

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de L'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Mohamed Khider– Biskra
Faculté des Sciences et de la technologie
Département d'architecture
Ref :.....



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

Mémoire présenté en vue de l'obtention
Du diplôme de
Magister

Option : Architecture, Forme, Ambiances Et Développement Durable

**L'impact de la typologie des habitats collectifs sur les
conditions thermiques intérieures et l'efficacité
énergétique – Cas de climat chaud et sec -.**

Présenté par :
TIBERMACHINE ISLAM

SOUTENU LE : 01/06/2016

Devant le jury composé de:

Mr. Moussadek BENABBAS MCA.....PrésidentUniversité de Biskra.
Mr. Nouredine ZEMMOURI Professeur..... Rapporteur.....Université de Biskra.
Mr. Abdelhafid MOUMMI.....Professeur.....Examineur.....Université de Biskra.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements

Je remercie dieu de m'avoir donné le courage et la volonté de mener à bien ce travail.

J'exprime mes profonds remerciements à mon directeur de thèse, professeur Noureddine ZEMMOURI, pour toutes les informations qu'il m'a apporté, pour les conseils qu'il m'a donné, pour son suivi, sa disponibilité, sa sympathie, sa patience et son intérêt porté sur le travail que j'ai réalisé.

Je tiens tout particulièrement à remercier Dr.HOUDA Saddok, maître assistant à l'université Mohamed kheider Biskra, pour ces conseils et pour avoir répondu à plusieurs de mes questions techniques concernant le logiciel TRNsys.

A tous les enseignants de poste graduation.

Je tiens également à remercier les membres de jury d'avoir accepté d'être examinateurs de ce travail, en espérant je serais tiré profit de leur remarques, conseils et orientations pour la continuité de ma recherche.

Mes remerciements s'adressent également à tout le personnel d'OPGI (direction de gestion), SETEB particulièrement monsieur Ahmed DJOUAMA, l'agence foncière (service des études), SONALGAZ, METEO BISKRA, CRSTRA particulièrement monsieur Rachid SACI et Tarek OUAMENE, pour l'accueil, le soutien, les informations, et pour avoir mis à ma disposition tous les documents nécessaires.

Enfin, et surtout, je tiens à remercier ma famille et mes amis, pour m'avoir soutenu tout au long de mon travail.

Et à tous ceux qui m'ont aidé à élaborer ce travail, pour leurs soutiens et leurs encouragements.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail en signe de respect, de connaissance et de gratitude à :

La mémoire de mon père, qui a toujours été mon guide et mon repère, que dieu le compte parmi ses biens aimés.

A ma mère pour ses prières, ses encouragements et soutient tout le long de ma vie.

A mes frères, ainsi qu'à leurs femmes et leurs enfants.

A mes sœurs, ainsi qu'à leurs maris et leurs enfants.

A tous mes collègues de travail, particulièrement Fouad GUEDIDI.

Sans oublier mes amis surtout : Mounir, Khaled, Chaker. Salim, Et Nabil

RÉSUMÉ

« *Le bâtiment joue un rôle de filtre thermique* », résultat confirmé par bon nombre de recherches portant sur l'efficacité thermique et énergétique des bâtiments. La performance de ce bâtiment est gouvernée par l'interaction de plusieurs indicateurs, à savoir : la compacité de la forme, le mode de contact avec les autres bâtiments mitoyens, la hauteur du bâtiment, l'orientation ... etc.

Par ailleurs, nous assistons aujourd'hui en Algérie à la réalisation d'un grand programme d'habitats collectifs, ou la nécessité de construire un grand nombre de logements dans un court laps du temps et à moindre cout a conduit à la répétition des mêmes modèles à travers les cités résidentielles. Dans ces cités, certaines considérations ont été mises à l' écart et négligées. Telles que, le maintien du confort thermique intérieur et la consommation énergétique finale, ce qui a mené à des bâtiments non confortables thermiquement et très énergivores.

Cette tentative de recherche porte sur l'étude de l'impact induit des variations typologiques des habitats collectifs sur leurs performance thermique et énergétique. La stratégie adoptée consiste à modéliser les typologies d'habitats les plus construites dans notre zone d'étude, afin d'évaluer leurs performances thermiques et énergétiques à l'aide des outils informatiques.

Il s'agit de la modélisation des bâtiments différents en forme bâtie et similaires en caractéristiques techniques et en volume chauffé sous le logiciel de *TRNsys* (version 17). Les données climatiques de la ville de Biskra ont été considérées pour représenter le climat chaud et sec.

En conclusion, la présente recherche a permet de faire une étude comparative entre les typologies testées. Et enfin, déterminer la typologie la plus performante en termes de confort thermique intérieur et consommation énergétique reliée à la climatisation et au chauffage dans les zones arides et semi arides.

Mots clés : typologies, habitats collectifs, confort thermique, consommation énergétique, zone aride et semi aride.

ABSTRACT

"The building acts as a thermal filter" result confirmed by many researchs on the thermal and energy efficiency of buildings. The performance of this building is governed by the interaction of several indicators, including: the compactness of the form, the mode of contact with other adjacent buildings, building height, orientation ...

Moreover, we are witnessing today in Algeria to the realization of a large collective housing program. The need to build a lot of housing must be done in a short period and at lower costs led for the repetition of the same models through the housing cities. In these cities, some considerations were put away and neglected. Such as, maintaining the internal thermal comfort and final energy consumption, this led to uncomfortable buildings and a large consumption.

