

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

UNIVERSITE SAAD DAHLAB BLIDA 1
INSTITUT D'ARCHITECTURE ET D'URBANISME



MEMOIRE DE MASTER
ARCHITECTURE ET ENVIRONNEMENT

*Thème : Investigation d'efficacité énergétique
et du confort thermique résidentiel :
Cas des logements HPE de Blida.*

Devant le jury composé de :

Mr : benacer hamza.

Mr : ould zemirli Mohamed .

Réalisé par :

Mr : GHERIBI MOUSSA

Encadré par :

Mme : DELOULA SABBA

2020/2021

Remerciements

*Je remercie Dieu tout puissant, de m'avoir donné le courage pour accomplir ce
modeste travail.*

*Je remercie en premier lieu ma directrice du mémoire Mme. **DELOULA
SABBA**, pour sa disponibilité, son suivi, ses nombreux conseils et pour m'avoir
offert l'opportunité de travailler sur une thématique aussi intéressante,*

*Je tiens aussi à remercier les membres du jury d'avoir accepté d'examiner le
travail de recherche du présent mémoire.*

*Je tiens à remercier sincèrement tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à
la réussite de ce travail.*

*Mes remerciements vont également Pour les étudiants et chercheurs qui ont
laissé des références utiles.*

*Une liste inévitablement bien incomplète que je ne saurais clore sans remercier
infiniment ma famille, mes amies pour leur soutien.*

Résumé :

La présente recherche s'intéresse à la qualité thermique intérieure du bâtiment HPE suivant les différentes orientations. Elle a pour objectif d'apprécier l'impact de l'orientation sur la température de l'espace intérieur et de rechercher l'orientation optimale.

Une étude est effectuée sur les 80 logements HPE à Blida, afin de comparer et de chercher la relation entre les éléments du climat et l'orientation. Une investigation (relevé des températures, humidité relatives, températures de surfaces) pour évaluer la réponse quantitative globale pour ce type de climat. Parallèlement à cela une simulation à l'aide d'un logiciel TRNSYS (version 16) a été effectuée pour tester plusieurs possibilités d'orientations afin de déterminer les éléments qui peuvent servir à des conditions meilleures.

Les résultats montrent que la prise en compte du critère orientation fait participer le bâtiment à une conception plus performante thermiquement et plus économe énergétiquement.

Mots clés : orientation, réglementation thermique algérienne, performances énergétiques, simulation.

المخلص

يهتم هذا البحث بالجودة الحرارية الداخلية للمباني ذات الأداء العالي للطاقة حسب الاتجاهات المختلفة. والغرض منه هو تقدير تأثير الاتجاه على درجة حرارة المساحة الداخلية والبحث عن الاتجاه الأمثل.

تمت الدراسة على 80 وحدة سكنية في ولاية البليدة لمقارنة ودراسة العلاقة بين عنصري المناخ و الاتجاه. استقصاء (قراءة درجات الحرارة والرطوبة النسبية ودرجات حرارة السطح) لتقييم الاستجابة الكمية الإجمالية لهذا النوع من المناخ. في نفس الوقت، تم إجراء محاكاة باستخدام برنامج TRNSYS (الإصدار 16) لاختبار إمكانيات اتجاهات مختلفة من أجل تحديد العناصر التي يمكن استخدامها في ظل ظروف أفضل.

تظهر النتائج أن الأخذ بعين الاعتبار معيار الاتجاه يمكّن المبنى من المشاركة في تصميم أكثر كفاءة من الناحية الحرارية وأكثر كفاءة في استخدام الطاقة.

كلمات البحث: اتجاه ، أنظمة العمل الحرارية الجزائرية ، الأداء الطاقوي ، محاكاة.

Abstract

This research is interested in the internal thermal quality of the HPE building according to the different orientations. Its purpose is to appreciate the impact of orientation on the temperature of the interior space and to seek the optimum orientation.

A study is being carried out on the 80 HPE housing units in Blida, in order to compare and investigate the relationship between the elements of climate and orientation. An investigation (reading of temperatures, relative humidity, surface temperatures) to assess the overall quantitative response for this type of climate. At the same time, a simulation using TRNSYS software (version 16) was carried out to test several orientation possibilities in order to determine the elements that can be used under better conditions.

The results show that taking into account the orientation criterion enables the building to participate in a design that is more thermally efficient and more energy efficient.

Keywords: orientation, Algerian thermal working systems, energy performance, simulation.

NOMENCLATURE

Abréviation :

Cf : Coefficient de forme.

FDP : Façade double peau.

FV : Façade ventilée.

Fo : Facteur d'ombrage.

Indices

CLO Unité d'isolement vestimentaire.

M Le métabolisme (w/m^2).

R La résistance thermique ($m^2.k/w$).

S La surface (m^2).

Ta La température ambiante de l'air ($^{\circ}C$).

Tp La température des parois ($^{\circ}C$).

Trs Température résultante sèche ($^{\circ}C$).

HR L'humidité relative de l'air (%).

U Le coefficient de transmission surfacique ($w/m^2.k$).

Vair La vitesse de l'air (m/s).

C Chaleur spécifique (Kj/kg.k).

D Densité (Kg/m³).

Symboles :

λ Conductivité thermique (W/m.k).

μ Résistance à la diffusion de vapeur d'eau (grandeur sans dimension).

ρ Réflectance solaire (%).

ε Émittance thermique (%).

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 : Définition de l'enveloppe selon différents acteur.....	09
Figure 1.2 : l'enveloppe extérieure subit de nombreuses agressions du climat local et de l'environnement.....	10
Figure 1.3: les exigences et fonctions d'une enveloppe.....	11
Figure 1.4 : mode de transfert de chaleur à travers une paroi.....	14
Figure 1.5 : les valeurs de la conductivité thermique pour quelques matériaux.....	15
Figure1.6 : position des principaux ponts thermiques.....	17
Figure 1.7 : la compacité varie suivant la forme. La taille et le mode de contact des volumes construits.....	18
Figure 1.8 Les déperditions thermiques dans le bâtiment.....	19
Figure 1.9 : Les fonctions de la façade.....	20
Figure1.10 : Les critères du choix d'une façade.....	21
Figure1.11: Exemples de façades porteuses.....	22
Figure 1.12 : Exemples de façades légères.....	23
Figure 1.13 : La façade géométrique droite.....	23
Figure 1.14 : La façade inclinée.....	24
Figure1.15: La façade organique.....	24
Figure1.16: Façade avec des formes mixtes.....	24
Figure1.17: Façade en pierre.....	25
Figure 1.18 : Façade en brique.....	25
Figure 1.19 : Façade en béton armé.....	25
Figure1.20: Façade en bois.....	26
Figure1.21: Façade en verre.....	26
Figure1.22: Façade en métal.....	27
Figure1.23: Façade en textile.....	27

Figure 1.24: Façade en plastique.....	27
Figure 1.25 : Les façades mixtes.....	28
Figure1.26: Projets utilisant la peinture en poudre.....	28
Figure1.27 : Façade monocouche ou simple peau.....	29
Figure1.28: Exemples de façades type double peau.....	31
Figure1.29: Les composants d'une façade double peau.....	31.
Figure1.30: Classification de la façade double peau.....	32
Figure1.31: Façade simple.....	33
Figure1.32: Façades ventilées avec joints fermés.....	33
Figure1.33: Schéma représentatif des composants d'une façade ventilée et son principe de Fonctionnement thermique.....	34
Figure1.34: Le comportement thermique d'une façade ventilée durant une journée chaude..	35
Figure1.35: Le comportement thermique d'une façade ventilée durant une journée froide....	35
Figure1.36: Les avantages de la façade ventilée.....	35
Figure1.37 : Principe de fonctionnement d'une façade respirante.....	36
Figure1.38: Exemple d'une façade respirante.....	36
Figure1.39: Façade respirante.....	37
Figure1.40 : Façades végétalisées.....	38
Figure1.41: Façade verte directe et indirecte.....	38
Figure1.42: Façade vivante.....	39
Figure1.43 : Image thermique d'une façade végétalisée et une autre sans végétation.....	39.
Figure1.44: Les façades photovoltaïques.....	40
Figure1.45 : Exemple des façades adaptatives.....	41
Figure 2.1 : Consommation finale par produits des différents secteurs.....	49
Figure 2.2 : Structure de la consommation finale par secteur d'activité.....	50
Figure 2.3: Bureaux à énergie positive, ZAC de bonne, Grenoble.....	54

Figure 2.4 la relation entre différent instruments de la maîtrise d'énergie.....	59
Figure 2.5 Le choix de la meilleure disposition d'une maison selon l'orientation et la topographie de site.....	63
Figure 2.6. Récapitulatif des obstacles des vents.....	65
Figure 2.7. Le système de ventilation passive utilisé chez les Perse depuis 2000 ans. Source.....	66
Figure 2.8. Le système du captage des vents en Pakistan.....	66
Figure 2.9. Le mouvement de la terre autour du soleil.....	68
Figure 2.10 : Effet de la direction du vent sur la distribution de l'air a l'intérieur des chambres.....	73
Figure 2-11: Organisation et Orientations des rues pour canaliser l'air frais.....	74
Figure 3.1 : Situation de la ville de Blida.....	80
Figure 3.2: plan de situation.....	81
Figure 3.3 : Zonage d'été.....	82
Figure 3.4 : Zonage d'hiver.....	82
Figure 3.5 : Les valeurs des températures moyennes mensuelles. Pour la période (2000-2010).....	83
Figure 3.6: Les précipitations moyennes mensuelles pour (2000- 2010).....	84
Figure 3.7: Les valeurs d'humidité relative pour la période (2000- 2010).....	84
Figure 3.8: Les vitesses des vents moyens mensuels pour la période de 2000- 2010.....	85
Figure 3.9 : Vue du 80 logements HPE.....	87
Figure 3.10 : Situation du projet.....	88
Figure 3.11: Plan de masse.....	88
Figure 3.12: PLAN RDC.....	89
Figure 3.13: PLAN COURANT.....	90
Figure 3.14: plans du bloc B.....	90
Figure 3.15: Façade principale (Nord).....	91
Figure 3.16: Façade secondaire (Sud).....	91

Figure 3.17: détail de protection solaire en auvent de côté Sud.....	91
Figure 3.18: la stratégie adoptée pour l'enseillement.....	91
Figure 3.19 : protection contre les vents.....	92
Figure 3.20 : Coupe AA.....	92
Figure 3.21: Coupe BB.....	93
Figure 3.22: détails du traitement des ponts thermiques (liaison poteaux poutres).....	94
Figure 3.23 : habillage des ponts thermiques du plancher.....	94
Figure 3.24 Agencement des briques en double parois.....	95
Figure 3.25: détails d'isolation des déférentes parties de la construction.....	95
Figure 3.26: détails d'isolation des déférentes parties de la construction.....	96
Figure 3.27 : distribution des espaces selon le trajet solaire du plan HPE.....	97
Figure 3.28 : Coupe verticale du puits canadien.....	98
Figure 3.29: détails du puits canadien.....	98
Figure 3.30: Coupe horizontale du puits canadien.....	99
Figure 3.31 : Paramètres de la STD.....	101
Figure 4.1: Création de fichier météorologique de la zone de Blida.....	105
Figure 4.2: Choix du format.....	106
Figure 4.3: Choix du type de projet.....	107
Figure 4.4: Traçage du plan.....	107
Figure 4.5: Dimensionnement des zones.....	108
Figure 4.6: Fraction et orientation.....	108
Figure 4.7: Création du projet.....	109
Figure 4.8: projet final.....	109
Figure 4.9: paramétrage du projet.....	110
Figure 4.10: Introduction des caractéristiques des matériaux.....	110
Figure 4.11: Définir la structure des parois.....	112

Figure 4.12: Définir les types d'ouverture.....	112
Figure 4.13: Définir le taux d'infiltration.....	113
Figure 4.14: Définir le débit de ventilation.....	113
Figure 4.15: Définir la température de chauffage.....	114
Figure 4.16: Définir la température de climatisation.....	114
Figure 4.17: Définition des scénarios.....	115
Figure 4.20: Insertion des éléments constructifs.....	115
Figure 4.21: activation du chauffage.....	116
Figure 4.22: activation de climatisation.....	116
Figure 4.23: choix des outputs des différentes zones.....	116
Figure 4.24: simulation d'hiver (janvier) du modèle (A).....	120
Figure 4.25 : Simulation du l'été (juin-juillet) modèle (A).....	120
Figure 4.26: simulation d'hiver (janvier) du modèle (B).....	121
Figure 4.27 :Simulation du l'été (juin-juillet) modèle (B).....	122
Figure 4.28: simulation d'hiver (janvier) du modèle (C).....	122
Figure 4.29 : Simulation du l'été (juin-juillet) modèle (c).....	123
Figure 4.30: simulation d'hiver (janvier) du modèle (D).....	124
Figure 4.31 : Simulation du l'été (juin-juillet) modèle (D).....	124
Figure 4.32 :La consommation énergétique en hiver.....	128
Figure 4.33 :La consommation énergétique en été.....	129
Figure 4.34 : La consommation énergétique en hiver.....	129
Figure 4.35 : La consommation énergétique en été.....	130
Figure 4.36 :La consommation énergétique en hiver.....	130
Figure 4.37 :La consommation énergétique en été.....	131
Figure 4.38 :La consommation énergétique en hiver.....	131
Figure 4.39 :La consommation énergétique en été.....	132

Figure 4.40 : La comparaison entre les 4 cas à-propos La consommation énergétique en hiver.....132

Figure 4.41 :La comparaison entre les 4 cas à-propos La consommation énergétique en été.....132

Liste des tableaux ;

Tableau 2.1. La meilleure disposition des pièces d'une maison selon l'orientation.....70

Tableau 3.1: les données climatiques de la ville de Blida.....86

Tableau 4.1 : la conductivité thermique, la chaleur spécifiques, masse volumique des matériaux utilisé.....111

Tableau 4.2 : les temperatures max de chaque piece en hiver selon les différents orientations.....126

Tableau 4.3 : les temperatures max de chaque piece en été selon les différents orientations.....127

Tableau 4.4 les consommations énergétiques en été est en hiver selon chaque orientation.....134

SOMMAIRE :

RESUMÉ.

LISTE DES FIGURES.

NOMENCLATURE.

CHAPITRE INTRODUCTIF:

1. Introduction	02
2. problematique	04
3. hypothèses	05
4. objectifs	05
5. démarche méthodologique	05
6. structure du mémoire	06

CHAPITRE 1 *L'ENVELOPPE ARCHITECTURALE ET SON FONCTIONNEMENT:*

I. Introduction :	08
II. Définition de l'enveloppe architecturale :	08
III. L'aspect thermique dans le bâtiment :	12
1 Notion de confort thermique :	12
2 Comportement thermique des parois :	12
2.1 Les parois opaques :.....	12
2.2 Les parois transparentes :.....	12
3 Mode de transfert de chaleur dans le bâtiment:	13
3.1 La conduction thermique :.....	13
3.2 La convection thermique :.....	13
3.3 Le rayonnement :.....	14

III.	4 Les propriétés thermo-physiques de matériaux :	14
4.1	La conductivité thermique λ :	14
4.2	La résistance thermique R:	15
4.3	La capacité thermique pC:	15
4.4	Diffusivité thermique :	16
4.5	Effusivité thermique:	16
III.	5 L'effet thermique des matériaux de construction :	16
5.1	Pont thermique:	16
5.2	L'inertie thermique :	17
5.3	Compacité et facteur de forme :	17
5.4	Déperdition thermique de l'enveloppe :	18
III.	6 Classifications des façades et leurs caractéristiques :	19
6.1	Les fonctions de la façade :	19
6.1.1	Les critères du choix d'une façade :	21
6.2	Les typologies de façades :	22
6.2.1	Les façades porteuses :	22
6.2.2	Les façades non porteuses :	23
6.3	Classification des façades et leurs caractéristiques :	23
6.3.1	La façade selon la forme :	24
6.3.1.1	La façade géométrique droite :	24
6.3.1.2	La façade inclinée :	24
6.3.1.3	La façade organique :	24

6.3.1.4 La façade mixte :.....	24
6.3.2 La façade selon les matériaux :.....	25
6.3.2.1 La façade en pierre :.....	25
6.3.2.2 La façade en brique :.....	25
6.3.2.3 La façade en béton armé ou en bloc du béton :.....	25
6.3.2.4 La façade en bois :.....	26
6.3.2.5 La façade en verre :.....	26
6.3.2.6 La façade en métal :.....	26
6.3.2.7 La façade en textile :.....	27
6.3.2.8 La façade en plastique :.....	27
6.3.2.9 La façade mixte :.....	28
6.3.3 La façade selon la couleur, la texture et le type de la peinture :.....	29
6.3.4 La façade selon le type de l'enveloppe :.....	29
6.3.4.1 La façade simple peau ou monocouche :.....	29
6.3.4.2 La façade double peau ou multicouche :.....	29
6.3.5 La façade selon le principe de fonctionnement :.....	32
6.3.5.1 La façade standard simple :.....	33
6.3.5.2 La façade ventilée :.....	33
6.3.5.3 La façade respirante :.....	36
6.3.5.4 La façade végétalisée :.....	37
6.3.5.5 La façade photovoltaïque :.....	39

6.3.5.6 La façade adaptative :.....	40
IV. Conclusion :	41

CHAPITRE 2 L'EFFET DE L'ORIENTATION SUR LA CONSOMMATION ENERGETIQUE D'UN BATIMENT :

I. La consommation énergétique dans un bâtiment:	42
I. 1 Introduction :	43
I. 2 Définitions:	43
2.1 Energie :.....	43
2.2 L'énergie grise :.....	43
2.3 L'énergie primaire globale :.....	44
2.4 L'énergie primaire:.....	44
2.5 La consommation énergétique :.....	44
2.6 Le bilan de consommation énergétique:.....	45
2.7 La consommation conventionnelle d'énergie :.....	45
2.8 L'efficacité énergétique :.....	46
2.9 La performance énergétique :.....	46
I. 3 L'énergétique du bâtiment :	46
3.1 Le bâtiment et la consommation énergétique :.....	46
3.2 Naissance du concept énergétique du bâtiment :.....	46
I. 4 L'expérience algérienne dans le domaine de haute performance énergétique :	47
4.1 La consommation énergétique en Algérie :.....	47

4.2	La consommation énergétique par type d'énergie :.....	48
4.2.1	Produit pétrolière :.....	48
4.2.2	Gaz naturel :.....	48
4.2.3	Electricité :.....	48
4.3	La consommation énergétique par secteur d'activité :.....	49
4.3.1	Le secteur ménages et autre :.....	49
4.3.2	Le secteur du transport :.....	49
4.3.3	Secteur industriel :.....	49
4.4	Les problèmes énergétiques liés à la production des logements :.....	50
4.5	La haute performance énergétique :.....	50
4.5.1	Définition :.....	51
4.5.2	Les principales réglementations et labels :.....	51
4.5.2.1	La réglementation française :.....	51
4.5.2.2	Le label français de haute performance énergétique (HPE):.....	52
4.5.3	Classification des bâtiments à efficacité énergétique :.....	53
4.5.3.1	Bâtiment performant :.....	53
4.5.3.2	Bâtiment très performant :.....	53
4.5.3.3	Bâtiment zéro énergie :.....	53
4.5.3.4	Bâtiment à énergie positive :.....	54
4.5.4	La politique énergétique dans le secteur résidentiel en Algérie :	55
4.5.4.1	Les lois réglementaires :.....	55

4.5.4. 2. Les instruments de l'efficacité énergétique en Algérie :.....	57
4.5.4.2.1 L'Agence national pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie (APRUE) :.....	57
4.5.4.2.2. Fond National pour la Maîtrise de l'Energie (FNME) :.....	57
4.5.4.2.3. Programme national de maîtrise de l'énergie (PNME) :.....	58
4.5.4.2.4 Comité intersectoriel de maîtrise de l'énergie (CME):.....	58
4.5.5 Les programmes nationaux pour la maîtrise d'énergie :.....	59
4.5.5.1 Programme Eco-Lumière :.....	59
4.5.5.2 Programme Prop-Air :.....	59
4.5.5.3 Programme Top-industrie :.....	59
4.5.5.4 Programme Alsol:.....	60
4.5.5.5 Programme Eco-Bât :.....	60
4.6 Conclusion :.....	61
II. L'orientation d'un bâtiment :.....	62
1. Introduction :.....	62
2 . A la recherche de la propre définition d'une orientation :.....	62
2.1 L'orientation dans la conception architecturale :.....	62
3. Les facteurs déterminants de l'orientation :.....	63
3.1. Le site :.....	64
3.2. Le vent :.....	64
3.2.1 Les type des vents :.....	64
3.2.2 L'effet de l'environnement sur le vent:.....	64

3.2.3. Le vent à l'échelle urbaine :	65
3.2.3.1. Les obstacles du vent :	66
3.2.3.2 Le vent comme une source dans la conception architecturale:...	66
3.2.3.3 . Types de la ventilation:.....	67
3.3. L'ensoleillement :	68
3.3.1. La disposition spatiale :	69
II. 4 . Effet de l'orientation des façades par rapport au soleil :	71
4.1 Effet de l'orientation sur les températures de surfaces extérieure:...	71
4.2 Effets de l'orientation sur les températures intérieures :	71
4.3 Effet de l'orientation des façades par rapport au vent :	72
4.4 Effets de l'orientation des fenêtres sur les températures intérieures:	72
II. 5 L'ombrage :	73
5.1 Ombre urbaine :	74
II. 6. Conclusion :	75
III. L'état de l'Art :	76
1 Introduction :	76
2 les études qui ont été réalisées sur le thème de l'efficacité thermique des bâtiments :	
2.1 Impact de l'orientation sur la consommation énergétique dans le bâtiment.....	76
2.2 amélioration de la performance énergétique des habitations : la certification énergétique comme une stratégie durable.....	77
2.3 Étude et optimisation de la façade pour un confort thermique et une efficacité énergétique	78

III.	3 conclusion :	78
-------------	-----------------------------	----

CHAPITRE 3 L'ANALYSE DU CAS D'ETUDE ET LA METHODOLOGIE DE RECHERCHE:.....80

I.	Introduction :	80
-----------	-----------------------------	----

II.	Présentation de la ville de Blida :	80
------------	--	----

II.	1- Situation géographique.	80
------------	---	----

	2- L'analyse climatique de la région de Blida.....	81
--	---	----

	2. 1. Les données climatiques de la région de Blida.....	83
--	--	----

	2.2 Synthèse de l'analyse climatique.....	86
--	---	----

II.	3. Présentation du projet (80 Logements HPE à Blida)	87
------------	---	----

	3.1 Le plan de situation.....	87
--	-------------------------------	----

	3.2 Caractéristiques climatiques du site d'implantation.....	88
--	--	----

	3.3 Organisation des espaces intérieurs.....	89
--	--	----

	3.4 Caractéristiques constructives du projet.....	93
--	---	----

	3.5 Les solutions techniques énergétiques du projet.....	94
--	--	----

III.	méthodologie de la recherche :	100
-------------	---	-----

	1- Technique et méthode d'investigation.....	100
--	---	-----

	2- Présentation de la technique	100
--	--	-----

	2.1 A qu'est-ce qu'une STD ?.....	100
--	-----------------------------------	-----

	2.2 Les avantages de la STD	101
--	-----------------------------------	-----

	2.3 A quoi sert la STD	101
--	------------------------------	-----

	2.4 QUELQUES LOGICIEL DE LA STD	102
--	---------------------------------------	-----

2.5	Le logiciel de la simulation thermique TRNSYS	102
3-	Conclusion.....	103
CHAPITRE 4 LA SIMULATION THERMIQUE, ANALYSE ET INTERPRETATION		
DES RESULTATS :.....		
I.	Introduction	105
II.	Le déroulement de la simulation :.....	105
	1 Création d'un fichier météorologique :.....	105
	2- Intégration du model sous « TRNSYS studio ».....	106
	3- Définition des paramètres du model :.....	110
	3.1- Définition des murs.....	111
	3.2- Définition des fenêtres.....	112
	3.3- Définition des types d'infiltration.....	113
	3.4- Définition des types de ventilation.....	114
	3.5- Définition du type chauffage.....	114
	3.6- Définition du type de refroidissement.....	114
	3.7 Définition des scénarios.....	115
	4- Intégration des paramètres correspondant aux zones thermiques :115	
III.	Résultats et Discussion :.....	118
III.	Présentation des résultats de la simulation :.....	119
III.	1- Comparaisons des températures (intérieure, extérieure) des quatre orientations:119	
	1.1 Le premier cas (modèle A) : cas de base orienté vers le Nord.120	
	1.2 Le deuxième cas (modèle B) le logement est orienté vers le Nord-est :121	

1.3 Le troisième cas (modèle C) le logement est orienté vers l'est :.....	122
1.4 Le quatrième cas (modèle D) le logement est orienté vers l'ouest :.....	124
1.5 Synthèse:.....	125
2. La consommation énergétique :	128
III. 2. Comparaisons de la quantité d'énergie consommée (chauffage, climatisation) des quatre échantillons (orientations) :	128
2.1 Le premier cas (modèle A) : cas de base orienté vers le Nord :.....	128
3.2 Le deuxième cas (modèle B) le logement est orienté vers le Nord-est :.....	129
3.3 Le troisième cas (modèle C) le logement est orienté vers l'est :.....	130
3.4 Le quatrième cas (modèle D) le logement est orienté vers l'ouest :.....	131
3.5 La comparaison entre les quatre cas :.....	132
3.6 Tableau de synthèse :.....	134
IV. Conclusion générale:	135
Recommandations :.....	135

CHAPITRE INTRODUCTIF

I. INTRODUCTION :

Le contexte algérien connaît une crise aiguë en matière d'habitat, dont le confort thermique a souvent été négligé par les concepteurs. En quatre décennies d'indépendance, le souci de construire rapidement et en grande quantité 'Pour faire face à cette crise croissante du logement, on a dû trouver des solutions rapides et pas très coûteuses. Des modèles étrangers se sont généralisés sur tout le territoire algérien, inappropriés, au contexte culturel, social et climatique du pays'. Cette expérience est continue avec le programme quinquennal 2005-2009 qui prévoit un million de logements. Ce programme provoque aussi la question d'intégration climatique (où le même plan de masse a été répété à travers les cités algériennes), qui implique une consommation énergétique importante, due au recours aux équipements coûteux et gros consommateurs d'énergie pour pallier aux conditions d'inconfort que ces constructions engendraient.

Cette consommation est apparue clairement au niveau du bilan énergétique national de l'année 2005 (www.energy.gov.dz). Il montre que le secteur résidentiel et tertiaire consomme 52.3 % de la consommation finale, le secteur résidentiel et tertiaire a connu une augmentation de 6.4 % passant de 12.011 millions de TEP en 2004 à 12.776 millions de TEP en 2005 (www.energy.gov.dz). Cette énergie est utilisée pour différentes applications comme le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire, la climatisation, l'éclairage et tous les équipements utilisant de l'électricité. Cette situation exprime, que le domaine du bâtiment présente un véritable potentiel d'amélioration à la fois dans le domaine énergétique et environnemental (constitue un gisement d'économie d'énergie important).
www.energy.gov.dz)

Pour éviter de s'exposer aux différents problèmes (accès aux ressources, émissions de gaz à effet de serre, changement climatique), on doit commander une réflexion à propos de l'évolution de la situation énergétique du secteur du bâtiment, qui doit se préparer à modifier son rapport aux consommations énergétiques. Pour cela, l'Algérie met en oeuvre, dans le cadre du PNME2007-2011, un programme de réalisation de logements à haute performance énergétique (HPE), dénommé ECO-BAT. Ce programme est concédé comme une opération pilote, qui présente une opportunité de diffusion à l'échelle nationale des pratiques conceptuelles soucieuses en amont de la maîtrise des consommations d'énergie. Dans ce sens, une convention a été signée le 14 mai 2009 entre l'APRUE3 et 11 OPGI4, au siège du ministère de l'Habitat et de l'Urbanisme, définissant les conditions et les modalités

d'intégration des mesures d'efficacité au niveau des 600 logements pilotes répartis sur onze wilayas : **Laghouat, Béchar, Blida, Tamanrasset, Alger (Hussein Dey), Djelfa, Sétif, Skikda, Mostaganem, Oran et El Oued. (www.aprue.org.dz)**

La réalisation de logements à haute performance énergétique permettra, selon le ministre de l'Habitat, de réduire la consommation d'énergie des ménages de près de 40%. Ce projet pilote, a ajouté le ministre de tutelle, s'inscrit dans le cadre de la politique nationale de promotion et de développement de l'énergie et a donné lieu à la préparation d'un cahier des charges prenant en compte les caractéristiques énergétiques des constructions. De son côté, le ministre de l'Energie et des Mines, a indiqué que 'le choix de ces wilayas tend à cibler l'ensemble des zones climatiques du pays, afin de réaliser des variantes de logements bioclimatiques en fonction des conditions climatiques de chaque région'. Le ministre a précisé que ce programme engageant les deux secteurs : de l'Habitat et de l'Energie, à travers l'APRUE et les OPGI, qui 'vise à encourager des stratégies conceptuelles passives d'économie d'énergie pour l'habitat'. Ce programme permet, 'l'intégration de l'efficacité énergétique dans le secteur du bâtiment avec pour objectif d'améliorer le confort intérieur des logements, tout en utilisant moins d'énergie.

Réellement, c'est un programme ambitieux qui vise l'amélioration de la qualité du logement collectif en Algérie sur le plan confort thermique et efficacité énergétique.

Notre recherche ne prend en compte que le cas de la zone climatique de type B (zonage d'hiver) et de type B (zonage d'été) avec un hiver froid et pluvieux et un été chaud et humide, vu que ces bâtiments résidentiels construits en tel climat (surtout en périodes de grandes chaleurs en été) sont confrontés à des problèmes d'inconfort liés au phénomène de surchauffe, d'exposition des façades aux radiations solaires intenses et de consommation irrationnelle d'électricité pour la climatisation, afin d'atteindre le confort thermique agréable.

En conséquence, on a signalé, souvent, les coupures d'électricité (Délestage d'électricité) en période estivale.

Notre contribution réside dans l'amélioration du confort des logements en Algérie toute en assurant leur performance énergétique.

L'objectif du présent travail est d'effectuer une *certification énergétique des bâtiments résidentiels* pour aborder une démarche de certification afin de mettre en lumière leur qualité

énergétique. Parmi les travaux observés, la plupart sont examinés des paramètres d'améliorer la performance énergétique des bâtiments. Nous développerons, dans ce chapitre, le contexte de la certification énergétique du bâtiment, puis nous devons analyser les critères énergétiques et leur champ d'application, afin de mener une approche comparative des différentes certifications et des labels, choisis dans le domaine énergétique.

II. PROBLEMATIQUE :

La problématique est sans doute l'évaluation de la performance énergétique du cadre bâti, et plutôt leur élaboration pour réaliser des rénovations performantes. Le problème principal ici est l'inconfort des habitations.

Pour atteindre notre objectif, il est nécessaire d'une étude pluridisciplinaire et multicritères du comportement énergétique du parc résidentiel, la question de départ qui se pose est :

- Comment améliorer le cadre bâti des bâtiments résidentiels existants ou neufs, toute en minimisant la consommation d'énergie et assurer un confort ?
- Quelles sont les conditions requises pour une certification énergétique, sur les plans énergétiques, environnementaux et économiques?
- Quels sont les outils nécessaires tout au long du processus d'amélioration énergétique?

Le secteur de bâtiment doit être en mesure de réduire les défais environnementaux grâce à ses possibilités d'évolution importantes. En Algérie, le secteur résidentiel consomme 6 millions de tep¹ en 2005 (www.energy.gov.dz). Aujourd'hui, notre souci ne se focalise pas de comment réduire la consommation d'électricité seulement. Mais aussi d'arriver aux bâtiments économes et durables.

Le présent travail de recherche tente d'évaluer une stratégie basée sur la Haute Performance énergétique (HPE) pour assurer le confort thermique en minimisant la consommation énergétique dans l'habitat.

Donc, comment aborder la haute performance énergétique dans l'habitat et quels sont les stratégies conceptuelles pour assurer le confort thermique ?

III. LES HYPOTHESES :

À partir des nombreuses études faites sur les anciennes villes telles que les villes romaines, grecques,... La construction d'une ville au passé passe par la notion de l'orientation solaire pour faciliter la pénétration des vents à l'intérieur de la ville. Aussi, de bénéficier des apports solaires soit en séchage ou en chauffage. En Iran, quand on parle d'une orientation, on symbolise à la direction des vents dominants et la trajectoire solaire. L'orientation est un principe majeur pour fonder les villes et insérer les maisons. Ce principe est de but de se protéger des vents dominants et de créer un microclimat à l'intérieur de la ville par la construction des clôtures élevées.

Dans un essai de répondre aux problèmes cités précédemment, la présente étude propose l'hypothèse suivante :

Il semble que les caractéristiques de l'enveloppe du bâtiment et leur orientation sont des indices majeurs sur la consommation énergétique

IV. Objectifs de la recherche :

Ce premier chapitre vise à poser le cadre précis de cette recherche. Pour cela, ses objectifs sont les suivants :

- Nous ciblerons la typologie d'habitat collectif (résidentiel), prendre comme cas d'étude le HPE OPGI de Blida.
- Évaluer les caractéristiques de l'enveloppe du bâtiment, tout en essayant d'améliorer le confort thermique dans les résidences.
- Estimer et calculer les consommations globales en énergie « en été et hiver »
- Étudier l'impact d'orientation sur la consommation énergétique.
- Élaborer des synthèses et des recommandations en basant sur les avantages et les inconvénients de cas d'étude.

V. Démarche méthodologique

Cette recherche consiste à atteindre l'objectif principal qui consiste à développer une certification énergétique visant à déterminer un modèle pouvant être optimal. Le critère objectif d'optimisation dépend du cas d'application. L'étude prend en considération le confort thermique intérieur et la quantité d'énergie consommée suivant deux critères : **l'orientation, l'enveloppe architecturale.**

L'étude s'est échelonnée selon deux phases principales. **Dans la première phase**, un soubassement théorique a été élaboré celui-ci relève l'état des savoirs et de connaissances sur

le sujet et sert de levier à la recherche, il s'agissait, précisément, de définir les différents concepts et notions clés liés à la caractérisation de l'enveloppe architecturale dans le contexte climatique méditerranéen chaud.

La deuxième phase est analytique, elle basée sur deux approches ; la première est une approche **qualitative** consiste à étudier le confort thermique des échantillons. Cette partie de l'analyse a permis de relever les caractéristiques de l'enveloppe, la deuxième approche **quantitative** consiste à étudier la consommation énergétique en été comme en hiver, ensuite étudier l'effet de l'orientation, l'enveloppe architecturale, Une simulation thermique a été effectuée à l'aide de logiciel TRNSYS STUDIO afin d'optimiser les attributs matériels de l'enveloppe selon différents critères dans cette dernière partie de recherche.

VI. Structure du mémoire

Notre travail s'articule autour de cinq principaux chapitres :

Chapitre introductif - Introduction

Ce chapitre est une entrée en matière et une sensibilisation à la thématique générale du master « Architecture et environnement », suivie de la formulation de la problématique générale, d'un énoncé des hypothèses de recherche et des objectifs ou pistes à pourvoir.

Chapitre 1 – l'enveloppe architecturale :

S'intéresse aux différentes composantes de l'enveloppe d'un bâtiment résidentiel et leurs caractéristiques. Il présente le comportement thermique des éléments constructifs et met en exergue leur impact sur le confort thermique. Les différents paramètres influant sur la conception de l'enveloppe architecturale dans un climat méditerranéen sont également définis.

Chapitre 2 – l'effet de l'orientation sur la consommation énergétique d'un bâtiment :

Le deuxième chapitre traitera : la consommation énergétique dans le bâtiment, l'orientation d'un bâtiment, l'état de l'art.

Chapitre 3 – L'analyse du cas d'étude et la méthodologie de recherche:

il s'agit de présenter le cas d'étude et la méthodologie de recherche.

Chapitre 4 – la simulation et l'interprétation des résultats: il s'agit de ;

- Description du protocole de la simulation.
- Le déroulement de la simulation.
- Présenter les résultats de la simulation.

Chapitre 5 : la conclusion générale

***CHAPITRE 1 :
L'ENVELOPPE
ARCHITECTURALE ET
SON FONCTIONNEMENT***

I. Introduction :

L'enveloppe architecturale d'un bâtiment est l'élément constructif qui sépare le volume intérieur de l'environnement extérieur .de fait les caractéristiques matérielles de cet élément influent sur les échanges de chaleur qui se produisent à son niveau , et à leur tour , ces échanges affectent les besoins de chauffage et de rafraîchissement du bâtiment .l'enveloppe correspond , donc , aux faces de bâtiment, en contact avec les diverses sollicitations climatiques extérieur : la façade représente plus de 70 % de la surface exposée. Le but principal d'une enveloppe performante est de réduire la transmission la chaleur a l'intérieur en été et de limiter les déperditions calorifique en hiver.

A travers ce chapitre, il sera question de définir les caractéristiques matérielles et formelles de l'enveloppe architecturale puis de présenter les différentes propriétés thermo-physique des matériaux de construction qui constituent cet élément .le mode de transfert de la chaleur a travers les parois opaques (conduction. Convection .rayonnement) sera également traité .le chapitre inclut aussi un rappel des différents effets thermiques des matériaux de construction de l'enveloppe (pont thermique, l'inertie thermique, déphasage.....etc) sur la performance thermique du bâtiment.

II. Définition de l'enveloppe architecturale :

L'enveloppe d'un bâtiment est l'ensemble des parois verticales et horizontales ou inclinées, séparant le volume protégé du bâtiment contre les conditions extérieures défavorables.

L'enveloppe d'un bâtiment est définie par les dictionnaires comme étant la pièce qui protège une pièce de l'extérieur .elle porte plusieurs définitions selon le domaine d'application concerné (**herant ,2004**) ainsi, elle est l'interface d'un bâtiment, la zone de liaison, l'espace de transition entre les différents milieux.il est difficile de la définir car chaque domaine lui donne sa propre définition. L'enveloppe du bâtiment se présente selon différents aspects (**latreche sihem 2019**):



Figure 1.1 : Définition de l'enveloppe selon différents acteurs

(Source : Herant, 2004 - adaptée par khadraoui mohamed, 2019)

- Pour le thermicien. c'est une zone de transition entre une ambiance intérieure et un environnement extérieur.
- Pour l'architecte. C'est une surface de contact entre le bâtiment et l'urbanisme.
- Pour l'ingénieur .c'est le point de liaison entre des composants passifs et des systèmes actifs.
- Pour le chef de projet c'est l'objet sur lequel il va coordonner les interventions de différents corps de métier
- Pour le législateur. C'est un des éléments caractéristique du bâtiment pour lequel il cherchera à rapprocher le plus possible les technologies performantes disponibles et des exigences réglementaires généralisables.
- Pour l'occupant enfin. Ces parois qui l'entourent sont des éléments de confort thermique et visuel et constituent un facteur d'esthétique de son bâtiment.

Enfin l'enveloppe du bâtiment est un lieu de jonction entre des facteurs multiples. Elle est faite de façades. Toiture et tous les éléments qui apparaissent à l'extérieur du bâtiment : la face extérieure d'un bâtiment ou ensemble des faces que l'on voit globalement de l'extérieur .l'enveloppe joue un rôle très important dans le bâtiment pour assurer l'intimité aux occupants et pour créer un climat sain et confortable dans le but de minimiser la consommation énergétique.

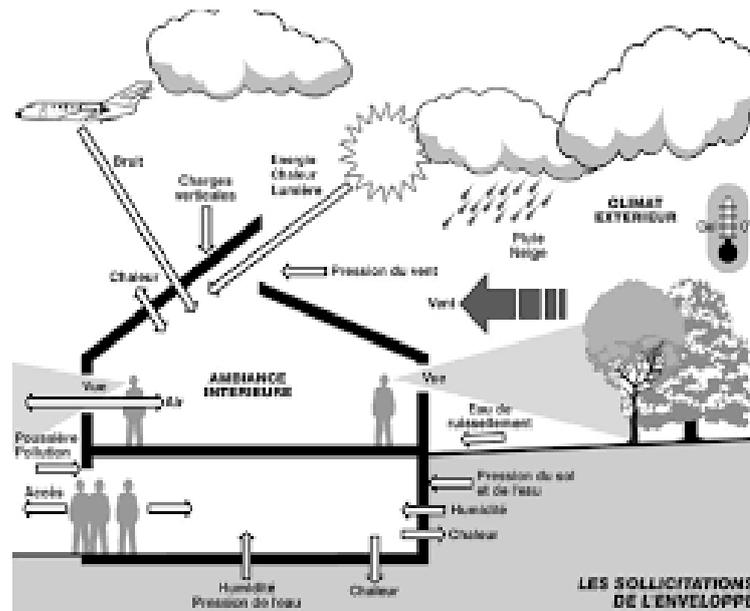


Figure 1.2 : l'enveloppe extérieure subit de nombreuses agressions du climat local et de l'environnement (source thèse : **latreche sihem 2019**).

L'enveloppe du bâtiment se compose de pleins et de vides. De vitrages .des protections solairesetc. ces éléments ont un contact direct avec le rayonnement solaire de l'extérieur. A l'intérieur .ils assurent un éclairage .une vue et parfois provoquent un éblouissement. En outre .grâce à ses comparants .l'enveloppe doit faire face à la température de l'aire extérieur : la raison d'installation d'une isolation thermique .des fenêtres et des protections solaires. Il est possible aussi de placer des masses d'accumulation pour assurer une température ambiante à l'intérieur du local par temps froid.

Pour sa part la façade du bâtiment est responsable e la qualité de l'aire à l'intérieur de la pièce par l'aération à partir de la fenêtre et les appareils qui lui sont intégrés. Elle assure .également . Une protection phonique et une autre de convection due respectivement a des sources phoniques et des vents .ceci est .notamment relevé par **oral et al(2004)** qui précisent que les fonctions principales de l'enveloppe du bâtiment en ce qui concerne les facteurs environnementaux physiques (chaleur .lumière .son) sont conçues pour assurer :

- le confort thermique en contrôlant l'influence des éléments climatiques.
- le confort lumineux en contrôlant la lumière naturelle.
- le confort acoustique en réduisant le bruit à un niveau acceptable.

Le schéma ci-dessous explique à quoi une façade doit faire face

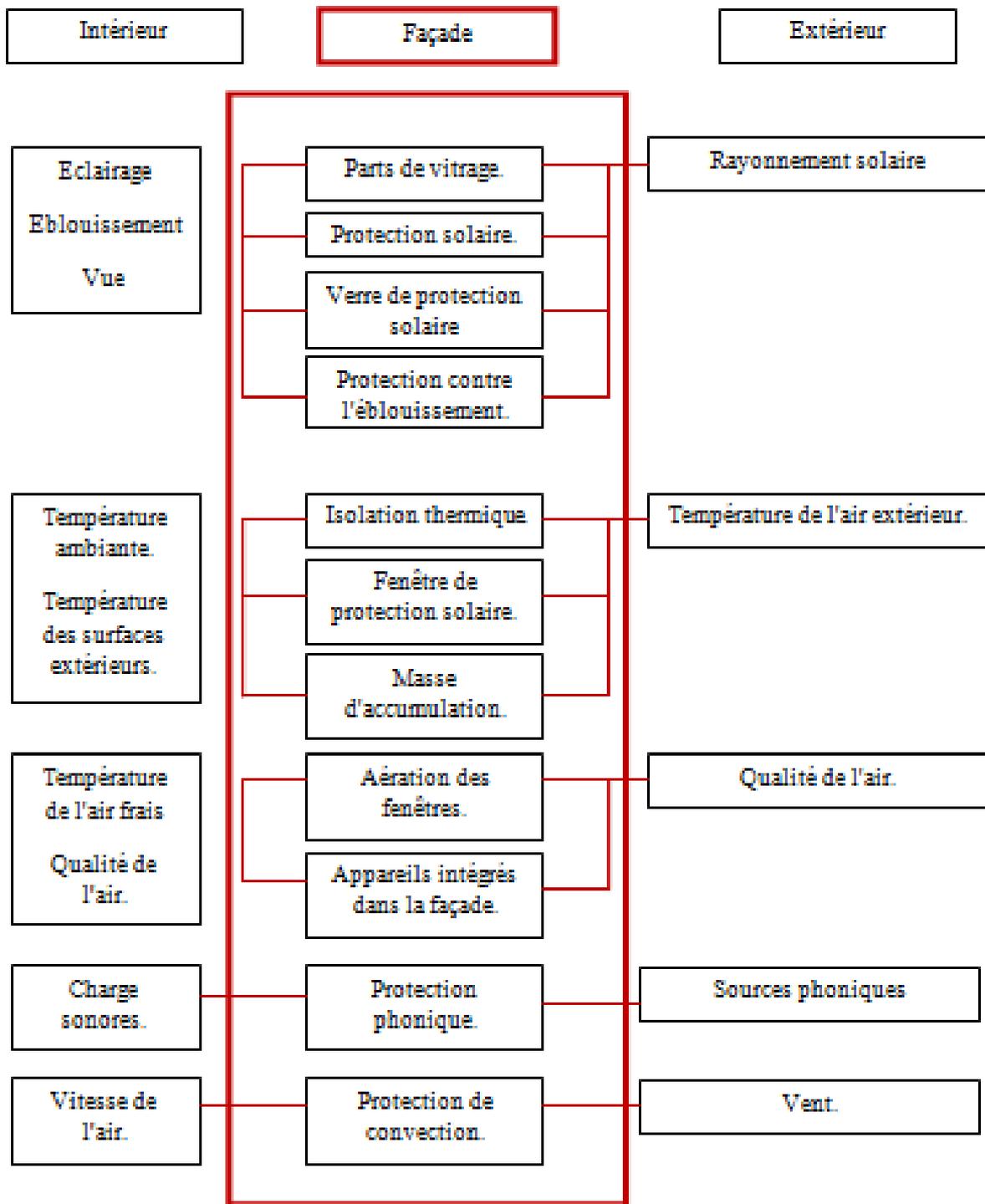


Figure 1.3: les exigences et fonctions d'une enveloppe (source **benhara 2016**).

