orientation sur les températures intérieures :

#### A- En hiver :

-Etude 01 : Dans la recherche qui était déjà faite par le groupe de Belkacem Berghout, Daniel Forgues et Danielle Monfet sur la ville de Biskra (climat aride et semi-aride) ils ont trouvés que durant la période d'hiver, l'impact de l'orientation reste perceptible surtout pour les orientations semi-cardinales. L'orientation Sud-est considérée, à priori, la plus favorable enregistre les températures les plus élevées. Cela s'explique par le fait que de fortes quantités d'énergie sont absorbées par la paroi et la fenêtre. Quant aux orientations Sud-Est et Sud-Ouest, elles sont moins favorables que l'orientation Sud, les températures étant inférieures à celles du Sud à cause de la course du soleil. Donc, elles sont moins exposées. Cependant, les orientations Nord, Nord-Est et Nord-Ouest sont à éviter durant cette période vue les basses températures qui influent sur le degré de confort intérieur<sup>12</sup>.

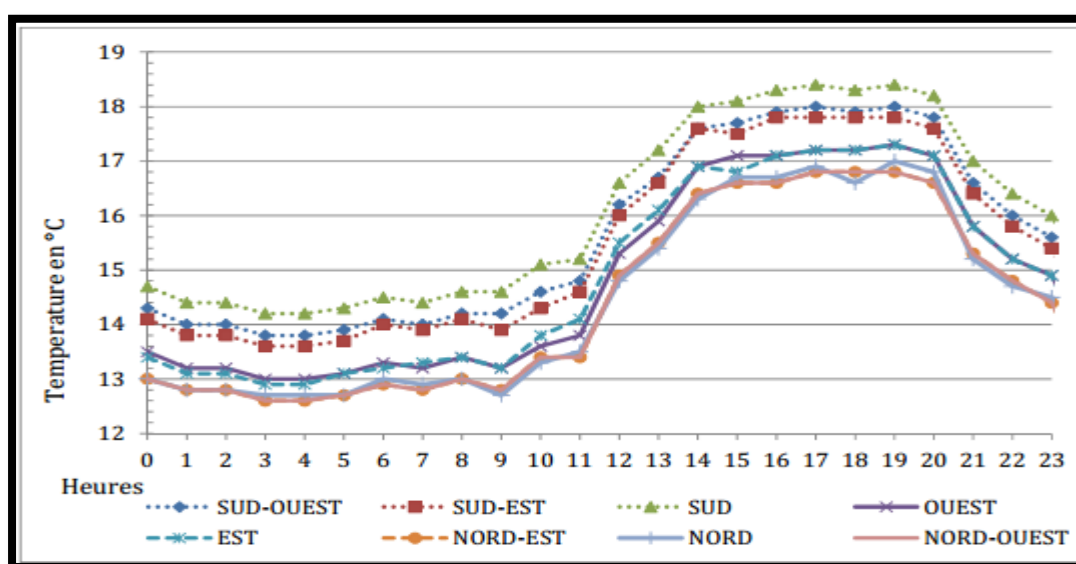


Figure 17 : Effet de l'orientation sur la température intérieure [période d'hiver].

Source : Belkacem Berghout, Daniel Forgues et Danielle Monfet

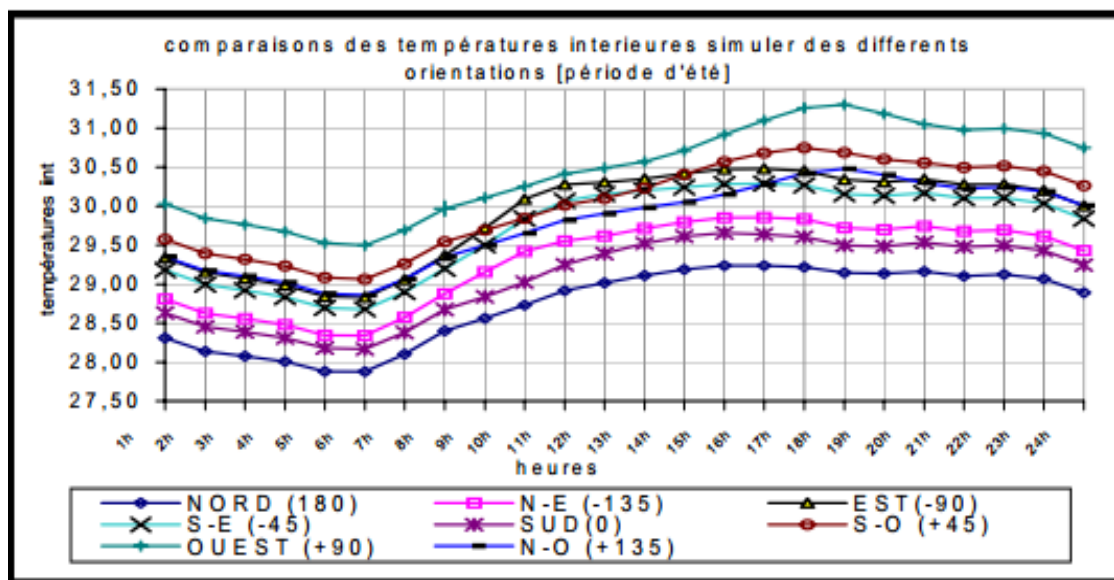
#### B- En été :

L'orientation privilégiée est celle qui reçoit le plus faible ensoleillement. Les apports solaires dans ce cas accusent une augmentation sensible.

Le même groupe qui travaille sur la ville de Biskra montre l'effet de l'orientation de la paroi extérieure sur les ambiances intérieures durant la période estivale. Les résultats obtenus à cet égard montrent l'impact du changement d'orientation qui est surtout perceptible dans le cas des orientations semi cardinal Sud-est Nord-est et Sud-ouest. D'autre part, les orientations Nord et Sud

<sup>12</sup> - Belkacem Berghout, Daniel Forgues et Danielle Monfet

pour la période d'été sont considérées les plus favorables, mais n'ont pas les mêmes effets, or l'orientation Nord a permis un abaissement de la température de 0.5°C par rapport à l'orientation Sud, et l'écart entre la mauvaise orientation et la meilleure est de 2. 20°C.

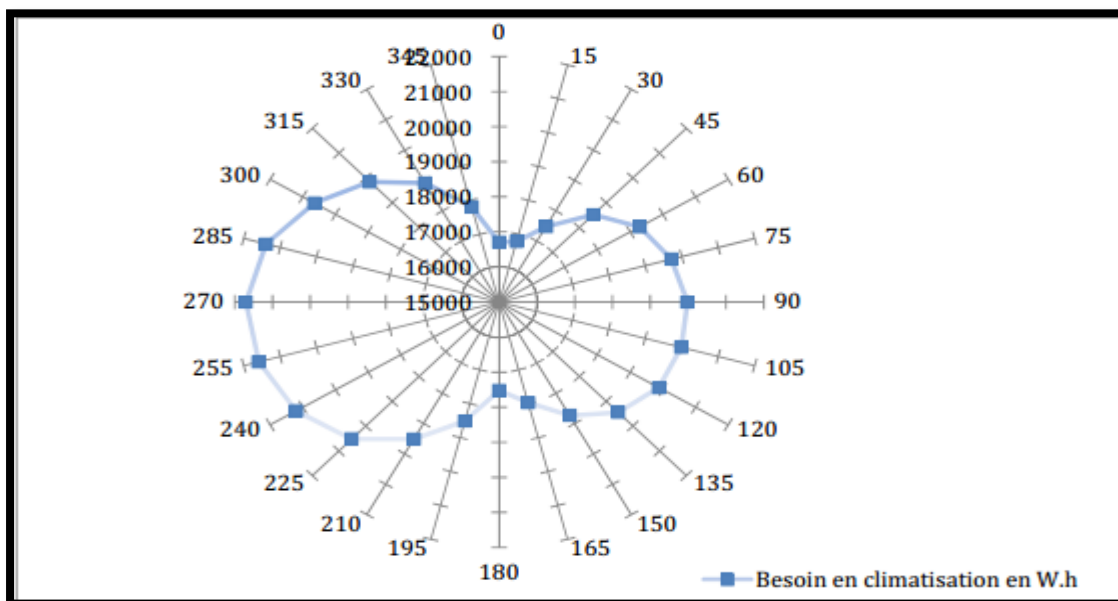


**Figure 18 :** Effet de l'orientation sur la température intérieure [période d'été].

Source : Belkacem Berghout, Daniel Forgues et Danielle Monfet

### 4-3-3- Besoins en énergie pour la climatisation suivant l'orientation :

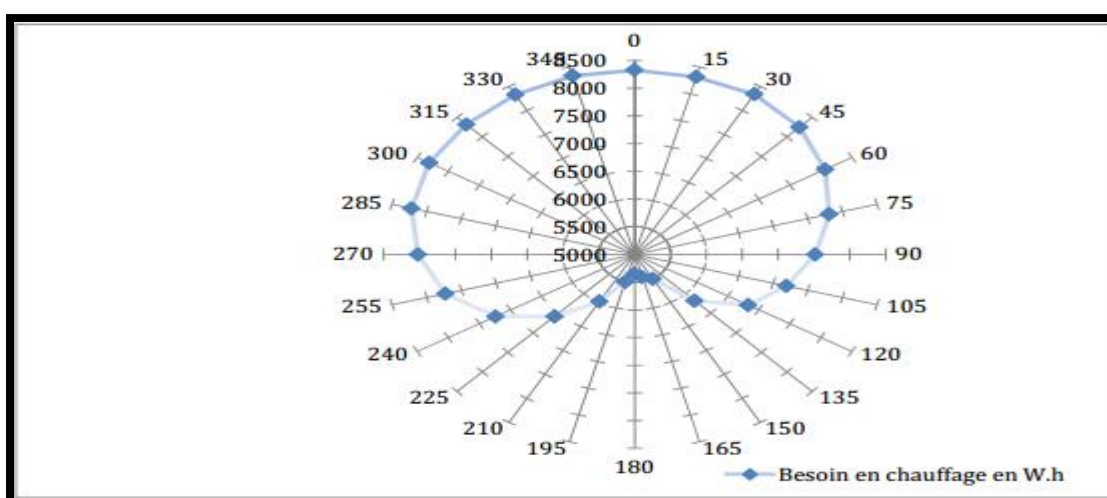
La période estivale est caractérisée par les plus hautes températures et l'ensoleillement maximal. Contrairement à la période hivernale, qui elle est caractérisée par des températures légèrement plus basses et des heures d'ensoleillement plus courtes. La Figure 19 illustre que les besoins énergétiques pour la climatisation sont fonction de l'orientation et que, durant la période estivale, la consommation d'électricité est plus élevée, surtout pour les orientations Est et Ouest qui sont à éviter. Contrairement aux orientations Sud et Nord, ainsi que les orientations du 165° Est au 195° Ouest, qui présentent une consommation très réduite par rapport à d'autres orientations. La consommation énergétique pour la climatisation est appréciable, surtout pour les orientations Ouest, pour lesquelles elle est plus élevée que pour celle de l'Est, ce qui explique, par les mêmes raisons, la coïncidence des taux de radiations solaires absorbées avec les hautes températures. Ce qui fait que les orientations Ouest sont à éviter durant la période d'été<sup>13</sup>.



**Figure19** : Besoin en climatisation suivant l'orientation pour une journée en période estivale.  
Source : Belkacem Berghout, Daniel Forgues et Danielle Monfet.

#### 4-3-4-Besoins en énergie pour le chauffage suivant l'orientation :

La Figure 20 illustre que les besoins énergétiques pour le chauffage sont fonction de l'orientation et que durant la période hivernale, la consommation de gaz est plus élevée, surtout pour les orientations Nord qui sont à éviter, contrairement à l'orientation Sud et les orientations du 150° Est au 195° Ouest qui présentent une consommation très réduite par rapport à d'autres orientations. Pour cela, on peut déduire que durant la période hivernale, la meilleure orientation est celle qui consomme peu d'énergie et se concrétise par l'orientation Sud<sup>13</sup>.



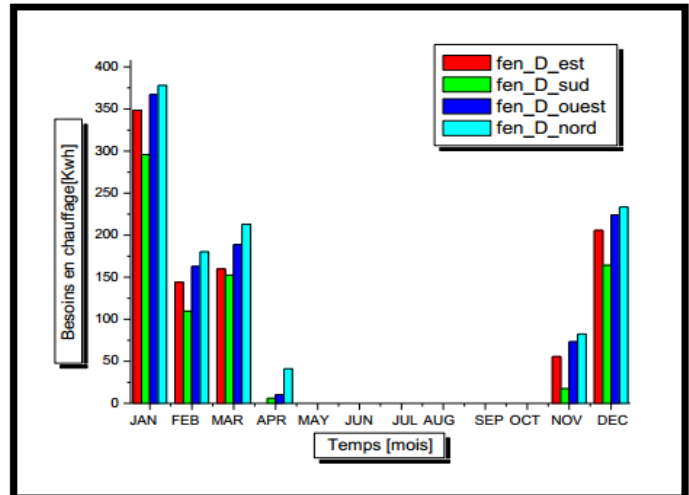
**Figure20** : Besoin en chauffage suivant l'orientation pour une journée en période hivernale.  
Source : Belkacem Berghout. Daniel Forgues et Danielle Monfet

-Etude 02 : la recherche de Maaden H, Mokhtari A.M, Boualla N et Djebbar B Concernant (l'impact environnementale des constructions en murs rideaux)(2015) a montré que :

-L'orientation optimale est celle du sud, ou les besoins sont les plus faibles pendant toute la saison du chauffage. Mais il faut noter que la durée du chauffage est de six mois pour toutes les orientations, par contre pour le local équipé d'une ouverture vers l'Est est de cinq mois. Le début de la saison du chauffage est le même pour toute les autres orientations. Le cas le plus défavorable est celui du nord, ou les gains solaires en hiver sont les plus faibles comparés aux autres orientations.

**Figure 21 :** L'influence de l'orientation sur les besoins de chauffage.

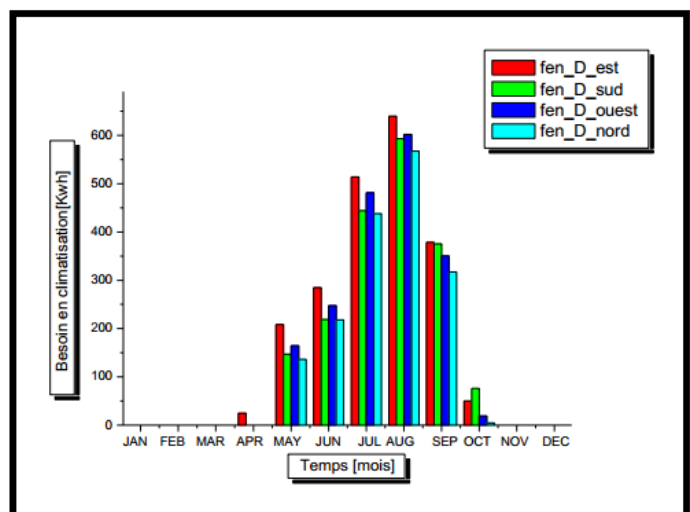
Source : Maaden H, Mokhtari A.M, Boualla N et Djebbar B(2015)



- on distingue que pour une ouverture vers l'Est la période de l'utilisation de la climatisation en été est la plus longue est la plus grande, si on ajoute l'orientation vers l'Ouest ces deux cas sont les plus défavorables ou les besoins sont les plus élevés à cause des apports solaire du matin pour l'Est et l'après-midi pour l'Ouest. Le cas le plus avantageux est celui du nord, ou les apports solaires sont les plus faibles, on peut dire que le sud à presque les mêmes besoins en énergie dans certain mois tel que les mois de juin et juillet, mais on a une légère augmentation pour le mois d'octobre.

**Figure 22 :** L'influence de l'orientation sur les besoins de climatisation.

Source : Maaden H, Mokhtari A.M, Boualla N et Djebbar B(2015)





### 4-4-Effet de l'orientation des façades par rapport au vent :

Le vent affecte plus ou moins également la température superficielle extérieure de toutes les élévations d'un bâtiment. Les aspects les plus importants de l'action du vent, considérée en rapport avec l'orientation des murs, dépendent des fuites d'air vers l'extérieur des bâtiments. L'orientation influe sur la sévérité des conditions auxquelles les murs sont soumis. À un moment quelconque de l'année, les températures de surfaces peuvent accuser des variations atteignant 90°F (49.5°C) provoqués par la radiation solaire. Soumis à l'influence des vents dominants et des fuites d'air. (C. R. CROCKER) <sup>14</sup>

Le débit de la ventilation (m<sup>3</sup>/h) dépend de :

- La perméabilité des ouvertures (dimension et type d'ouvrant)
- La section de l'ouverture en position ouverte
- Le gradient de pression entre les deux faces de l'ouverture
- La vitesse d'air extérieur.

Le refroidissement et la ventilation intérieur dépendent de l'orientation des bâtiments vis-à-vis la direction des vents dominants, la plus grande pression du côté au vent d'un bâtiment soit produite quand la façade est perpendiculaire à la direction de vent (HARRIS J .SOBIN, 1981).

Lorsqu'un bâtiment de forme rectangulaire est soumis à un flux d'air normal, les éléments du bâtiment directement exposés au vent « zone au vent » sont soumis à une surpression, par contre les autres parties sont soumis à une dépression « sous vent » figure (21). De cette manière, il se crée des différences de pressions sur le bâtiment<sup>15</sup>.

La surpression n'est pas distribuée de manière uniforme sur toutes les parties exposées au vent, mais elle diminue lorsqu'on s'éloigne du centre de la zone en surpression. Le mur exposé à un vent perpendiculaire, ce vent est faible (figure 22), mais lorsque le vent est oblique, on constate une chute brutale de pressions en allant de l'arête exposée au vent vers les arêtes dans la direction du vent disparaît pratiquement, c'est la dépression (figure 23)

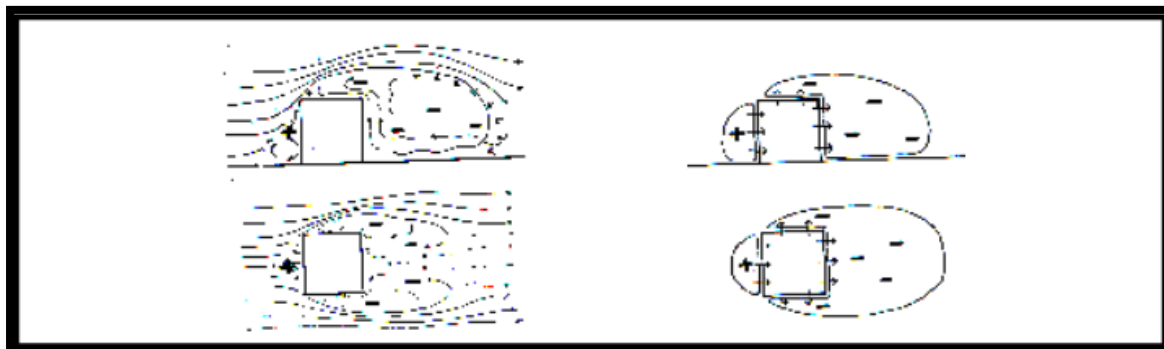
la variation de la pression de l'air dans les zones de dépression est moindre que dans les zones de surpression. Avec un vent perpendiculaire, la pression sur les parois latérales est plus importante, elle diminue en allant du centre vers la périphérie. Lorsque le vent est oblique, la dépression sur les deux faces non exposées et sur la toiture<sup>15</sup>.

---

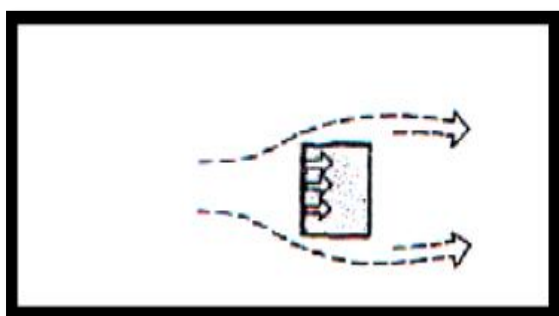
<sup>14</sup> - C.R. CROCKER ; "Influence de l'orientation sur les parements extérieurs » site Internet

[En ligne] [http://www.cbd-126F-Influence de l'orientation sur les parements exterieur.htm](http://www.cbd-126F-Influence%20de%20l'orientation%20sur%20les%20parements%20exterieur.htm) (consulter le 25 mai 2004).

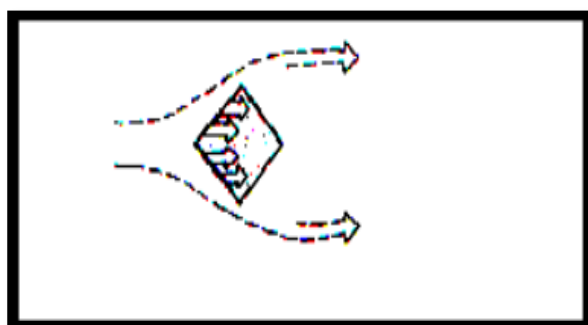
<sup>15</sup> - mémoire de magistère de Mme Bellara ( Née Louafi ) Samira, intitulée(Impact de l'orientation sur le confort thermique intérieur dans l'habitation collective. Cas de la nouvelle ville Ali Mendjeli Constantine) p 120



**Figure23** : Effet du vent sur les éléments du bâtiment. Source. MARTIN EVANS, 1980.



**Figure24** : Effet de l'orientation ;  
Direction du vent perpendiculaire à 90°.  
Source : KONYA.A 1984



**Figure25** : effet de l'orientation ; Direction  
du vent oblique à 45°.  
Source : KONYA.A 1980

### 4-5-Effets de l'orientation des fenêtres sur les températures intérieures:

L'effet de l'orientation des fenêtres sur les températures intérieures est largement conditionné par :

\*/ La ventilation naturelle.

\*/ Le degré des protections solaires.

L'orientation des fenêtres vis-à-vis de la direction des vents dominants a une influence considérable sur la ventilation intérieure. La principale exigence pour qu'une ventilation soit satisfaisante d'après B. GINVONI, 1978 est de prévoir des ouvertures aussi bien sur la façade « au vent » que sur sa face « sous vent »

D'après D. WRIGHT, 1978 le débit d'air pénétrant à travers l'ouverture d'une pièce est plus efficace lorsque la direction du vent ne s'éloigne de 30° à la normale du plan de cette ouverture.

Lorsque l'occultation n'est pas efficace le rayonnement solaire pénètre directement par la fenêtre et chauffe l'intérieur. Les températures sont alors très influencées par l'orientation des fenêtres.

Les vitrages des bâtiments sont responsables d'une importante source de déperditions



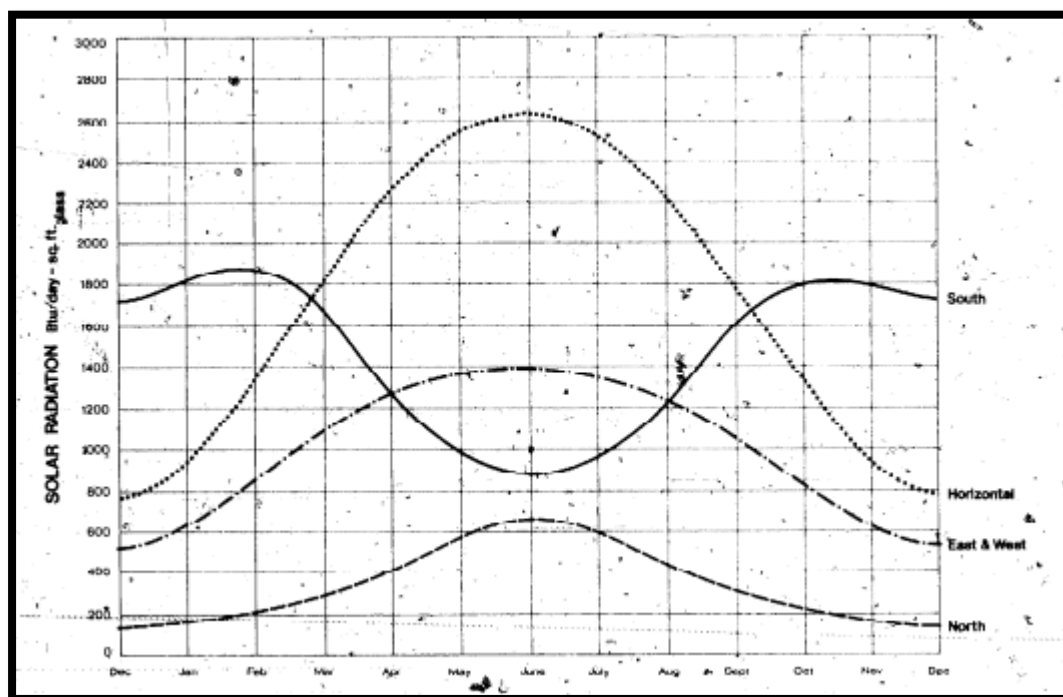
thermiques « 10 fois moins isolante qu'un mur »<sup>17</sup> mais ils peuvent être le point de passage d'importants apports solaires, l'hiver comme l'été.

Le problème dominant est donc relié à l'effet de ces vitrages sur les exigences fonctionnelles à l'intérieur des espaces vitrés, à savoir le problème de la transmission et du gain de chaleur par les vitrages (l'effet thermique) qui se fait sentir immédiatement sans le moindre déphasage, et qui est un grand nombre de fois plus élevées que celui apporté par une surface égale de mur ordinaire opaque.

En effet, selon des expériences conduites en Afrique du Sud par Van STRAATEN<sup>10</sup>, le flux de chaleur maximal derrière un vitrage Ouest était de 65W/m<sup>2</sup>, tandis que pour un mur léger faiblement isolé le flux était de 8W/m<sup>2</sup>, pour un mur mieux isolé il était de 4,6W/m<sup>2</sup> et pour un mur en brique de 23cm il était de 4,3W/m<sup>2</sup>.

Les courbes de la figure (26) représentent les valeurs d'irradiation solaire par jour clair pour différente orientation et qui montre d'après MAZRIA que l'emplacement des fenêtres est fonction des exigences d'éclairage et de chauffage de chaque espace.

Les formes et les dimensions des protections solaires requises pour protéger-les Façades, et notamment les baies vitrées, contre le rayonnement solaire dépendent de leur orientation. Dans le climat chaud et sec, où le soleil est souvent présent dans le ciel.



**Figure 26** : comparaison entre les différentes orientations des parois sous le ciel clair dans l'attitude de 40°. Source : MAZRIA. ed, 1981.

L'occultation du vitrage affecte la quantité du rayonnement incident et modifie le flux de chaleur pénétrant à l'intérieur et les températures intérieures. Et qui dépend de la position de l'occultation par rapport au vitrage (extérieur ou intérieur).

IZARD. J.L, 1993 affirme que l'augmentation de la surface vitrée a toujours pour effet une augmentation de la température interne diurne.

MAZRIA, 1980 affirme que les fenêtres sont des sources du déficit thermique important, et que l'exposition optimale pour le captage solaire est le plein sud. Mais des variations vers l'Est et l'Ouest qui ne dépasse pas 30°.

De plus la meilleure orientation requise par les fenêtres d'un bâtiment est celle qui reçoit la quantité maximale de rayonnement solaire en hiver et la quantité minimale en été.

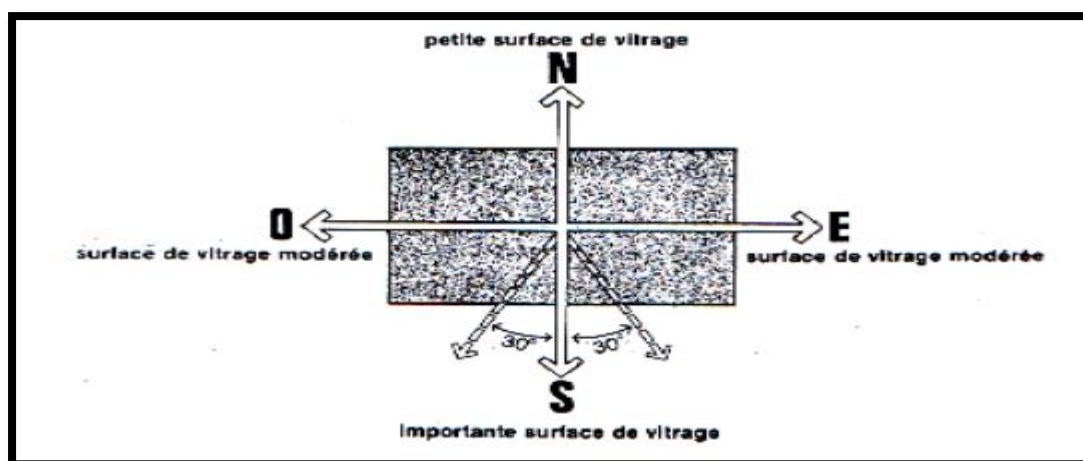


Figure27 : Exposition optimale pour le captage de soleil. Source : MAZRIA, 1980.

-Etude 03 : Le groupe de Bouchahm Guermia, Bourebia Fatiha et S. Bellara Louafi et S.Abdou ont étudié l'impact de l'orientation des fenêtres sur la température intérieure à Constantine et ils ont conclu que :

-L'effet de l'orientation des baies vitrées dans les climats semi-arides et dans les équipements tertiaires est conditionné par la demande en éclairage naturel, la ventilation naturelle et l'efficacité des protections solaires.

- l'orientation Ouest et Est sont à éviter vu les hausses des températures enregistrées durant 24 heures.

- l'orientation Nord a permis un abaissement de la température de 0.5°C par rapport à l'orientation Sud, et l'écart entre la mauvaise orientation et la meilleure est de 2.20°C.

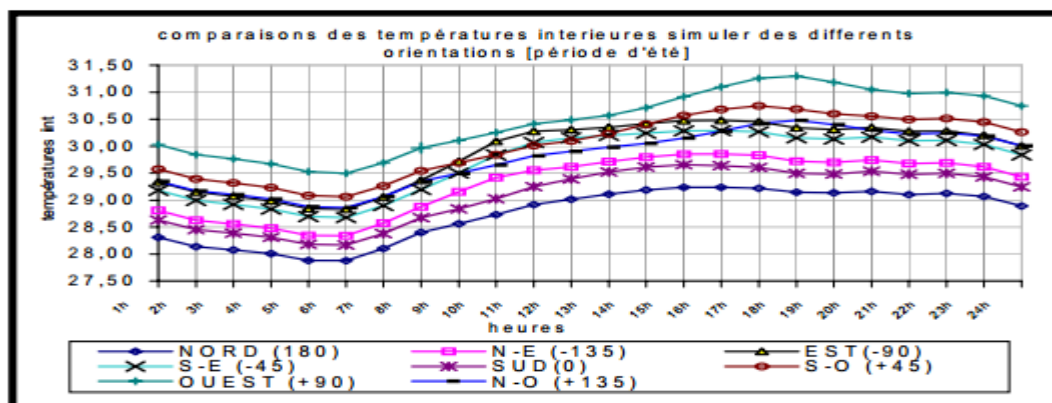


Figure 28 : Effet de l'orientation sur la température intérieure [période d'été].

Source : Bouchahm Guermia, Bourebia Fatiha et S. Bellara Louafi et S. Abdou (2010)

#### 4-6-Effet de l'orientation des façades par rapport la ventilation transversale :

La prise en compte de la position de l'espace par rapport au vent est importante dans la création du déplacement d'air, et grâce à certaines différences de pression d'air sur la largeur et la hauteur des ouvertures, qui sont en mesure de fournir une ventilation transversale convenable.

La distribution des pressions sur le mur exposé au vent peut être utilisée pour provoquer une ventilation transversale même dans les pièces n'ayant qu'une seule paroi extérieure<sup>18</sup>.

Quand l'angle d'incidence du vent est 90° sur une construction, sa vitesse est référée à zéro au point d'application souvent connu de point de stagnation, toute l'énergie cinétique du vent sera transformée en pression (HARRIS. J. SOBIN, 1981- BOUCHEHEM, 2003)

Le tableau (03) donne d'après GIVONI, 1978 les résultats d'une étude, et qui montre l'effet de la ventilation transversale sur la vitesse d'air moyenne intérieure, et qui précise que lorsque l'espace n'est pas ventilé transversalement, la vitesse moyenne intérieur est faible, et spécialement avec un vent perpendiculaire à l'entrée.

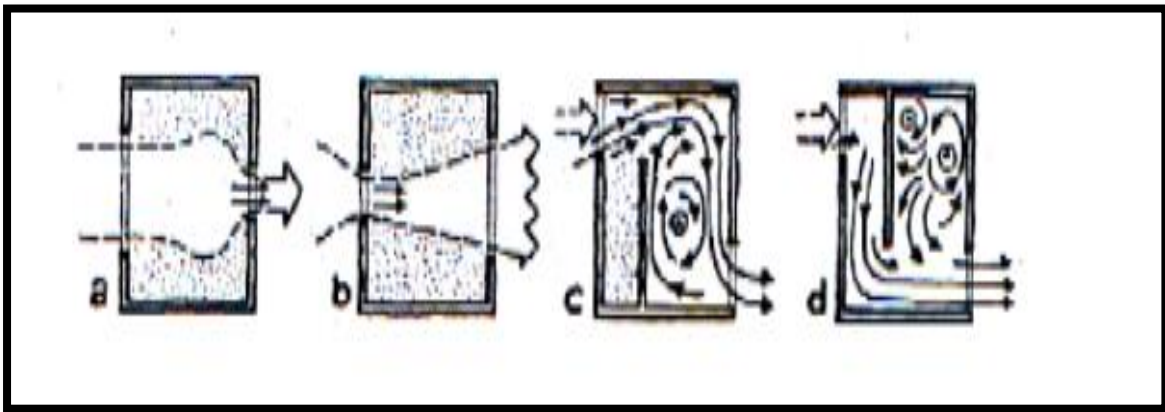
Ventilation transversale	Position des ouvertures	Direction du vent	Dimensions totales des ouvertures			
			2/3 du mur		3/3 du mur	
			V.Moy.	V.Max.	V.Moy.	V.Max.
Nulle	1 seule ouverture zone surpression	Perpend.	13	18	16	20
		Oblique	15	33	23	26
	1 seule ouverture zone dépression	oblique	17	44	17	39
	2 ouvertures zone dépression	oblique	22	56	23	50
existante	2 ouvertures sur mur adjacent	Perpend.	45	68	51	103
		oblique	37	118	40	110
	2 ouvertures murs opposés	Perpend.	35	65	37	102
		oblique	42	83	42	94

Tableau 03 : Effet de la ventilation transversale sur la vitesse d'air moyenne intérieure (% de la vitesse extérieure). Source : GIVONI.B, 1978.

GIVONI. B, 1980 estime que la meilleure condition de ventilation transversale lorsque le flux d'air change de direction à l'intérieur de l'espace en se déplaçant de l'entrée vers la sortie.

On peut apporter une grande amélioration dans la ventilation des bâtiments pour les pièces qui n'ont qu'une seule exposition à l'extérieur, par l'exposition au vent dominant et l'orientation de telle sorte que le vent se présente obliquement sur le mur. L'angle entre le mur et la direction du vent doit être compris entre  $20^\circ$  à  $70^\circ$  (B.GIVONI, 1978- HARRIS.J.SOBIN, 1981).

IZARD, 1993 ; estime qu'une ventilation transversale sera efficace ; les ouvertures sur des façades adjacentes ou opposées, sur lesquelles les pressions d'air sont toujours différentes sous l'effet d'un vent de direction donnée (figure 26), disposer les locaux en plan de telle manière que l'air puisse les traverser de part et d'autre.



**Figure29** : Régime des flux d'air dans le modèle subdivisés intérieurement d'une manière différente. Source : KONYA.A, 1980.

5-Tableau récapitulatif sur les études effectuées:

Etude	Conditions climatiques	Les variables	Résultats
De Belkacem berghout, Daniel forgues et Danielle monfet	Climat chaud et sec (Biskra)	-l'orientation	<p>En hiver :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-L'orientation Sud-est considérée, à priori, la plus favorable enregistre les températures les plus élevées.</li> <li>-Les orientations Sud-Est et Sud-Ouest, elles sont moins favorables que l'orientation Sud,</li> <li>-Les orientations Nord, Nord-Est et Nord-Ouest sont à éviter durant cette période.</li> </ul> <p>En été :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Les orientations Nord et Sud pour la période d'été sont considérées les plus favorables,</li> </ul>
De Maaden H, Mokhtari A.M, Boualla N et Djebbar B	Climat chaud et sec (Biskra)	-l'orientation.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-L'orientation optimale est celle du sud, ou les besoins sont les plus faibles</li> <li>-la durée du chauffage est de six mois pour toutes les orientations, par contre pour le local équipé d'une ouverture vers l'Est est de cinq mois..</li> <li>Le cas le plus défavorable est celui du nord, ou les gains solaires en hiver sont les plus faibles comparés aux autres orientations</li> <li>- on distingue que pour une ouverture vers l'Est la période de l'utilisation de la climatisation en été est la plus</li> </ul>

## Chapitre IV : Analyse de l'impact de l'orientation

			<p>longue est la plus grande, si on ajoute l'orientation vers l'Ouest ces deux cas sont les plus défavorables ou les besoins sont les plus élevés à cause des apports solaire du matin pour l'Est et l'après-midi pour l'Ouest. Le cas le plus avantageux est celui du nord, ou les apports solaires sont les plus faibles, on peut dire que le sud à presque les mêmes besoins en énergie.</p>
<p>De Bouchahm Guermia, Bourebia Fatiha et S. Bellara Louafi et S.Abdou</p>	constantine	-l'orientation	<p>-L'effet de l'orientation des baies vitrées dans les climats semi-arides et dans les équipements tertiaires est conditionnés par la demande en éclairage naturel, la ventilation naturelle et l'efficacité des protections solaires.</p> <p>- l'orientation Ouest et Est sont à éviter vu les hausses des températures enregistrées durant 24 heures.</p> <p>- l'orientation Nord a permis un abaissement de la température de 0.5°C par rapport à l'orientation Sud, et l'écart entre la mauvaise orientation et la meilleure est de 2.20°C.</p>

**Tableau 04:** Tableau récapitulatif sur les études effectuées.

Source: Auteur

### **Conclusion :**

Le choix de l'orientation est soumis à de nombreuses considérations, elle affecte l'ambiance intérieure par deux facteurs climatiques ; le rayonnement solaire et le problème de la ventilation. Il est possible pour ajuster la conception d'un bâtiment, de modifier les effets de l'orientation à la fois sur les conditions de ventilation et de température.

D'après les recherche analysées nous avons conclu que :

-l'orientation optimale pour le moindre des rayonnements solaires et la consommation énergétique c'est l'orientation sud.

- les orientations Ouest et Est sont les plus défavorables vis-à-vis le confort thermique et la consommation énergétique.

-l'orientation Nord est caractérisée par un taux de consommation de l'énergie important pour le chauffage et un taux de consommation énergétique très faible pour la climatisation.

Pour cela, les effets de l'orientation sont conditionnés par la demande en éclairage naturel, la ventilation naturelle et l'efficacité des protections solaires.



# Chapitre V

Présentation de cas d'étude et l'outil de simulation



### **Introduction :**

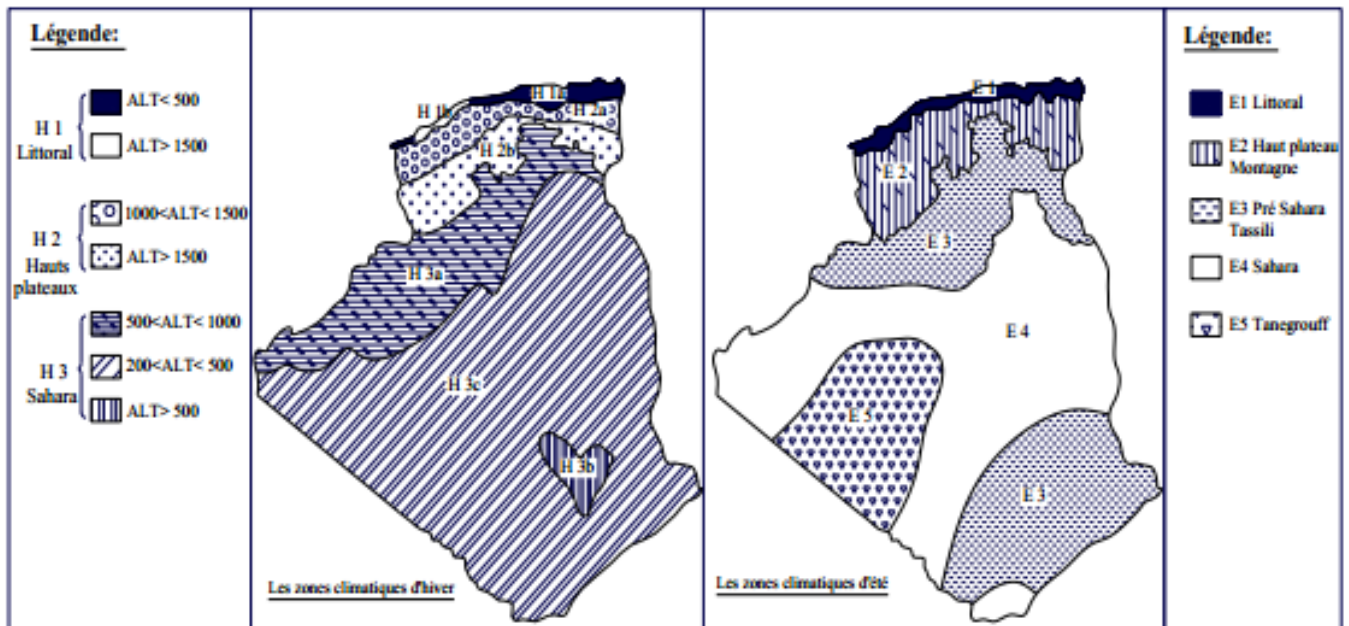
Chaque conception architecturale prend en considération le climat qui regroupe un ensemble de facteurs qui influencent à la fois le bâtiment et l'occupant, par exemple, le soleil, le vent, la pluie...etc. Les stratégies bioclimatiques appliquées dans les climats froids ne sont pas les mêmes que celles appliquées dans les climats chauds.

Dans le présent chapitre qui concernera le cas d'étude de notre recherche, il nous a paru utile en premier lieu d'aborder la ville de Biskra sous différents aspects. La ville de BISKRA présente l'une des régions sahariennes qui est caractérisée par un climat chaud et sec, obligeant ainsi les occupants à recourir aux dispositifs spécifiques pour réduire la pénétration directe des rayons du soleil pendant la période estivale, ce qui réduit par conséquent la consommation d'électricité. L'objectif de notre travail consiste à concevoir des dispositifs spécifiques au climat de la région qui minimiserait la consommation énergétiques et qui permettrait à la fois de bloquer la pénétration directe des rayons solaires excessifs à l'intérieur de l'espace. (Daich safa)

### **2-Les caractéristiques climatiques de la ville de BISKRA :**

La ville de Biskra est une ville Saharienne qui a un fort taux d'ensoleillement, elle se situe au sud-est de l'Algérie ; elle occupe une superficie de 21.671 Km<sup>2</sup>. Elle est caractérisée par un climat froid en hiver, chaud et sec en été. Les caractéristiques géographiques de la ville sont :

- La latitude = 34.48 N.
- La longitude = 5.44 N.
- L'altitude qui est égale à 83 m au-dessus du niveau de la mer.( Daich Saf)



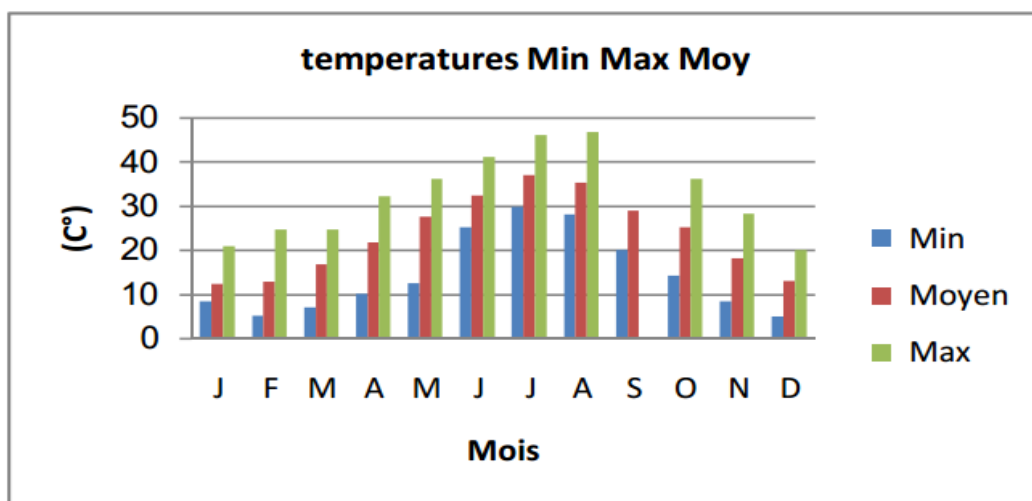
**Figure 1:** les zones climatiques d'hiver et d'été en Algérie

Source : ministère de l'habitat, 1993.P :10-11.

La ville de Biskra se caractérise par une température maximale en été qui atteint dans le mois de juillet 45°C et une température minimale en hiver qui atteint 5°C pendant le mois de janvier.

mois	J	F	M	A	M	J	J	O	S	O	N	D
Temp moy(c) <sup>o</sup>	12.4	12.9	18.8	21.8	27.6	32.4	37	35.2	29	25.2	18.1	13
Temp moy.max(c)	20.9	24.7	24.6	32.2	36.1	41.1	45.7	46.7	43.1	36.1	28.3	20.4
Temp moy.min(c)	8.4	5.2	9.1	10.1	12.5	25.1	29.8	28	20.1	14.2	8.4	5

**Tableau 1 :** Tableau des températures (Source : N R H, Biskra, 2002)



**Figure 2:** Températures minimales, maximales et moyennes de la ville de Biskra. (Source : N R H, Biskra,2002).

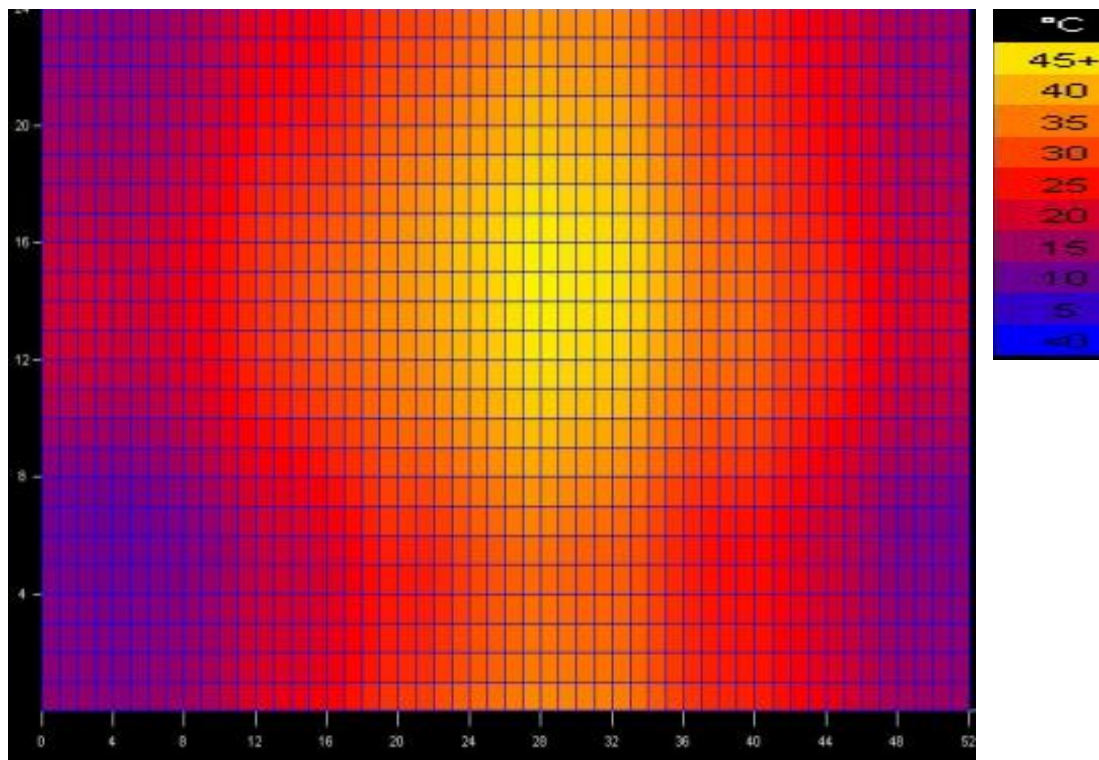


Figure 3: Températures maximales la ville de Biskra. Source ; MEZERDI Toufik (2012).