This attempt to research focuses on the study of the induced impact of typological variations collective housing within their thermal and energy performance. The strategy is to model the most built habitat types in our study area to assess their thermal and energy performance by using computer tools.

It's about modeling of different buildings in built form and similar in specifications and volume under the TRNSYS software (version 17). The Climate data for the town of Biskra were considered to represent the hot and dry climate.

In conclusion, this research allowed to make a comparative study between the tested types. As result, determine the most efficient typology in terms of interior thermal comfort and energy consumption related to cooling and heating in the arid and semi arid areas.

Keywords: typologies, collective housing, thermal comfort, energy consumption, arid and semi arid areas.

الملخص

" المبنى له دور مرشح حراري " نتيجة أكدتها العديد من البحوث المتعلقة بالكفاءة الحرارية واستهلاك الطاقة في المباني . الكفاءة الحرارية والطاقوية لهذا المبنى متعلقة بتفاعل عدة مؤشرات ، من بينها : التراص في الشكل، طريقة الاتصال مع المباني المجاورة الأخرى، ارتفاع المبنى ، التوجيه ...

من ناحية أخرى ، فإننا نشهد اليوم في الجزائر انجاز برنامج كبير للسكن الجماعي ، أين أدت الحاجة إلى بناء الكثير من المساكن في فترة قصيرة وبتكلفة أقل إلى تكرار نفس النماذج في مختلف الأحياء السكنية. في هذه الأحياء السكنية، بعض الاعتبارات أهملت ولم تأخذ في الحسبان ، مثل: التوفير والحفاظ على الراحة الحرارية داخل المباني وكمية استهلاك الطاقة النهائي ، مما أدى إلى المباني غير مريحة حراريا ومستهلكة كثيرا للطاقة.

هذا البحث يركز أساسا على دراسة الأثر الناجم عن التغيرات النمطية للمساكن الجماعية من حيث أدائها الحراري والطاقة التي تستهلكها. الإستراتيجية المتبعة تتمثل في نمذجة الأنماط السائدة في منطقة دراستنا لتقييم أدائها الحراري والطاقة التي تستهلكها باستخدام أدوات المحاكاة.

يتعلق الأمر بنمذجة أنماط سكن جماعي مختلفة في الشكل المبني ومتشابهة من ناحية الخصائص التقنية وحجم المبنى وهذا بالاستعانة ببرنامج *TRNsys.v17* . تم اعتماد المعطيات المناخية لمدينة بسكرة في هذه الدراسة لتمثل المناطق الحارة والجافة.

في الختام، يسمح هذا البحث بإجراء مقارنة بين الأنماط المدروسة . وكنتيجة ، تحديد النمط الأكثر كفاءة من حيث الراحة الحرارية الداخلية واستهلاك الطاقة المتعلقة بالتكييف والتدفئة. وهذا في مجال دراستنا وهو المناطق الجافة وشبه الجافة.

الكلمات الدلالية :

الأنماط ، السكن الجماعي ، الراحة الحرارية ، استهلاك الطاقة ، المناطق الجافة والشبه الجافة.

TABLE DE MATIERE

Remerciements	I
Dédicace	II
Résumé	III
Liste des figures.....	XIII
Liste des tableaux	XVI
Liste des graphs	XVII
INTRODUCTION GENERALE	01
Description de la problématique de recherche	03
Les objectifs de cette étude	04
Les hypothèses	04
La méthodologie de recherche.....	05
La structure du mémoire	05
Organigramme du plan de travail	07
1^{ER} CHAPITRE : L'HABITAT ET L'ARCHITECTURE BIOCLIMATIQUE	
INTRODUCTION	08
1. L'ESPACE RESIDENTIEL.....	09
1.1. Principes d'organisation de l'espace résidentiel	09
1.2. Structuration de l'espace résidentiel.....	09
1.2.1. Le Quartier	10
1.2.2. L'unité De Voisinage	10
1.2.3. Groupement D'habitation.....	11
1.2.4. L'unité D'habitation	11
1.2.5. L'Habitat et le logement.....	11
1.2.5.1. Le logement	11
1.2.5.1.1. Les différents aspects des logements.....	11
1.2.5.2. L'Habitat	12
1.2.5.2.1. Morphogénèse de l'habitat	12
2. DEFINITIONS PRELIMINAIRES	13
2.1. La notion de type.....	13
2.2. La notion du model	13
2.3. Le concept typologie	13
2.4. Typologie de l'habitat	13
2.5. Typologie du logement.....	14
3. LES GRANDES TYPOLOGIES D'HABITAT	14
3.1. Typologie d'habitat collectif	14
3.1.1. Selon l'implantation	14
3.1.1.1. L'implantation moléculaire.....	15
3.1.1.2. L'implantation linéaire	15
3.1.1.3. L'implantation annulaire.....	15
3.1.2. Selon le type de production en Algérie	16
3.1.2.1. Le logement promotionnel.....	16

3.1.2.2. Le logement promotionnel en location vente	16
3.1.2.3. Le logement promotionnel aidé (LPA)	16
3.1.2.4. Logement social participatif (LSP)	16
4. LE RECHAUFFEMENT CLIMATIQUE	17
5. LE DEVELOPPEMENT DURABLE	18
6. LES PRINCIPALES ETAPES DU DEVELOPPEMENT DURABLE	19
7. L'EVOLUTION DE L'HABITAT DURABLE	22
7.1. L'habitat vernaculaire	22
7.2. L'Habitat Solaire	23
7.3. L'Habitat Bioclimatique	24
7.4. L'Habitat écologique	26
7.5. L'Habitat durable	27
CONCLUSION	28