III. L'aspect thermique dans le bâtiment :

III.1 Notion de confort thermique :

La notion de confort thermique désigne des interactions entre l'occupant et son environnement. et exprime aussi un état de satisfaction du corps vis-à-vis de l'environnement thermique. Plusieurs définitions sont données pour définir le confort thermique.

Liébard et de herde (2005) ont définis le confort thermique comme étant la condition dans laquelle aucune contrainte significative n'est imposées aux mécanismes thermorégulateurs du corps humain .ce qui permet l'obtention de conditions optimales pour tous les systèmes fonctionnels de l'organisme ainsi qu'un haut niveau de capacité de travail.

Selon **barkouk (2017)** l'état de confort de l'habitat envers l'environnement thermique dépend de l'interaction entre de multiples facteurs physique .physiologique et psychologique. De toutes ces définitions .retiendra que la notion de confort est relativement subjective et difficile à cerner du fait que c'est une caractéristique intimement liée à la complexité de l'être humain.

III.2 Comportement thermique des parois :

Connaitre le comportement thermique des matériaux de construction qui constitue l'enveloppe est nécessaire pour assurer le confort thermique des bâtiments. En effet .lorsque l'enveloppe extérieure du bâtiment est soumise aux variations climatiques. Les parois. Selon leurs composantes matérielles .sont la première protection du volume intérieur contre la chaleur et le froid .il y a deux types de parois-opaques et transparentes qui permettent de transmettre la chaleur de l'extérieur vers l'intérieur.

2.1 Les parois opaques :

La quantité d'énergie transmis par les parois opaques est relativement importante. En outre .elle est fonction de l'orientation .lorsque des parois opaques séparent deux ambiances intérieures et extérieurs de température différentes. Il se produit un flux de chaleur entre les deux ambiances (de la plus chaude vers la plus froide) par conséquent. Les surfaces doivent être traitées contre les déperditions de chaleur en hiver et contre le gain de chaleur en été.

2.2 Les parois transparentes :

Les ouvertures joué un rôle très important dans la création de confort thermique a l'intérieur de bâtiments selon leur taille et orientation. Les surfaces vitrées se caractérisent par une résistance thermique faible et une transmission totale vis-à-vis des rayonnements solaire .

ce qui conduit à des surchauffes en été et des refroidissements en hiver. Selon **mazari (2012)**, le type de vitrage influe sur la transmission des rayonnements solaires selon les caractéristiques suivantes :

-les vitrages clairs sont connus pour leur haute capacité à laisser pénétrer la lumière et le rayonnement solaire.

- les vitrages absorbants sont teintés et permettent au verre de diminuer la fraction transmise du rayonnement solaire au profit de la fraction absorbée ils réduisent sensiblement la lumière et l'énergie transmise.

- les vitrages réfléchissants sont caractérisés par présence d'une très fine couche métallique réfléchissante et transparente. Qui accroît la part du rayonnement solaire réfléchi et diminue donc la fraction transmise. Ils sont surtout utilisés dans les bâtiments tertiaires. Leur objectif est de limiter l'éblouissement et les surchauffes en été.

III. 3 Mode de transfert de chaleur dans le bâtiment:

Le transfert de chaleur dans un bâtiment s'effectue entre deux espaces de température différente : le déplacement de chaleur passe du milieu chaud vers celui froid. Ce déplacement est à la base de quatre modes d'échange thermique : la conduction. La convection. Le rayonnement et l'évaporation.

3.1 La conduction thermique :

La conduction thermique est un mode de transmission de chaleur à travers les parois opaques. Le déplacement d'énergie s'effectue sous forme d'ondes et à l'intérieur d'un même matériau (objet solide). Ce déplacement s'opère dans un temps qui est propre au matériau et qui est indiqué par sa Conductivité thermique. L'inverse de la conductivité est la résistance thermique d'un corps.

3.2 La convection thermique :

La convection est un phénomène se produisant entre une différence de température (fluide d'air) et une surface de paroi ou un corps en contact avec lui. Sans déplacement de matière. Le fluide et la surface de paroi échangent de la chaleur de telle sorte qu'une densité de flux est transmise dans le sens de la plus haute température vers la plus basse et dépend aussi de la vitesse de l'air. (**latreche sihem 2019**)

3.3 Le rayonnement :

Le transfert de chaleur par rayonnement dépend des caractéristiques de la surface des parois et celle de l'environnement qui lui fait face. Ainsi il s'agit d'un mode d'échange de chaleur à distance entre deux corps par ondes électromagnétiques. Le flux radiatif échangé par le corps correspond à la différence entre le rayonnement émis par celui-ci et le rayonnement reçu de son environnement (parois) si le rayonnement reçu par le corps est supérieur à sa propre émission, le corps se réchauffe. Il se refroidit dans le cas inverse. En effet, une paroi froide absorbe la chaleur du corps. Alors qu'un mur exposé au soleil toute la journée transmet sa chaleur le soir sans même le toucher.

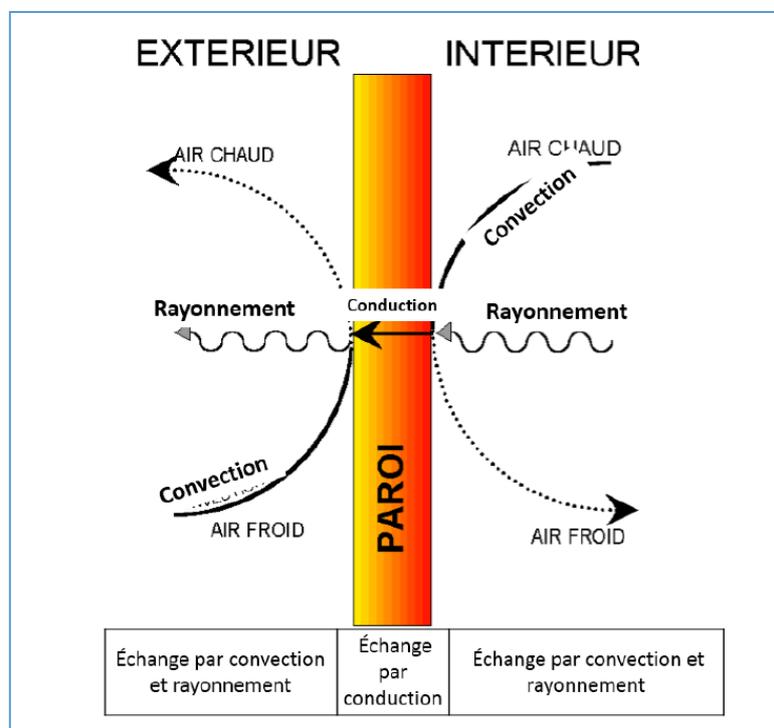


Figure 1.4 : mode de transfert de chaleur à travers une paroi (source latreche sihem 2016)

III. 4 Les propriétés thermo-physiques de matériaux :

Les matériaux se caractérisent par des performances thermiques particulières tenant à leur structure et à leur masse qui leur permettent de gérer différemment les apports calorifiques. Les caractéristiques thermiques de matériaux de construction seront prises en compte dans la conception de enveloppes de bâtiments.

4.1 La conductivité thermique λ :

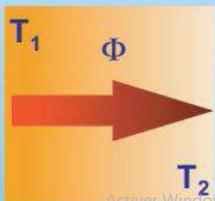
La conductivité thermique est la propriété qu'ont les matériaux de transmettre la chaleur par conduction. Symbolisée par le coefficient lambda.

Elle est exprimée en watt par mètre Celsius ($W/m^{\circ}C$) **plus λ est grand. Plus le matériau est conducteur de chaleur. Plus λ est petit .plus le matériau est isolant thermiquement.**

La figure ci- dessous montre les valeurs de la conductivité thermique pour quelques matériaux du bâtiment.

	sec	hum.	
Matériaux isolants	0,028		polyuréthane
	0,040		laine minérale, liège
	0,058		vermiculite
	0,065		perlite
Bois et dérivés	0,17	0,19	feuillus durs
	0,12	0,13	résineux
Maçonneries	0,27	0,41	briques 700-1 000 kg/m^3
	0,54	0,75	briques 1 000-1 600 kg/m^3
	0,90	1,1	briques 1 600-2 100 kg/m^3
Verre	1,0	1,0	
Béton armé	1,7	2,2	
Pierres naturelles	1,40	1,69	tuft, pierre tendre
	2,91	3,49	granit, marbres
Métaux		45	acier
		203	aluminium
		384	cuiivre

Conductivité thermique λ des matériaux en $W/m.K$



T_1 Φ T_2

Figure 1.5 : les valeurs de la conductivité thermique pour quelques matériaux (source latereche sihem)

4.2 La résistance thermique R:

La résistance thermique R est l'inverse de la de conductivité thermique du matériau .la résistance thermique mesure combien un matériau « résiste » a la perte de chaleur **plus R est grande .plus le matériau est isolant** .la résistance thermique d'un matériau dépend de son épaisseur et aussi de sa conductivité thermique $R= e /$

R= résistance thermique exprimée en $m^2.k/w$

e= épaisseur du matériau exprimée en mètre m^2

λ = lambda en $W/(m.k)$

4.3 La capacité thermique pC:

La capacité thermique d'un matériau désigne son aptitude à stoker de la chaleur symbolisé pC Elle est exprimée en watt heure par mètre cube kelvin ($Wh/m1.k$). Plus la capacité thermique d'un matériau est grande .plus ce matériau sera capable d'emmagasiner et de restituer de la chaleur en hiver. Ou une fraîcheur en été .elle dépend de trois paramètres qui sont la

conductivité thermique du matériau .la chaleur spécifique du matériau et la densité ou masse volumique du matériau elle s'exprime en Wh/m³.K

Plus la capacité thermique est élevée. Plus le matériau stocke de la chaleur .en général .les matériaux les plus denses offrent une plus grande capacité thermique faible : l'essentiel est alors de trouver le bon compromis entre pouvoir isolant et inertie.

4.4 Diffusivité thermique :

La diffusivité thermique exprime la capacité d'un matériau à transmettre (rapidement) une variation de température c'est la vitesse à laquelle la chaleur se propage par conduction dans un corps .elle s'exprime en m²/heure .plus la diffusivité est élevée .plus le matériau s'échauffe et se refroidit rapidement et l'inverse plus la diffusivité est faible .plus le front de chaleur mettra du temps à traverser l'épaisseur du matériau et donc plus le temps entre le moment où la chaleur parvient sur une face d'un mur et le moment où elle atteindra l'autre face est importante .on parle également de déphasage qui est un paramètre essentiel dans l'amélioration du confort d'été d'une habitation.

4.5 Effusivité thermique:

A la différence de la diffusivité thermique qui décrit la rapidité d'un déplacement des calories à travers la masse d'un matériau .l'effusivité décrit la rapidité avec laquelle un matériau absorbe les calories .elle s'exprime en W.S /m².c° .plus l'effusivité est grande .plus la chaleur interne à la pièce sera absorbée rapidement par le mur et donc .plus l'élévation de température dans le local sera limitée .dans la conception d'une paroi .ce paramètre permet de choisir la qualité du revêtement en fonction du climat et la fonction de la pièce. Donc .l'effusivité thermique d'un matériau caractérise sa capacité à échanger de l'énergie thermique avec son environnement.

III. 5 L'effet thermique des matériaux de construction :

5.1 Pont thermique:

Les ponts thermiques sont les parties de l'enveloppe d'un bâtiment où la résistance thermique est affaiblie de façon sensible .outre les problèmes de tassement des isolants ou de faiblesses dues à une mauvaise pose .les ponts thermiques se retrouvent généralement à la jonction de différentes parois : entre deux façades entre deux murs et dalle. A l'entourage des menuiseries extérieuresetc

Liebard et de herde (2005) considèrent les ponts thermiques comme des défauts dans la conception et ou dans la réalisation de l'enveloppe isolante. et sont responsables de problèmes d'inconfort .de consommation supplémentaires et de dégradations éventuelles dans la construction. Ainsi .le pont thermique est une rupture totale ou partielle de l'isolation. Dans cet endroit de la construction le flux de chaleur y est particulièrement dense : il n'est plus perpendiculaire à la surface des murs (flux surfacique) mais concentré.

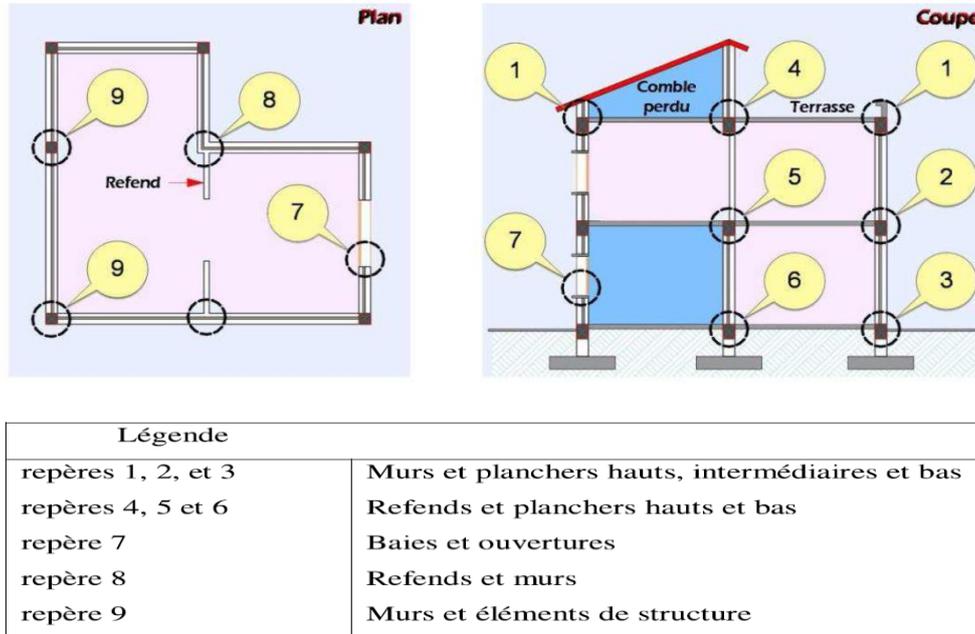


Figure1.6 : position des principaux ponts thermiques (source latreche siheme2019)

5.2 L'inertie thermique :

D'après courgey et al (2007) l'inertie thermique d'un bâtiment ou d'une paroi représente son aptitude à stocker de la chaleur. Pour un bâtiment elle s'exprime généralement par l'appartenance à une classe d'inertie (de très faible a très forte) : plus l'inertie est forte . Plus la paroi (ou le bâtiment) est capable de stocker de la chaleur ou de restituer une fraîcheur. Elle s'exprime en (Wh/m².K).

L'inertie d'un bâtiment dépend .notamment . De la capacité thermique Qs des matériaux qui le composent et de leur résistance R .la masse des matériaux permet de maintenir la fraîcheur le jour en été et de restituer de la chaleur la nuit en hiver .le retard des variations internes par rapport aux variations externes es appelé déphasage et s'exprime en heurs.

5.3 Compacité et facteur de forme :

La superficie de l'enveloppe d'un bâtiment est un facteur important dans ses échanges avec l'environnement .la compacité est un critère important pour réduire la consommation

énergétique et assurer le confort thermique lorsque les déperditions thermiques du logement se font par renouvellement d'air et à travers l'enveloppe .la compacité est mesurée par un coefficient de forme (Cf) qui est le rapport entre la surface de l'enveloppe S en m² et le volume habitable Vh en M3 : $C_f = S / V_h$.selon **zeroual (2006)** la forme , la géométrie et les démentions du bâtiment ont un impact important sur sa performance thermique.

D'après **liebard et de herde (2005)** plusieurs facteurs sont pris en considération lors de l'évaluation thermique d'un bâtiment .ce qui fait de la compacité un critère intéressant mais difficile à appliquer. On peut à partir d'une analyse géométrique .comparer la variation de la compacité par rapport à la forme. La taille et la proximité d'autres volumes.

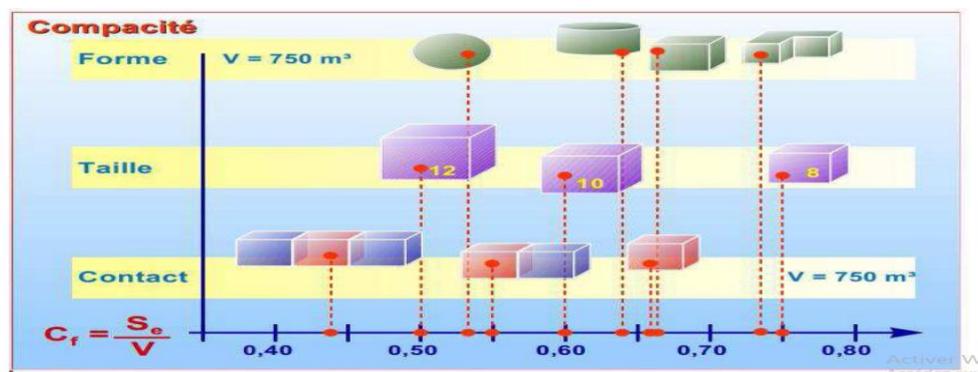


Figure 1.7 : la compacité varie suivant la forme. La taille et le mode de contact des volumes construits .(source **latreche sihem2019**)

Les formes les plus compactes sont les formes sphériques qui ont un faible Cf .ainsi définie .une augmentation de la taille entraîne automatiquement un faible Cf .et donc une forme plus compacte également le mode de contact entre volumes influence également la compacité pour le même volume .on remarque que pour le cas des murs mitoyens sont disposés entre deux espaces chauffés et ne seront pas considérés comme des surfaces déprédatives.

5.4 Déperdition thermique de l'enveloppe :

Généralement toutes les surfaces de l'enveloppe d'un bâtiment représentent des points de dissipations thermiques. Les déperditions de chaleur varient .selon leur configuration et leur niveau d'isolation .d'après ben houhou 2012 estime le pourcentage de perte de la chaleur au niveau de chaque élément de l'enveloppe comme suite : le toit 30 %, les fenêtres 13 %,les murs 25 %,le sol 7 %, les ponts thermiques 5 %,et le renouvellement d'a.i 20 %, les déperditions thermiques les plus importantes sont localisées au niveau de la toiture et les murs .ces endroits sont à isoler en priorité.



Figure 1.8 Les déperditions thermiques dans le bâtiment . source (latreche sihem 2019).

Selon **liéobard et de herd 2005** les déperditions thermiques sont dues aux infiltration d'air à travers l'enveloppe .causées par des défauts de conception et de réalisation .ces derniers sont considérés comme la première source de refroidissement (en hiver) des bâtiments pour lutter contre ces pertes de chaleur .la seule solution disponible est l'isolation thermique des parois opaques et transparentes.

III. 5 Classifications des façades et leurs caractéristiques :

5.1 Les fonctions de la façade :

La façade est une composante essentielle dans le bâtiment, elle a plusieurs fonctions de natures dissemblables. Selon **Chabi (2012)**, les fonctions de la façade sont regroupées en quatre fonctions, la fonction protectrice, structurelle, transitaire et visuelle (ou esthétique). Dans la même perspective et pour plus de détails, **Bucchianeri (2012)** a déterminé sept grandes fonctions de la façade.

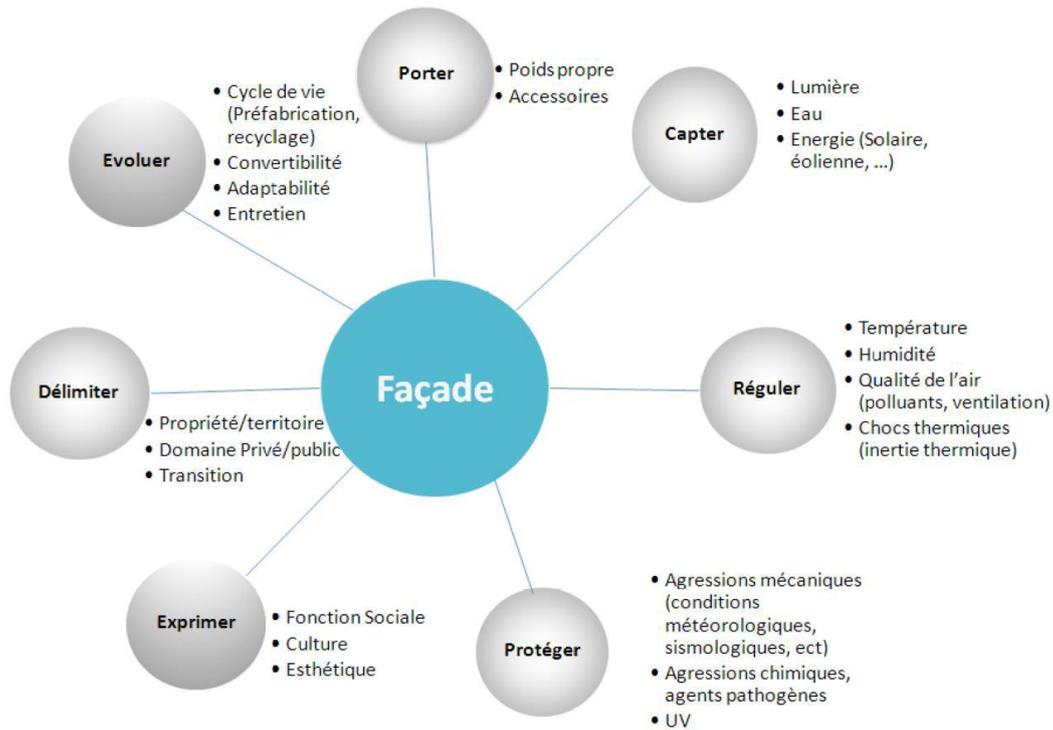


Figure 1.9 : Les fonctions de la façade .(Source : khedraoui 2019)

Bucchianeri (2012) et Arantes (2013) ont classifié ses sept fonctions en catégorie de nature mécanique, énergétique, architecturales et sociales comme suit :

➤ **Délimiter et exprimer:**

Ces deux fonctions regroupent l’aspect architectural et social car la délimitation de la propriété engendre l’expression de l’esthétique et de la culture (et parfois la symbolique) ;

➤ **Porter et évoluer:**

Cette catégorie regroupe la fonction structurelle porteuse (mécanique) de la façade « porter » et la fonction temporelle relative aux changements avec le temps et le cycle de vie de la façade « évoluer » ;

➤ **Réguler, protéger et capter:**

Ces trois catégories sont liées principalement à la fonction thermique et énergétique de la façade à travers la régulation de la qualité des ambiances (température, humidité, la qualité de l’air, etc.), la protection des occupants contre les éléments agressifs et le captage des apports solaires.

Quelle que soit la nature ou la catégorie de la fonction, l'objectif primordial de la façade est d'assurer aux occupants des ambiances confortables. Dans cette optique, **O'Shaughnessy (2013)** voit que les principales fonctions de la façade du point de vue techniques porte sur :

- La protection contre les intempéries (pluie, neige, etc.) ;
- La réduction des pertes et des gains de chaleur ;
- La réduction des infiltrations et des exfiltrations d'air ;
- La réduction des transferts de la vapeur d'eau (d'humidité) afin d'éviter les problèmes de condensation et les moisissures ;
- La contribution à la solidité du bâtiment (protection de la structure) ;
- La diminution du passage des bruits ;
- Le contrôle de la pénétration de la lumière naturelle.

5.1.1 Les critères du choix d'une façade :

Le choix d'une façade est une décision très importante voire déterminante dans le processus de la conception architecturale. Dans cette perspective, **Hall (2010)** voit que le concepteur est confronté à plusieurs questions lors de la conception de la façade, ces questions relatives à la performance, à la rentabilité et aux impacts des choix conceptuels.

Généralement, le choix d'une façade dépend de plusieurs critères de natures différentes. Ces critères touchent l'aspect climatique, architectural, urbain et technique sous forme d'une Boucle afin de concevoir une façade adéquate.



Figure1.10 : Les critères du choix d'une façade. (Source : **khadraoui 2019**)

L'aspect le plus important est l'aspect climatique (température, humidité, Pluie, etc.), il est nécessaire de prendre en compte les spécificités climatiques de la région lors du choix de la façade. L'aspect architectural englobe le côté conceptuel, esthétique et symbolique de la façade.

Concernant l'aspect urbain, il représente la relation entre la façade du bâtiment et le contexte urbain (hauteurs, orientation, obstacles, style, couleurs, textures, etc.). Finalement l'aspect technique porte sur la faisabilité et la manière de la réalisation dans la réalité.

5.2 Les typologies de façades :

D'une manière générale, deux typologies de façades sont existantes du point de vue structurel, la façade porteuse (ou lourde) et la façade non porteuse (légère).

5.2.1 Les façades porteuses :

Les façades porteuses ou lourdes sont des composants qui participent à la fonction structurale et à la stabilité du bâtiment, elles portent les charges des toitures et des planchers (**Certu, 2003**). La figure 1.11 présente des exemples des façades porteuses. **khedraoui, 2019**

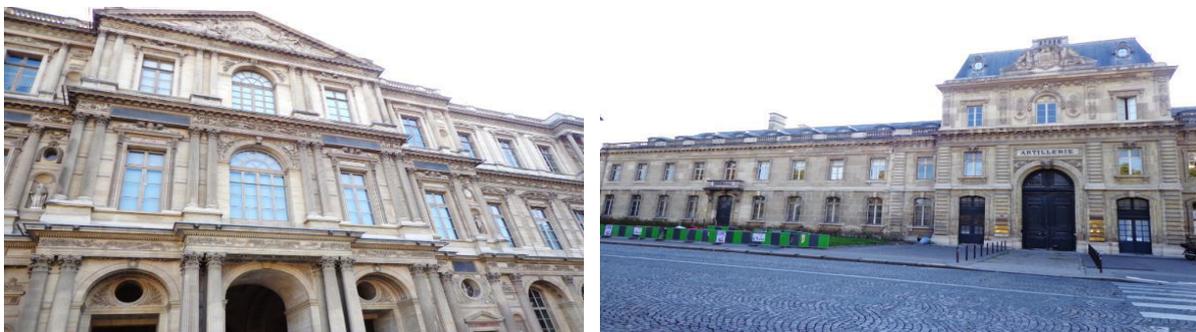


Figure1.11: Exemples de façades porteuses (Source : **khedraoui, 2019**)

Couramment les matériaux exploités dans ce genre de façades sont la pierre, la brique de terre cuite, le béton armé et les blocs du béton.

5.2.2 Les façades non porteuses :

Les façades non porteuses sont des composants légers qui ne participent pas à la fonction structurale ou la stabilité du bâtiment, cette typologie regroupe deux types : la façade légère et la façade en remplissage maçonnée à faible épaisseur (**Certu, 2003**).

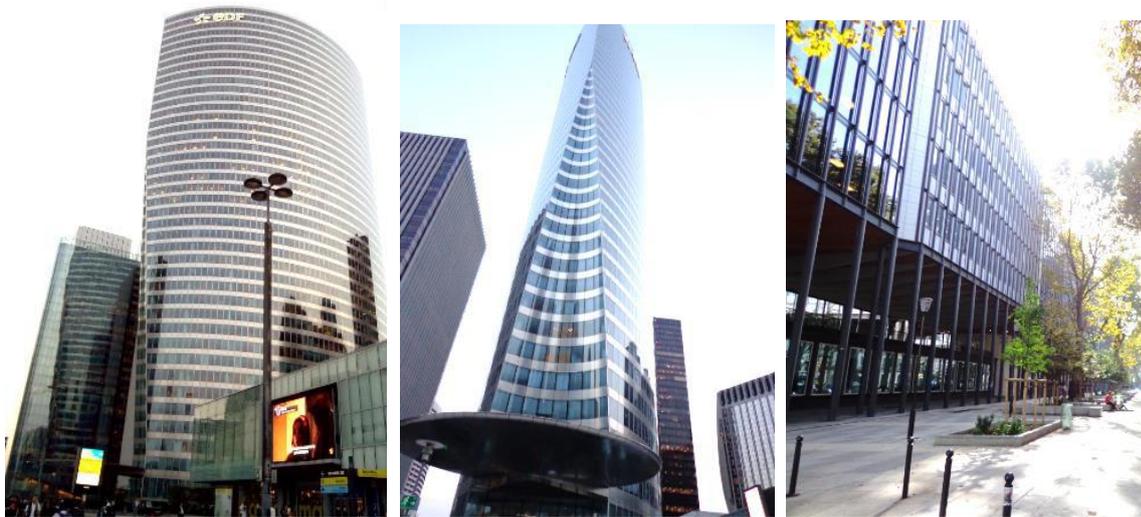


Figure 1.12 : Exemples de façades légères (Source : khadraoui, 2019)

5.3 Classification des façades et leurs caractéristiques

Les façades des bâtiments sont réparties en un grand nombre de types selon plusieurs critères. Parmi ces critères : la forme, les matériaux, le type de l'enveloppe et le principe de fonctionnement (Broto, 2011 ; BIFF, 2017). khadraoui, 2019

5.3.1 La façade selon la forme :

Il existe principalement quatre types de façades selon la forme : une façade géométrique droite, une façade inclinée, une façade organique (courbée, bombée) et une façade mixte (Broto, 2011). khadraoui, 2019

5.3.1.1 La façade géométrique droite :

Ce type de façade est caractérisé par l'utilisation des formes géométriques droites claires, rigides et bien déterminées.



Figure 1.13 : La façade géométrique droite (Source : khadraoui 2019)

D'après Broto (2011), dans la plus part des cas, cette forme représente la projection verticale des plans géométriques rectangulaires ou carrés.

5.3.1.2 La façade inclinée :

Cette façade est caractérisée par une inclinaison ou des inclinaisons vers l'intérieur ou vers l'extérieur.



Figure 1.14 : La façade inclinée (Source : khadraoui 2019)

5.3.1.3 La façade organique :

Ce genre de façade est composé par des formes organiques fluides.



Figure1.15: La façade organique (Source : khadraoui 2019)

Ces façades sont caractérisées par l'utilisation des lignes courbées avec un aspect dynamiques dans toutes les directions.

5.3.1.4 La façade mixte :

Ce type de façade réunit entre des parties géométriques et autres parties organiques.



Figure1.16: Façade avec des formes mixtes (Source : khadraoui, 2019)

5.3.2 La façade selon les matériaux :

La classification des façades selon les matériaux utilisés est très large vue le grand nombre des matériaux exploités (la pierre, la brique, le béton armée, le bois, le verre, le métal, le textile, le plastique, etc.). khadraoui, 2019

5.3.2.1 La façade en pierre :

Cette façade est caractérisée par l'exploitation de la pierre de grande épaisseur comme élément porteur et de séparation.

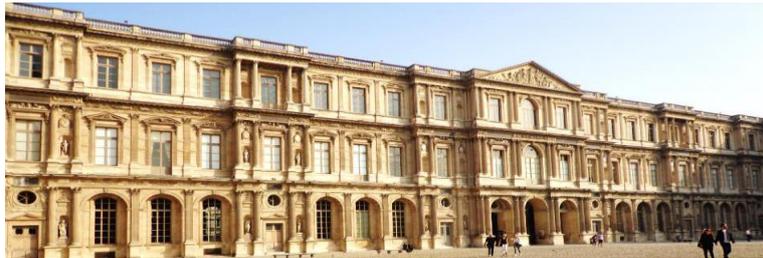


Figure1.17: Façade en pierre (Source : khadraoui, 2019).

5.3.2.2 La façade en brique :

La brique représente le matériau le plus exploité au niveau de la façade depuis longtemps vue ses caractéristiques physiques et son aspect esthétique.



Figure 1.18 : Façade en brique (source khadraoui 2019)

5.3.2.3 La façade en béton armé ou en bloc du béton :

Dans ce type, la façade est composée de blocs de béton préfabriqués ou en béton armé réalisé sur terrain.



Figure 1.19 : Façade en béton armé (Source : khadraoui, 2019)

Généralement la façade en béton armé est caractérisée par des formes géométriques.

5.3.2.4 La façade en bois :

Le bois constitue un matériau très utilisé dans les façades dans certaines régions vues ses caractéristiques sur plusieurs plans.



Figure1.20: Façade en bois (Source : khadraoui 2019)

5.3.2.5 La façade en verre :

La façade en verre ou mur rideau fut considérée comme le type le plus exploité au niveau mondial dans toutes les régions et dans des climats différents. khadraoui, 2019



Figure1.21: Façade en verre (Source : khadraoui, 2019)

Cette façade a un aspect esthétique avec des atouts sur le plan lumineux mais elle est caractérisée par une mauvaise réputation sur le plan thermique et énergétique dans la plus part des cas.

5.3.2.6 La façade en métal :

Dans ce type de façade, le métal (l'acier, l'aluminium, etc.) est utilisé comme élément d'étanchéité et de séparation entre l'intérieur et l'extérieur



Figure1.22: Façade en métal (Source : khadraoui, 2019)

Ce matériau offre plusieurs possibilités formelles vues ses caractérisés mécanique

5.3.2.7 La façade en textile :

Le textile également est un matériau utilisé dans les façades comme une deuxième membrane



Figure1.23: Façade en textile (Source : khadraoui 2019)

Ce type de matériaux donne une grande flexibilité formelle et matérielle.

5.3.2.8 La façade en plastique :

Le plastique est exploité dans la façade principalement comme une membrane de protection



Figure 1.24: Façade en plastique (Source : khadraoui 2019)

5.3.2.9 La façade mixte :

Ce type de façade englobe deux ou plusieurs matériaux de natures et techniques différentes tels que le béton, le verre et le métal .



Figure 1.25 : Les façades mixtes (Source : **khadraoui 2019**).

5.3.3 La façade selon la couleur, la texture et le type de la peinture :

Une gamme de couleurs est exploitée dans la façade (claire ou foncée). Par rapport à la texture des façades, deux types sont existantes soit une texture lisse ou rugueuse. Concernant le type de la peinture utilisée au niveau des façades, trois types sont existants, la peinture ordinaire liquide, la peinture en poudre et la peinture isolante (cool paints). **khadraoui, 2019**

Les peintures ordinaires sont appliquées directement sous forme d'un liquide. Les peintures en poudre est une technique basée sur la projection électrostatique de poudre grâce à un pistolet sur un objet, cette technique a connu un grand développement et une utilisation croissante (**Lebreton, 2005**). **khadraoui, 2019**



Figure1.26: Projets utilisant la peinture en poudre (Source : **khadraoui 2019**)

Les peintures isolantes ou fraîches (cool paints) sont des produits avec une composition spéciale contenant des nanoparticules utilisées comme barrière thermique. Ces peintures ont

une grande réflectance solaire et une émittance thermique très élevée ayant pour rôle de réduire la température surfacique de la façade de 5 à 13 °C par rapport à la même façade avec une peinture ordinaire (Uemoto et al., 2010 ; Hernández-Pérez et al., 2014). La figure 1.27 illustre une image thermique comparative de deux surfaces avec la même couleur, l'une avec une peinture fraîche (cool paints) et l'autre avec une peinture ordinaire. khedraoui, 2019

La peinture fraîche (cool paints) diminue la température surfacique d'une manière colossale. khedraoui, 2019

5.3.4 La façade selon le type de l'enveloppe :

Deux types de façades sont existants selon le type de l'enveloppe, une façade simple ou monocouche et une façade multicouche ou double peau.

5.3.4.1 La façade simple peau ou monocouche :

La façade simple monocouche est caractérisée par une seule peau étanche qui sépare entre le dedans et le dehors



Figure1.27 : Façade monocouche ou simple peau (Source : khedraoui 2019)

5.3.4.2 La façade double peau ou multicouche :

La façade double peau comme l'indique son nom est une façade multicouche. Selon Poirazis (2006), la façade double peau (FDP) est une tendance architecturale européenne initiée principalement par le désir esthétique, le besoin d'améliorer l'environnement intérieur et la diminution de la consommation énergétique. khedraoui, 2019

La quasi-totalité des recherches sur la façade double peau sont basées principalement sur le rapport du centre scientifique et technique de la construction (CSTC) élaboré par **Loncour et al. (2004)**. Selon ce rapport, la façade double peau est une façade avec deux peaux et une cavité entre les deux où la deuxième peau externe est essentiellement vitrée. **khedraoui, 2019**

Pour plus de détails, la façade double peau est un type de façade caractérisée par deux peaux, une intérieure vitrée ou mixte et autre extérieure vitrée avec un espacement entre les deux (une cavité d'air ventilée considérée comme un tampon thermique) d'une largeur de 20 cm à 2 m (**Gaüzère et al., 2008 ; Barbosa et al., 2014 ; Parra et al., 2015 ; Shen et al., 2016 ; Ahmed et al., 2016**). La figure 1.29 illustre des exemples de façades type double peau. **khedraoui, 2019**

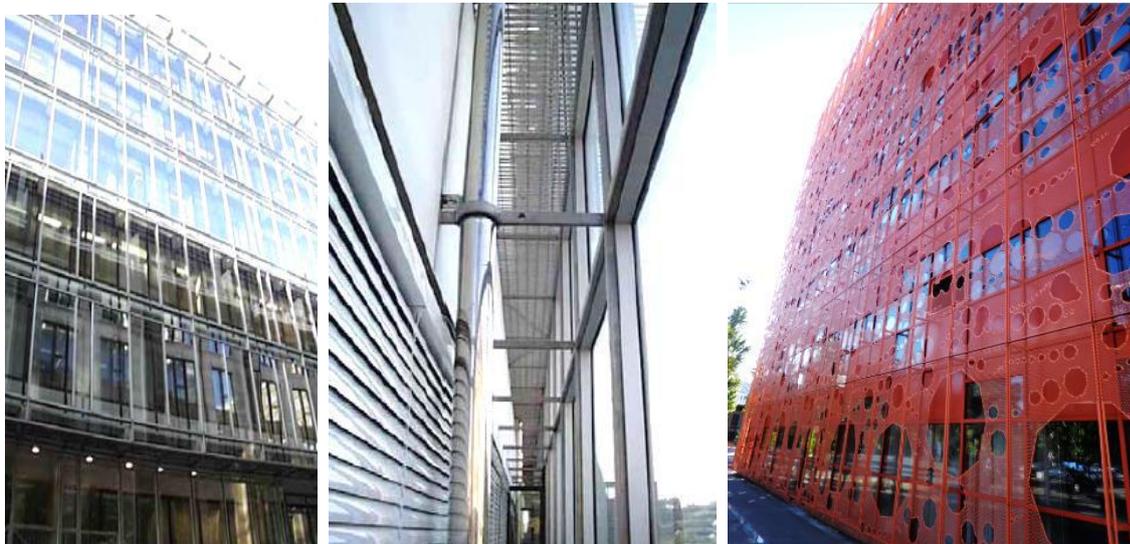


Figure1.28: Exemples de façades type double peau .(Source : **khedraoui 2019**)

D'après **Poirazis (2006)** et **Safer (2006)**, la façade double peau est composée par les éléments suivants :

- Un vitrage extérieur: souvent en simple vitrage;
- Un vitrage intérieur: la surface intérieure est partiellement ou complètement vitrée, dans la plus part des cas avec un double vitrage;
- Une cavité d'air : située entre le vitrage extérieur et intérieur avec une largeur de 2 cm à plus de 2 m, elle est ventilée d'une manière naturelle, mécanique ou hybride ;

- Des fenêtres internes: permettent de ventiler l'espace naturellement ;
- Une protection solaire: intégrée au niveau de la cavité d'air.

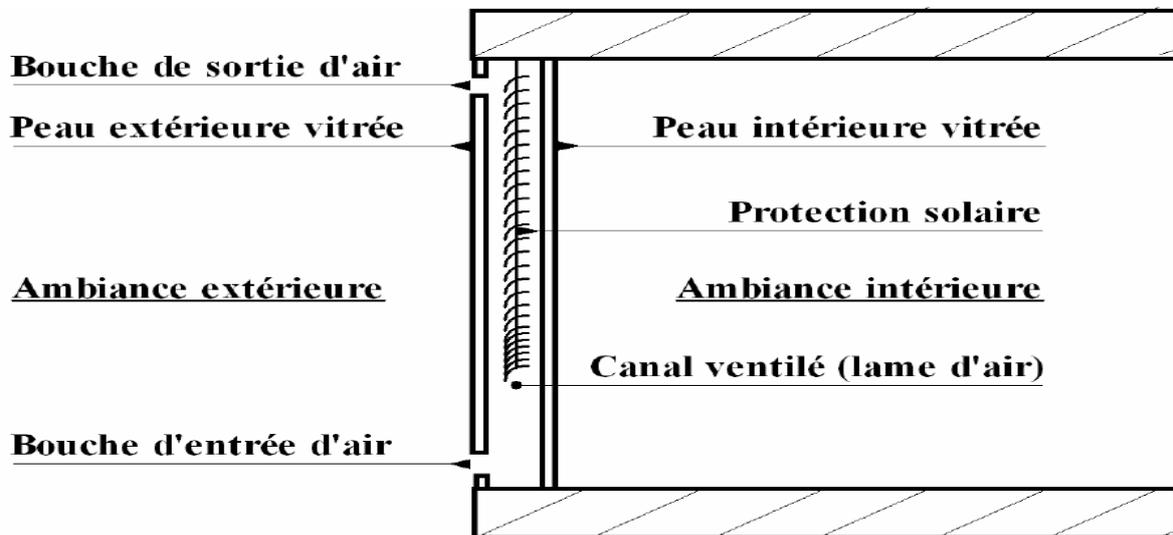


Figure1.29: Les composants d'une façade double peau .(Source : khadraoui.2019)

La façade double peau a été exploitée pour des raisons multiples et des fonctions différentes englobant l'aspect esthétique et technique. Elle est utilisée pour améliorer l'éclairage naturel, optimiser le confort thermique et acoustique, assurer une ventilation naturelle et minimiser la consommation énergétique (Yazdizad, 2014 ; Gelesz et al., 2015 ; Yasa, 2015 ; Parra et al., 2015 ; Yang, 2016 ; Shen et al., 2016).

D'après Loncour et al. (2004), la classification de la façade double peau varie selon plusieurs critères tels que :

- La géométrie ou le compartimentage de la façade;
- Le mode de ventilation de la cavité d'air (naturelle, mécanique ou hybride) ;
- La source et la nature du flux d'air (intérieure, extérieure) ;
- Les dimensions de la cavité d'air (étroite large).