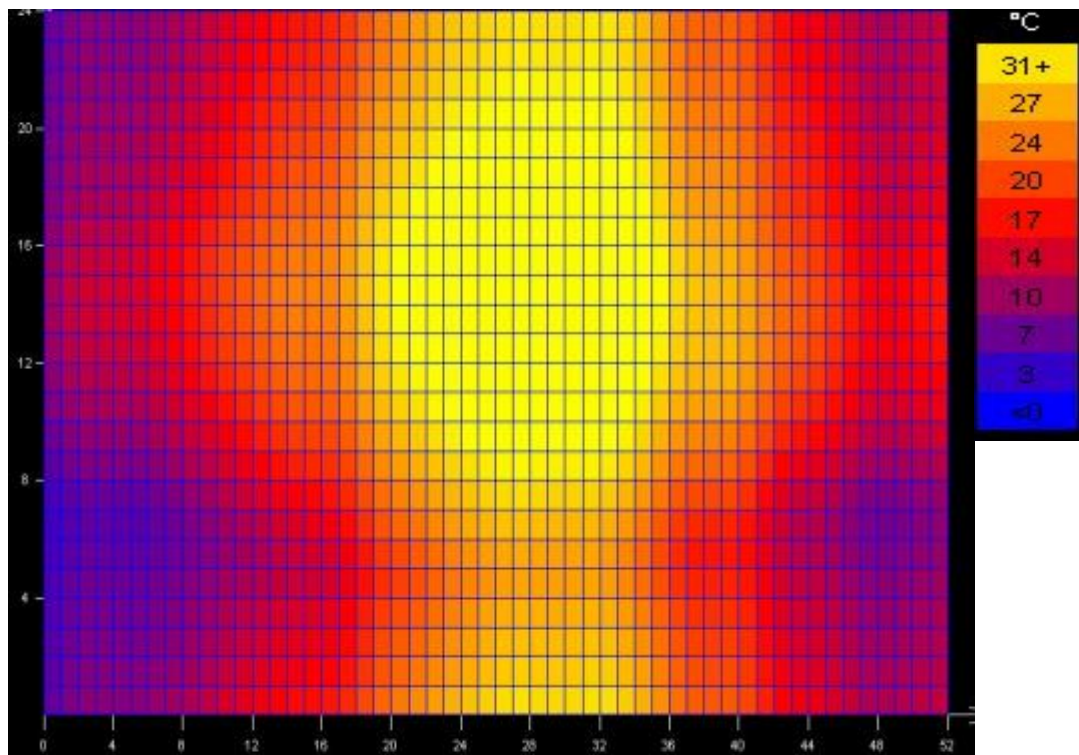


Figure 4: Températures minimales. La ville de Biskra. Source ; MEZERDI Toufik (2012).

## Chapitre V : Présentation de cas d'étude et l'outil de simulation

Sur le territoire algérien quatre zones climatiques sont distinguées (A, B, C et D). Biskra fait partie de la zone D appelée la zone Pré Sahara et Sahara (Mazouz, 2004). Le tableau ci-dessous résume ses caractéristiques (Tableau 2) :

Zone D : Prè-Sahara et Sahara	
Localisation	Latitude : entre la limite supérieure de 34° 50' N à l'ouest à 35°N à l'est et la limite inférieure de 19° à l'est et à l'ouest.
Variations saisonnières	02 saisons, chaude et froide.
Température	T° Moy.Max :45° et entre 20-30 en hiver variation saisonnière de 20°. L'effet de la latitude les hivers deviennent de plus en plus froids
Précipitation	Pluies rares, torrentielles par moments.
Humidité	Humidité réduite entre moins de 20% après midi à plus de 40% la nuit.
Conditions célestes et rayonnement	Ciel clair pour une grande partie de l'année, mais les vents sable et les tempêtes sont fréquents, arrivant généralement les près midis. Rayonnement solaire intense augmenté par les rayons réfléchis par le sol.
Végétation	Extrêmement clairsemée
Vents	Généralement locaux

**Tableau 2** : Les caractéristiques de la zone D : Pré-Sahara et Sahara  
(une partie du tableau original).Source: Mazouz, S, 2004

### 3-L'humidité :

L'humidité relative moyenne est faible avoisinant 47%, avec une valeur maximale de 65% au mois de décembre, et une minimale de 28, 29% au mois de juillet et août. Cette variable reste l'une des plus faibles qui caractérisent ce climat ; en plus, cette région connaît une évaporation importante qui atteint les 2600 mm comme moyenne annuelle. (Voir Tab.2 ) (Alkama 1995).

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aut	Sept	Oct	Nov	Dec
HR %	60	62	44	36	34	29	28	29	41	41	59	65

**Tableau3** : Humidités relatives moyennes mensuelles de Biskra 2006.

Source : monographie de Biskra.

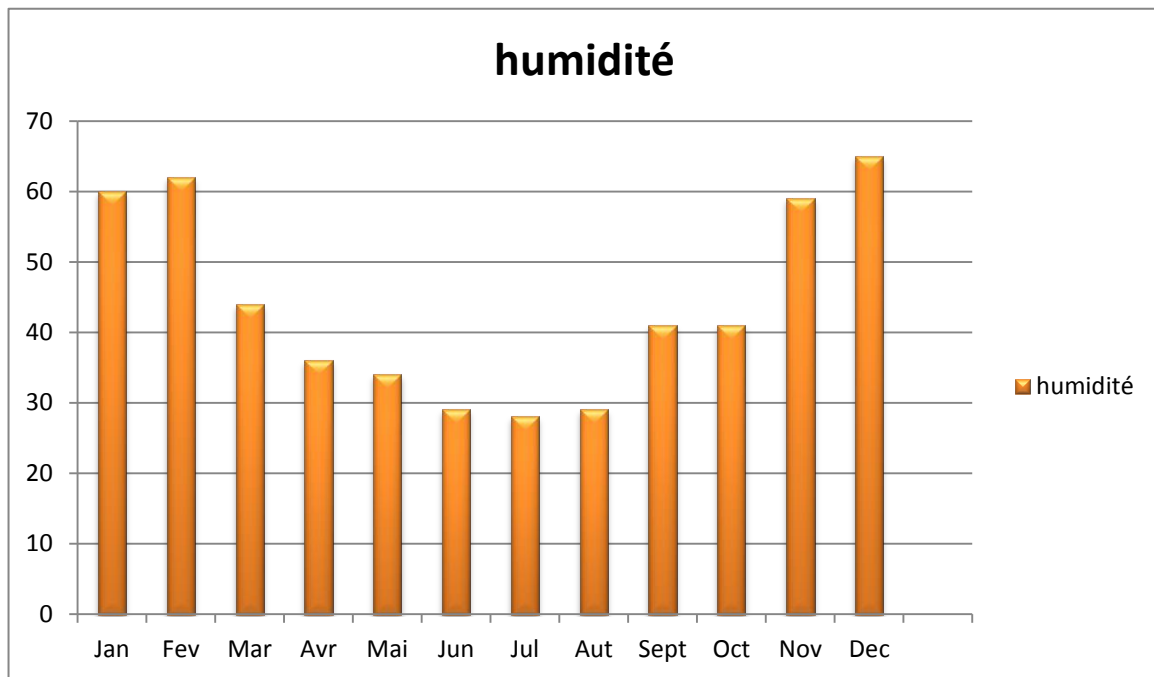


Figure 5: L'humidité de la ville de Biskra (2006).

Source : (Auteur).

#### 4. Les précipitations :

Dans cette région, les précipitations restent faibles voire même très rares et mal réparties. Elles ne dépassent pas les 31 jours par an. De ce fait le cumul annuel maximum des précipitations atteint rarement les 200mm, à l'exception de quelques pluies à caractère torrentiel et orageux, provoquant des crues et des sinistres dans les anciennes constructions<sup>1</sup>.

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aut	Sept	Oct	Nov	Dec
P (mm)	53.7	29	1	13.5	11.5	0.2	0	0.7	16.2	9	28.4	9.8

Tableau 4 : Précipitations moyennes mensuelles de Biskra 2006.

Source : monographie de Biskra.



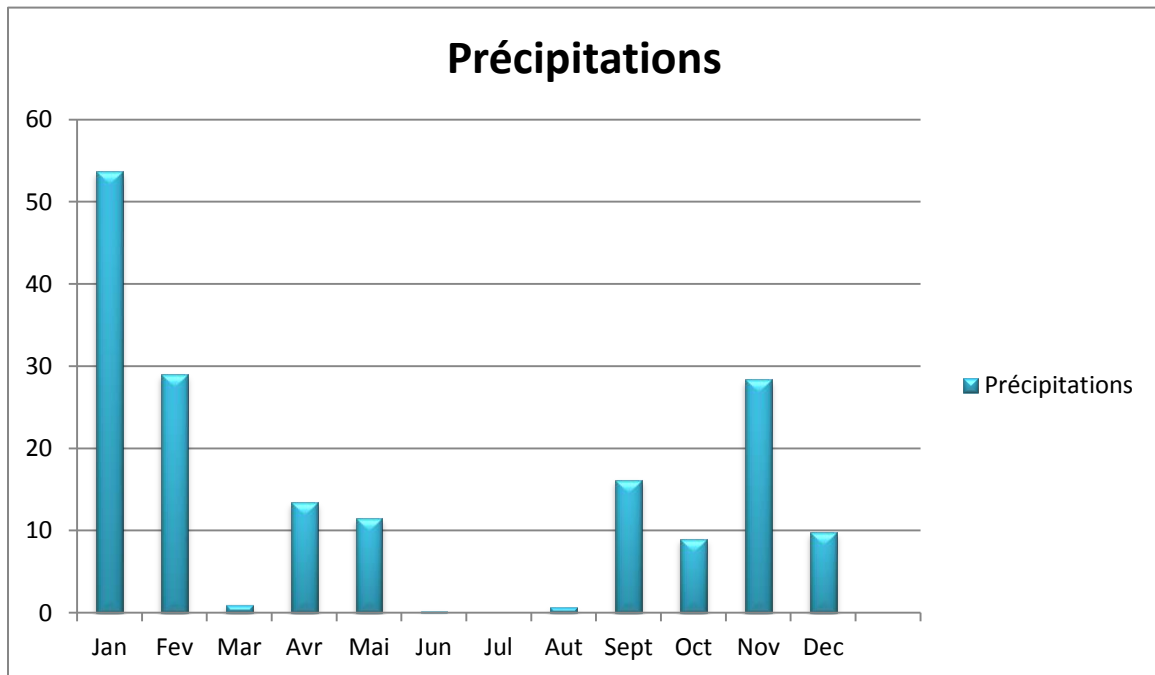


Figure 6: les précipitations de la ville de Biskra (2006).

Source : (Auteur).

### 5- Les vents dominants :

Ce sont des vents saisonniers, les plus fréquents sont les vents froids d'hiver, qui soufflent du Nord- Ouest à une vitesse moyenne de 35 km /h, provoquant l'augmentation de l'humidité.

En deuxième position d'importance, il y a des vents chauds et poussiéreux, qui soufflent du Sud- Ouest et du Sud- Est au printemps et en automne, atteignant 80 km /h, provoquant des sinistres dans la région ; en plus, il y a des vents secs qui soufflent en été<sup>2</sup>.

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aut	Sept	Oct	Nov	Dec
VV(m /s)	4.2	4.2	5.6	5.1	4.3	5.3	4	4.2	4.2	3.4	3.2	3.9

Tableau 5 : Vitesses moyennes mensuelles des vents de Biskra 2006.

Source : monographie de Biskra.

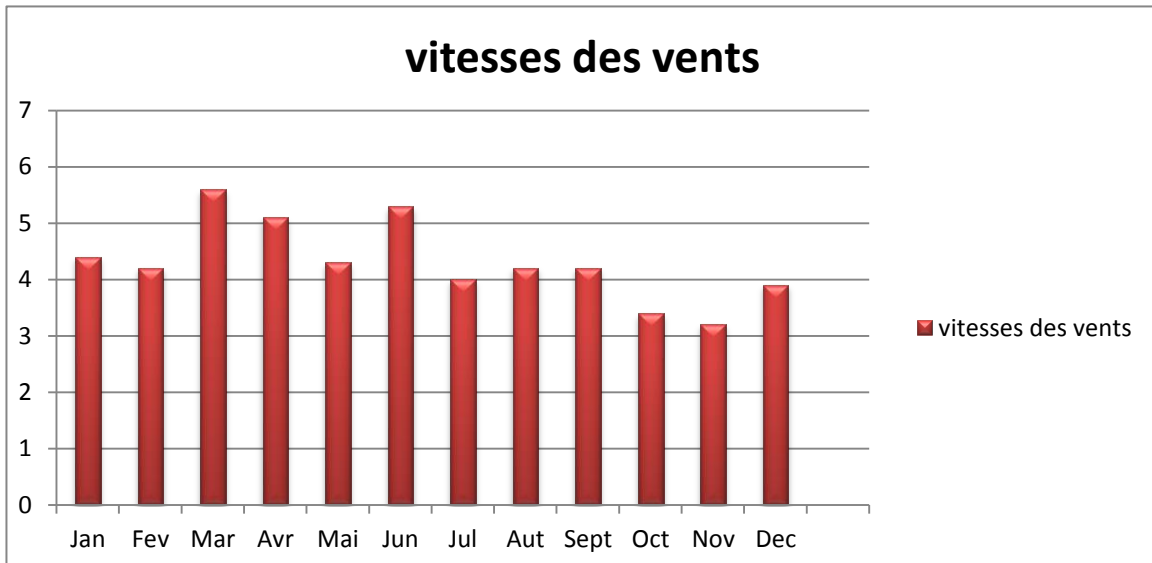


Figure 7: Vitesses moyennes mensuelles des vents de Biskra 2006.

Source : (Auteur).

### 6-Les mois de confort à Biskra :

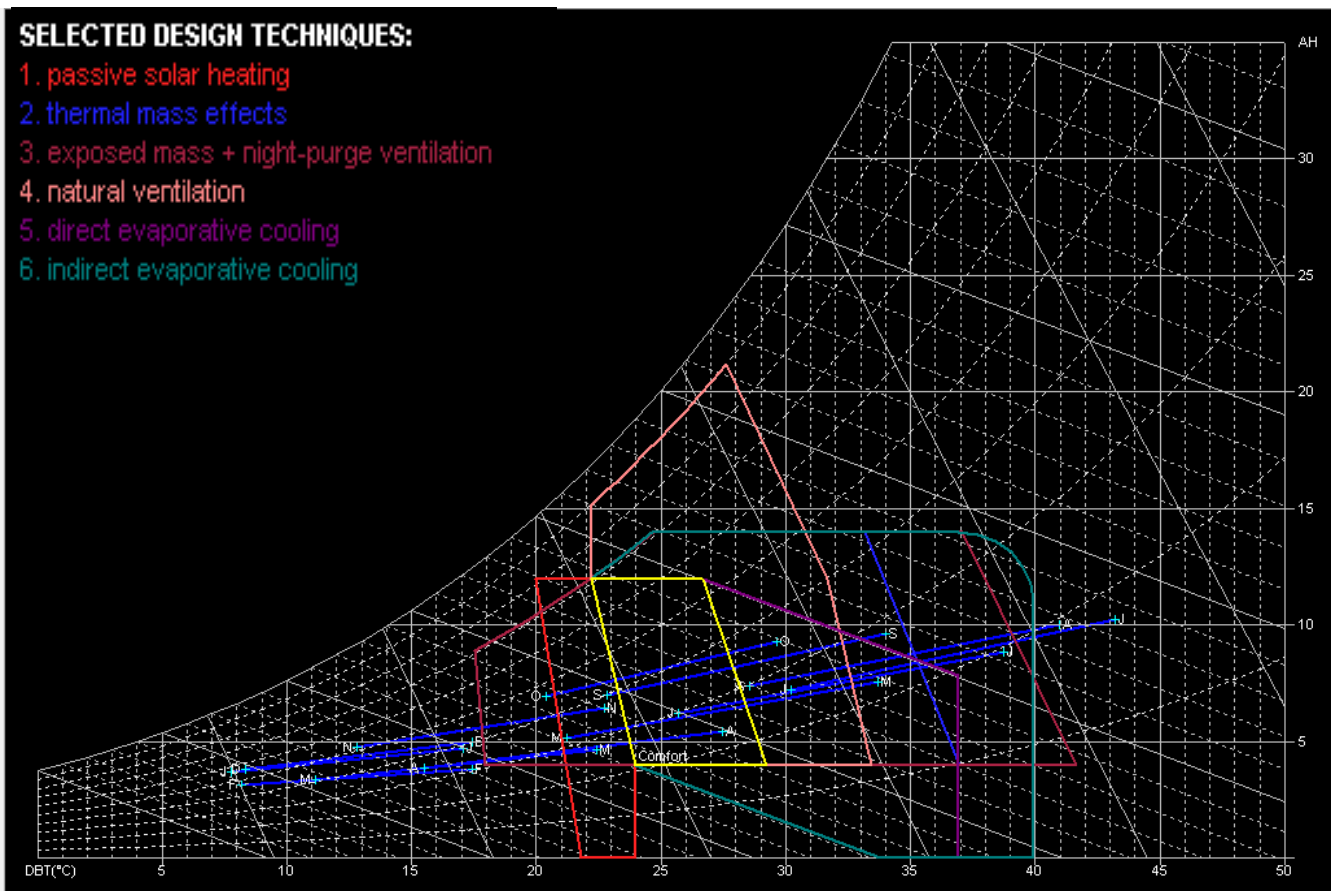
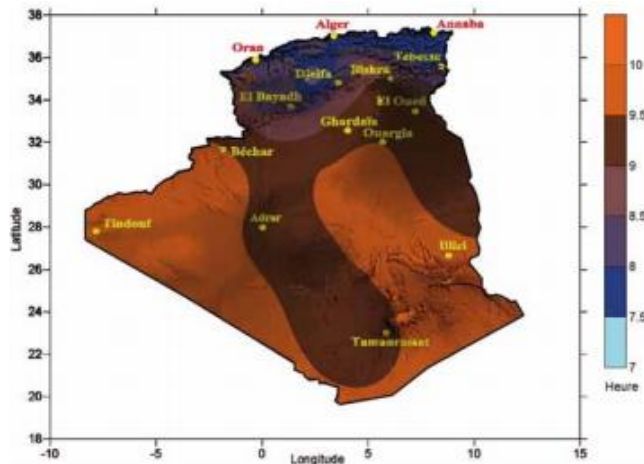


Figure 8: le diagramme de GIVONI de la ville de Biskra.

Source : (Auteur).

**7- L'irradiation solaire dans la ville de Biskra :**

**A-Moyenne annuelle de la durée d'insolation mesurée (SS) (Période 1992-2002) :**

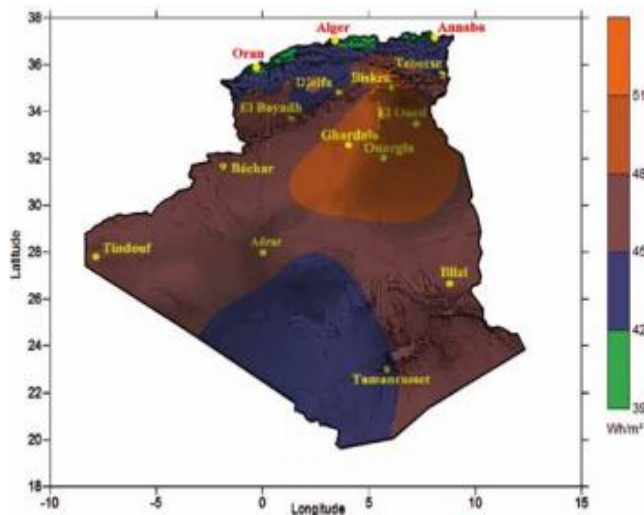


site	latitude	longitude	altitude	SS
Biskra	34.80	5.73	82	9.32h

Tableau 5: Moyenne annuelle de la durée d'insolation mesurée (SS) (Période 1992-2002) Source : Atlas solaire Algerien

Figure 9: Moyenne annuelle de la durée d'insolation mesurée (SS) (Période 1992-2002) Source : Atlas solaire Algerien

**B-Moyenne annuelle de l'irradiation globale inclinée vertical Sud (Période 1992-2002) :**

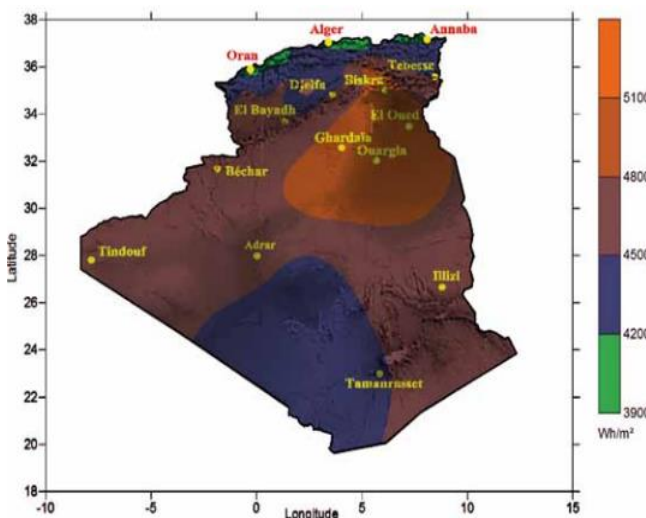


site	latitude	longitude	altitude	G90S
Biskra	34.80	5.73	82	4938 w/m²

Tableau 6: Moyenne annuelle de l'irradiation globale inclinée vertical Sud (Période 1992-2002) Source : Atlas solaire Algerien

Figure 10: Moyenne annuelle de l'irradiation globale inclinée vertical Sud (Période 1992-2002) Source : Atlas solaire Algerien.

**C-Moyenne annuelle de l'irradiation globale inclinée vertical Est et Ouest (Période 1992-2002) :**



site	latitude	longitude	altitude	G90 E, O
Biskra	34.80	5.73	82	3527w/m²

Tableau 7: Moyenne annuelle de l'irradiation globale inclinée vertical Est et Ouest (Période 1992-2002) Source : Atlas solaire Algerien.

Figure11: Moyenne annuelle de l'irradiation globale inclinée vertical Est et Ouest (Période 1992-2002) Source : Atlas solaire Algerien.



### **8-L'Architecture tertiaire à Biskra :**

#### **8-1-Les bureaux :**

Le bureau est un espace de travail distinct de celui habité et où il est demandé à l'utilisateur d'effectuer « une activité et des tâches prescrites » (Fischer, 1997, p.142). Ces dernières se limitent à l'exercice administratif et au traitement (production, coordination et communication) de l'information (Aronoff et Kaplan, 1995 ; Fischer, 1989).

En dépit de toutes ses variations possibles, l'environnement physique conçu pour l'accomplissement de ces activités est constitué de parois (murs, sol et plafond), englobant du mobilier, divers équipements, dispositifs d'éclairage ... le tout conditionnant et influençant la manière dont sont exécutées ces activités (Brill et al, 1984 ; Mitchell McCoy, 2002). Dans cet espace initialement « neutre, banalisé et mécanisé », l'utilisateur « occupe une position fixe dans un cadre fixe et pour une tâche fixe » (Fischer, 1997, p.147).

#### **8-2- Pourquoi l'architecture tertiaire :**

Le choix porté sur l'architecture tertiaire pour l'étude de la transparence dans les espaces architecturaux émane de plusieurs raisons :

- Les immeubles de bureaux dessinent, aujourd'hui, la silhouette urbaine des villes partout dans le monde (Duffy, 1999), et sont considérés comme constructions caractéristiques de l'époque contemporaine (Fischer et Vischer, 1997)
- Le secteur tertiaire ne cesse de connaître une croissance notable à l'échelle mondiale (Brill et al, 1984 ; Mitchell McCoy, 2002 ; Pianola, 1970) .
- C'est un secteur où la consommation de l'énergie électrique est des plus grandes (Scartezzini, 1991).
- Enfin, ce sont des espaces qui, malgré les développements réalisés dans leur conception et réalisation, connaissent toujours des maux quant à leurs qualités environnementales (Vischer, 1989).

### 8-3- Géométrie du modèle :

Pour concevoir les dimensions géométriques de notre modèle de simulation, pour un local de bureau dans un bâtiment tertiaire, il été nécessaire de consulter les différentes normes national, international et les différents travaux de chercheurs utilisant des modèles de bureaux pour des simulations en éclairage naturel. Les établissements public en Algérie tel que la Direction d'Urbanisme et de Construction (DUC) et la Direction de Logement et des Equipements publique (DLEP) les Surface des bureaux mentionnés dans les cahiers de charge sont de 16-25m<sup>2</sup>, de formes généralement rectangulaires avec hauteur conseillé 3,00-4,00m. Des renseignements pris chez des architectes et des bureaux d'études concevant régulièrement des immeubles de bureaux, les Surface des bureaux sont de 16-30m<sup>2</sup>, hauteur 3,50 m<sup>1</sup>.

Pour ce qui est des institutions international, en France par exemple le Référentiel de construction universitaire, la Norme NF X35-102 – les Dimensions des espaces de travail en Bureau 9 m<sup>2</sup> pour 1 personne, 12 m<sup>2</sup> pour 2 personnes. Pour l'institut national de recherche et de sécurité, Espace optimal pour une personne =10 m<sup>2</sup> et Hauteur sous plafond suffisante= hauteur minimum 2,5 m. Au Canada le service administratif direction de l'expertise technique, les Dimensions des espaces de travail en Bureau 9,5 m<sup>2</sup> pour 1 personne, Secrétariat : 7,0 m<sup>2</sup>/personne, Secrétariat et informatique : 10,0m<sup>2</sup>/personne, Bureau du préposé aux documents : 7,0 m<sup>2</sup>/personne et la hauteur des plafonds : minimum 2,70 m<sup>1</sup>.

La surface nécessaire moyenne pour un poste de travail jusqu'en 1985 de 8 à 10 m<sup>2</sup>, à la venir de 12 à 15 m<sup>2</sup>. une largeur de pièce de 3,80m correspond à 18m<sup>2</sup> de surface. La profondeur de la pièce dépend de la surface nécessaire et varie selon qu'il s'agit de bureaux pour une ou plusieurs personnes, grand bureau, bureau collectif ou salle d'études<sup>1</sup>.

### 9-Présentation de cas d'étude :

Dans notre cas d'étude on va essayer de construire un Bloc administratif contient six bureaux (chaque bureau a une surface de 25m<sup>2</sup> et une hauteur de 3m) avec un couloir de deux mètres et un Bloc mitoyen. Donc on a trois faces exposées à l'extérieur et un mur qui contient les ouvertures (voire le model dans la page 110).

### **9-1- Les paramètres constants sont :**

-La location : la ville de Biskra (latitude 34,48 N, longitude 5,44N).

-La zone : Urbaine.

- la géométrie :

-Mur extérieur :( enduit de ciment, brique 15cm, lame d'air, brique 10cm, enduit de plâtre)

-Mur intérieure :( enduit de plâtre, brique 10cm, enduit de plâtre)

-Dalle :( hérissonnage, dalle flottante, mortier de ciment, carrelage)

-Dalle intérieure :( enduit de plâtre, corps creux, dalle de compression, mortier de ciment, carrelage)

-Plancher :( enduit de plâtre, corps creux, dalle de compression, mortier batard, sable, mortier batard, gravier)

- les portes

- les fenêtres (simple vitrage)

### **9-2-Les paramètres variantes (à simuler) :**

Le type de vitrage

Le ratio (25%, 50%, 75%, 100%)

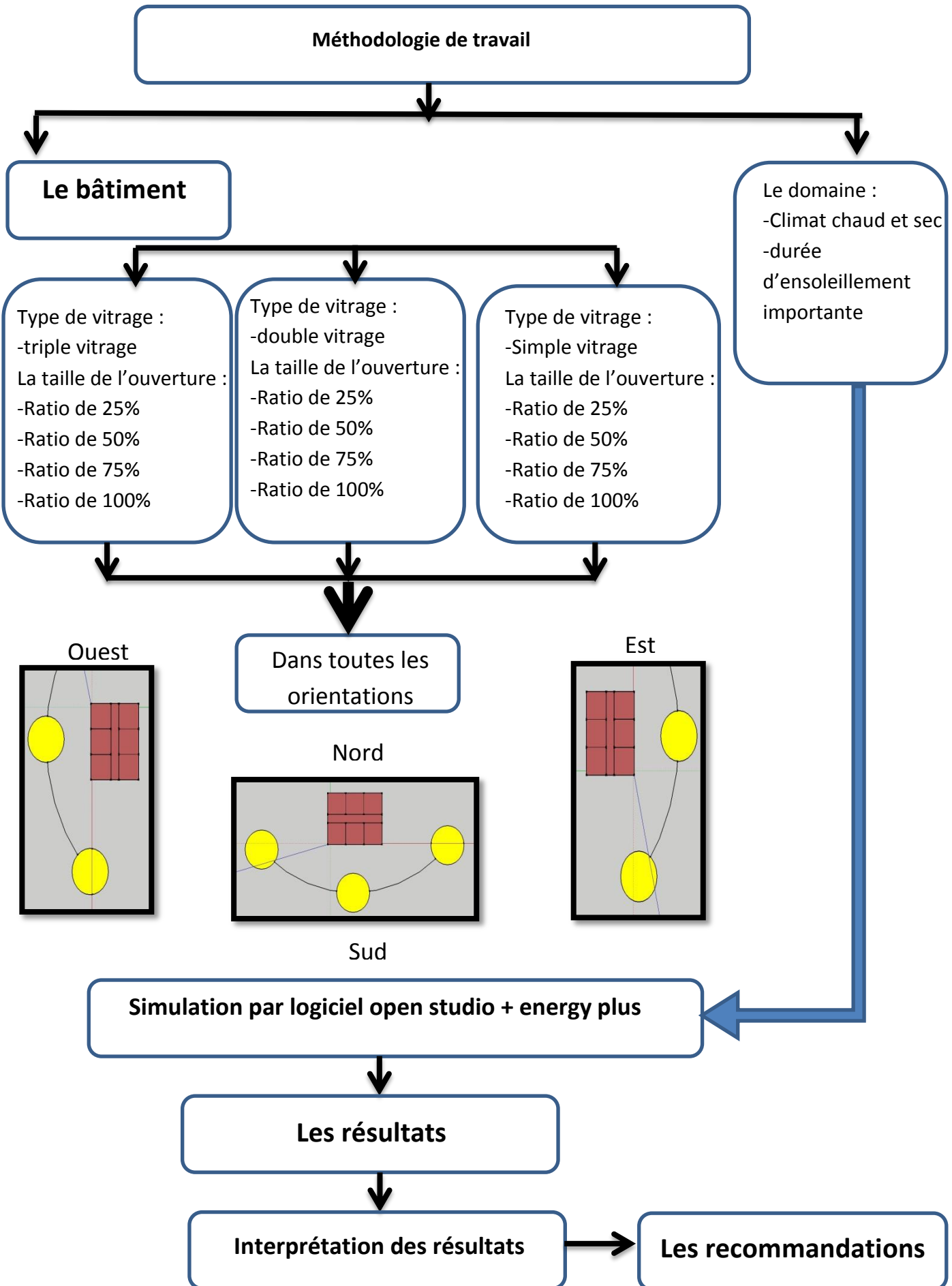
L'orientation

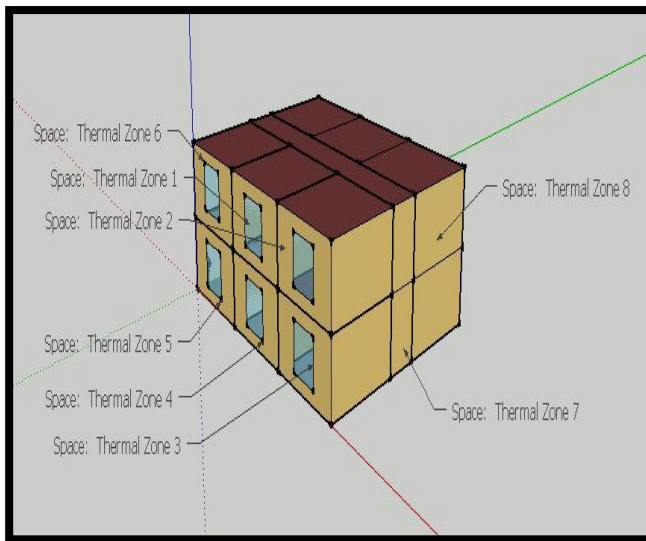
### **10-Méthodologie de travail :**

Au niveau de la simulation on a deux parties :

La première partie consiste à simulée un bloc de six bureaux avec des ouvertures de différents ratios et un vitrage simple sur toutes les orientations : Sud, Nord, Est et Ouest (le cas initial).

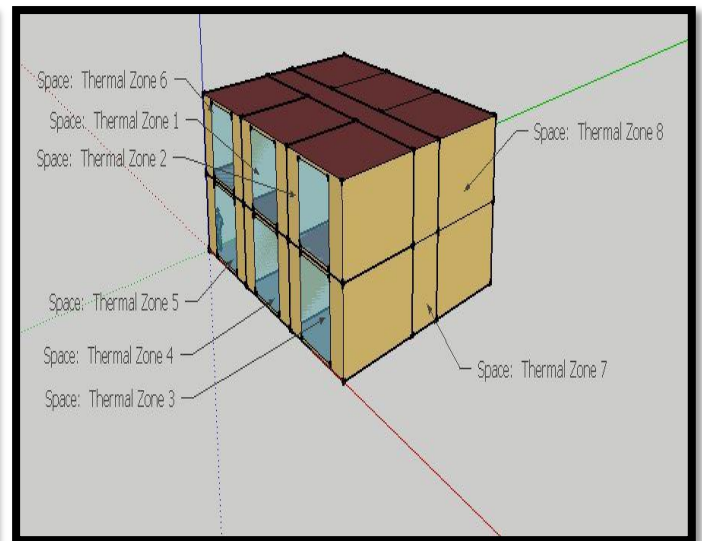
La deuxième partie c'est l'optimisation du bloc par le changement de type de vitrage ainsi que le changement de l'orientation. Tout ça pour connaître l'impact de l'ouverture et l'orientation sur la consommation énergétique dans un bâtiment à usage bureau sous un climat chaud et sec.





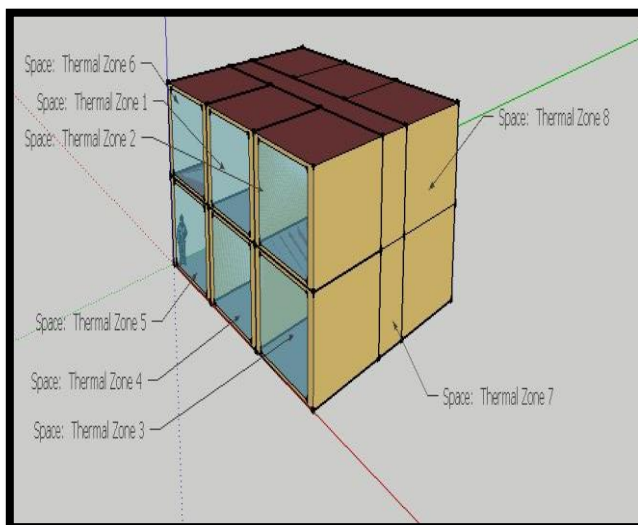
**Figure 12:** les bureaux de 25% de ratio.

Source : (Auteur).



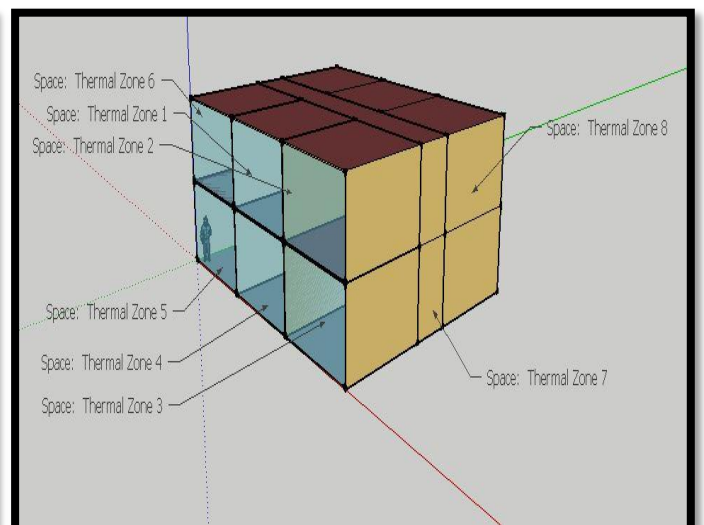
**Figure 13:** les bureaux de 50% de ratio.

Source : (Auteur).



**Figure 14:** les bureaux de 75% de ratio.

Source : (Auteur).



**Figure 15:** les bureaux de 100% de ratio.

Source : (Auteur).

### 11-Les logiciels utilisés pour la simulation :

#### 11-1-Le logiciel Open studio :

Open studio est un logiciel caractérisé par une (open source) plateforme qui est basé essentiellement sur deux logiciels performants (energy plus, radiance), avec des extensions extérieures pour faciliter les tâches d'importer une géométrie réaliser à sketch Up vers open studio.

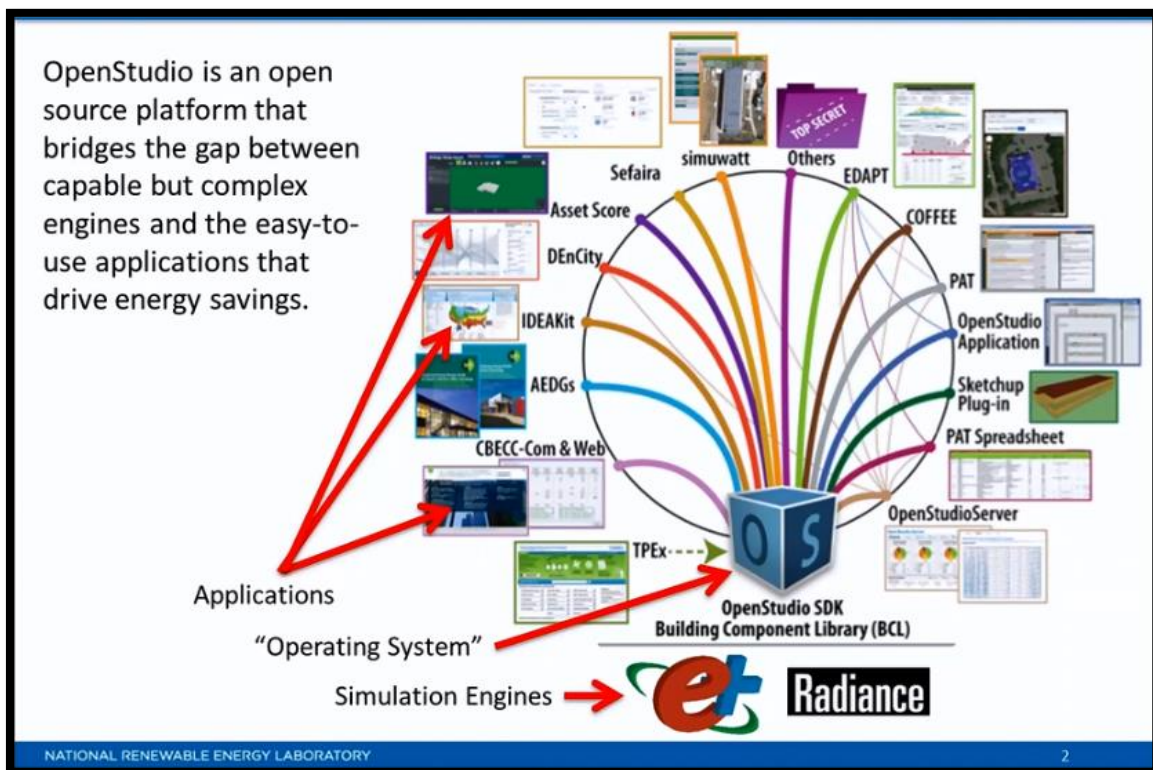


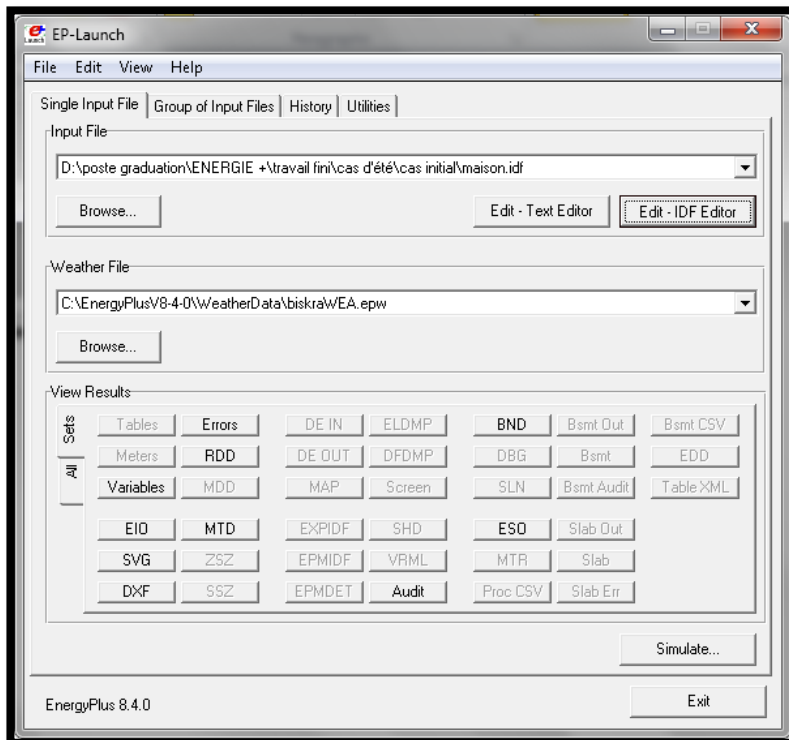
Figure 16: présentation de logiciel.

Source: [NREL](http://www.nrel.gov) (National Laboratory of the U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy).

#### 11-2-Le logiciel Energy plus :

Est un logiciel très performant, il est née à partir de deux logiciel **BLAST** (Building Loads Analysis and System Thermodynamics) et **DOE-2** qui ont été utilisés depuis la fin de 1970 comme des outils de simulation énergétique et thermique.

Energy plus un outil de simulation énergétique et thermique et il est facilement accessible par le concepteur afin d'utiliser le grand potentiel d'études comparatives de type paramétrique de ce support. (energy plus documentation)



Figures 17: présentation de la version du logiciel.

Source: documentation du logiciel Energy plus

### 11-2-1-Les potentialités du l'outil Energy plus :

- La rapidité des simulations.
- automatiser les calculs horaires par un outil informatique (application Excel);
- intégrer un fichier climatique régional de type, epw;
- établir de façon horaire la température extérieur et intérieur;
- établir de façon horaire le débit volumétrique d'air et d'infiltration.
- calculer la consommation énergétiques de climatisation et de chauffage.
- intégrer la température de sol dans la simulation pour la précision des résultats.
- déterminer le confort thermique
- déterminer l'éclairage naturel et artificiel.
- calculer la durée de vie de bâtiment.
- calculer la pollution atmosphérique.

Du point de vue architectural, Energy plus avec sketch up permet de faire varier divers paramètres architecturaux tels :

La géométrie.

Les dimensions de l'espace.

L'orientation du bâtiment et des ouvertures.

Les caractéristiques de conduction thermique de l'enveloppe (BEN CHIKH hamida)



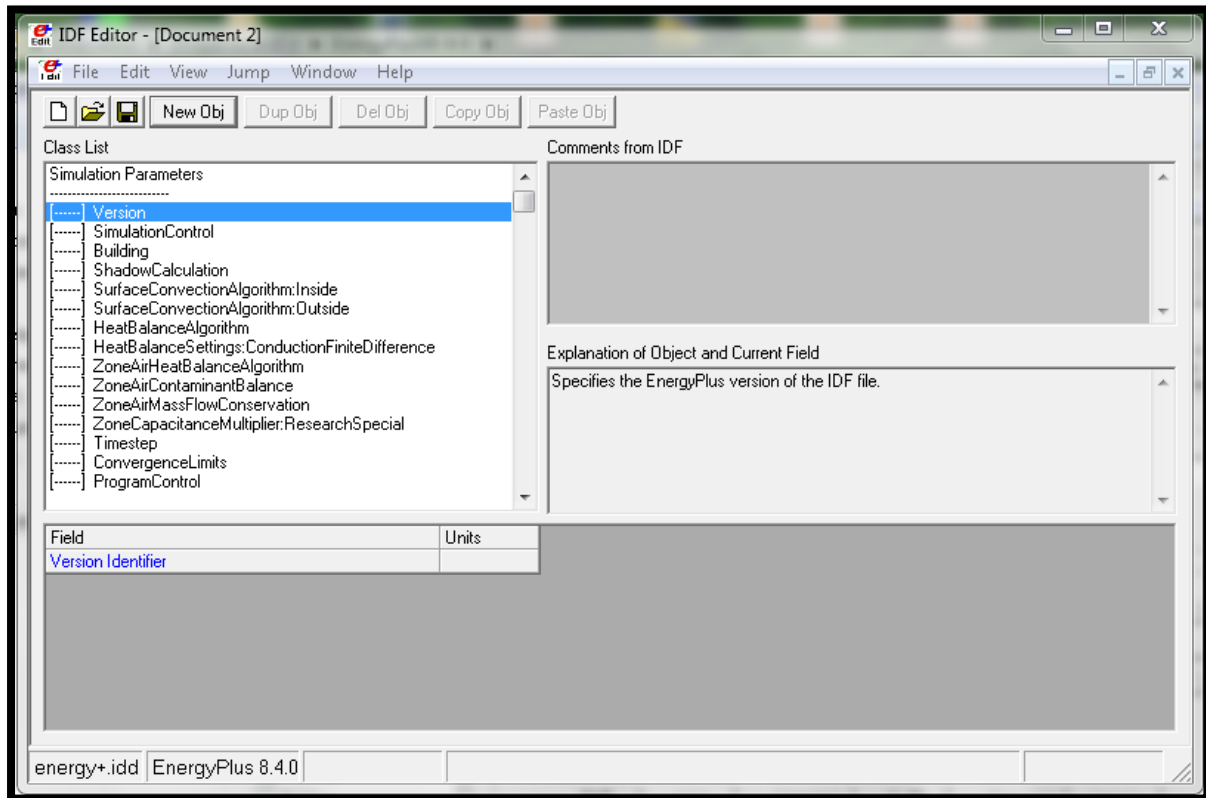


Figure 18: l'interface du logiciel.

Source: Auteur

### 11-2-2-Le schéma de simulation d'Energy plus :

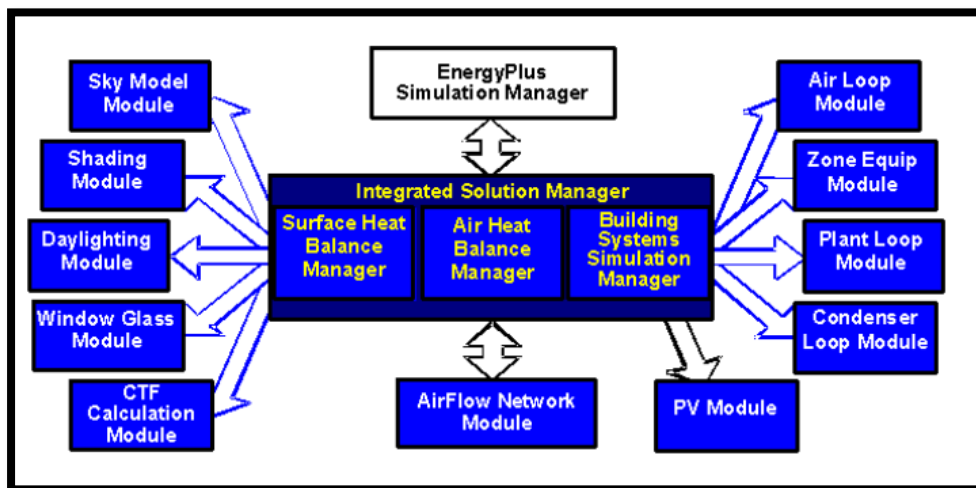


Figure 19: le schéma de simulation.

Source: les documents de Energy plus

### 11-3-Réalisation du model à la ville Biskra :

La réalisation du model se fait avec le logiciel sketch up et la simulées est effectué à l'aide du logiciel open studio + energy plus.