2^{EME} CHAPITRE : LE CONFORT THERMIQUE

INTRODUCTION	27
1. NOTION DE CONFORT	28
2. LE CONFORT THERMIQUE	29
3. LA NEUTRALITE THERMIQUE	29
4. THERMOREGULATION	29
5. PARAMETRES AYANT UNE INCIDENCE SUR LE CONFORT THERMIQUE ..30	
5.1. Paramètres liés à la personne	30
5.2. Paramètres liés à l'environnement	31
6. LE BILAN THERMIQUE	31
7. L'ECHANGE DE LA CHALEUR AVEC L'ENVIRONNEMENT	32
7.1. Echanges par conduction thermique (K)	32
7.2. Echanges par convection thermique (C)	32
7.3. Echanges par rayonnement (R)	32
7.4. Echanges par évaporation E)	32
8. LES APPROCHES DE CONFORT THERMIQUE	34
8.1. Approches analytiques	34
8.1.1. Le modèle de Fanger	34
8.1.2. Le modèle de Gagge	34
8.2. Approche adaptative	34
9. EVALUATION DE CONFORT THERMIQUE	36
9.1. Température opérative T_o (°C)	36
9.2. L'indice de PMV et l'indice de PPD	37
9.2.1. PMV : Vote moyen Prévisible	37
9.2.2. PPD : Pourcentage prévisible d'insatisfaits	37
9.3. Indices de contrainte thermique	37
9.4. Indice de la température Résultante	38
9.5. T_{eff} (°C) Température effective	38
9.6. Les diagrammes bioclimatiques	38
9.6.1. Le diagramme bioclimatique d'Olgay	39
9.6.2. Diagramme de Givoni	40
9.6.3. Tables de Mahoney	40
CONCLUSION	41

3^{EME} CHAPITRE : L'IMPACT DE LA FORME SUR L'EFFICACITE THERMIQUE ET ENERGETIQUE

INTRODUCTION	42
1. LA CONSOMMATION ENERGETIQUE AU MONDE	43
1.1. Répartition De La Consommation.....	43
1.1.1.Par produit	43
1.1.2.Par secteur	44
2. LA CONSOMMATION ENERGETIQUE EN ALGERIE.....	45
2.1. Production d'énergie primaire en Algérie par source	46
2.2. La répartition de consommation par secteur	47
3. LES REGLEMENTATIONS ET LABELS DE PERFORMANCE ENERGETIQUE	48
3.1. Les règlements thermiques	48
3.1.1.La réglementation thermique 2012 (RT2012).....	49
3.2. Les labels de performance énergétique	49
3.3. La démarche HQE : La Haute Qualité Environnementale	51
4. LA FORME DU BATIMENT ET L'EFFICACITE ENERGETIQUE	52
5. FACTEURS AFFECTANT LES PERFORMANCES THERMIQUES ET ENERGETIQUES DES BATIMENTS	60
5.1. Variables liées à la conception	60
5.1.1.La forme de bâtiments	60
5.1.2.L'agencement des logements	60
5.1.3.L'orientation.....	61
5.1.4.Les systèmes d'occultation.....	61
5.2. Variables liées aux propriétés et performances thermique des matériaux	61
5.2.1.La conductivité thermique (λ).....	62
5.2.2.La capacité thermique (ρC)	62
5.2.3.La diffusivité thermique (a).....	62
5.2.4.L'effusivité thermique (b) quelquefois (E_f)	62
5.2.4.1. Les grandeurs thermiques de l'enveloppe	62
a) La résistance thermique (R).....	62
b) Le coefficient de transmission surfacique (U)	63
c) La masse volumique ou la densité	63
5.2.5.Le déphasage	63
5.3. Variables liées aux données météorologiques.....	63
5.4. Variables liées à l'occupation de l'espace.....	63
CONCLUSION	64

4^{EME} CHAPITRE : LE CONTEXTE CLIMATIQUE

INTRODUCTION	65
1. DEFINITIONS	66
1.1. La météo	66
1.2. Le climat.....	66
1.3. Variabilité climatique	66
1.4. Changements climatiques.....	67
2. LES ECHELLES DE CLIMATOLOGIE	67
2.1. L'échelle global ou échelle « macro climats ».....	67
2.2. L'échelle régionale ou l'échelle « méso climats»	67