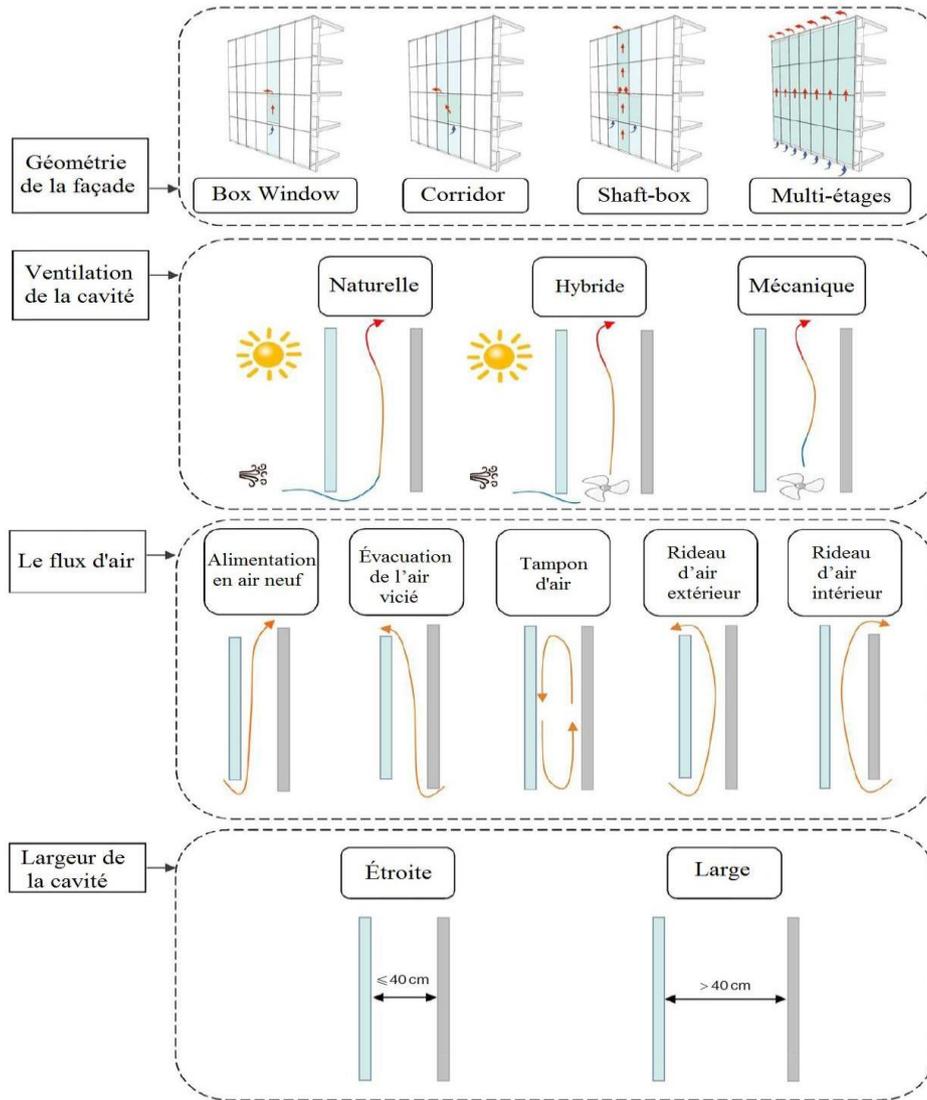


Figure 1.30: Classification de la façade double peau .(Source : adaptée par khadraoui, 2019)

De leur côté, Gelesz et al. (2015), voient que la façade double peau a des biens faits selon le type du climat, pour le climat froid, l'espace tampon permet de réduire la charge du chauffage et pour le climat chaud elle permet de réduire la transmission de rayonnement et dissiper la chaleur par l'effet de cheminée. Ils ajoutent que la mauvaise conception et le choix inapproprié des composants de ce dispositif peuvent engendrer des situations défavorables et augmenter la consommation énergétique.

5.3.5 La façade selon le principe de fonctionnement :

La classification des façades selon le principe de fonctionnement regroupe un grand nombre de façade soient simple (standard), ventilée, respirante, végétalisée, photovoltaïque et adaptative.

5.3.5.1 La façade standard simple :

Cette façade représente un type ordinaire simple qui assure la séparation entre l'intérieur et l'extérieur grâce à une seule peau simple sans aucun dispositif.



Figure1.31: Façade simple (Source : khadraoui, 2019).

5.3.5.2 La façade ventilée :

La façade ventilée est une façade multicouche spéciale, elle est composée par deux peaux opaques avec une distance entre eux qui forme un espacement entre le mur du bâtiment et le bardage ajouté qui crée une cavité ou un canal ventilé soit d'une manière naturelle par "l'effet de cheminée", d'une manière mécanique ou hybride (Loncour et al., 2004 ; Gracia et la., 2013 ; Diallo et al., 2017 ; Ibañez-Puy et al., 2018). La figure 1.33 présente deux exemples de façades ventilées avec joints fermés.



Figure1.32: Façades ventilées avec joints fermés (Source : khadraoui, 2019)

Pour plus de détails, **Ibañez-Puy et al. (2017)** dans leur article intitulé « Opaque Ventilated Façades: Thermal and energy performance review », ont donné des illustrations relatives au principe du fonctionnement de la façade ventilée ainsi que ses différents composants

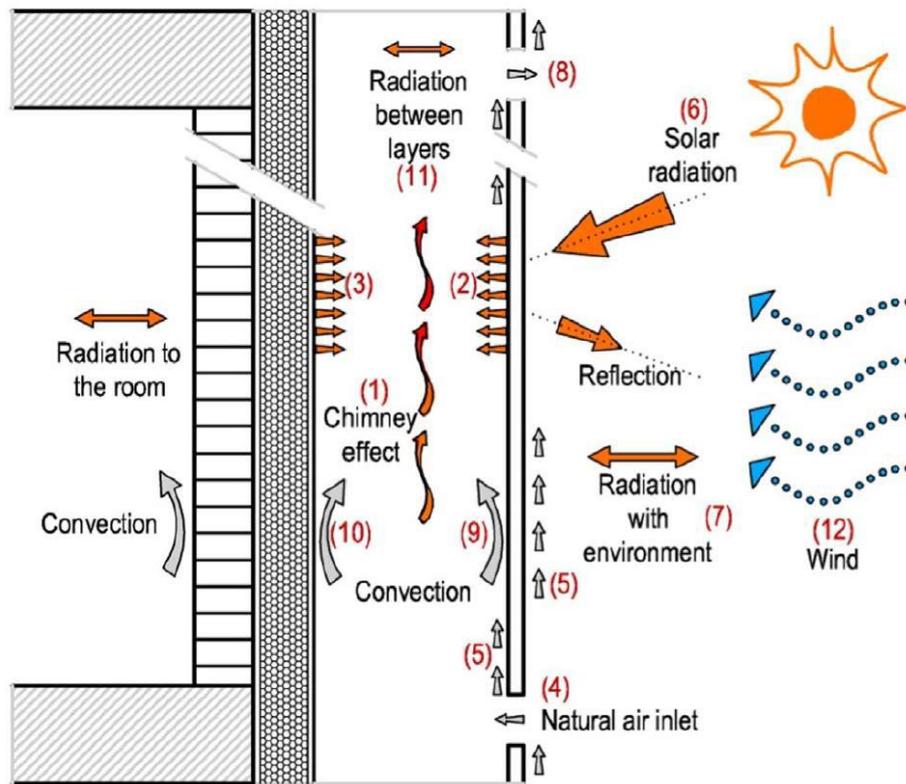


Figure1.33: Schéma représentatif des composants d'une façade ventilée et son principe de Fonctionnement thermique (Source : **khadraoui .2019**)

Ce schéma synthétise les composants de la façade ventilée ainsi que les différents phénomènes thermiques (conduction, convection et rayonnement) effectués au niveau de chaque élément.

Le comportement thermique de la façade ventilée varie pendant toute la journée selon la saison chaude et froide. La figure illustre un schéma sur le comportement thermique d'une façade ventilée pendant une journée typique d'été.

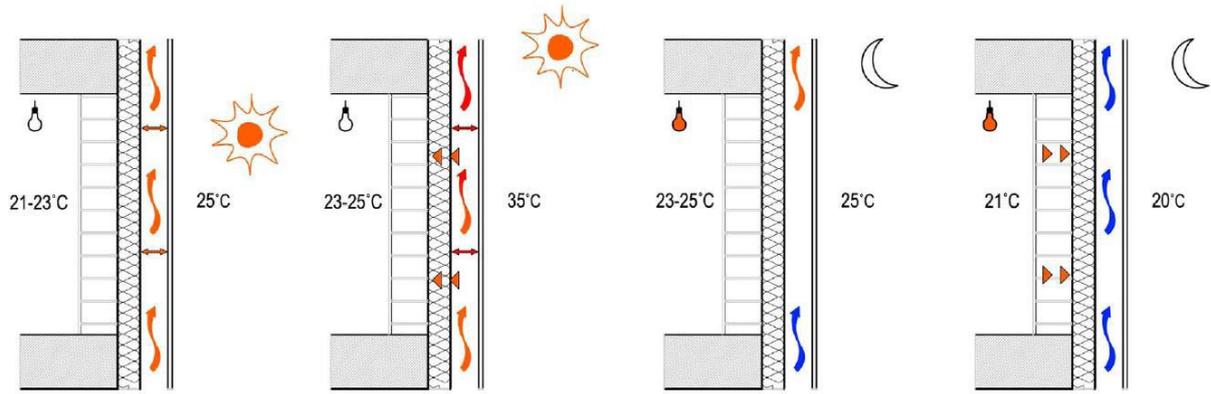


Figure 1.34: Le comportement thermique d'une façade ventilée durant une journée chaude

(Source : khadraoui .2019)

Pendant les premières heures de la journée, le mouvement de l'air par l'effet de cheminée augmente au fur et à mesure avec la quantité des rayonnements solaires et par conséquent l'effet de refroidissement. Au fil du temps, en particulier à partir de midi, la température extérieure augmente et diminue le mouvement de l'air dans la cavité ce qui augmente le flux de la chaleur par conduction de l'extérieur vers l'intérieur. Pendant la nuit et avec l'absence des rayonnements solaires, les vents participent au refroidissement de différentes couches de la façade (Ibañez-Puy et al., 2017).

La figure 1.36 présente un schéma sur le comportement thermique d'une façade ventilée durant une journée typique d'hiver.

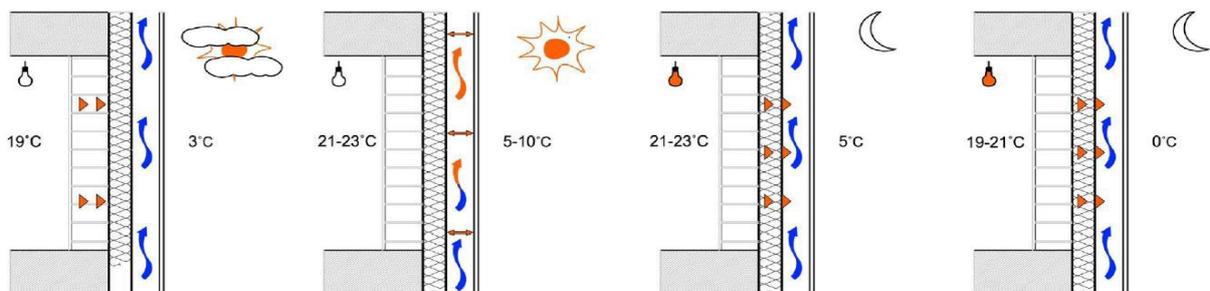


Figure 1.35: Le comportement thermique d'une façade ventilée durant une journée froide

(Source : khadraoui.2019)

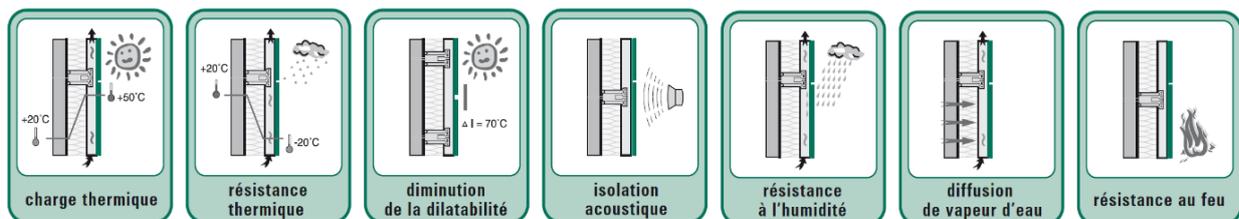


Figure 1.36: Les avantages de la façade ventilée (Source : www.cetris.cz).

D'après les résultats de plusieurs recherches effectuées sur la façade ventilée, cette façade améliore le confort hygrothermique et peut réduire la consommation énergétique du refroidissement de plus de 40 % (Gracia et al., 2013 ; Ibañez-Puy et al., 2017).

5.3.5.3 La façade respirante :

La façade respirante est une technique de façade multicouche composée par deux surfaces généralement vitrées (la surface extérieure en simple vitrage et la surface intérieure en vitrage isolant) avec une distance entre les deux de 4 à 40 mm qui forme une lame d'air, cette dernière est mise en contact avec l'environnement extérieur grâce à des orifices de respiration avec filtre qui permet d'équilibrer la pression partielle et diffuser la vapeur d'eau (Maugard, 2014, Martin, 2015).

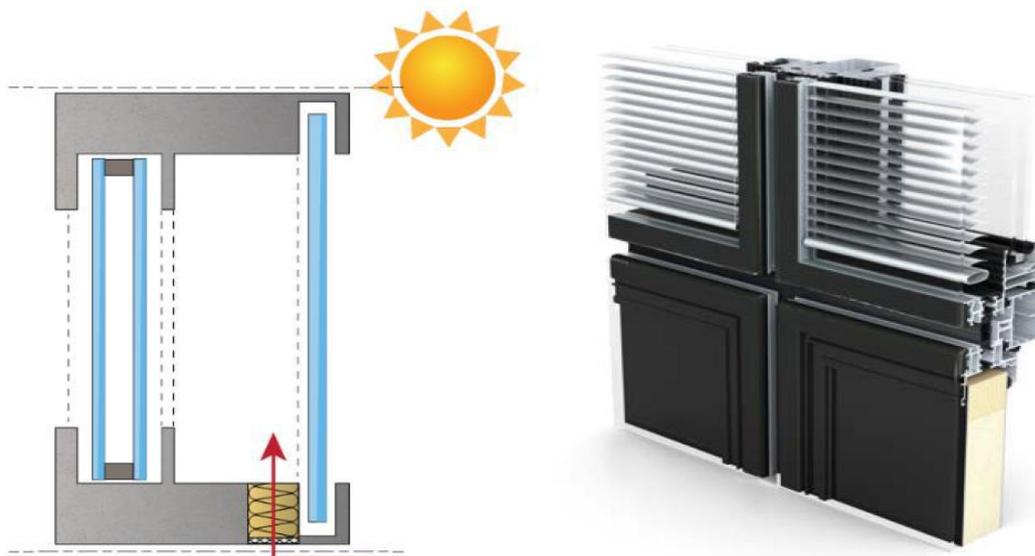


Figure1.37 : Principe de fonctionnement d'une façade respirante .(Source : khadroui .2019)

Cette façade a des atouts, elle améliore le confort thermique et acoustique (Martin, 2015).

La figure présente un exemple d'une façade respirante.



Figure1.38: Exemple d'une façade respirante (Source : khadraoui .2019)

De son côté, **Elghawaby (2013)**, le mur respirant ou "breathing walls" « est un mur qui est capable de diffuser la vapeur d'eau ou réguler le taux d'humidité pour assurer la qualité de l'air intérieur », il voit que le concept du mur respirant a été exploité dans l'architecture traditionnelle, pour lui « la même définition de mur respirant introduite par Hassan Fathy qui signifie la capacité d'un mur à permettre au flux d'air de passer à travers sa surface ». Dans cette perspective, **Elghawaby (2013)** dans sa thèse a développé ce concept par l'inspiration (Biomimétisme) de la peau de l'être humain afin de réaliser une façade respirante thermiquement active

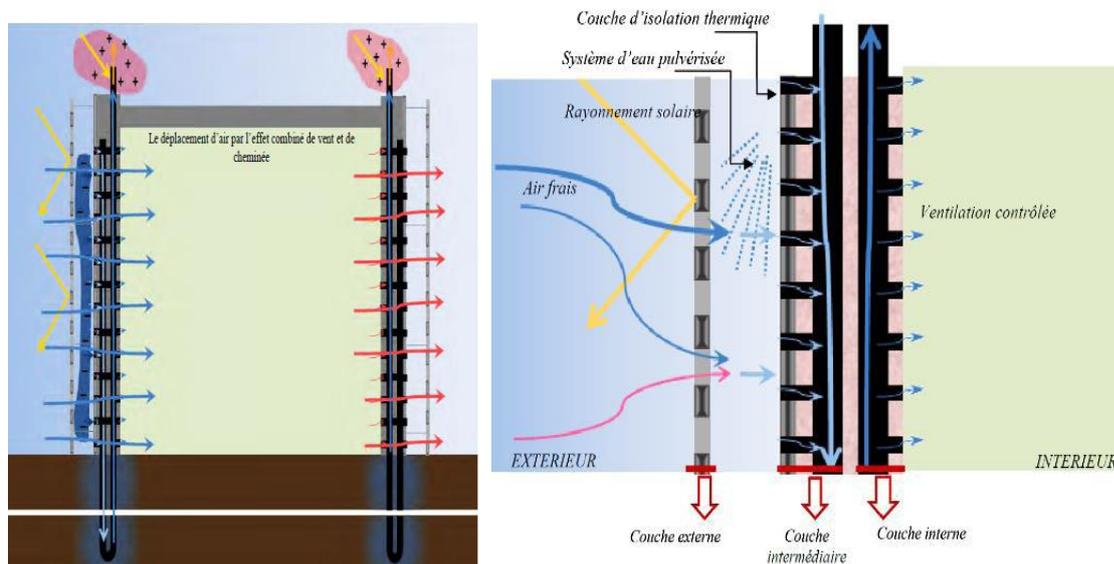


Figure1. 39: Façade respirante (Source : **khadraoui .2019**)

De son côté, cette façade a pour objectif d'améliorer le fonctionnement thermique des constructions à travers l'intégration des orifices et la décomposition de la façade en plusieurs couches (externe, intermédiaire et interne).

5.3.5.4 La façade végétalisée :

La façade végétalisée, la façade verte ou jardin vertical sont des termes utilisés pour décrire l'exploitation de la végétation dans les surfaces murales verticales (**Perini et al., 2011 ; Ottelé et al., 2011 ; Djedjig, 2013**). La façade végétalisée est considérée comme un système passif durable qui permet d'améliorer les ambiances thermiques et minimiser la consommation énergétique des constructions à travers quatre mécanismes : l'ombrage, l'isolation assurée par la végétation, le refroidissement par l'évaporation et

l'évapotranspiration ainsi que l'effet de barrière contre les vents (Coma et al., 2014 ; Yuksel et al., 2017 ; Vox et al., 2018).



Figure1.40 : Façades végétalisées (Source : khadraoui .2019)

Selon la littérature et les travaux de (Perini et al., 2011 ; Ottelé et al., 2011 ; Djedjig, 2013 ; Madre et al., 2015 ; Yuksel et al., 2017), les façades végétalisées sont divisées en deux catégories, les façades vertes et les murs vivants « Living Wall ».

➤ Les façades vertes : basées sur l'utilisation des plantes grimpantes enracinées sur le sol liées avec le bâtiment soit d'une manière directe sur la façade ou d'une manière indirecte (sur des câbles ou des treillis) avec une distance entre le mur et le support de la plante (Martin, 2015 ; Yuksel et al., 2017) comme le démontre la figure 1.42

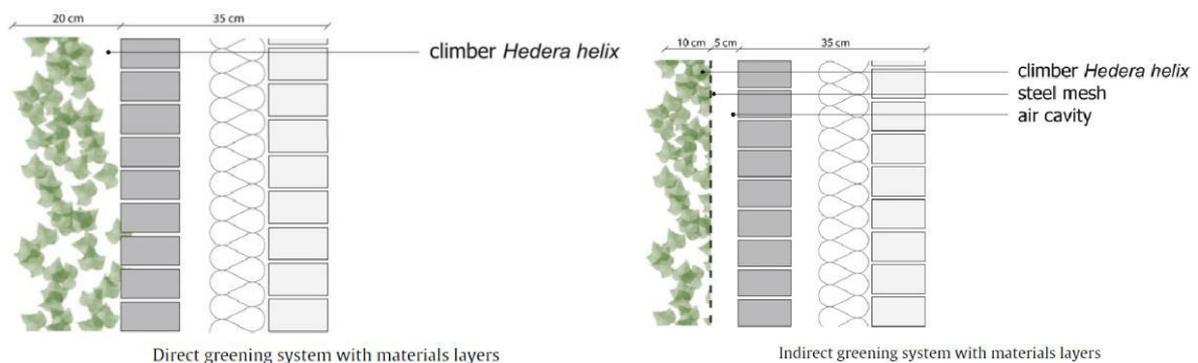


Figure1.41: Façade verte directe et indirecte (Source : khadraoui .2019)

Les façades vivantes : elles existent sous plusieurs formes, soit par des pots ou des panneaux pré-végétalisés fixés sur une structure indépendante (Martin, 2015 ; Yuksel et al., 2017) comme le présente la figure 1.43

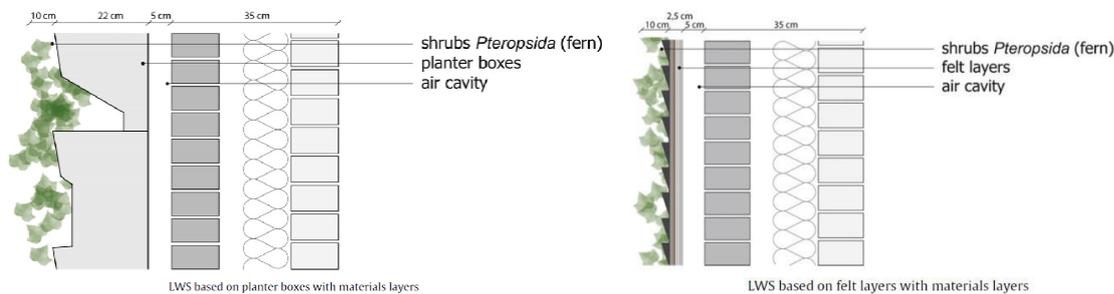


Figure 1.42: Façade vivante (Source : khadraoui 2019)

Plusieurs recherches ont prouvé que la façade végétalisée a des effets positifs sur le bâtiment à travers la réduction de la température surfacique et par la suite l'abaissement de la température ambiante ainsi que la consommation énergétique (Coma et al., 2014). La figure révèle une image thermique comparative entre deux façades une végétalisée et une autre sans végétation.

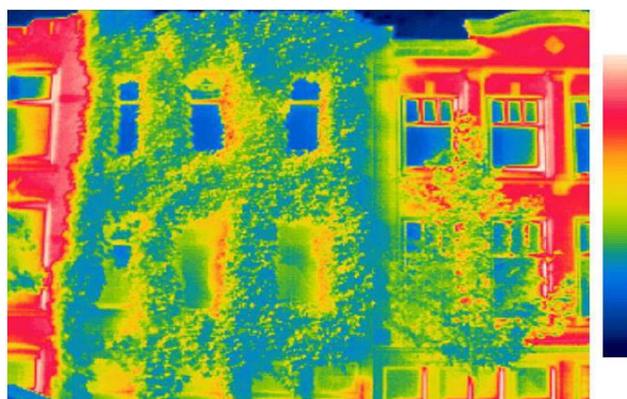


Figure 1.43 : Image thermique d'une façade végétalisée et une autre sans végétation

(Source : khadraoui 2019)

En plus de ses atouts à l'échelle du bâtiment, la façade végétalisée a des biens faits à l'échelle urbaine à travers l'amélioration des conditions extérieures et la réduction des effets de l'îlot de chaleur urbain (Perini et al., 2011 ; Ottelé et al., 2011 ; Madre et al., 2015 ; Vox et al., 2018).

5.3.5.5 La façade photovoltaïque :

En raison de la diminution des espaces dans les zones urbaines et l'augmentation de la demande énergétique, l'intégration des panneaux photovoltaïque dans les bâtiments a été commencée au niveau des toitures et des façades (Zoubir, 2013 ; Wang et al., 2017).

La façade photovoltaïque est considérée comme une technologie attractive et une solution intéressante englobant entre les fonctions de la façade double peau et ses bienfaits thermiques ainsi que la production de l'énergie solaire gratuite, cette façade est composée par deux parois verticales, une interne qui représente le mur de la construction et l'autre externe qui constitue

la deuxième peau avec des panneaux photovoltaïques intégrés (Zoubir, 2013 ; Xu, 2014 ; Gaillard et al., 2015 ; Buonomano et al., 2017). En outre, cette technique permet d'assurer la fonction architecturale et la production de l'énergie renouvelable (Clua et al., 2016).

La figure 1.45 présente des exemples de la façade photovoltaïque où les capteurs photovoltaïques au niveau de la façade ont été exploités sous forme de panneaux et comme des protections solaires.

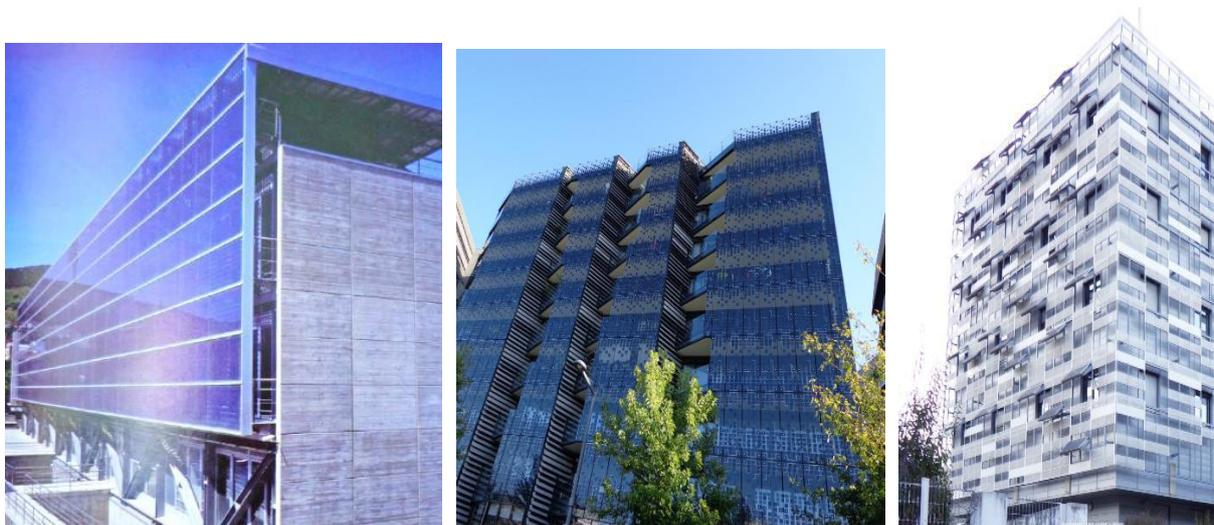


Figure 1.44: Les façades photovoltaïques (Source : khadraoui .2019)

5.3.5.6 La façade adaptative :

La façade adaptative est une façade intelligente et dynamique caractérisée par sa capacité d'adaptation et de changement de son comportement en temps réel selon les conditions externes, internes et les besoins des occupants dont l'objectif est d'assurer le confort des utilisateurs et améliorer la performance globale du bâtiment (Ghaffarian-Hoseini et al., 2012 ; Aelenei et al., 2016 ; Barozzi et al., 2016 ; Deljavan et al., 2017). Cette technologie active vise également à améliorer la durabilité des constructions à travers l'amélioration du fonctionnement de l'enveloppe afin de répondre d'une manière adéquate aux exigences de nature thermique, lumineuse, acoustique, aérodynamique, énergétique et esthétique (Bakker et al., 2014 ; Aelenei et al., 2016 ; Ibañez-Puy et al., 2018). La figure 1.46 illustre des exemples des façades adaptatives.



Figure1.45 : Exemple des façades adaptatives .(Source : khadraoui 2019)

IV. Conclusion :

Le but principal d'une enveloppe performante énergétiquement et thermiquement est de réduire la transmission de la chaleur à l'intérieur en été et de limiter les déperditions calorifiques en hiver .ceci est possible grâce à une conception architecturale optimale de l'enveloppe .les composantes matérielles et formelles de l'enveloppe doivent maintenir une température intérieure confortable et uniforme pour les occupants.

Ce chapitre a été consacré à la présentation des éléments de conception de l'enveloppe architecturale intervenant dans la réalisation des conditions de confort thermique intérieure .les choix judicieux des matériaux de construction des éléments opaques et transparent composant l'enveloppe permet de protéger les occupants .

Chapitre 02;
*L'EFFET DE
L'ORIENTATION SUR LA
CONSOMMATION
ENERGETIQUE D'UN
BATIMENT.*

I. La consommation énergétique dans un bâtiment:

I. 1 Introduction :

" À l'heure où l'environnement est une préoccupation majeure, architectes et ingénieurs questionnent de plus belle la faune et la flore pour exploiter leurs performances. Que ce soit pour améliorer l'aération et l'isolation des bâtiments, la solidité des structures ou la qualité des matériaux, ce courant baptisé biomimétisme s'incarne dans d'étonnants édifices. " (**Muriel Valin , 2008**).

La consommation énergétique dans le secteur résidentiel est l'un des principaux enjeux, dans nos jours. Alors le recours aux énergies renouvelables est devenu primordial. C'est la meilleure solution pour résoudre les problèmes néfastes aussi bien que les problèmes environnementaux et économiques.

L'environnement construit consomme une quantité d'énergie primaire importante ce qui implique des émissions de CO₂ élevées. Pas mal des problèmes environnementaux ont été constatés, ils sont issus du secteur de la construction : la déforestation, l'érosion du sol, la pollution de l'environnement, les acides, la destruction de la couche d'ozone, l'épuisement des combustibles fossilisée et le réchauffement climatique.

Cette partie de ce chapitre vise à introduire à la notion de la consommation énergétique primaire dans un bâtiment. Ainsi de connaître les différents outils d'aide à sa valorisation et comment peut-on concevoir un bâtiment durable dans un climat méditerranéen.

I. 2 Définitions:

2.1 Energie : Le mot énergie désigne selon l'encyclopédie : « la capacité d'un système à produire un travail, c'est l'un des quatre concepts prédéfinis de la physique, avec la matière, l'espace et le temps». Elle se manifeste sous différentes formes. Ainsi, elle passe d'une forme à une autre. L'énergie se décompose en plusieurs formes mais elle reste constante dans le système isolé tel que : celle de l'univers ; la cause de son homogénéité.

2.2 L'énergie grise :

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

2.3 L'énergie primaire globale :

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

2.4 L'énergie primaire:

"C'est la première forme d'énergie directement disponible dans la nature avant toute transformation : bois, charbon, gaz naturel, pétrole, vent, rayonnement solaire... etc.". Elle est mesurée en KWh. L'utilisation d'un kWh de gaz naturel équivalent à l'utilisation d'un kWh de l'énergie primaire. Par contre, l'usage de 1 kWh d'électricité est équivalent à 2,5 kWh d'énergie primaire car durant la production d'électricité beaucoup des pertes d'énergie sont engendrées.

2.5 La consommation énergétique :

On entend par le mot consommation : « dans la littérature ; achèvement, accomplissement. Usage que l'on fait de certains produits en les détruisant. Dans le domaine économique : c'est l'emploi pour la satisfaction des besoins des êtres humains, des biens produits antérieurement ».

La nomination consommation énergétique est polysémique selon les domaines de son utilisation. Elle dépend la qualité d'énergie utilisée par un appareil (on parle d'un rendement d'une chaudière, le cas d'un climatiseur on parle du COP). En domaine des logements, on converse sur son isolation ou on peut comparer la consommation d'énergie entre différents bâtiments, à la base d'une unité de (kW/m²/an). Notons bien qu'un bâtiment ne consomme beaucoup d'énergie c'est un bâtiment bien isolé.

La consommation énergétique dans un logement est déterminée par des normes : adaptées aux réglementations thermiques. Ces lois sont de but de réduire considérablement l'impact environnemental des bâtiments sur l'émission de CO₂. La consommation énergétique est valorisée à partir d'un bilan sur une échelle nationale nommée le bilan de la consommation énergétique.

2.6 Le bilan de consommation énergétique:

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

Il existe deux échelles du bilan énergétique, le bilan énergétique global et le bilan d'énergie primaire. Le bilan énergétique globale se définit comme: " le reflet de la situation énergétique d'un pays ou d'une région. Il reprend dans un tableau synthétique, les productions primaires d'énergie, les récupérations, les transformations, les pertes de distribution, ainsi que la consommation finale d'énergie des différents secteurs (industrie, transport, domestique). Il permet de déterminer la Consommation Intérieure Brute d'énergie (CIB) du pays ou dans le cas qui nous occupe, de la région. Comparée à la consommation finale d'énergie, elle révèle les capacités de production et de transformation d'énergie,....., la dépendance énergétique du pays ou de la région".

Aussi, il est défini par la somme des consommations liées à l'énergie grise de tous les matériaux nécessaires aux constructions du bâtiment. En plus l'énergie primaire consommée durant la vie du bâtiment (chauffage, électricité la production de l'eau chaude sanitaire et le refroidissement sans oublier l'électricité domestique). Le bilan énergétique globale est exprimé en kWh. Il peut être exprimé par la surface des références énergétique et/ou le nombre des occupants.

2.7 La consommation conventionnelle d'énergie :

Elle est définie comme : un coefficient exprimé en kWh/(m².an) d'énergie primaire(Consommation d'énergie primaire). Ce Cep est calculé sur une année à la base des données climatiques ordinaires d'une zone climatique définie par un arrêté du ministère chargé de la construction et de l'habitation et du ministère chargé de l'énergie.

2.8 L'efficacité énergétique :

Sa propre définition en physique c'est : « le rapport entre l'énergie utile produite par un système et l'énergie totale consommée pour le faire bien fonctionner». Cette définition peut avoir un élargissement comme elle devient l'ensemble des technologies et pratiques pour diminuer la consommation énergétique jusqu'à la mise d'un niveaux de performance

Équivalent dont l'objectif est de faire mieux avec moins.

D'autre part, elle a une définition bien ciblée qu'elle est le rapport entre l'énergie directe utilisée (utile) et celle consommée. Elle est exprimée par le COP6 dans le cas de la production de chaleur et par l'EER7 pour les appareils produisant du froid.

L'amélioration de l'efficacité énergétique d'un bâtiment base sur la maîtrise des solutions d'amélioration. Ces solutions se fragmentent en deux familles principales; celles passive et actives. La première famille constituent à réduire la consommation énergétique des équipements et des matériaux, elles se rapportent à: l'isolation , la ventilation et l'utilisation des équipements de chauffage. La deuxième famille visent à optimiser les flux et les ressources donc elles s'intéressent à la régulation, la gestion de l'énergie, la domotique et la Gestion Technique du Bâtiment (GTB). La cumulation des deux solutions apportées au niveau de l'efficacité énergétique on obtient la performance énergétique.

2.9 La performance énergétique :

C'est la quantité d'énergie consommée ou estimée comme une utilisation normale du bâtiment. Elle inclut l'énergie utilisée pour le chauffage, l'eau chaude pour les sanitaires, le refroidissement, la ventilation, l'éclairage. La performance énergétique est liée à l'efficacité énergétique des équipements aussi à ses usagers et leurs usages quotidiens. À l'échelle des anciens logements, on parle sur des bâtiments énergivores leurs performances énergétiques s'assurent qu'après la rénovation énergétique. À l'échelle des logements neufs, on l'assure par l'intégration des énergies renouvelables sachant que le bâtiment a été placé au cœur de la lutte contre le changement climatique par le Grenelle de l'Environnement ou la performance énergétique est le pilier principal. L'amélioration de la performance énergétique d'un bâtiment base sur la réglementation thermique. Cette dernière pousse la construction en deux sens : bâtiment à basse consommation d'énergie (BBC) et le bâtiment à énergie positive (BEPOS) dont les besoins de chauffage et d'éclairage sont faibles. Aussi il produit plus d'énergie qu'il consomme.

I. 3 L'énergétique du bâtiment :

3.1 Le bâtiment et la consommation énergétique :

La pollution est un acte dans le design même s'il s'agit d'une construction. Cette philosophie est née sous un principe que les ordures résultent d'un cycle de vie complété de chaque

produit dans la nature, même pour un bâtiment. Alors, nous sommes entraîné déconstruire pour polluer la nature (Boake T., 2013).

Les bâtiments consomment 40% de l'énergie finale . Ils rejettent 36% de CO2. Par ce pourcentage aujourd'hui, la consommation énergétique dans un bâtiment est un enjeu principal car elle est mal connue surtout en domaine de bâtiment soit tertiaire ou résidentiel .

Le bâtiment se considère comme le gros consommateur de l'énergie dans les pays industrialisés. Pour assurer ses fonctions principales, il base sur les énergies fournies par son environnement . Quand on dit les fonctions d'un bâtiment, on le considère comme un organe dans la ville. Chaque bâtiment a des besoins de chauffage, de refroidissement, de ventilation et d'éclairage ,etc . Le climat détermine l'usage de l'énergie consommée; les constructions dans les climats tempérés et froids utilisent la plus grande partie des énergies pour se chauffer par contre ceux; en climats chauds et secs l'utilisent pour se refroidir.

3.2 Naissance du concept énergétique du bâtiment :

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

L'indice de dépense d'énergie (IDE) : Il s'agit d'un indice pour comparer la consommation d'énergie du bâtiment. Cet indice-là résulte de la division de la consommation annuelle d'énergie totale (de tous les agents énergétiques) exprimée en MJ12 par la surface brute de plancher chauffé (murs inclus).

I. 4 L'expérience algérienne dans le domaine de haute performance énergétique :

4.1 La consommation énergétique en Algérie :

Après l'indépendance, avec la grande vitesse d'urbanisation, la consommation de l'énergie n'a cessé d'augmenter avec l'amélioration des conditions de vie, la qualité des constructions énergivores et la facilité d'utilisation de l'énergie fossile.

La consommation énergétique a atteint selon l'Aprue 30 million de TEP5 avec un taux de croissance de 6.5%/an entre 2000 et 2012. Le secteur résidentiel est considéré comme le

secteur ou la consommation est le plus rapidement évolué par 7.4%/an. (MEM, APRUE, 2014).

85% de la consommation d'énergie finale provient des sources épuisables. Avec le rythme de consommation actuelle de 6% par an, ces réserves vont s'épuiser d'ici 2030. (APRUE, 2011, cité par Besselchi, M. 2013).

L'augmentation de la consommation énergétique a provoqué en conséquence une croissance des émissions des gaz à effet de serre.

4.2 La consommation énergétique par type d'énergie :

La consommation nationale d'énergie a atteint 53.3 Mtep en 2013 avec une croissance de (+5.5%) par rapport 2012. (MEM, 2014).

4.2.1 Produit pétrolière :

Ce type du produit énergétique est principalement utilisé dans tous les secteurs d'activité par la production de chaleur pour l'industrie, le chauffage pour les ménages, le tertiaire et le transport...etc.

La consommation de ce produit représente 30% de la consommation total de l'énergie avec une augmentation de 5.5% en 2013 (MEM, 2014).

4.2.2 Gaz naturel :

Son utilisation est principalement pour le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire et la cuisson. La consommation du gaz naturel a augmenté par un taux de croissance annuel moyen (Tcam) de 8.1%/an de l'année 2000 à 2012. (MEM, Aprue, 2014). Il représente le produit le plus dominant en consommation par 35%. (MEM, 2014).

4.2.3 Electricité :

L'utilisation d'électricité est très importante dans tous les secteurs en Algérie. Sa consommation a connu un taux de croissance annuel moyen (Tcam) de 6.8%/an entre 2000 et 2012. (MEM, Aprue, 2014). Elle représente 28% de la consommation totale en énergie. (MEM, 2014).

La forte urbanisation a provoqué l'augmentation rapide de la consommation d'électricité.

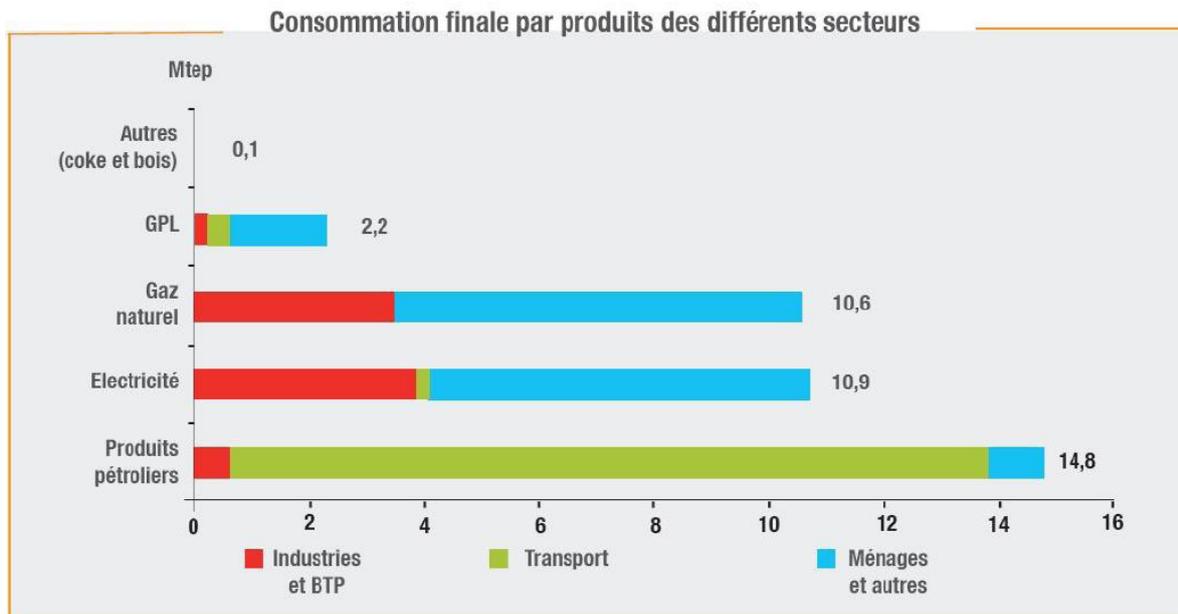


Figure 2.1 : Consommation finale par produits des différents secteurs.(source kenza ferradji 2017)

4.3 La consommation énergétique par secteur d'activité :

La consommation énergétique selon les différents secteurs est selon l'APRUE et le ministère d'énergie. (APRUE, 2014, MEM 2014) :

4.3.1 Le secteur ménages et autre :

Ce secteur est caractérisé par une forte augmentation de la consommation énergétique de (+9%) pour être 16.4 million TEP en 2013. Cela est causé par l'accroissement de la consommation du résidentiel. (MEM, 2014).

4.3.2 Le secteur du transport :

L'augmentation de la consommation énergétique dans ce secteur est par (+3.7%) pour être 8.2 million TEP en 2013. (MEM, 2014)

4.3.3 Secteur industriel :

L'augmentation de la consommation énergétique dans ce secteur est par (+3.9%) pour être 13.9 million TEP en 2013. Cela est causé par l'évolution du transport routier. (MEM, 2014)

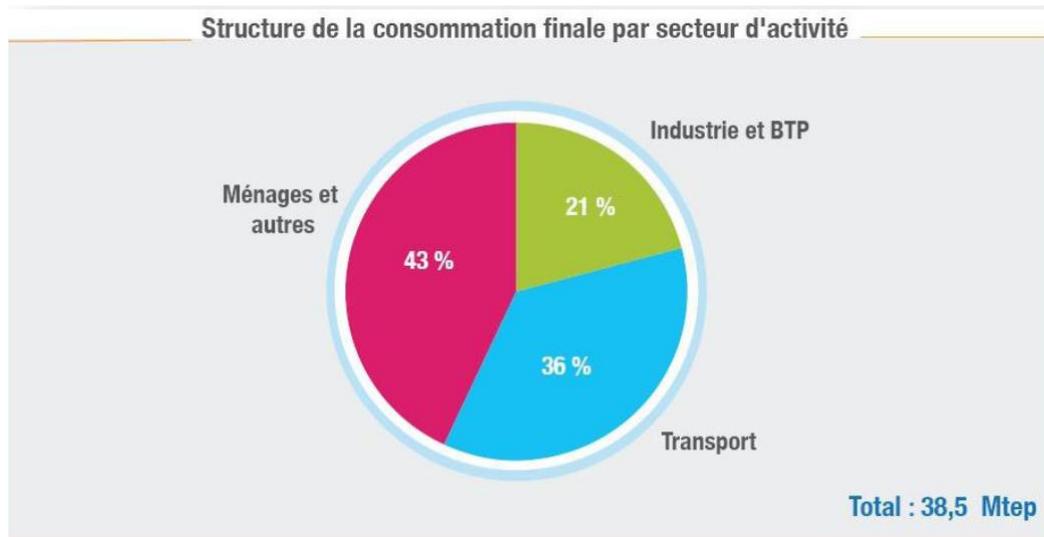


Figure 2.2 : Structure de la consommation finale par secteur d'activité (source kenza ferradji 2017)

Une vision rapide sur la consommation énergétique mondiale ou en Algérie montre que le confort thermique aujourd'hui est pesé par la consommation énergétique. Alors que pour cette étude l'objectif est d'améliorer les conditions du bien être sans augmenter la facture énergétique.