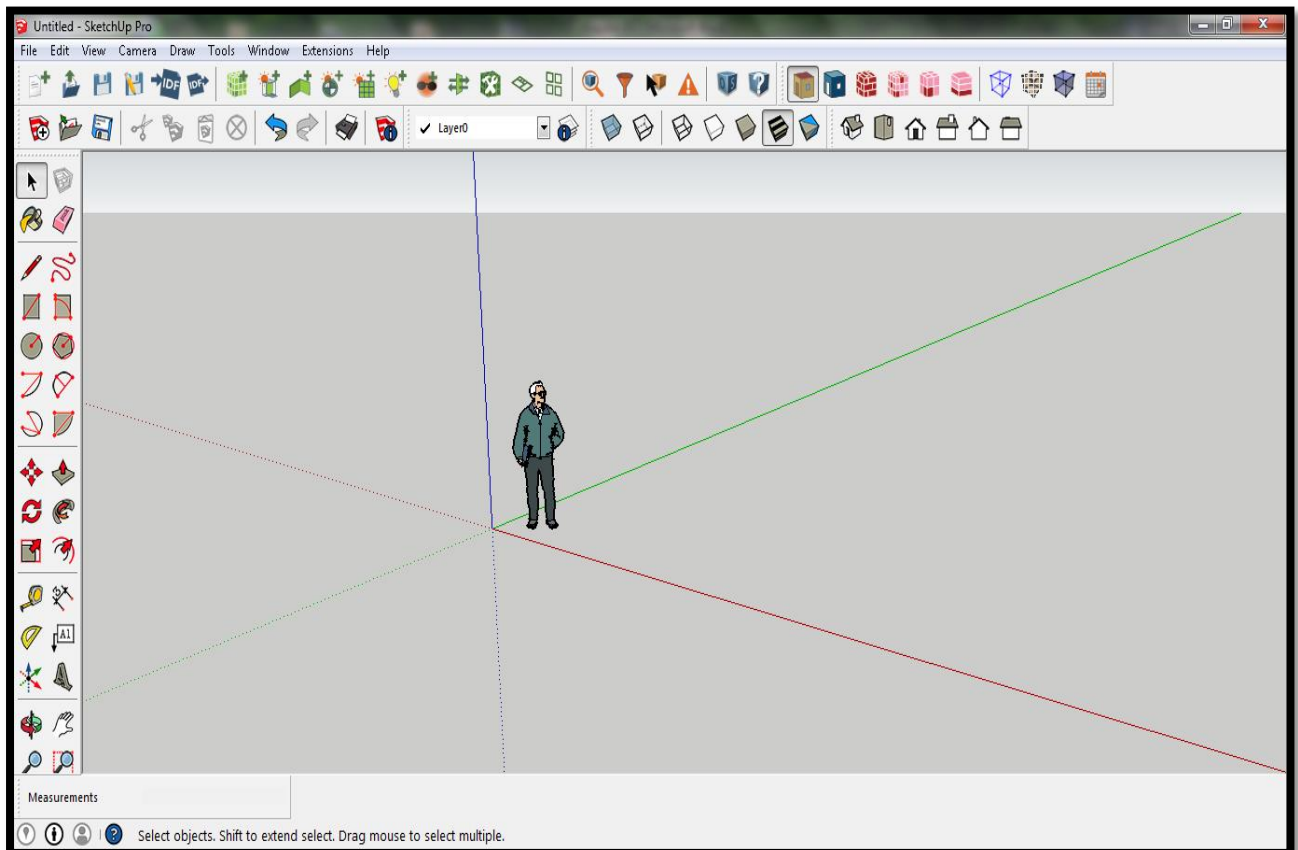
Remarque (il faut vérifier l'existence de l'extension d'open studio dans sketch up).





-Une première étape consiste à concevoir le volume avec les dimensions suivantes : (30m de longueur, 12m de largeur et 6m de hauteur). (Figs.9.10.11.12).

-Une deuxième étape consiste à modifier les ratios des ouvertures 25%, 50%, 75%, 100% avec l'orientation et la troisième étape consiste à optimiser le bloc de tel façon on minimise la consommation énergétique.



**Figure 20:** le logiciel sketch up.

Source: Auteur

### **11-3-1-Intégration des données météorologiques :**

Après la réalisation des modèles il est nécessaire d'importer les données climatiques de la ville de Biskra dans le logiciel, le fichier des données climatiques est sous forme (epw). Les étapes d'intégration des données sont comme suite :

Étape 1 : cliqué sur change weather file

Etape 2 : sélectionné le fichier climatique de la ville de Biskra. Après les coordonnées de la ville vont être affichées sur le logiciel.

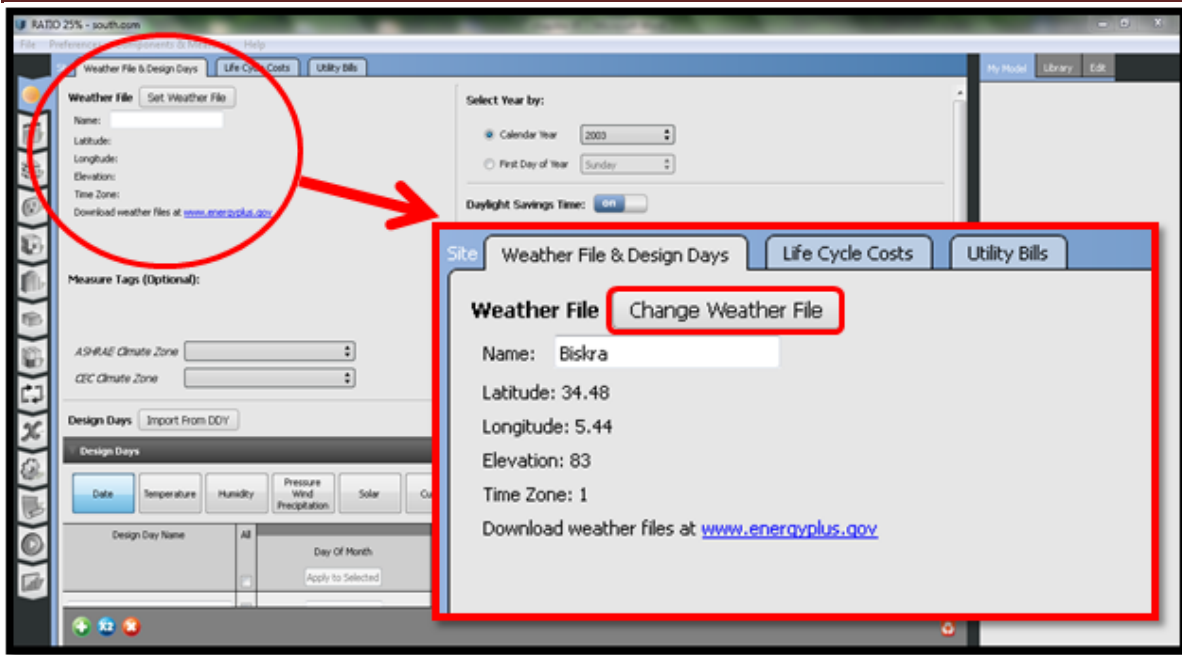


Figure 21: le logiciel open studio. Source: Auteur

## 11-3-2-les étapes de simulation:

### Etape 01 :

Consiste à réaliser les différents scénarios de projet tel que l'éclairage, la ventilation, l'infiltration, le chauffage, la climatisation, les équipements intérieurs, le nombre de personne et le taux d'occupation de l'espace.

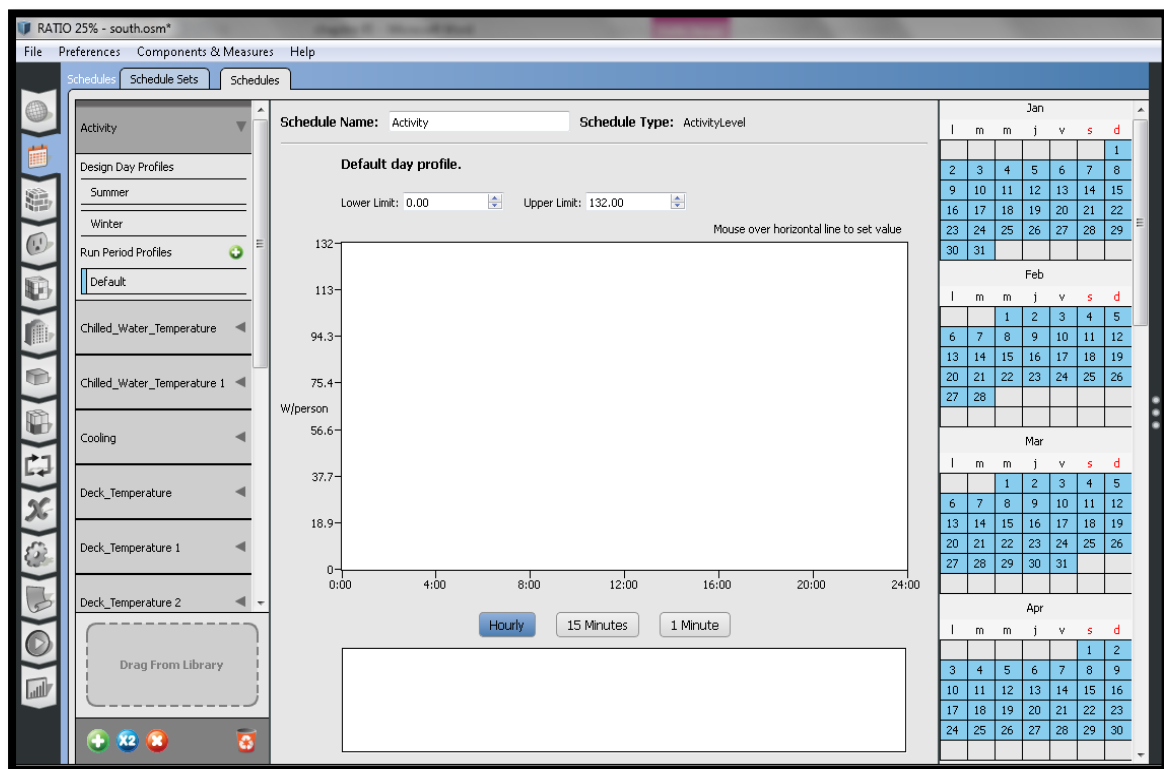


Figure 22: les différents scénarios. Source: Auteur

## Etape 02 :

Dans cette étape on va créer les matériaux avec ses variantes (épaisseur, conductivité, la chaleur spécifique, densité, absorptance thermique .....etc.). Tout simplement on va créer un mur, une dalle, un plancher, une porte et une fenêtre.

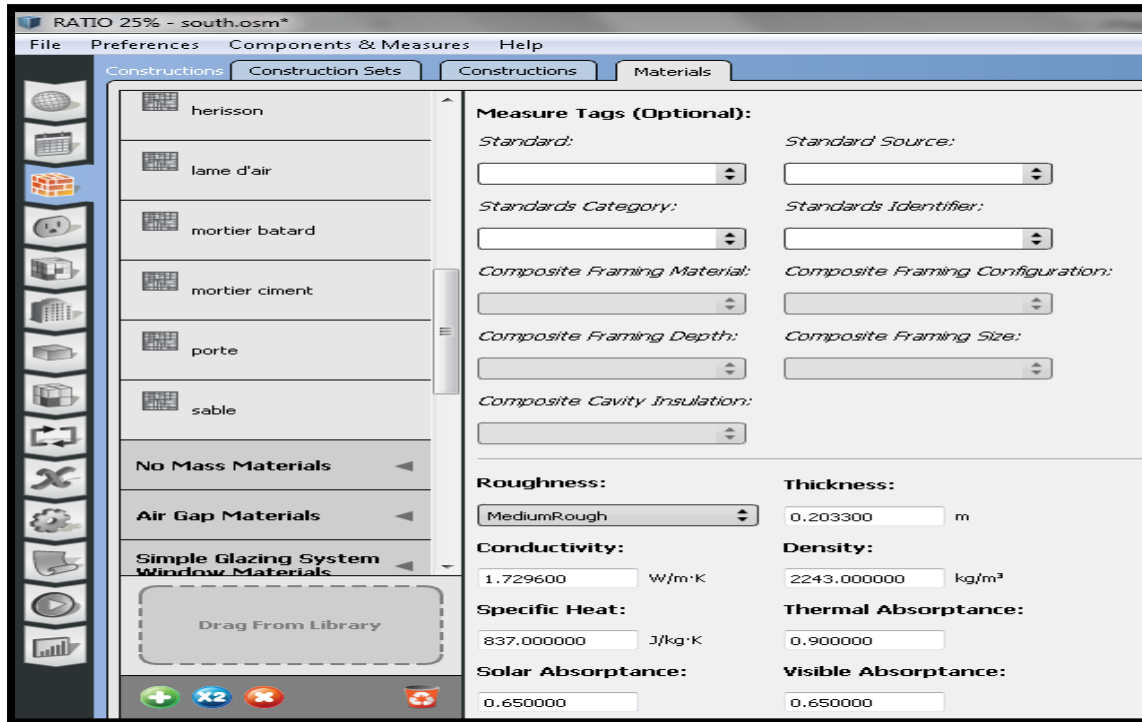


Figure 23: l'intégration des matériaux. Source: Auteur

## Etape 03 :

Consiste à intégrer les charges de notre projet (l'éclairage, les équipements intérieurs et le nombre de personne).

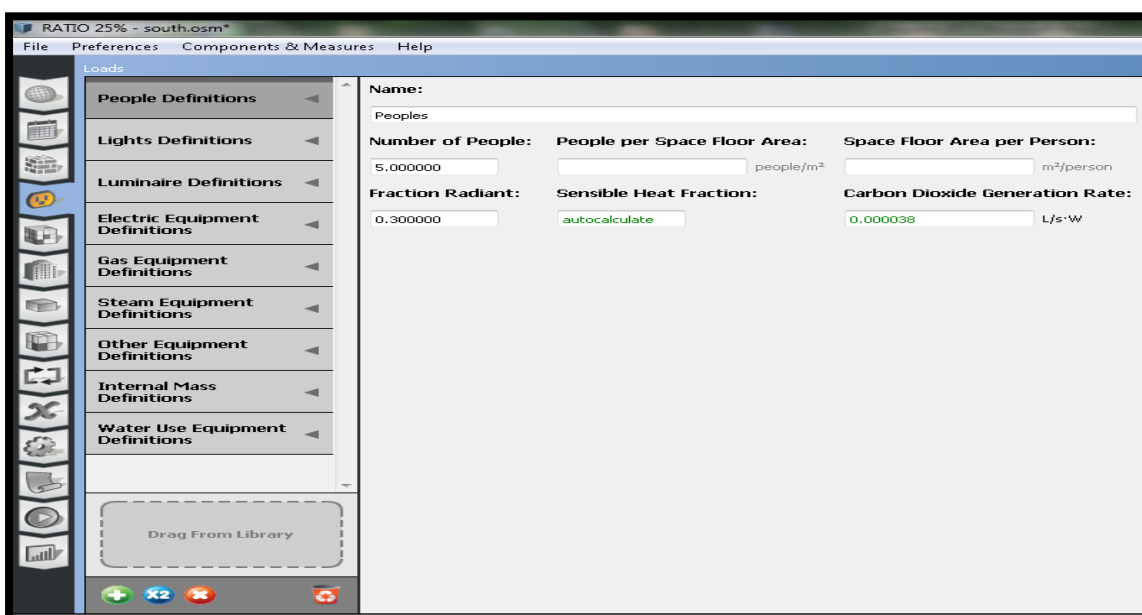


Figure 24: l'intégration des charges. Source: Auteur

# Chapitre V : Présentation de cas d'étude et l'outil de simulation

## Etape 04:

Après l'intégration des charges on ajoute le taux d'infiltration et la ventilation, aussi le choix de l'orientation.

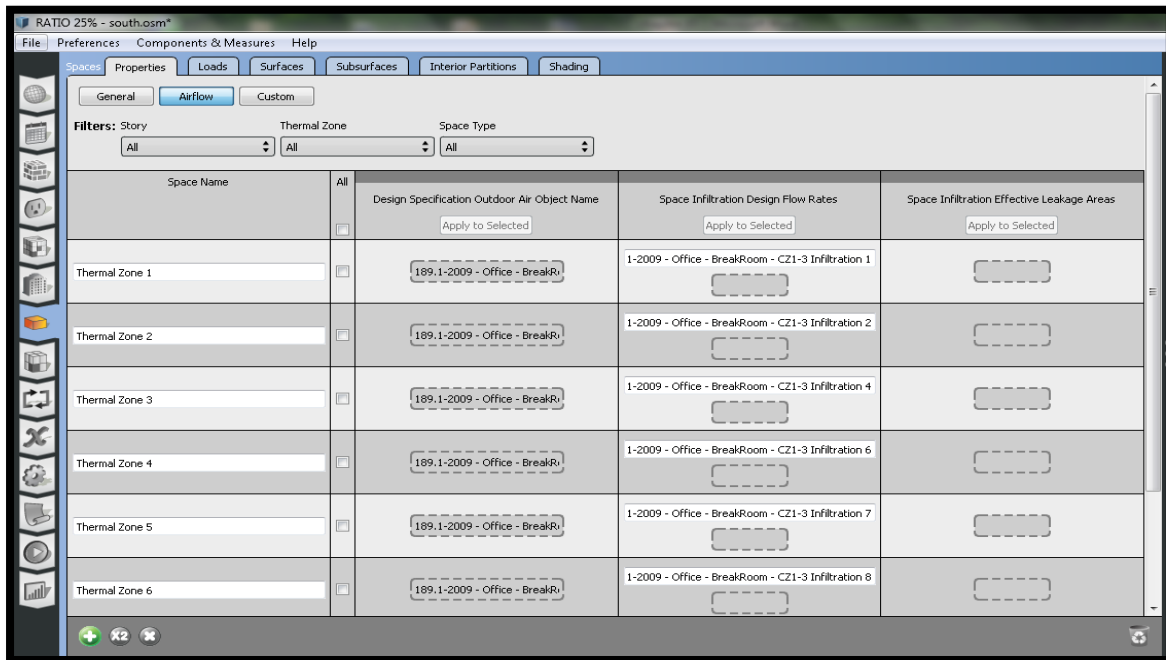


Figure 25: l'addition de l'infiltration et la ventilation. Source: Auteur

## Etape 05:

L'addition de système de climatisation et de chauffage avec les scénarios.

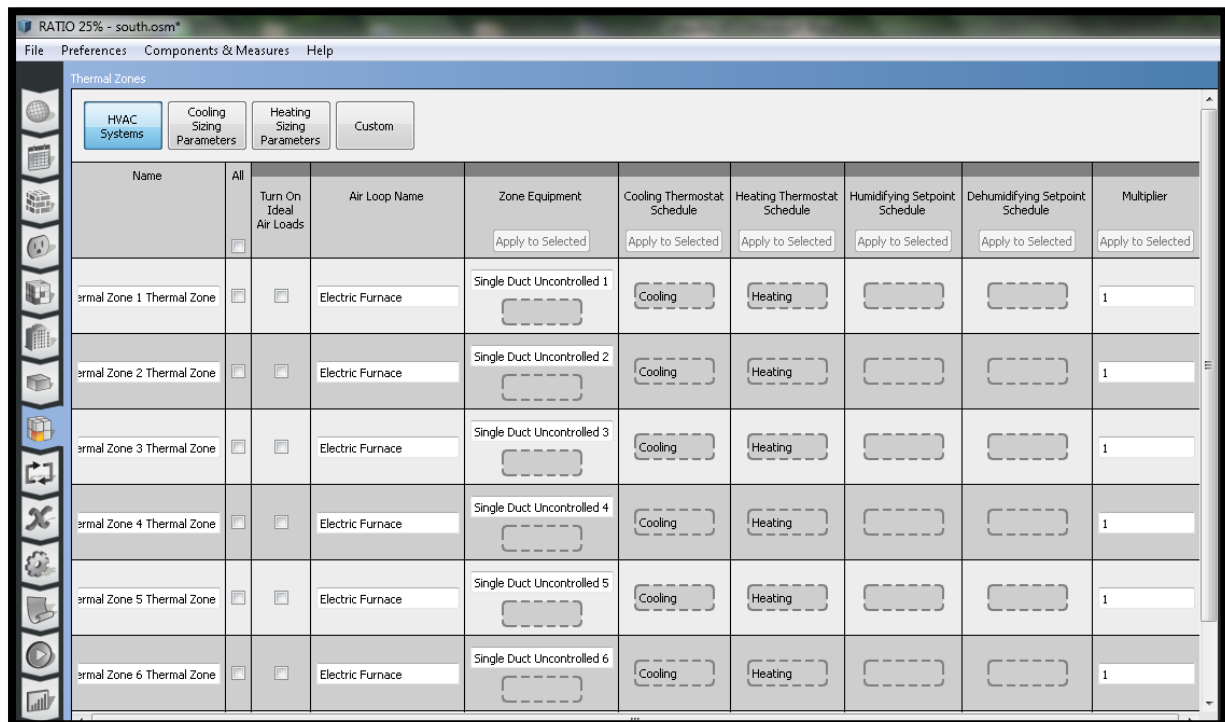


Figure 26: l'addition de système de climatisation et de chauffage. Source: Auteur

## Etape 06:

Consiste à déterminer les fichiers de sorties (outputs) et contrôler les paramètres de simulations tel que l'intervalle de temps, les types algorithmes a utilisées, la période de simulation.....etc.

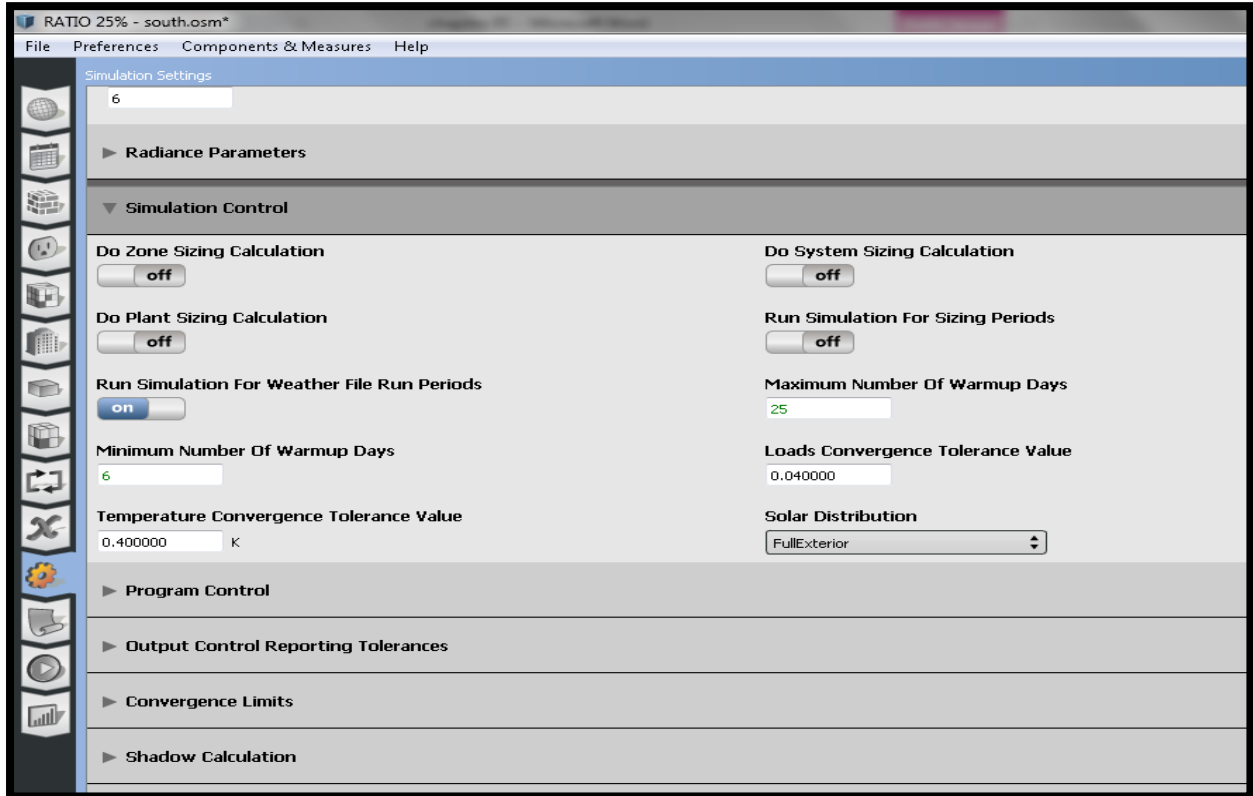


Figure 27: les paramètres de simulation. Source: Auteur

En fin après le réglage des paramètres de simulation on exécute la simulation et on obtient des résultats de logiciel open studio et l'energy plus.



Figure 28: les résultats obtenus par open studio. Source: Auteur

Results Summary

Reports: EnergyPlus Results

Open ResultsViewer for Detailed Reports

End Uses	Electricity [GJ]	Natural Gas [GJ]	Additional Fuel [GJ]	District Cooling [GJ]	District Heating [GJ]	Water [m3]
Heating	4.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooling	17.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Lighting	4.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Interior Equipment	23.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fans	19.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pumps	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water Systems	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Refrigeration	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total End Uses	70.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figure 29: les résultats obtenus par energy plus. Source: Auteur

On peut aussi obtenir des résultats d'autre façon à partir de results viewer

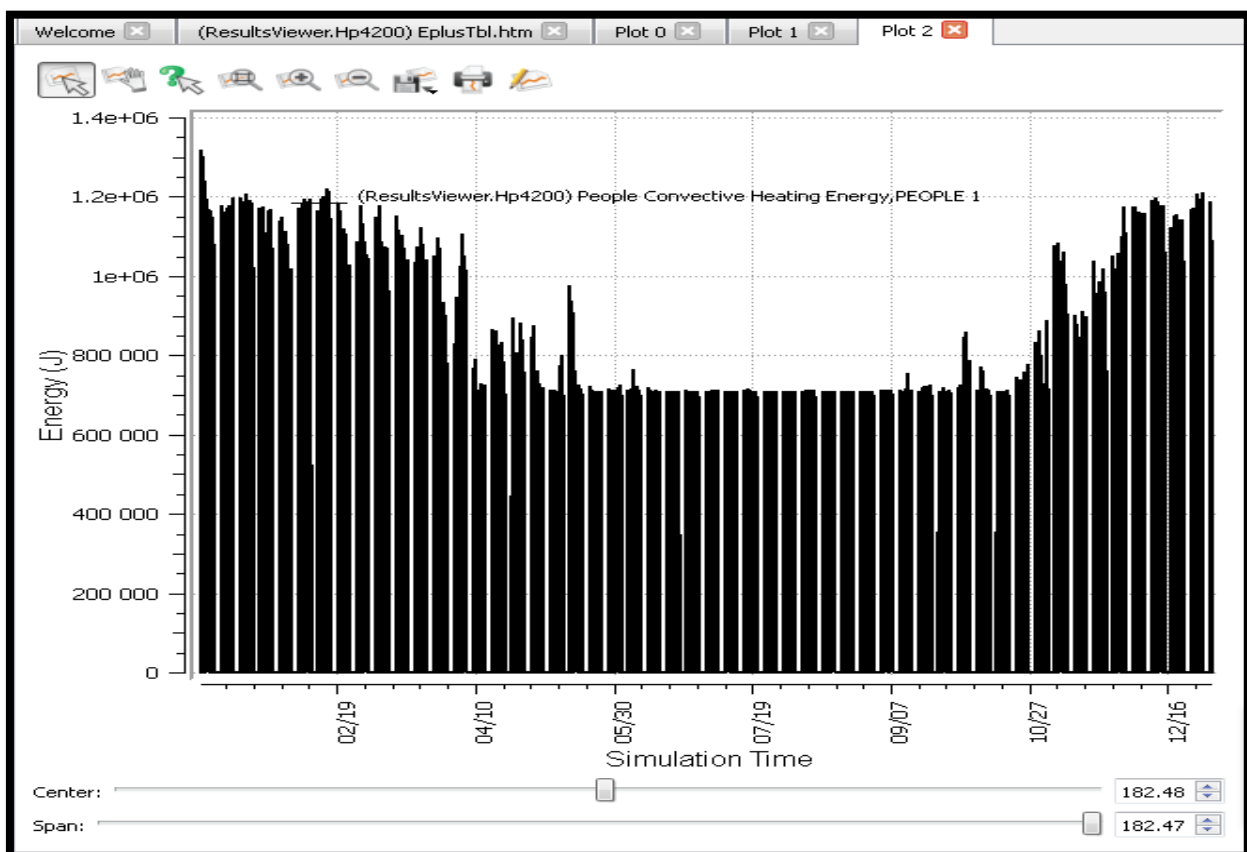


Figure 30: la présentation des résultats par results viewer. Source: Auteur

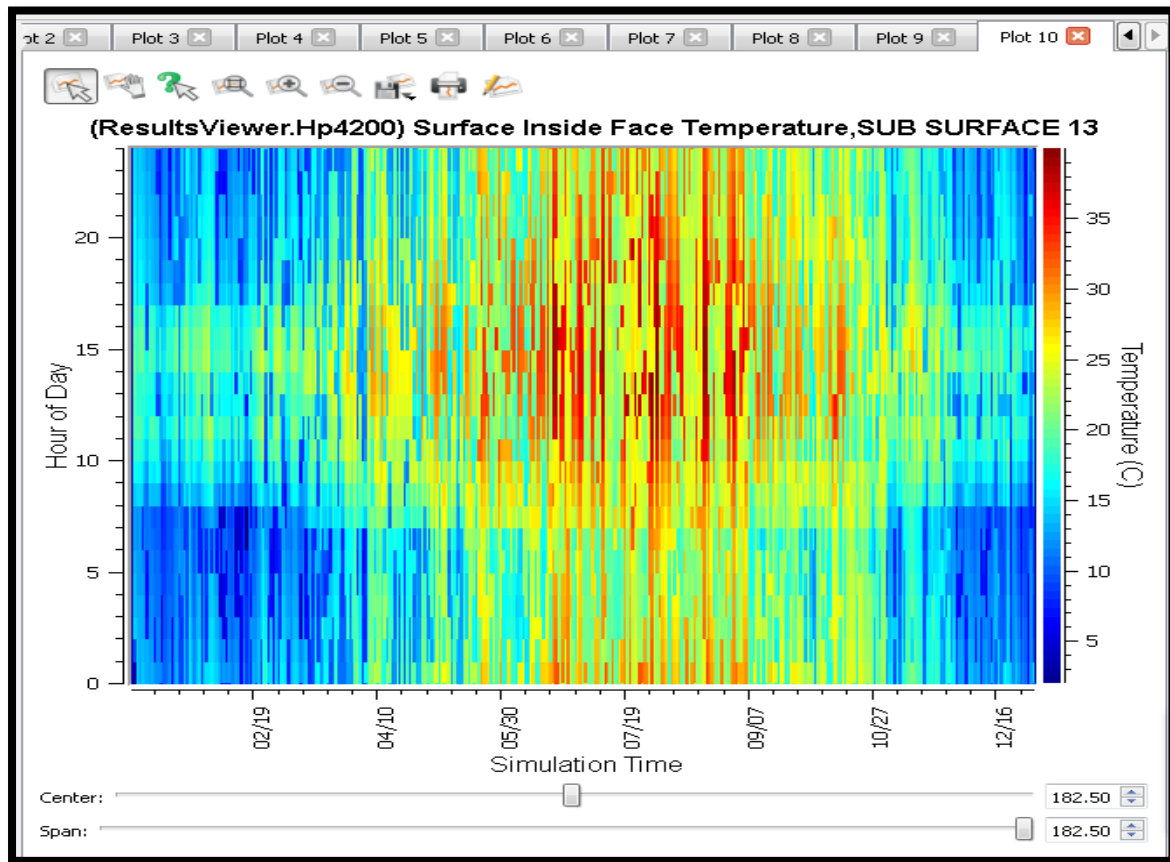


Figure 31: la présentation des résultats par results viewer. Source: Auteur

## 12- le processus de la simulation :

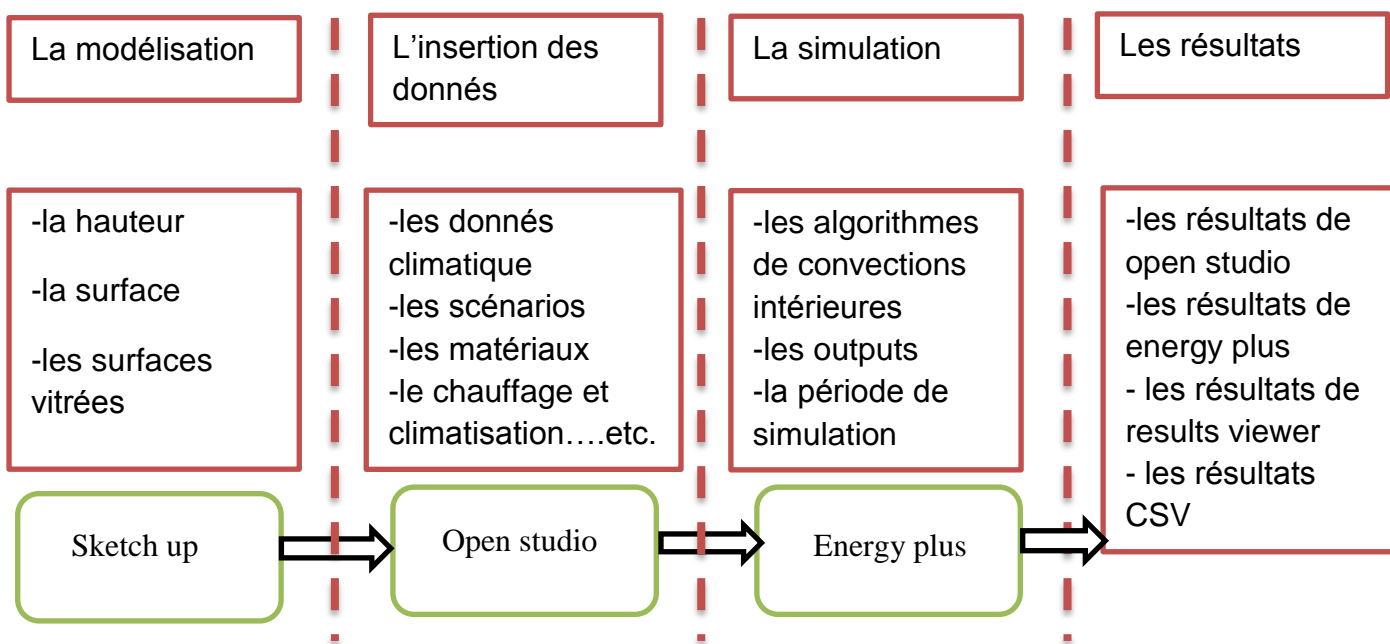


Figure 32: le processus de la simulation. Source: Auteur

### **Conclusion :**

Il est connu que la fenêtre reste toujours l'élément principal de la conception architecturale dans la ville de Biskra car elle permet de faire la liaison visuelle de l'intérieur vers l'extérieur et capter la lumière du jour pour éclairer les différents espaces. Néanmoins elle est considérée comme un élément de déperditions thermique fort.

Ce chapitre nous a permis de mettre en évidence les différents outils de simulation pour calculer la consommation énergétique de bâtiment. dans la recherche présente on va traiter en premier lieu l'influence des ouvertures sur la consommation de l'énergie prenant en considération les orientations favorables et défavorables vis-à-vis le taux d'ensoleillement et l'intensité des rayonnements solaires, aussi on changerait le taux d'ouverture par rapport le mur pour atteindre la configuration optimale de l'ouverture, en deuxième lieu on va intégrer des améliorations au niveau des fenêtres tel que le double vitrage , triple vitrage et le système d'occultation, après on fait une comparaison entre les résultats et on va ressortir la configuration idéale des ouvertures dans les bâtiments à usage bureau.





# Chapitre VI

Résultats et interprétations

## Introduction :

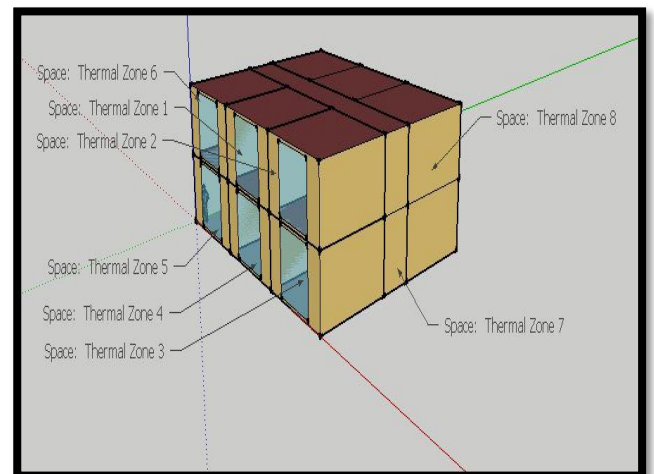
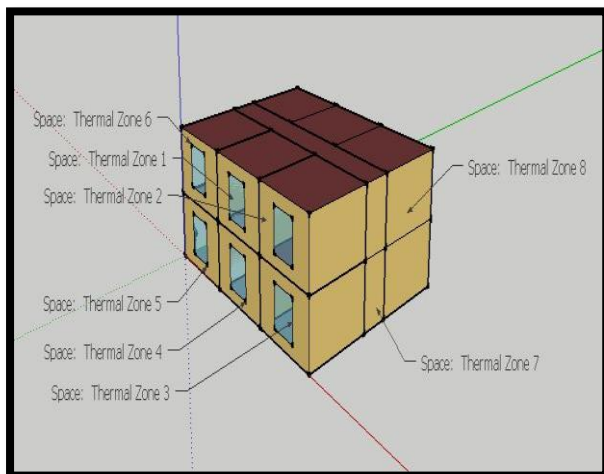
Ce chapitre permet l'interprétation des résultats des différentes simulations effectuées dans cette recherche et de trouver les rapports de correspondance entre les différents éléments étudiés.

L'objectif de cette simulation est de connaître la configuration d'ouverture qui offre une consommation énergétique réduite à l'espace en fonction de l'orientation (Est, Ouest, Sud, Nord), et prenant en considération l'effet du climat de la ville de Biskra sur le bâtiment et la quantité des rayonnements solaires qui rentrent dans le local par la fenêtre, ainsi que les caractéristiques des fenêtres (double vitrage et triple vitrage) tels que le facteur de transmittance et le facteur solaire.

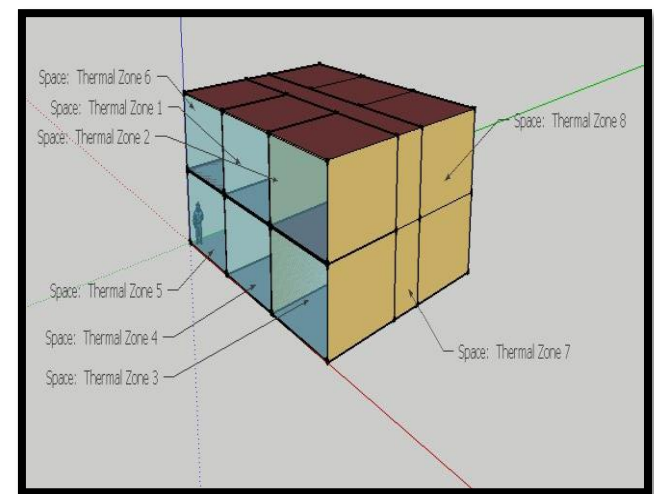
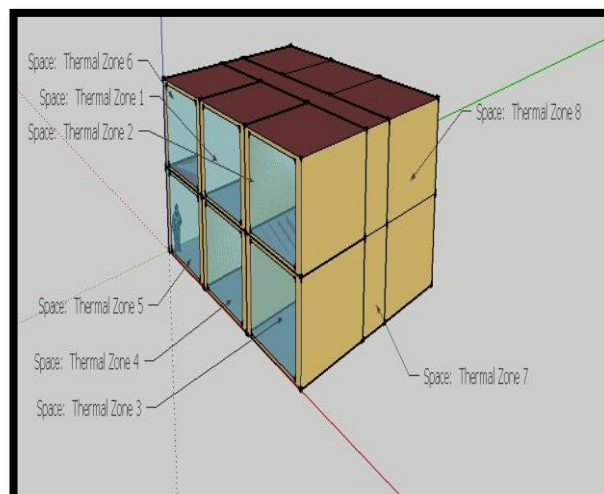
## 1-Les résultats obtenus par le logiciel open studio :

### 1-1-Le bâtiment orienté Sud :

Le model est constitué d'un bloc de six bureaux avec des ouvertures de différents ratios et un vitrage simple sur toutes les orientations : Sud, Nord, Est et Ouest (le cas initial) voir les models au dessous.

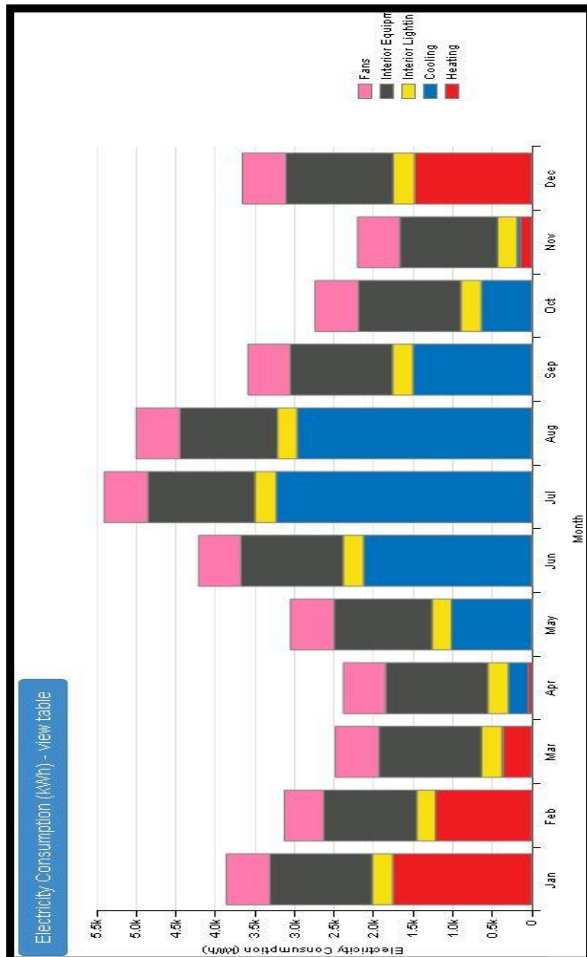


Figures 1: le model avec différents ratios. Source : Auteur.



## 1-1-a-Le bâtiment de ratio 25% :

End Use	Consumption (kWh)
Heating	5,011
Cooling	11,800
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	6,481

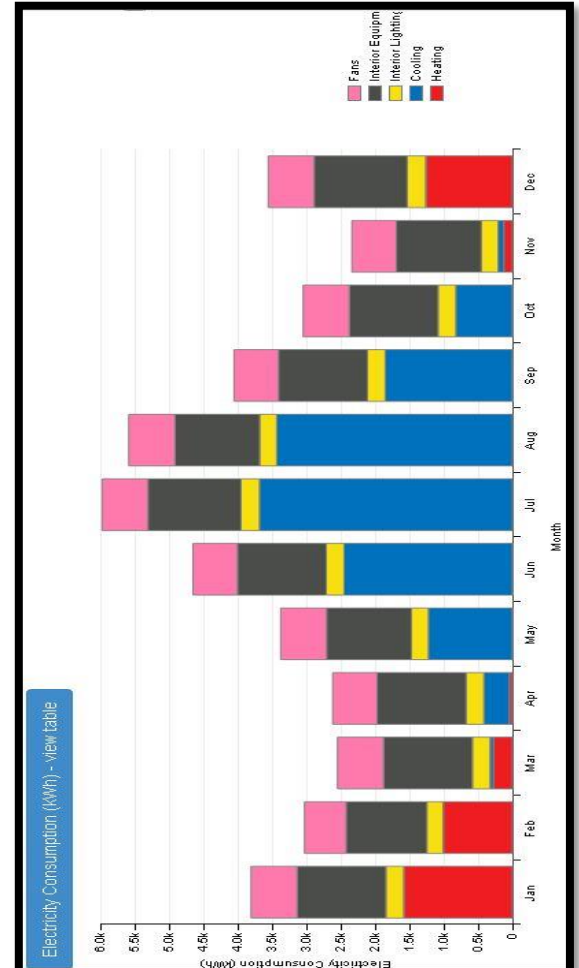


**Figures 2:** la consommation de l'énergie de bâtiment de ratio 25%.

Source : Auteur.

## 1-1-b-Le bâtiment de ratio 50% :

End Use	Consumption (kWh)
Heating	4,292
Cooling	13,981
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	7,881

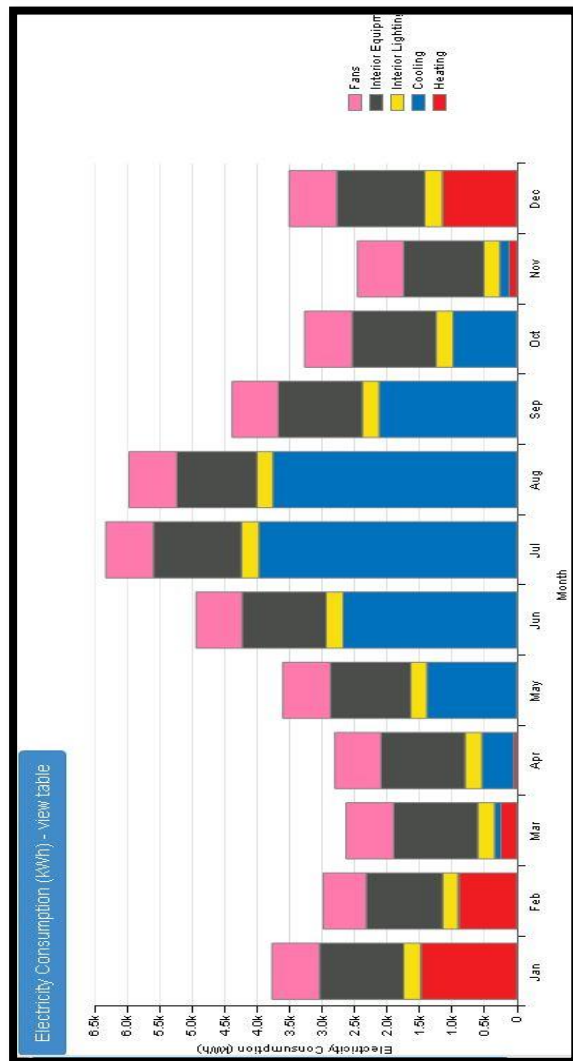


**Figures 3:** la consommation de l'énergie de bâtiment de ratio 50%.

Source : Auteur.

## 1-1-c-Le bâtiment de ratio 75% :

End Use	Consumption (kWh)
Heating	3,936
Cooling	15,658
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	8,611

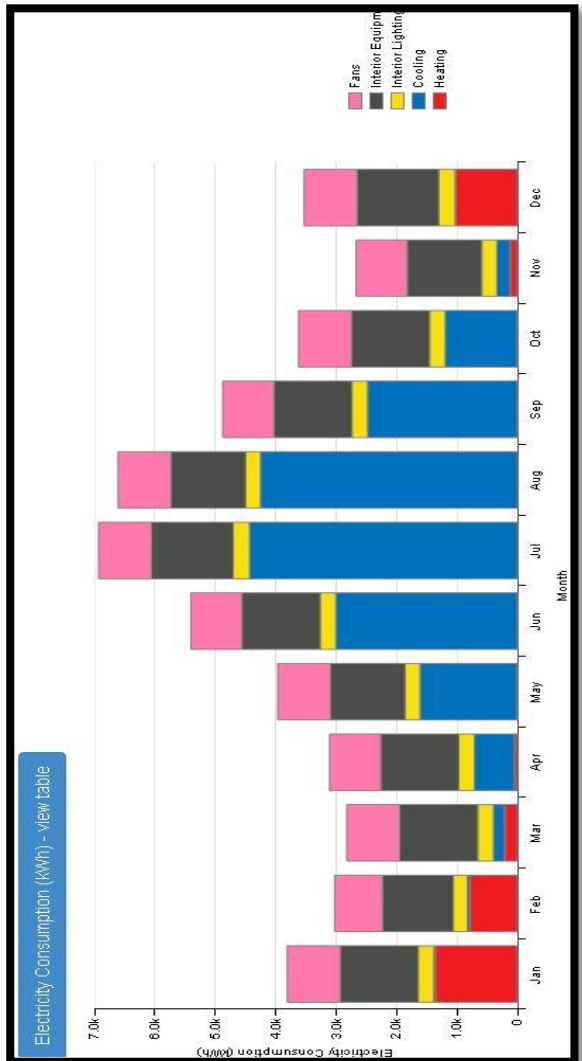


**Figures 4:** la consommation de l'énergie de bâtiment de ratio 75%.

Source : Auteur.