2.3. L'échelle locale « topoclimats »	67
2.4. L'échelle microclimatique.....	67
3. PRINCIPAUX TYPES DE CLIMATS A L'ECHELLE MONDIALE	68
4. LES PARAMETRES DU CLIMAT	70
4.1. La température de l'air	70
4.2. L'humidité relative	71
4.3. Les précipitations	71
4.4. L'ensoleillement.....	72
4.4.1. Aspect énergétique du soleil	73
4.4.1.1. La relation entre terre et soleil	73
4.4.1.2. La déclinaison solaire	73
4.4.1.3. Définition de la position du soleil.....	74
4.4.1.3.1. L'azimut solaire.....	74
4.4.1.3.2. La hauteur du soleil	75
4.4.2. Les diagrammes solaires	75
4.4.2.1. Les projections cylindriques	76
4.4.2.2. Les projections sphériques.....	76
4.4.2.3. La projection stéréographique	77
4.4.3. Le rayonnement solaire	78
4.4.3.1. Les composants de rayonnement solaire	78
4.4.3.1.1. Le rayonnement solaire direct	79
4.4.3.1.2. Le rayonnement solaire diffus.....	79
4.4.3.1.3. Le rayonnement solaire réfléchi	79
4.4.3.1.4. Le rayonnement global	79
4.5. Direction de vent	79
4.5.1. Le vent en milieu urbain.....	80
4.5.1.1. La couche limite urbaine (CLU).....	80
4.5.1.2. La canopée urbaine (CU).....	80
4.5.2. Les Effets types dus au vent à l'échelle urbaine.....	81
5. FACTEURS INFLUENÇANT LE MICROCLIMAT	85
6. RECOMMANDATION POUR L'INSERTION D'UN BATIMENT DANS UN CLIMAT ARIDE ET SEMI ARIDE	86
CONCLUSION	87

5^{EME} CHAPITRE : LE CAS D'ETUDE

INTRODUCTION	88
1. PRESENTATION DE LA WILAYA DE BISKRA	89
a) Aspect Administratif	89
b) Situation géographique.....	89
c) Le relief	90
d) Le climat.....	91
i. La température de l'air	91
ii. Les vents.....	92
iii. L'humidité relative.....	92
iv. Les précipitations	92
v. L'ensoleillement.....	93
e) Calcul de l'indice d'aridité.....	93
2. CRITERES DE CHOIX DE LA VILLE DE BISKRA.....	94

3. LES CITES COLLECTIVES A BISKRA	94
4. CATEGORISATION DU CAS D'ETUDE	95
4.1.Choix de la cite des logements collectifs.....	112
4.1.1. Présentation de la cite de 1000 logements.....	113
4.1.1.1.Identification.....	113
4.1.1.2.Situation et accessibilité	113
4.1.1.3.Les infrastructures et les équipements de la cité	114
4.1.1.4.Typologie des blocs	114
4.2. choix d'un bâtiment référence	115
CONCLUSION	119

6^{EME} CHAPITRE : METHODES ET MODELES D'ANALYSE & OUTIL DE SIMULATION

INTRODUCTION	120
1. RAPPEL DES HYPOTHESES DE LA PRESENTE ETUDE.....	121
2. RAPPEL DES OBJECTIFS DU MEMOIRE.....	121
3. METHODOLOGIE DU TRAVAIL	121
4. DEFINITION DU CORPUS D'ETUDE	122
4.1. Présentation Du Bâtiment Référence	122
4.1.1.Présentation Du Logement Type.....	123
5. PRESENTATION DES MODELES CONSTRUITS	124
6. L'OUTIL DE SIMULATION	126
6.1. Présentation de <i>TRNsys</i>	126
6.2. Les sous-programme de <i>TRNsys</i>	126
6.3. Le Type 56 de <i>TRNsys</i>	128
6.4. Critères du Choix de <i>TRNsys</i>	129
7. PREPARATION DES MODELES POUR LA SIMULATION SOUS TRNSYS.....	129
7.1. Modélisation Du Bâtiment	129
7.1.1.Découpage Des Zones Thermiques Sous TRNSYS 3d.....	129
7.1.2.Identification Des Données De Régime Requis.....	130
7.1.2.1. Composition des parois et des dalles	130
7.1.2.1.1. Caractéristiques thermo physiques des matériaux.....	131
7.1.2.2. Le Système De Chauffage Et De Climatisation.....	131
7.1.2.3. Infiltration	132
7.1.2.4. Apports internes	132
7.1.2.4.1. Puissances dissipées par les appareils électroménagers et par l'éclairage artificiel.....	132
7.1.2.4.2. L'occupation par les personnes	134
7.1.2.5. Les valeurs liées aux paramètres du confort.....	134
7.1.3.Les Données De Météo	135
7.1.4.L'identification Des Résultats Souhaités De <i>TRNsys</i> « L'Outputs »	135
8. PRINCIPE DE REPERAGE DES ZONES POUR LES DIFFERENTS MODELES	137
9. LES SCHEMAS DE STUDIO SIMULATION	139
CONCLUSION	141