4.4 Les problèmes énergétiques liés à la production des logements :

A partir de ce qui est déjà dit, l'état actuelle du cadre bâti en Algérie est caractérisé par :

- L'absence totale du contrôle dans le domaine énergétique. (Chabane, L. 2010).
 - Le manque des mains d'œuvres qualifiés dans le domaine du bâtiment.
 - Le souci d'aller trop vite par rapport au besoin de la qualité.
 - L'absence de la valorisation des matériaux de construction locaux même lorsqu'il s'agit de restauration. (Chabane, L. 2010).
 - Pas d'application de la réglementation thermique. (Chabane, L. 2010).
- Le manque d'intérêt des acteurs du domaine du bâtiment de l'importance de la maîtrise d'énergie dans les constructions par le choix des matériaux qualifiés, l'isolation, les menuiseries étanche...etc. (Chabane L. 2010).

4.5 La haute performance énergétique :

Il s'agit de comprendre la qualité de haute performance énergétique dans le monde pour la comparer avec l'expérience algérienne dans ce domaine.

4.5.1 Définition :

La haute performance énergétique est une notion récente apparue déjà dans la réglementation française et qui désigne la diminution de la consommation énergétique par une conception architecturale adéquate en améliorant le confort thermique. Il s'agit d'un ensemble des normes et des prescriptions réglementaires qui s'est progressivement établi à partir de 1978 entre divers acteurs du bâtiment, de l'environnement et des services publics de l'énergie. Elle représente une démarche qualitative qui intègre la conception, la construction, le fonctionnement et l'entretien d'un bâtiment (logement, bâtiment public, tertiaire ou industriel). (fr.wikipedia.org). La performance énergétique est définie selon le « coût global », le bilan énergétique et les cycles d'entretien et de renouvellement. (fr.wikipedia.org).

Selon **PREBAT**, la définition d'un bâtiment efficace énergétiquement est un concept d'ensemble saisissant dans un même processus l'architecture, le climat, l'enveloppe et les équipements. (**PREBAT, ADEME et CSTB 2007 cité par Mazari, M. 2012**).

4.5.2 Les principales réglementations et labels :

4.5.2.1 La réglementation française :

La réglementation thermique 2005 (RT 2005) :

Il s'agit d'une réglementation qui renforce les exigences de performance énergétique des constructions neuves par rapport à la RT 2000 par 15%.

Les objectifs de la RT 2005 sont : (**MAESP 2010 cité dans Semahi, S. 2013**).

- Donner plus d'importance à la construction bioclimatique pour améliorer le confort d'hiver et d'été sans recours aux énergies fossiles.
- L'amélioration des enveloppes thermiques par un renforcement d'isolation sur les parois opaques et celles vitrées.
- Encourager le recours aux énergies renouvelables par rapport à celles fossiles.
- Minimiser le recours à la climatisation mécanique pour la remplacer par des procédés passifs.
- Économiser l'énergie utilisée pour l'éclairage artificielle.

La réglementation thermique 2012 (RT 2012) : Cette réglementation concerne les bâtiments de type tertiaire et résidentiel en intervenant sur les postes de la climatisation,

le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire, l'éclairage et différents équipements auxiliaires telles que la ventilation ou les pompes. (www.toutfaire.com 2012).

L'objectif majeur est de limiter encore les consommations énergétiques par rapport la RT 2005. La RT 2012 précise sur l'utilisation des énergies renouvelables, le traitement des ponts thermiques et de la perméabilité à l'air pour réussir à atteindre le niveau des 50 kwh/m²/an. (www.toutfaire.com 2012).

4.5.2.2 Le label français de haute performance énergétique (HPE):

Ce label est défini par l'arrêté du 3 mai 2007. Son objectif est de compléter la RT 2005 avec plus d'exigence. Il est en relation direct avec le HQE6 Il contient cinq niveaux selon la performance énergétique. (**Le Grenelle environnement, 2012**).

HPE 2005 :

C'est la haute performance énergétique. Sa consommation énergétique est inférieure de 10% par rapport la consommation de référence définit par la RT 2005. (**Le Grenelle environnement, 2012**).

THPE 2005 :

Elle signifie la très haute performance énergétique. Sa consommation énergétique est inférieure de 20% par rapport la consommation de référence définit par la RT 2005. (**Le Grenelle environnement, 2012**).

HPE enr2005 :

Elle signifie la haute performance énergétique avec énergie renouvelable. Sa consommation énergétique est inférieure de 10% par rapport la consommation de référence définit par la RT 2005. Avec l'exigence que 50% de l'énergie destiné au chauffage soit d'un des énergies renouvelables, le photovoltaïque, l'éolienne, la biomasse...etc. (**Le Grenelle environnement, 2012**).

THPE enr 2005 :

Elle signifie la très haute performance énergétique avec l'intégration de l'énergie renouvelable. Sa consommation énergétique est inférieur de 30% par rapport la

consommation de référence défini par la RT 2005 avec l'installation des équipements fonctionnant aux énergies renouvelables (capteurs solaires thermiques, capteurs photovoltaïques, éoliennes ou pompes à chaleur très performantes). (www.toutfaire.com 2012).

BBC 2005 :

Il s'agit d'un bâtiment à basse consommation. Ce label est attribué par Effinergie à des bâtiments où la consommation énergétique primaire est de 80% moins que la RT 2005. Ces bâtiments BBC sont caractérisés par des matériaux de construction et des équipements économes en énergie. La consommation d'un bâtiment BBC neuf y compris le chauffage, le refroidissement, la ventilation, les auxiliaires, la production d'eau chaude sanitaire et l'éclairage est de 50kw/m²/an. (**Le Grenelle environnement 2012, www.Toutfaire.com , 2012**).

4.5.3 Classification des bâtiments à efficacité énergétique :

Une conception architecturale particulière est nécessaire pour influencer le comportement énergétique d'un bâtiment. La forme du bâtiment, son orientation et la nature de son enveloppe ont une influence directe sur son performance énergétique. (**M. Mazari 2012**).

Plusieurs types des bâtiments performants sont disponibles tout dépend de leur efficacité énergétique.

4.5.3.1 Bâtiment performant :

Il est nommé aussi un bâtiment à basse consommation d'énergie (BBC) lorsque la consommation d'énergie primaire ne dépasse pas les 50 Kwh/m²/an pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire, la ventilation, l'éclairage et le refroidissement. (**Semahi, S. 2013**).

Selon l'association Effinergie, ce type des bâtiments est obtenu par l'amélioration de l'isolation, la réduction des ponts thermiques et l'augmentation des apports passifs. (**Thiers, S. 2008**).

4.5.3.2 Bâtiment très performant :

Il s'agit d'un bâtiment passif avec très faible consommation énergétique sans chauffage ou refroidissement par des systèmes actifs. Ce concept du bâtiment passif était développé par le

Pr Adamson de l'université de Lund (Suède) et le Dr Wolfgang Feist de l'institut du logement et de l'environnement IWU de Darmstadt (Allemagne). (Tringali, L. 2010).

Pour ce type des bâtiments, les apports solaires passifs et ceux internes avec une ventilation adéquate permet d'avoir un climat intérieur confortable en été comme en hiver. (Laustens, J. 2008 cité par Semahi, S. 2013).

Afin de réaliser ce type des bâtiments, il s'agit de suivre les principes suivants : (PMP 2012 cité par Semahi, S. 2013).

- L'utilisation passive des rayonnements solaires pour chauffer en hiver.
- La sur-isolation par une isolation thermique très performante en bien gérant les ponts

thermiques avec une amélioration de l'étanchéité de l'air.

- La récupération de la chaleur perdue lors de la ventilation par un système de ventilation
- double flux et le chauffage d'appoint. (Mazari, M. 2012).
- L'efficacité électrique et l'utilisation de l'énergie solaire.

Ce type des bâtiments doit diminuer la consommation énergétique par 80% pour le chauffage par rapport aux constructions existantes. (Semahi, 2013).

4.5.3.3 Bâtiment zéro énergie :

Ce type des bâtiments produit l'énergie pour sa consommation. Il est autonome en énergie sur l'année par un des sources renouvelable avec une sur-isolation. Son bilan énergétique net annuel est nul. (Bernier, 2006 cité par Thiers, S. 2008).

4.5.3.4 Bâtiment à énergie positive :

Sa consommation énergétique est inférieure à sa production. La surproduction va être distribuée dans le réseau de distribution pour le revendre (Thiers, S. 2008).



Figure 2.3: Bureaux à énergie positive, ZAC de bonne, Grenoble.

Source: ferradji kenza 2017.

Ce type des bâtiments est très utile dans les sites

Isolés ou le coût de raccordement au réseau public

est trop cher.

4.5.4 La politique énergétique dans le secteur résidentiel en Algérie :

En 1986, l'Algérie en tant que pays exportateur du pétrole et de gaz naturel était influencée par le contrechoc pétrolier. Les prix du pétrole ont baissé et provoquait une forte crise économique. (Mazari, M. 2012).

Pour affronter ce type des situations, l'État algérien prend conscience de l'importance d'une politique d'efficacité énergétique par la mise en route d'un certain nombre des lois règlementaires.

4.5.4.1 Les lois règlementaires :

Les lois relatives à la maîtrise d'énergie sont :

1 La loi 09 - 99 du 28 juillet 1999 :

Elle est considéré comme une loi cadre relative à la maîtrise d'énergie, son rôle est d'assurer un des objectifs fondamentaux de la politique énergétique en Algérie. Par la gestion rationnelle de la demande d'énergie et fixe des nombreux aspects liés à la maîtrise d'énergie dans le domaine de la construction. (MEM, APRUE, 2010).

2 Le décret exécutif n° 2000-90 du 24 Avril 2000 :

Il porte la règlementation thermique dans les bâtiments neuf à usage d'habitation. (JORA, 2000).

3. La loi 04 – 09 du 14 Août 2004 :

Elle est relative à la promotion des énergies renouvelables dans le cadre du développement durable. (JORA, 2004).

4 Le décret exécutif 04- 149 du 19 Mai 2004 :

Il fixe les modalités d'élaboration du programme national de la maîtrise d'énergie. (**JORA, 2004**).

5 Décret exécutif n° 05-16 du 11 janvier 2005 :

Il fixe les règles spécifiques d'efficacité énergétique applicables aux appareils fonctionnant à l'électricité, au gaz et aux produits pétroliers.

6 Arrêté interministériel du 29 Novembre 2008 :

Il définit la classification d'efficacité énergétique des appareils à usage domestique soumis aux règles spécifiques d'efficacité énergétique pour ceux qui fonctionnent à l'énergie électrique. (**JORA, 2009**).

A partir de cette réglementation, le CNERIB7 a enrichie ce domaine par des documents techniques règlementaires. Ces DTR8 sont initiés par le ministère du l'habitat et mis en oeuvre par le CNERIB.

Ils sont destinés aux bâtiments à usage d'habitation, spécifiquement à la nature d'enveloppe des constructions.

7 Le DTR. C 3 - 2 :

Il s'agit des règles du calcul des déperditions calorifiques pour les bâtiments à usage d'habitation. Le but de ce DTR est de limiter la consommation énergétique pour le chauffage d'hiver par le calcul des déperditions thermiques.

8 Le DTR. C 3 – 4 :

Il s'agit d'un document qui prend en charge le calcul des apports calorifiques d'été pour les bâtiments à usages d'habitation. Il consiste à limiter l'utilisation de la climatisation pour rafraîchir en période d'été afin d'économiser la consommation énergétique.

9 Le DTR. C 3. 34 :

Il s'agit d'un document qui prend en charge la ventilation des locaux à usage d'habitation en donnant les principes généraux qu'il faut prendre en considération pour la conception des

installation de la ventilation naturelle.

Tous ces réglementations ont l'objectif d'introduire la performance énergétique pour les constructions neuf ou lors de réhabilitation en minimisant les besoins calorifiques par 40% selon l'APRUE. (Maouj, Y. sans date). Mais l'application de ces réglementations reste non obligatoire, la preuve est l'absence de toute efficacité énergétique dans les constructions sur le territoire Algérien.

4.5.4. 2. Les instruments de l'efficacité énergétique en Algérie :

4.5.4.2.1 L'Agence national pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie (APRUE) :

Il s'agit d'un établissement public à caractère industriel et commercial. Il a été créé par un décret présidentiel en 1985, sous la tutelle du ministère de l'énergie et des mines. Son objectif principal est la mise en oeuvre de la politique national de la maîtrise de l'énergie. (www.aprue.org.dz Par la loi n° 99-09 du 28 juillet 1999 relative à la maîtrise de l'énergie, les rôles de l'agence sont : (www.aprue.org.dz)

- L'organisation et l'application de la politique nationale de la maîtrise de l'énergie.
 - La mise en oeuvre et le suivi du PNME9.
 - La sensibilisation par l'importance de l'énergie.
- La programmation des projets sectoriels dans le domaine de la maîtrise de l'énergie en collaboration avec les secteurs concernés.

4.5.4.2.2. Fond National pour la Maîtrise de l'Energie (FNME) :

La création du FNME est par le décret exécutif n° 2000-116 du 29 mai 2000 fixant les modalités du fonctionnement du compte d'affectation spéciale N° 302-101 intitulé « Fonds national pour la maîtrise de l'énergie ». (JORA, 2000).

Son rôle principal est Le financement des actions inscrites au Programme National d'efficacité énergétique. (Boucheneb, Dj. 2013).

Le FNME est alimenté par : (JORA, 2000).

- Les conventions de l'état ;
- Le produit de la taxe sur la consommation nationale d'énergie ;

- Le produit de la taxe sur les appareils énergivores ;
- Le produit des amendes prévues dans le cadre de la loi relative à la maîtrise

De l'énergie ;

- Le produit des remboursements de prêts non rémunérés consentis dans le cadre de la maîtrise de l'énergie ;

4.5.4.2.3. Programme national de maîtrise de l'énergie (PNME) :

Le PNME créé par le décret exécutif n°04-149 du 19 mai 2004 représente le cadre de mise en oeuvre de la maîtrise de l'énergie au niveau national. (**MEM, Aprue 2010**).

Le PNME comprend : (**MEM, Aprue 2010**).

Le cadre et les perspectives de la maîtrise de l'énergie ;

L'évaluation des potentiels et la définition des objectifs de la maîtrise de l'énergie ;

Les moyens d'actions existants et à mettre en oeuvre pour atteindre les objectifs de long terme ;

Un programme d'actions quinquennal ;

4.5.4.2.4 Comité intersectoriel de maîtrise de l'énergie (CME):

Afin d'assurer l'animation et la coordination de la politique de maîtrise de l'énergie, l'Algérie a décidé la création, en 2005, le Comité intersectoriel de la maîtrise de l'énergie (CIME), il s'agit d'un organe consultatif placé auprès du ministère chargé de l'énergie. (**JORA, 2004**).

Ce Comité a le rôle d'organiser la concertation et le développement des partenariats public/privé. Les membres de ce comité sont des représentants des ministères, des entreprises, des chercheurs, de la société civile et du directeur de l'APRUE. (**JORA, 2004**).

Le comité donne ses avis sur l'évolution de la politique de maîtrise de l'énergie et des moyens qui lui sont consacrés et sur les travaux d'élaboration avec la mise en oeuvre et de suivi du programme national pour la maîtrise de l'énergie. (**JORA, 2004**).

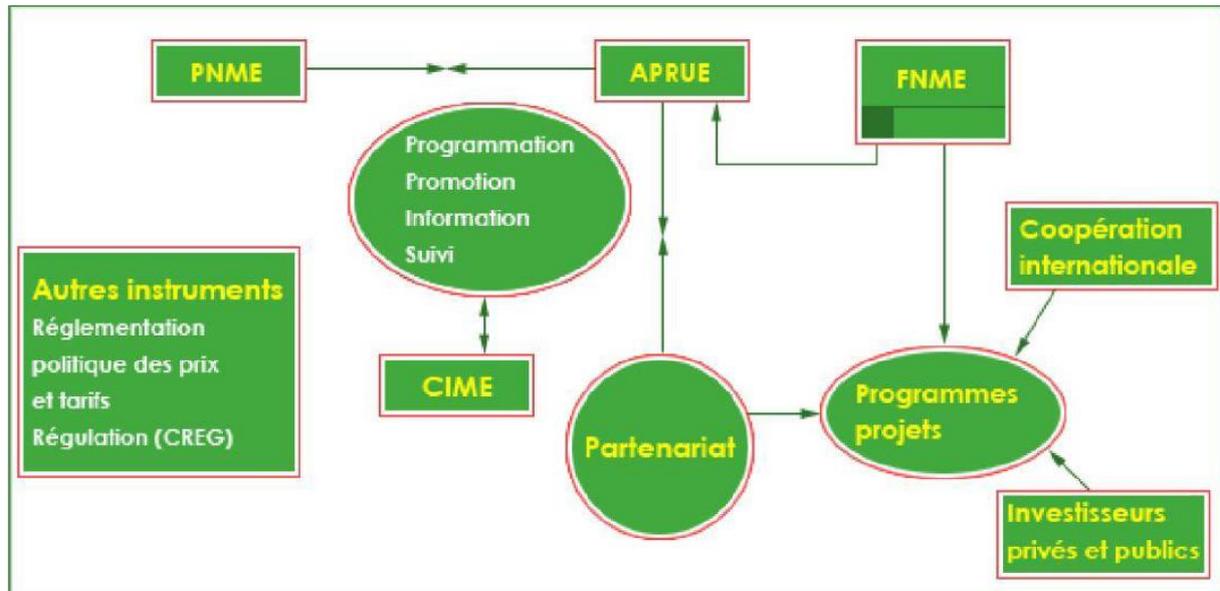


Figure 2.4 la relation entre différents instruments de la maîtrise d'énergie (source ferradji 2017)

4.5.5 Les programmes nationaux pour la maîtrise d'énergie :

Lors de la stratégie nationale de la maîtrise d'énergie, l'Aprue a lancé en 2009 cinq programmes de maîtrise et d'économiser l'énergie : (Aprue, 2009).

4.5.5.1 Programme Eco-Lumière :

Il s'agit d'un programme qui a pour objectif d'assurer un éclairage performant par l'utilisation des lampes à basse consommation. Par la diffusion d'un million des lampes économiques dans les ménages sur le territoire national.

4.5.5.2 Programme Prop-Air :

Il s'agit d'apporter un appui au développement du GPL Carburant pour diminuer l'impact de la pollution des transports dans les zones urbaines.

4.5.5.3 Programme Top-industrie :

Il s'agit d'apporter une amélioration de la compétitivité avec une diminution des coûts de production en proposant une stratégie de maîtrise d'énergie.

4.5.5.4 Programme Alsol:

Il s'agit de distribuer 1000 chauffe-eau solaire dans le secteur des ménages et 1000 autres dans le secteur du tertiaire. Il vise de mettre en place les conditions d'un marché durable du solaire thermique en Algérie. Ce programme consiste à trouver une collaboration entre l'APRUE et l'FNME10.

Ces programmes consistent à créer des économies de la consommation énergétique et minimiser l'émission du gaz à effet de serre.

4.5.5.5 Programme Eco-Bât :

Ce programme a été lancé par l'APRUE et 11 OPGI11 afin de réaliser 600 logements de haute performance énergétique à travers le territoire national. Il consiste d'optimiser le confort thermique dans ces logements tous en minimisant la consommation énergétique liée au chauffage et de climatisation par environ 40%. La localisation de ces logements est selon les zones climatiques dans 11 wilayas. (Y. Maoudj, sans date, www.aprue.org.dz consulté le 25.02.2015).

Il s'agit d'apporter un soutien technique aux maîtres d'ouvrage d'un côté et un aide financier par le Fonds National pour la maîtrise d'énergie par 80% des surcoûts liés aux travaux d'installation des équipements de haute performance énergétique. (FNME).

L'objectif de cette opération est de sensibiliser les acteurs du secteur du bâtiment par l'importance de la problématique d'efficacité énergétique.

Zone climatique	Région	Logement HPE
Zone littorale	Alger	50
	Skikda	50
	Blida	80
	Mostaganem	82

	Oran	80
Zone haut plateaux	Sétif	54
Zone nord-sud	Laghouat	32
Zone grand sud	Djelfa	80
	Béchar	30
	Eloued	36
	Tamanrasset	30

Comment réduire la consommation énergétique dans un bâtiment par son enveloppe ?

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

Conclusion :

La consommation énergétique dans nos jours est un paramètre capital dans la conception architecturale. Il est mesuré par des différents facteurs tels que: l'orientation, l'isolation, la durée de vie d'un bâtiment, les installations techniques dans une pièce. En outre, par le taux de la consommation d'énergie primaire par une construction. Cette approche-là est de but de bien choisir quel type d'énergie renouvelable à utiliser pour réaliser un bâtiment durable.

II. L'orientation d'un bâtiment :

II. 1. Introduction :

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. Lorsqu'on a affaire à un bâtiment sur plan, le facteur d'orientation est appréciable dans ces effets non pas au bâtiment d'ensemble, mais à ses différentes pièces.

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.

Le choix des matériaux, la disposition des locaux, les percements, l'orientation et la modénature des façades, les fermetures et l'aménagement des espaces adjacents sont les points importants pour la réalisation d'un maintien naturel d'ambiances thermiques intérieures confortables ou proches du confort.

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

Cette partie de ce chapitre-là va traiter le concept de l'orientation d'un bâtiment.

II. 2. A la recherche de la propre définition d'une orientation :

« C'est l'action d'orienter quelque chose, de régler sa position par rapport aux points cardinaux (orientation d'un édifice) ». Il s'agit d'une matérialisation de la direction de l'orient par les deux paramètres : le lever du soleil à l'équinoxe et les points cardinaux (Nord de la boussole). Auparavant, elle est apparue dans l'architecture religieuse où l'orientation du chevet est vers l'orient. Le cas d'une mosquée, on parle de la Qibla (23° de l'Est).

En architecture, l'orientation prend un sens figuré. Elle cherche la disposition d'une construction par rapport à une vue, aux points cardinaux et aux éléments naturels.

II. 2.1 L'orientation dans la conception architecturale :

Depuis longtemps, l'orientation des édifices était un souci chez les fondateurs. Les points cardinaux sont importants dans l'architecture car ils fournissent des repères dans l'espace et

dans la vie. L'Est est l'orientation la plus particulière comme elle est reliée au lever du soleil car il est une source de vie et de la lumière. Ainsi, il devise le temps en des jours, des mois et des années, en des cycles. La religion, la vie quotidienne, l'architecture et la culture sont influencées par le constat précédent. Le choix d'orienter la bâtisse vers l'Est se fait sur des relations métaphysiques, l'intérêt fonctionnel et sanitaire. En sorte que, l'amélioration de la qualité de vie de l'homme soit cherchée.

II. 3. Les facteurs déterminants de l'orientation :

3.1. Le site :

La bonne implantation est un facteur majeur influant sur l'orientation de la construction ou chaque conceptualisation d'espace passe par la prise en compte des :

- Déplacements de l'air frais et lourd.
- Versants de l'ombre et les passages des vents.
- Vitesse des vents.

L'analyse de site est la première étape pour chaque travail d'urbanisme climatique. Elle base sur les données climatiques générales et elle résulte le zonage des espaces. Le maillage des rues défont les réseaux existants, la hiérarchie urbaine et les reliefs. À l'aide de ces paramètres, on peut chercher la meilleure disposition qui autorise le maximum d'orientation idéale des parcelles afin de concevoir facilement l'ensemble du tissu urbain comme indique la figure ci-dessus.

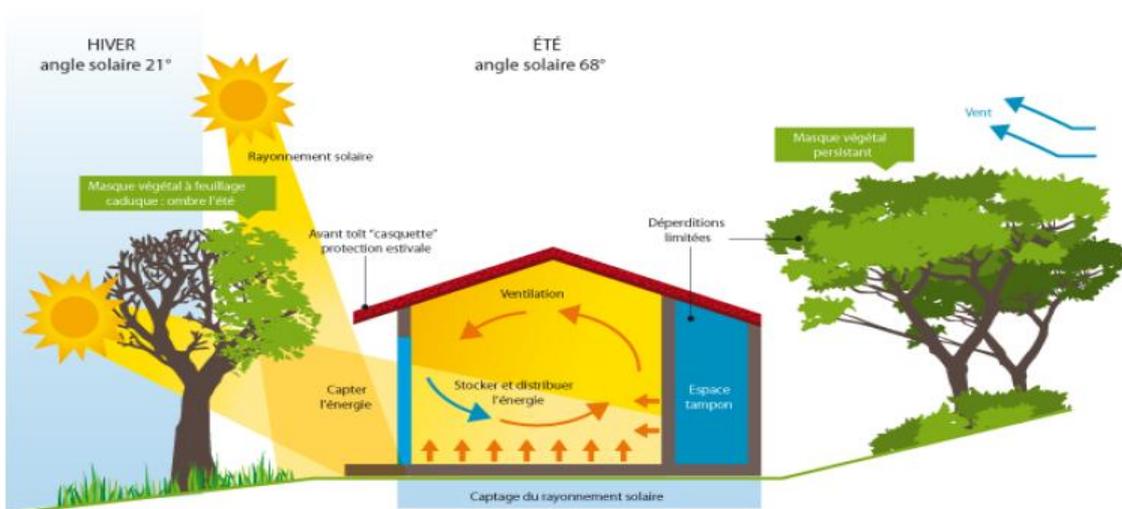


Figure2.5 Le choix de la meilleure disposition d'une maison selon l'orientation et la topographie de site Source : **benhara 2016.**

La largeur de la rue présente un paramètre important. Son respect offre un confort des espaces extérieurs ou intérieurs car elle a un impact énorme sur la propagation du rayonnement solaire dans le logement. Alors, la fonction d'un édifice détermine son orientation à partir des paramètres telle que le besoin de la lumière naturelle, le captage solaire en hiver et la protection des rayonnements solaires en été, le refroidissement et le rafraîchissement du bâtiment dont la façade est l'élément articulateur entre l'extérieur du bâtiment et son intérieur. L'intervention est apportée sur la protection contre les vents froids en hiver pour minimiser la consommation du chauffage aussi bien que d'éviter la surchauffe en été.

3.2. Le vent :

3.2.1 Les type des vents :

Les vents sont regroupés en trois grandes familles. Les vents dominants qui sont des phénomènes climatiques de grande échelle, observables en plusieurs centaines de kilomètres. Ce type des vents change durant la journée.

Les vents saisonniers sont des vents soufflent par saisons ; les masses d'air qui situent sous les continents sont chaudes en été et froides en hiver par rapport à celles situées au-dessus des océans voisins. En été, les continents deviennent des zones de basses pressions mais en hiver, ils deviennent des zones de hautes pressions.

Les vents locaux sont des résultats de la géographie de la région, ils agissent sur des petites étendues, par exemple : les brises de mer se produisent à côté des littoraux, les brises de terre qui sont l'inverse de la circulation des brises de mer qu'elles se déroulent pendant la nuit aussi elles sont plus faible que celle-ci ; ou de montagne/ vallée.

3.2.2 L'effet de l'environnement sur le vent:

On distingue quatre classes du vent par la méthode utilisée dans OPTI. La première classe est au bord de la mer avec une vitesse (≥ 2 km de la digue), la deuxième classe est à la zone rurale avec bâtiment ou arbre isolés. La zone urbanisée, industrielle ou forestière est la troisième classe dont la quatrième présente la ville. La vitesse de vent est influencée par les étendues de l'eau chaudes en hiver et fraîches en été. Les versants de colline ou les courants d'air sont favorisés par le gradient de température durant la journée. La nuit, l'air circule dans le sens

opposé; la longueur de la vallée. Dans les villes, des courants d'air sont créés par des grands espaces dégagés.

3.2.3. Le vent à l'échelle urbaine :

3.2.3.1. Les obstacles du vent :

La face d'un projet exposé au vent c'est une face en surpression et celle opposée est en dépression. Ces phénomènes sont un résultat obtenu d'effet des obstacles du vent. Ils ont des formes variées. Les constructions forment des écrans permanents sont classés en quatre types comme indique le tableau ci-dessus. La végétation présente des nombreuses variations soit en taille ou en opacité.

<p>Les obstacles sont en bas dont la hauteur maximale est 15 m, le vent passe par-dessus.</p>	<p>Les obstacles sont en haut : Deux bâtiments créent un effet Venturi et un bâtiment crée un effet de coin .</p>
<p>Le profil de l'obstacle varie trop rapidement, il existe un écoulement principal, l'air de la zone de découlement en un tourbillon dont le sens de rotation est évident aussi on remarque un découlement de vent de l'obstacle.</p>	<p>La combinaison des obstacles : le vent crée des zones de surpression et dépression son installation de la première zone vers le deuxième gêne le confort extérieur de l'espace.</p>

Figure 2.6 . Récapitulatif des obstacles des vents réadapté par (houda benhara 2016).

Un effet types est créé dans chaque déplacement de vent à la présence de ces différents obstacles.. La végétation est l'un des obstacles des vents, ses variations se présentent dans sa taille. C'est- à- dire sa croissance et son opacité selon les saisons. Elle réduit la vitesse des vents dans une moindre mesure mais sur une profondeur importante; quand la longueur de l'écran est équivalente à 11 à 12 fois la hauteur subséquemment la zone protégée est de 8 heures.

3.2.3.2 Le vent comme une source dans la conception architecturale:

La fréquence des vents dominant est influencée par la topographie de l'environnement, ce qui influe sur l'orientation des édifices. Depuis 2000 ans, les Perses utilisent un système de la ventilation passive à l'aide d'une tour à vents. Son principe de fonctionnement est les différentes pressions d'air selon les directions des vents afin de rafraichir les espaces internes en été. Au Pakistan, l'utilisation d'un dispositif de ventilation depuis 500 ans en quartier bas de Sind, d'Avril à Juin, les températures montent à 49°C. La brise est canalisée l'après-midi pour faire chuter la température à 35°C par des dispositifs de « capte-vent ». Au Japon aussi, ces dispositifs sont utilisés afin de se protéger contre les vents d'hiver et les tempêtes de neige.

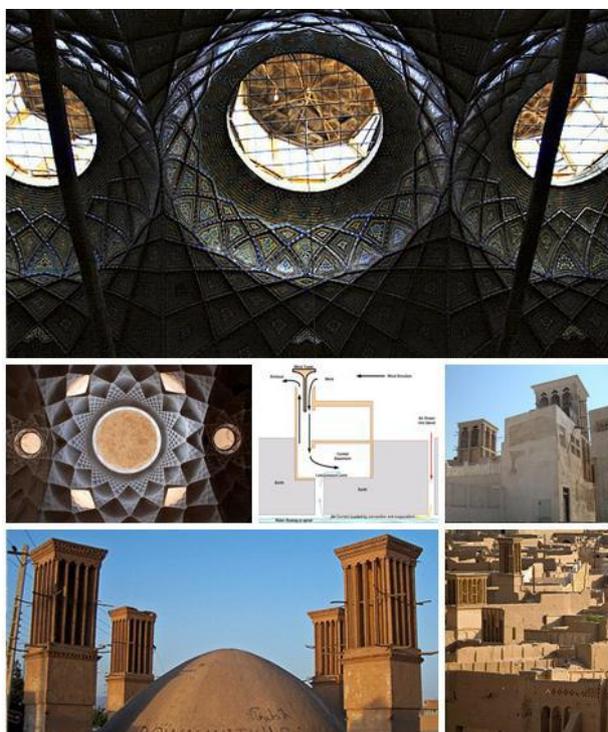


Figure2.7. Le système de ventilation passive utilisé chez les Perse depuis 2000 ans. Source : thèse **houda benhara2016**

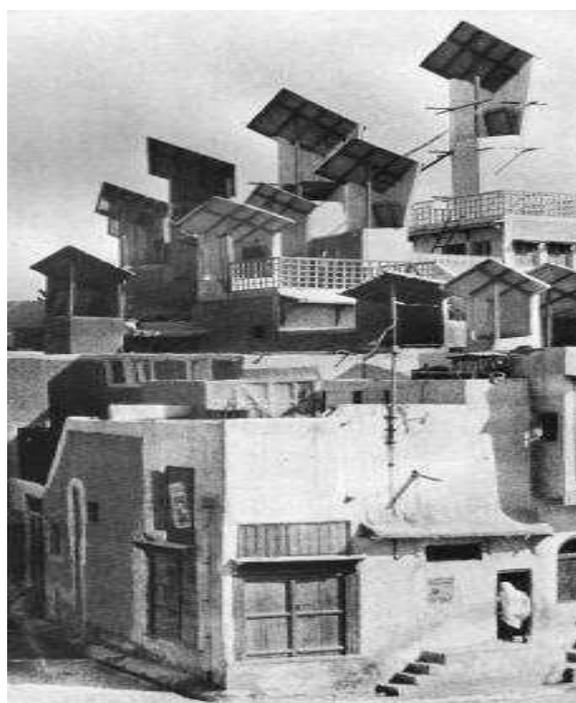


Figure2.8. Le système du captage des vents en Pakistan. Source these **houda benhara 2016**

Les obstacles de proximité influent sur la ventilation à l'intérieur d'une construction. Il faut traiter ces facteurs primordialement: la distance, la situation, la hauteur , la porosité et le volume des constructions pour arriver à une construction saine . La santé respiratoire des occupants avant d'être un champ d'intervention médicale est un résultat d'un projet bien

ventilé. La ventilation réduit la consommation d'énergie due à l'usage intensif des moyens techniques.

L'adaptation au niveau de plan de masse consiste à développer le brassage d'air, une canalisation des écoulements du vent, si les bâtiments sont exposés au vent. La surface mieux ventilée c'est la première ligne exposée aux vents, les interstices, les failles, les passages entre les obstacles tendent à réduire le mouvement des tourbillons.

3.2.3.3 . Types de la ventilation:

Dans sa propre définition, la ventilation c'est l'apport d'air neuf de l'extérieur pour renouveler l'air du logement et extraire l'air vicié.

A • La ventilation naturelle :

Il s'agit d'une ventilation sans l'assistance de ventilateur. Le vent ou l'écart de température entre l'intérieur et l'extérieur entraînent le passage d'air grâce à la présence des grilles de ventilation. La ventilation naturelle est une ressource de rafraîchissement passif.

Elle assure la sécurité et le confort des occupants sans retour à l'utilisation de ventilateur. La ventilation naturelle est avantageuse car elle réduit les coûts de construction, minimise la consommation d'énergie (système de conditionnement et de ventilateurs) et élimine le bruit des ventilateurs.

On a renouvelé l'air d'une maison pour apporter un air neuf, évacuer les odeurs et les polluants ainsi éliminer l'excès d'humidité aussi bien que, fournir à certains appareils l'oxygène nécessaire pour leurs fonctionnements. Dans les anciens bâtis, cette aération se faisait naturellement parce qu'elle base sur les conduits de cheminée et les défauts d'étanchéité des constructions alors l'absence de contrôle de la circulation d'air et les déperditions de chaleur. Cette aération a de principe la différence des températures et des pressions entre l'extérieur et le bâtiment, elle est efficace qu'en hiver.

B • La ventilation mécanique :

C'est un système comportant un ou deux ventilateurs électriques qui mettent l'air en mouvement afin de permettre son évacuation ou son insufflation forcée. Dans une VMC (ventilation mécanique contrôlée), les bouches de ventilation régulent automatiquement VMC(ventilation mécanique contrôlée), les bouches de ventilation régulent automatiquement

l'admission et l'extraction d'air afin d'assurer correctement son renouvellement tout en limitant les déperditions d'énergie.

3.3. L'ensoleillement :

« Le soleil intervient pour dispenser lumière et chaleur. Une orientation adaptée aux contraintes du bâtiment permet ainsi de réduire les consommations de chauffage et d'éclairage ». (Liebard A et Deherde, 2004, p.64 a).

La distance entre la terre et le soleil est de 149 597 870 km. L'énergie solaire transmise par le soleil permet de rendre la vie possible sur la terre. Le temps pris est de 8 minutes et 19 secondes que la lumière solaire parvienne jusqu'à la terre, à la présence des eaux les végétaux font la photosynthèse. Le phénomène de jour-nuit est un résultat de la rotation de la terre sur elle-même pendant un jour (24 heures). Autour du soleil, elle effectue une révolution lorsqu'elle tourne autour d'un point extérieur (le soleil) durant une année dans une trajectoire appelée orbite, le mouvement de la terre autour du soleil résulte les quatre saisons

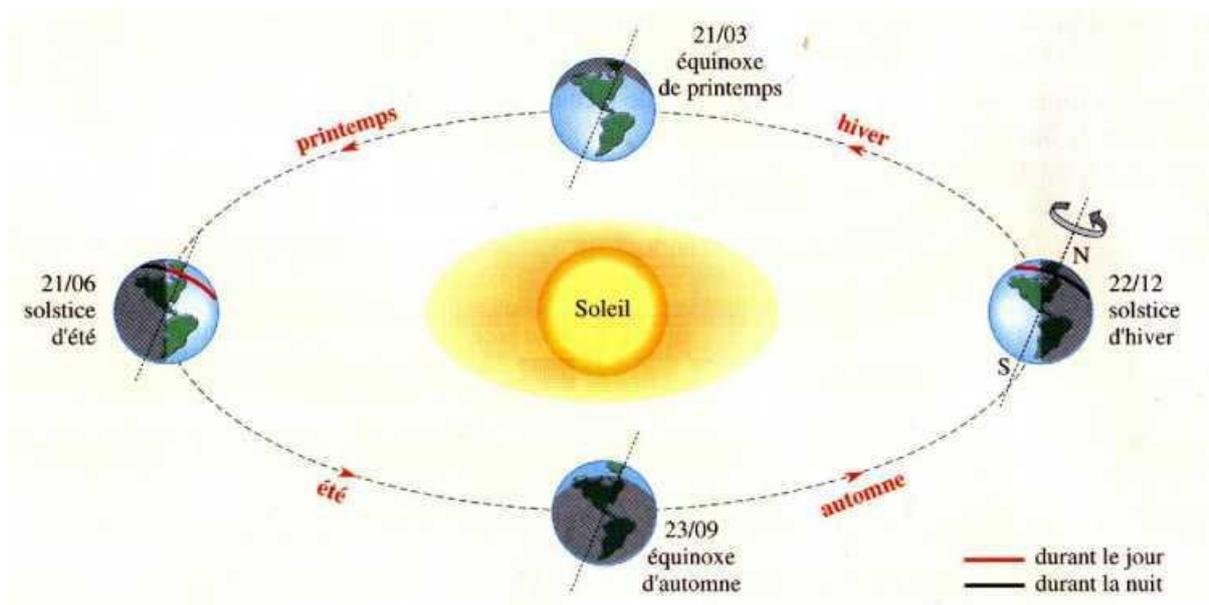


Figure2.9. Le mouvement de la terre autour du soleil. Source benhara 2016.

« Il fait chaud, en été », « il fait froid, en hivers », ces deux phénomènes constatés dans les deux périodes sont causés de l'inclinaison de la terre. En été, nous exposons plus et plus longtemps au soleil et le contraire se passe en hiver.

3.3.1. La disposition spatiale :

« En général, les pièces de vie d'une maison ancienne sont situées du côté chaud, où les apports solaires en hiver sont importants et donc les besoins de chauffage les plus faibles. Ces pièces de vie sont généralement protégées, côté froid, par les pièces de service (cellier, cuisine, réserve,...) ».

Il existe des nombreuses étapes à suivre depuis l'échelle urbaine jusqu'au à celle architecturale. Elles sont bien exprimées par des analyses de site et des données climatiques afin de bien intégrer les contraintes environnementales et énergétiques selon la zone climatique de la maison à concevoir.

La réduction de la consommation de chauffage et d'éclairage résulte d'une orientation adaptée à la contrainte des bâtiments. Par une comparaison des besoins de chauffage d'une habitation selon l'orientation et la proportion des vitrages (surface vitrée/surface de la façade), on constate une diminution des besoins de chauffage pour l'orientation sud par contre pour celle Nord. Cette dernière est en augmentation. Notons bien qu'elle dépend plusieurs paramètres : le type de vitrage, l'inertie, l'isolation des parois. Les apports solaires sont précieux en hiver et en mi- saison car ils sont gratuits qu'on l'obtient grâce à une bonne orientation du bâtiment. Cette activité base sur l'installation rationnelle des baies vitrées et les capteurs solaires. L'énergie gratuite fournit par le soleil est identique dans toutes les saisons. La seule différence s'exprime aux niveaux de la durée d'exposition et l'angle des rayonnements.

Pièce	Orientation conseillée	Justification
Salon, séjour	Sud	Le salon est la pièce à vivre par excellence. Il doit être claire, panoramique chaude en hiver, fraîche en été.,
Chambres principales	Est Sud-est	Les chambres doivent de préférence être orientées à l'est pour profiter du lever du soleil mais rester fraîches en fin de la journée. Toutefois, la chambre des parents, (qui contrairement aux enfants ne séjournent pas dans cette pièce hormis pour le sommeil) pourra être orientée ouest (à condition de laisser les volets fermés les journées d'été) voire au nord.
Cuisine	Tout dépend...	Suivant votre mode de vie, la cuisine est peut-être pour vous une pièce de séjour dans laquelle vous prenez la plupart de vos repas. Dans ce cas, une orientation au sud est préférable. Une

		double orientation sud + est vous permettra de prendre vos petits déjeuners en bénéficiant du soleil. D'un point de vue calorifique, la cuisine est une pièce qui, à cause de la cuisson des repas, produit de la chaleur. Si vous ne supportez pas les grosses chaleurs en été, placez-là au nord. Elle sera chaude en hiver et ne se transformera pas toute entière en four durant l'été ; mais ce sera au prix d'une pièce à vivre relativement sombre. Dans tous les cas, essayez de ne pas placer la cuisine trop loin de la salle à manger ni de la terrasse où vous prendrez les repas durant l'été.
Salles de bains	Nord de préférence	Les salles de bain sont des pièces qui ne nécessitent pas de grandes ouvertures. C'est pourquoi, une orientation nord sera suffisante à leur usage.
WC, penderies...	-	Toutes ces pièces utilitaires peuvent fort bien se passer d'ouverture et combler ainsi des espaces "vides" au centre de la maison.
Bureau	Nord	Si vous utilisez un ordinateur à la maison, une pièce au nord évitera d'avoir une trop forte luminosité qui gêne la visibilité des écrans. Une telle pièce peut par exemple servir de chambre d'amis pour laquelle l'orientation importe peu.
Pièces "froides" (entrée, garage, celliers, buanderie, débarras, atelier)	Nord	Toutes les pièces où il n'est pas nécessaire d'avoir une température de 19°C seront de préférence disposées sur les façades froides de la maison. Elles jouent le rôle de "tampon" ou de "sas" avec les pièces principales et permettront de réduire les déperditions de chauffage.

Tableau 2.1. La meilleure disposition des pièces d'une maison selon l'orientation. Source these **houda benhara** 2016

Les parois vitrées orientées vers le Sud captent 800 W/m² par rapport à une autre façade vitrée orientée vers l'Est qui capte 400 W/m². Comme énergie fournit par l'utilisation de vitrage (surfaces vitrées posées sans protection quelle que soit la saison. Si les parois sont isolées, elles apportent un confort en saison froide. Alors, la bonne disposition des parois vitrées assure le bénéfice maximal des apports solaires gratuits, d'un très bon éclairage et un confort consiste par une bonne température en été et minimisant l'utilisation des appareils de rafraîchissement et de climatisation.

Les règles précédentes dans le cas d'une construction neuve mais en cas de la rénovation, le travail se fait à partir d'une redistribution des surfaces vitrées selon l'usage des espaces : dans le cas de la construction neuve, la RT 2005 considère les surfaces des baies vitrées pour 1/6 de la surface habitable avec 40 % orientation au sud et 20 % sur chacune des orientations

L'accumulation de la fraîcheur nocturne est l'objectif primordial du confort d'été. Il est remarqué par l'usage des ouvertures et des baies vitrées positionnées sur les façades opposées, non exposées au bruit pour effectuer une ventilation transversale pendant la nuit. La réglementation thermique 2005 prend comme référence la température intérieure de 26° en été et un facteur solaire de 0,15 m²K/W . Pour arriver aux conditions mentionnées précédemment, l'utilisation d'une toiture en emploi et des protections extérieurs.