## 1-1-d-Le bâtiment de ratio 100% :

End Use	Consumption (kWh)
Heating	3,553
Cooling	18,108
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	10,281



**Figures 5:** la consommation de l'énergie de bâtiment de ratio 100%.

Source : Auteur.

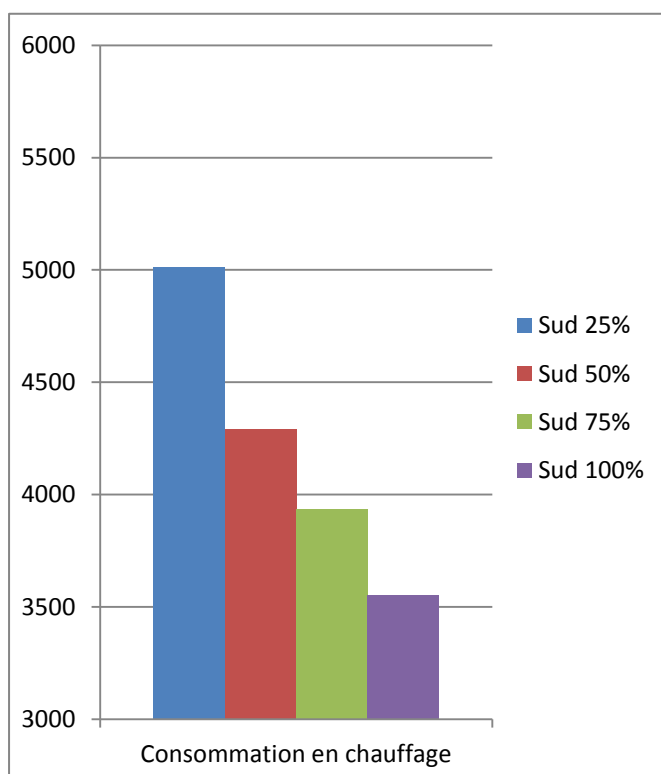
## Chapitre VI : Résultats et interprétations

-à partir de ces graphes on voit que la consommation forte de l'énergie est dans la période estivale beaucoup plus que la période hivernale là où on a une utilisation importante de système de climatisation à cause de longue période de surchauffe (presque 07 mois par an).

Aussi on voit que le mois de juillet est le plus chaud pendant l'année puis le mois d'août, au contraire le mois le plus froid c'est le mois de janvier puis décembre.

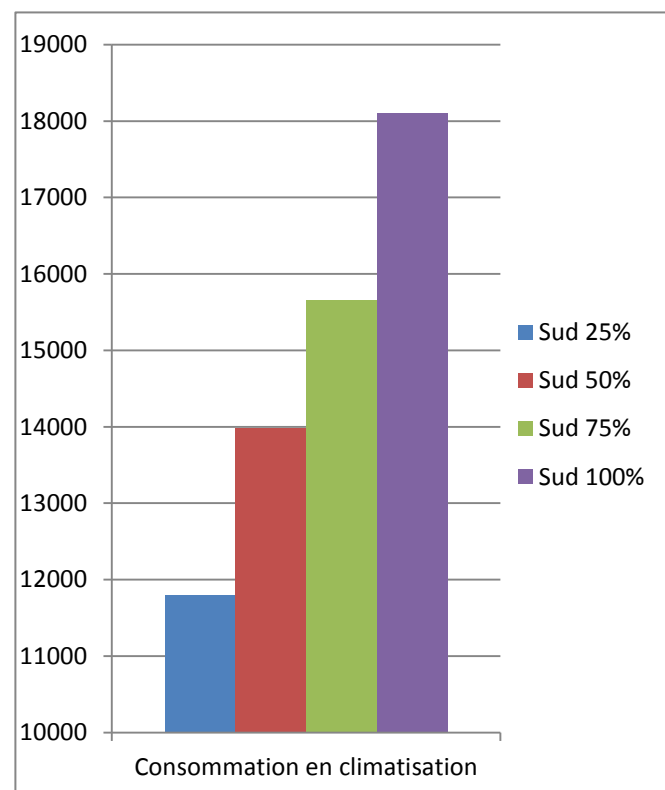
On constate aussi que la consommation en climatisation augmente respectivement avec la variation du ratio (lors que la surface vitrée augmente la consommation en climatisation augmente) 15,6%, 24,6%, 34,8% de ratio 50%, 75%, 100% par rapport l'ouverture de 25% de ratio, par contre la consommation en chauffage diminue environ 14,3%, 21,5%, 29,1% de ratio 50%, 75%, 100% respectivement par rapport l'ouverture de 25%. car il existe :

- un taux d'ensoleillement important.
- une quantité des rayonnements solaires directs considérables.
- l'augmentation de la surface vitrée égale plus de surface exposée à l'extérieur et donc plus des déperditions thermiques.



**Graphe 1:** la consommation de l'énergie en Kwh pour le chauffage en fonction de ratios.

Source : Auteur.



**Graphe 2:** la consommation de l'énergie en Kwh pour la climatisation en fonction de ratios.

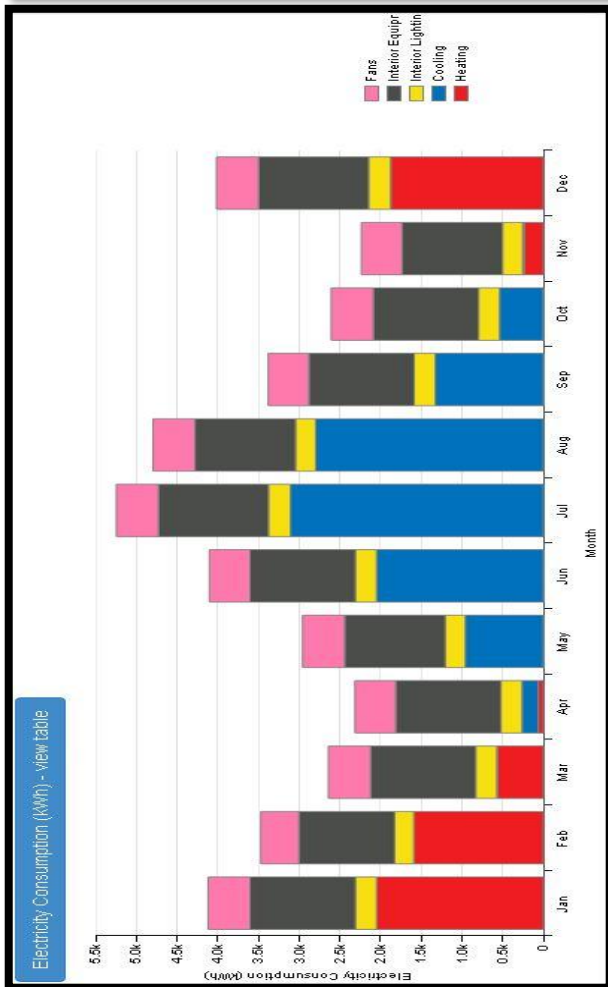
Source : Auteur.

## 1-2-Le bâtiment orienté Nord :

### 1-2-a-Le bâtiment de ratio 25% :

EUI - Electricity - view table

End Use	Consumption (kWh)
Heating	6,372
Cooling	11,008
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	6,072



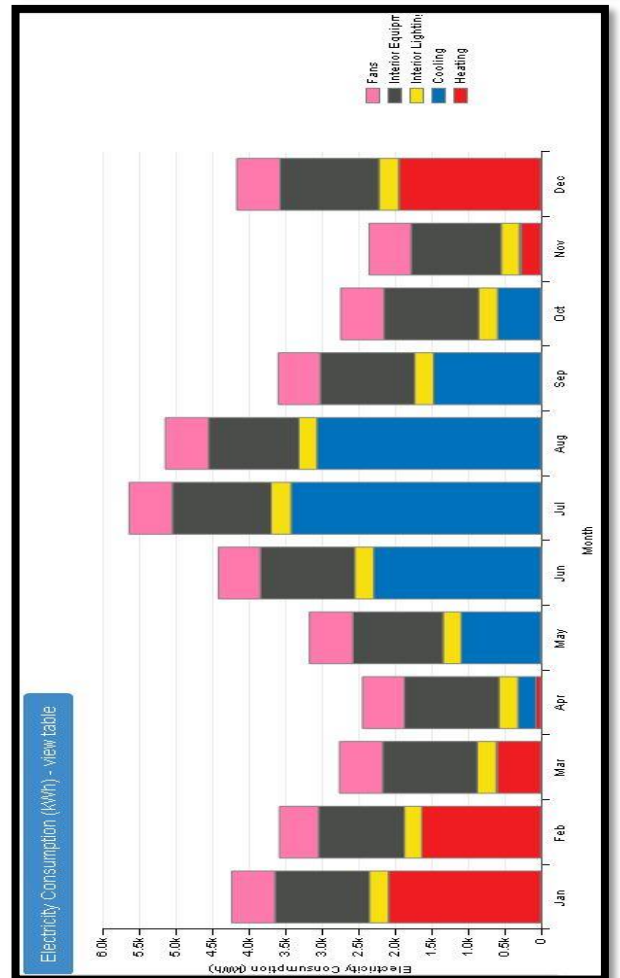
Figures 6: la consommation de l'énergie de bâtiment de ratio 25%.

Source : Auteur.

### 1-2-b-Le bâtiment de ratio 50% :

EUI - Electricity - view table

End Use	Consumption (kWh)
Heating	6,606
Cooling	12,219
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	6,961



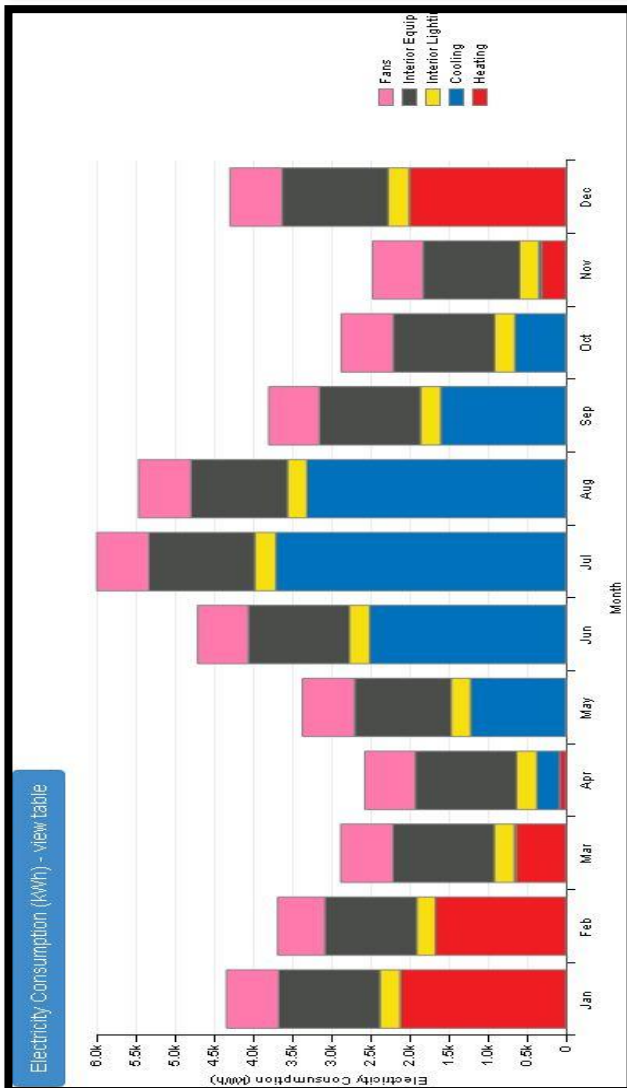
Figures 7: la consommation de l'énergie de bâtiment de ratio 50%.

Source : Auteur.

## 1-2-c-Le bâtiment de ratio 75% :

EUI - Electricity - view table

End Use	Consumption (kWh)
Heating	6,825
Cooling	13,353
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	7,850



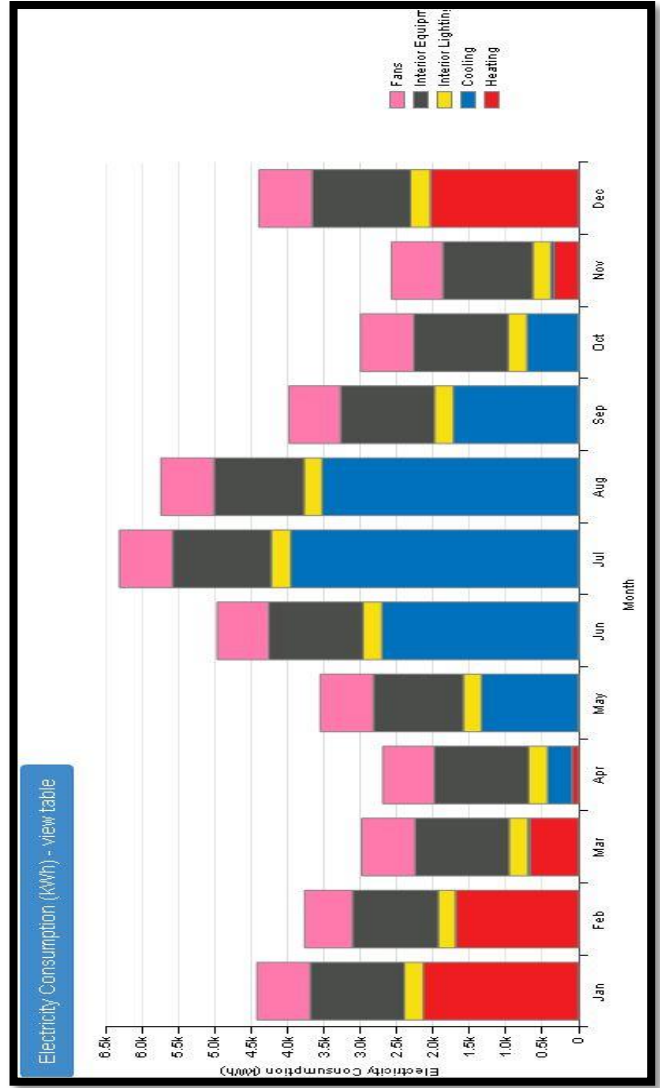
**Figures 8:** la consommation de l'énergie de bâtiment de ratio 75%.

Source : Auteur

## 1-2-d-Le bâtiment de ratio 100% :

EUI - Electricity - view table

End Use	Consumption (kWh)
Heating	6,958
Cooling	14,358
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	8,600



**Figures 9:** la consommation de l'énergie de bâtiment de ratio 100%.

Source : Auteur.



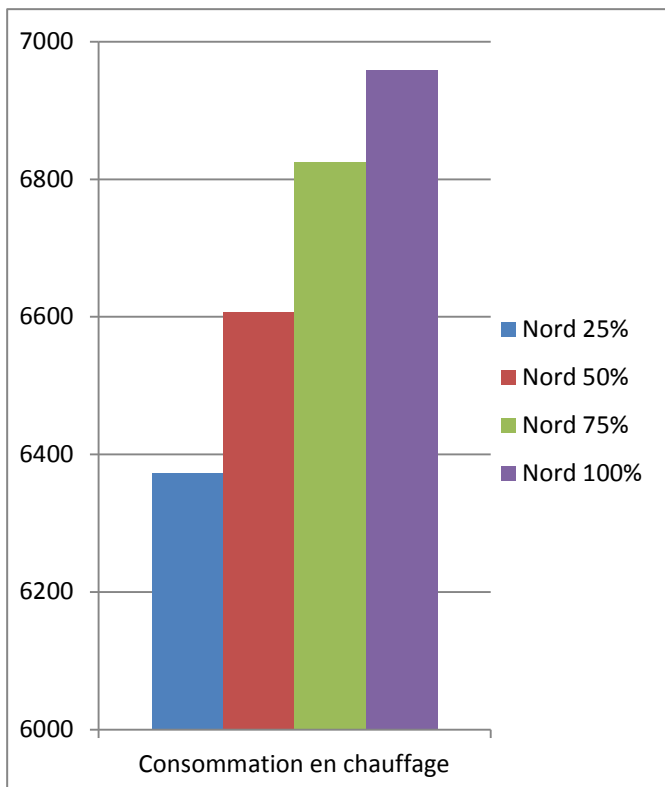
## Chapitre VI : Résultats et interprétations

-Selon les graphes au-dessus on voit qu'il y a une augmentation importante de la consommation de l'énergie en chauffage 3,5%, 6,6%, 8,4% de ratio 50%, 75%, 100% par rapport l'ouverture de 25% de ratio, Aussi il y a une augmentation de la consommation en climatisation environ 9,9%, 17,6%, 23,2% de ratio 50%, 75%, 100% respectivement par rapport l'ouverture de 25% , cette augmentation est à cause de :

- l'absence des rayonnements solaires directs

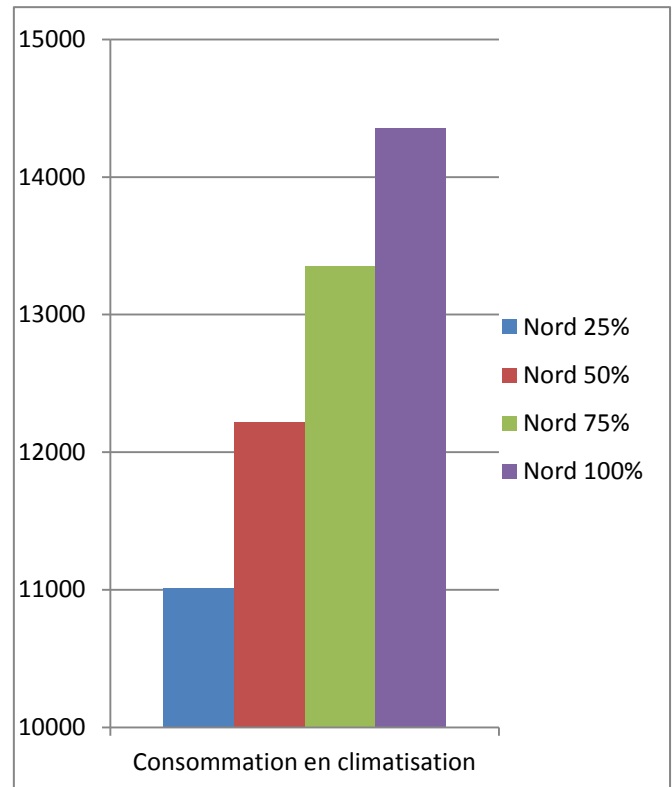
-l'orientation Nord gagne juste les rayonnements solaires diffus pour la lumière naturelle et les besoins thermiques.

-les déperditions thermiques à travers les fenêtres (simple vitrage  $U= 4,9 \text{ w/m}^2.k$ ).



**Graphe 3:** la consommation de l'énergie en Kwh pour le chauffage en fonction de ratios.

Source : Auteur.



**Graphe 4:** la consommation de l'énergie en Kwh pour la climatisation en fonction de ratios.

Source : Auteur

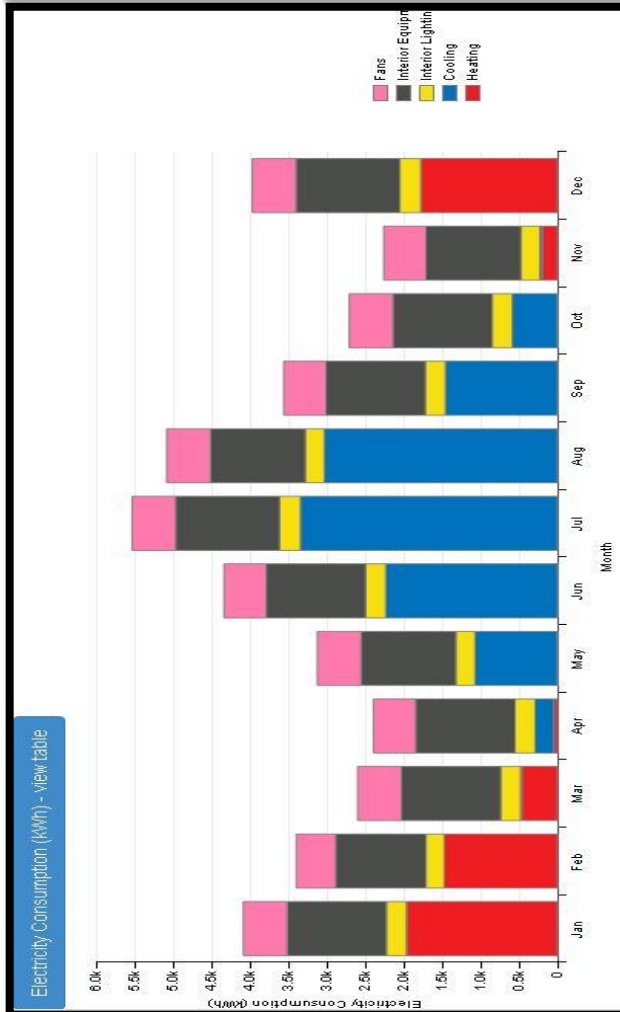


## 1-3-Le bâtiment orienté Est :

### 1-3-a-Le bâtiment de ratio 25% :

EUI - Electricity - view table

End Use	Consumption (kWh)
Heating	5,925
Cooling	12,017
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	6,669



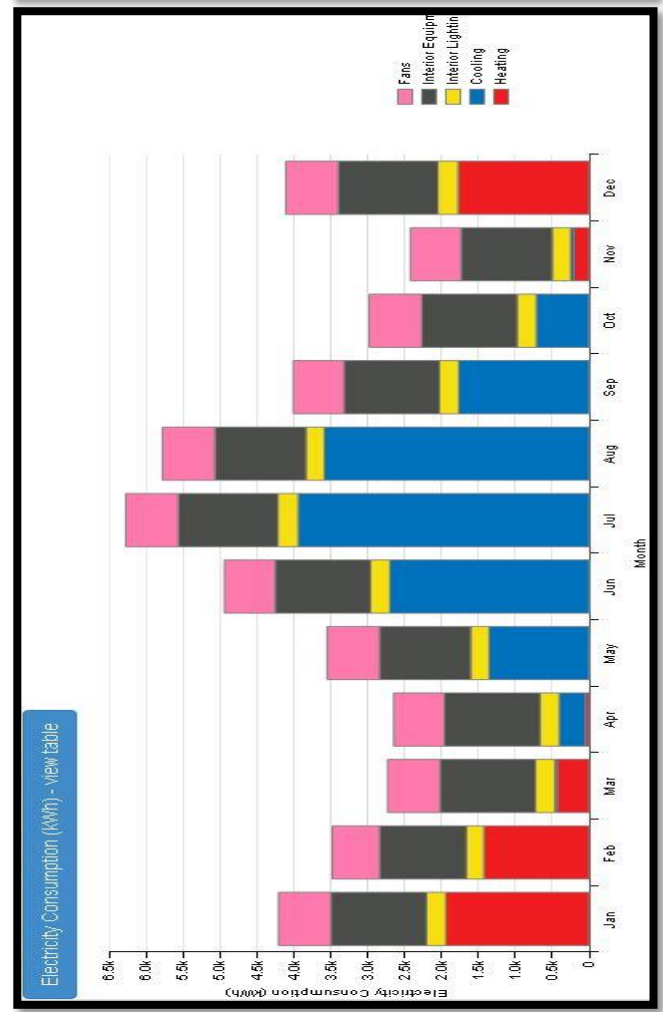
**Figures 10:** la consommation de l'énergie de bâtiment de ratio 25%.

Source : Auteur

### 1-3-b-Le bâtiment de ratio 50% :

EUI - Electricity - view table

End Use	Consumption (kWh)
Heating	5,833
Cooling	14,506
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	8,347



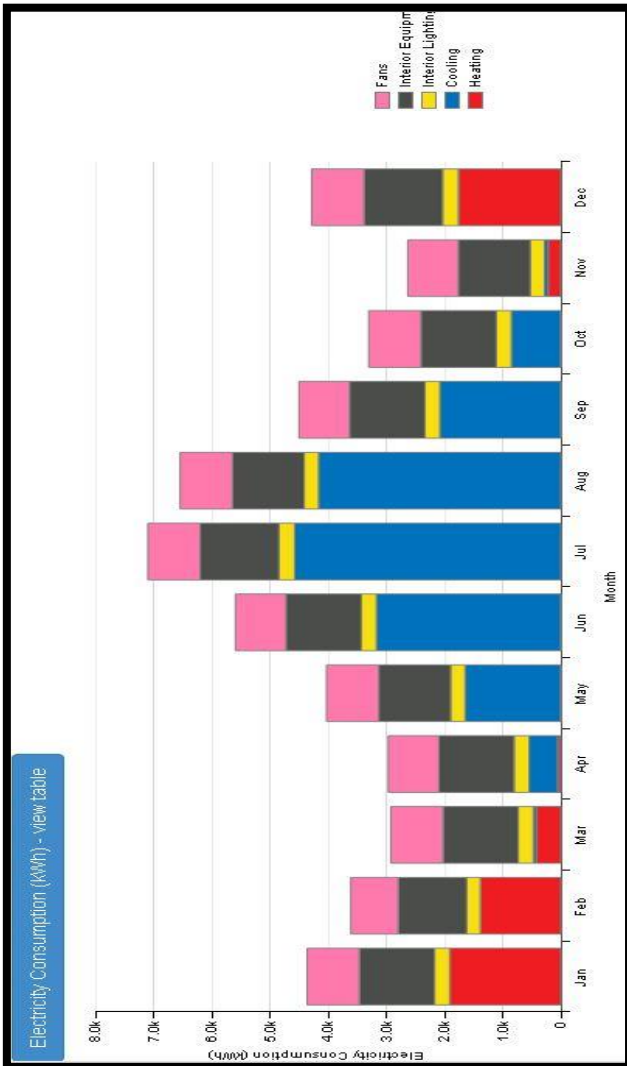
**Figures 11:** la consommation de l'énergie de bâtiment de ratio 50%.

Source : Auteur

## 1-3-c-Le bâtiment de ratio 75% :

EUI - Electricity - view table

End Use	Consumption (kWh)
Heating	5,733
Cooling	17,108
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	10,564



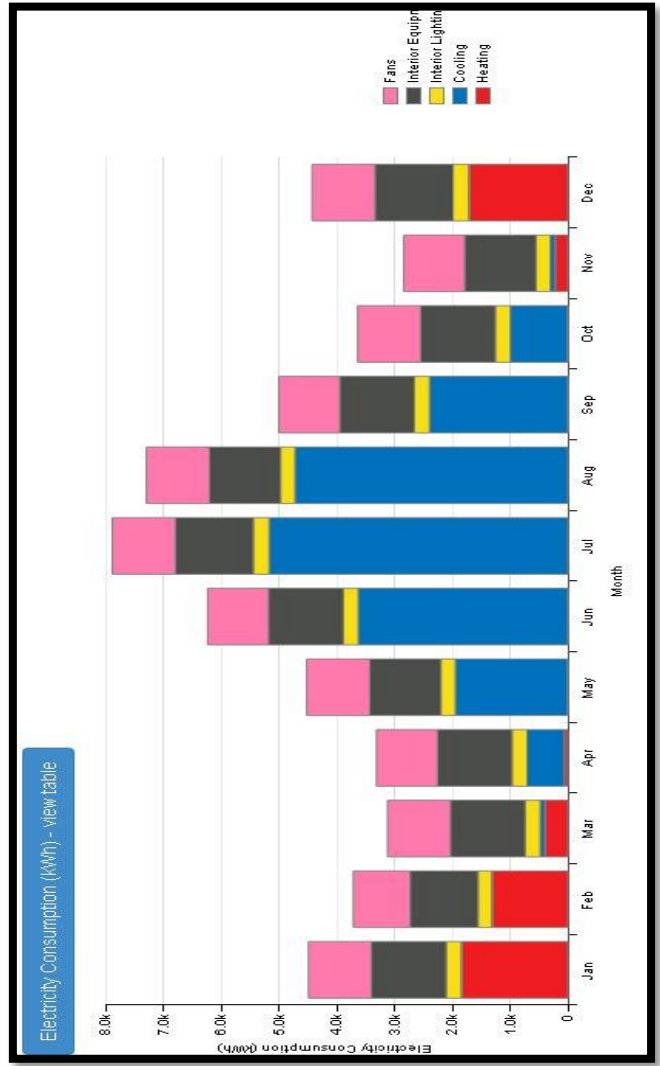
Figures 12: la consommation de l'énergie de bâtiment de ratio 75%.

Source : Auteur.

## 1-3-d-Le bâtiment de ratio 100% :

EUI - Electricity - view table

End Use	Consumption (kWh)
Heating	5,528
Cooling	19,697
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	12,792



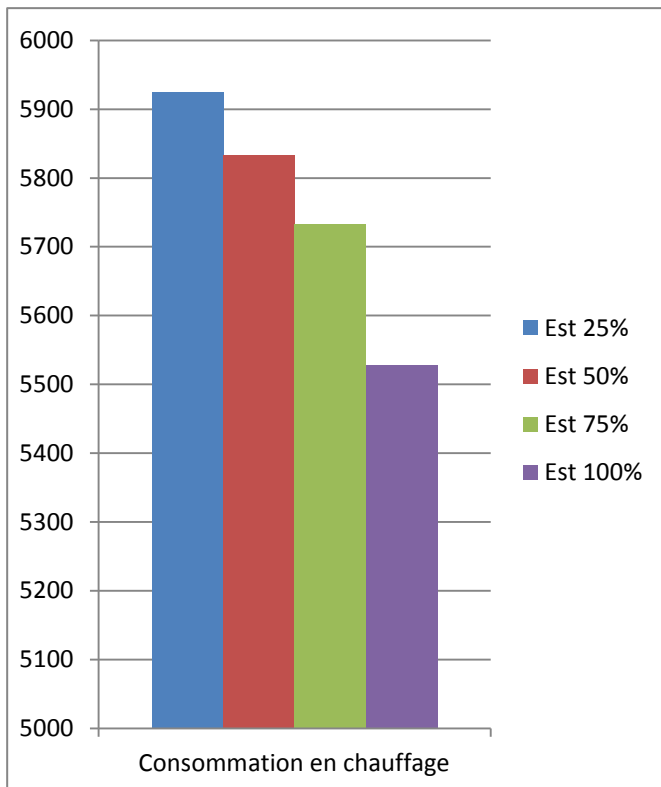
Figures 13: la consommation de l'énergie de bâtiment de ratio 100%.

Source : Auteur.

## Chapitre VI : Résultats et interprétations

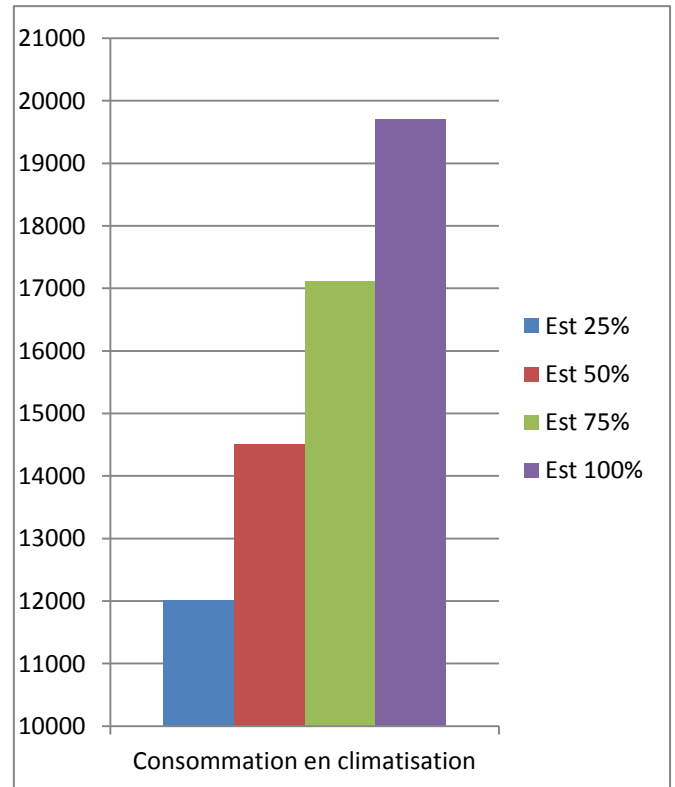
-Selon les graphes on constate qu'il y a une grande augmentation de consommation de l'énergie en climatisation environ 17,2% (ratio 50%), 29,8%(ratio 75%), 39%(ratio 100%), par rapport l'ouverture de ratio de 25% , par contre on voit qu'il y a une réduction de la consommation en chauffage (1,6%, 3,2%, 6,3% de ratio 50%, 75%, 100% respectivement par rapport l'ouverture de 25%) car le l'orientation Est est caractérisés par :

- Une durée d'ensoleillement très réduite.
- Une faible intensité des rayonnements solaires.
- Une faible angle d'incidence.
- L'augmentation de la surface vitrée.



**Graphe 5:** la consommation de l'énergie en Kwh pour le chauffage en fonction de ratios.

Source : Auteur.



**Graphe 6:** la consommation de l'énergie en Kwh pour la climatisation en fonction de ratios.

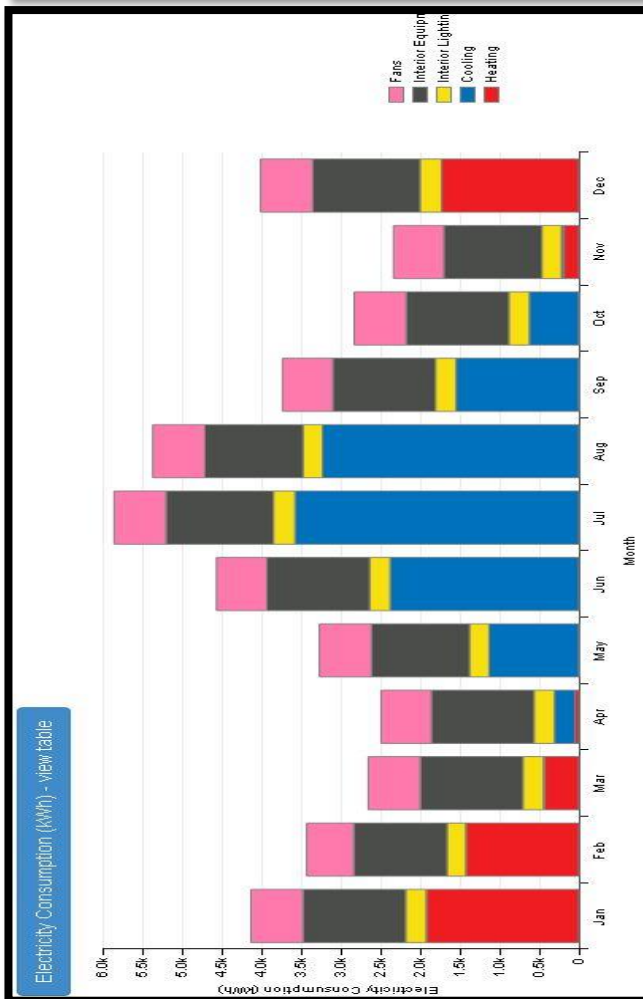
Source : Auteur.

## 1-4-Le bâtiment orienté Ouest :

### 1-4-a-Le bâtiment de ratio 25% :

EUI - Electricity - view table

End Use	Consumption (kWh)
Heating	5,742
Cooling	12,797
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	7,703



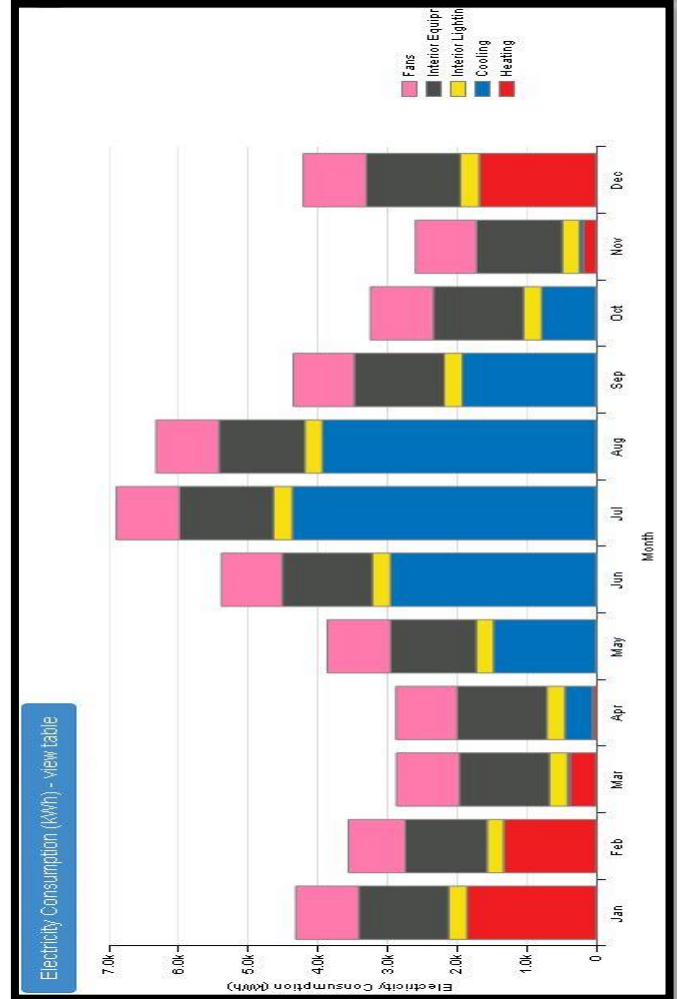
**Figures 14:** la consommation de l'énergie de bâtiment de ratio 25%.

Source : Auteur.

### 1-4-b-Le bâtiment de ratio 50% :

EUI - Electricity - view table

End Use	Consumption (kWh)
Heating	5,472
Cooling	15,950
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	10,644



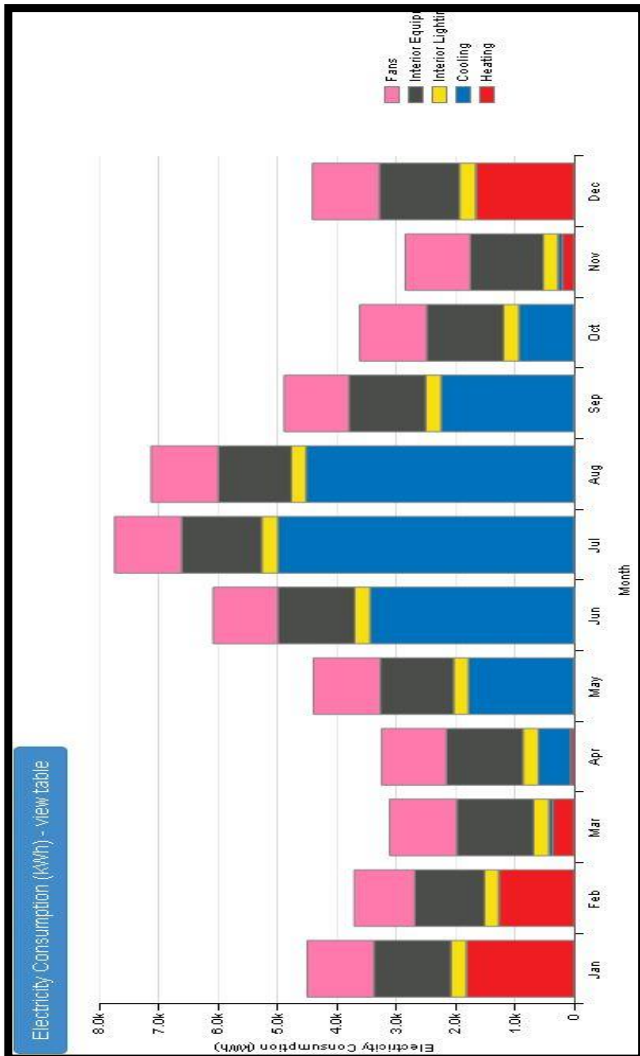
**Figures 15:** la consommation de l'énergie de bâtiment de ratio 50%.

Source : Auteur.

## 1-4-c-Le bâtiment de ratio 75% :

EUI - Electricity - view table

End Use	Consumption (kWh)
Heating	5,333
Cooling	18,600
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	13,258



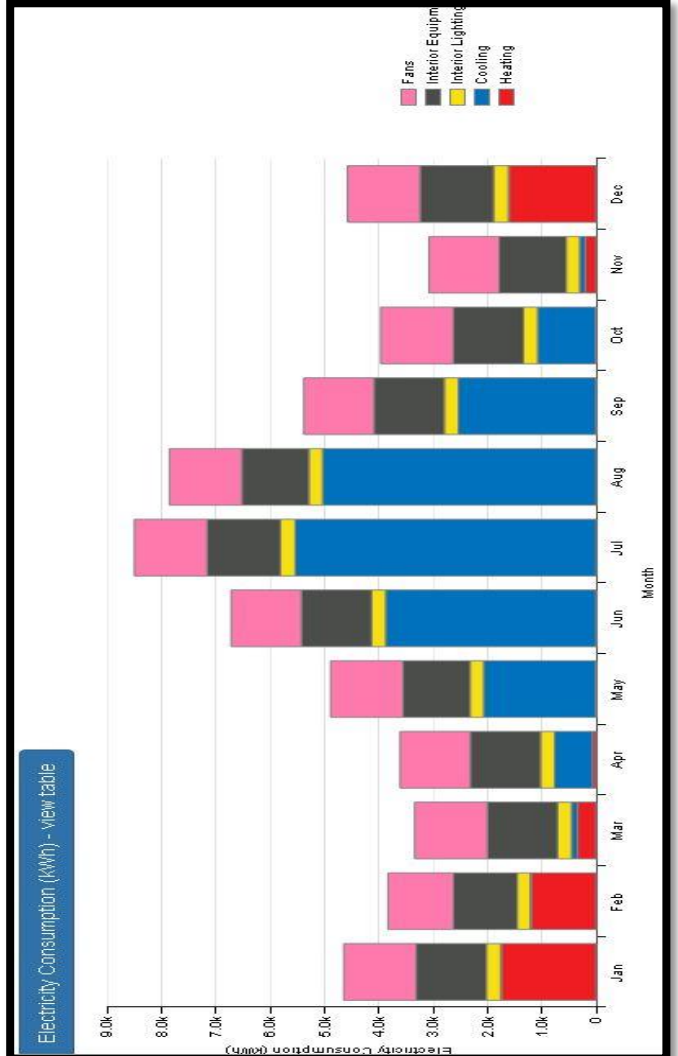
**Figures 16:** la consommation de l'énergie de bâtiment de ratio 75%.

Source : Auteur.

## 1-4-d-Le bâtiment de ratio 100% :

EUI - Electricity - view table

End Use	Consumption (kWh)
Heating	5,167
Cooling	21,078
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	15,681



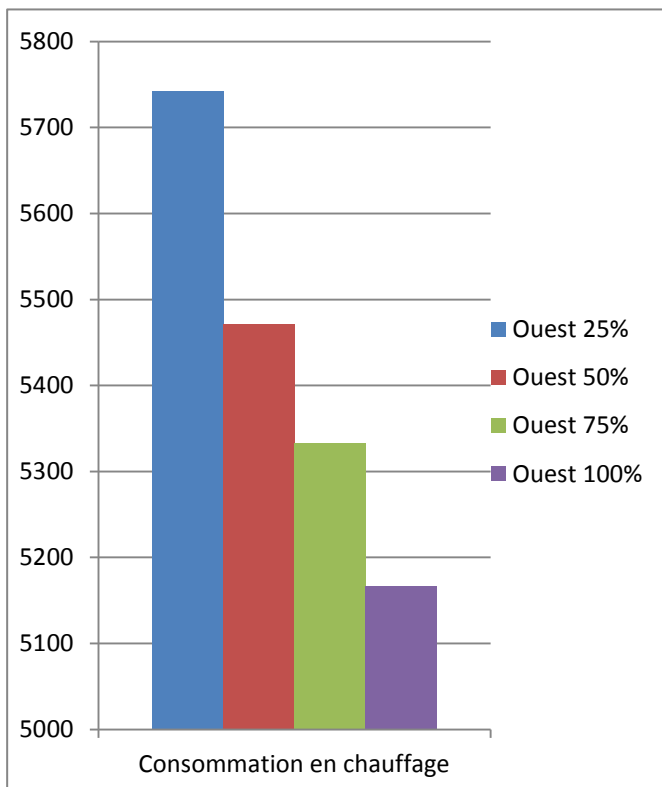
**Figures 17:** la consommation de l'énergie de bâtiment de ratio 100%.

Source : Auteur

## Chapitre VI : Résultats et interprétations

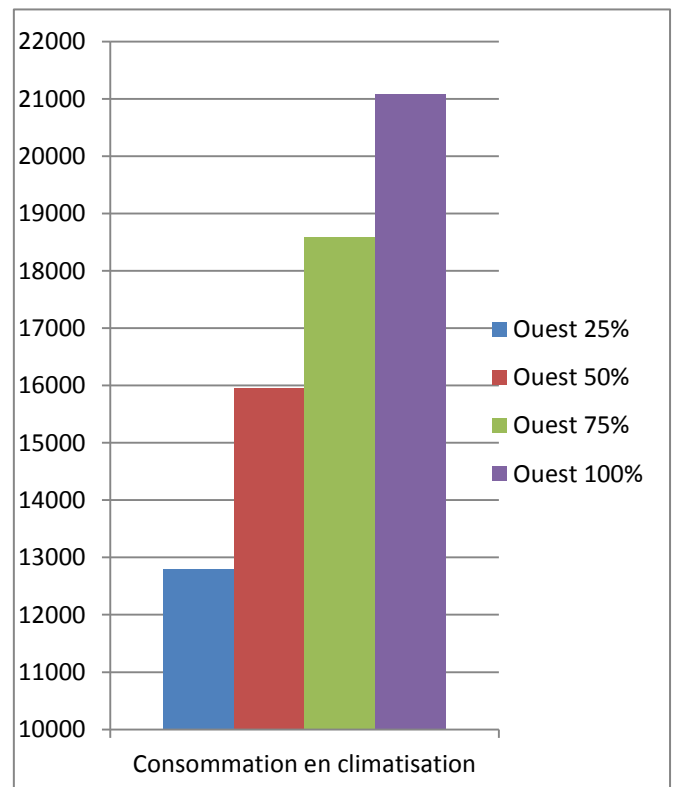
-Selon les expériences et la littératures on sait que l'orientation la plus défavorables vis-à-vis la consommation énergétique et le confort thermique c'est l'orientation Ouest , donc à partir de ces graphes on constate qu'il y a une augmentation considérable de consommation de l'énergie en climatisation environ 19,8% (ratio 50%), 31,8 %(ratio 75%), 39,3%(ratio 100%), par rapport l'ouverture de ratio de 25% , par contre on voit qu'il y a une réduction de la consommation en chauffage (4,7%, 7,1%, 10% de ratio 50%, 75%, 100% respectivement par rapport l'ouverture de 25%) car le l'orientation Ouest est caractérisés par :

- Une durée d'ensoleillement réduite.
- Une intensité des rayonnements solaires importante.
- Une faible angle d'incidence.
- L'augmentation de la surface vitrée.
- Des rayonnements solaires difficiles à maîtriser.



**Graphe 7:** la consommation de l'énergie en Kwh pour le chauffage en fonction de ratios.

Source : Auteur.



**Graphe 8:** la consommation de l'énergie en Kwh pour la climatisation en fonction de ratios.

Source : Auteur.