7^{EME} CHAPITRE : L'INTERPRETATION DES RESULTATS OBTENUS

INTRODUCTION	143
1. IMPACT DE LA TYPOLOGIE SUR LE CONFORT THERMIQUE.....	144
1.1. Distribution Des Heures Du Confort Suivant Les Saisons.....	146
1.2. Les Valeurs Maximales Et Minimales Enregistrées De L'indice PMV Et L'indice PPD.....	147
1.3. Distribution Des Heures Du Confort Suivant Les Etages Et Par Bloc.....	149
2. IMPACT DE LA TYPOLOGIE SUR LA CONSOMMATION ENERGETIQUE..	149
2.1. La Consommation Globale Annuelle	150
2.2. La Consommation En Chauffage	151
2.3. La Consommation En Climatisation	152
3. CALCUL DU COEFFICIENT DE FORME (Cf)	154
3.1. L'influence De La Compacité Sur Le Confort Thermique	155
3.2. L'influence De La Compacité Sur La Consommation D'énergie.....	156
3.2.1. Rapport Consommation En Chauffage Et Compacité.....	157
3.2.2. Rapport Consommation En Climatisation Et Compacité	158
4. CALCUL DE NOMBRE DES FACES DEPERDITIVES.....	159
4.1. L'influence Du Mode De Contact Sur Le Confort Thermique	160
4.2. L'influence Du Mode De Contact Sur La Consommation Annuelle D'énergie	161
4.2.1. L'influence Du Mode De Contact Sur La Consommation En Chauffage.	162
4.2.2. L'influence Du Mode De Contact Sur Consommation En Climatisation.	163
5. LE RAPPORT SURFACE SUD / SURFACE OUEST	164
5.1. L'influence Du Rapport S.Sud /S.Ouest Sur Le Confort Thermique.....	165
5.2. L'influence Du Rapport S.Sud /S.Ouest Sur La Consommation Energétique globale	166
5.2.1. L'influence Du Rapport S.Sud /S.Ouest Sur La Consommation En Chauffage	167
5.2.2. L'influence Du Rapport S.Sud/S.Ouest Sur La Consommation En Climatisation	167
6. LE RAPPORT SURFACE DU TOIT / SURFACE DES MURS	168
6.1. L'influence Du Rapport Surface Du Toit / Surface Des Murs Sur Le Confort Thermique	169
6.2. L'influence Du Rapport Surface Du Toit / Surface Des Murs Sur La Consommation Energétique Globale	170
6.2.1. L'influence Du Rapport Surface Du Toit / Surface Des Murs Sur La Consommation En Chauffage	170
6.2.2. L'influence Du Rapport Surface Du Toit / Surface Des Murs Sur La Consommation En Climatisation	171
7. CALCUL DE LA PERTE PAR INFILTRATION	171
7.1. L'influence De L'infiltration De L'air Sur Le Confort Thermique	173
7.2. L'influence De L'infiltration De L'air Sur La Consommation D'énergie.....	173
7.2.1. Rapport Consommation En Chauffage Et Infiltration.....	174
7.2.2. Rapport Consommation En Climatisation Et Infiltration.....	174
8. L'ENSEMBLE DES RESULTATS OBTENUS.....	175
CONCLUSION	176

CONCLUSION GENERALE	178
RECOMMANDATIONS	184
LIMITES DE L'ETUDE	185
PERSPECTIVES DE LA RECHERCHE	185
BIBLIOGRAPHIE	186
ANNEXES	191

LISTE DES FIGURES

N° de Figure	Titre de la figure	N° de Page
Figure 1.1	Implantation moléculaire	15
Figure 1.2	Implantation linéaire	15
Figure 1.3	Implantation annulaire	15
Figure 1.4	L'Évolution des variations de température et du niveau des mers autour des niveaux moyens, évolution des rejets de CO ₂ .	18
Figure 1.5	Processus de développement.	19
Figure 1.6	Evolution des concepts et des acteurs et les principales étapes de développement durable en ordre chronologique	21
Figure 1.7	Le M'Zab a Ghardaïa,	22
Figure 1.8	Hôtel Sidi driss, habitat berbère troglodytique de Matmata, Tunisie	22
Figure 1.9	Principes de conception solaire passive.	23
Figure 1.10	Principe de la conception solaire active l'utilisation des énergies renouvelables pour produire de l'énergie électrique, et pour chauffer l'eau domestique	24
Figure 1.11	Les Principes de la conception bioclimatique	25
Figure 1.12	Les différentes stratégies de la conception bioclimatique.	25
Figure 1.13	Exemple d'un habitat écologique construit en bois et en harmonie avec l'environnement .	26
Figure 1.14	97 logements collectifs et individuels proposé par l'architecte Hélène JOURDA .	27
Figure 1.15	106 logements sociaux proposés par l'architecte Hélène JOURDA	27
Figure 2.1	Diagramme schématique de thermorégulation humain d'après HENSEL 1981	30
Figure 2.2	Les modes d'échange de la chaleur avec l'environnement. Source : t.boake, 2010.	32
Figure 2.3	Les pertes thermiques du corps humain dépendent de 6 paramètres physiques.	33
Figure 2.4	Relation entre les paramètres de confort et les modes d'échange de chaleur.	33
Figure 2.5	Echelle de sensation thermique de l'ashrae.	35
Figure 2.6	Modèle de confort adaptatif de (de Dear and Brager, 2002) et selon ISO 7730 pour 1,2 met..	35
Figure 2.7	Température opérative idéale en fonction de l'habillement et du métabolisme d'après (ISO, 1993).	36
Figure 2.8	La courbe de PPD et PMV	37
Figure 2.9	L'indice de la température résultante	38
Figure 2.10	L'indice de température effective	38
Figure 2.11	Diagramme bioclimatique du bâtiment : Limites de la zone du confort thermique (rose), de la zone d'influence de la ventilation à 0,5m/s (VV' orangé) et de l'inertie thermique (MM' vert), de la zone d'influence du refroidissement évaporatif (EC et EC' gris), de la zone de non-chauffage par la conception solaire passive (H et H' jaune).	39
Figure 2.12	Le diagramme bioclimatique d'Olgay .	39
Figure 2.13	Zones de confort selon le diagramme bioclimatique de Givoni.	40