II. 4. Effet de l'orientation des façades par rapport au soleil :

4.1 Effet de l'orientation sur les températures de surfaces extérieure:

La température de la surface externe (d'après **GIVONI.B, 1978**) à 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.

4.2 Effets de l'orientation sur les températures intérieures :

L'importance de l'effet thermique de l'orientation des murs sur l'ambiance

Intérieure dépend :

- De la conception.
- Des caractéristiques de la construction.

Les températures suivent le régime de l'air extérieur et offre peu de variation avec l'orientation dans le cas d'une surface de faible absorption. Et les températures surfaciques intérieures pour les différentes orientations sont à peu près les mêmes veulent dire indépendante de l'orientation (Elle dépend de la capacité calorifique de la structure et par la

résistance thermique des matériaux constituant le bâtiment) ; Donc elle est très peu affectée par l'orientation. (GIVONI.B, 1978- E.GREGORY. Mc PHERSON, 1980)

Si l'extérieur des murs est sombre, le régime de la température varie en fonction de l'irradiation, solaire de la surface, qui est déterminé par son orientation. L'importance de l'élévation de la température au-dessus du niveau ambiant dépend de la direction du vent.

L'influence de l'orientation sur les températures externe affecte le flux de chaleur à travers le mur, et les températures de surface interne. (B. GIVONI, 1978) constate que lorsque la couleur est grise, la différence de température entre murs d'orientations et d'épaisseur différente était plus marquée pour les murs minces (de 10cm) avec un écart de 4.5°C, l'augmentation de l'épaisseur modérait sensiblement ces variations de températures ou l'intervalle des températures était de 2.5°C.

4.3 Effet de l'orientation des façades par rapport au vent :

La direction du vent à un impact direct sur les conditions d'ambiance intérieure, et la position de la façade joue un rôle important pour le refroidissement et la ventilation interne.

La position des façades et des ouvertures par rapport aux vents dominant n'est pas indifférente ; distinguer entre les vents forts et les brises ; Les premières constituent une nuisance la seconde peut contribuer à la ventilation naturelle d'été. Les orientations peuvent donc être choisies suivant le besoin climatique de la région.

Les parois exposées au vent porteur de pluie doivent être spécialement protégées, tandis que celles exposées aux brises peuvent être plus largement ouvertes. (Izard.J.L et Guyot.A, 1979)

4.4 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.14

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 d'une habitation sont responsables d'une importante source de déperditions thermiques « 10 fois moins isolante qu'un mur »15 mais ils peuvent être le point de passage d'importants apports solaires, l'hiver comme l'été.

La (figure 2.9) montre l'effet de l'incidence du vent sur la température intérieure, (GIVONI, 1915 J. SOBIN, 1981) ont démontré qu'une légère amélioration en vents obliques, spécialement dans le cas d'une ouverture de forme horizontale.

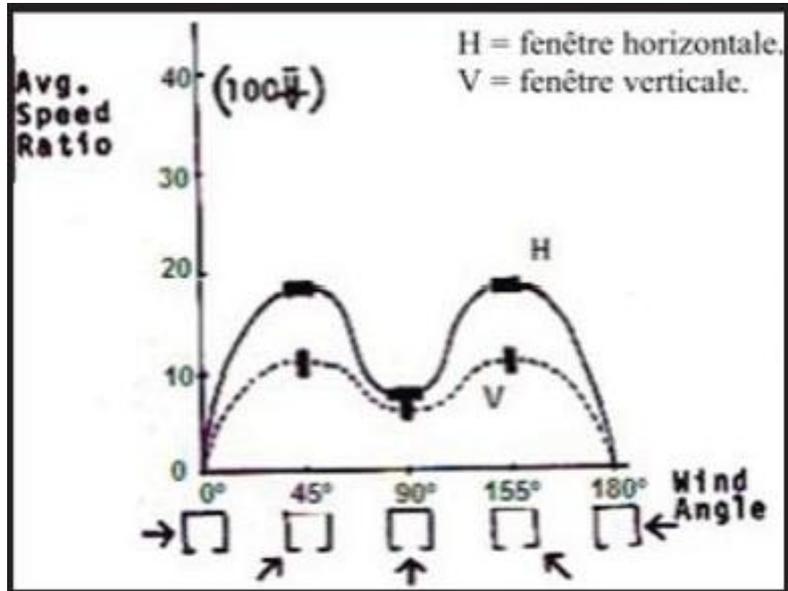


Figure 2.10 : Effet de la direction du vent sur la distribution

de l'air à l'intérieur des chambres. Source : **Khaldoune Assam.Lefouili Mohamed Imad Eddine.2016**

II. 5. L'ombrage :

Plusieurs chercheurs dans le domaine d'architecture en milieu chaud précisent que toute stratégie bioclimatique doit essentiellement se baser sur les conditions d'été pendant la période de surchauffe [GIVONI, 1980] « Le thème de l'ombre est familier pour tout architecte, mais il est une idée directrice pour les architectes modelant avec le soleil.

En saison d'été, le soleil est source de malaise ; Divers éléments utilisés pour ombrager l'enveloppe architecturale, si les murs des façades se portent ombre mutuellement ou bien grâce à l'implantation d'arbre, d'autres moyens sont éventuellement utilisés pour se protéger du rayonnement solaire.

Offrir de l'ombre c'est limiter les radiations solaires sur les surfaces extérieures de l'habitat, pour réduire les apports solaires :

5.1 Ombre urbaine :

« La forme urbaine, l'étroitesse des rues et la hauteur des constructions assurent un ombrage mutuel des façades. Selon l'orientation, il peut également intercepter les rayons solaires bénéfiques en période froide. Il faudra également souligner que ces rapports entre largeur des rues et hauteur des constructions sont des stratégies utilisées aussi pour protéger les espaces extérieurs ainsi que les bâtisses contre les vents chauds d'été et ceux froids de l'hiver

Généralement le tissu urbain dans l'architecture traditionnelle est dense et compact qui a un effet primordial de protection de rayonnement solaire d'été, et il est protégé contre les vents froids. Ses rues sont étroites longues et tortueuses, qui permet l'ombrages des passages le long de la journée et présente une certaine fraîcheur.

La protection contre les vents chauds et la recherche des brises fraîches confère à la ville une organisation et une orientation des rues qui canalisent l'air frais (figure 2-10). La réduction des surfaces extérieures exposées au soleil ; l'ombrage des circulations extérieures.

Ou il a été constaté qu'une différence de températures allant jusqu'à 5°C peut exister entre la température d'un espace ouvert et un site à densité moyenne où forte. Comme il a été démontré que le prospect de la rue dans un tissu traditionnel de la ville d'El Oued, offre un microclimat plus agréable qu'en tissu contemporain

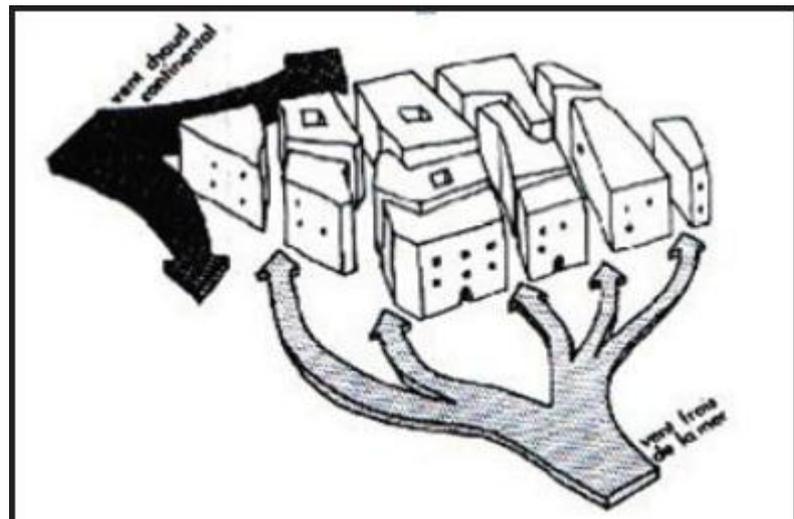


Figure 2-11: Organisation et Orientations des rues pour canaliser l'air frais.

Source : **Khaldoune Assam.Lefouili Mohamed Imad Eddine 2016.**

II. 6. 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. Avec des murs convenablement localisés, et avec des ouvertures efficacement occultées suivant les exigences de l'orientation, les différenciations dans les températures intérieures selon l'orientation sont négligeables (GIVONLB, 1978) et (E.GREGORY Mc PHERSON, 1992).

En conclusion, il est donc nécessaire de procéder à une étude expérimentale sur un modèle de bâtiment contemporain pour tester l'impact de l'orientation sur la température intérieure ainsi que le confort thermique résultant afin de confirmer ou d'infirmer ces résultats.

III. L'ETAT DE L'ART :

III. 1 Introduction :

La maîtrise de l'ambiance thermique des bâtiments à travers la façade tout en minimisant la consommation énergétique est considérée comme un défi pour les concepteurs. De nos jours, ce défi est d'autant plus difficile à relever particulièrement avec les conditions climatiques et économiques actuelles qui ont fait de la performance énergétique une exigence mondiale dans tous les domaines en particulier dans celui du bâtiment.

À cet égard, nous aborderons dans cette dernière partie de ce chapitre les études les plus importantes qui ont été réalisées sur le thème de l'efficacité thermique des bâtiments.

III. 2 les études qui ont été réalisées sur le thème de l'efficacité thermique des bâtiments :

2.1 Impact de l'orientation sur la consommation énergétique dans le bâtiment. -Cas des zones arides et chaudes-. « BENHARRA Houda2016 » :

La présente recherche vise à favoriser l'expansion et le développement de l'énergie solaire dans un environnement urbain. Aussi, d'accentuer sur l'effet que peuvent produire les différentes orientations sur l'énergie primaire consommée (l'énergie solaire directe reçue).

Résultat obtenue :

À la fin de cette recherche, l'hypothèse est affirmée. Alors, l'orientation est un indice majeur dans l'implantation du bâtiment à son environnement. Le choix d'une orientation appropriée peut réduire la consommation énergétique ; c'est la manière la plus facile d'éviter l'insertion des bâtiments énergivores.

À retenir :

Pour réduire la consommation énergétique primaire (rayonnement solaire) dans une construction dans le jour le plus chaud dans la ville de Biskra, il faut suivre ces précautions. Il faut :

- Choisir une forme allongée de la construction.

- Insérer des cours , des patios à l'intérieur des constructions pour aérer la parcelle.
- Essayer le maximum de tourner vers la notion de la compacité (c'est l'une des solutions pour la réduction de la consommation énergétique) .
- Choisir des couleurs claires aux parois extérieures.
- L'insertion d'une maison à grande cour est de but d'aérer l'ilot aussi bien que de faciliter la pénétration des rayonnements solaires à l'intérieur de sa périphérie.
- Le cas d'une orientation Nord et Est , il faut prendre certaines précautions à l'échelle du détail constructif de la construction .

2.2 amélioration de la performance énergétique des habitations : la certification énergétique comme une stratégie durable. Cas de la ville de Bechar « Ibtissame BENOUDJAFER2018 ».

L'objectif principal de cette recherche consiste à améliorer la performance énergétique de l'habitation collective de la ville de Bechar qui se caractérise par un climat chaud et aride. Il consiste à évaluer le confort thermique des habitants, et réduire la consommation d'énergie, répondant d'abord aux normes minimales du logement à cette région, surtout en période estivale.

Résultat obtenue :

Ce travail a donc permis de structurer un certificat énergétique susceptible d'être appliqué aux bâtiments de référence dans la région Sub-Saharienne (à climat chaud et sec), ce qui peut permettre d'effectuer une réduction significative de la consommation énergétique et, en même temps, d'améliorer l'état du confort de ces bâtiments. Cette proposition d'une certification énergétique, comme une stratégie durable, sollicite une diffusion auprès d'un outil pertinent de la simulation thermique dynamique du bâtiment. Les certifications énergétiques sont un des mécanismes utilisés pour mettre en oeuvre une amélioration de la performance et l'efficacité énergétique. Ils ont pour objectif de faciliter les investissements permettant de réduire la consommation d'énergie, à la fois par un soutien financier, la fourniture d'informations et de conseils aux investisseurs et la structuration des professionnels.

2.3 Étude et optimisation de la façade pour un confort thermique et une efficacité énergétique (Cas des bâtiments tertiaires dans un climat chaud et aride) « KHADRAOUI Mohamed Amine2019 ».

La présente recherche s'inscrit dans une démarche qui se base sur l'optimisation des éléments de la façade d'une manière passive afin d'améliorer les ambiances thermiques et réduire les besoins énergétiques des immeubles de bureaux situés dans un climat chaud et aride.

Problématique :

Quels sont les éléments et les paramètres à optimiser dans la façade afin d'assurer le confort thermique et l'efficacité énergétique des bâtiments tertiaires dans un climat chaud et aride ?

Résultat obtenue :

Les résultats de la présente recherche ont été positifs dissipant l'ambigüité sur le comportement thermique des éléments de la façade et leurs impacts sous les conditions des zones chaudes et arides. L'étude a prouvé que l'utilisation des éléments appropriés avec la prise en compte des spécificités climatiques ont une grande contribution sur l'amélioration et la préservation des conditions du confort thermique tout en minimisant les besoins énergétiques de la construction. Ces résultats montrent que la maîtrise des phénomènes thermiques se répercute directement sur l'efficacité des constructions. Un choix adéquat de la surface vitrée combiné à un type de vitrage approprié, une protection adéquate et une surface opaque performante améliorent considérablement les conditions thermiques intérieures et la performance énergétique du bâtiment.

Chapitre 03 :
L'analyse du cas d'étude et
la méthodologie de
recherche

I. Introduction :

En complétant sur le même trajet de recherche et suite à la présentation de l'expérience algérienne dans le domaine de haute performance énergétique, c'est le temps d'aller plus en détail par l'analyse du cas d'étude.

Il s'agit de présenter la région de Blida par une analyse climatique pour faire sortir les recommandations pour bâtir dans la région étudiée.

Puis, c'est la présentation du projet (80 logements HPE) par les données graphiques, les caractéristiques constructives et les solutions techniques adoptées par le concepteur afin d'améliorer l'efficacité énergétique du projet.

Enfin, c'est la présentation de la méthodologie de recherche employée dans le but d'évaluer l'expérience algérienne dans le domaine de la Haute Performance Énergétique (HPE) en précisant le choix du logiciel de la simulation et le protocole de cette dernière.

II. Présentation de la ville de Blida :

II. 1. Situation géographique :

La ville de Blida est située dans la partie Nord de l'Algérie, à 35km de sud d'Alger, dans la zone géographique du Tel centrale et au pied du versant nord de l'Atlas blidéen et se prolonge jusqu'à la rive sud de la plaine de la Mitidja. Son altitude est de 267m du niveau de la mer avec une latitude de $36^{\circ}28$ nord et une longitude de $2^{\circ}50$.



Figure 3.1 : Situation de la ville de Blida _source : www.maps.dz_

Avec une superficie de 1482.8 km², la ville du Blida est limitée au nord par la wilaya de Tipaza et la wilaya d'Alger, à l'ouest par la wilaya d'Ain Defla, au sud par la wilaya du Médéa et à l'est par les wilayas de Boumerdes et Bouira.

Le site du projet est dans la commune d'Ain Romana qui est à 297 m d'Altitude



Figure 3.2: plan de situation_source [www. Maps.dz](http://www.Maps.dz)

I. 2. L'analyse climatique de la région de Blida :

Selon **B. Givoni**, le climat est considéré comme étant un ensemble des régimes de variations de plusieurs éléments et par leurs combinaisons. Ces principaux éléments sont les rayonnements solaires, la température d'air, l'humidité relative, le vent et les précipitations. (**B. Givoni 1978**).

La division des facteurs climatiques est en trois catégories :

- Facteurs énergétiques : rayonnement, lumière, et température
- Facteurs hydrologiques : précipitations et hygrométrie
- Facteurs mécaniques : vents et enneigements.

Suite à sa situation, la ville du Blida est caractérisée par un climat tempéré humide de type méditerranéen, (**Oueld hania, A. 1993 cité par Benlatrache, T. 2006**) influencée par les effets des montagnes entourant la ville et la mer méditerranéen qui n'est loin de cette dernière que par 25km. Elle appartient à la zone climatique de type B (zonage d'hiver) et de type B (zonage d'été) avec un hiver froid et pluvieux et un été chaud et humide. (**CNERIB, 1997, CNERIB, 2005**).

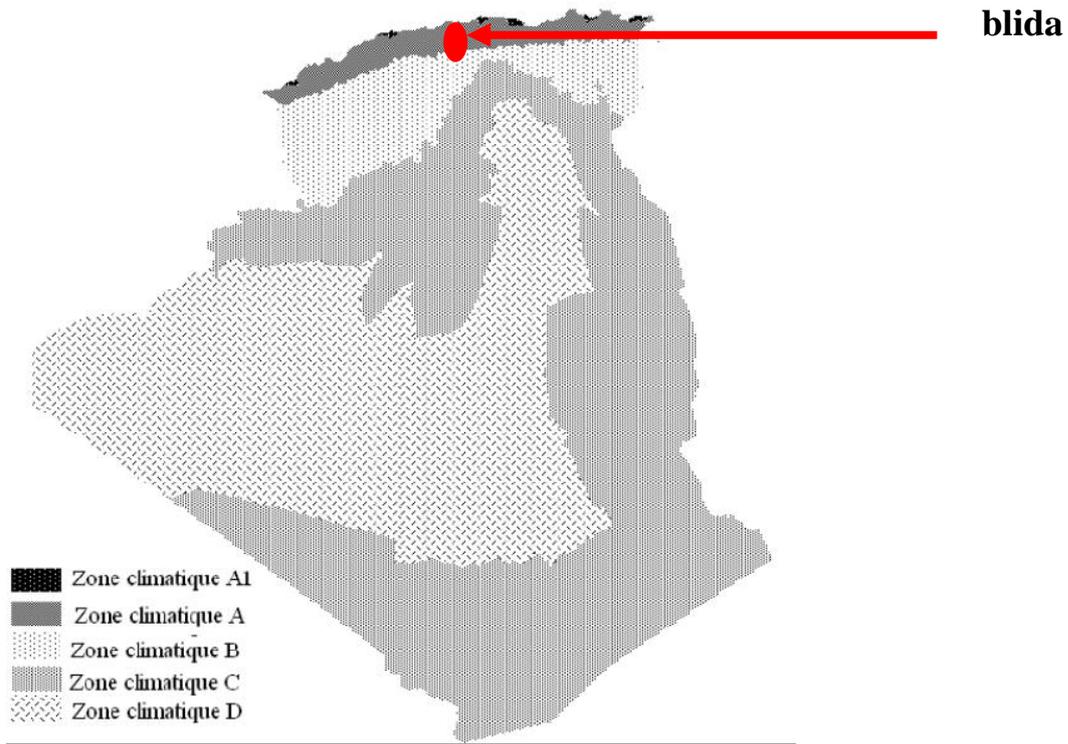


Figure 3.3 : Zonage d'été. Source CNERIB, 2005.

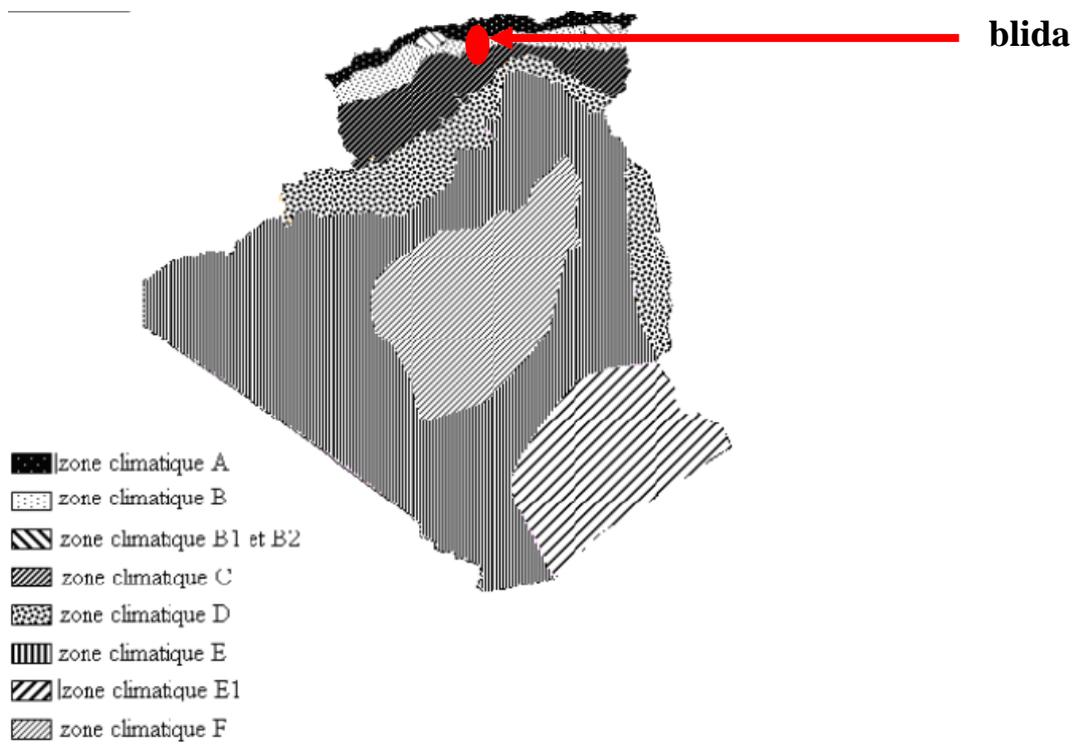


Figure 3.4 : Zonage d'hiver. Source CNERIB, 1997

2. 1. Les données climatiques de la région de Blida :

Afin de mieux maîtriser la situation climatique, c'est intéressant de consulter les paramètres liées à l'ambiance de l'individu tel que la précipitation, les vents, les températures...etc. Ces données sont mesurées par l'ANRH.

2.1.1 Les températures.

La température de l'air est la grandeur physique le plus important pour définir le degré d'échauffement ou du refroidissement de l'air.

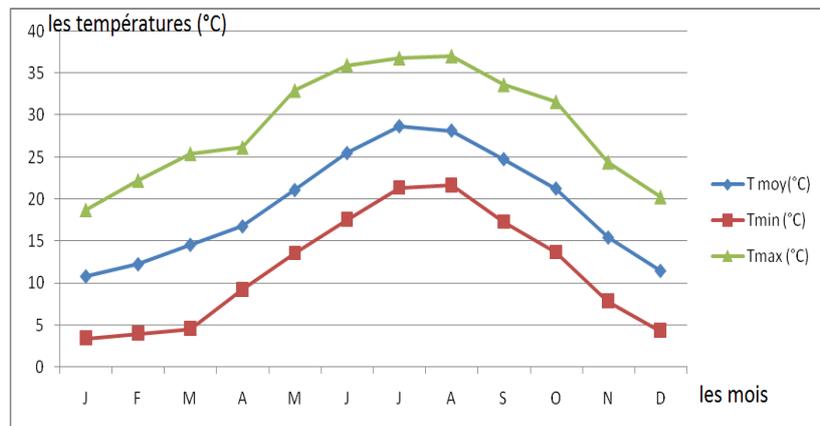


Figure 3.5 : Les valeurs des températures moyennes mensuelles. Pour la période (2000- 2010). Source ANRH, Blida.

Pour la ville de Blida, les températures augmentent d'une manière régulière du mois de Décembre jusqu'au mois de juillet.

Par contre, une diminution rapide du mois d'Août (28.11 °C) à Décembre (11.4 °C) pour les températures mensuelles moyennes.

Un grand écart entre les températures moyennes minimales et maximales durant la même journée .dont il dépasse parfois (20°C).

La chute des températures mensuelles minimales de Décembre à Mars rend ces mois les plus froids de l'année.

Les valeurs maximales des températures mensuelles de Juillet à Août rendent ces mois les plus chauds de l'année.

Les mois restant sont caractérisés par des températures mensuelles moyennes plus ou moins confortables qui varient entre 17°C en Avril et 25°C en Juin avec 25°C en Septembre et 16°C en Novembre.

2.1.2 Les précipitations.

Les précipitations sont formées par la condensation de la vapeur d'eau dans les couches hautes de l'atmosphère. Lorsque l'air se refroidisse avec l'apparition des nuages composés des gouttelettes d'eau, il se produit les précipitations. (B. Givoni 1978).

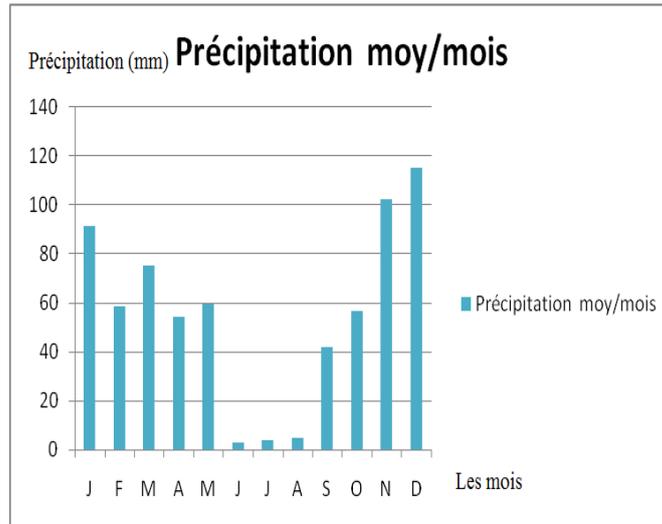


Figure 3.6 Les précipitations moyennes mensuelles pour (2000- 2010). Source ANRH Blida.

Les précipitations sont influencées par les mouvements des vents et le changement des régimes des températures comme son rôle est très important pour la classification du climat. (Bellara, S. 2004- 2005).

Pour la ville de Blida, les mois pluvieux sont de Septembre jusqu'à Mai par une moyenne qui varie entre 115mm en Décembre et 42mm en Septembre pour la période (2000- 2010).

Les précipitations sont minimales sous forme d'orage durant les trois mois d'été (Juin, Juillet et Août) par une moyenne qui varie entre 3 et 5 mm.

2.1.3 L'humidité :

L'humidité relative représente l'évaluation de la quantité de la vapeur d'eau dans l'air. Elle est exprimée en pourcentage. (Givoni, B. 1978).

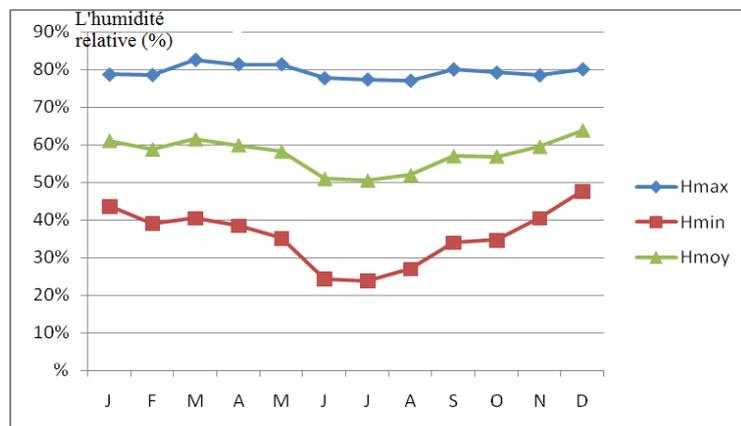


Figure 3.7: Les valeurs d'humidité relative pour la période (2000- 2010). Source ANRH Blida..

Selon le graphe ci-contre, l'humidité relative mensuelle moyenne est maximale durant les mois les plus humides de Septembre à Mai ou elle est d'environ 80% pour la période (2000-2010). Elle descend de Juin à Août par des valeurs qui dépassent les 24% pour les valeurs minimales de l'humidité relative.

L'humidité moyenne mensuelle maximale est presque stable durant toute l'année par une valeur qui va de 77% à 83%.

Bien que l'humidité minimale connaît certain fluctuation entre les mois pluvieux et ceux sèche d'été. Mais sa valeur ne descend pas du 24%.

2.1.4 Le vent :

Le vent est considéré comme un paramètre instable. Il s'agit d'un déplacement des masses d'air entre les zones de haute pression et celles de basse pression. Il est caractérisé par sa direction, sa vitesse et sa fréquence.

(Givoni, B. 1978).

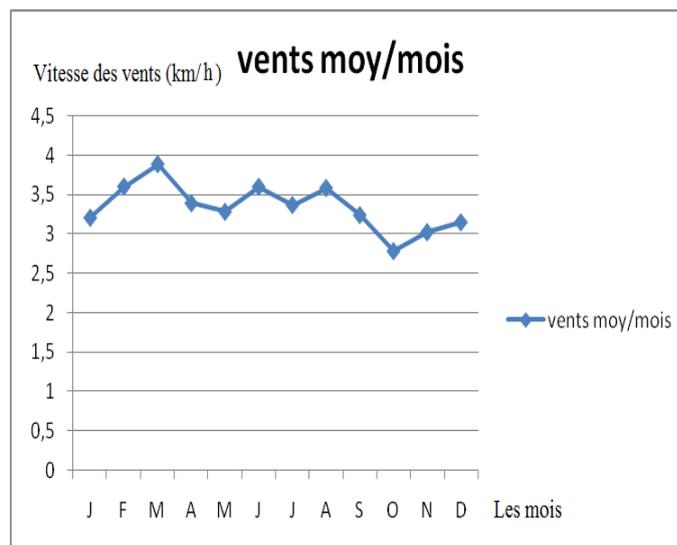


Figure 3.8: Les vitesses des vents moyens mensuels pour la période de

2000- 2010. Source ANRH Blida

Les vents dominants de la ville de Blida sont de direction de Nord et Nord- ouest en printemps et des vents Ouest et Sud- ouest en été qui est le sirocco.

Le graphe de la vitesse du vent montre que la plus grande vitesse est durant les mois de Mars et Avril (le printemps) par 3.5 à 4 km/ h et atteint la valeur de 2.8 km/h en mois d'Octobre comme une valeur minimale.

La moyenne annuelle de la vitesse des vents est de 0.92 m/s. Donc, il s'agit des vents faibles.

2.2 Synthèse de l'analyse climatique :

L'analyse du climat permet de faire sortir ses caractéristiques spécifiques pour permettre au concepteur d'arriver à une variété des solutions pour intégrer sa bâtisse dans l'environnement immédiat.

Suite à la lecture des données climatiques, il se révèle que :

Il s'agit d'un climat tempéré caractérisé par un hiver froid et humide et un été chaud et humide.

La grande quantité de la précipitation durant la grande majorité de l'année adoucit le climat en hiver comme en été.

Un grand écart entre la température maximale et minimale journalière durant toute l'année.

Un climat trop humide suite à la précipitation et la proximité de la mer.

La saison hiver et celle d'été sont séparées par des saisons modérées en printemps et en automne.

	jan	fév	mars	avril	mai	juin	juillet	août	sept	oct	nov	déc
Tmoy(c °)	10.83	12.27	14.58	16.76	21.06	25.45	28.63	28.27	24.27	21.24	15.44	11.49
Tmin(c °)	3.43	4	4.57	9.25	13.58	17.58	21.41	21.7	17.33	13.71	7.85	4.36
Tmax(c °)	18.75	22.25	25.43	26.16	32.19	35.91	36.75	37	33.58	31.51	24.42	20.28
Hmax(%)	79	79	83	81	81	78	77	77	80	79	78	80
Hmin(%)	44	39	41	39	35	24	24	27	34	35	41	48
vents (km/h)	3.20	3.60	3.88	3.39	3.28	3.60	3.36	3.58	3.24	2.78	3.02	3.14
précip (mm)	91.36	58.64	75.45	54.13	59.38	2.95	3.63	4.82	41.98	56.88	102.35	115.3

Tableau 3.1: les données climatiques de la ville de Blida. Source ferradji 2017 traité par l'auteur

I. 3. Présentation du projet (80 Logements HPE à Blida)

Dans le cadre du programme "Eco-bât", l'OPGI du Blida a lancé 80 logements sociaux participatifs (LSP) dans la commune d'Ain Romana.

La conception de projet a été menée au bureau d'étude "DAR", sous la direction de l'architecte Rekia Zouhir. et réalisé par l'E.R.T.B.H. Djemil Abdelkrim.



Figure 3.9 : Vue du 80 logements HPE source : auteur (juillet 2020)

3. 1. Le dossier d'exécution :

3.1.1 le plan de situation :

La situation du Projet " 80 logements HPE" est à la commune de Ain Romana qui est située à 20km de la ville de Blida.

Deux typologies de bâtiments existent : A et B (05 blocs de type A et 03 blocs de type B) avec une surface habitable moyenne du F3 de 67.20 m², une surface habitable totale de 5 391.75 m² sur un terrain de 6 648,88 m² de surface pour une densité de 120 Logt / hect



Figure 3.10 : Situation du projet. Source :google maps traiter par l’auteur.

3.1.2 Caractéristiques climatiques du site d’implantation :

La région d’Ain Romana, wilaya de Blida est située à une latitude de 36° 25'. 22.28’’N et une longitude de 02° 42'.35 45’’E, dans la zone des Vent I (25m/s), la zone de neige A (forte neige) et la zone B dans la classification thermique DTR 3,4.

3.1.2.1 Le Plan de masse :

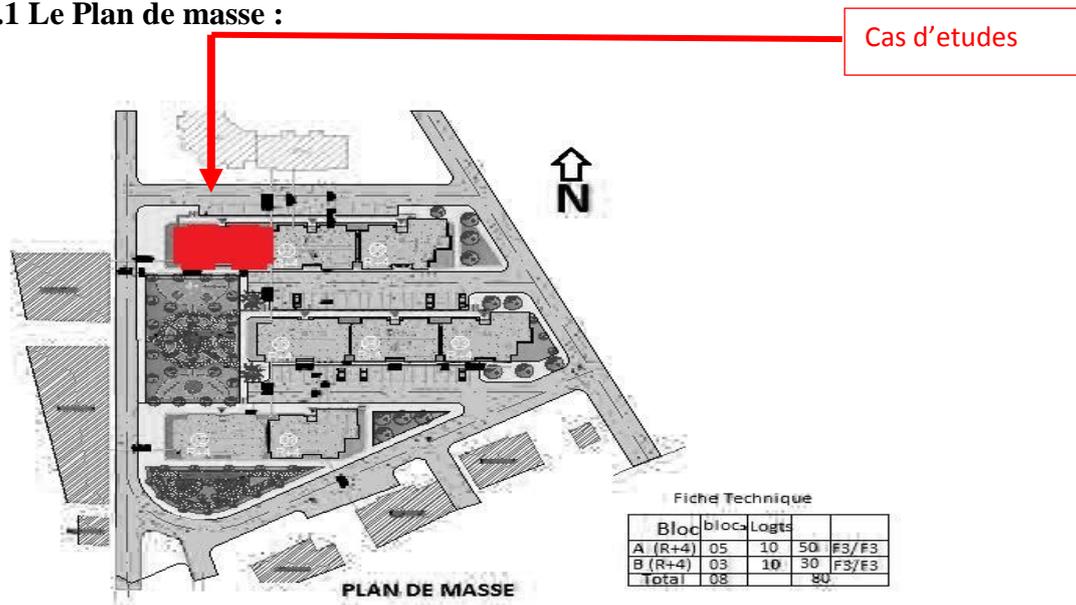


Figure 3.11: Plan de masse. Source : OPGI Blida traiter par l’auteur.

Il s'agit du 08 blocs organisés en barres linéaire allongées de l'est à l'ouest. Les façades principales sont orientées vers le Nord bien que les façades arrière sont vers le Sud. Chaque bloc est constitué de 10 logements, du type F3, distribués en R+4.

En plus des blocs résidentiels, le plan de masse est composé par des espaces extérieurs de groupement et de repos, une placette latérale, un parking pour 46 voitures, un air de détente et des espaces verts pour aérer le projet.

3.1.2.2 Organisation des espaces intérieurs :

Chaque bloc est composé de dix logements (RDC+4). Une cage d’escalier centrale sépare les deux logements (F3+F3). Dans chaque palier se trouvent les deux portes d’accès aux habitations et celles des gaines techniques (eau, électricité, gaz...). Le logement se compose de deux chambres, un séjour, une cuisine, une salle de bain et un WC, l’ensemble est réparti autour d’un dégagement central qui s’ouvre sur le palier de distribution. Les deux cellules : cuisine et séjour s’ouvrent sur une loggia-balcon.

BLOC A: C’est un bloc de type barre, d’un gabarit de R+4 comportant dix logements. Les appartements sont de type F3, desservis par une cage d’escalier.

Bloc A



Figure 3.12: PLAN RDC Source : OPGI Blida.

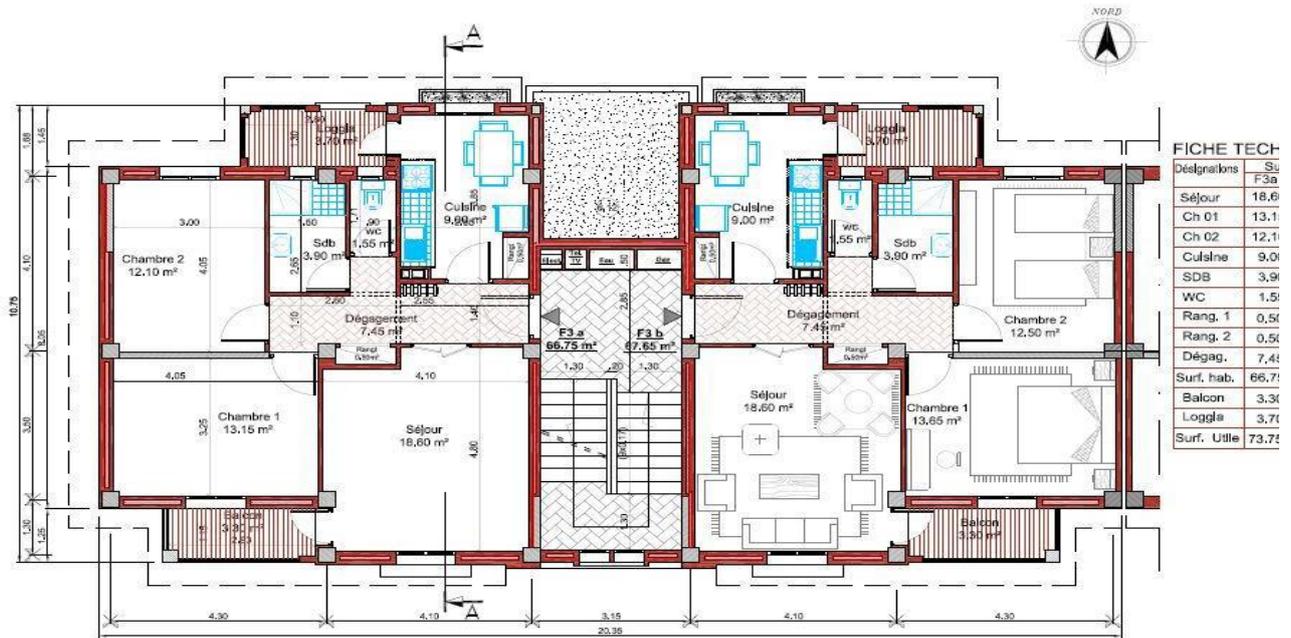


Figure 3.13: PLAN COURANT. Source : OPGI Blida.

BLOC B: C'est un bâtiment d'angle, d'un gabarit de R+4 comportant dix logements. Les appartements sont de type F3, desservis par une cage d'escalier.

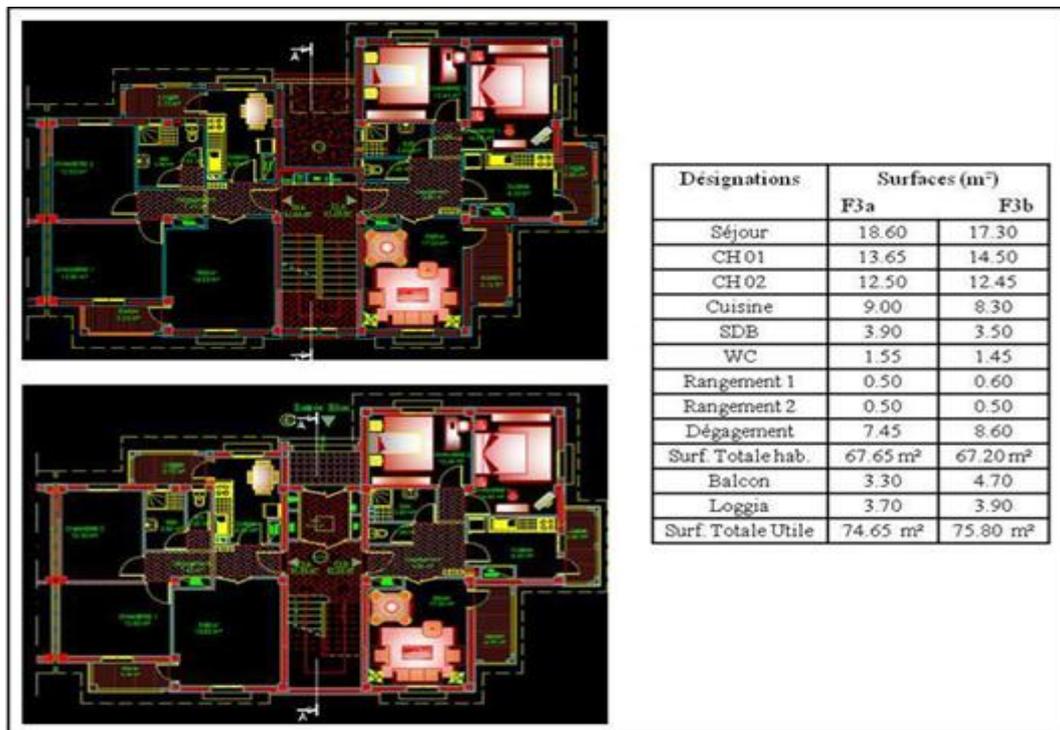


Figure 3.14: plans du bloc B. Source : (ferradji 2017)

3.2. Les façades :



Figure 3.15: Façade principale (Nord). Source OPGI Blida.



Figure 3.16: Façade secondaire (Sud).source OPGI Blida.



Figure 3.17: détail de protection solaire en auvent de côté Sud
source :OPGI Blida

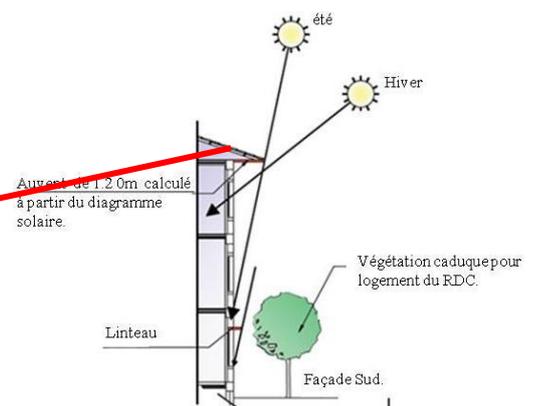


Figure 3.18: la stratégie adoptée pour l'ensoleillement
source OPGI Blida

3.2.1 Disposition des bâtiments contre le vent

Couverture en toiture au lieu de terrasse, ceci est d'une part pour l'intégration au site et d'autre part pour le confort thermique que procure la toiture au logement du dernier niveau. Aussi la forme inclinée permet de dévier le vent émanant des autres orientations or celle du sud-ouest.