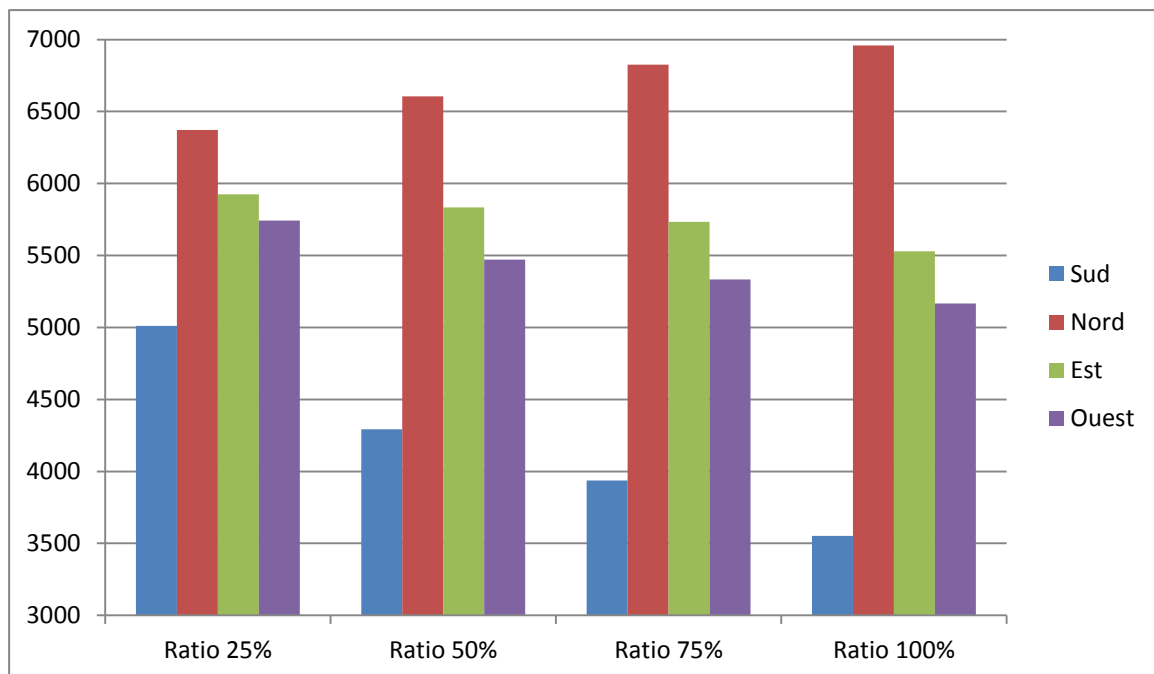
### 1-5-Tableau récapitulatif :

#### 1-5-a-La consommation de l'énergie pour le chauffage en fonction de différents ratios et orientations :

Ratio	Consommation de l'énergie en chauffage en (kWh)			
	Sud	Nord	Est	Ouest
25%	5011	6372	5925	5742
50%	4292	6606	5833	5472
75%	3936	6825	5733	5333
100%	3553	6958	5528	5167

**Tableau 01:** tableau récapitulatif de la consommation de l'énergie pour le chauffage en fonction de différents ratios et orientations

Source : Auteur.



**Graphe 9:** la consommation de l'énergie en Kwh pour le chauffage en fonction de différents ratios et orientations.

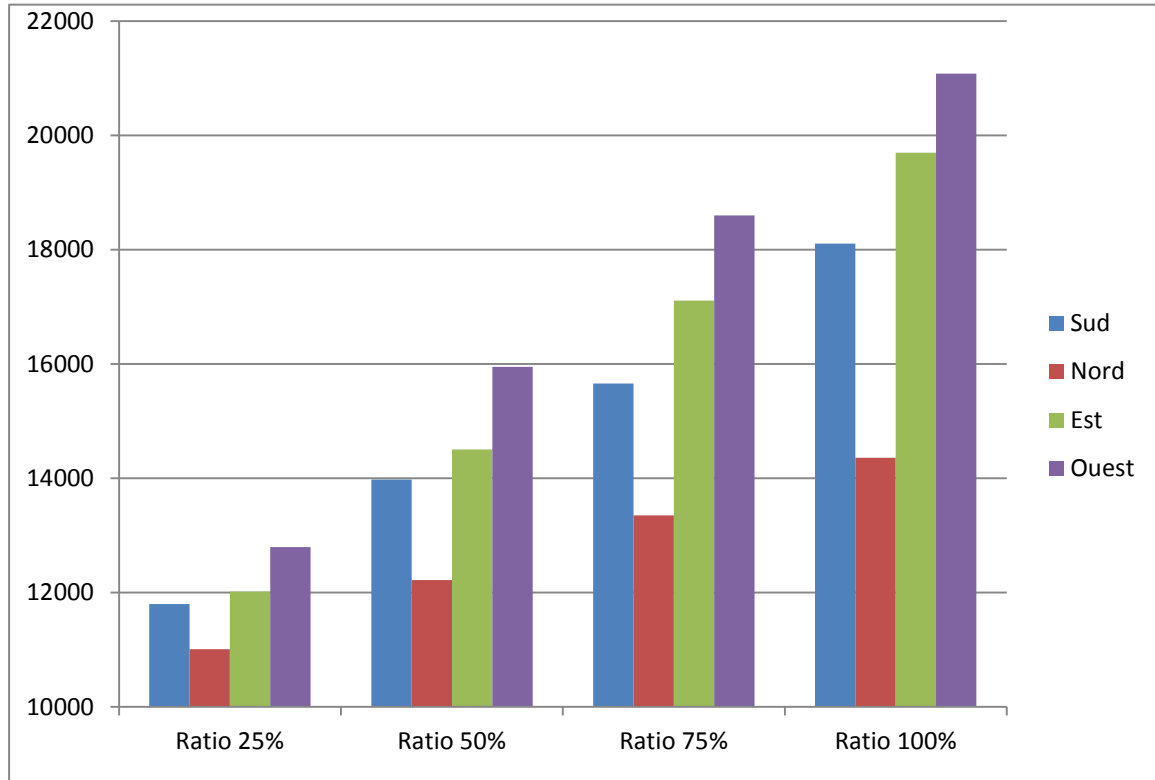
Source : Auteur.

### 1-5-b- La consommation de l'énergie pour la climatisation en fonction de différents ratios et orientations :

Ratio	Consommation de l'énergie en climatisation en (kWh)			
	Sud	Nord	Est	Ouest
25%	11800	11008	12017	12797
50%	13981	12219	14506	15950
75%	15658	13353	17108	18600
100%	18108	14358	19697	21078

**Tableau 02:** tableau récapitulatif de la consommation de l'énergie pour la climatisation en fonction de différents ratios et orientations

Source : Auteur.



**Graphe 10:** la consommation de l'énergie en Kwh pour la climatisation en fonction de différents ratios et orientations.

Source : Auteur.



### Synthèse :

A partir de ces simulations qui ont été faite selon toutes les orientations et qui contient un bâtiment à usage bureau et des ouvertures de différents ratios nous avons conclu les suivants :

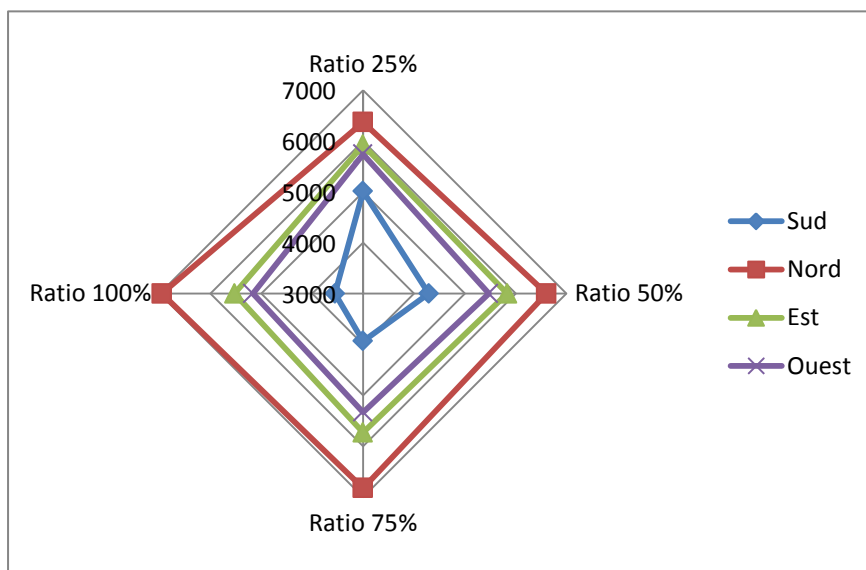
-la consommation maximale de l'énergie en climatisation est marquée dans l'orientation Ouest et puis l'orientation Est.

- l'orientation Nord est caractérisée par une grande consommation de l'énergie utilisée pour le chauffage.

- l'orientation Sud possède le minimum taux de consommation de l'énergie utilisée pour le chauffage.

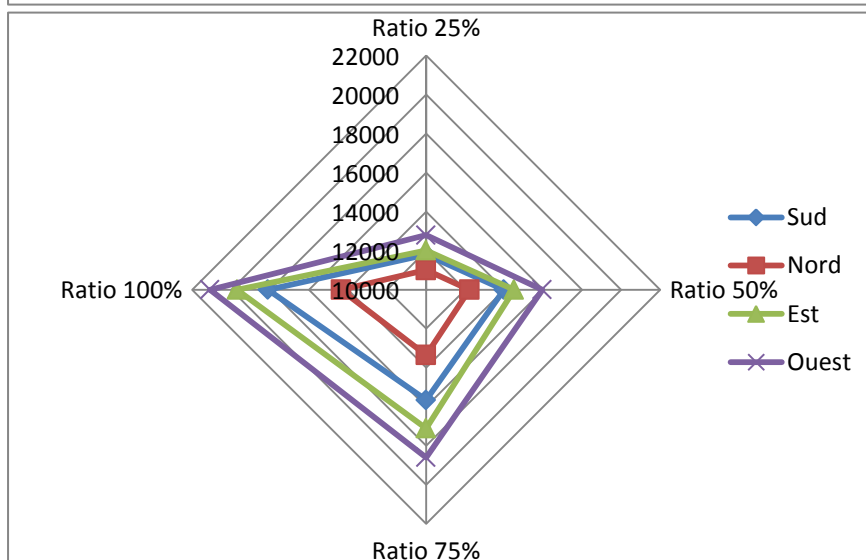
- l'utilisation de simple vitrage ce n'est pas une solution efficace vis-à-vis la consommation énergétique.

- l'augmentation de la surface vitrée implique l'augmentation de la consommation de l'énergie en climatisation. Par contre l'augmentation de la surface vitrée minimise la consommation en chauffage sauf l'orientation Nord (**figures18**)



**Figures 18(A):** la consommation totale de l'énergie pour le chauffage en fonction des orientation et les ratios

Source : Auteur.



**Figures 18(B):** la consommation totale de l'énergie pour la climatisation en fonction des orientation et les ratios

Source : Auteur.

### 2-Les résultats obtenus en utilisant le double vitrage :

#### 2-2- Le double vitrage (6-13-6) :

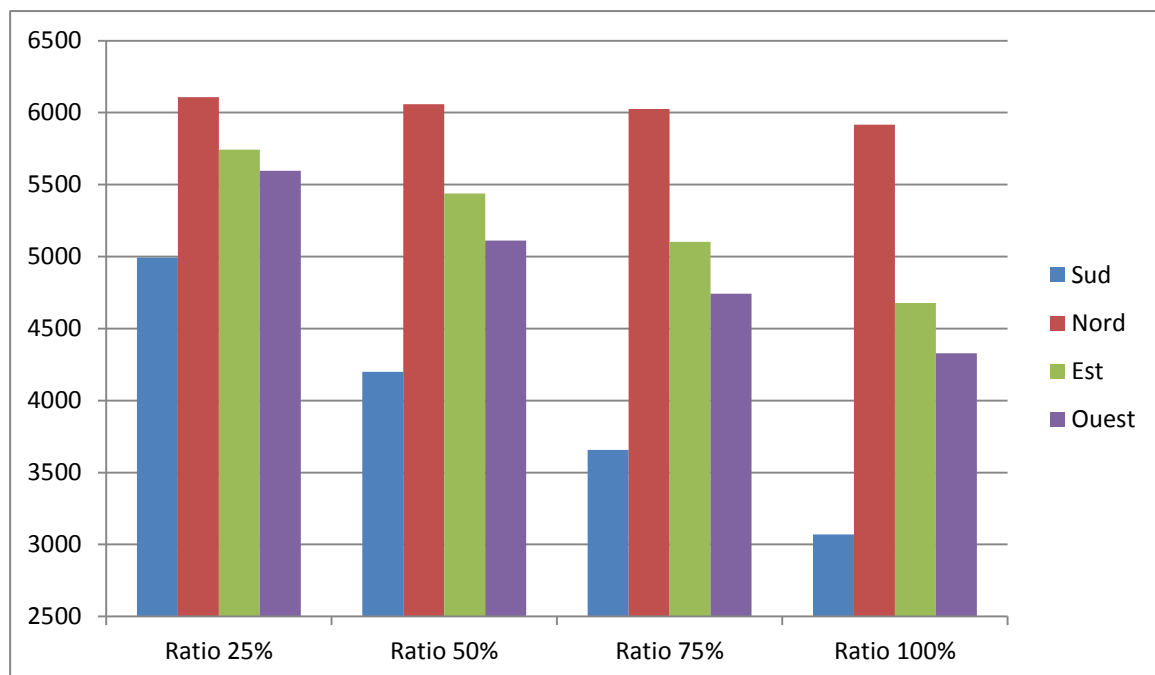
Pour avoir le détail des résultats consulter l'annexe 01 :

#### 2-2-a- La consommation de l'énergie pour le chauffage en fonction de différents ratios et orientations :

Ratio	Consommation de l'énergie en chauffage en (kWh)			
	Sud	Nord	Est	Ouest
25%	4994	6108	5742	5597
50%	4200	6058	5439	5111
75%	3658	6025	5103	4742
100%	3069	5917	4678	4328

**Tableau 03:** : tableau récapitulatif de la consommation de l'énergie pour le chauffage en fonction de différents ratios et orientations

Source : Auteur

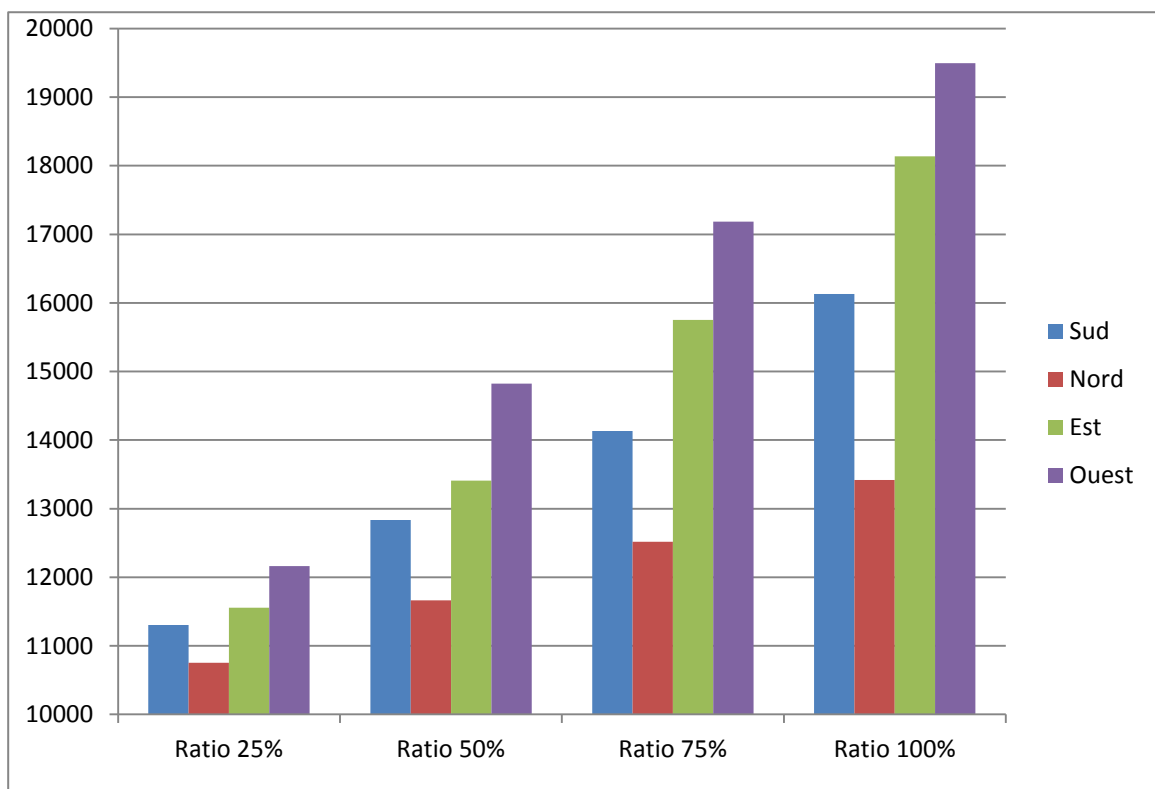


**Graphe 11:** la consommation de l'énergie en Kwh pour le chauffage en fonction de différents ratios et orientations.

### 2-2-b- La consommation de l'énergie pour la climatisation en fonction de différents ratios et orientations :

Ratio	Consommation de l'énergie en climatisation en (kWh)			
	Sud	Nord	Est	Ouest
25%	11306	10753	11556	12164
50%	12836	11661	13408	14825
75%	14131	12519	15750	17186
100%	16131	13417	18136	19494

**Tableau 04:** tableau récapitulatif de la consommation de l'énergie pour la climatisation en fonction de différents ratios et orientations Source : Auteur.



**Graph 12:** la consommation de l'énergie en Kwh pour la climatisation en fonction de différents ratios et orientations. Source : Auteur.

-On constate selon ces graphes que la consommation de l'énergie en matière de chauffage et climatisation diminuée par rapport les ouvertures de simple vitrage car le double vitrage est caractérisé par une valeur de déperdition très réduite  $U = 2,6 \text{ w/m}^2 \cdot \text{k}$ .

### 2-3- Le triple vitrage (3-13-3-13-3) :

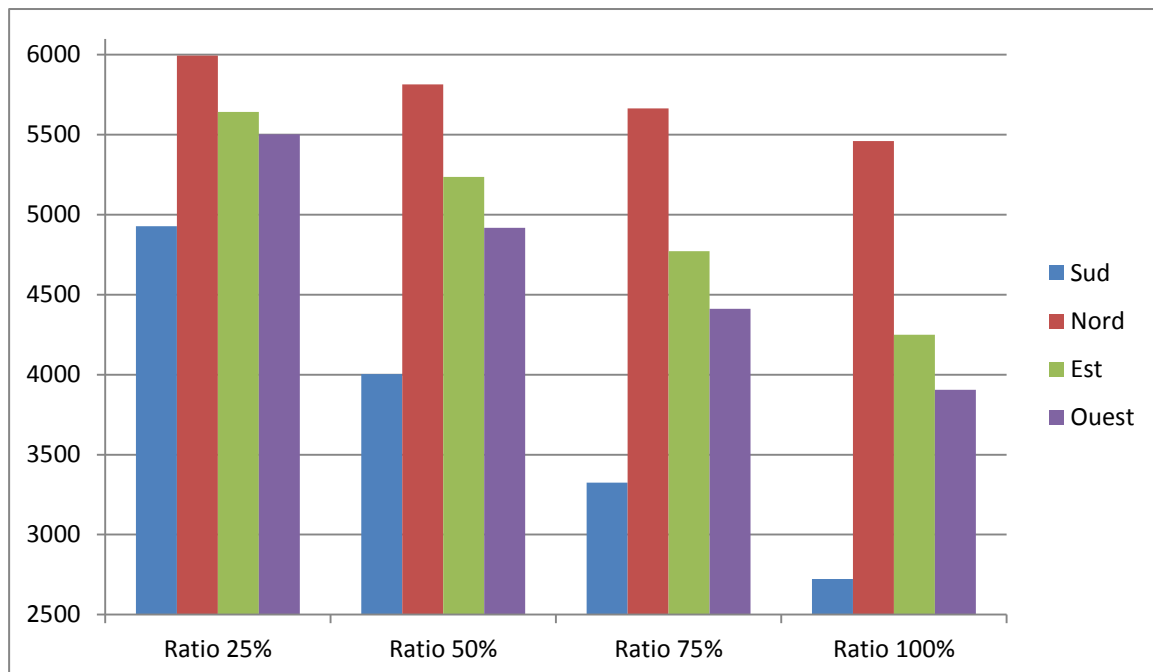
Pour avoir le détail des résultats consulter l'annexe 02 :

#### 2-3-a- La consommation de l'énergie pour le chauffage en fonction de différents ratios et orientations :

Ratio	Consommation de l'énergie en chauffage en (kWh)			
	Sud	Nord	Est	Ouest
25%	4928	5994	5642	5503
50%	4003	5814	5236	4919
75%	3325	5664	4772	4411
100%	2722	5461	4250	3906

**Tableau 05:** tableau récapitulatif de la consommation de l'énergie pour le chauffage en fonction de différents ratios et orientations

Source : Auteur



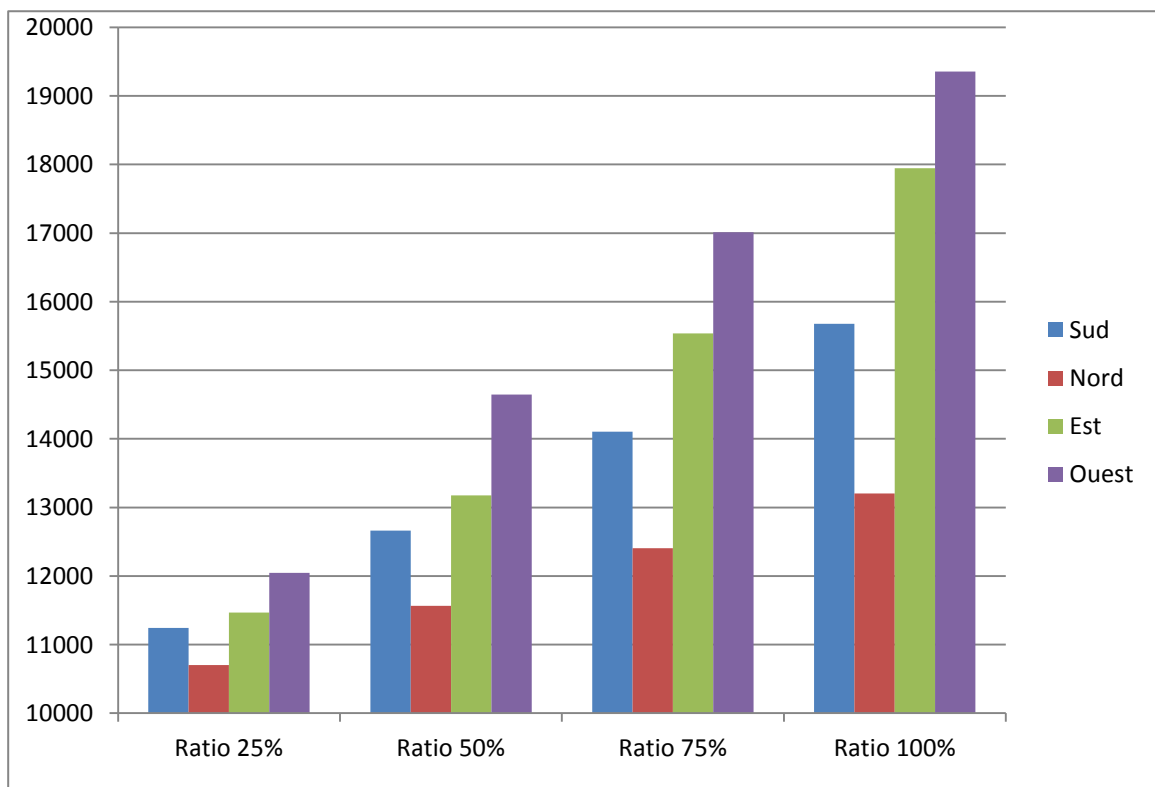
**Grphe 13 :** la consommation de l'énergie en Kwh pour le chauffage en fonction de différents ratios et orientations.

Source : Auteur.

### 2-3-b- La consommation de l'énergie pour la climatisation en fonction de différents ratios et orientations :

Ratio	Consommation de l'énergie en climatisation en (kWh)			
	Sud	Nord	Est	Ouest
25%	11244	10703	11469	12044
50%	12661	11567	13175	14647
75%	14103	12406	15536	17014
100%	15675	13203	17947	19353

**Tableau 06:** tableau récapitulatif de la consommation de l'énergie pour la climatisation en fonction de différents ratios et orientations Source : Auteur.



**Graph 14:** la consommation de l'énergie en Kwh pour la climatisation en fonction de différents ratios et orientations. Source : Auteur.

- Comme le double vitrage la consommation de l'énergie en matière de chauffage et climatisation diminuée au niveau de bâtiment qui contient les ouvertures de triple vitrage car la valeur de déperdition est réduite.

### 2-3- Le double vitrage a basse émissivité (6-13-6LoE) :

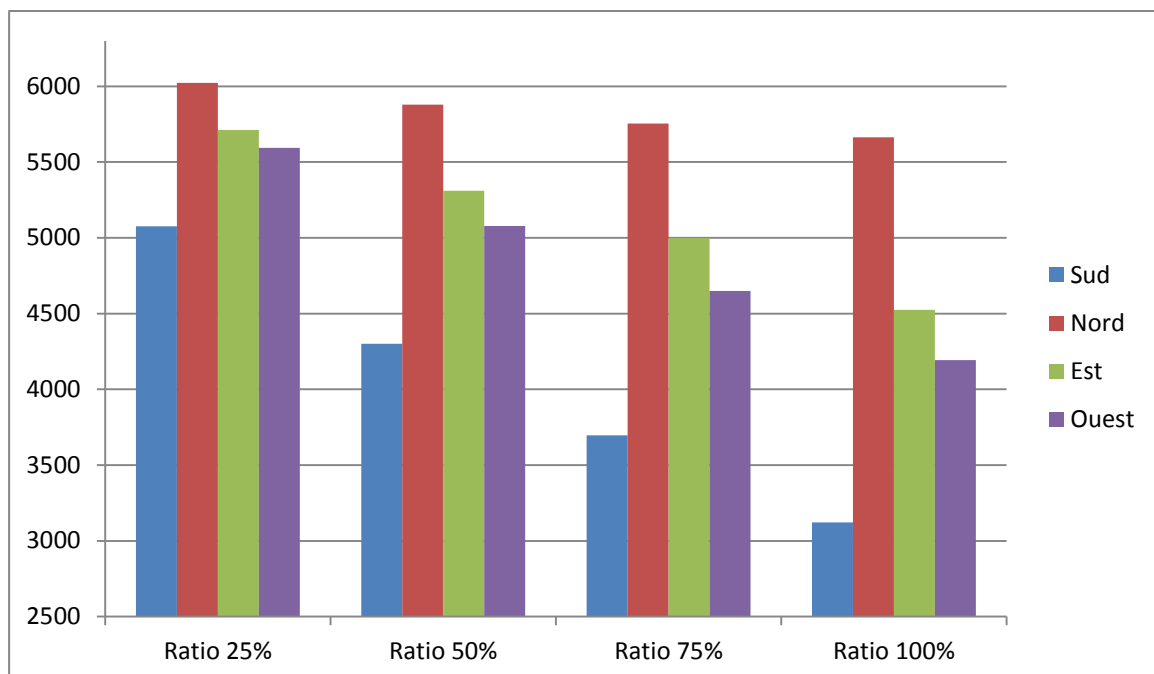
Pour avoir le détail des résultats consulter l'annexe 04 :

### 2-4-a- La consommation de l'énergie pour le chauffage en fonction de différents ratios et orientations :

Ratio	Consommation de l'énergie en chauffage en (kWh)			
	Sud	Nord	Est	Ouest
25%	5075	6022	5711	5594
50%	4300	5878	5311	5078
75%	3697	5753	4997	4650
100%	3122	5664	4525	4192

**Tableau 07:** : tableau récapitulatif de la consommation de l'énergie pour le chauffage en fonction de différents ratios et orientations

Source : Auteur



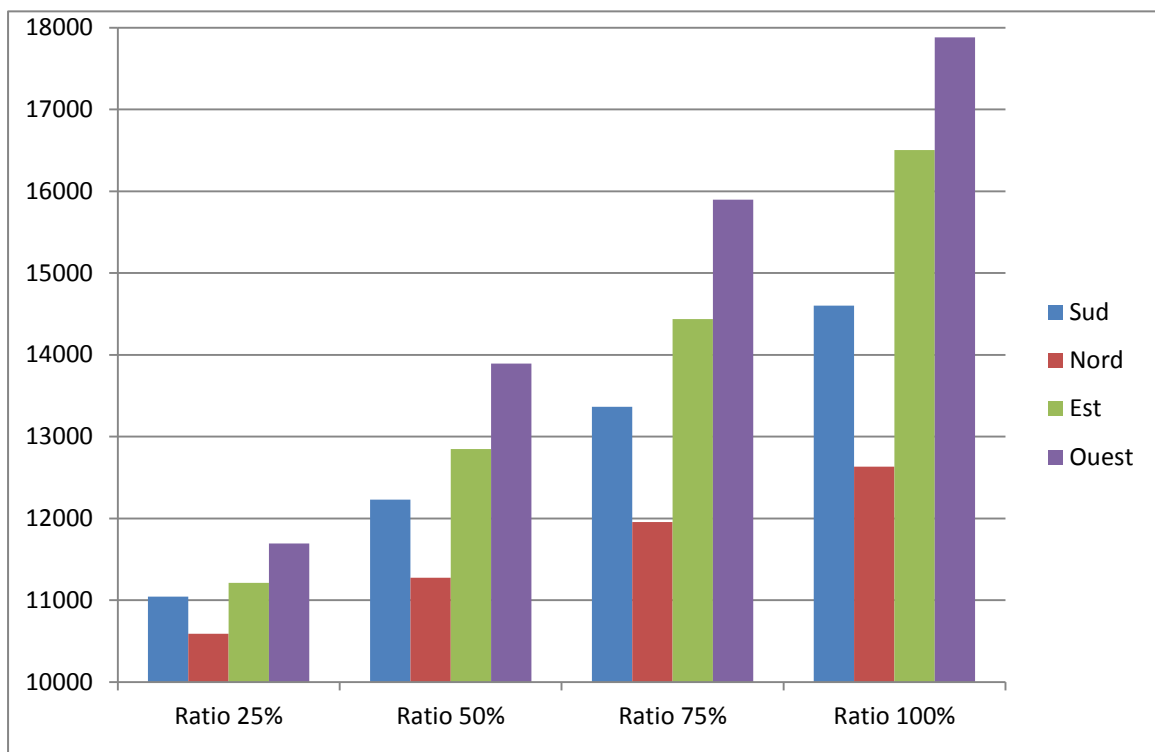
**Graph 15:** la consommation de l'énergie en Kwh pour le chauffage en fonction de différents ratios et orientations.

Source : Auteur.

### 2-4-b- La consommation de l'énergie pour la climatisation en fonction de différents ratios et orientations :

Ratio	Consommation de l'énergie en climatisation en (kWh)			
	Sud	Nord	Est	Ouest
25%	11044	10589	11214	11694
50%	12228	11275	12847	13894
75%	13364	11956	14439	15897
100%	14603	12633	16506	17881

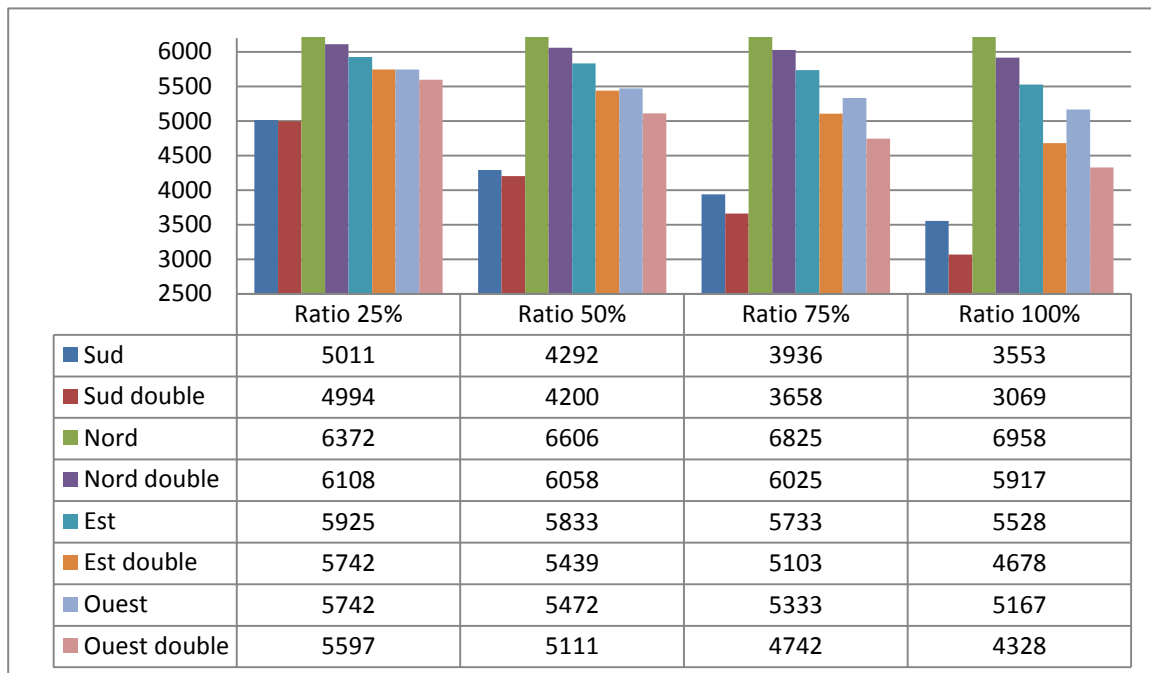
**Tableau 08:** tableau récapitulatif de la consommation de l'énergie pour la climatisation en fonction de différents ratios et orientations Source : Auteur.



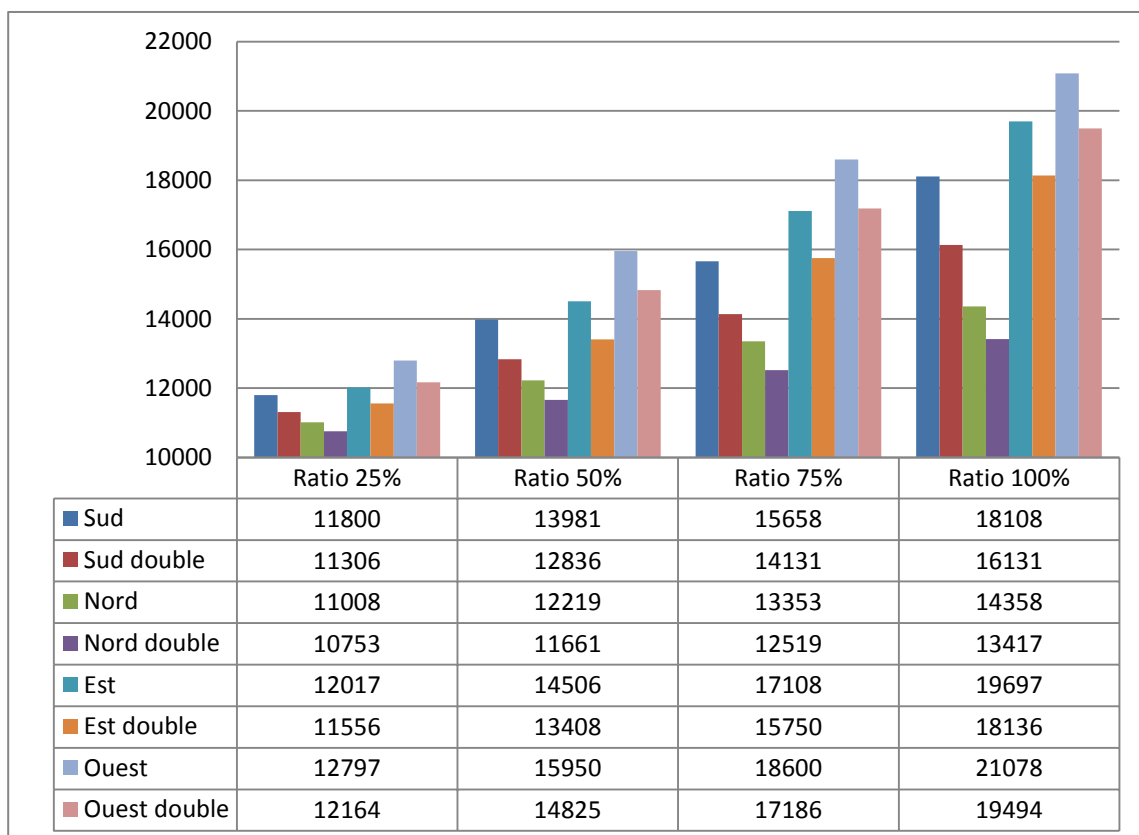
**Graph 16:** la consommation de l'énergie en Kwh pour la climatisation en fonction de différents ratios et orientations. Source : Auteur.

-pour le double vitrage à basse émissivité la consommation de l'énergie en matière de chauffage augmente dans l'orientation sud avec une petite différence et la consommation en climatisation diminue, car la couche de l'oxyde utilisée à l'extérieur de vitrage a un impact direct et important sur la quantité des rayonnements solaires entrants à l'intérieur (i.e. facteur solaire très réduit).

### 3- Comparaison de la consommation de l'énergie entre le simple vitrage et le double vitrage :



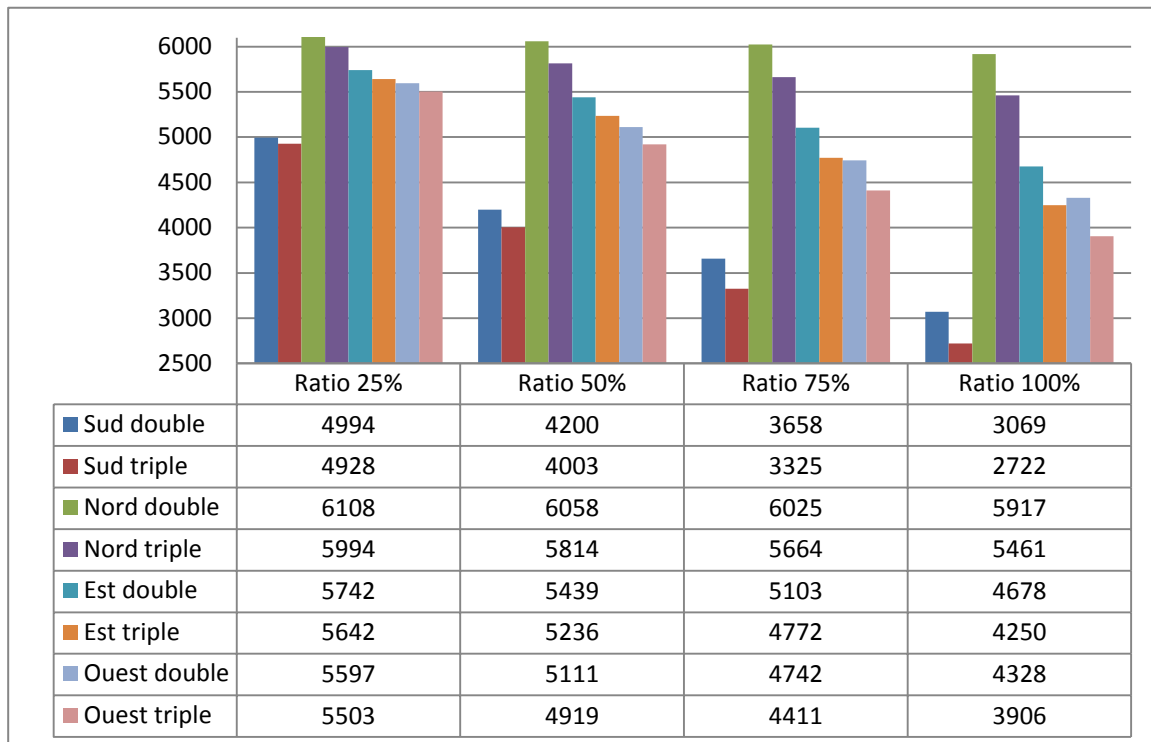
**Graphe 17:** la consommation de l'énergie pour le chauffage Kwh entre le simple vitrage et le double vitrage .Source : Auteur.



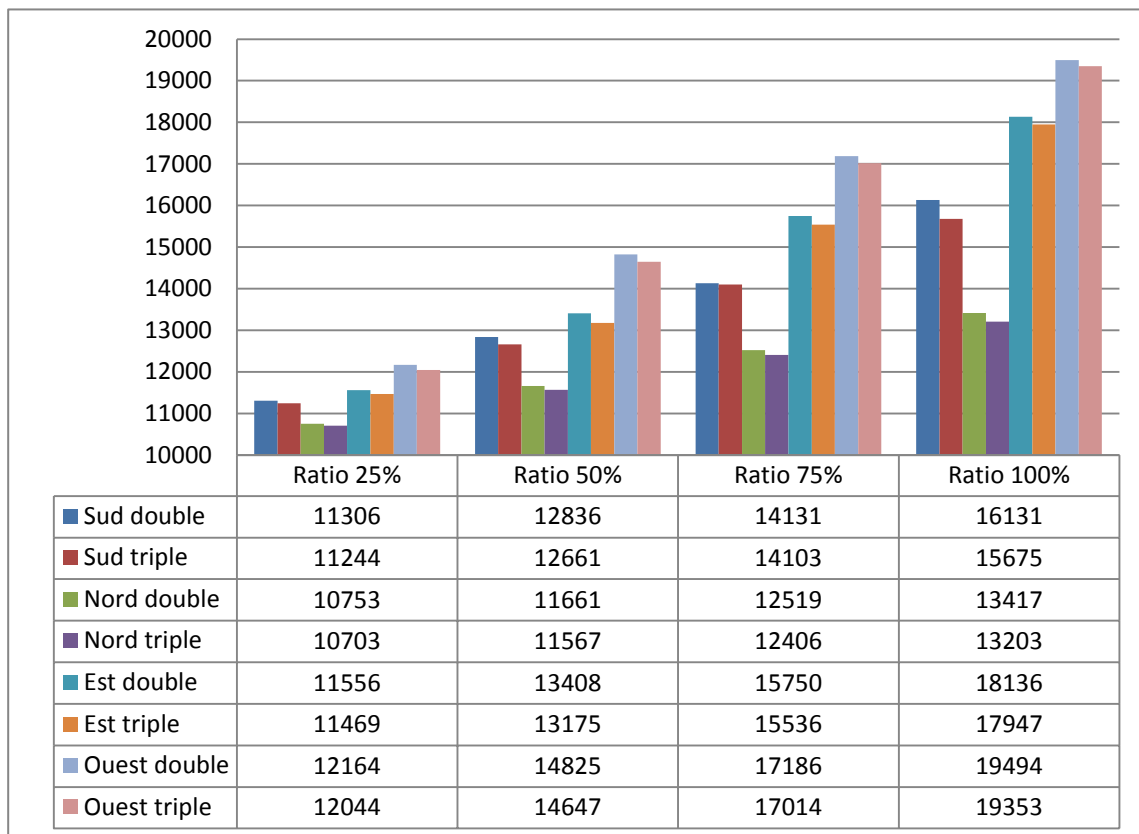
**Graphe 18:** : la consommation de l'énergie pour la climatisation Kwh entre le simple vitrage et le double vitrage .Source : Auteur.



### 4-Comparaison de la consommation de l'énergie entre le double vitrage et le triple vitrage :

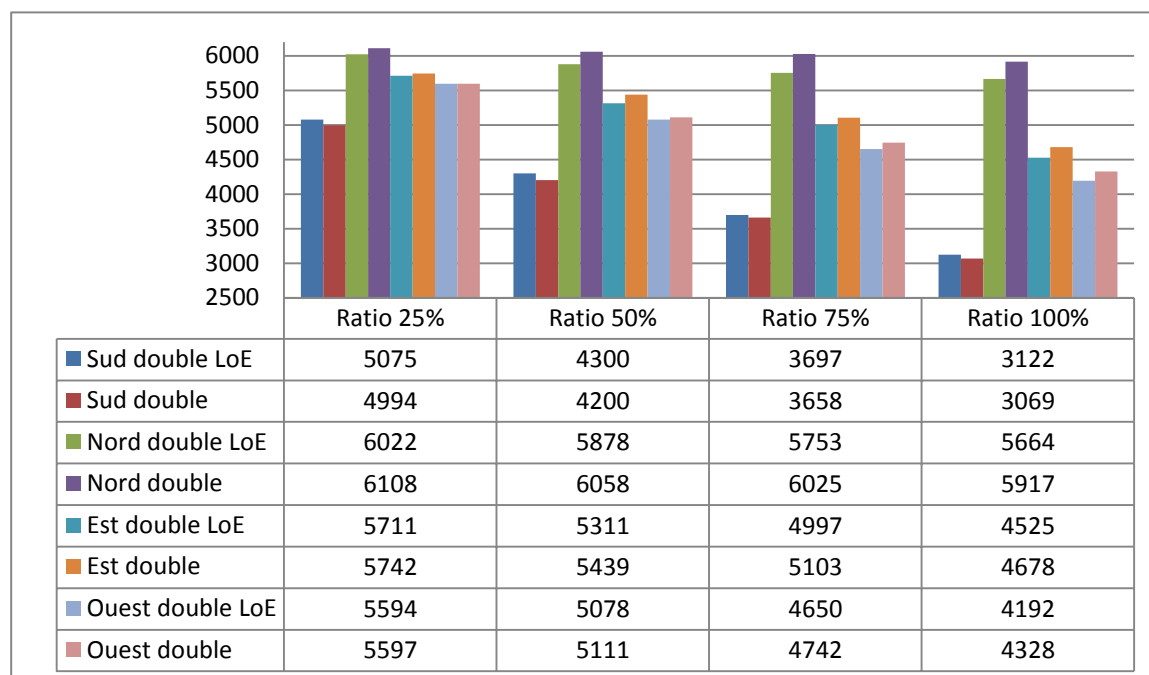


**Graphe 19:** la consommation de l'énergie pour le chauffage Kwh entre le double vitrage et le triple vitrage .Source : Auteur.

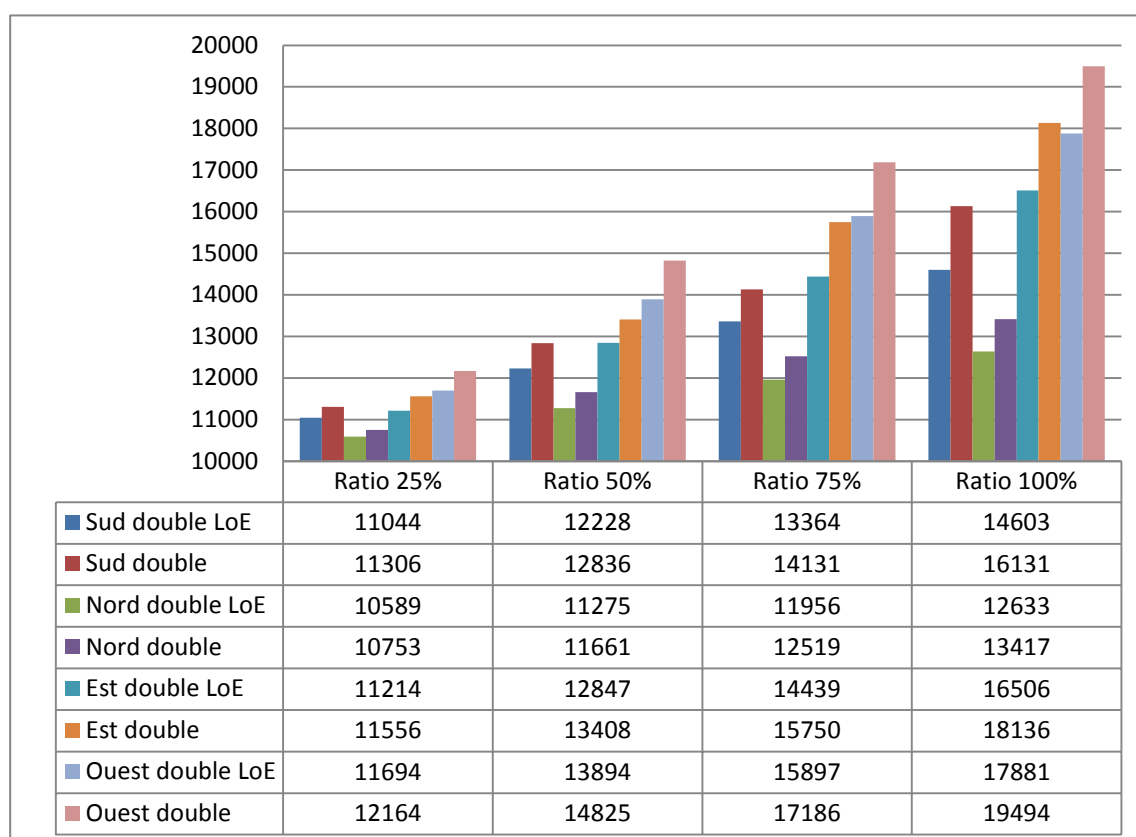


**Graphe 20:** la consommation de l'énergie pour la climatisation Kwh entre le double vitrage et le triple vitrage .Source : Auteur.

### 5- Comparaison de la consommation de l'énergie entre le double vitrage et double vitrage à basse émissivité :



**Graphe 21:** la consommation de l'énergie pour le chauffage Kwh entre le double vitrage et le double vitrage à basse émissivité .Source : Auteur.



**Graphe 22:** la consommation de l'énergie pour la climatisation en Kwh entre le double vitrage et le double vitrage à basse émissivité .Source : Auteur.