Figure 3.1	La consommation d'énergie finale dans le monde en 2012 avoisine 9 milliards de tonnes d'équivalent pétrole (d'après Key World Energy Statistics 2014, AIE)	43
Figure 3.2	Evolution de la consommation d'énergie par région (d'après données AIE)	43
Figure 3.3	La consommation mondiale d'énergie par type de produit.	44
Figure 3.4	Consommation du Secteur Résidentiel par type d'Energie en 2005.	47
Figure 3.5	La répartition de consommation par secteur.	47
Figure 3.6	Les 14 cibles de la démarche HQE.	51
Figure 3.7	Les formes « optimales » proposées par Olgyay pour les 4 types de climats froids, tempéré, chaud aride et chaud humide. D'après Olgyay, V. (1963).	52
Figure 3.8	Les trois bâtiments théoriques de Hawkes (1996)	53
Figure 3.9.	Les modes analysés par Depecker et al. (2001)	53
Figure 3.10	Les typologies utilisées par Besh (2002).	54
Figure 3.11	Impact de la forme du bâtiment sur les charges de chauffage.	55
Figure 3.12	Les typologies étudiées par alanzi et al.	56
Figure 3.13	Les modèles étudiées par Straube, et leur rapport F/E.	57
Figure 3.14	L'importance du facteur de forme.	59
Figure 3.15	Puissance solaire reçue en kwh en été et en hiver selon la position de la façade.	61
Figure 4.1	Les différentes couches de l'atmosphère.	66
Figure 4.2	Les échelles de climatologie.	68
Figure 4.3	Principaux types de climats à l'échelle mondiale.	68
Figure 4.4	Température moyenne, l'année 2011, ville de Biskra.	70
Figure 4.5	Température moyenne, l'année 2011, ville de Biskra.	71
Figure 4.6	Cycle de l'eau.	72
Figure 4.7	Position de la terre au cours de sa révolution autour du soleil (Hémisphère Nord) .	73
Figure 4.8	Variation de la déclinaison solaire au cours de l'année.	74
Figure 4.9	L'azimut solaire mesuré à partir du sud.	75
Figure 4.10	La hauteur angulaire à partir du plan horizontal. Source : Cours K.HAMEL, 2005	75
Figure 4.11	Repérage de l'azimut et la hauteur du soleil.	75
Figure 4.12	Principe de la projection cylindrique	76
Figure 4.13	Course du soleil dans une projection Waldram, pour une latitude de 52°.	76
Figure 4.14	Projection stéréographique représente la trajectoire du soleil, pour une latitude de 34°Nord.	77
Figure 4.15	Le diagramme stéréographique comme moyen pour déterminer les masques de l'environnement.	77
Figure 4.16	Les gammes des rayonnements solaires.	78
Figure 4.17	Les composants de rayonnement solaire.	78
Figure 4.19	La rose des vents.	79
Figure 4.20	Présentation simplifiée de la couche limite urbaine et la canopée urbaine.	80
Figure 4.21	Représentation schématique de la couche limite urbaine (CLU) à méso échelle (a), à l'échelle locale (b) et à micro-échelle (c)	81
Figure 4.22	Comportement du vent en rencontre de plusieurs obstacles	81
Figure 4.23	Effet de coin	82

Figure 4.23	Effet de barre	82
Figure 4.24	Effet de sillage	82
Figure 4.25	Effet de tourbillon	82
Figure 4.26	Effet de trous	83
Figure 4.27	Effet wise ;	83
Figure 4.28	Effet de canalisation	83
Figure 4.29	Effet venturi	84
Figure 4.30	Effet désaxement	84
Figure 4.31	Effet désaxement	84
Figure 4.32	L'influence de relief sur le microclimat	85
Figure 5.1	Les différentes communes de la wilaya de Biskra et la densité de population par commune.	89
Figure 5.2	La situation géographique de la wilaya de Biskra a l'échelle nationale.	90
Figure 5.3	Limites géographiques de la wilaya de Biskra a l'échelle régionale.	90
Figure 5.4	Les reliefs de la wilaya de Biskra.	91
Figure 6.1	Vues extérieures du bâtiment choisi.	122
Figure 6.3	Vue en plan de RDC logements type	123
Figure 6.4	Vue en plan de 1er étage logements type	123
Figure 6.5	Composition des parois et des dalles de logements type	124
Figure 6.6	Vue Typologie en plot	125
Figure 6.7	Vue Typologie en U	125
Figure 6.7	Vue Typologie en L	125
Figure 6.7	Vue typologie avec cout intérieur	126
Figure 6.8	Le zonage effectué pour les logements.	130
Figure 6.9	Espaces concernés par la simulation.	136
Figure 6.10	Vues intérieures sur l'espace testé.	136
Figure 6.11	Choix des zones et des sorties sous trnbuild .	137
Figure 6.12	Principe de repérage typologie en bande .	137
Figure 6.13	Principe de repérage typologie avec cour intérieur .	138
Figure 6.14	Principe de repérage typologie en L .	138
Figure 6.15	Principe de repérage typologie en plot .	138
Figure 6.16	Principe de repérage typologie en U .	138
Figure 6.17	Schéma pour calculer la consommation énergétique.	139
Figure 6.18	Schéma pour calculer les valeurs de PPD/PMV.	140
Figure 6.18	Schéma pour calculer les pertes par infiltration.	140