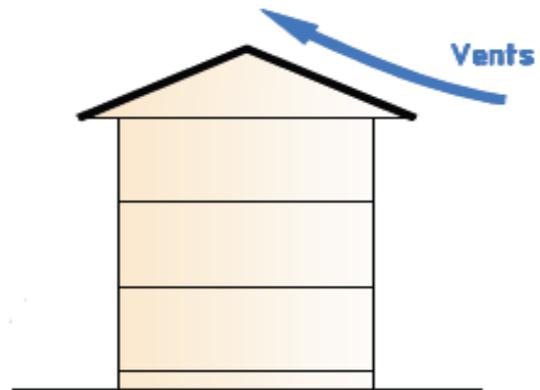


Figure 3.19 : protection contre les vents. source BACHAGHA Sabrina2015

3.3 Les coupes :

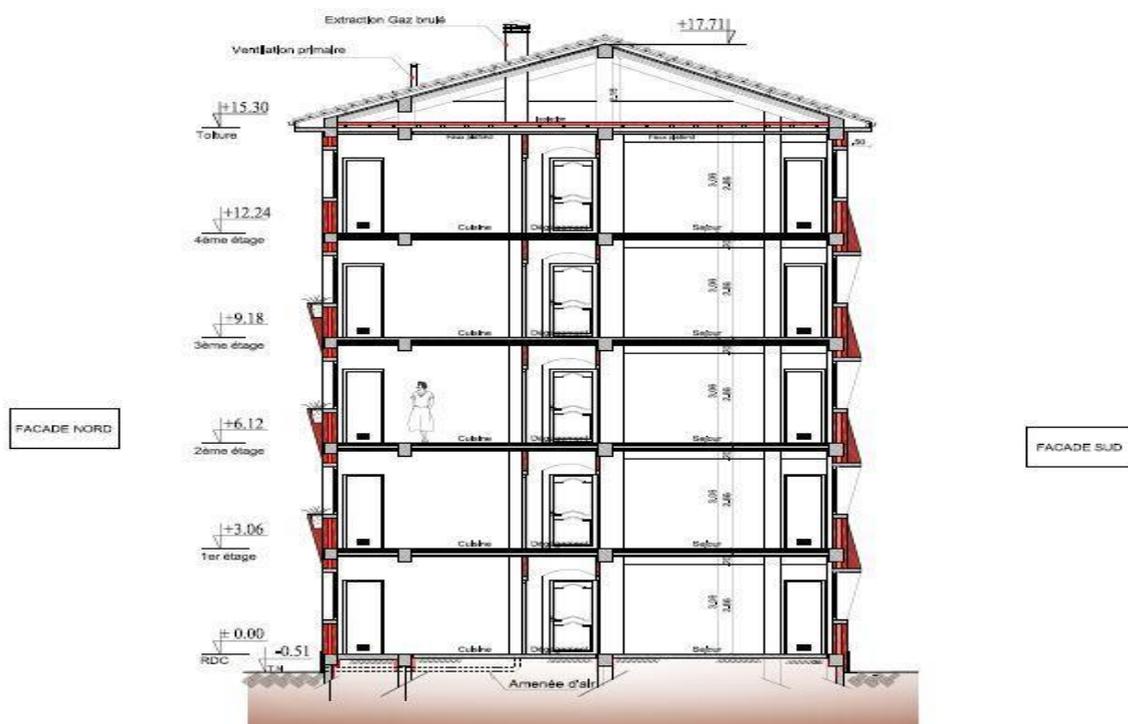


Figure 3.20 : Coupe AA. Source : OPGI Blida.

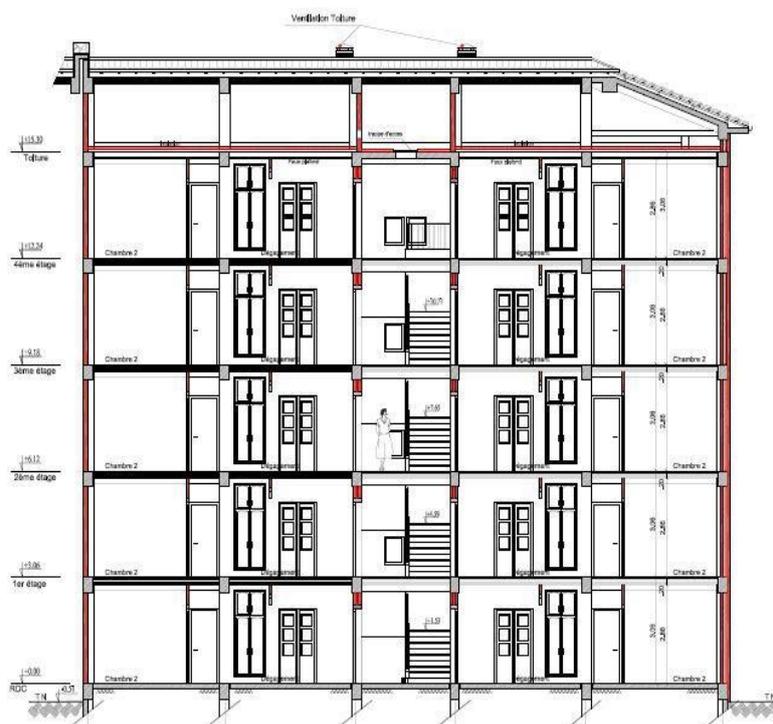


Figure 3.21: Coupe BB. Source : OPGI Blida.

3.3.1 Caractéristiques constructives du projet.

Selon le devis descriptif et les détails d'exécution de ce projet (données de l'OPGI), le système constructif du projet est :

- Une structure en poteaux- poutres en béton armé avec un remplissage de briques creuses en terre cuite.
- Les murs extérieurs sont construits par un double mur avec une lame d'air de 5cm remplacée par un isolant thermique, le polystyrène.
- Les fondations sont en béton armé.
- Les planchers intermédiaires sont en corps creux, constituées par une dalle pleine de 4 cm, des poutrelles et de l'hourdis.
- La toiture est en pente.
- Les ouvertures sont en simple vitrage avec un cadre en bois.

Ce système constructif est le même que l'existant en Algérie. Donc Quel est la spécificité du ces logements pour être en HPE ?

3.3.2 Les solutions techniques énergétiques du projet. :

Pour intégrer le projet dans le climat et pour le rendre en haute performance énergétique, l'architecte a opté pour les solutions suivantes :

- L'utilisation de polystyrène comme un isolant thermique pour remplacer la lame d'air en 5cm d'épaisseur.

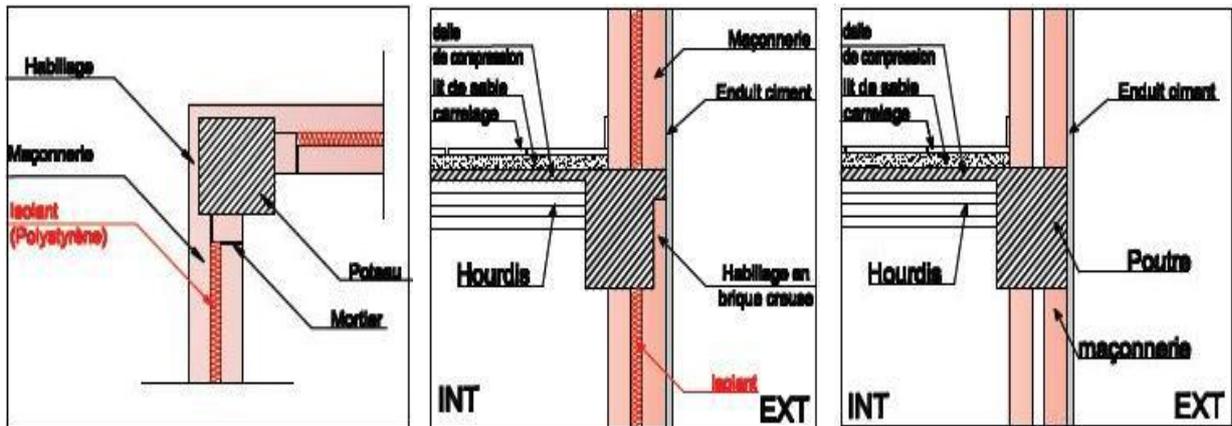


Figure 3.22: détails du traitement des ponts thermiques (liaison poteaux poutres) source OPGI BLIDA.

- Le traitement spécifique des ponts thermiques au niveau des poteaux- poutres par l'habillage en briques creuses ou en isolant thermique (le polystyrène).
- Pour les ponts thermiques des planchers, il s'agit de les couvrir en polystyrène.
- Une application de la réglementation du DTR pour l'imbrication des briques en remplaçant les briques (du chaînage) par des épingles stabilisantes.

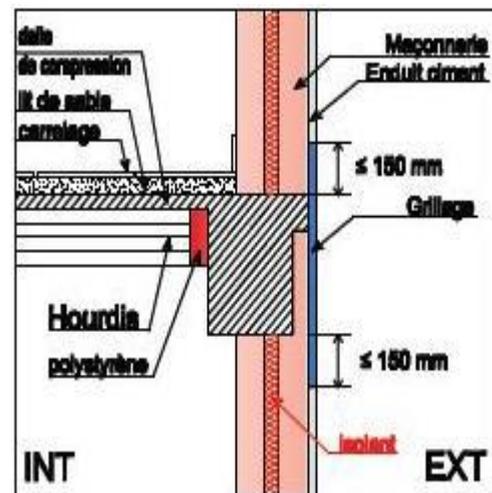


Figure 3.23 : habillage des ponts thermiques du plancher source : OPGI BLIDA.

- L'utilisation d'un isolant thermique, la fibre de verre, pour le faux plafond du dernier étage afin d'éliminer les déperditions thermiques vers le comble.

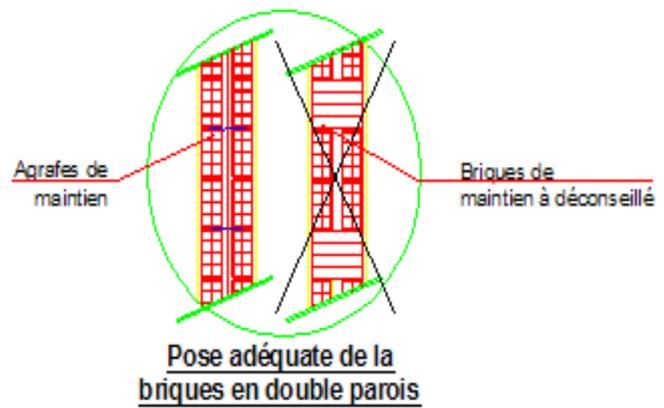


Figure 3.24 Agencement des briques en double parois source BACHAGHA Sabrina2015

- Un soubassement en pierre au niveau de RDC tout autour du bâtiment pour isoler la bâtisse des déperditions thermiques en stabilisant la terre.
- Une couverture en pente pour permettre la déviation des vents dominants en assurant le confort thermique des logements du dernier étage et l'intégration du projet dans son site.

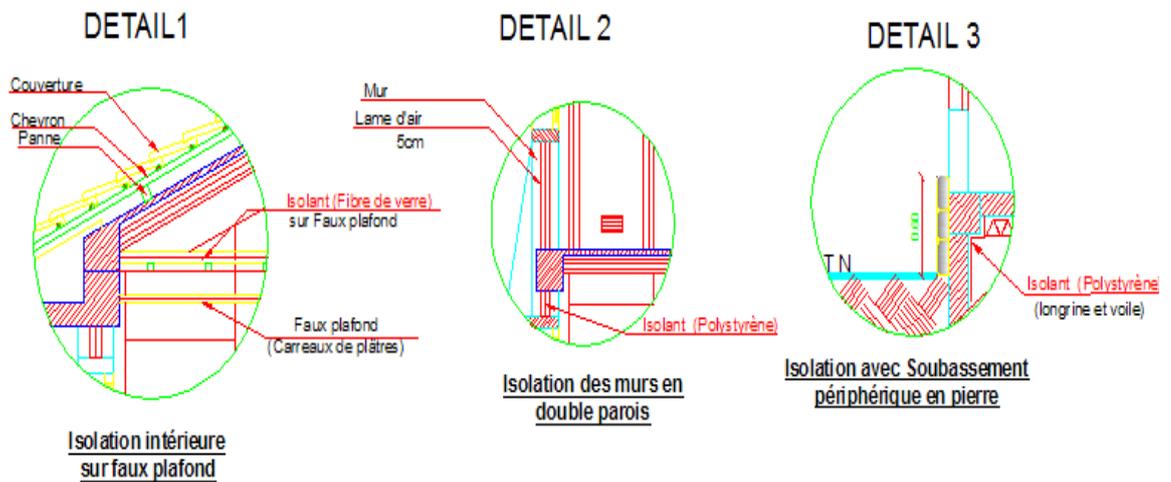


Figure 3.25: détails d'isolation des différentes parties de la construction source : ferradji 2017

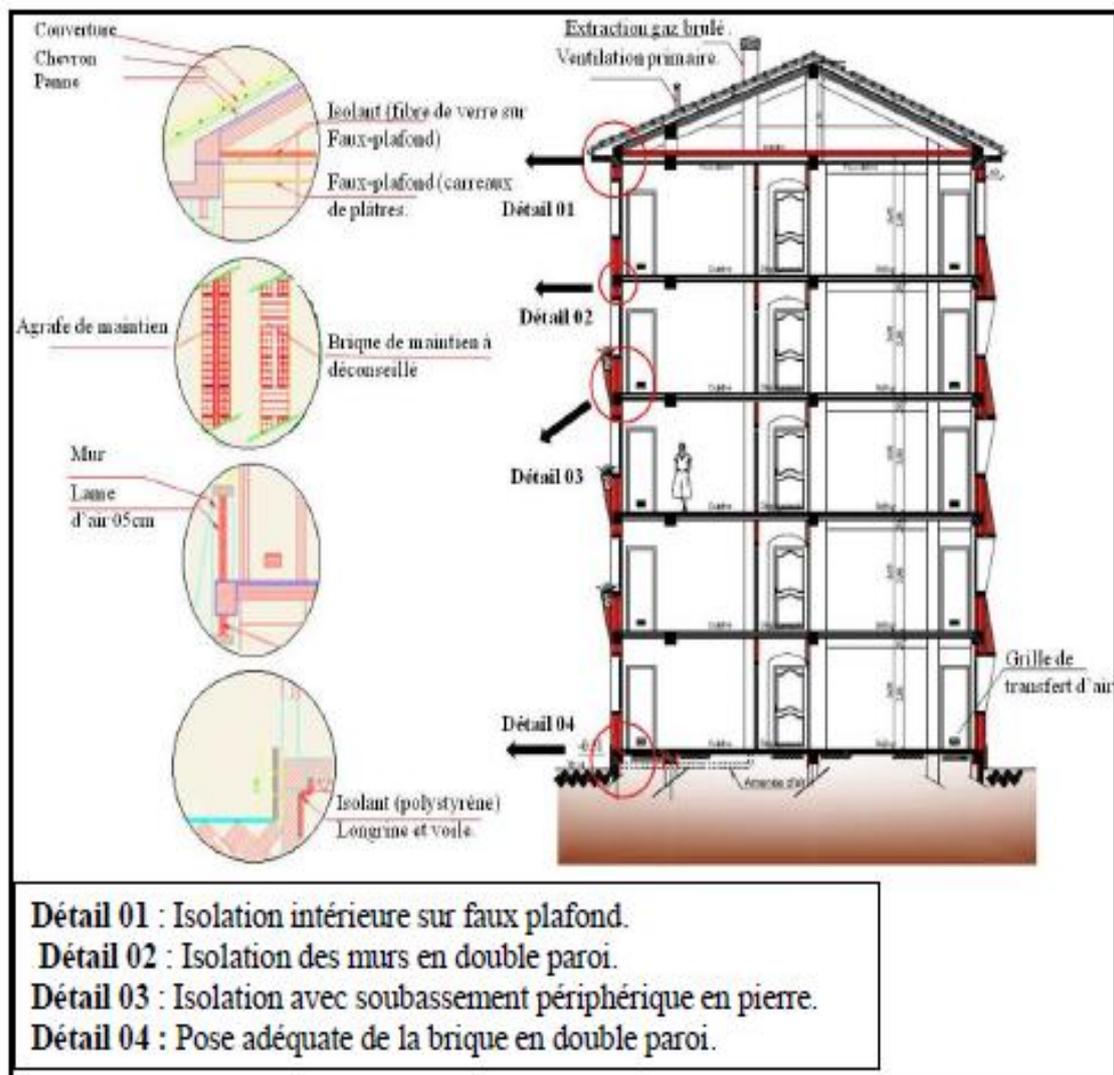


Figure 3.26: détails d'isolation des différentes parties de la construction source BACHAGHA Sabrina2015.

- Une protection solaire des fenêtres de RDC par une végétation en caduque qui assure l'ensoleillement en hiver et protège des rayons solaires directs d'été. Les façades Sud sont équipées par des auvents dimensionnés selon l'étude des ombres pour protéger les ouvertures en été en permettant aux rayons solaires d'hiver de pénétrer.
- Une organisation spatiale adéquate lors des agencements des espaces, le séjour et une chambre sont orientés vers le sud bien que la deuxième chambre, la cuisine et les sanitaires sont ouvertes vers le Nord.

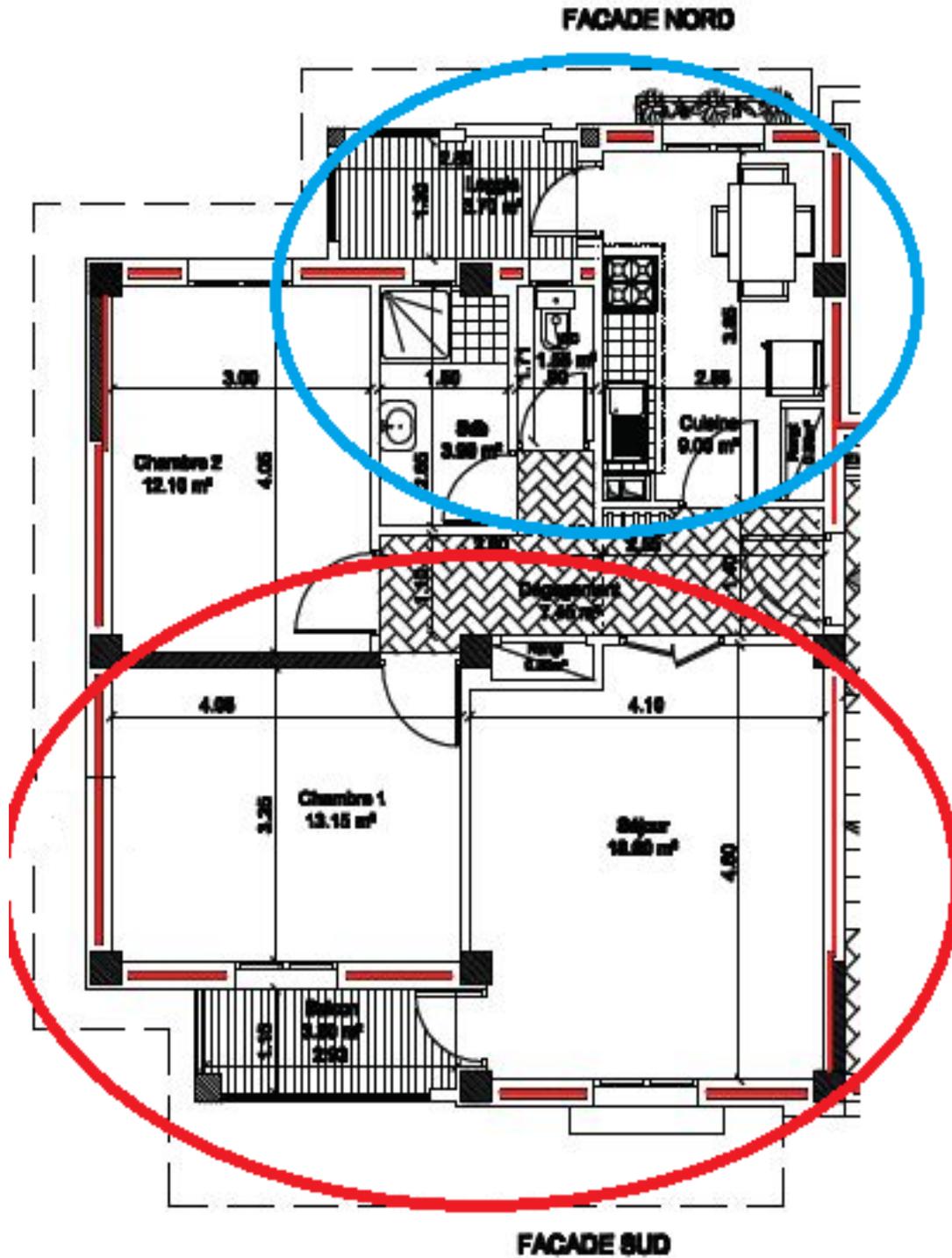


Figure 3.27 : distribution des espaces selon le trajet solaire du plan HPE source ferradji 2017

Ventilation par puits canadien :

Il s'agit d'un système géothermique à une profondeur de 2 m afin de profiter de la stabilité partielle de la température de la terre. Par un système de la tuyauterie disposée en serpentin, c'est l'extraction de l'air à une hauteur de 1,2 m par une vitesse de 1m/s et son injection à l'intérieur des logements. L'objectif de ce système est de rafraichir l'air en été en stabilisant la température à 15°C et de chauffer en hiver. Durant les mois d'intersaison, le système est déconnecter car le climat extérieur est confortable.

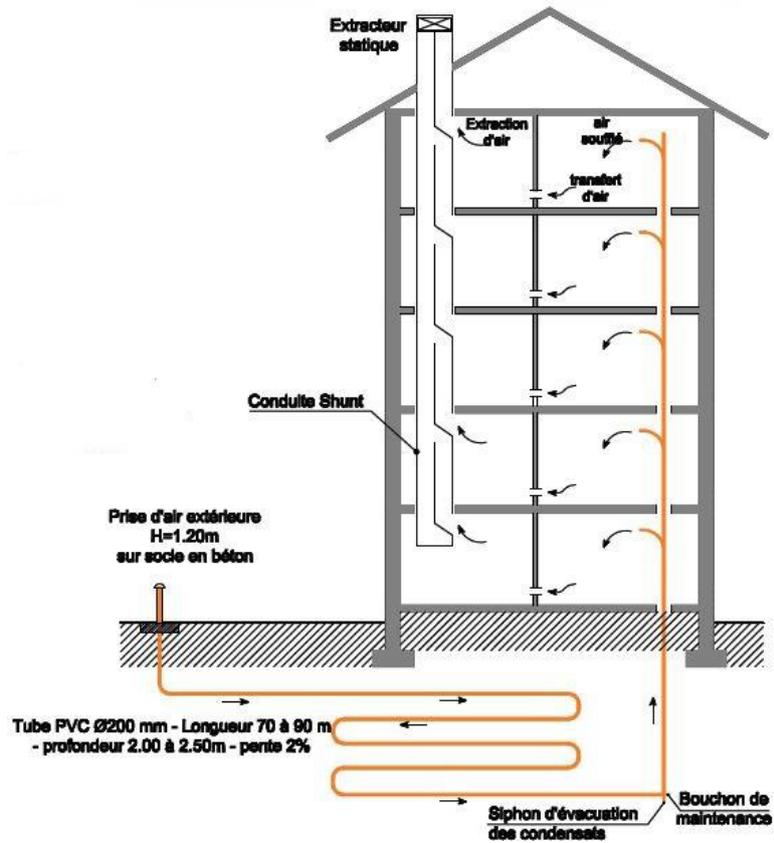


Figure 3.28 : Coupe verticale du puits canadien source BACHAGHA Sabrina2015

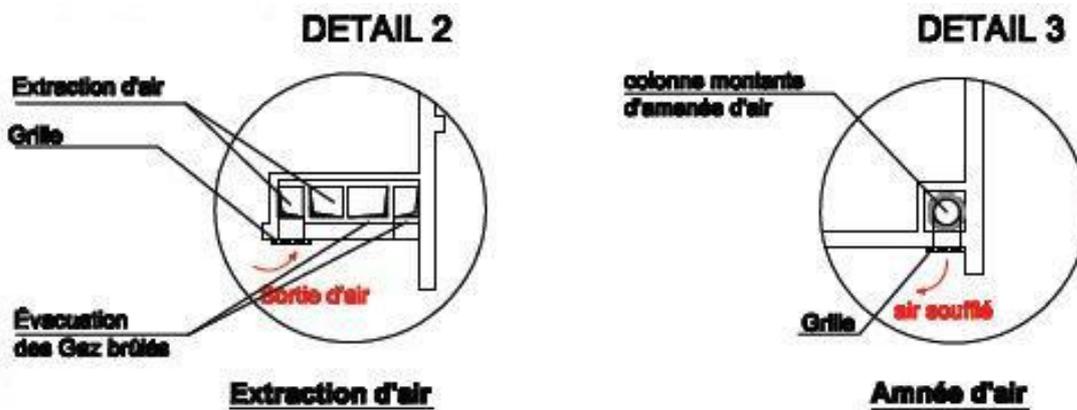


Figure 3.29: détails du puits canadien source BACHAGHA Sabrina2015.

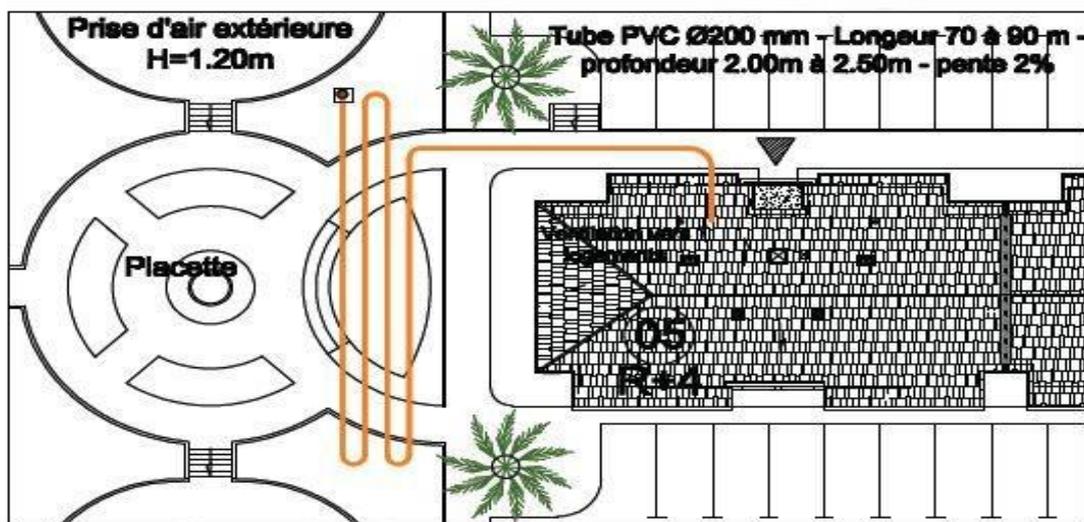


Figure 3.30: Coupe horizontale du puits canadien source BACHAGHA Sabrina2015

Mode de fonctionnement

A. En hiver : l'objectif est de réchauffer l'air avant qu'il n'entre dans le logement, pour obtenir le maximum d'échange thermique l'air devra circuler à une vitesse de 1m/s.

B. En été : l'objectif est de rafraîchir au maximum le logement en cas de forte chaleur, et c'est en utilisant l'air refroidi par la température constante du sol (15° environ), ce qui permet d'utiliser moins d'énergie pour la climatisation.

C. Inter-saison : la température de confort est comprise entre 18°C et 22°C et le système sera déconnecté par une dérivation pour ne pas rafraîchir le logement alors que la température extérieure est proche de la température de confort.

Principe d'évacuation des eaux :

Les eaux pluviales, vannes et usées seront évacuées avec un système unitaire vers un réseau public.

Ce projet est achevé en 2016, donc afin d'investiguer l'efficacité de ces solutions pour assurer le confort thermique en minimisant la consommation énergétique, il est impératif d'utiliser une simulation thermique comme un outil d'investigation de cette expérience.

III. méthodologie de la recherche :

1 Technique et méthode d'investigation :

- Pour présente recherche, et pour confirmer ou infirmer les hypothèses posées au début de ce mémoire, nous voulons déterminer l'effet de l'orientation sur la consommation énergétique en chauffage pour la période hivernale, et le besoin d'énergie pour la climatisation pour l'été sous des conditions bien précises (le climat les composants de l'enveloppe, les scénarios d'occupation...etc.
- Une investigation in situ qui permet une lecture de logements HPE situées à Blida. Une série de mesures de températures, d'humidités relatives et des températures de surfaces sont réalisées à l'intérieur et à l'extérieur, dans le but de vérifier l'effet de l'orientation sur le confort intérieur durant la période d'été et d'hiver.
- Une modélisation à l'aide d'un logiciel informatique TRNSYS16 , permettra de calculer les différents les paramètres qui influents sur l'orientation et son impact sur le confort intérieur et de trouver l'orientation optimale pour ce type de climat.
- Une synthèse des résultats obtenus précisera l'orientation optimale et favorable pour le climat de Blida.

3.2 Présentation de la technique :

3.2.1 A qu'est-ce qu'une STD ?

Simulation thermique +dynamique c'est un outil de conception permettant de juger le comportement d'un bâtiment en simulant sur une année les phénomènes thermiques auxquels il est soumis

- 1- Calcule thermiques effectués au pas horaire
- 2- Découpage du bâtiment en zones thermiquement homogènes (zonage): étape fondamentale qui détermine la précision de la simulation et demande un pressenti du comportement du bâtiment tout on tient compte les différentes orientations, les différentes utilisations des pièces (pièces de vie, salles d'eau, les scénarios d'occupation les puissances dissipées etc.)

3.2.2 Les avantages de la STD :

La simulation thermique et dynamique sert à :

- permet d'aider aux dimensionnements des équipements techniques : installations de chauffage, de rafraichissement.
- permet de prendre en compte l'inertie du bâtiment de manière dynamique (déphasage des restitutions de chaleur).
- permet de parfaitement intégrer les apports solaires et les apports internes.
- permet d'étudier finement le comportement des équipements techniques surtout quand leurs performances dépendent des conditions météo.

3.2.3 A quoi sert la STD :

L'objectif principal est de faire évoluer le projet très en amont dans sa conception pour qu'il soit très performant, ou bien même pour améliorer les performances énergétiques d'un bâtiment ancien avec des arguments chiffrés.



Figure 3.31 : Paramètres de la STD source : auteur.

3.2.4 QUELQUES LOGICIEL DE LA STD :

3.2.4.1 Pléiades +comfie :

- Leader sur le marché français, bien adapté aux simulations « classiques » besoins de chauffage, confort d'été.
- Permet de faire des STD assez rapidement.
- Intègre un moteur de calcul th BCE calcul RT2012).
- Intègre un outil pour estimer l'énergie grise du bâtiment.



3.2.4.2 TRNSYS :

- logiciel international, programmation en open source
- approche très scientifique.
- Grande flexibilité d'utilisation.
- interface peu intuitive.
- travail plus long et plus laborieux



3.2.4.3 Design Builder :

- prise en main assez facile, mais logiciel très fermé
- Virtual environnement : très complet bien adapté aux études énergétiques complète, beaucoup de modules.
- ESP_r : logiciel gratuit et assez complet
- TAS : logiciel assez flexible.



3.3 Le logiciel de la simulation thermique TRNSYS :

Le logiciel TRNSYS comprend trois interfaces différentes :

- Simulation TRNSYS Studio, qui est l'interface de calcul. Il permet de modéliser l'environnement du bâtiment (climat, apports solaires, autres données d'entrée) et d'obtenir les résultats de simulation. Il génère un fichier «point tpf ».

- TRNBuild il permet de rentrer les caractéristiques du bâtiment (zones, parois, apports internes, débits de ventilation...). Il génère un fichier « point bui ».
- TRNEdit.

TRNSYS est un logiciel de simulation numérique du comportement thermique des bâtiments et de leurs équipements développés par CSTB, TRNSYS est particulièrement utile pour étudier avec précision des systèmes dont le comportement thermique varie fort dans le temps.

TRNSYS permet, par exemple, de calculer avec précision les consommations énergétiques, d'évaluer les performances thermiques de systèmes très divers, d'effectuer des analyses de sensibilité en vue d'optimiser la conception d'un système énergétique. Il possède une bibliothèque standard d'environ 50 composants (modèles génériques de bâtiments, de pompes à chaleur, de composants de réseaux hydrauliques, etc.) mais tout utilisateur ayant des connaissances en FORTRAN a la possibilité de créer ses propres bibliothèques de modèles. TRNSYS est aujourd'hui la référence au niveau mondial de la simulation dynamique de bâtiments et de systèmes.

Le présent logiciel est caractérisé par une entrée des données lié au projet à simuler (input), un traitement des données suites aux besoins de l'utilisateur et selon le modèle de représentation du bâtiment et une sortie des résultats lié à l'exécution de la simulation (output).

Conclusion.

- D'après l'analyse climatique, il s'en résulte que le climat de la ville de Blida est caractérisé par un climat humide et froid en hiver avec un été chaud et sec. Deux saisons sont plus ou moins confortables, le printemps et l'automne.
- La présentation du projet "cas d'étude" en termes des solutions techniques liés à l'efficacité thermique nous amène à poser la question sur le niveau d'adéquation de ces solutions avec les exigences de la haute performance énergétique. La réponse sur cette question sera connue suite à l'investigation par simulation thermique en utilisant le logiciel TRNSYS 16.

Par le choix des échantillons représentants du cas d'étude "80 logements", l'objectif du ce chapitre sera l'investigation de cette expérience algérienne en faisant sortir les recommandations nécessaires pour l'amélioration de cette dernière.

Chapitre 04 :
La simulation thermique,
analyse et interprétation des
résultats :

I. Introduction :

En arrivant à cette étape du présent mémoire, c'est le temps de confirmer ou d'infirmer les hypothèses posées dans l'introduction générale. La simulation thermique est l'outil de recherche destiné à cette démonstration.

Afin d'arriver aux objectifs posés au préalable, il s'agit d'évaluer l'expérience nationale dans le domaine de la haute performance énergétique (HPE) en terme du confort thermique et de consommation énergétique par rapport à l'état actuel du secteur constructif en Algérie.

Cette étude pratique repose sur la comparaison entre quatre modèles selon l'orientation. Un premier cas est lié au logement (le cas d'étude) orienté vers le nord, un deuxième cas le logement est orienté vers le Nord-est et un troisième cas le logement est orienté vers le est, et un quatrième cas le logement est orienté vers le ouest.

La simulation thermique consiste à comparer les températures intérieures et la quantité d'énergie consommée en été comme en hiver.

II. Le déroulement de la simulation :

Afin de réussir la simulation thermique par le logiciel TRNSYS 16, plusieurs étapes sont essentielles dans ce processus :

1 Création d'un fichier météorologique :

A- Sous logiciel Métronome version 7

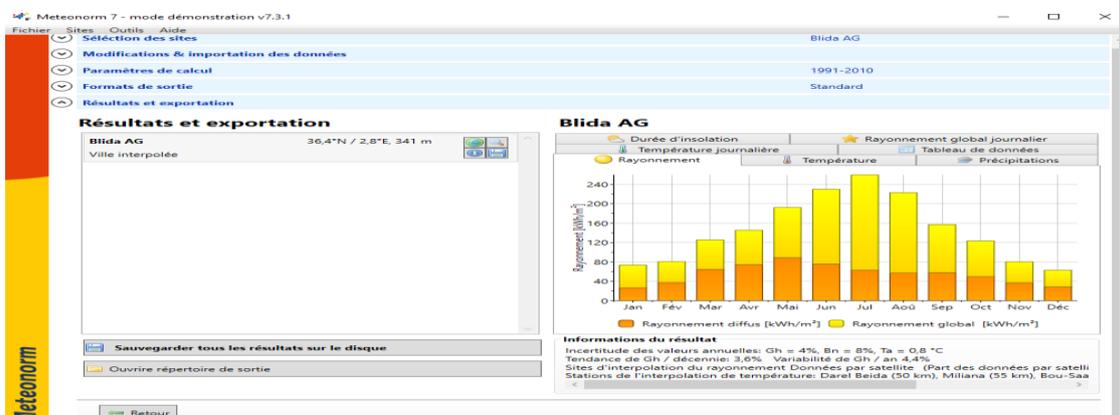


Figure 4.1: Création de fichier météorologique de la zone de Blida (source : auteur depuis logiciel meteonorme).

B- Choix du format du fichier

Les données météorologiques qu'il convient d'utiliser pour la simulation thermique sont sous format TM2, requis par TRANSYS

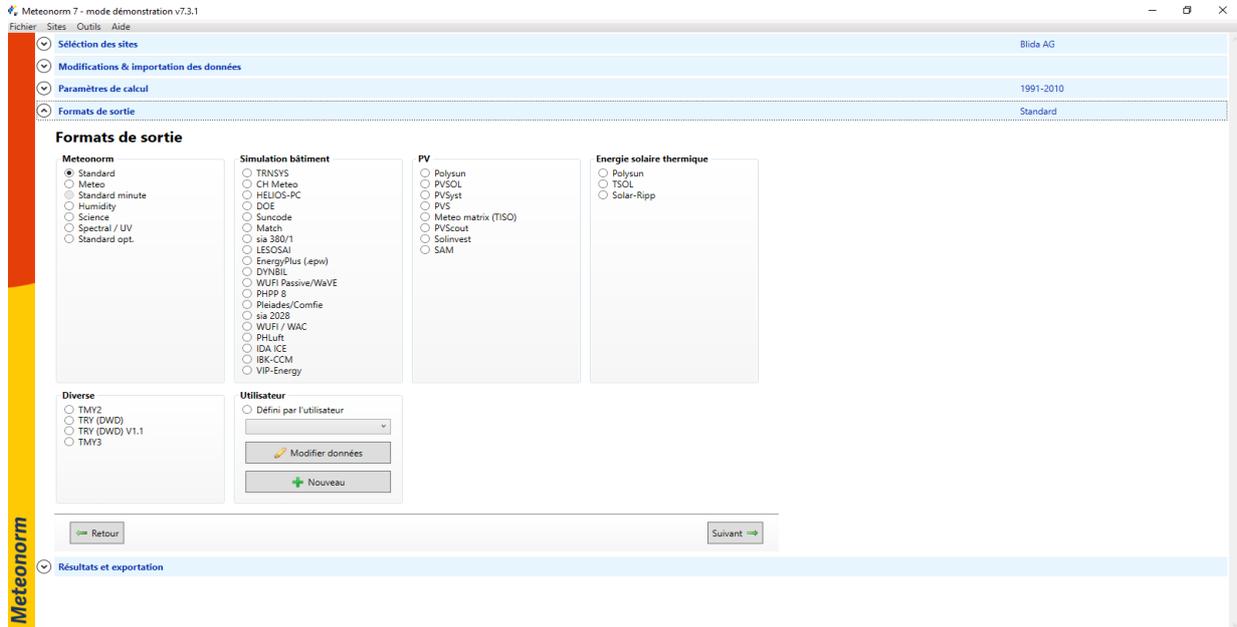


Figure 4.2: Choix du format (source : auteur depuis logiciel meteonomme)

2- Intégration du model sous « TRNSYS studio »

TRNSYS Studio assure l'interface entre le schéma de principe du projet à modéliser et TRNBuild d'une manière intuitive, permettant de développer des applications de simulation.

Un projet de simulation consiste à choisir un ensemble de modules et à décrire ensuite les interactions entre ceux-ci. Pour commencer notre projet, on doit passer par TRNSYS studio, dans cette partie, il existe Plusieurs étapes

A- Choix du type de projet

Pour notre projet on est dans le cas d'un projet multizone, une fois que le bon article est choisi dans la liste (c.-à-d. Building Project (multizone)), on clique sur le bouton () et on passe à l'étape suivante

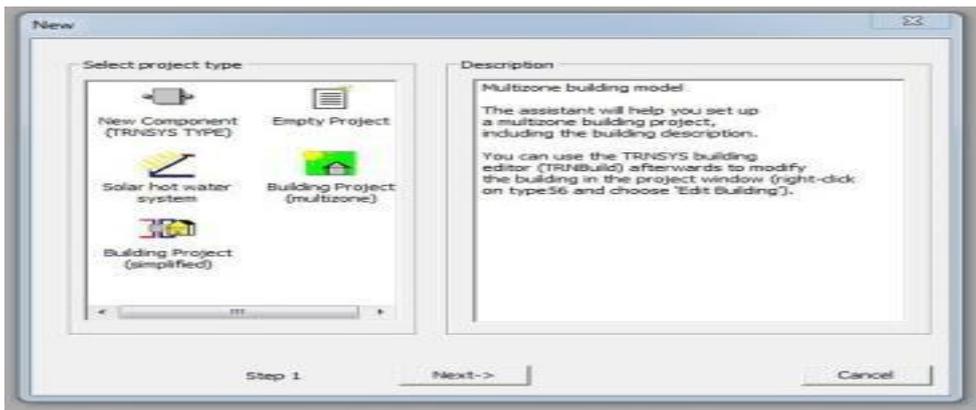


Figure 4.3: Choix du type de projet (Source : auteur depuis logiciel « TRNSYS studio »)

B - Tracer le plan

Dans cette étape on définit les zones de notre bâtiment. Pour ajouter une zone on clique sur la grille. Chaque case noire représente une zone. A la même heure, le logiciel calculera automatiquement les contiguïtés entre les zones

supplémentaires et montrera la liste du côté droit. Une fois que le plan d'étage est tracé, on clique sur next >>

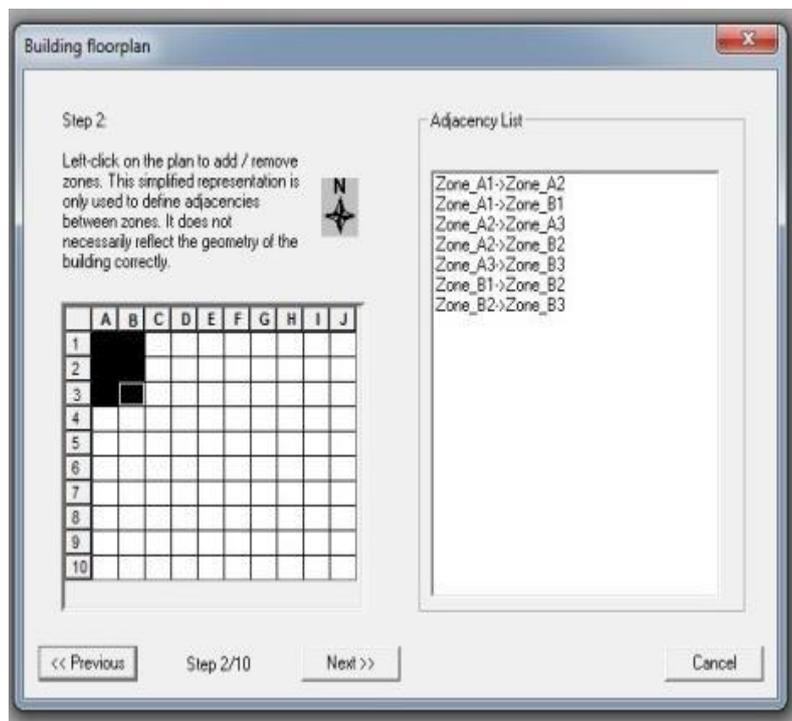


Figure 4.4: Traçage du plan (Source : auteur depuis logiciel « TRNSYS studio »)

C- Dimensionnement des zones

Le choix d'une zone dans la grille montre ses propriétés qui sont : le nom, la longueur, la largeur, la profondeur et le volume. A l'exception du volume qui est automatiquement calculé selon la taille, la largeur et la profondeur, l'utilisateur doit placer lui-même ces dimensions

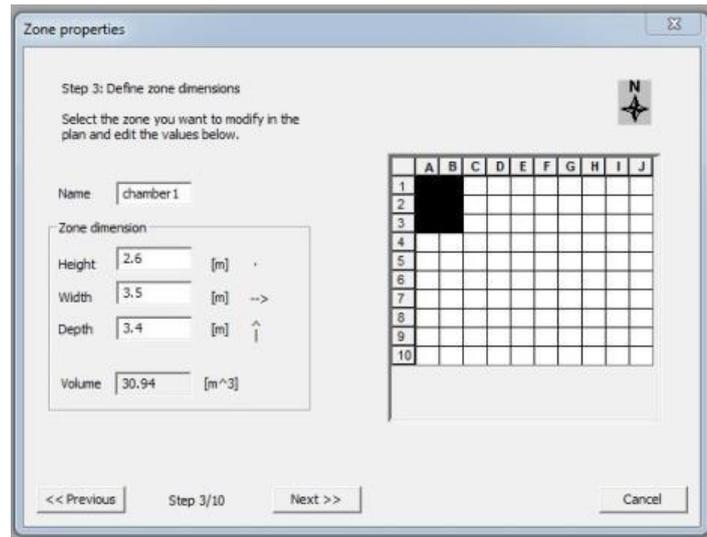


Figure 4.5: Dimensionnement des zones (Source : auteur depuis logiciel « TRNSYS studio »)

Dans notre cas, nous avons décomposé l'appartement en 6 zones :

- Zone1 : cuisine
- Zone2 : hall
- Zone3 : séjour
- Zone4 : chambre1 (nord)
- Zone5 : chambre2 (sud)
- Zone6 : salle de bain

D- Fraction des fenêtres et l'orientation de l'appartement :

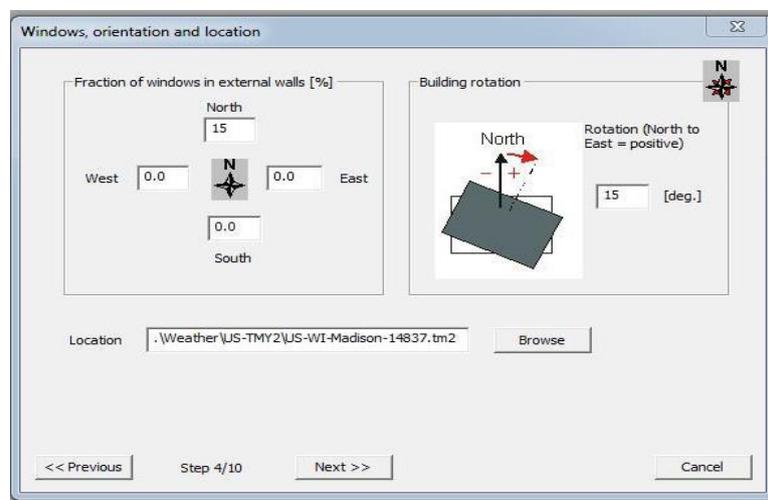


Figure 4.6: Fraction et orientation (Source : auteur depuis logiciel « TRNSYS studio »)

Dans cette figure la partie gauche définit la fraction des fenêtres sur les murs de la maison, la partie droite pour l'orientation de la maison. L'angle est positif du nord à l'est et négatif du nord à l'ouest. Le bouton « browse » permet d'introduire le fichier météo. Celui-ci contient toutes les informations météorologiques de la région de notre habitation.