### 6-Comparaison de la consommation de l'énergie entre les différents ratios et les différentes orientations (simple vitrage) :

Le pourcentage de conservation de l'énergie entre les différents ratios		Simple vitrage												
		Ratio 50%				Ratio 75%				Ratio 100%				
		S	N	E	O	S	N	E	O	S	N	E	O	
Simple vitrage	Ratio 25%	S	10.94 %				17.42 %				27.08 %			
		N		8.7 %				16.33 %				21.31 %		
		E			14.17 %				26.3 %				35.24 %	
		O				18.16 %				29.44 %				37.41 %
	Ratio 50%	S					7.27 %				18.12 %			
		N						8%				13.81 %		
		E							14.13 %				24.54 %	
		O								13.78 %				23.52 %
	Ratio 75%	S									11.7 %			
		N										6.33 %		
		E											12.13 %	
		O												11.29 %

**Tableau 09:** Comparaison de la consommation de l'énergie entre les différents ratios et les différentes orientations (simple vitrage) .Source : Auteur.

### 7- Comparaison de la consommation de l'énergie entre les différents ratios et les différentes orientations (double vitrage) :

Le pourcentage de conservation de l'énergie entre les différents ratios		double vitrage												
		Ratio 50%				Ratio 75%				Ratio 100%				
		S	N	E	O	S	N	E	O	S	N	E	O	
double vitrage	Ratio 25%	S	6.17 %				11.04 %				18.55 %			
		N		5.61 %				10.43 %				14.66 %		
		E			9.71 %				21.14 %				29.94 %	
		O				15.21 %				25.56 %				33.25 %
	Ratio 50%	S					5.19 %				13.2 %			
		N						5.13 %				9.59 %		
		E							12.66 %				22.41 %	
		O									12.21 %			21.27 %
	Ratio 75%	S									8.44 %			
		N										4.72 %		
		E											11.16 %	
		O												10.32 %

**Tableau 10:** Comparaison de la consommation de l'énergie entre les différents ratios et les différentes orientations (double vitrage) .Source : Auteur.

### 8- Comparaison de la consommation de l'énergie entre les différents ratios et les différentes orientations (triple vitrage) :

Le pourcentage de conservation de l'énergie entre les différents ratios		triple vitrage												
		Ratio 50%				Ratio 75%				Ratio 100%				
		S	N	E	O	S	N	E	O	S	N	E	O	
triple vitrage	Ratio 25%	S	4.6%				9.86 %				14.74 %			
		N		4.53 %				8.68 %				11.89 %		
		E			8.26 %				19.48 %				28.32 %	
		O				14.4 %				24.4 %				32.07 %
	Ratio 50%	S					5.51 %				13.2 %			
		N						4.35 %				7.71 %		
		E							12.22 %				21.86 %	
		O								11.69 %				20.65 %
	Ratio 75%	S									5.42 %			
		N										3.51 %		
		E											10.98 %	
		O												10.15 %

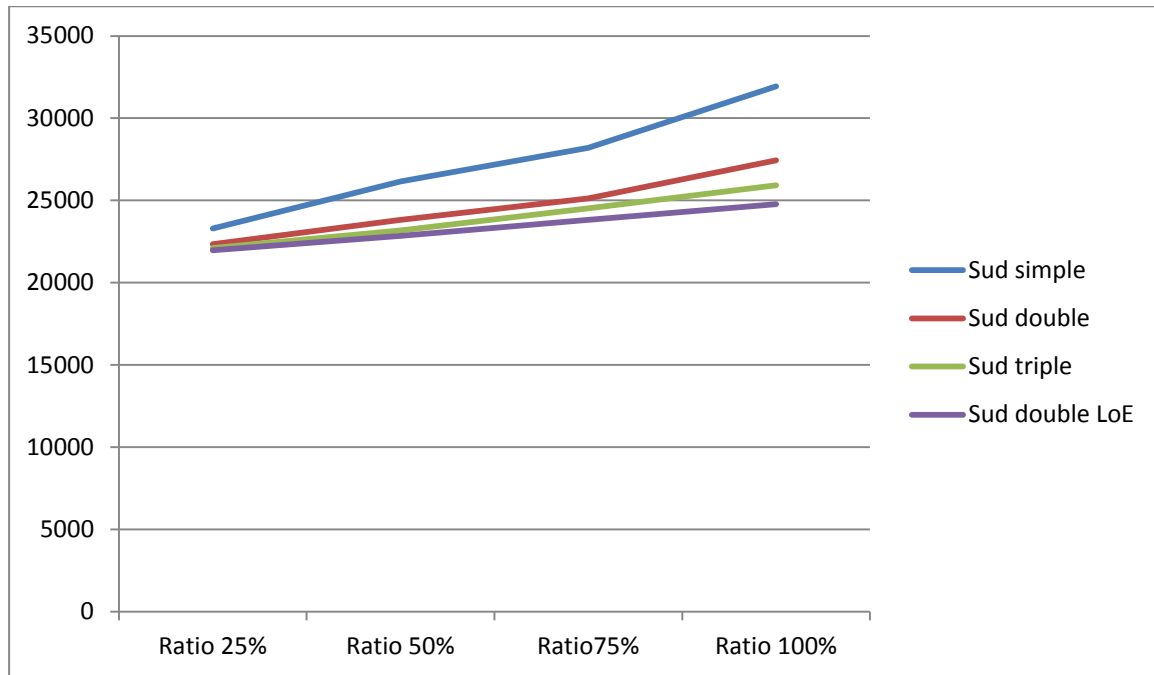
**Tableau 11:** Comparaison de la consommation de l'énergie entre les différents ratios et les différentes orientations (triple vitrage) .Source : Auteur.

### 9- Comparaison de la consommation de l'énergie entre les différents ratios et les différentes orientations (double vitrage à basse émissivité) :

Le pourcentage de conservation de l'énergie entre les différents ratios		double vitrage à basse émissivité												
		Ratio 50%				Ratio 75%				Ratio 100%				
		S	N	E	O	S	N	E	O	S	N	E	O	
double vitrage à basse émissivité	Ratio 25%	S	3.86 %				7.78 %				11.34 %			
		N		3.56 %				6.99 %				10.17 %		
		E			8.7%				15.89 %				24.26 %	
		O				12.59 %				21.77 %				28.91 %
	Ratio 50%	S					4.08 %				7.78 %			
		N						3.55 %				6.85 %		
		E							7.88 %				17.04 %	
		O								10.05 %				18.67 %
	Ratio 75%	S									3.86 %			
		N										3.43 %		
		E											9.94 %	
		O												9.12 %

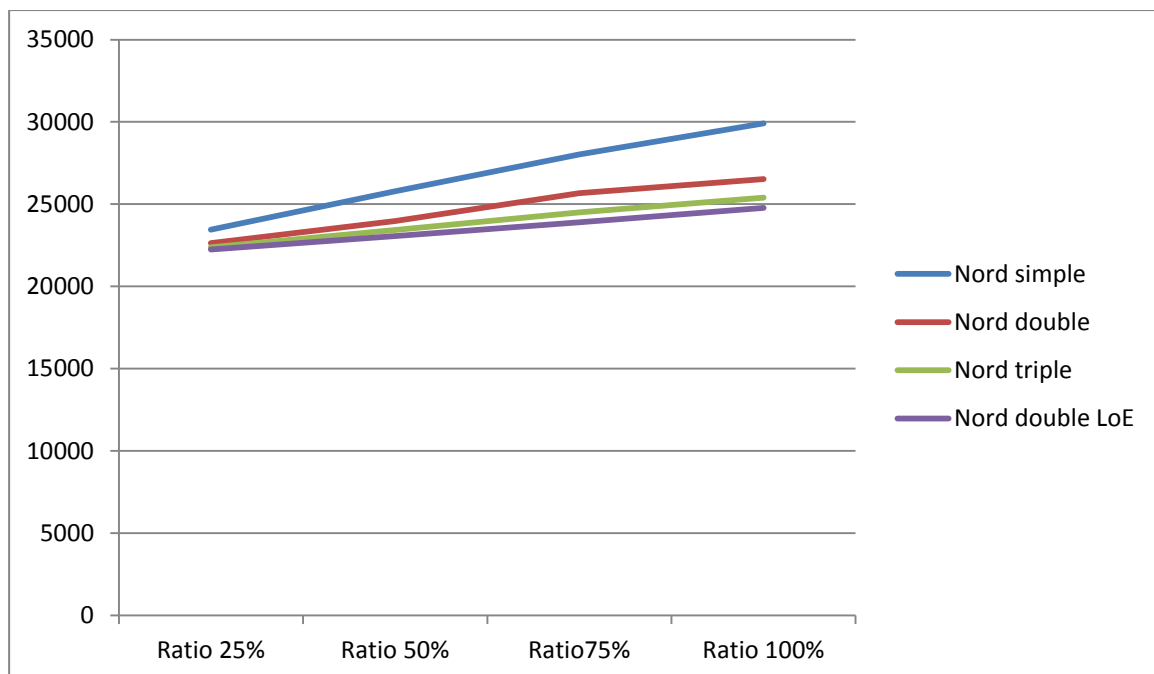
**Tableau 12:** Comparaison de la consommation de l'énergie entre les différents ratios et les différentes orientations (double vitrage à basse émissivité) .Source : Auteur.

### 10- comparaison de la consommation totale de l'énergie par type de vitrage:



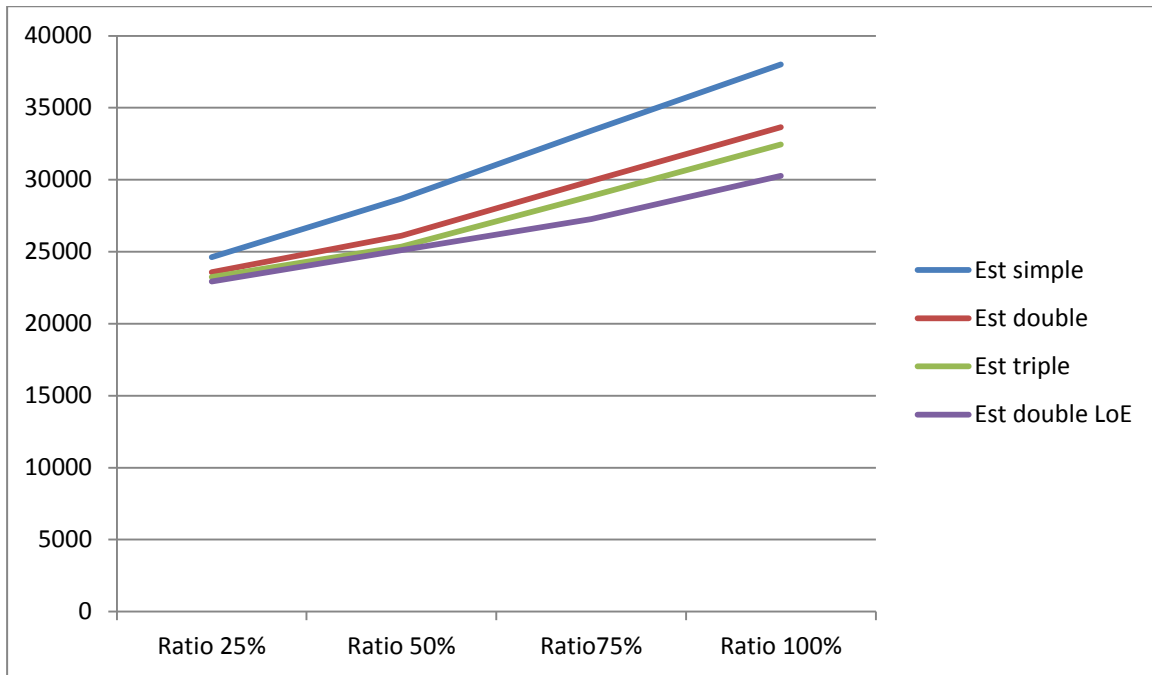
**Grphe 23:** comparaison de la consommation totale de l'énergie en Kwh en fonction de type de vitrage à l'orientation Sud .

Source : Auteur.



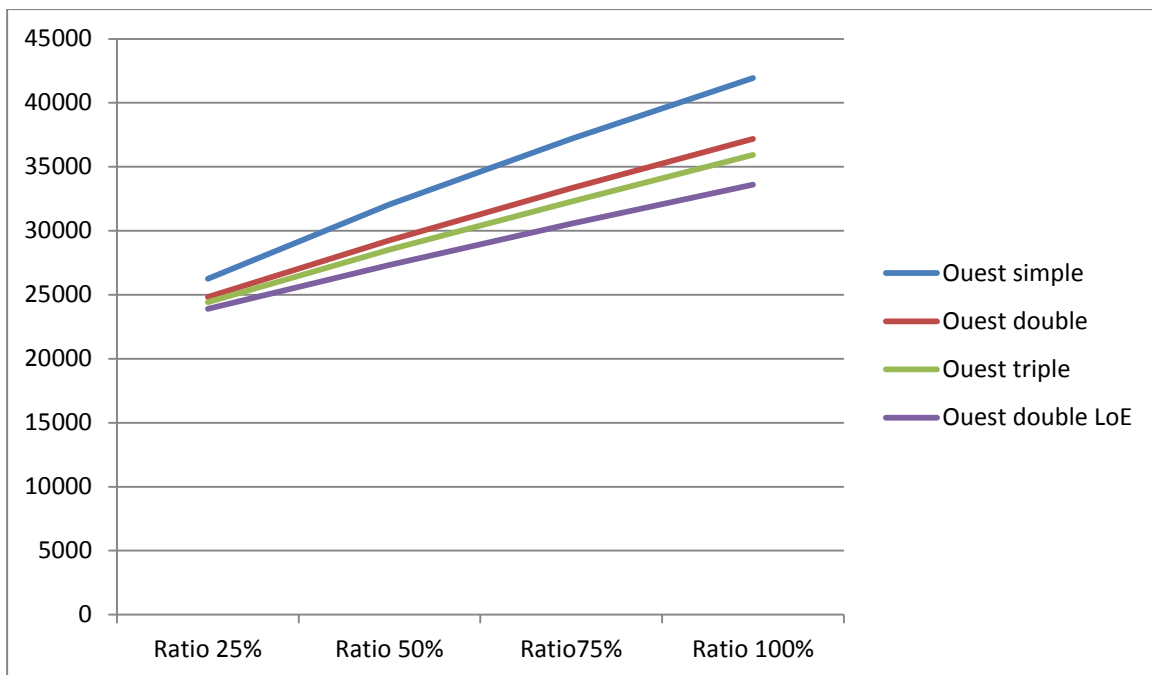
**Grphe 24:** comparaison de la consommation totale de l'énergie en Kwh en fonction de type de vitrage à l'orientation Nord .

Source : Auteur.



**Graph 25:** comparaison de la consommation totale de l'énergie en Kwh en fonction de type de vitrage à l'orientation Est .

Source : Auteur.



**Graph 26:** comparaison de la consommation totale de l'énergie en Kwh en fonction de type de vitrage à l'orientation Ouest .

Source : Auteur.



### **Conclusion :**

Après une série de simulations dans ce chapitre nous avons vu qu'une simple manipulation au niveau de l'ouverture va nous servir à minimiser une quantité importante de la consommation énergétique, et donner aux concepteurs une idée sur l'impact de l'ouverture sur la consommation pour l'exploiter aux conceptions futures.

Nous avons aussi apporté des résultats concernant ce phénomène tel que :

- l'orientation a un impact primordial sur la consommation énergétique.
- l'augmentation de ratio de l'ouverture veut dire l'augmentation de la consommation de l'énergie totale.
- l'utilisation de double vitrage et triple vitrage offre une réduction importante de la consommation et les déperditions thermique vers l'extérieur.
- l'utilisation de double vitrage à basse émissivité c'est la meilleur solution pour minimiser les rayons solaires entrants au niveau de l'orientation Sud, Est, Ouest, et minimiser par conséquence la consommation énergétique.

Dans notre cas d'étude on peut dire que le minimum de surface vitrée exposée à l'extérieur est bénéfique par rapport à la grande surface vis-à-vis la consommation énergétique, et le traitement de cette surface est indispensable par l'utilisation de double vitrage à basse émissivité pare ce qu'il a des caractéristiques spécifiques adapté à notre climat (climat chaud et sec) qui est caractérisé par un taux d'ensoleillement important et des rayonnements solaires intenses.



**Conclusion générale**

---

## Conclusion générale

---

### Conclusion générale :

L'art de bâtir en prenant en compte l'influence des facteurs climatique n'est pas une invention du 20ème siècle. L'architecture bioclimatique se distingue de l'architecture conventionnelle par le fait que l'exploitation de l'énergie solaire est intégrée dans la conception du bâtiment, cette conception permet de diminuer considérablement les besoins de chauffage et de climatisation<sup>1</sup>.

Le présent travail de recherche analyse l'impact de l'ouverture sur la consommation énergétique dans un bâtiment à usage bureau sous un climat chaud et sec spécifiquement le climat de la ville de Biskra en période estivale et hivernale, cette recherche est composée de deux parties, l'une relative à la partie théorique (tous qui est bibliographie qui touche le même sujet tel que :les problématiques énergétiques, les ouvertures et le soleil, les composant de l'ouverture, l'impact de l'orientation), et la deuxième à la partie pratique( qui base sur une simulation informatique par le logiciel open studio +energy plus pour déterminer la consommation de l'énergie en fonction de l'ouverture).

L'objectif principal de cette étude consiste dans le choix optimal d'une ouverture et mettre en valeur les cas favorables en référence aux milieux arides chauds et secs.

La recherche bibliographique autour des ouvertures, a relevé les principaux fondements qui influent directement sur la consommation de l'énergie comme la taille et la dimension de l'ouverture l'orientation de bâtiment, le type de vitrage utilisé et les différents types d'occultation. L'analyse de l'état de l'art nous a permis à prendre une idée générale sur les recherches qui ont été effectuées dans le même sujet.

L'approche expérimentale consiste à faire des simulations à l'aide des outils informatiques pour calculer la consommation énergétique, cette partie est divisée en deux parties :

La première vise à faire des simulations sur un bâtiment avec des ouvertures de simple vitrage et des différents ratios 25%, 50%, 75%, 100% dans toutes les orientations (cas initial).

La deuxième vise à optimiser le bâtiment au niveau de type vitrage (l'utilisation de double vitrage, triple vitrage, double vitrage peu émissive) aussi dans toutes les orientations avec les différents ratios.

Pour conclure on peut citer Les paramètres qui peuvent influencer la consommation énergétique dans ce cas :

---

<sup>1</sup> - mémoire de magistère de Mme Bellara Samira, intitulé (Impact de l'orientation sur le confort thermique intérieur dans l'habitation collective. Cas de la nouvelle ville Ali Mendjeli Constantine) p 208

## Conclusion générale

---

- L'orientation de la paroi.
- La dimension et la protection des fenêtres.
- Type de vitrage.
- Le contrôle de l'ensoleillement.

### Les recommandations :

- L'orientation optimale c'est l'orientation Sud.
- Les orientations les plus défavorables sont les orientations Est, Ouest.
- Éviter les grandes surfaces vitrées sur les orientations Est, Ouest.
- Le ratio optimal pour les orientations Est, Ouest c'est de 20-40% pour éviter la surchauffe. Mais n'oublier pas le côté confort thermique, confort visuel et l'éclairage naturel.
- L'utilisation de double vitrage et triple vitrage offre une diminution importante de la consommation énergétique.
- L'utilisation de double vitrage peu émissive est efficace pour minimiser les rayons solaires.
- L'utilisation des protections solaires (auvent, casquette.....etc.) spécialement l'orientation Sud
- Concevoir des décrochements vers l'Ouest dans la conception du bâtiment, de manière à ce que le bâtiment lui-même, ou le bâtiment voisin puisse créer des ombres portées sur la façade à protéger. Cette solution a l'inconvénient de provoquer une occultation également en hiver.
- Utiliser des couleurs claires pour les façades extérieures, avec une texture pour réfléchir les rayons solaires vers l'extérieures.
- Des occultations supplémentaires mobiles doivent être aussi prévus pour éviter un maximum de rayonnement diffus et réfléchi des autres surfaces en été.
- Pour déterminer le ratio optimal il faut prendre en considération les autres cotés (confort visuel, confort thermique, l'éblouissement, l'éclairage naturel....etc.

### Les perspectives de la recherche :

Cette étude est limitée géographiquement au cas d'étude (Biskra), qui s'adresse dans les zones arides et se caractérise par un climat chaud et sec. Il est bien que cette étude touche toutes les régions et tous types de climat de l'Algérie.

## Conclusion générale

---

Dans cette recherche, on n'a pas étudié toutes les paramètres agissant sur la consommation énergétique de bâtiment a usage bureau, vue la complexité du thème, de ce fait nous proposons quelques futures axes de recherche.

Il est intéressant de coupler la consommation énergétiques avec le confort thermique et le confort visuel par ce que le rôle principale de la fenêtre c'est la relation visuelle entre l'extérieur et l'intérieur et capter l'éclairage naturel et les rayonnements solaires pour la période hivernale.

Il aussi intéressant d'étudier l'impact de différents types d'occultation de l'ouverture sur la consommation de l'énergie et le confort thermique. Aussi on peut voir l'influence de la couleur des parois et de vitrage sur la température intérieur et donc sur la consommation énergétique.

Tout ce travail est pour l'objectif de concevoir un bâtiment a faible consommation énergétiques et confortable pour les occupants.



# Bibliographie

## 1-Les ouvrages :

- Bilan énergétique national de l'année 2013 édition 2014.
- BRIGITTE Vu, Le guide de l'habitat passif (2009).
- Centre De Recherche En Architecture Et En Urbanisme (Crau) En Collaboration Avec L'université Des Nations Unies (UNU) : Village Solaire Intégré. Edition. OPU 1988.
- CHATELET.A., P.FERNANDEZ et P.LAVIGNE : « L'architecture Climatique : Une Contribution Au Développement Durable, tome2 : concepts et dispositifs », Edition EDISUD-Aix-en-Provence1998.
- Consommation Énergétique Finale de l'Algérie –Chiffrent clés année 2005et2007 – APRUE –
- Consommation énergétique finale de l'Algérie Chiffres clés Année 2012 édition 2014.
- CHEMERY Laure, Petit atlas des climats, 2006.
- DONALD.W.Curran, la nouvelle donnée énergétique, Masson, collection géographie 1981
- Grand Larousse De La Langue française, librairie Larousse, tome2 paris, 1972, p.1613.
- GIVONI Baruch, L'homme, l'architecture et le climat. Editions du Moniteur; Paris, 1978.
- GUIDE POUR LA REGION PROVENCE-ALPES-COTE D'AZUR « conception thermique de l'habitat »EDISUD. France, 1988.
- LAVIGNE.P- Architecture Climatique- Une Contribution A Développement Durable, tome1.
- LOUAFI Chahrazed –L'énergie Electrique En Algérie – Université de Constantine 1998.
- LIEBARD, A ET DE HERDE, A. (2005). Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques. Ed Le moniteur, Paris.
- Louise Ranck Maison écologique.
- MAZRIA.ED effet de serre: « un phénomène qui permet de piéger la chaleur », dans :- le guide de l'énergie solaire passive- éditions parenthèses
- MAZRIA. E - Le Guide De L'énergie Solaire Passive- (édition /parenthèses) paris,1980
- OLGAYAY.V –Design with climate- Bioclimatique Approach To Architectural Regionalism- PRINCETON, New Jersey, 1967.

### 2-les mémoires et les thèses :

- BOUCHAHM.Y « Une Investigation sur La Performance thermique du Capteur A Vent Pour Un Rafraîchissement Passif Dans Les Régions Chaudes Et Arides » cas de Ouargla. Thèse de doctorat d'état. Université de Constantine, 2004.
- BOULFANI Warda. Intitulée(les ambiances thermiques d'ete dans l'habitat de la periode coloniale a patio -Cas d'étude : maisons à patio (Jijel) mémoire de magistère.
- DAICH Safa Simulation et optimisation du système light shelf sous des conditions climatiques spécifiques, Cas de la ville de Biskra. Mémoire de magistère.
- GREGORY E. McPherson –The Effects of Orientation and Shading from Trees on the Inside and Outside Temperatures of Model Homes- 1992
- LACHEHEB Sara étude expérimentale de l'impact de la baie et du composant réfléchi interne sur l'environnement lumineux interne cas des mosquées algériennes.
- LAOUNI Iynes la forme architecturale entre conception et adaptation au contexte physico-climatique des milieux arides et semi-arides. Cas des lycées à Biskra. Mémoire de magistère.
- LAOUAR Dounia Les transformations spatio-formelles de l'habitat traditionnel vers un type auto construit non planifié cas du vieux Biskra. Mémoire de magistère.
- LOUAFI Samira, intitulée (Impact de l'orientation sur le confort thermique intérieur dans l'habitation collective. Cas de la nouvelle ville Ali Mendjeli Constantine) mémoire de magistère.
- MAAZOUZ. S ---L'intégration des facteurs physique de l'environnement dans le processus de conception architecturale---thèse de doctorat d'état 2000.
- MEZERDI Toufik La transparence dans l'architecture tertiaire des milieux à climat chaud et sec. Cas de la ville de Biskra). Mémoire de magistère.
- MUDR.L,et BENNADJI .A –Adaptation climatique ou culturelle en zone arides « cas du sud-est Algérien » thèse de doctorat ; Université Aix-Marseille
- REMADE, 1993 In BELKACEM SEGUIROU. Effet d'un groupement sur l'écoulement de l'air et le confort des piétons dans les espaces extérieurs- Université de Biskra 2003. Mémoire de magistère
- SEOUD S. « audit énergétique de bâtiments tertiaires-Cas de trois bâtiments existants à Alger » mémoire magistère
- سالم بن عبد العزيز السديس أثر توجيه ومساحة ونوع النوافذ الزجاجية على الأداء الحراري للفراغات الداخلية في المباني في المناطق الحارة الجافة حالة دراسية تطبيقية: خلايا اختبارية بالمزرعة التعليمية بجامعة الملك سعود – الرياض



### 3-les sites d'internet :

- Site Internet [en ligne] : <http://www.domus-construction.fr/>. Les dossiers de Bio respect\_ com. Sur l'écologie, l'environnement, la cuisine, les OGM et les médecines douces.htm (page consultée le mai 2004)
- site d'internet <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16759>
- CERMA « La géométrie solaire » [En ligne]  
<http://audience.cerma.archi.fr/cerma/pageweb/theorie/solaire/.html>.
- site d'internet <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10397>
- Groupe ABC : « ProtecSolWeb », [En ligne]  
<http://www.marseille.archi.fr/~abc/Textes/ProtecSolWeb.PDF> (page consultée le 23-mars-2005)
- Site Internet [en ligne] [www.squ1.com](http://www.squ1.com),
- C.R. CROCKER ; « Influence de l'orientation sur les parements extérieurs » site Internet [En ligne] [http://www.cbd-126F-Influence de l'orientation sur les parements exterieur.htm](http://www.cbd-126F-Influence%20de%20l'orientation%20sur%20les%20parements%20exterieur.htm) (consultée le 25 mai 2004).

### 4-les Articles:

- Stephenson, d. g. and g. p. mitalas, "Analog Evaluations of Methods for Controlling Solar Heat Gain through Windows". Journal American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Vol. 4, No. 2, February 1964
- l'avenir énergétique de l'Algérie : Quelles seraient les perspectives de Consommation, de production et d'exportation du pétrole et du gaz, en Algérie, à l'horizon 2020-2030 ? (juin 2010)
- Mokhtari. A, K. Brahim et R. Benziada "Architecture et confort thermique dans les zones arides Application au cas de la ville de Béchar " Vol. 11 N°2 (2008) 307 – 315
- Benradouane .N. et B. Benyoucef " La fenêtre et son rôle dans la conception des maisons bioclimatiques" CICME'08 Sousse (2008) 41 – 46
- Nedhal Al-Tamimi , Wan Mariah Wan Harun,, Sharifah Fairuz Syed Fadzi "The Effects of Orientation, Ventilation, and Varied WWR on the Thermal Performance of Residential Rooms in the Tropics" (JANUARY 2011)
- Mohammad Mehdi Ghiai, Mojtaba Mahdavinia, Fariba Parvane, Sorour Jafarikhah"Relation between Energy Consumption and Window to Wall Ratio in High-Rise Office Buildings in Tehran "vol.3, No. 2, pp. 366-375 (17 May 2014)
- MAADEN H., MOKHTARI A.M, BOUALLA N et DJEBBAR l'impact environnemental des constructions en murs rideaux volume 7,N°150311 ISSN 2111-4706 (2015)

## Bibliographie

---

- Mohammad Mahdi Tahmasebia, Saeed Banihashemib, Mahmoud Shakouri Hassanabadic  
"Assessment of the variation impacts of window on energy consumption and carbon footprint"  
(2011)
- Zhengquan Liu, Yiwang Bao, Haibo Liu "Influence of Windows Performance Parameters  
Changes on Building Energy Consumption" (2010)
- Fezzioui. N, B. Droui, M. Benyammine et S. Larbi "Influence des caractéristiques dynamiques de  
l'enveloppe d'un bâtiment sur le confort thermique au sud Algérien" Vol. 11 N°1 (2008) 25 – 34  
(2008)
- Bellara louafi.s et s. abdou "impact de l'orientation sur le confort thermique intérieur dans  
l'habitation collective. Cas de la nouvelle ville Ali Mendjeli, Constantine". N°32, Décembre  
(2010), pp. 33-40
- Belkacem Berghout, Daniel Forgues1 et Danielle Monfet" Simulation du confort thermique  
intérieur pour l'orientation d'un bâtiment collectif à Biskra, Algérie"
- BouchahM Guermia, bourebia Fatiha "l'impact de l'orientation des parois transparentes sur le  
confort thermique dans une salle de classe a Constantine" N°31, Juin (2010). pp.71-80.
- Byung Hee Lee, Sun Sook Kim, Young Hum Cho, Yoon Bok Seong, Myoung Souk Yeo and  
Kwang Woo Kim" A Study on the Energy Consumption of Office Buildings with Variation  
Fenestration Design"
- Srijan Didwania, Jyotirmay Mathur "Optimization of window-wall ratio for different building  
types". ( January 2011)



# Annexes

Les résultats de la consommation de l'énergie avec double vitrage (6-13-6) :

Le bâtiment orienté Sud :

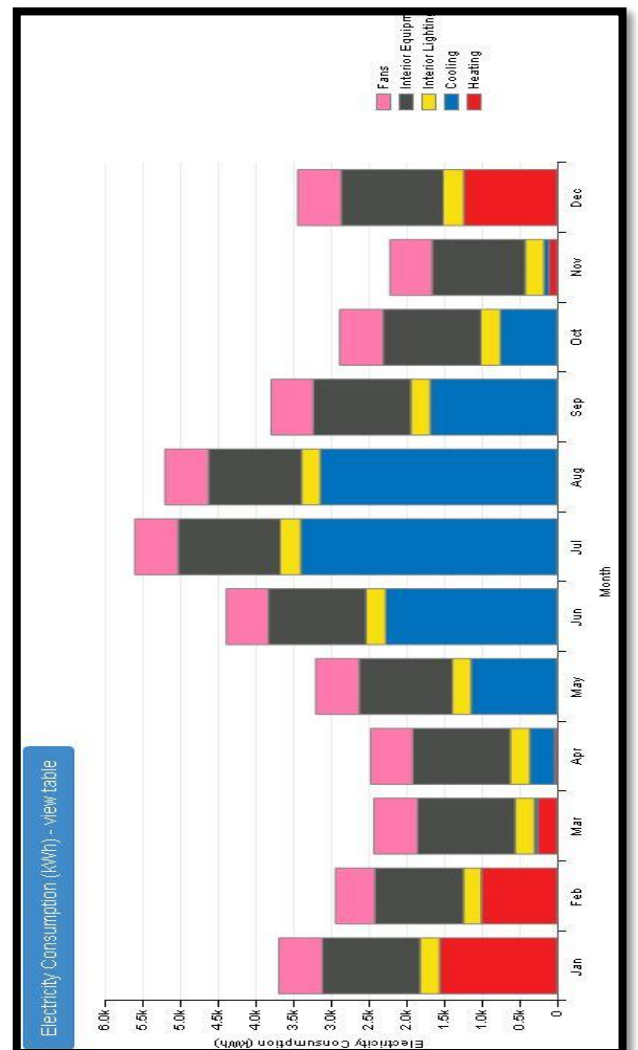
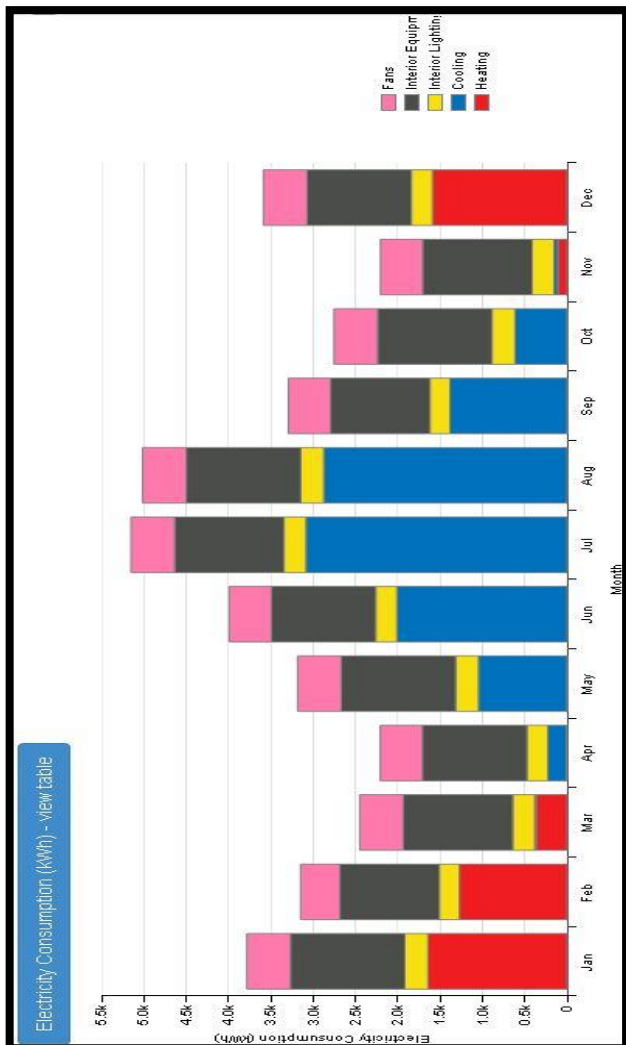
Le bâtiment de ratio 25% :

EUI - Electricity - view table

End Use	Consumption (kWh)
Heating	4,994
Cooling	11,306
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	6,044

EUI - Electricity - view table

End Use	Consumption (kWh)
Heating	4,200
Cooling	12,836
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	6,778



**Le bâtiment de ratio 75% :**

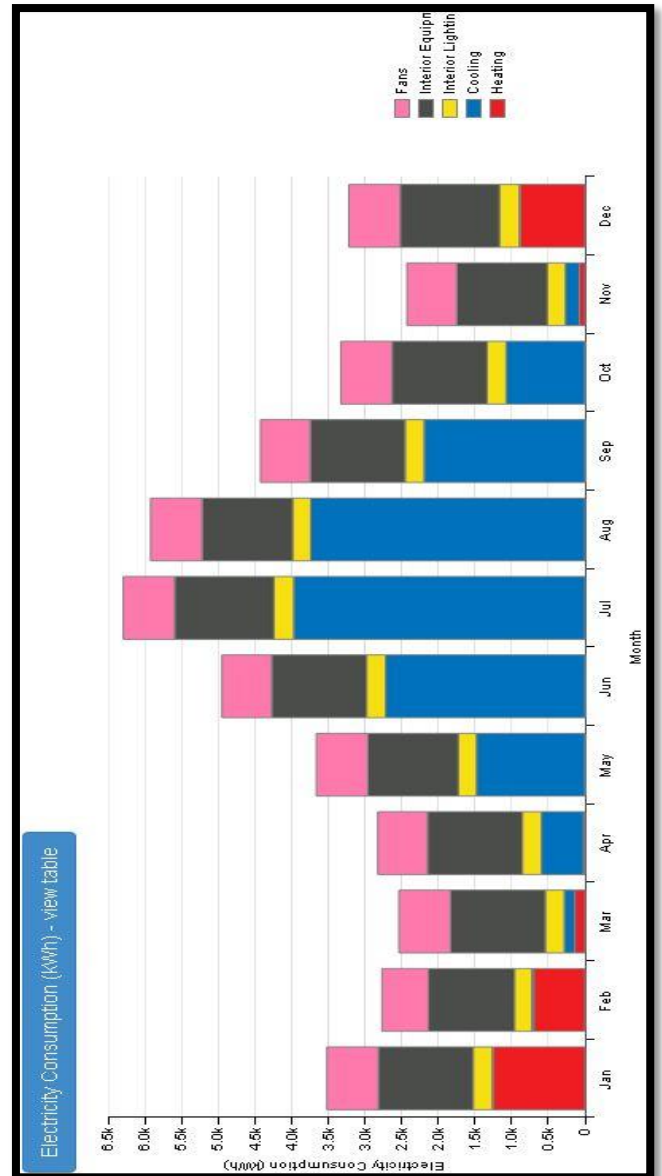
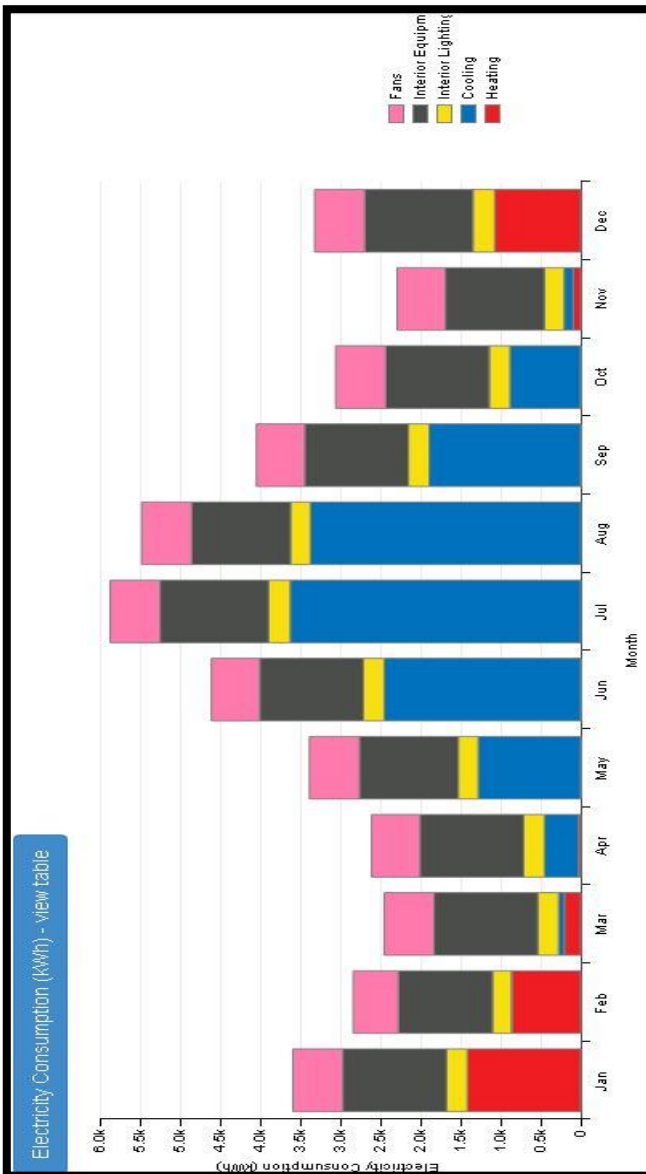
**Le bâtiment de ratio 100% :**

EUI - Electricity - view table

End Use	Consumption (kWh)
Heating	3,658
Cooling	14,131
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	7,328

EUI - Electricity - view table

End Use	Consumption (kWh)
Heating	3,069
Cooling	16,131
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	8,233



## Le bâtiment orienté Nord :

### Le bâtiment de ratio 25% :

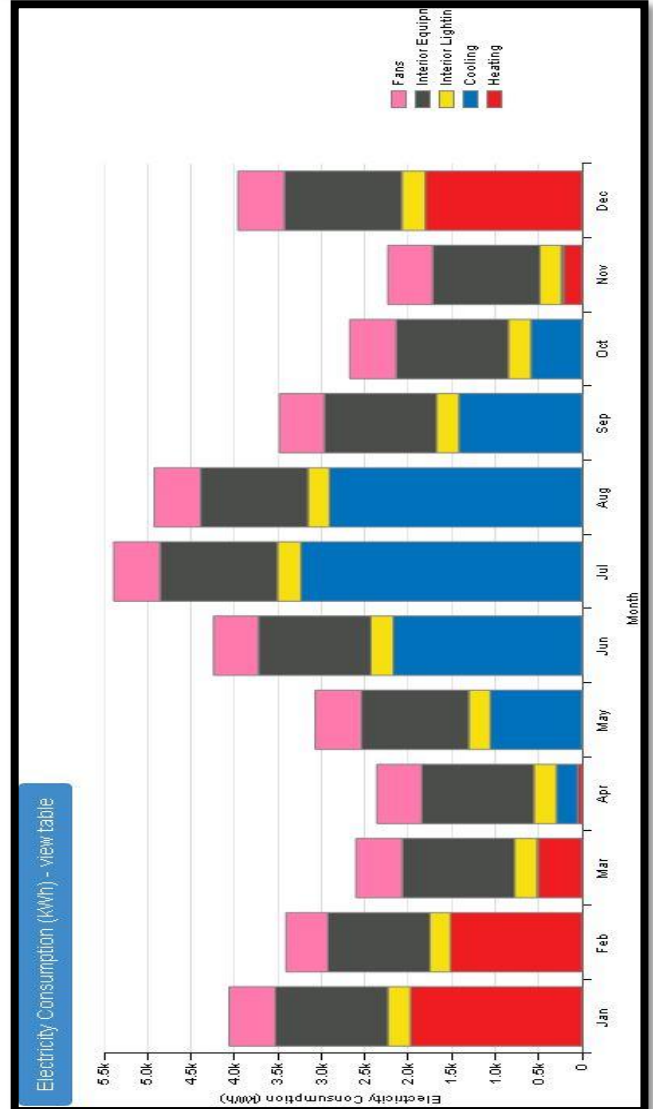
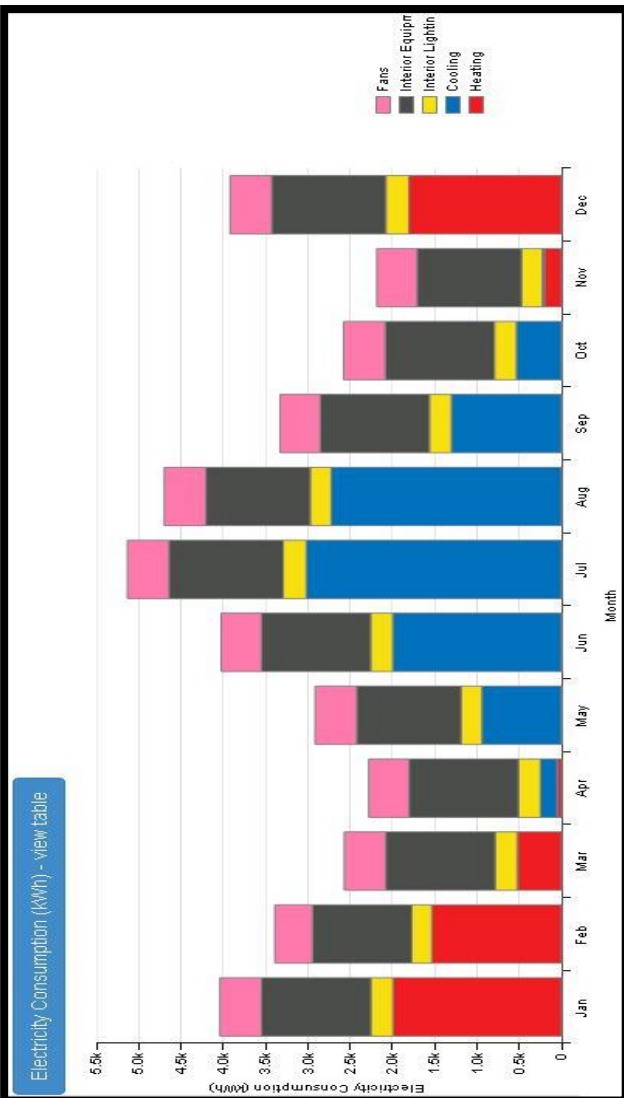
### Le bâtiment de ratio 50% :

EUI - Electricity - view table

End Use	Consumption (kWh)
Heating	6,108
Cooling	10,753
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	5,772

EUI - Electricity - view table

End Use	Consumption (kWh)
Heating	6,058
Cooling	11,661
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	6,258



**Le bâtiment de ratio 75% :**

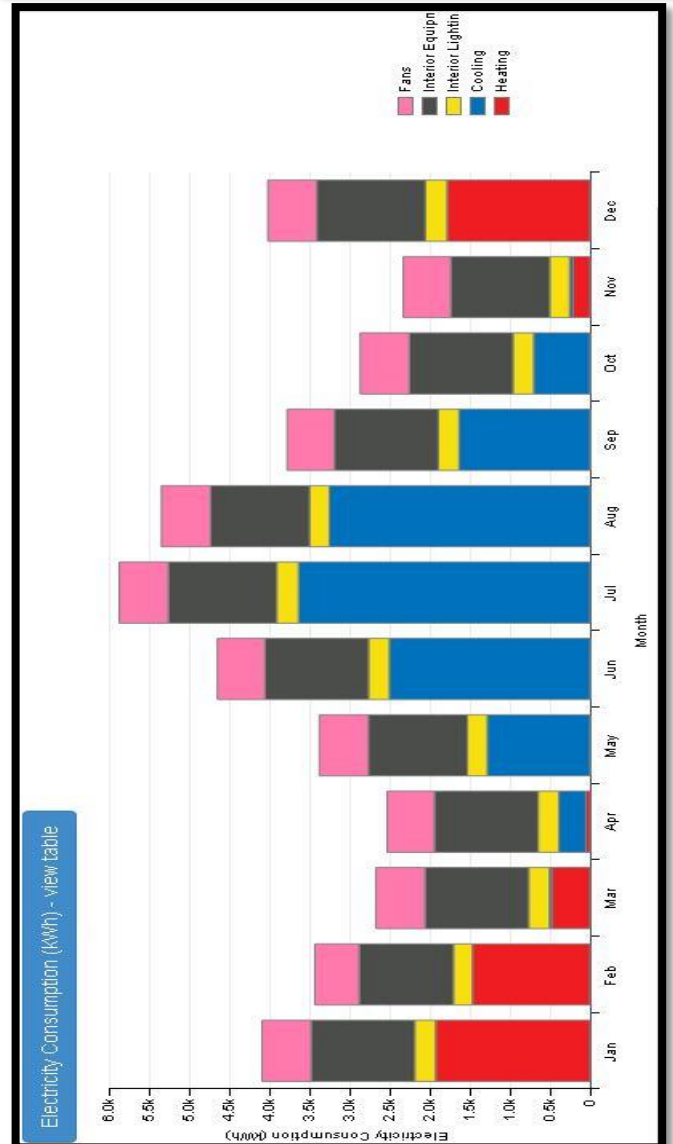
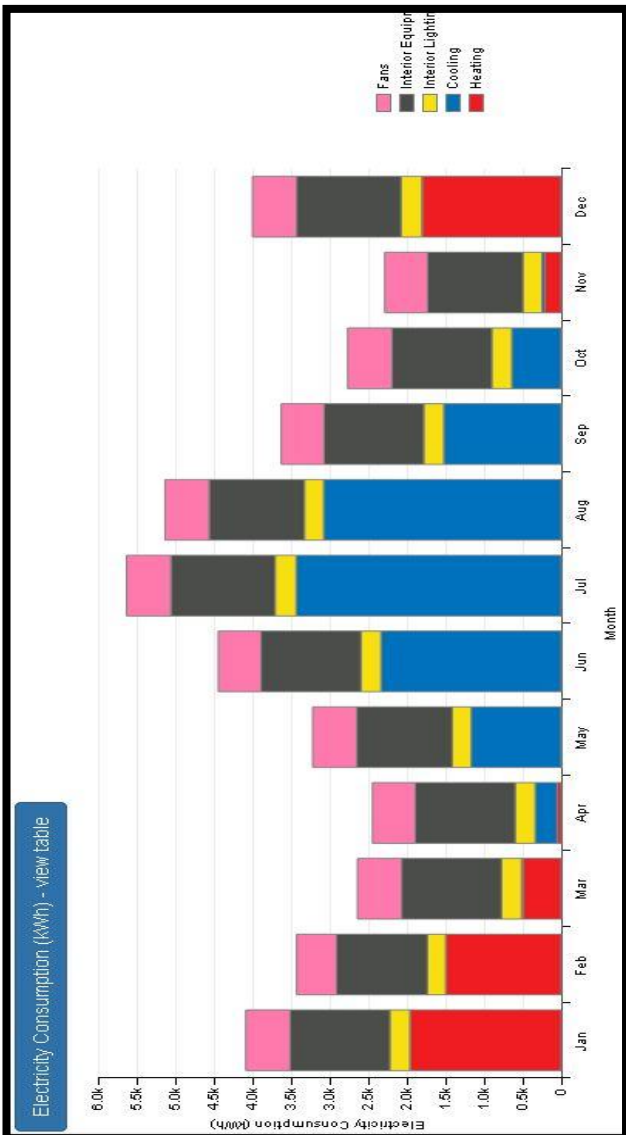
**Le bâtiment de ratio 100% :**