LISTE DES TABLEAUX

N° du Tableau	Titre du Tableau	N° de Page
Tableau 3.1	Production d'énergie primaire en Algérie par source.	47
Tableau 3.2	Les résultats obtenus par les différents chercheurs.	58
Tableau 3.2	L'impact de l'agencement des bâtiments.	60
Tableau 4.1	Les grands types de climats.	69
Tableau 5.1	La température moyenne mensuelle de Biskra pour les années (2000-2010)	92
Tableau 5.2	La vitesse du vent moyenne mensuelle de Biskra (2000-2010)	92
Tableau 5.3	L'humidité relative moyenne mensuelle de Biskra (2000-2010)	92
Tableau 5.4	Les précipitations moyennes mensuelles de Biskra (2000-2010)	92
Tableau 5.5	L'insolation moyenne mensuelle de Biskra (2000-2010).	93
Tableau 5.6	L'interprétation de l'indice d'aridité.	93
Tableau 5.7	Liste des habitats en fonction de leurs emplacements géographiques	95
Tableau 6.1	Découpage en zones thermiques.	129
Tableau 6.2	Composition des parois et des dalles	130
Tableau 6.3	Caractéristiques Thermo Physique des matériaux.	131
Tableau 6.4	La chaleur dissipée par les appareils électroménagers et l'éclairage artificiel.	133
Tableau 6.5	Schedule d'occupation des espaces.	134
Tableau 6.6	Les données des paramètres du confort.	134
Tableau 7.1	Le coût de la consommation globale de typologies testées.	150
Tableau 7.2	Les coûts d'énergie consommée pour chauffer.	152
Tableau 7.3	la consommation d'énergie pour refroidir.	153
Tableau 7.4	le coefficient de forme	154
Tableau 7.5	Nombre de faces exposées au climat extérieur.	159
Tableau 7.6	Récapitulation les résultats obtenus.	177

LISTE DES GRAPHS

N° du Graph	Titre du Graph	N° de Page
Graph 3.1	Consommation d'énergie par secteur pour l'année 1999 et l'année 2012 d'après AIE.	44
Graph 3.2	Consommation d'énergie par secteur en pourcentage. l'année de 1999 et l'année 2012 d'après AIE.	45
Graph 3.3	L'évolution de la population, la consommation d'énergie primaire et d'émission de CO2 en Algérie	46
Graph 3.4	Variation entre 1990 et 2012 de la population, la consommation d'énergie primaire, consommation d'électricité et d'émission de CO2 en Algérie	46
Graph 3.5	L'évolution de la population, consommation d'électricité de l'année 1990 a l'année 2012 en Algérie	46
Graph 5.1	Le pourcentage d'existence de chaque typologie d'habitat a travers les cites collectives.	118
Graph 7.1	Le nombre d'heures dans la zone du confort selon les deux indices.	144
Graph 7.2	Le nombre d'heures dans la zone du confort selon l'indice pmv.	145
Graph 7.3	Le nombre d'heures dans la zone du confort selon l'indice ppd.	145
Graph 7.4	Distribution des heures du confort suivant les saisons Selon l'indice de PMV.	146
Graph 7.5	Distribution des heures du confort suivant les saisons Selon l'indice de PPD	146
Graph 7.6	Les valeurs maximales enregistrées de l'indice PMV.	147
Graph 7.7	Les valeurs minimales enregistrées de l'indice PMV.	148
Graph 7.8	Les valeurs maximales enregistrées de l'indice PPD.	148
Graph 7.9	Les valeurs minimales enregistrées de l'indice PPD.	148
Graph 7.10	La consommation globale de toutes les typologies étudiées.	150
Graph 7.11	La consommation en chauffage.	151
Graph 7.13	La consommation en climatisation.	152
Graph 7.14	Le coefficient de forme.	154
Graph 7.15	Rapport ppd /compacité.	155
Graph 7.16	Rapport pmv /compacité.	155
Graph 7.17	Rapport consommation globale/compacité.	156
Graph.7.18	Rapport chauffage / compacité	157
Graph 7.19	Rapport climatisation / compacité.	158
Graph.7.20	Nombre de faces exposées au climat extérieur.	159
Graph 7.21	Rapport pmv/ mitoyenneté.	160
Graph 7.22	Rapport ppd/ mitoyenneté.	160
Graph 7.23	Rapport consommation globale / mitoyenneté.	161
Graph 7.24	Rapport consommation chauffage / mitoyenneté.	162
Graph 7.25	Rapport consommation climatisation / mitoyenneté.	163
Graph 7.26	Surface sud / surface ouest.	164
Graph 7.27	Rapport pmv / s.sud/s.ouest .	165
Graph 7.28	Rapport ppd / s.sud/s.ouest .	165
Graph 7.29	Rapport consommation globale / s.sud/s.ouest .	165
Graph 7.30	Rapport consommation chauffage / s.sud/s.ouest.	166
Graph 7.31	Rapport consommation climatisation / s.sud/s.ouest.	167

Graph 7.32	Rapport S.toit /S.murs..	168
Graph 7.33	Rapport pmv / S.toit /S.murs..	169
Graph 7.34	Rapport ppd / S.toit /S.murs..	169
Graph 7.35	Rapport consommation globale / S.toit /S.murs..	170
Graph 7.36	Rapport consommation chauffage / S.toit /S.murs..	171
Graph 7.37	Rapport consommation climatisation / S.toit /S. Murs..	171
Graph 7.38	Pertes par infiltrations.	172
Graph 7.39	Rapport pmv / infiltration.	173
Graph 7.40	Rapport ppd / infiltration.	173
Graph 7.41	Rapport consommation globale / infiltration.	173
Graph 7.42	Rapport consommation en chauffage / infiltration.	174
Graph 7.43	Rapport consommation en climatisation / infiltration.	174
Graph 7.44	Schéma polaire de l'ensemble des résultats obtenus.	175

Chapitre introductif

Introduction Générale

INTRODUCTION

« Du point de vue développement durable, on peut en conclure que si l'échelle de la maison individuelle est inadaptée, surtout si elle est de petite taille, par comparaison c'est vers l'habitat collectif qu'il faudrait s'orienter » (P.LAVIGNE et P.FERNANDEZ, 2009)

L'Algérie a connue au cours de ces dernières années une révolution dans le domaine de la construction, notamment dans le secteur résidentiel, ce dernier a marqué la tendance d'aller du logement individuel vers le logement collectif, ce que nous constatons dans le programme quinquennal 2005-2009 qui prévoit un million de logements collectifs.