E- Creation du project

Une fois que cette fenêtre apparait tous les paramètres nécessaires pour la création du projet ont été introduits. Pour cela, on doit cliquer sur << create project >>

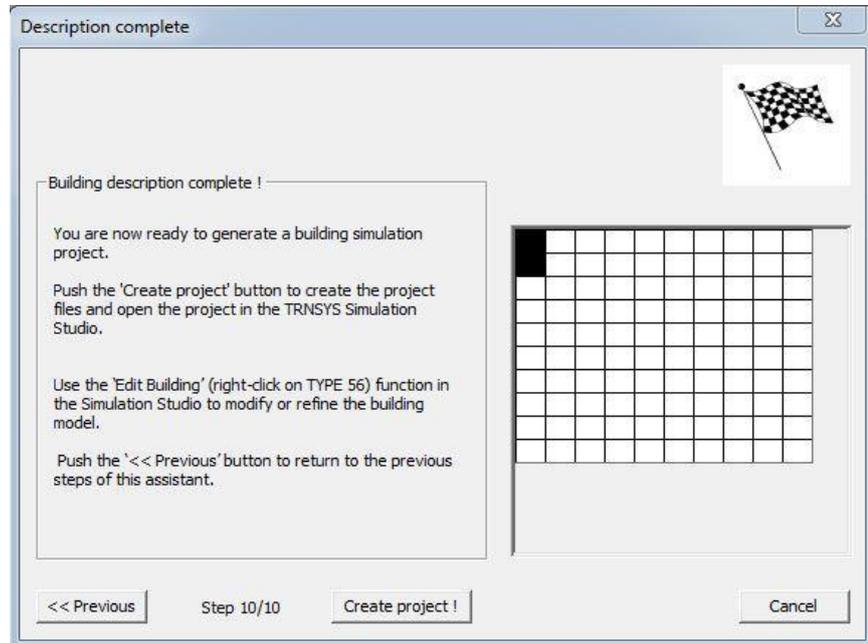


Figure 4.7: Création du projet (Source : auteur depuis logiciel « TRNSYS studio »)

F- Le projet final :

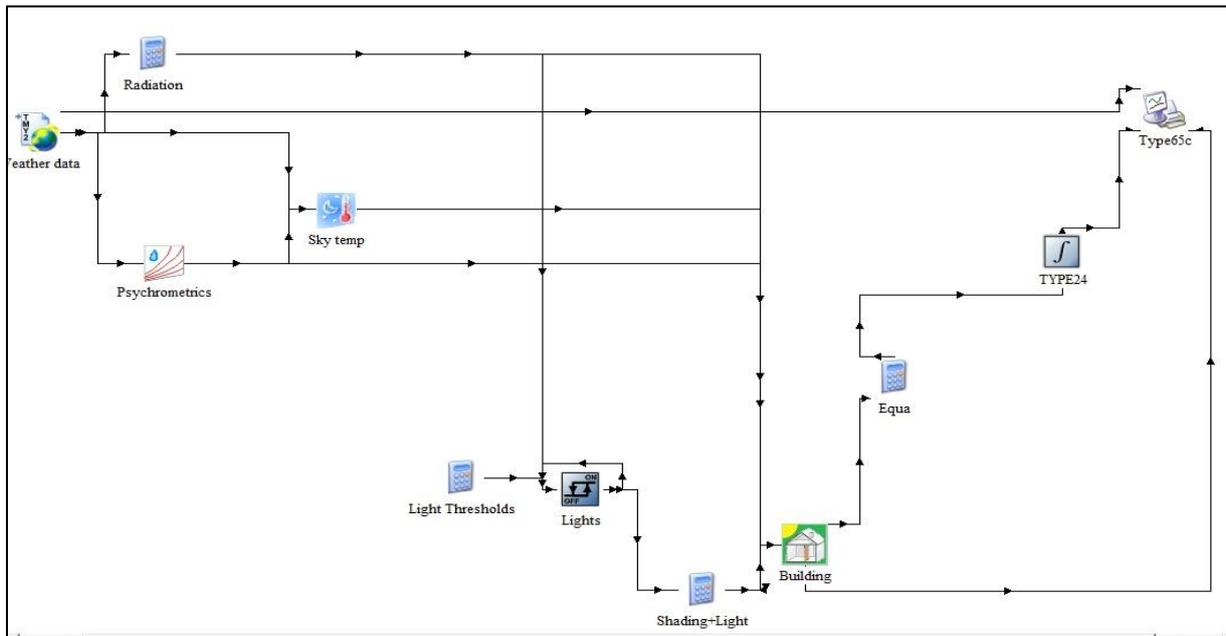


Figure 4.8: projet final (Source : auteur depuis logiciel « TRNSYS studio »)

Cette figure montre la création du projet avec quelque paramètre par défaut pour le bâtiment. Pour redéfinir les paramètres on clique sur puis « **Edit building** »

3- Définition des paramètres du model :

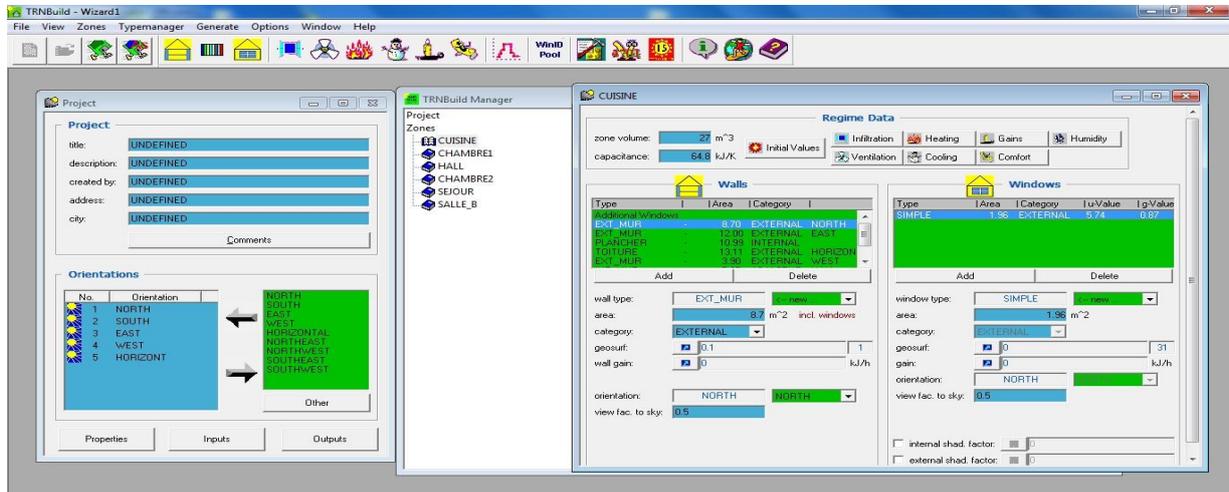


Figure 4.9: paramétrage du projet (Source : auteur depuis logiciel « TRNSYS studio »)

Dans cette fenêtre toutes les données relatives à notre projet peuvent être introduites.

Nous spécifions la composition des murs, leurs orientations respectives, les surfaces vitrées et les types de vitrage utilisés.

Nous définissons les caractéristiques des murs, fenêtres, portes, planchers et plafonds (dimensionnement, les matériaux l'orientation et autres caractéristiques).

Une fois que toutes les données sont entrées, on peut lancer la simulation à partir du studio et sortir ainsi les résultats souhaités (profil de température, les besoins en chauffage et en climatisation).

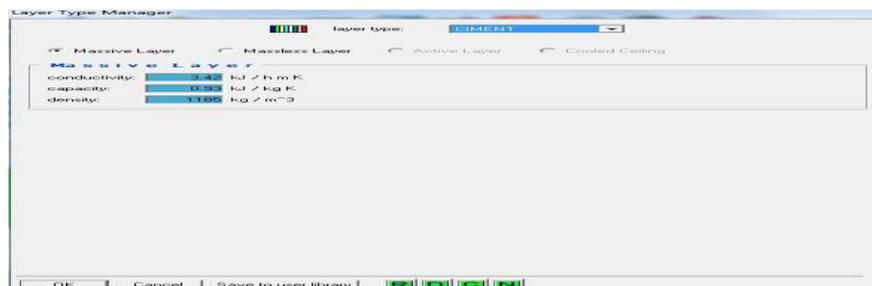


Figure 4.10: Introduction des caractéristiques des matériaux (Source : auteur depuis logiciel « TRNSYS studio »)

Matériaux	Conductivité ($w. m^{-1} °C^{-1}$)	Chaleurs spécifiques (kJ/kg. °C)	Masse volumique (kg/m ³)
Ciment	1.4	1080	2200
Brique creuse	0.88	1000	1800
Béton plein	1.75	1080	2300
Carrelage	2.1	936	2200
Fibre de verre	0.038	2100	50
Hourdis	1.65	120	1680
Plâtre	0.35	936	800
Polystyrène expansé	0.043	1450	13
Tuile	0.23	840	1900

Tableau 4.1 : la conductivité thermique, la chaleur spécifiques, masse volumique des matériaux utilisé source **auteur** .

Il est nécessaire de renseigner :

La conductivité : l'unité utilisée par TRNSYS pour les puissances est le kJ/h ($W \times 3.6$).

La capacité calorifique /1000

La masse volumique kg/m²

3.1- Définition des murs

Pour chaque paroi, on indique :

- la structure de la paroi : matériaux et épaisseur

(la paroi a un sens : on définit un côté « front » et un côté « back » que l'on retrouvera lorsque l'on disposera les parois dans les zones, pour les parois donnant sur l'extérieur, le côté « front » est le côté intérieur)

- les coefficients d'absorption des parois

- les coefficients convectifs (h_e et h_i) selon la réglementation thermique des bâtiments habitation D.T.R.C 3-2.

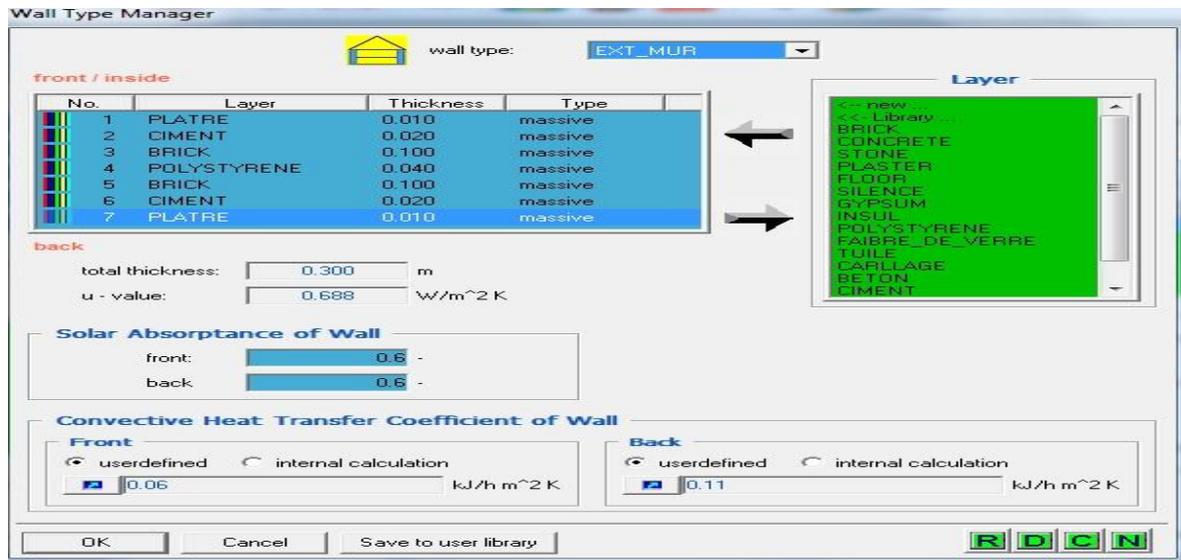


Figure 4.11: Définir la structure des parois (Source : auteur depuis logiciel « TRNSYS studio »)

3.2- Définition des fenêtres

On définit les dimensions des Fenêtres, et aussi le type de vitrages existant dans la bibliothèque du logiciel.

- définir la partie opaque de la menuiserie.
- définir les résistances additionnelles des occultations solaires et des coefficients de réflexion dans le cas d'occultations intérieures.

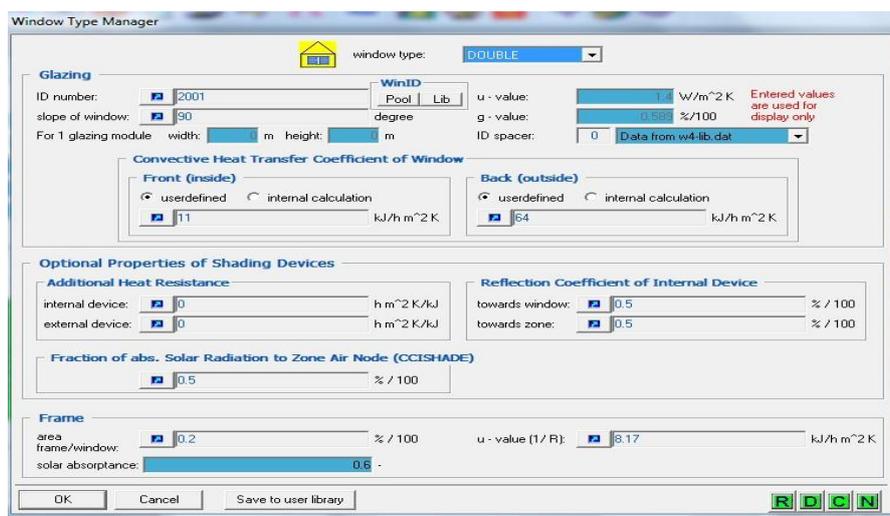


Figure 4.12: Définir les types d'ouverture (Source : auteur depuis logiciel « TRNSYS studio »)

3.3- Définition des types d'infiltration

Le taux de renouvellement d'air lié aux infiltrations est à saisir en Vol/h. Pour modéliser

une surventilation, on peut utiliser les infiltrations

en utilisant une valeur en INPUT

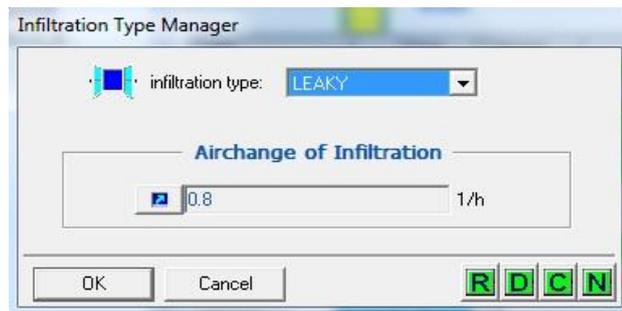


Figure 4.13: Définir le taux d'infiltration (Source : auteur depuis logiciel « TRNSYS studio

3.4- Définition des types de ventilation

De la même façon que pour les infiltrations, il faut saisir le taux de renouvellement d'air lié à la ventilation en vol/h.

Il est également nécessaire de rentrer la température de l'air entrant par cette ventilation (T extérieur ou « outside » pour une ventilation simple-flux). Dans le cas d'une ventilation double-flux, la température de soufflage est donnée en INPUT.

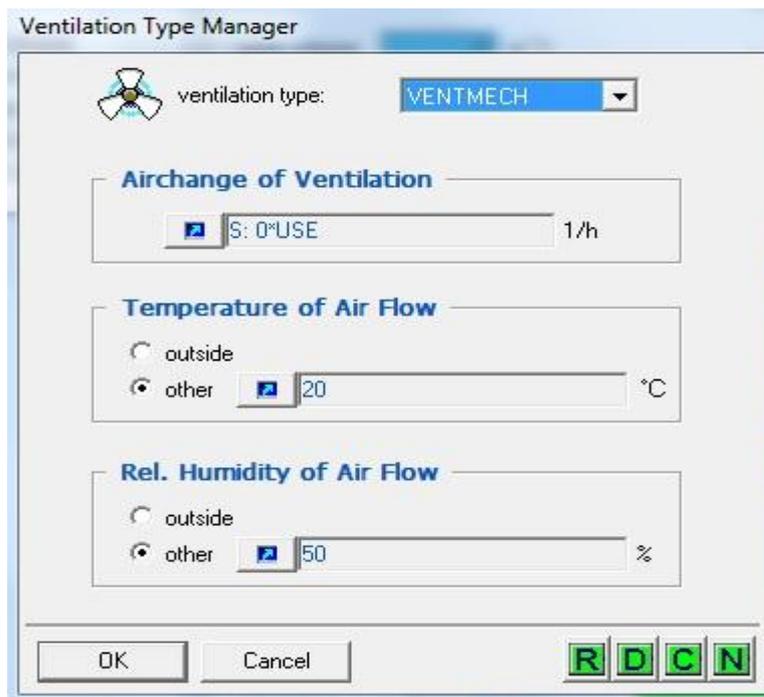


Figure 4.14: Définir le débit de ventilation (Source : auteur Depuis logiciel « TRNSYS studio »)

3.5- Définition du type chauffage

La température de consigne est de 21c° et elle varie selon les scénarios d'occupation

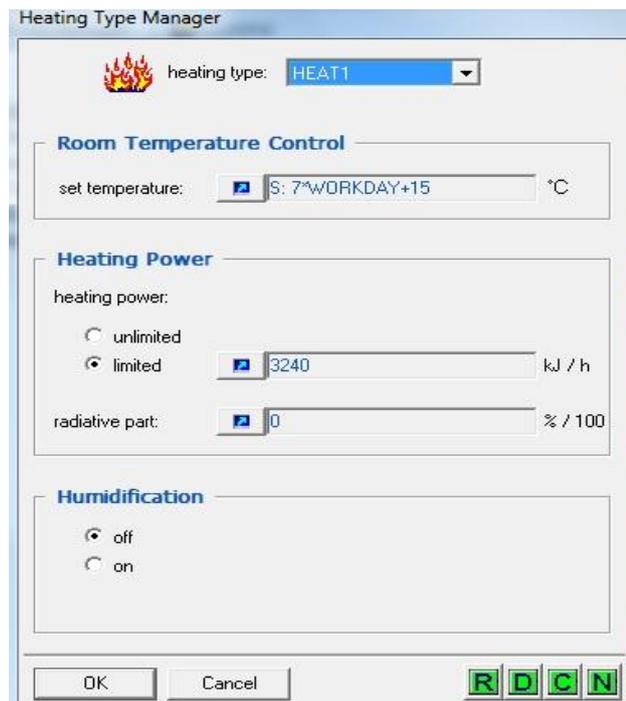


Figure 4.15: Définir la température de chauffage (Source : auteur depuis logiciel « TRNSYS studio »)

3.6- Définition du type de refroidissement

De la même façon que pour les types de chauffage,

il est nécessaire de saisir la température de consigne de froid tout respectant les scenarios d'occupation

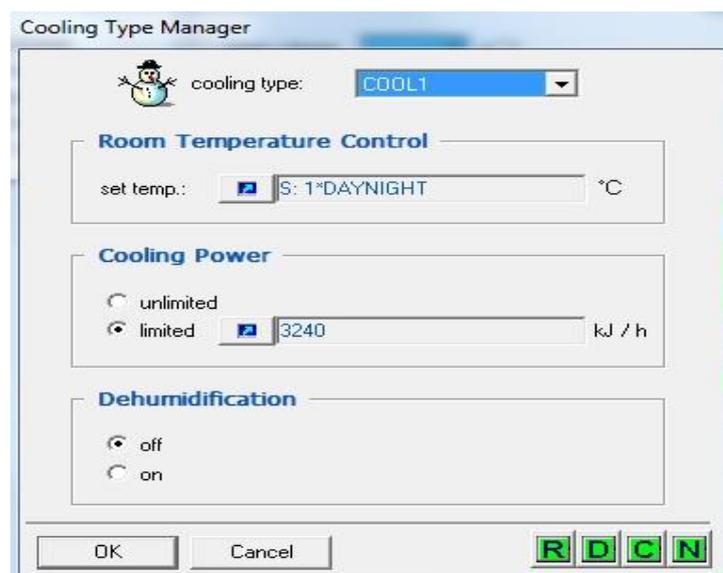


Figure 4.16: Définir la température de climatisation (Source : auteur depuis logiciel « TRNSYS studio »)

3.7 Définition des scénarios

Cette fenêtre nous permet de définir les différents scénarios : ventilation, d'occupation, chauffage et de refroidissement etc

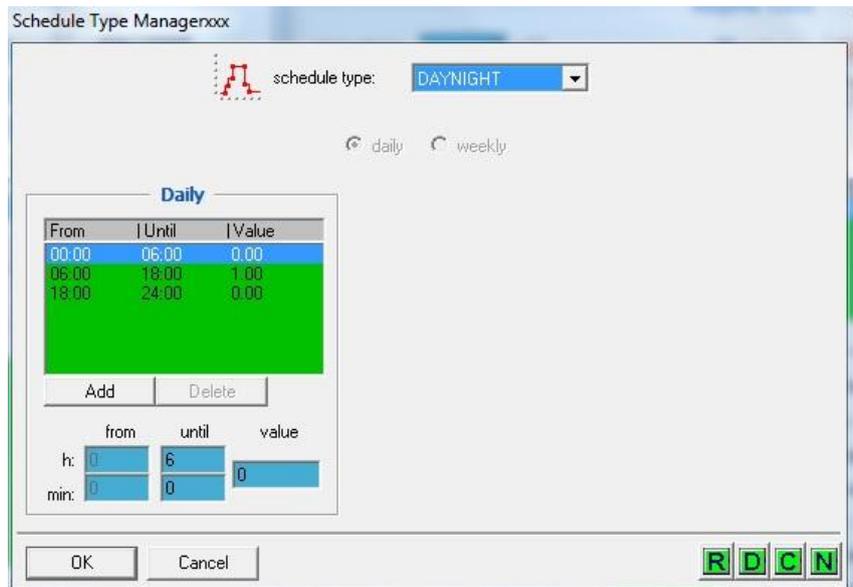


Figure 4.17: Définition des scénarios (Source : auteur depuis logiciel « TRNSYS studio »)

4- Intégration des paramètres correspondant aux zones thermiques

4.1- Saisie des parois et des fenêtres pour chaque zone

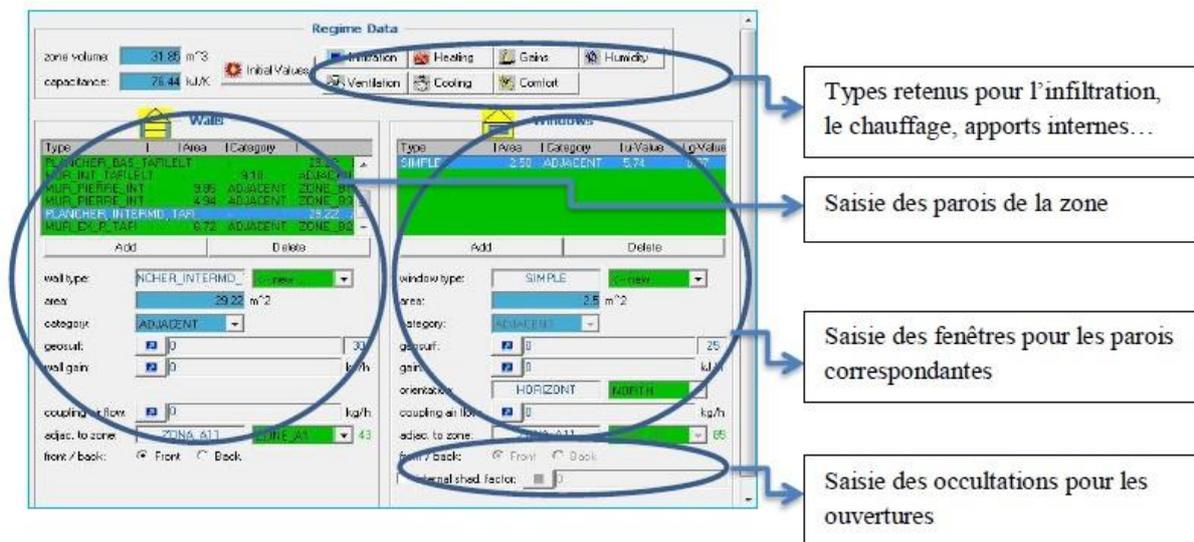


Figure 4.20: Insertion des éléments constructifs (Source : auteur depuis logiciel « TRNSYS studio »)

4.2- Saisie des types de chauffage, ventilation

Activer le chauffage par « on » et choisir le type de chauffage par le menu déroulant la même manipulation est nécessaire pour les infiltrations, la ventilation et les apports internes. Les températures du confort sont fixées à 24°C en été et 21°C en hiver selon le DTR



Figure 4.21: activation du chauffage (Source : auteur depuis logiciel « TRNSYS studio »)



Figure 4.22: activation de climatisation (Source : auteur depuis logiciel « TRNSYS studio »)

4.3- Définition des « OUTPUT »

Une fois les zones définies , il est nécessaire de définir les sorties que l'on souhaite du modèle afin d'exploiter au mieux les résultats.

A partir de la fenêtre « Output », on peut ajouter différents type de sorties en cliquant sur « Add » et en renseignant la fenêtre « Output Data »

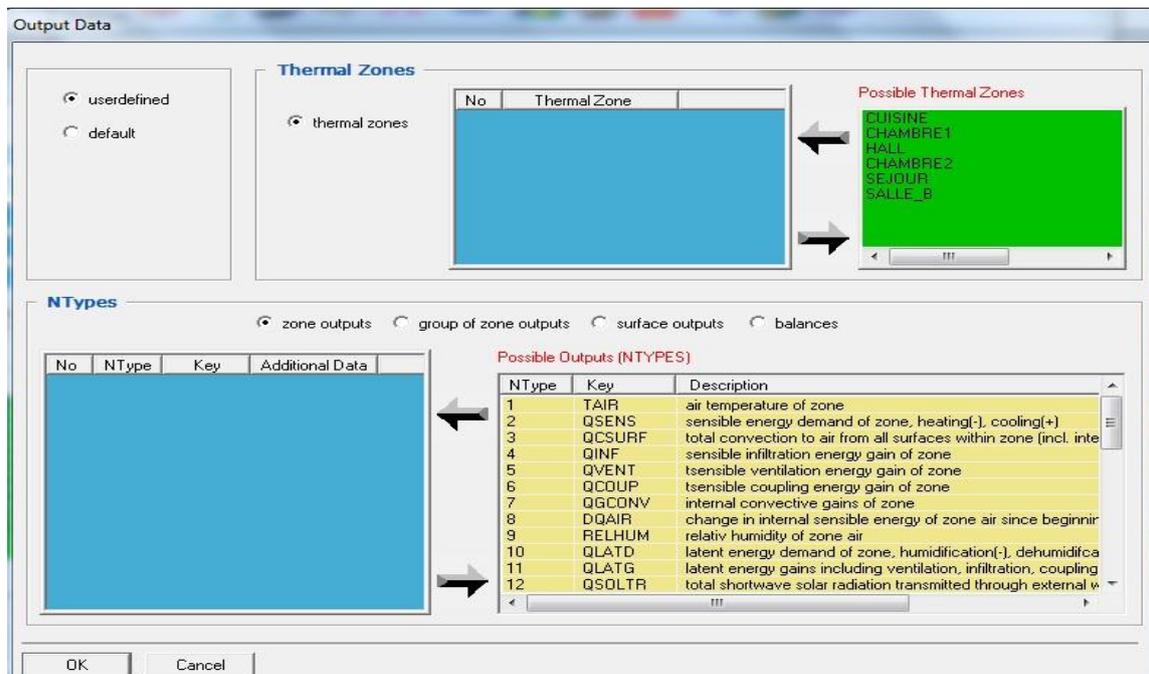


Figure 4.23: choix des outputs des différentes zones (Source : auteur depuis logiciel « TRNSYS studio »)

On peut noter les valeurs de sorties les plus utiles pour notre cas d'étude :

- Les températures de l'air des zones (définies dans les sorties par défaut)
- Bilans énergétiques pour les zones

Cette sortie va générer lors du lancement de la simulation un fichier « Energy_Zone.bal » qui peut être lu sous Excel. Ce fichier reprend à chaque pas du calcul le bilan énergétique des zones sélectionnées (besoins de chauffage, apports internes, apports solaire, apports liés aux « wall gains » et au « coupling air flow », déperditions liées à la ventilation, aux infiltrations, aux parois et ponts thermiques...)

III. Résultats et Discussion

III. Présentation des résultats de la simulation :

Chaque échantillon est composé de 6 zones. Les zones considérées par les résultats de la simulation thermique sont la cuisine, le séjour, la chambre 1, la chambre 2 et salle de bain la circulation.

Pour la consommation énergétique, le séjour est équipé par la climatisation en été et la circulation par le chauffage en hiver. La température de base pour déclencher le chauffage est 20 C° bien que la température nécessaire pour démarrer la climatisation est 26C°.

Les résultats d'hiver sont présentés par le mois de janvier pour les températures journalières en prenant les 2 jours les plus défavorables.

Les résultats d'été sont présentés par le mois de juillet.

- Le premier cas (modèle A) le logement est orienté vers le nord.
- Le deuxième cas (modèle B) le logement est orienté vers le Nord-est.
- Le troisième cas (modèle C) le logement est orienté vers l'est.
- Le quatrième cas (modèle D) le logement est orienté vers le ouest.

Les appartements testés sont considérés sans aucun gain thermique ni un système de chauffage ou climatisation. L'objectif est de maîtriser le comportement d'enveloppe seulement.

III. 1- Comparaisons des températures (intérieure, extérieure) des quatre orientations:

1.1 Le premier cas (modèle A) : cas de base orienté vers le Nord

Après l'introduction des paramètres nécessaires, c'est le temps de présenter les résultats par le type 65 en utilisant un fichier de type Excel.

Les températures ambiantes d'hiver de la ville de Blida sont caractérisées par un grand déphasage entre jour et nuit. La température maximale peut arriver à 20.35°C bien que celle minimale ne dépasse pas 2.55 °C.

Pour le présent cas, il s'agit d'un logement HPE représentant le cas d'étude. Les résultats de la simulation d'hiver sont sur le graphe suivant :

En hiver :

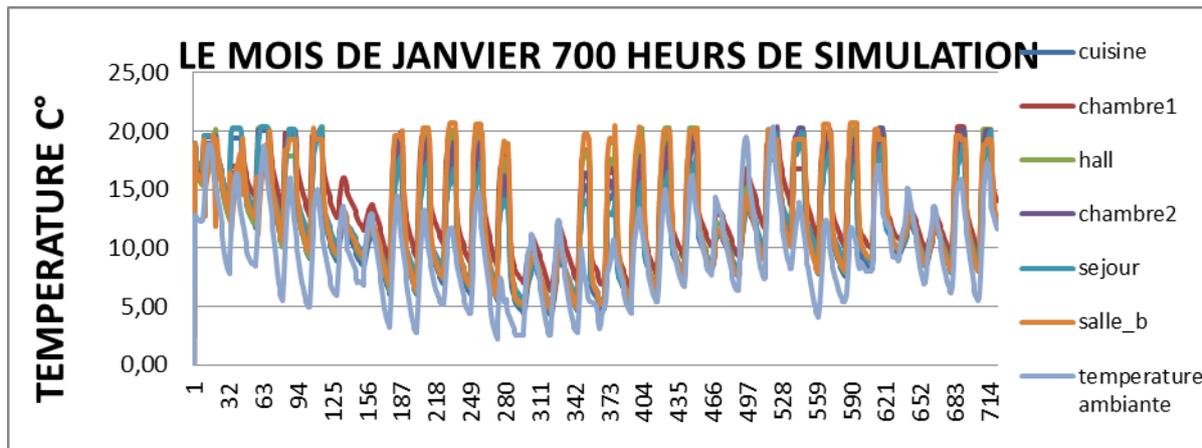


Figure 4.24: simulation d'hiver (janvier) du modèle (A). (Source : auteur depuis logiciel « TRNSYS studio » traité par logiciel Microsoft Excel)

Les courbes des températures présentent des fluctuations importantes. Le séjour avec la chambre sud ont des températures variant entre 3°C et 19°C. La chambre nord avec l'espace circulation répondent avec des valeurs allant de 6°C à 20°C.

La présence d'un isolant au niveau des parois extérieures n'est plus suffisant suite aux défauts de la réalisation et des ponts thermiques. Le simple vitrage est une source des déperditions thermiques fatales.

Les résultats de La simulation thermique hivernale du 1er cas, les températures restent loin du confort thermique. Donc un chauffage d'appoint est nécessaire afin d'arriver au confort thermique.

En été :

Les températures extérieures estivales de la ville de Blida sont caractérisées par des fluctuations importantes arrivent à 10°C ou la valeur minimale est de 17°C et celle verticale est de 40°C.

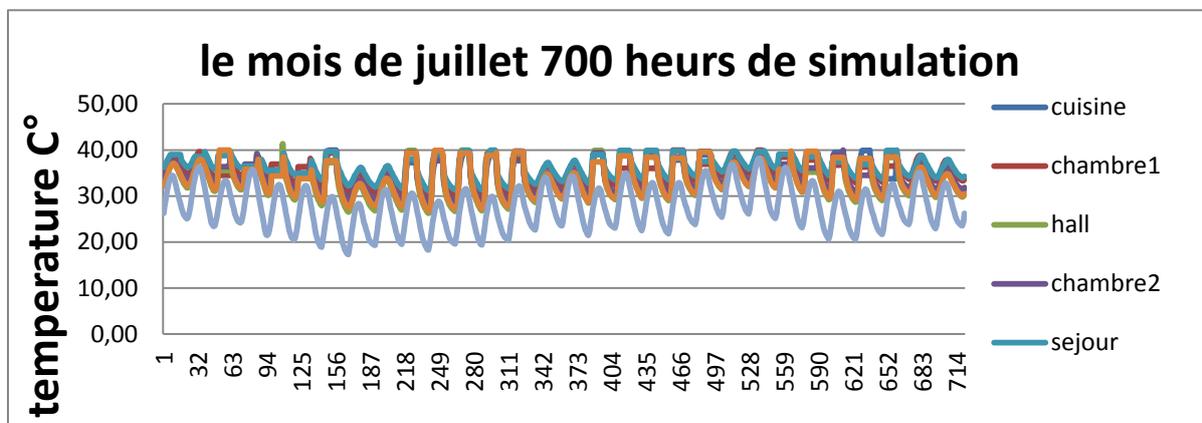


Figure 4.25 : Simulation du l'été (juin-juillet) modèle (A). Source (Source : auteur depuis logiciel « TRNSYS studio » traité par logiciel Microsoft Excel).

Pour la journée la plus défavorable du mois de juillet, montre la réaction thermique des différents espaces par rapport aux ambiances extérieures. Les températures des chambres nord et sud sont entre 28°C et 39°C. Les mêmes valeurs sont pour la circulation et le séjour.

La simulation estivale montre de surchauffes, l'utilisation du simple vitrage et la présence des ponts thermiques liés aux défauts de réalisation.

La faible inertie thermique de la brique creuse favorise un déphasage entre le jour et la nuit qui peut arriver à plus de 4°C.

En été, Le premier cas (modèle A) orienté vers le Nord a besoin d'une climatisation mécanique afin d'améliorer les ambiances intérieures.

1.2 Le deuxième cas (modèle B) le logement est orienté vers le Nord-est :

En hiver :

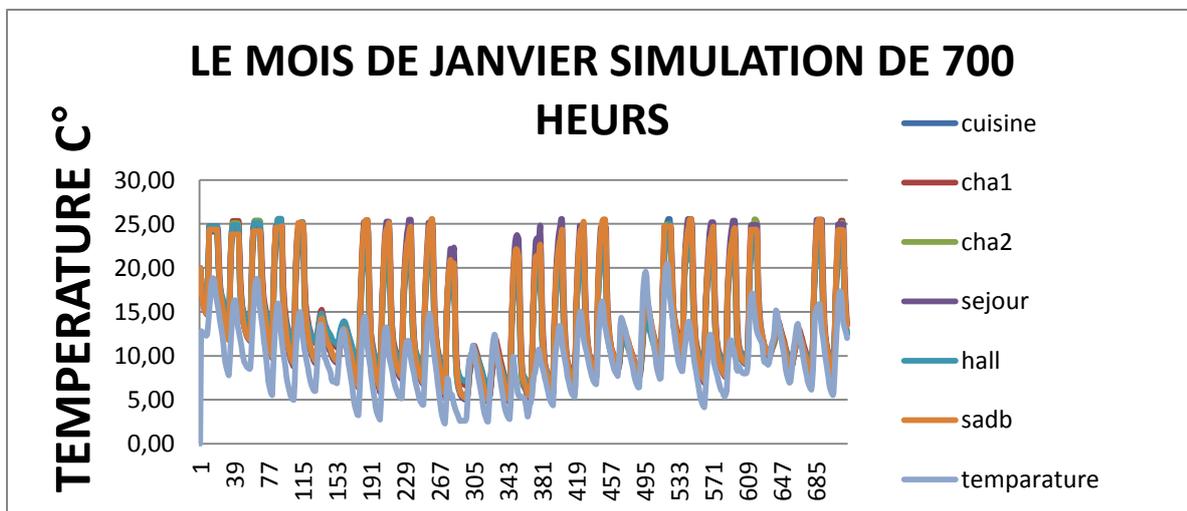


Figure 4.26: simulation d'hiver (janvier) du modèle (B). (Source : auteur depuis logiciel « TRNSYS studio » traité par logiciel Microsoft Excel).

Les courbes des températures présentent des fluctuations importantes. Le séjour avec la chambre sud ont des températures variant entre 7°C et 24°C. La chambre nord avec l'espace circulation répondent avec des valeurs allant de 6°C à 23°C.

Le résultat de la simulation d'hiver indique une amélioration au niveau des températures intérieures.

Cette augmentation de la chaleur est liée changement d'orientation.

Les résultats de La simulation thermique hivernale du 2eme cas : les valeurs de température sont douces et rapproche de la température du confort thermique.

En été :

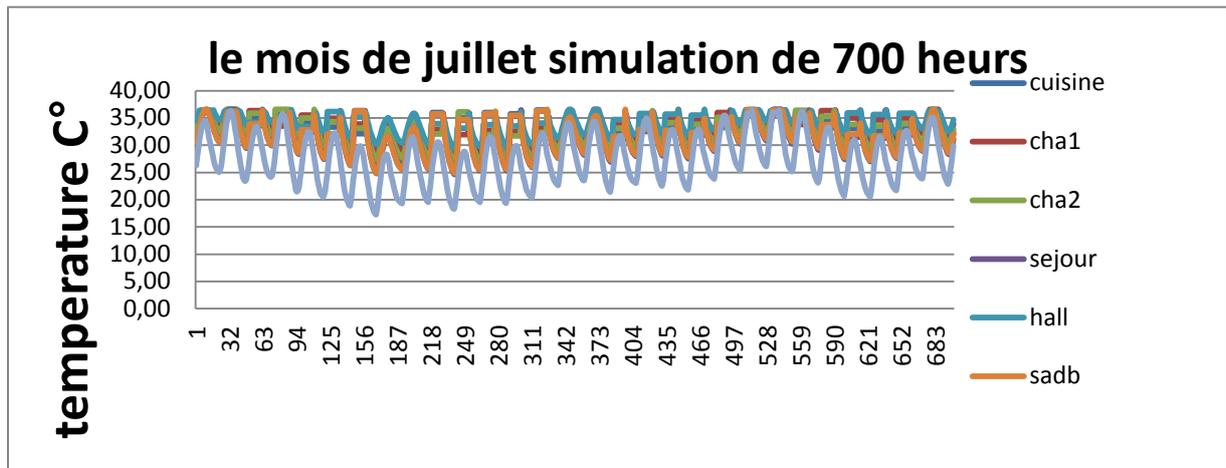


Figure 4.27 :Simulation du l’été (juin-juillet) modèle (B). Source (Source : **auteur depuis logiciel « TRNSYS studio » traité par logiciel Microsoft Excel**)

Pour la journée la plus défavorable du mois de juillet, montre la réaction thermique des différents espaces par rapport aux ambiances extérieures. Les températures des chambres nord et sud sont entre 28°C et 36°C. Les mêmes valeurs sont pour la circulation et le séjour.

La simulation estivale montre de surchauffes, la présence des ponts thermiques liés aux défauts de réalisation.

On peut dire que l’orientation (nord _est) est la meilleure pour une enveloppe thermique par rapport à l’orientation (nord) afin d’assurer l’amélioration des ambiances intérieures en économisant la facture énergétique.

En été, Le deuxième cas (modèle B) orienté vers le Nord_EST a besoin d’une climatisation mécanique afin d’améliorer les ambiances intérieures.

1.3 Le troisième cas (modèle C) le logement est orienté vers l’est :

En hiver :

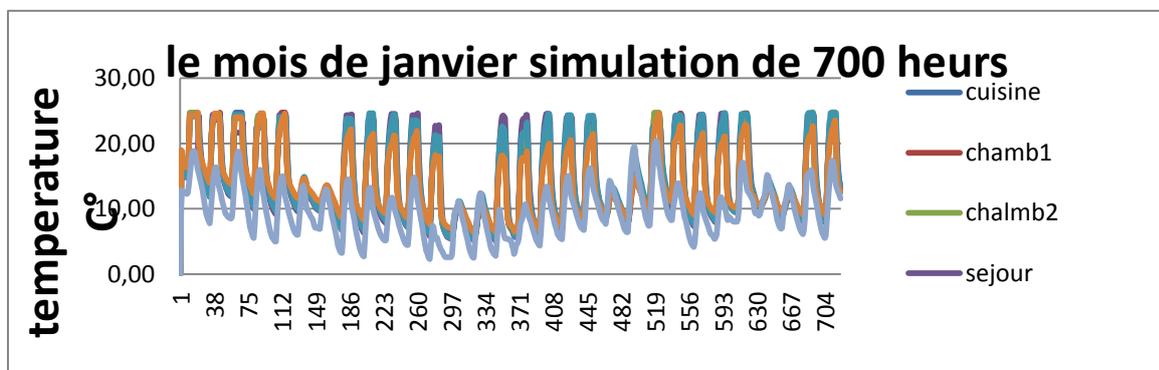


Figure 4.28: simulation d'hiver (janvier) du modèle (C). (Source : **auteur depuis logiciel « TRNSYS studio » traité par logiciel Microsoft Excel**).

Les courbes des températures présentent des fluctuations importantes. Le séjour avec la chambre sud ont des températures variant entre 7°C et 23°C. La chambre nord avec l'espace circulation répondent avec des valeurs allant de 5°C à 24°C.