EUI - Electricity - view table

End Use	Consumption (kWh)
Heating	6,025
Cooling	12,519
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	6,725

EUI - Electricity - view table

End Use	Consumption (kWh)
Heating	5,917
Cooling	13,417
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	7,186





**Le bâtiment orienté Est :**

**Le bâtiment de ratio 25% :**

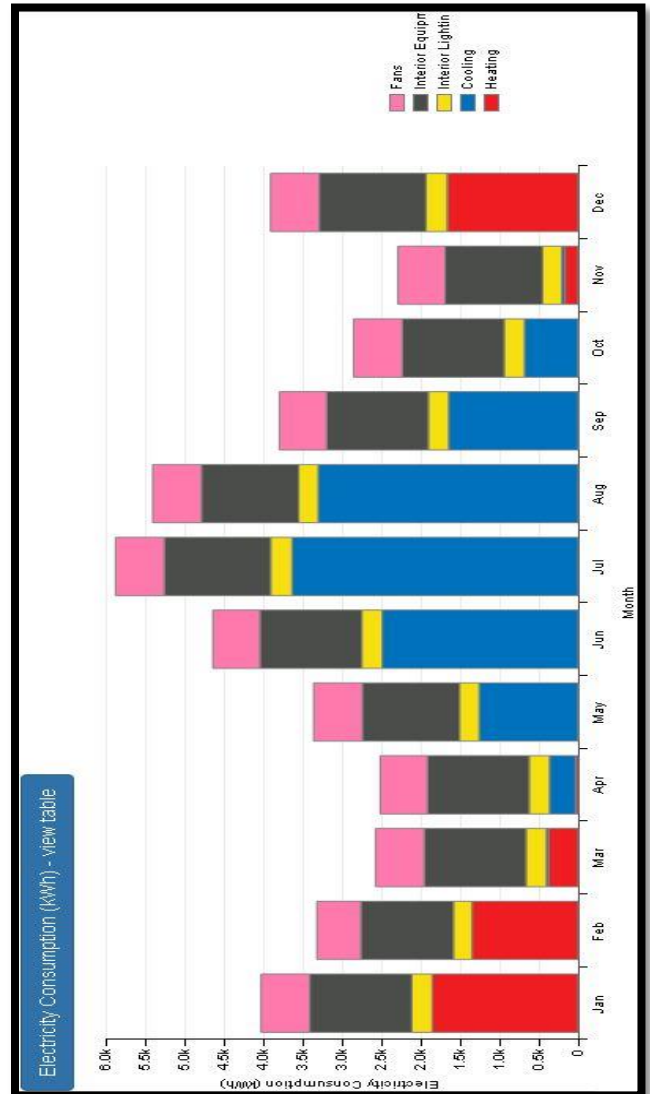
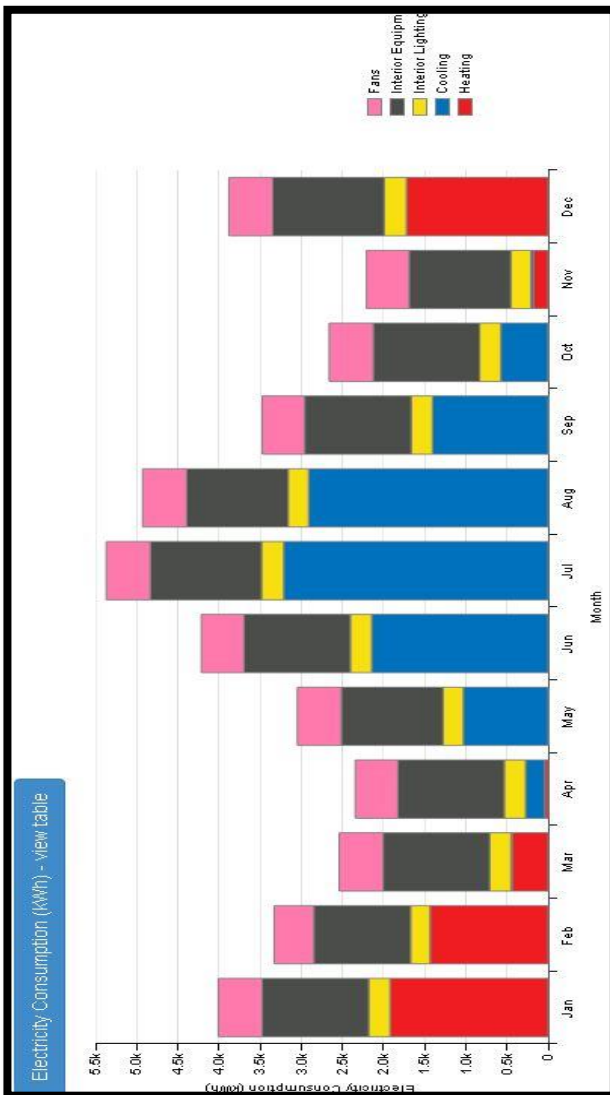
**Le bâtiment de ratio 50% :**

EUI - Electricity - view table

End Use	Consumption (kWh)
Heating	5,742
Cooling	11,556
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	6,283

EUI - Electricity - view table

End Use	Consumption (kWh)
Heating	5,439
Cooling	13,408
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	7,272

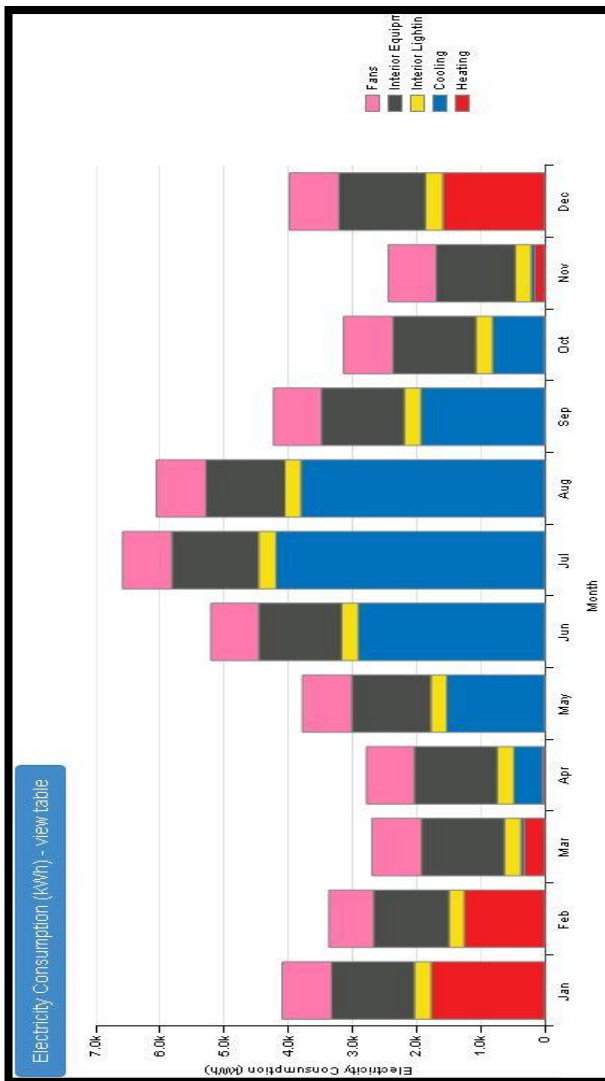




## Le bâtiment de ratio75% :

EUI - Electricity - view table

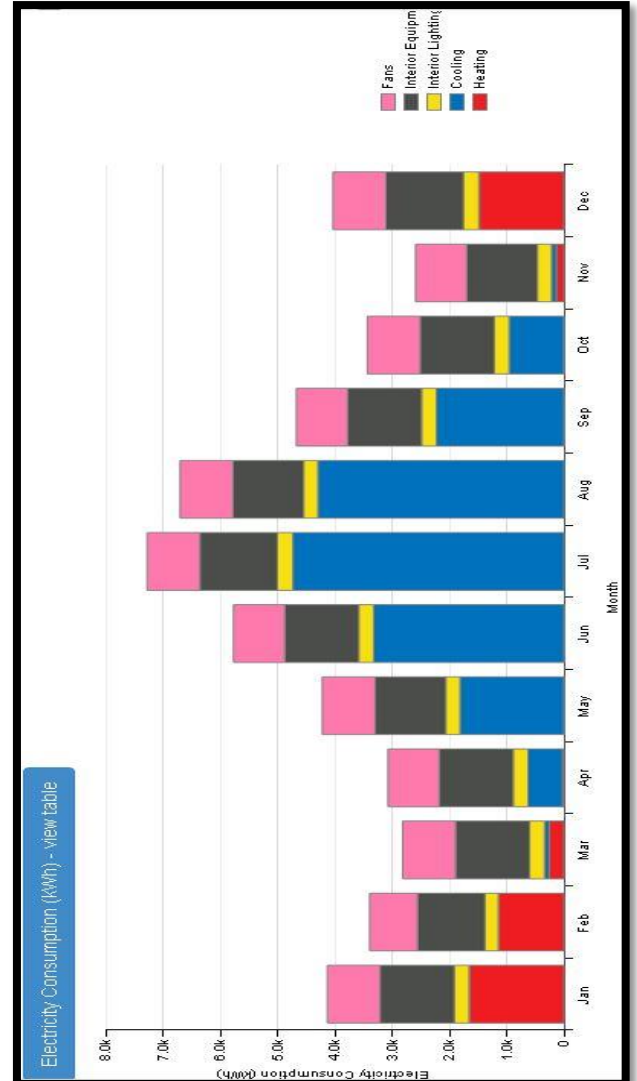
End Use	Consumption (kWh)
Heating	5,103
Cooling	15,750
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	9,053



## Le bâtiment de ratio 100% :

EUI - Electricity - view table

End Use	Consumption (kWh)
Heating	4,678
Cooling	18,136
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	10,847

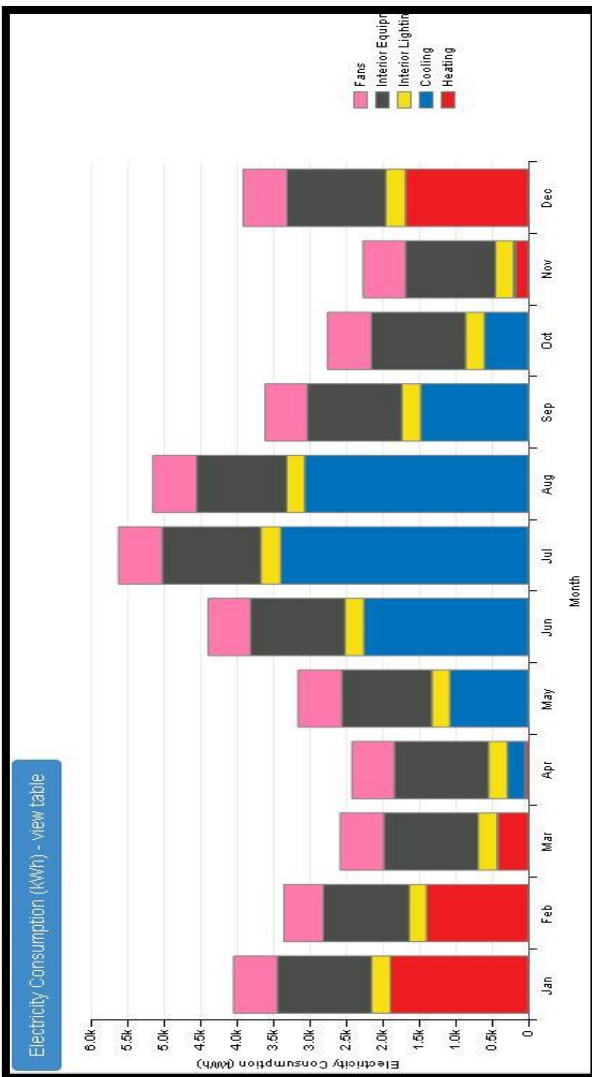


**Le bâtiment orienté Ouest :**

**Le bâtiment de ratio 25% :**

EUI - Electricity - view table

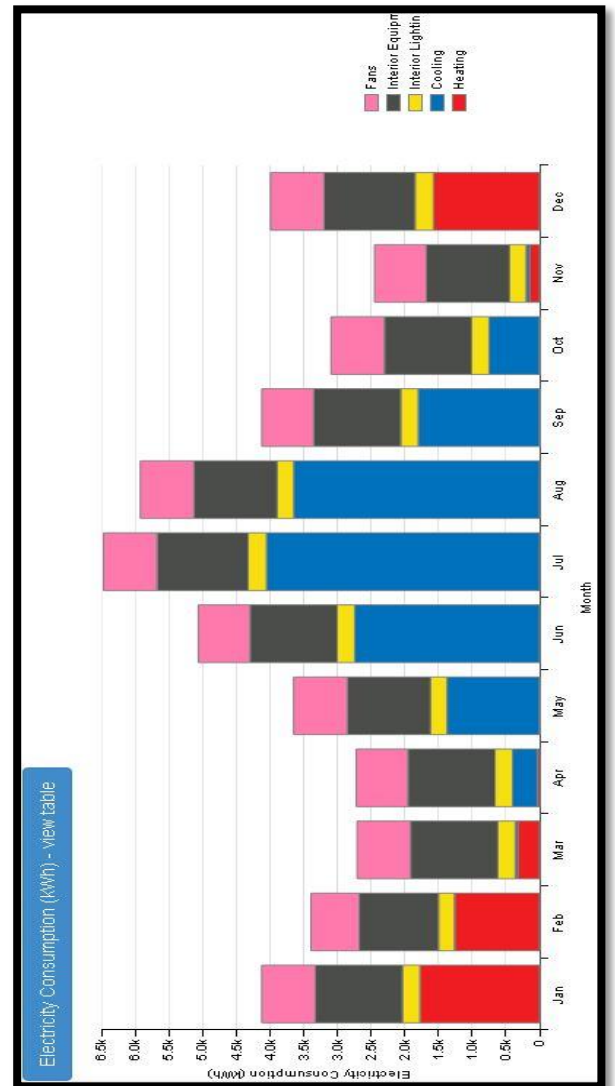
End Use	Consumption (kWh)
Heating	5,597
Cooling	12,164
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	7,053



**Le bâtiment de ratio 50% :**

EUI - Electricity - view table

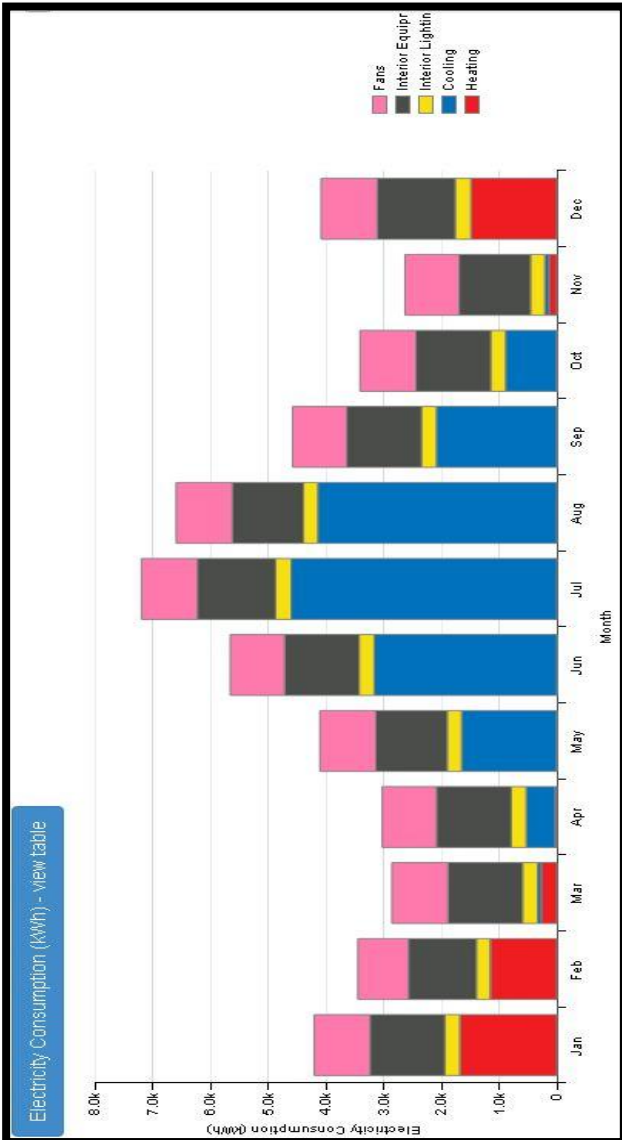
End Use	Consumption (kWh)
Heating	5,111
Cooling	14,825
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	9,328



## Le bâtiment de ratio75% :

EUI - Electricity - view table

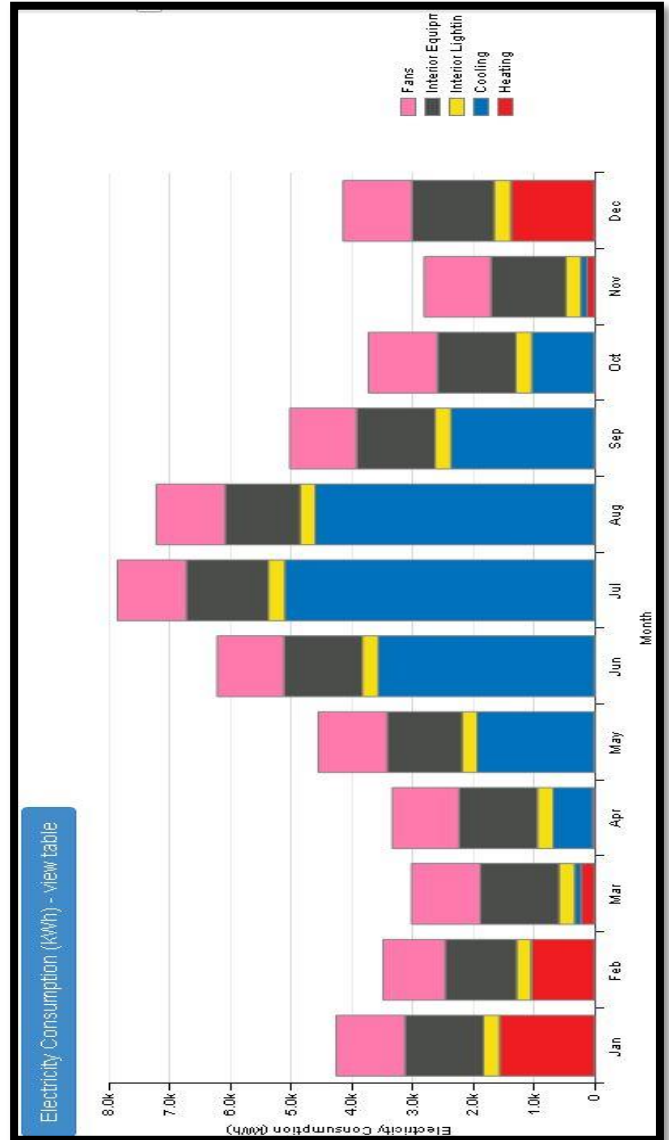
End Use	Consumption (kWh)
Heating	4,742
Cooling	17,186
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	11,406



## Le bâtiment de ratio 100% :

EUI - Electricity - view table

End Use	Consumption (kWh)
Heating	4,328
Cooling	19,494
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	13,350



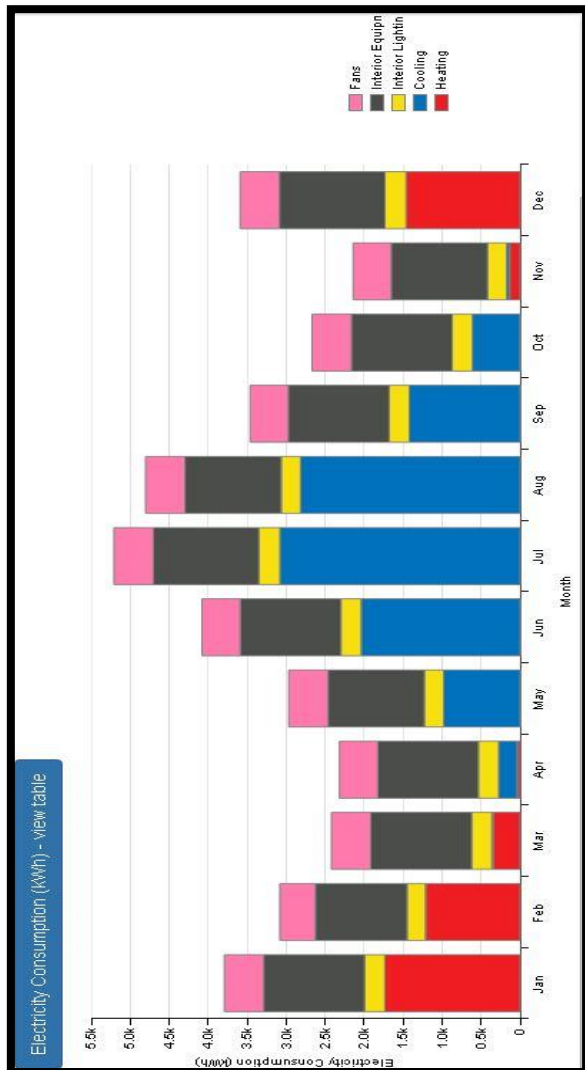
Les résultats de la consommation énergétique avec triple vitrage (3-13-3-13-3) :

Le bâtiment orienté Sud :

Le bâtiment de ratio 25% :

EUI - Electricity - view table

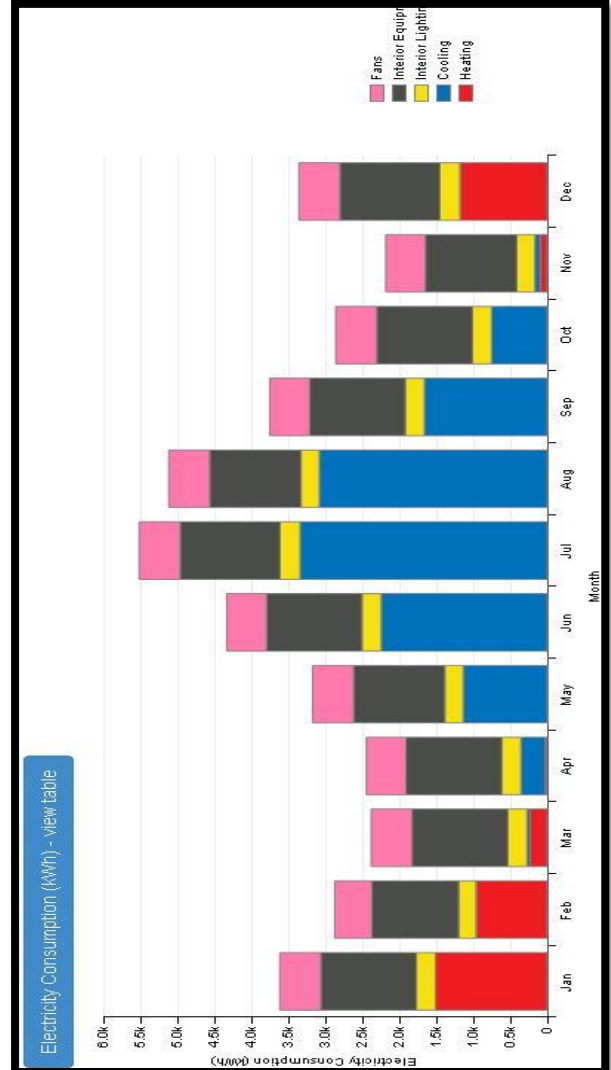
End Use	Consumption (kWh)
Heating	4,928
Cooling	11,244
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0



Le bâtiment de ratio 50% :

EUI - Electricity - view table

End Use	Consumption (kWh)
Heating	4,003
Cooling	12,661
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	6,508

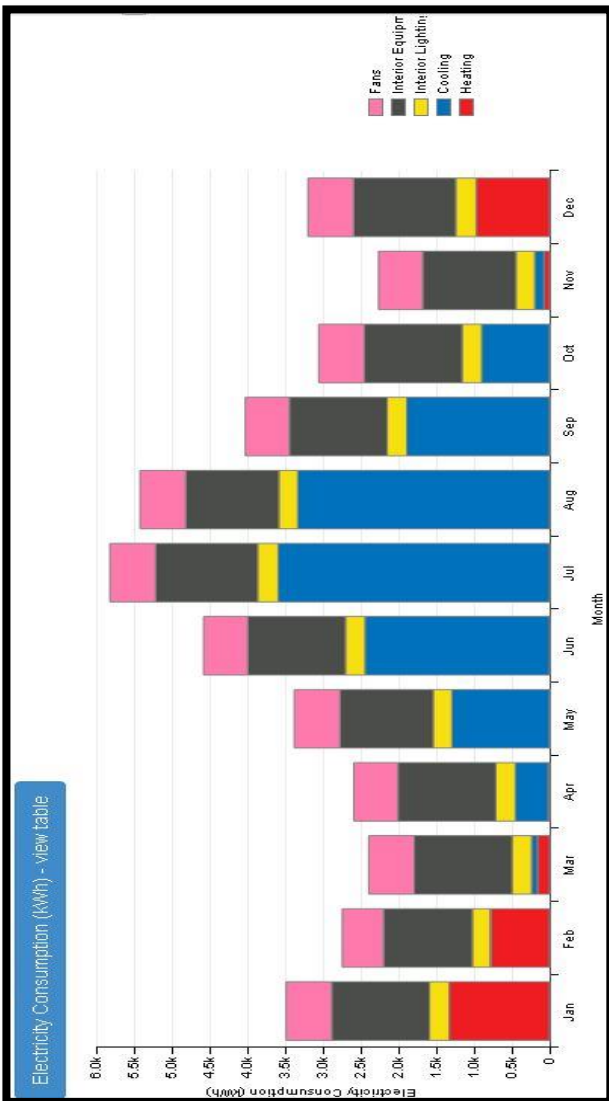


# Annexe 2

## Le bâtiment de 75% :

EUI - Electricity - view table

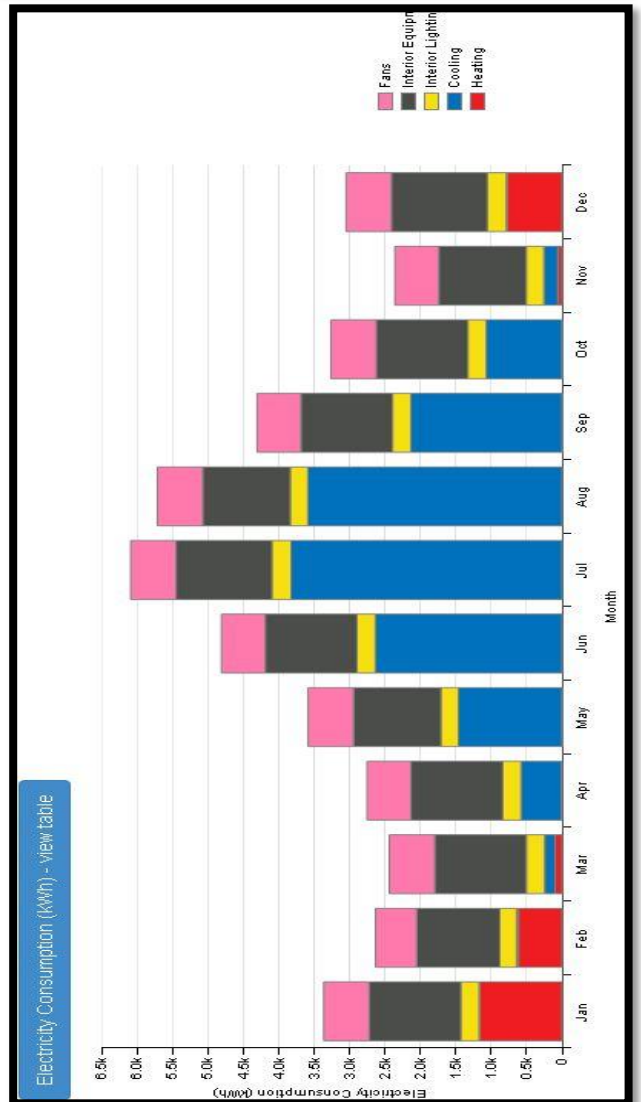
End Use	Consumption (kWh)
Heating	3,325
Cooling	14,103
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	7,094



## Le bâtiment de 100% :

EUI - Electricity - view table

End Use	Consumption (kWh)
Heating	2,722
Cooling	15,675
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	7,531



**Le bâtiment orienté Nord :**

**Le bâtiment de ratio 25% :**

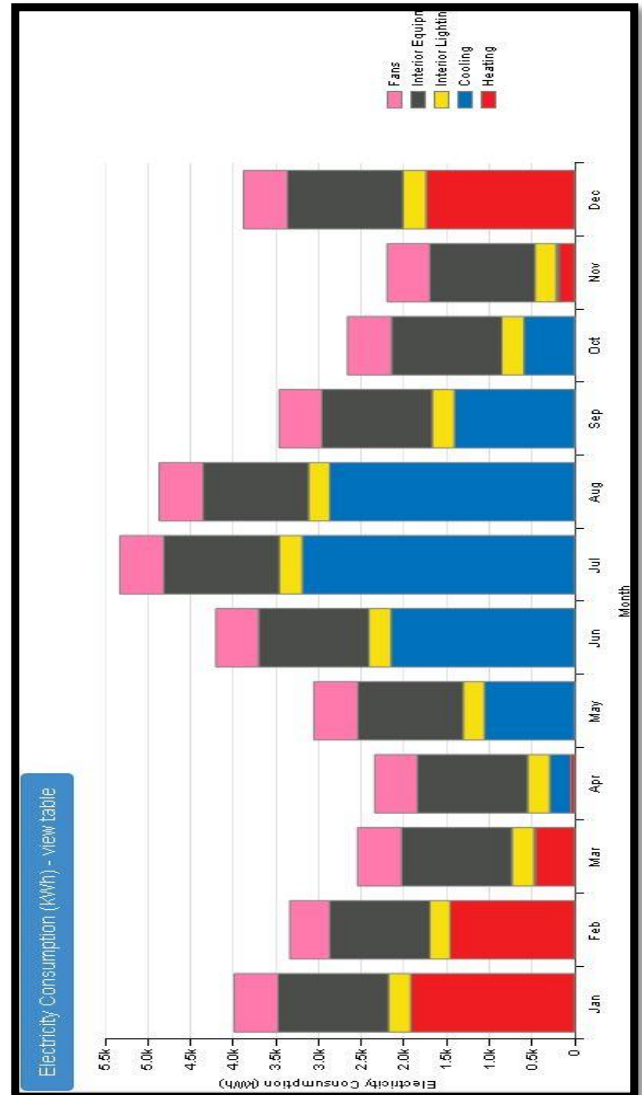
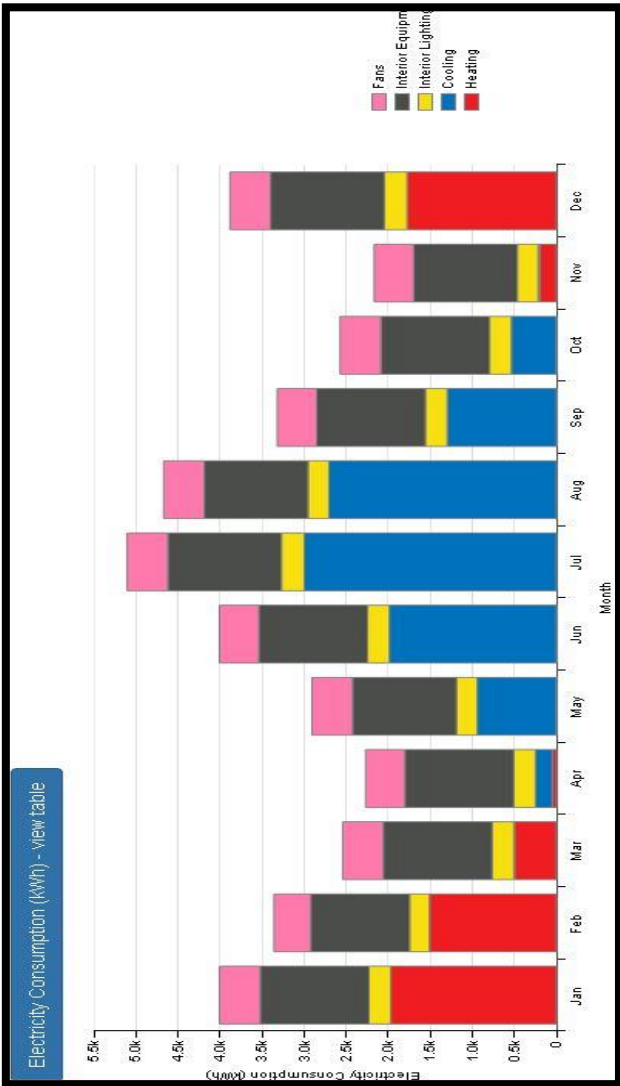
**Le bâtiment de ratio 50% :**

EUI - Electricity - view table

End Use	Consumption (kWh)
Heating	5,994
Cooling	10,703
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	5,678

EUI - Electricity - view table

End Use	Consumption (kWh)
Heating	5,814
Cooling	11,567
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	6,056



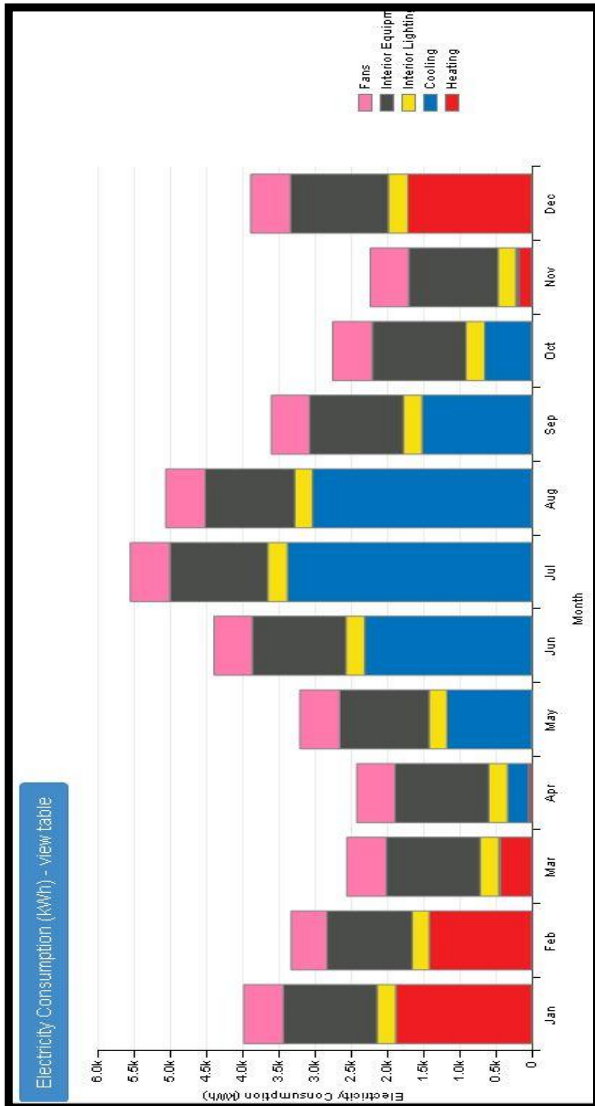


## Annexe 2

### Le bâtiment de ratio75% :

EUI - Electricity - view table

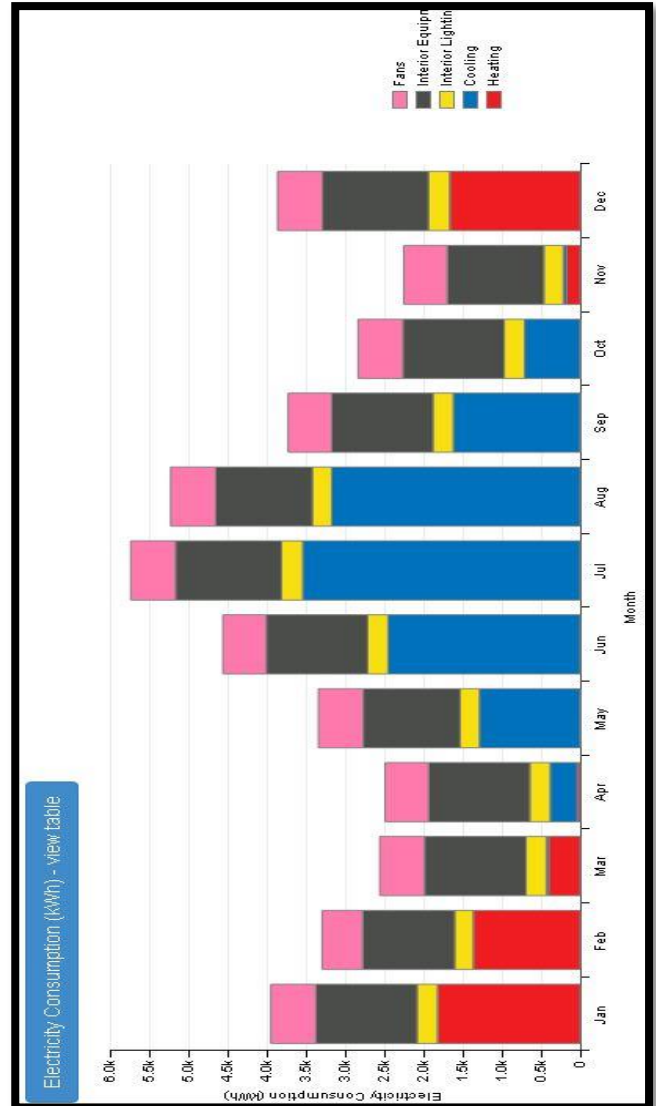
End Use	Consumption (kWh)
Heating	5,664
Cooling	12,406
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	6,433



### Le bâtiment de ratio 100% :

EUI - Electricity - view table

End Use	Consumption (kWh)
Heating	5,461
Cooling	13,203
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	6,731



**Le bâtiment orienté Est :**

**Le bâtiment de ratio 25% :**

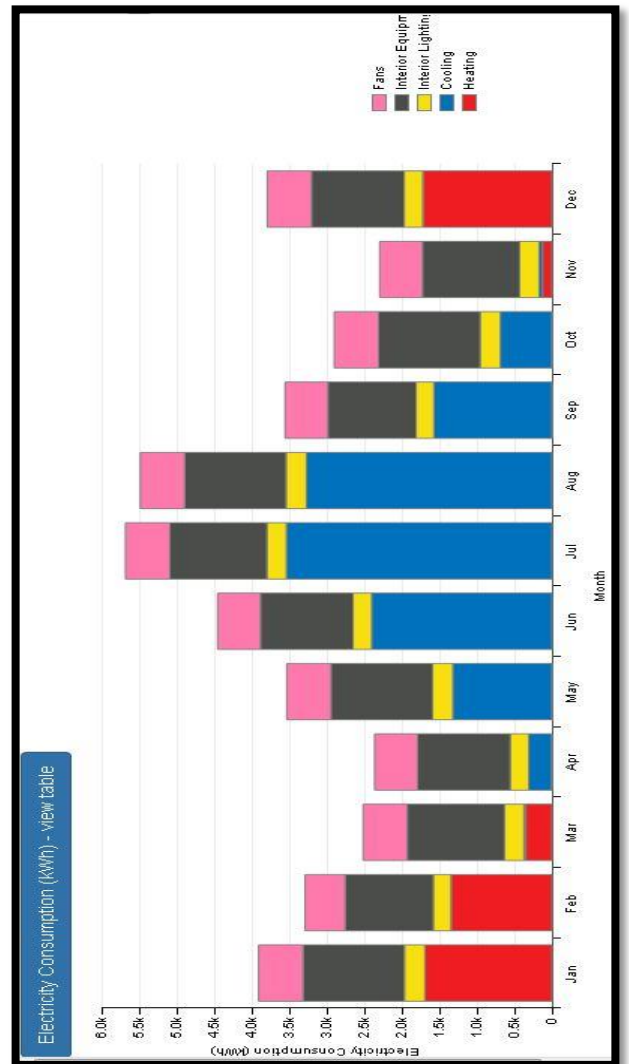
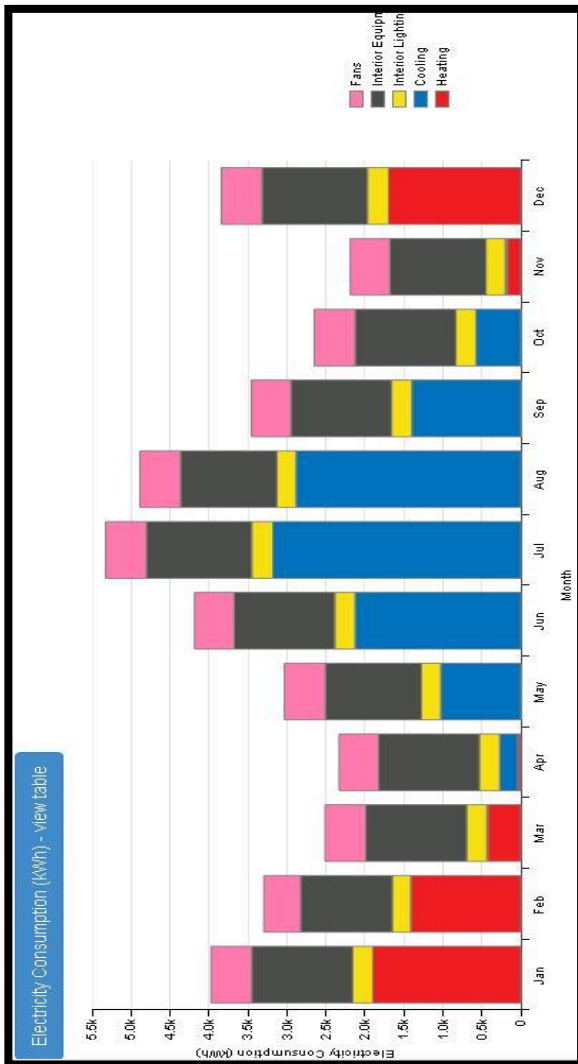
**Le bâtiment de ratio 50% :**

EUI - Electricity - view table

End Use	Consumption (kWh)
Heating	5,642
Cooling	11,469
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	6,144

EUI - Electricity - view table

End Use	Consumption (kWh)
Heating	5,236
Cooling	13,175
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	6,939

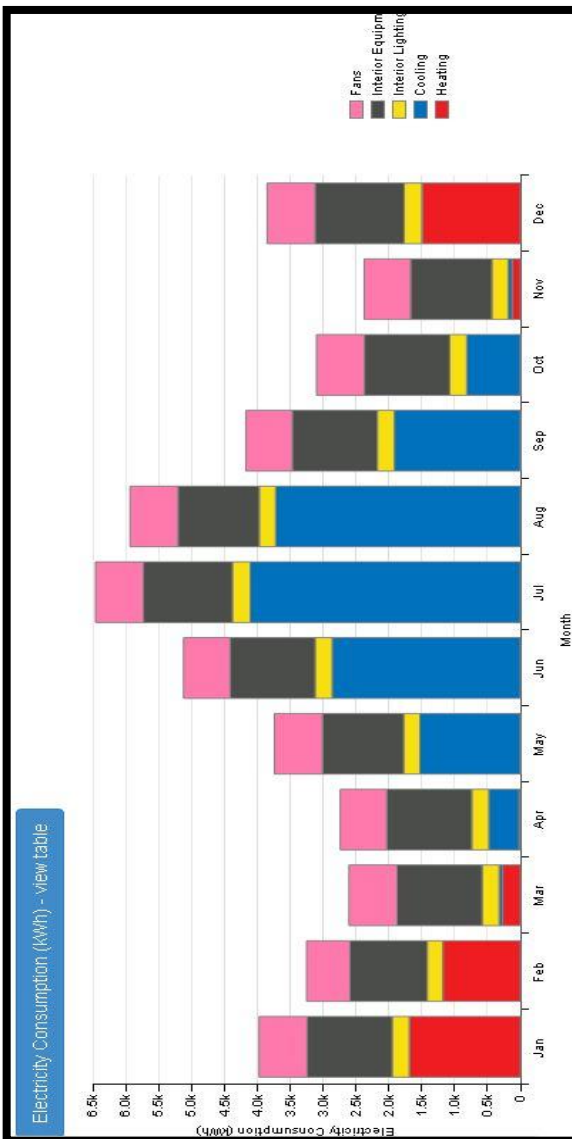




**Le bâtiment de ratio75% :**

EUI - Electricity - view table

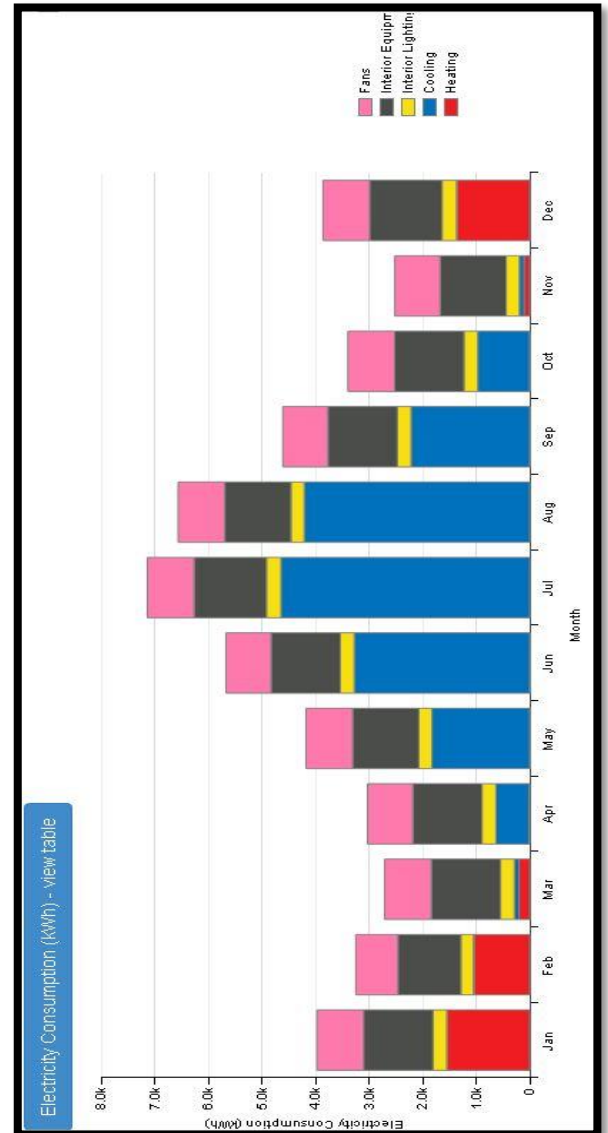
End Use	Consumption (kWh)
Heating	4,772
Cooling	15,536
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	8,572



**Le bâtiment de ratio 100% :**

EUI - Electricity - view table

End Use	Consumption (kWh)
Heating	4,250
Cooling	17,947
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	10,244



**Le bâtiment orienté Ouest :**

**Le bâtiment de ratio 25% :**

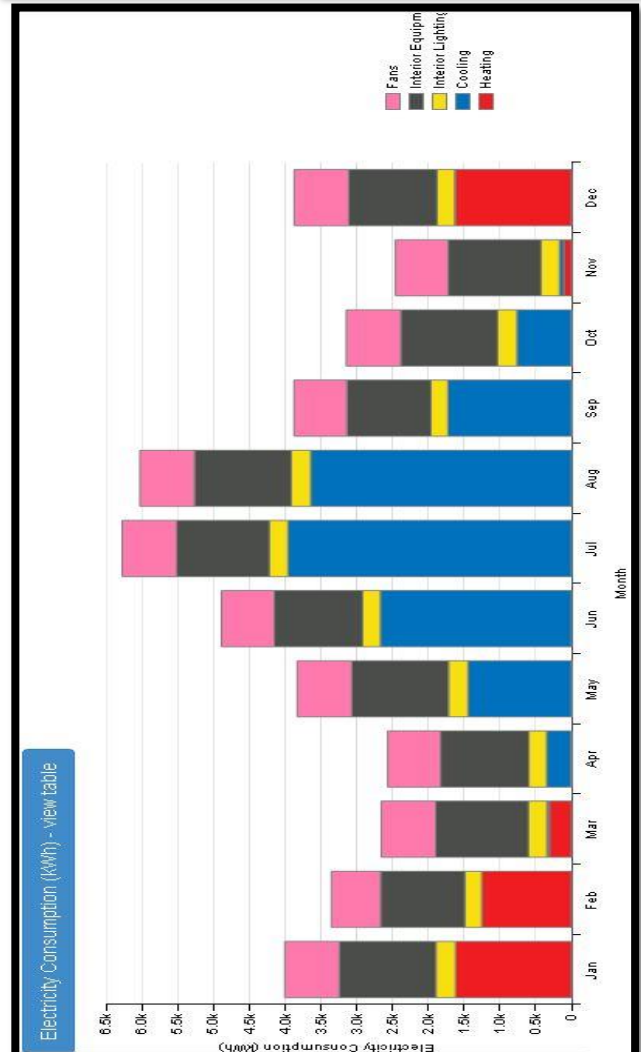
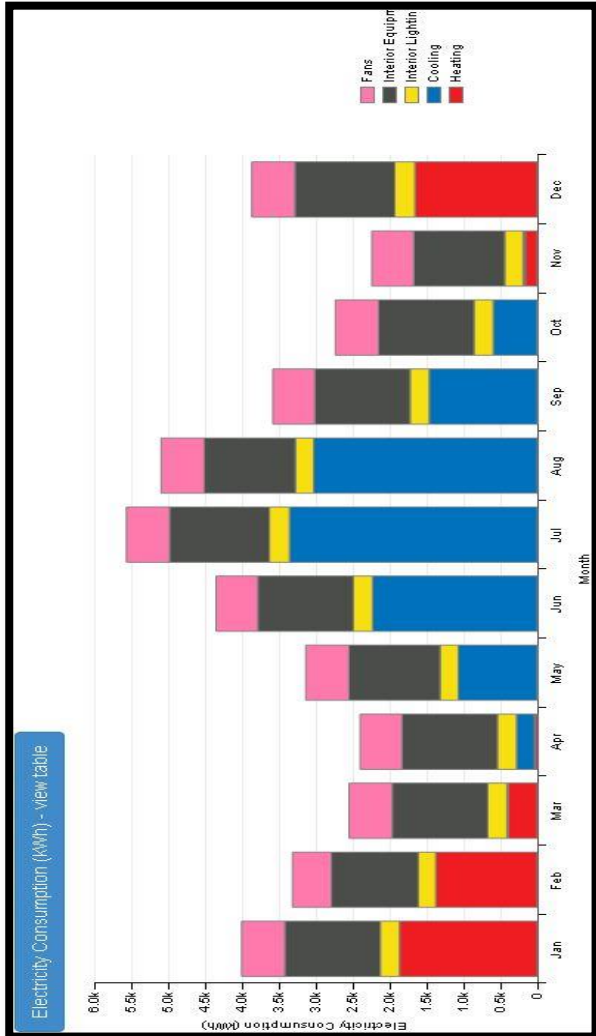
**Le bâtiment de ratio 50% :**

EUI - Electricity - view table

End Use	Consumption (kWh)
Heating	5,503
Cooling	12,044
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	6,864

EUI - Electricity - view table

End Use	Consumption (kWh)
Heating	4,919
Cooling	14,647
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	8,950

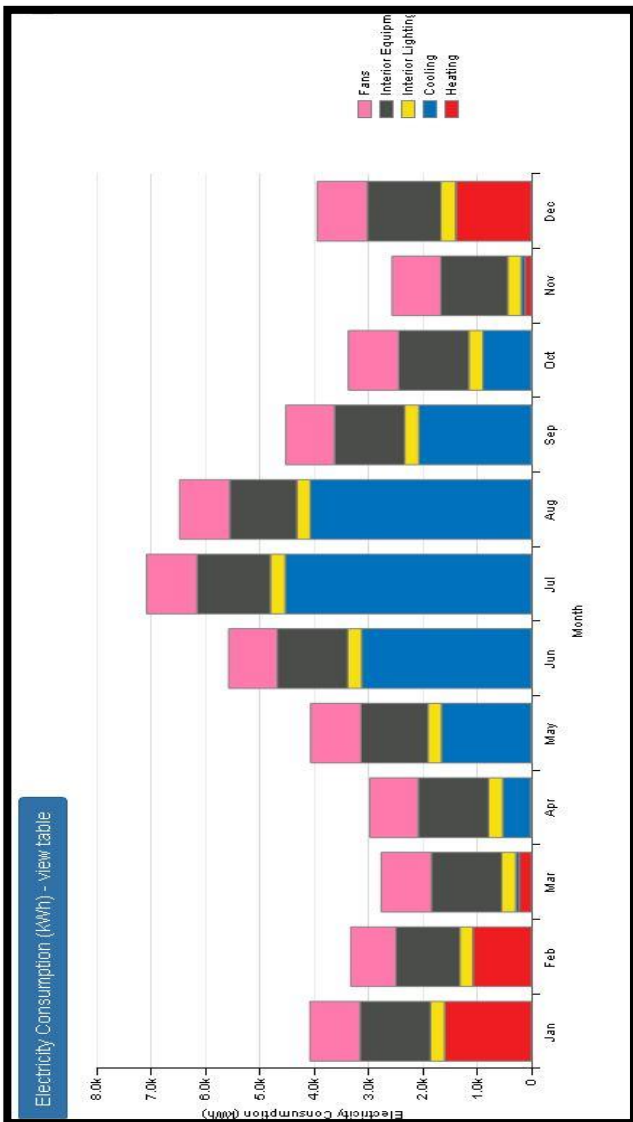


## Annexe 2

### Le bâtiment de ratio75% :

EUI - Electricity - view table

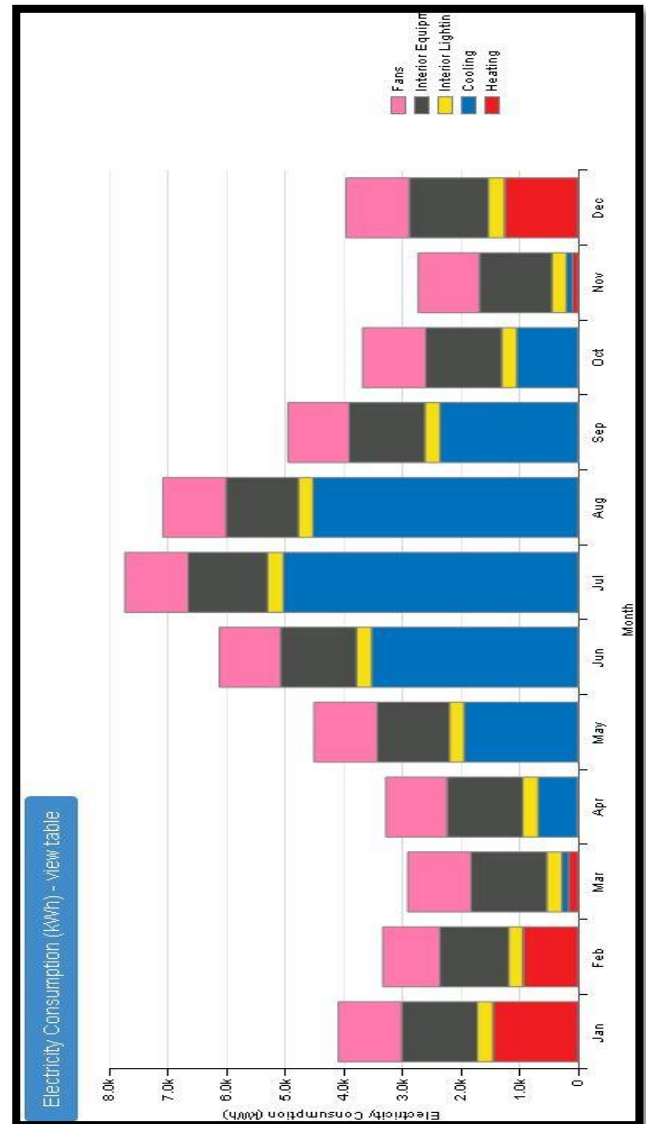
End Use	Consumption (kWh)
Heating	4,411
Cooling	17,014
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	10,864



### Le bâtiment de ratio 100% :

EUI - Electricity - view table

End Use	Consumption (kWh)
Heating	3,906
Cooling	19,353
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	12,678



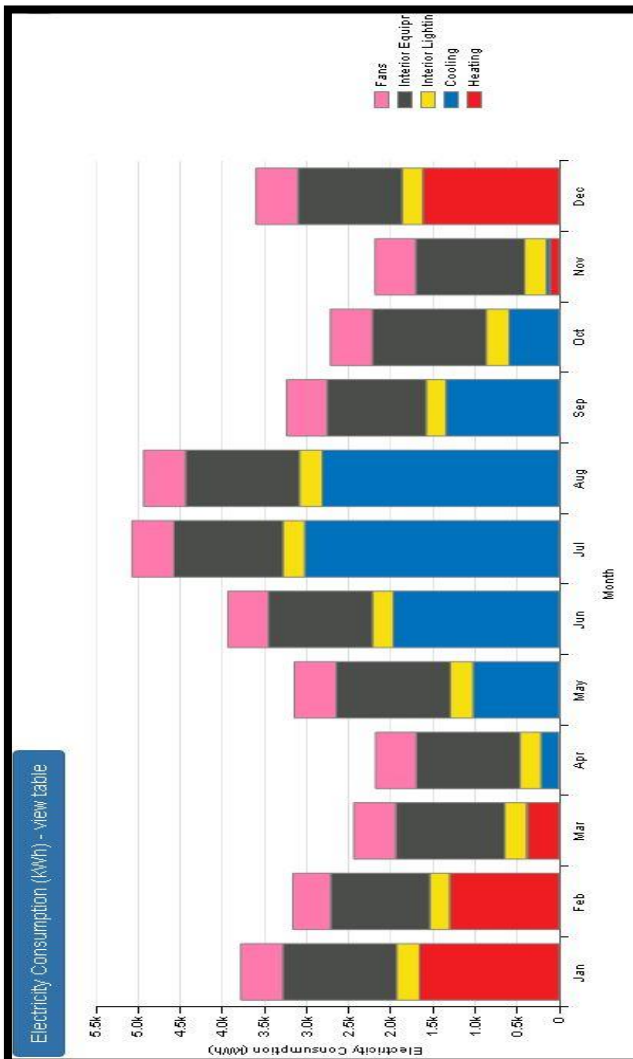
## Annexe 3

### Les résultats de la consommation de l'énergie avec double vitrage à basse émissivité (6-13-6LoE) :

#### Le bâtiment orienté Sud :

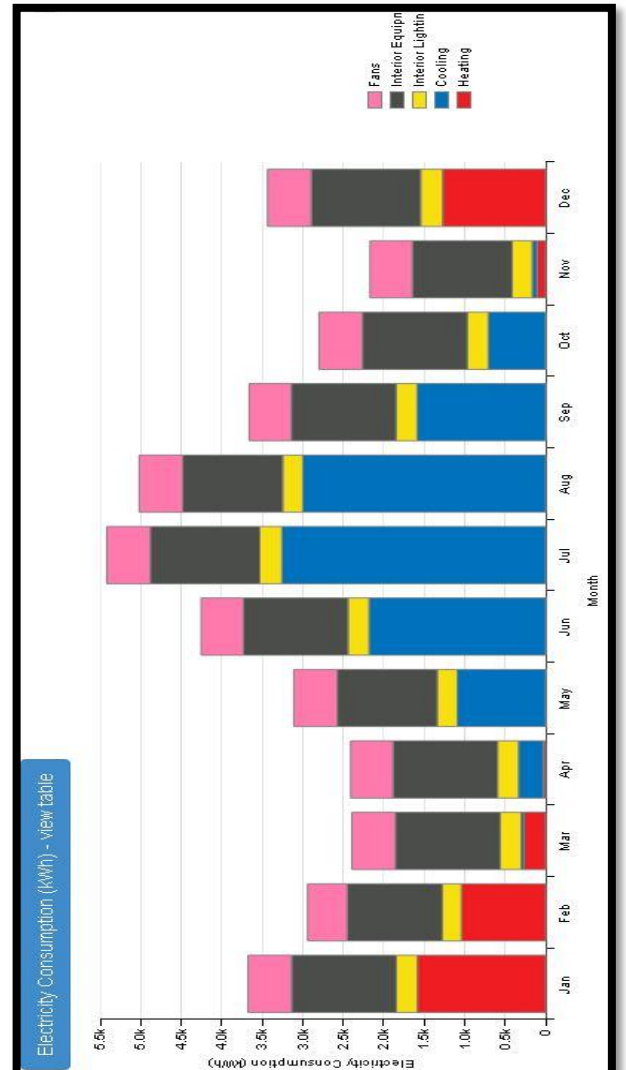
##### Le bâtiment de ratio 25% :

EUI - Electricity - view table	
End Use	Consumption (kWh)
Heating	5,075
Cooling	11,044
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	5,850



##### Le bâtiment de ratio 50% :

EUI - Electricity - view table	
End Use	Consumption (kWh)
Heating	4,300
Cooling	12,228
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	6,322



# Annexe 3

## Le bâtiment de ratio75% :

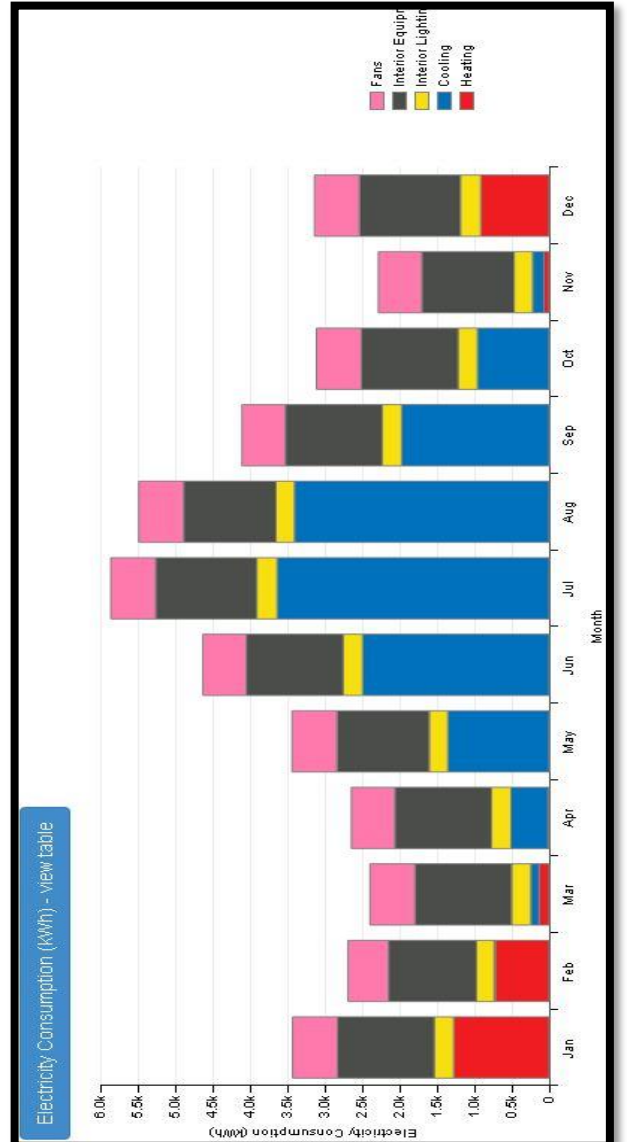
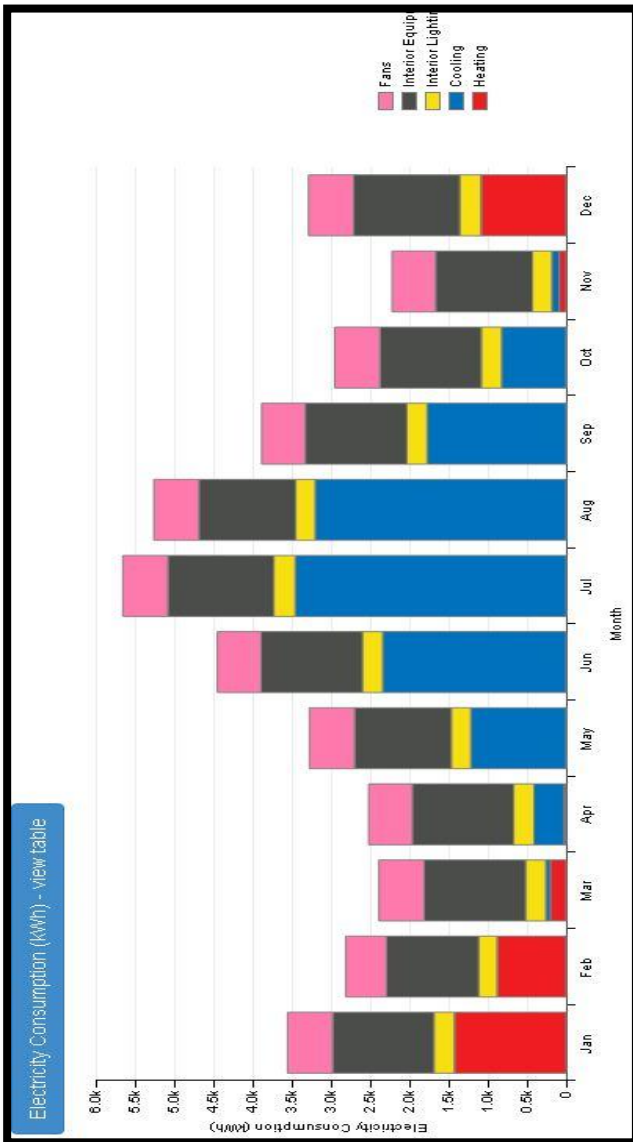
## Le bâtiment de ratio 100% :

EUI - Electricity - view table

End Use	Consumption (kWh)
Heating	3,697
Cooling	13,364
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	6,761

EUI - Electricity - view table

End Use	Consumption (kWh)
Heating	3,122
Cooling	14,603
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	7,053



**Le bâtiment orienté Nord :**

**Le bâtiment de ratio 25% :**

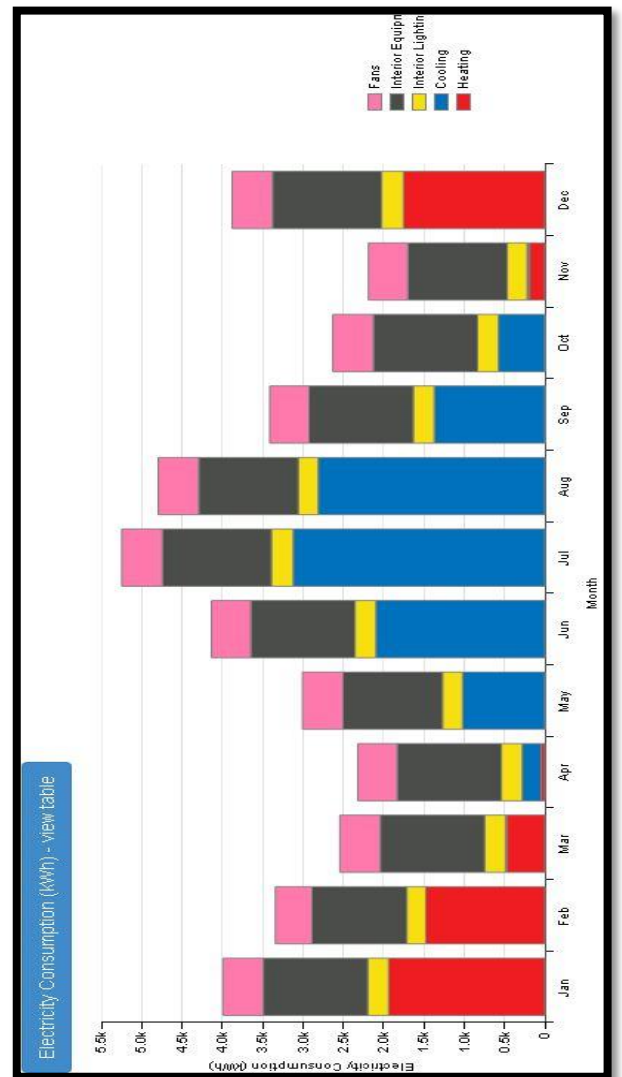
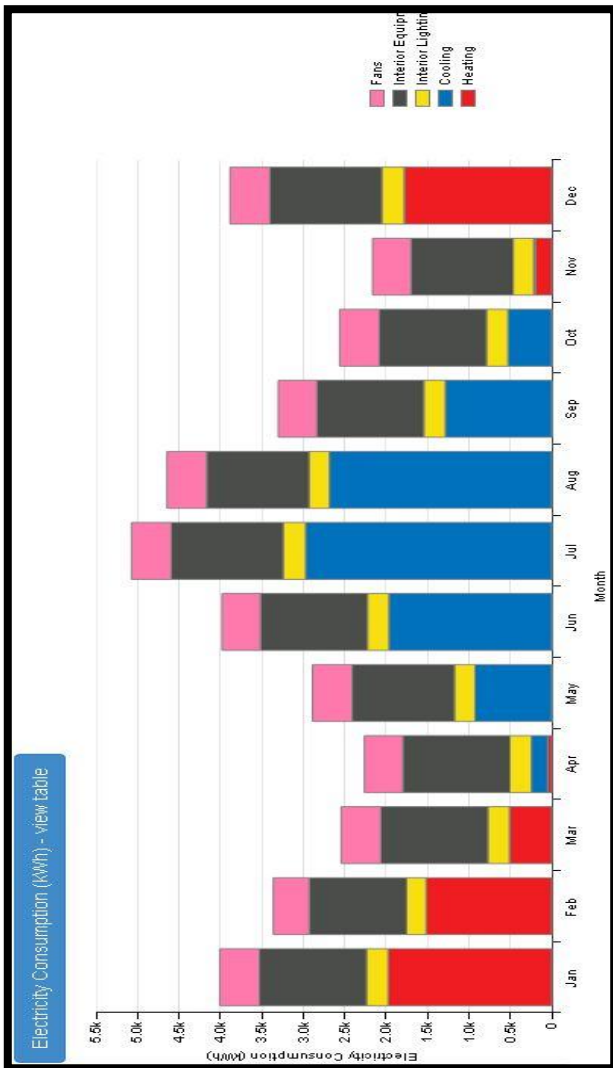
**Le bâtiment de ratio 50% :**

EUI - Electricity - view table

End Use	Consumption (kWh)
Heating	6,022
Cooling	10,589
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	5,628

EUI - Electricity - view table

End Use	Consumption (kWh)
Heating	5,878
Cooling	11,275
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	5,908

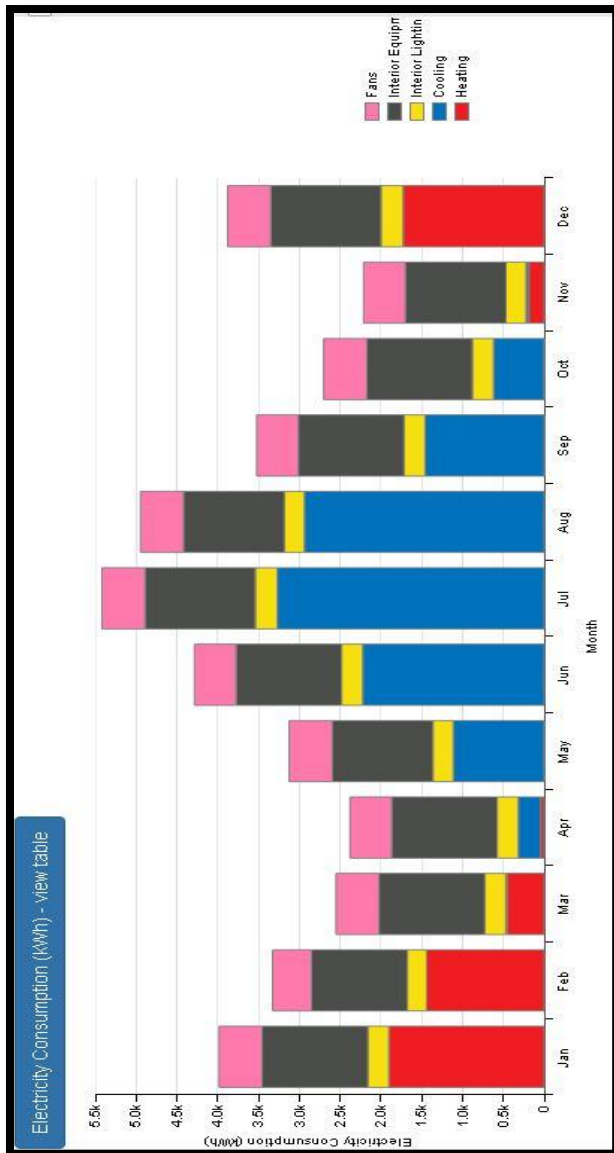




**Le bâtiment de ratio75% :**

EUI - Electricity - view table

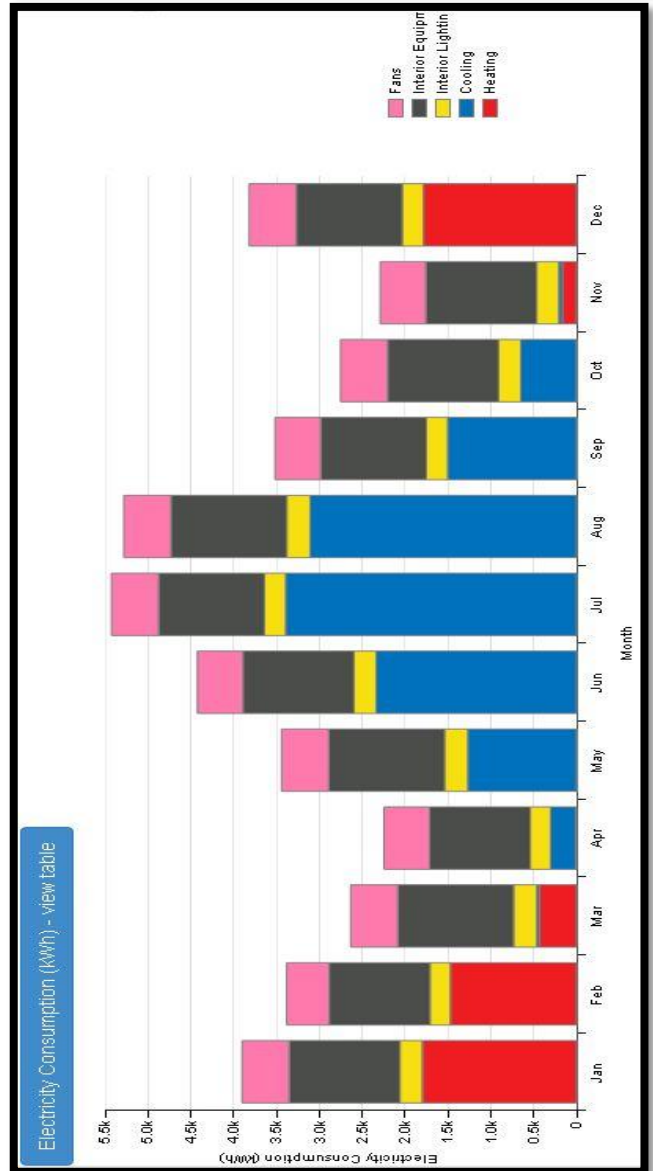
End Use	Consumption (kWh)
Heating	5,753
Cooling	11,956
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	6,200



**Le bâtiment de ratio 100% :**

EUI - Electricity - view table

End Use	Consumption (kWh)
Heating	5,664
Cooling	12,633
Interior Lighting	3,058
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,289
Exterior Equipment	0
Fans	6,461



**Le bâtiment orienté Est :**

**Le bâtiment de ratio 25% :**

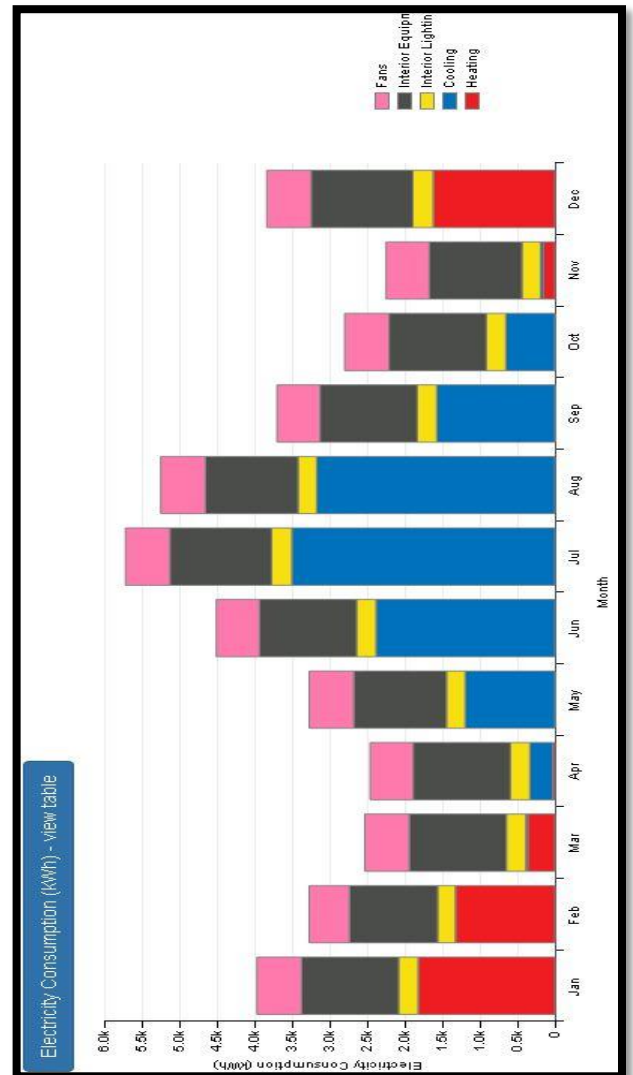
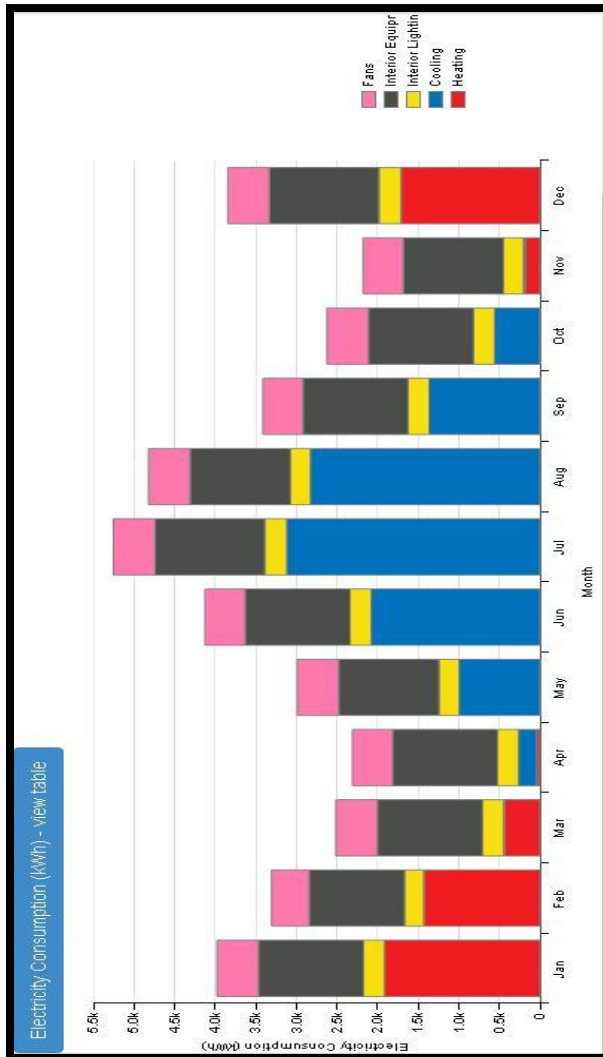
**Le bâtiment de ratio 50% :**

EUI - Electricity - view table

End Use	Consumption (kWh)
Heating	5,711
Cooling	11,214
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	6,008

EUI - Electricity - view table

End Use	Consumption (kWh)
Heating	5,311
Cooling	12,847
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	6,961



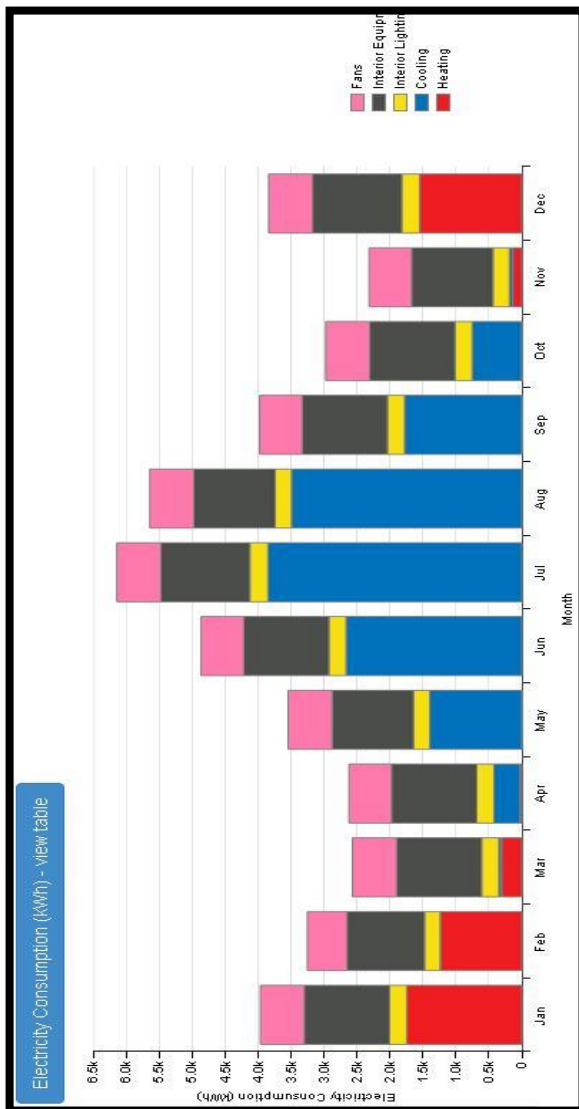


# Annexe 3

## Le bâtiment de ratio 75% :

EUI - Electricity - view table

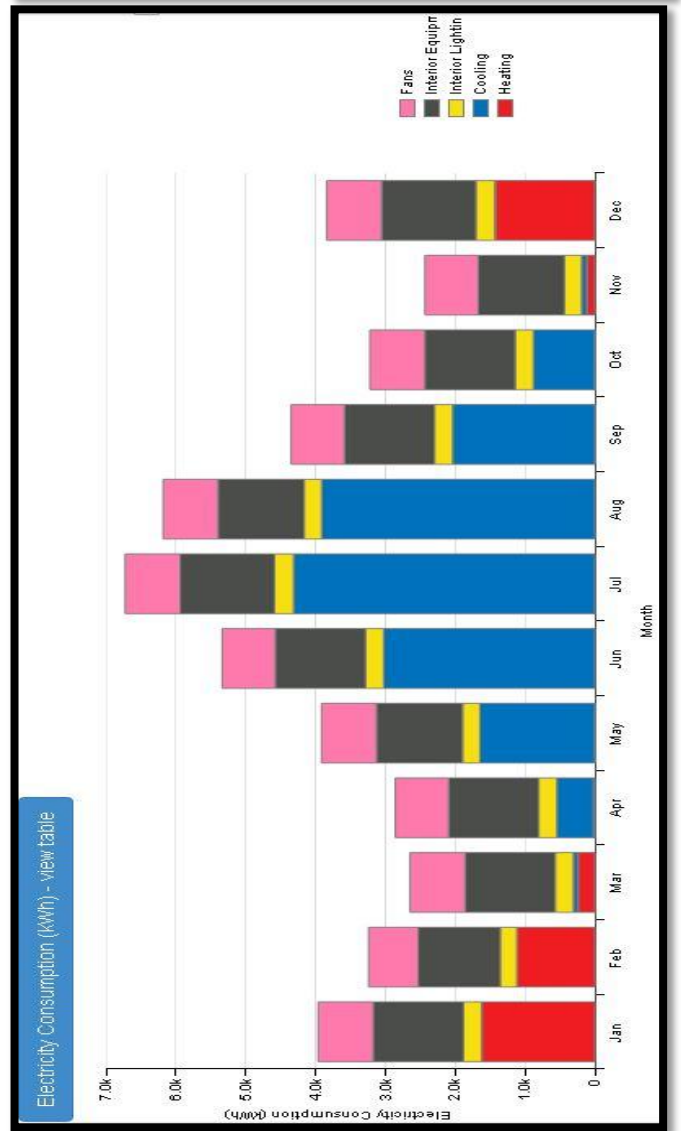
End Use	Consumption (kWh)
Heating	4,997
Cooling	14,439
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	7,831



## Le bâtiment de ratio 100% :

EUI - Electricity - view table

End Use	Consumption (kWh)
Heating	4,525
Cooling	16,506
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	9,247

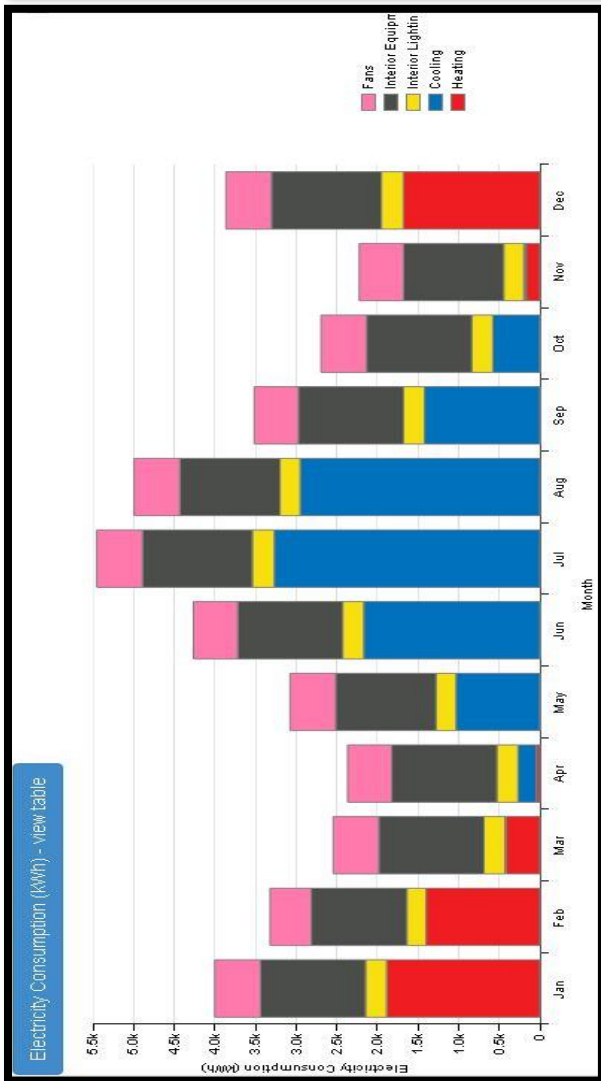


**Le bâtiment orienté Ouest :**

**Le bâtiment de ratio 25% :**

EUI - Electricity - view table

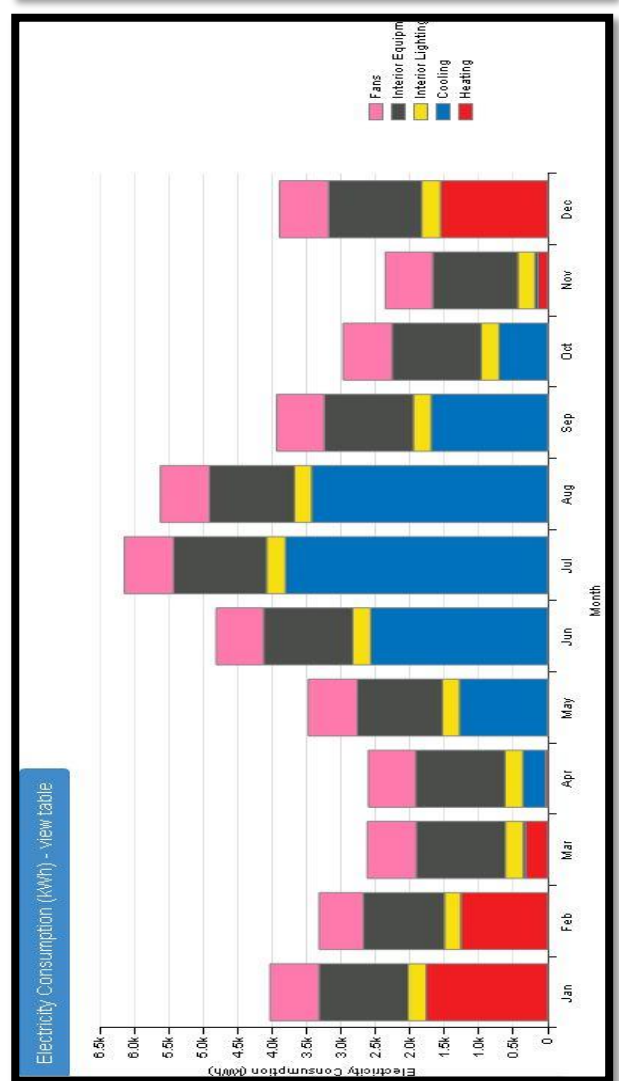
End Use	Consumption (kWh)
Heating	5,594
Cooling	11,694
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	6,603



**Le bâtiment de ratio 50% :**

EUI - Electricity - view table

End Use	Consumption (kWh)
Heating	5,078
Cooling	13,894
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	8,361



**Le bâtiment de ratio75% :**

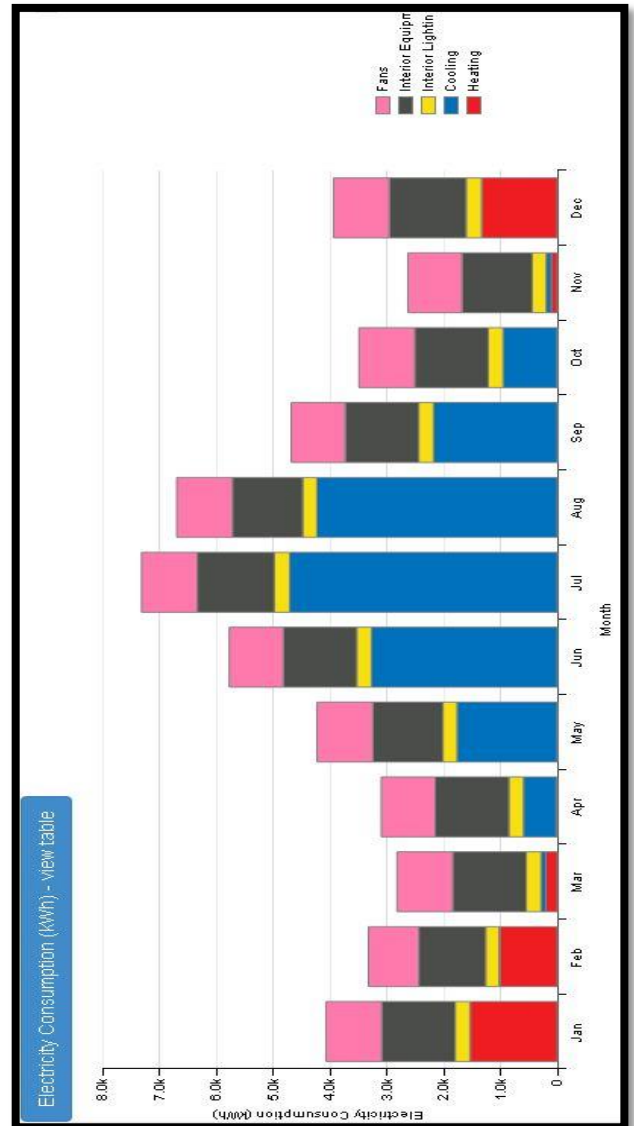
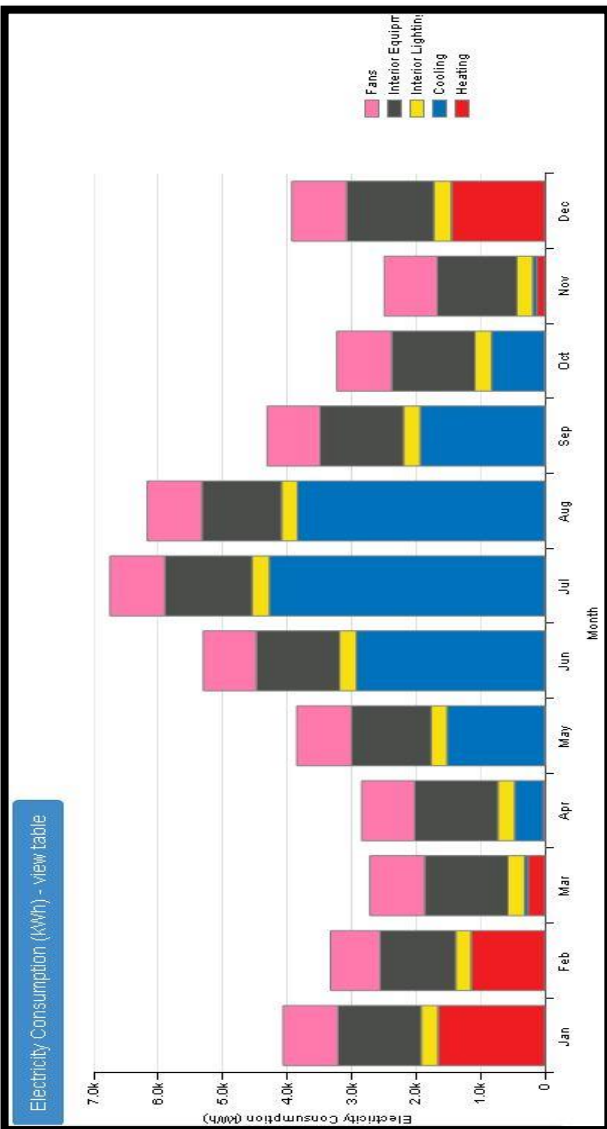
**Le bâtiment de ratio 100% :**

EUI - Electricity - view table

End Use	Consumption (kWh)
Heating	4,650
Cooling	15,897
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	9,994

EUI - Electricity - view table

End Use	Consumption (kWh)
Heating	4,192
Cooling	17,881
Interior Lighting	3,069
Exterior Lighting	0
Interior Equipment	15,347
Exterior Equipment	0
Fans	11,533



### Résumé :

Ce travail traite la relation entre la conception architecturale et la consommation énergétique sans recours total ou partiel au conditionnement mécanique des locaux. Les principes de base de l'architecture bioclimatique et des tendances architecturales (Eco-building, energy zero building, etc.) seront analysés et présentés. Une étude approfondie sur le climat saharien sera établie et concerner le cas d'étude de Biskra.

Cette étude a pour l'objectif ;

- de démontrer qu'un simple ratio entre l'ouverture et le mur peut régler considérablement la consommation énergétique à savoir :

-L'orientation géométriques.

-la taille (dimension) des fenêtres.

-le type de vitrage

On cherche à travers ce mémoire de développer une configuration optimale de l'ouverture dans la façade dans un bureau sous un climat chaud et sec pour réduire la consommation de l'énergie.

**Mots clés :** Consommation d'énergie, développement durable, energy plus, ouverture, ratio (ouverture, mur), l'orientation, type de vitrage.

### الملخص:

هذا العمل يعالج العلاقة بين التصميم الهندسي و استهلاك الطاقة بدون اللجوء الكلي او الجزئي للوسائل الميكانيكية.

المبادئ الاساسية للهندسة البيو مناخية والميولات الهندسية (Energy zero building, Eco-building...etc) سيتم تحليلها و تقديمها, مع دراسة معمقة للمناخ الصحراوي و بالأخص نموذج الدراسة ببسكرة.

الهدف من هذه الدراسة هو:

- توضيح ان معدل الفتحة بالنسبة للجدار يمكن ان يحسن من استهلاك الطاقة مع الاخذ بعين الاعتبار:
- التوجه الجغرافي
- حجم وابعاد النافذة
- نوع الزجاج.

من خلال هذه الدراسة حاولنا ان نطور شكل مثالي للفتحة في المباني الادارية تحت تأثير المناخ الحار و الجاف لأجل تخفيض استهلاك الطاقة.

**الكلمات المفتاحية:** استهلاك الطاقة، التنمية المستدامة، الفتحة، نسبة(الفتحة، الجدار)، التوجيه الجغرافي، نوع الزجاج