Le résultat de la simulation d'hiver indique une amélioration au niveau des températures intérieures par rapport le model A mais presque le même résultat avec le model B.

Cette augmentation de la chaleur est liée changement d'orientation.

Les résultats de La simulation thermique hivernale du 3eme cas : les valeurs de température sont proche de la température du confort thermique.

En été :

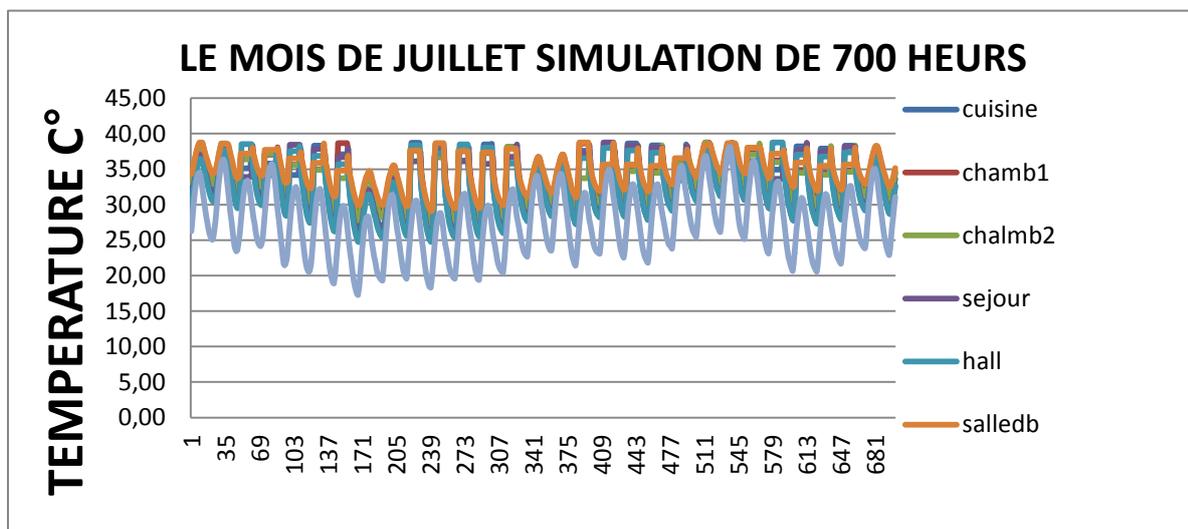


Figure 4.29 : Simulation du l'été (juin-juillet) modèle (c). Source (Source : **auteur depuis logiciel « TRNSYS studio » traité par logiciel Microsoft Excel**)

Pour la journée la plus défavorable du mois de juillet, montre la réaction thermique des différents espaces par rapport aux ambiances extérieures. Les températures des chambres nord et sud sont entre 28°C et 37°C. Les mêmes valeurs sont pour la circulation et le séjour.

On peut dire que l'orientation (est) est la meilleure pour une enveloppe thermique par rapport à l'orientation (nord) afin d'assurer l'amélioration des ambiances intérieures en économisant la facture énergétique.

En été, Le troisième cas (modèle C) orienté vers le EST a besoin d'une climatisation mécanique afin d'améliorer les ambiances intérieure.

1.4 Le quatrième cas (modèle D) le logement est orienté vers le ouest :

En hiver :

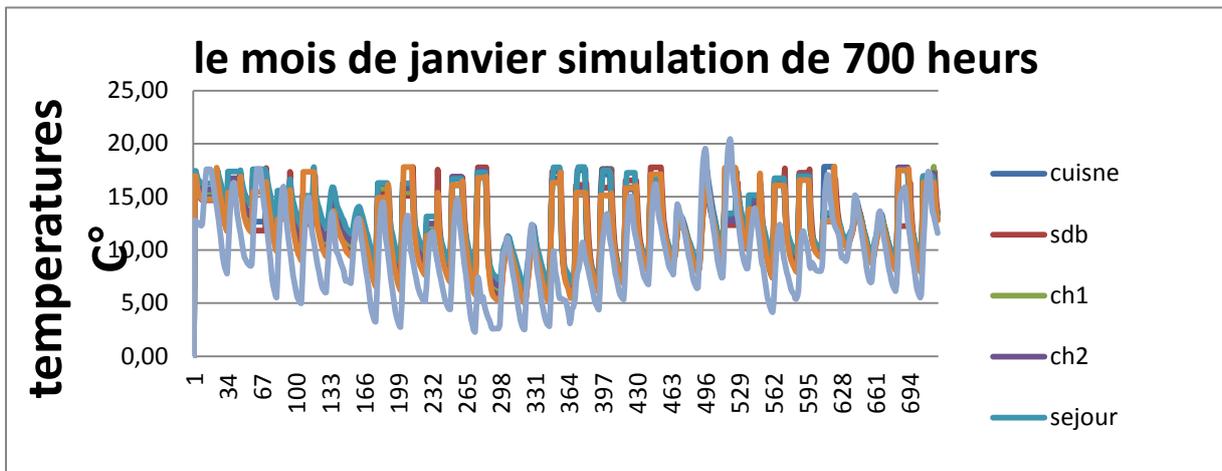


Figure 4.30: simulation d'hiver (janvier) du modèle (D). (Source : auteur depuis logiciel « TRNSYS studio » traité par logiciel Microsoft Excel).

Les courbes des températures présentent des fluctuations importantes. Le séjour avec la chambre sud ont des températures variant entre 3°C et 15°C. La chambre nord avec l’espace circulation répondent avec des valeurs allant de 6°C à 17°C.

Le résultat de la simulation d’hiver indique un recul au niveau des températures intérieures.

Cette augmentation de la chaleur est liée changement d’orientation.

Les résultats de La simulation thermique hivernale du 4eme cas, les températures restent loin du confort thermique. Donc un chauffage d’appoint est nécessaire afin d’arriver au confort thermique.

En été :

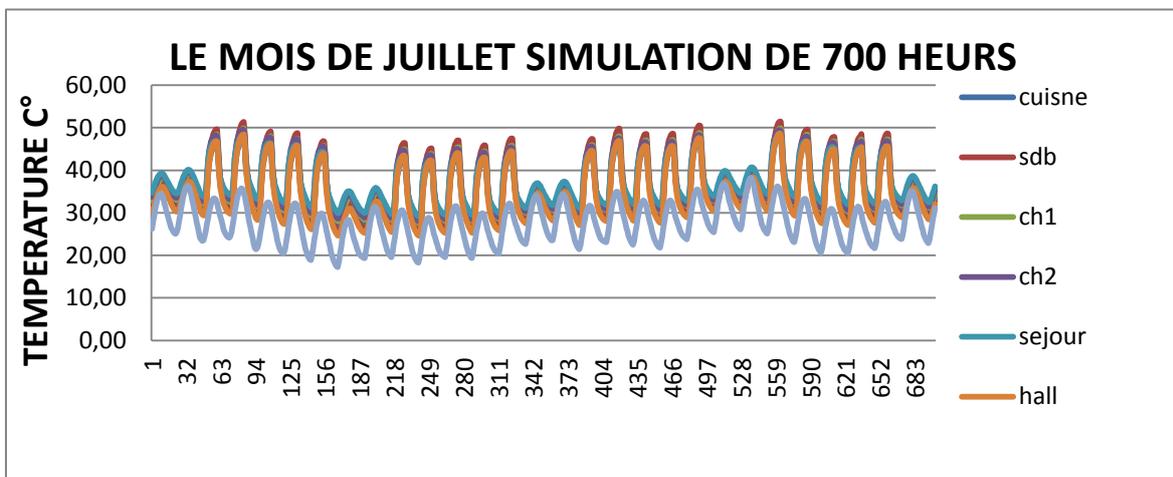


Figure 4.31 : Simulation du l’été (juin-juillet) modèle (D). (Source : auteur depuis logiciel « TRNSYS studio » traité par logiciel Microsoft Excel)

Pour la journée la plus défavorable du mois de juillet, montre la réaction thermique des différents espaces par rapport aux ambiances extérieures. Les températures des chambres nord et sud sont entre 36°C et 44°C. Les mêmes valeurs sont pour la circulation et le séjour.

L'orientation (ouest) : est la mauvaise pour une enveloppe thermique par rapport à l'orientation (nord) afin d'assurer l'amélioration des ambiances intérieures en économisant la facture énergétique.

En été, Le quatrième cas (modèle D) orienté vers le OUEST a besoin d'une climatisation mécanique afin d'améliorer les ambiances intérieure

1.5 Synthèse:

- Dans les quatre cas, les logements ont besoin d'un système de chauffage en hiver et d'un système de climatisation en été .La question se pose: la consommation énergétique dans chaque cas .C'est ce que nous aborderons dans la prochaine étape.
- L'augmentation de la température de surface extérieure en été est provoquée principalement par le manque d'ombrage et par le manque de protection efficace des ouvertures. L'effet de la radiation solaire réfléchi des surfaces extérieures joue un rôle important dans cette augmentation. Plus la paroi est exposée aux radiations solaires plus le flux de chaleur à travers la paroi est élevée.
- La température de surface intérieure d'après les résultats de l'investigation reste gouvernée par la puissance des radiations solaires tombant sur la paroi verticale et la température extérieure.

En hiver:

Pièce	Orientation							
	Nord (Model A)		Est (Model c)		NORD /EST (Model B)		OUEST (Model D)	
	T EXT C°	T INT C°	T EXT C°	T INT C°	T EXT C°	T INT C°	T EXT C°	T INT C°
cuisine	20	21	20	25	20	24	20	17
Salle de bain	20	21.5	20	25.5	20	25	20	18
Chambre 1	20	20	20	24	20	23	20	16
Chambre 2	20	21	20	23	20	23	20	15
SEJOUR	20	19	20	24	20	24	20	17
HALL	20	21.5	20	25	20	25	20	18

Tableau 4.2 : les températures max de chaque pièce en hiver selon les différentes orientations source **auteur**

- La température extérieure de **la cuisine** est égale dans différentes orientations à 20 degrés Celsius, tandis que la température intérieure il y a une différence de 04 degrés C° entre l'exemple A et l'exemple C, 01 degré C° un entre l'exemple C et l'exemple B, et 07 degrés Celsius entre l'exemple B et l'exemple D. Les meilleures orientations en termes de température intérieure sont les deux modèles C et B.
- La température extérieure de la **chambre01** est égale dans différentes orientations à 20 degrés Celsius, tandis que la température intérieure il y a une différence de 04 degrés C° entre l'exemple A et l'exemple C, 01 degré C° un entre l'exemple C et l'exemple B, et 07 degrés Celsius entre l'exemple B et l'exemple D. Les meilleures orientations en termes de température intérieure sont les deux modèles C et B.
- La température extérieure de la **chambre02** est égale dans différentes orientations à 20 degrés Celsius, tandis que la température intérieure il y a une différence de 04 degrés C° entre l'exemple A et l'exemple C, 0 degré C° un entre l'exemple C et l'exemple B, et 08 degrés Celsius entre l'exemple B et l'exemple D. Les meilleures orientations en termes de température intérieure sont les deux modèles C et B.
- La température extérieure de le **sejour** est égale dans différentes orientations à 20 degrés Celsius, tandis que la température intérieure il y a une différence de 05 degrés C° entre l'exemple A et l'exemple C, 0 degré C° un entre l'exemple C et l'exemple B, et 07 degrés Celsius entre l'exemple B et l'exemple D. Les meilleures orientations en termes de température intérieure sont les deux modèles C et B.

En été:

Pièce	Orientation							
	Nord (Model A)		Est (Model c)		NORD /EST (Model B)		OUEST (Model D)	
	T EXT C°	T INT C°	T EXT C°	T INT C°	T EXT C°	T INT C°	T EXT C°	T INT C°
cuisine	36	39	36	37	36	35	36	45
Salle de bain	36	39	36	38	36	36	36	46
Chambre 1	36	38	36	36	36	35	36	44
Chambre 2	36	39	36	35	36	35	36	43
SEJOUR	36	37	36	35	36	35	36	45
HALL	36	40	36	37.5	36	36	36	46

Tableau 4.3 : les températures max de chaque pièce en été selon les différentes orientations source **auteur** .

- La température extérieure de **la cuisine** est égale dans différentes orientations à 36 degrés Celsius, tandis que la température intérieure il y a une différence de 02 degrés C° entre l'exemple A et l'exemple C, 02 degré C° un entre l'exemple C et l'exemple B, et 10 degrés Celsius entre l'exemple B et l'exemple D. Les meilleures orientations en termes de température intérieure sont les deux modèles C et B.
- La température extérieure de la **chambre01** est égale dans différentes orientations à 36 degrés Celsius, tandis que la température intérieure il y a une différence de 02 degrés C° entre l'exemple A et l'exemple C, 01 degré C° un entre l'exemple C et l'exemple B, et 09 degrés Celsius entre l'exemple B et l'exemple D. Les meilleures orientations en termes de température intérieure sont les deux modèles C et B.
- La température extérieure de la **chambre02** est égale dans différentes orientations à 36 degrés Celsius, tandis que la température intérieure il y a une différence de 04 degrés C° entre l'exemple A et l'exemple C, 0 degré C° un entre l'exemple C et l'exemple B, et 08 degrés Celsius entre l'exemple B et l'exemple D. Les meilleures orientations en termes de température intérieure sont les deux modèles C et B.
- La température extérieure de le **sejour** est égale dans différentes orientations à 36 degrés Celsius, tandis que la température intérieure il y a une différence de 01 degrés C° entre l'exemple A et l'exemple C, 0 degré C° un entre l'exemple C et l'exemple B, et 10 degrés Celsius entre l'exemple B et l'exemple D. Les meilleures orientations en termes de température intérieure sont les deux modèles C et B.

III. 2. La consommation énergétique :

Dans cette dernière étape de la recherche, nous discutons de l'effet de l'orientation sur la consommation énergétique, Cette recherche sera approfondie de chercher quelle orientation de l'enveloppe de bâtiment type HPE consomme plus d'énergie durant la période estivale et hivernale, Pour cela, on l'examine au niveau des façades extérieures (Surface verticale), les toitures (Surfaces horizontales).

III. 2. Comparaisons de la quantité d'énergie consommée (chauffage, climatisation) des quatre échantillons (orientations) :

2.1 Le premier cas (modèle A) : cas de base orienté vers le Nord :

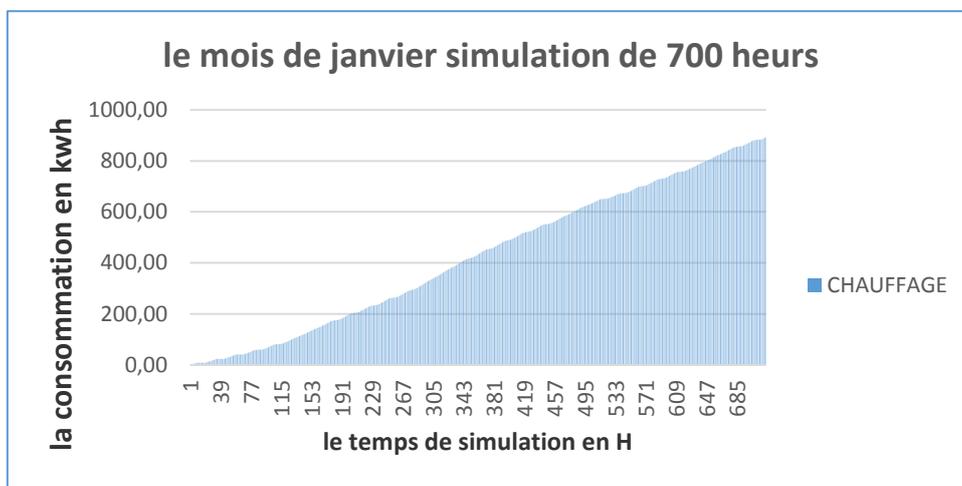


Figure 4.32 :La consommation énergétique en hiver source **auteur** .

La quantité d'énergie consommée durant le mois de janvier varie entre 0 et 892.7 kwh

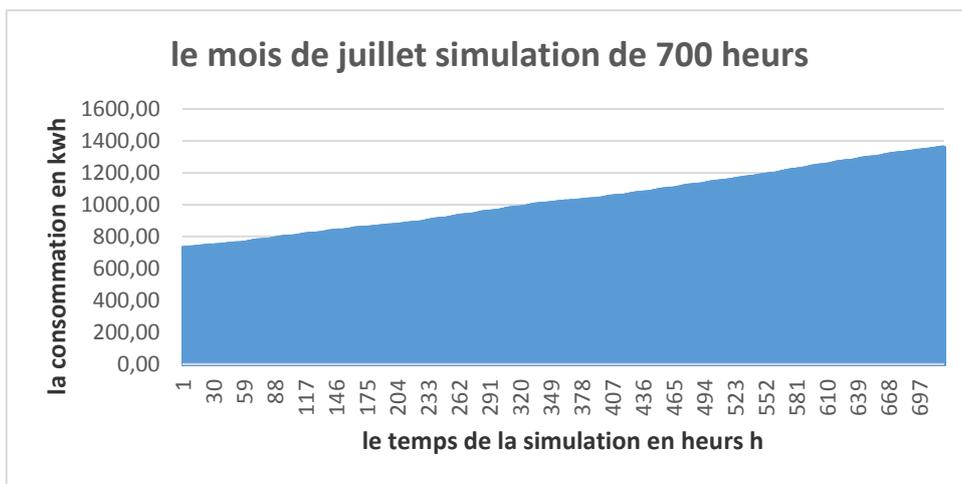


Figure 4.33 :La consommation énergétique en été source **auteur** .

La quantité d'énergie consommée durant le mois de juillet varie entre 723.39 et 1355.55 kwh

3.2 Le deuxième cas (modèle B) le logement est orienté vers le Nord-est :

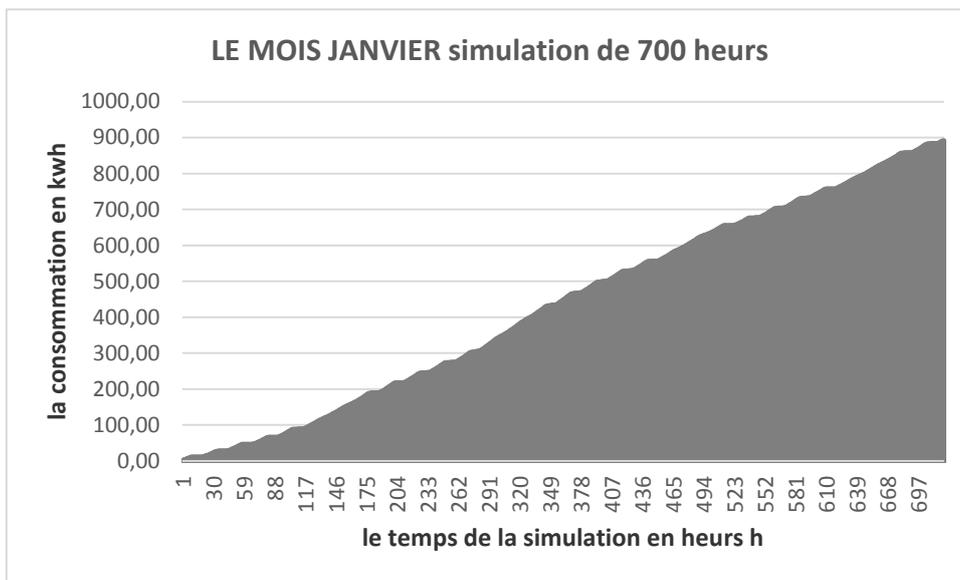


Figure 4.34 : La consommation énergétique en hiver source auteur

La quantité d'énergie consommée durant le mois de janvier varie entre 0 et 890.21kwh

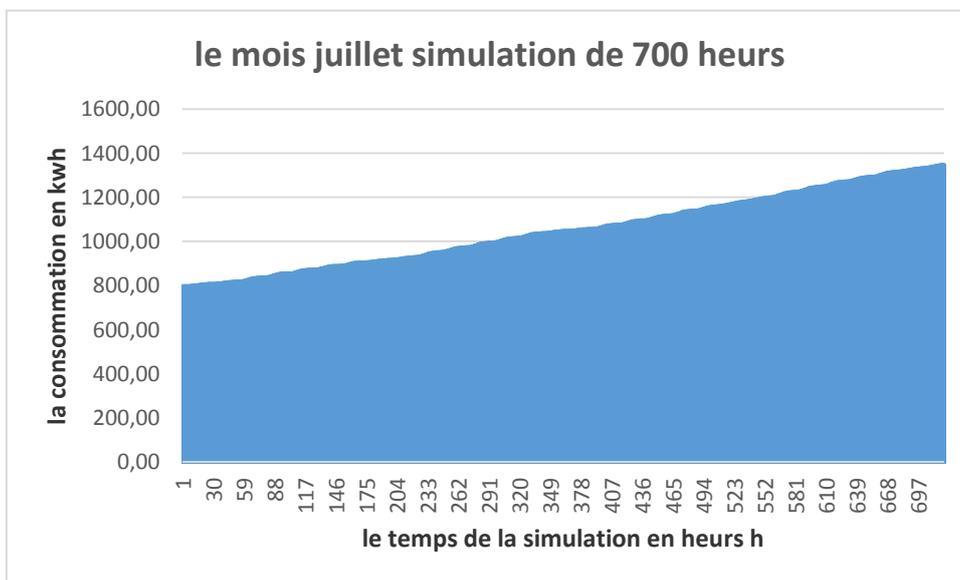


Figure 4.35 : La consommation énergétique en été source auteur .

La quantité d'énergie consommée durant le mois de juillet varie entre 792.67 et 1343.58 kwh

3.3 Le troisième cas (modèle C) le logement est orienté vers l'est :

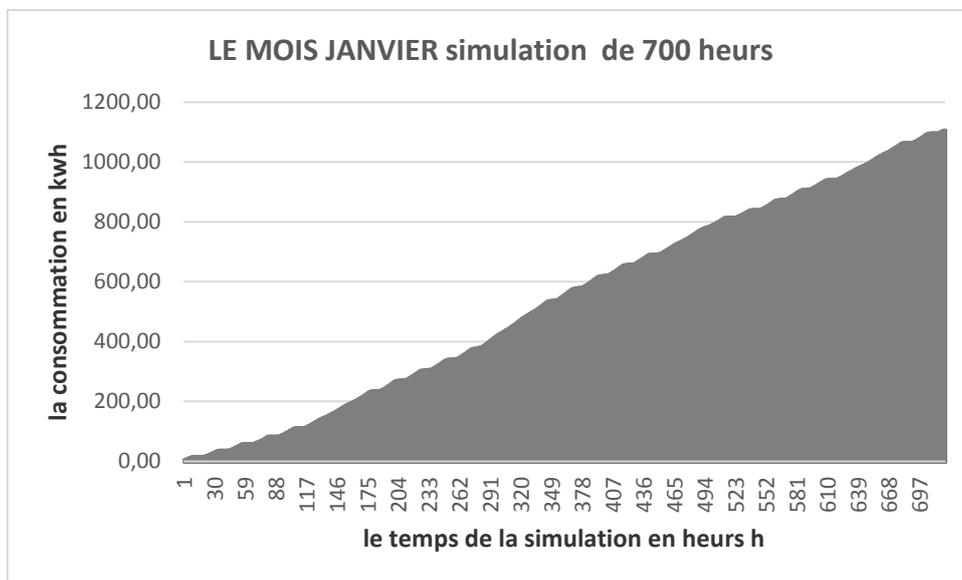


Figure 4.36 :La consommation énergétique en hiver source auteur

La quantité d'énergie consommée durant le mois de janvier varie entre 0 et 1103.5 kwh

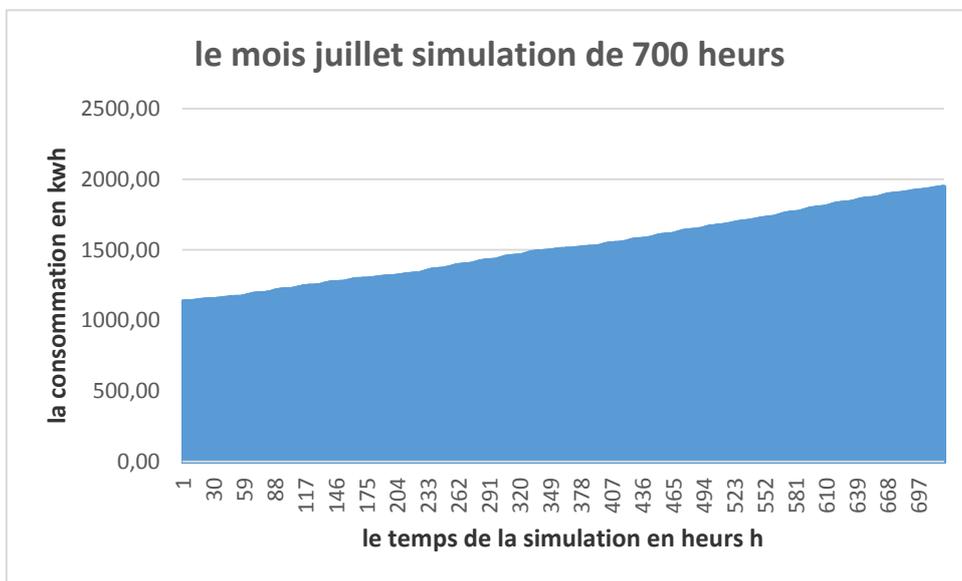


Figure 4.37 :La consommation énergétique en été source auteur .

La quantité d'énergie consommée durant le mois de juillet varie entre 1127.47 et 1940.57 kwh

3.4 Le quatrième cas (modèle D) le logement est orienté vers l'ouest :

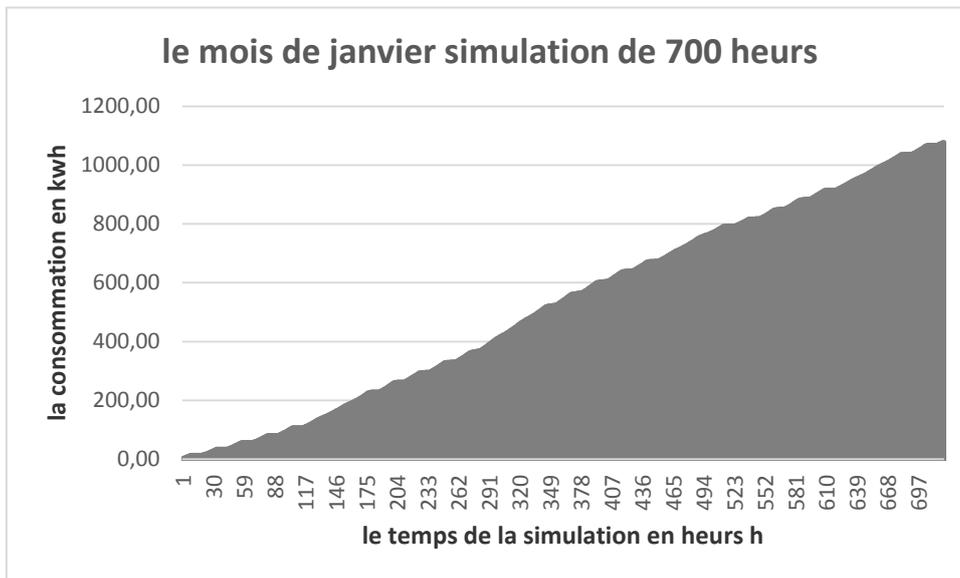


Figure 4.38 :La consommation énergétique en hiver source **auteur**

La quantité d'énergie consommée durant le mois de janvier varie entre 0 et 1076.28 kwh

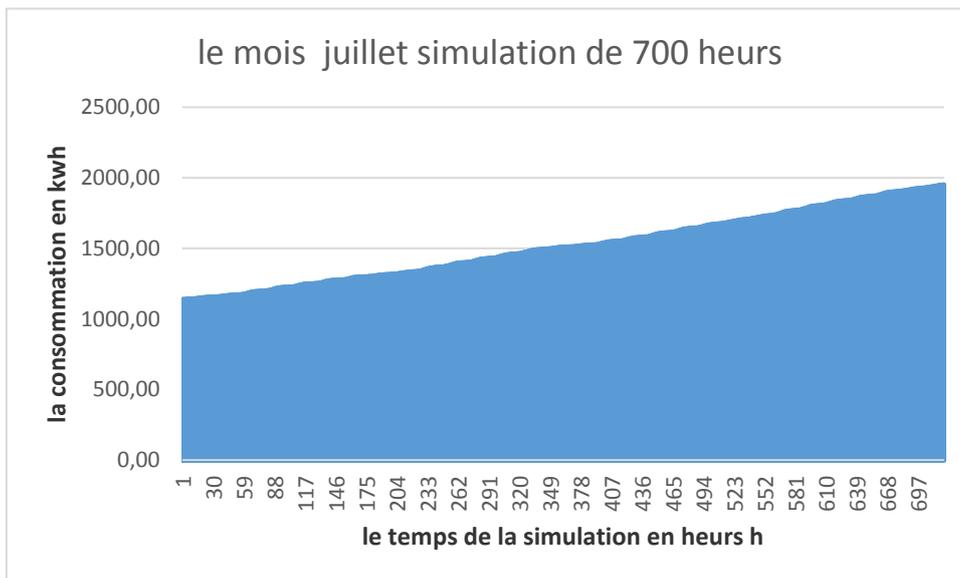


Figure 4.39 :La consommation énergétique en été source **auteur** .

La quantité d'énergie consommée durant le mois de juillet varie entre 1135.43 et 1947.51 kwh

3.5 La comparaison entre les quatre cas :

01 En chauffage :

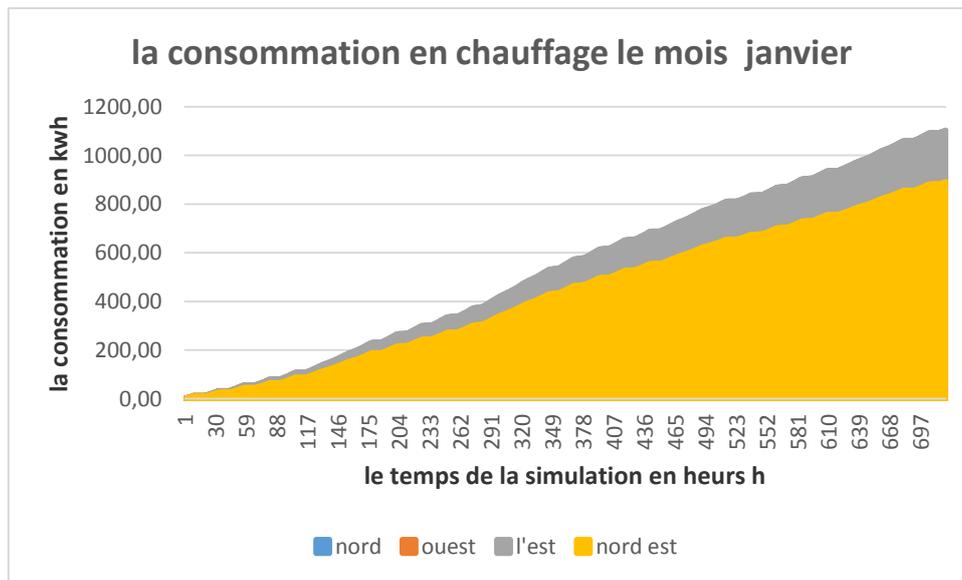


Figure 4.40 : La comparaison entre les 4 cas à-propos La consommation énergétique en hiver source **auteur**

On a remarqué que l’orientation idéal en hiver pour améliorer l’efficacité énergétique du bâtiment HPE C'est dans les directions nord et nord-est

02 En climatisation :

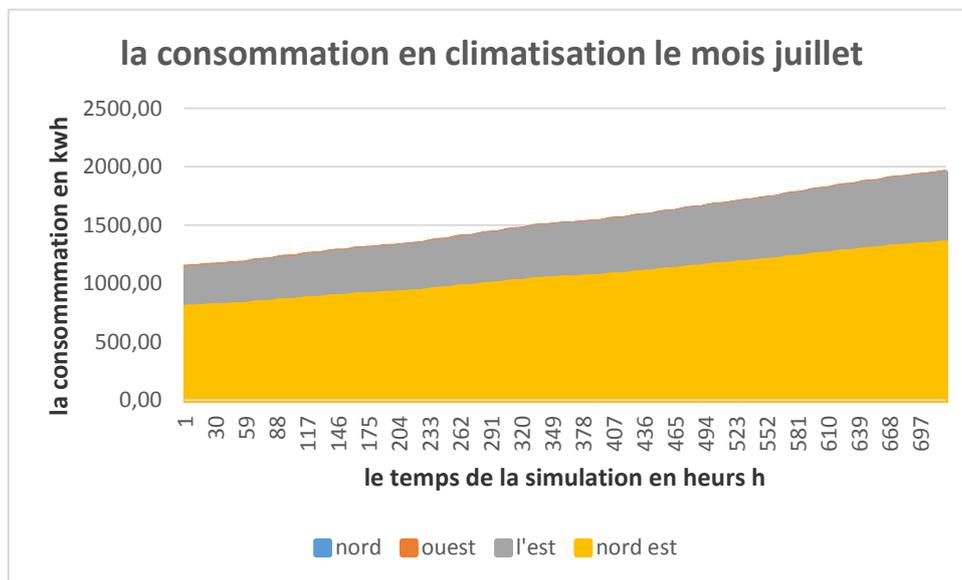


Figure 4.41 :La comparaison entre les 4 cas à-propos La consommation énergétique en été source **auteur**

On a remarqué que l’orientation idéal en été pour améliorer l’efficacité énergétique du bâtiment HPE C'est dans les directions nord et nord-est .

3.6 Tableau de synthèse

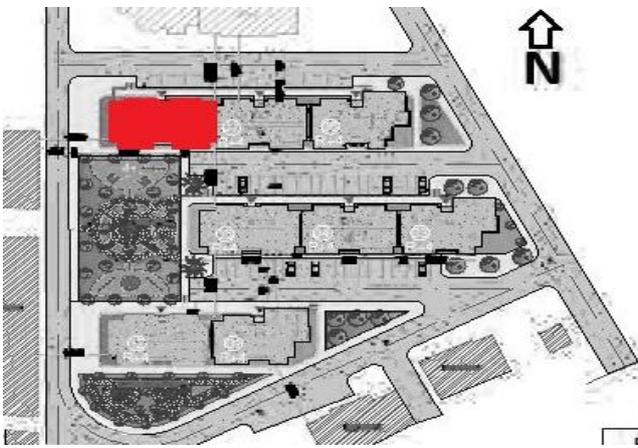
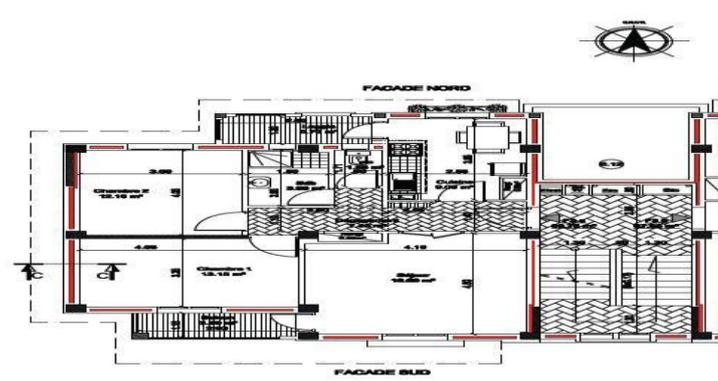
Orientation	LOGEMENT HPE		
	 <p>LE PLAN DE MASS.</p>		
	 <p>LE PLAN DE L'APPARTEMENT.</p>		
	CONSOMMATION EN CHAUFFAGE KWH	CONSOMMATION EN CLIMATISATION KWH	Les consommations énergétiques
NORD	892,07	1355,55	
OUEST	1076,28	1947,51	
L'EST	1103,05	1940,57	
NORD_EST	890,21	1343,58	

Tableau 4.4 les consommations énergétiques en été est en hiver selon chaque orientation source **auteur ..**

IV Conclusion générale:

Les résultats montrent que le climat peut être un élément déterminant dans l'architecture. Le contrôle des facteurs orientation par rapport aux rayonnements solaires, le vent et l'ombrage participent au comportement thermique des espaces intérieurs, et à la création d'ambiance confortable.

Les résultats de l'investigation montrent l'importance du degré d'exposition de la paroi verticale sur l'augmentation ou la diminution de la température intérieure. Et que l'ombre joue un rôle prépondérant dans la création du confort à l'intérieur pendant la période d'été. Donc l'ambiance intérieure de chaque pièce dépend étroitement de l'effet de l'orientation.

Cependant en hiver la température de l'air intérieure dépend surtout de l'effet de refroidissement et de déperditions dues à l'exposition au vent dominant. Pour cela le facteur vent reste indésirable durant les périodes froides, et que la température intérieure reste gouvernée par l'interaction de plusieurs facteurs tels que l'orientation, la taille de l'ouverture et sa protection, la couleur externe et la ventilation.

À la fin de cette recherche, notre hypothèse est affirmée. Alors, l'orientation est un indice majeur dans l'implantation du bâtiment à son environnement. Le choix d'une orientation appropriée peut réduire la consommation énergétique ; c'est la manière la plus facile d'éviter l'insertion des bâtiments énergivores.

Recommandations :

- Pour considérer la performance thermique des habitations, il est nécessaire de connaître tous les facteurs de l'environnement physique qui influencent le confort thermique.
- Prêter attention à l'orientation vis-à-vis des vents dominants et des vents locaux.
- Localiser le relief et la végétation environnante en vue de prévoir les zones d'ombres qui sont susceptibles de constituer des écrans à l'ensoleillement des habitations.

- Chercher à offrir peu de prise aux vents froids et à bien capter lumière et soleil en privilégiant les orientations les plus ensoleillées.
- Disposer au maximum les pièces à vivre au sud (salon, cuisine, chambres), les chambres seront de préférence orientées au sud ou à l'est, afin de profiter du lever du soleil et d'éviter des surchauffes en fin d'après-midi pouvant perturber le sommeil des usagers au cours de l'été. Elles garderont ainsi leur fraîcheur en fin de journée. Les espaces peu ou non chauffés seront plutôt disposés à l'ouest ou au nord et auront un rôle passif de protection. Les espaces tampons (placards, rangements, etc.) pourront être placés sur la façade nord. On veillera à limiter dans la cuisine les apports solaires sur les vitrages sud-ouest, souvent générateurs de surchauffe. Une serre ou véranda placée au sud permet, tout en apportant de la chaleur en hiver, de créer un espace intermédiaire entre l'intérieur et l'extérieur.
- Orienter judicieusement les ouvertures pour permettre une meilleure gestion de la chaleur et de la lumière. Le Nord aura le minimum de fenêtres parce qu'elles ne captent ni énergie, ni lumière. Les fenêtres étant des points faibles au niveau thermique, toute fenêtre positionnée au nord va faire augmenter les déperditions et rester malgré tout très sombre. L'Est et l'Ouest auront des vitrages, mais il faudra impérativement pouvoir les occulter dans la saison chaude pour éviter les surchauffes. Le Sud aura le maximum de vitrages, pour capter le maximum de chaleur.
- Protéger les habitations des rayonnements solaires, pour le confort en été, par une toiture isolante et des occultations horizontales et verticales. Le choix du type de protection solaire doit s'adapter à l'orientation des parois opaques et des ouvertures.
- On souhaitant que les architectes prennent en compte l'orientation durant la phase d'esquisse du projet afin d'éviter l'insertion des bâtiments énergivore aussi bien de chercher l'intégration des énergies renouvelables et l'utilisation des solutions actives.

Références bibliographiques :

01 Livres et documents :

Arantes, L. (2013). L'intégration des données énergétiques dans la conception architecturale située (Thèse de Doctorat). Université de Grenoble, France.

Bucchianeri, X. (2012). Étude énergétique et spatiale d'une conception rationalisée de la façade (stage mise en situation professionnelle). Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, Grenoble, France.

Clua, A., Lufki, S., Rey, E. (2016). Towards a new prospective basis for the design strategies of Active Façades A research methodology to create guidelines for photovoltaic integration. Communication présentée à la 36th International Conference on Passive and Low Energy Architecture PLEA 2016, Los Angeles, États-unis.

CNERIB, document technique règlementaire (DTR C3-2), « Règlementation thermique des bâtiments d'habitation ; règle de calcul des déperditions calorifiques », Alger. 1998.

CNERIB, document technique règlementaire (DTR C3-4), « Règle de calcul des apports calorifiques des bâtiments », fascicule 2, Alger. 2005.

Ghaffarian-Hoseini, A.H., Makaremi, N. (2012). Intelligent Facades in Low-Energy Buildings. British Journal of Environment & Climate Change, 2 (4), 437-464.

Givoni, B. « L'homme, l'architecture et le climat », Edition le moniteur, Paris. 1978.

Herant, P. (2004). L'enveloppe du bâtiment. Conclusion de la journée thématique "Bâtiment 2010" consacrée à l'enveloppe du bâtiment. France: L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie ADEME.

Hall, M.R. (2010). Materials for energy efficiency and thermal comfort in buildings (1ère éd.). New Delhi : Woodhead Publishing.

Liébard, A., De Herde, A. (2005). Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques (1ère éd.). Paris : Observ'ER.

O'Shaughnessy, L. (2013). Méthodes de construction. Note du cours, Architecte à Saint-Colomban, Canada.

Poirazis, H. (2006). Double Skin Façades a Literature Review, A report of IEA SHC Task 34 ECBCS Annex 43. Suède : Université de Lund.

Yazdizad, A., Rezaei, F., Faizi, F. (2014). Classification of Double Skin Façade and Their Function to Reduce Energy Consumption and create sustainability in Buildings

02 : les thèses (par ordre chronologique) :

These1 : Bellara, S. « Impact de l'orientation sur le confort thermique intérieur dans l'habitation collective ; cas de la nouvelle ville Ali Mendjeli Constantine. », mémoire du magister, université Mentouri, Constantine. 2004- 2005.

These2 : Benlatreche T. « Effets thermo-radiatifs et caractérisation microclimatique des cours intérieures dans les édifices publics », mémoire du magister, université Mentouri, Constantine. 2006.

These3 : Safer, N. (2006). Modélisation des façades de type double-peau équipées de protections solaires : Approches multi-échelles (Thèse de Doctorat). L'institut National des Sciences Appliquées de Lyon, France.

These4 : Mazari, M. (2012). Etude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public

: Cas du département d'architecture de Tamda « Tizi-Ouzou » (Mémoire de Magister).

Université de Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, Algérie.

These5 : Zoubir, A. (2013). Etude des transferts thermo convectifs dans un canal semi-ouvert : application aux façades photovoltaïques type double-peau (Thèse de Doctorat). L'institut National des Sciences Appliquées de Lyon, France.

These6 : Hernandez, O. (2014). Etude et analyse de la ventilation et de la qualité des environnements intérieurs (QEI) dans les bâtiments de bureaux à faible demande énergétique le cas de la tour Elithis à Dijon (Thèse de Doctorat). Université de La Rochelle, France.

These7 Le logement à Haute Performance Energétique (HPE) en question. Cas de la cité Amimoune à Bejaia Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master II en Architecture« Architecture, ville et territoire » Préparé par : BACHAGHA Sabrina BENTALEB Sabrina /2015

These8 : Melle BENHARRA Houda » Impact de l'orientation sur la consommation énergétique dans le bâtiment. -Cas des zones arides et chaudes-.2016.

These9 : évaluation des performances énergétiques et du confort thermique dans l'habitat : cas des logements hpe de l'opgi de blida. Mémoire présenté en vue de l'obtention Du diplôme de Magister ,présenté par Mme FERRADJI Kenza/2017.

These10 : KHADRAOUI Mohamed Amine « Étude et optimisation de la façade pour un confort thermique et une efficacité énergétique (Cas des bâtiments tertiaires dans un climat chaud et aride) »2019

These11 : latreche sihem » étude et amélioration des performances climatique de l'enveloppe architecturale en milieux chaudes et arides »cas l'architecture domestique autoproduite a Biskra 2019.

03 : les sites :

- <https://www.google.com/maps/place/A%C3%AFn+Romana/@36.38809,2.573889,3,12z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x128f6fc80760d5df:0xdcbd59ff3b02b4c4!8m2!3d36.4291807!4d2.6943171>
- www.maps.dz

04 les établissements et les directions :

OPGI blida - Office de Promotion et de Gestion Immobilière de wilaya de blida.