Malheureusement, dans la grande majorité de ces logements, les considérations pour améliorer les propriétés thermiques et énergétiques des bâtiments, afin d'assurer des bonnes conditions thermiques pour l'habitant avec peu de consommation énergétique sont souvent négligées. Ce qui a conduit à une consommation non-rationnelle d'énergie, notamment celle utilisée pour le chauffage et la climatisation à l'intérieur des logements.

D'après l'agence internationale de l'énergie (AIE), La consommation d'énergie primaire en Algérie est évaluée à 22.19 million de Tep en 1990, cette consommation a presque doublé en 2012 pour atteindre 46.33 million de Tep, soit une variation de +108.8 % entre 1990 et 2012. (B. BERGHOUT, 2012). Selon l'Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'énergie (APRUE) la consommation électrique du secteur résidentiel à atteint 807 Kilos Tep en 2005.

À l'échelle internationale, depuis les années soixante-dix des nombreux pays ont élaboré des considérations pour améliorer les propriétés thermiques et énergétiques de nouveaux bâtiments, de manière à assurer des bonnes conditions thermiques pour l'habitant avec peu de consommation énergétique. Ces considérations ont évolué au fil du temps, allant de l'élaboration des critères pour chaque élément de l'enveloppe du bâtiment, pour y inclure des critères pour l'ensemble du bâtiment, ensuite vers des normes énergétiques globales. Parmi, on peut citer, la nouvelle réglementation thermique, dite RT2012 qui consiste à généraliser dès 2013, toute construction en bâtiment basse consommation.

Les états qui se sont engagés sur l'application de ces normes ont arrivé d'obtenir une élévation progressive de l'efficacité énergétique allaient de « 25% » dans les années quatre-vingt, à « 50% » dans les années nonante du siècle dernier, et au sommet « 75% » pour le moment.

L'adoption du gouvernement algérien du programme national sur l'efficacité énergétique à l'horizon 2030, réaffirme la volonté de l'Algérie de favoriser une utilisation plus responsable de l'énergie et d'explorer toutes les voies pour préserver les ressources et systématiser la consommation utile et optimale.

L'objectif du programme « l'efficacité énergétique 2015-2030 » consiste à produire les mêmes biens ou services, mais en utilisant le moins d'énergie possible. Le programme se focalise sur les secteurs de consommation qui ont un impact significatif sur la demande d'énergie. Il s'agit principalement du bâtiment, du transport, et, de l'industrie.

Pour le secteur du bâtiment, le programme vise à encourager la mise en œuvre de pratiques et de technologies innovantes autour de l'isolation thermique des constructions. Des

mesures adéquates seront prévues au niveau de la phase de conception architecturale des logements. L'objectif étant d'améliorer le confort intérieur des logements en utilisant moins d'énergie. (*www.mem-algeria.org*).

Selon le ministère de l'énergie et des Mines de l'Algérie, Le plan d'action en matière d'efficacité énergétique se présente comme suit :

- Isolation thermique des bâtiments
- Développement du chauffe-eau solaire
- Généralisation de l'utilisation des lampes à basse consommation d'énergie
- Introduction de la performance énergétique dans l'éclairage public
- Promotion de l'efficacité énergétique dans le secteur industriel
- Introduction des principales techniques de climatisation solaire
- Promotion du gaz de pétrole liquéfié carburant (GPL/C)

Globalement, c'est plus de 30 millions de TEP qui seront économisées, d'ici 2030. L'introduction de l'isolation thermique des bâtiments peut réduire environ « 40% » la consommation d'énergie liée au chauffage et à la climatisation des logements. (*idem*)

De ce fait, les stratégies d'efficacité énergétique dans notre pays existent, le seul problème apparaît est dans la mise en œuvre de ces stratégies. En Algérie, obtenir un permis de construire, ne veut pas forcément dire que, la conception du bâtiment répond aux règlements thermiques. Contrairement, aux pays développés, si la conception ne répond pas aux réglementations du bâtiment basse consommation (BBC), la demande de permis de construire sera refusée.

DESCRIPTION DE LA PROBLEMATIQUE DE RECHERCHE

La problématique liée à la construction des logements est devenue ainsi incontournable et constitue un enjeu énergétique majeur. Le secteur résidentiel est à l'origine de « 45% » de la consommation d'énergie finale, et à « 41% » de la consommation totale d'électricité au niveau national (*APRUE, 2005*).

Afin d'obtenir des solutions à ce dilemme, de nombreuses recherches ont été menées sur la consommation de l'énergie dans le secteur résidentiel. Les chercheurs ont confirmés l'influence de la conception architecturale: la forme, les dimensions, l'orientation, les matériaux de construction du bâtiment sur le bien être thermique et la performance énergétique.

Ruano en 2007 a signalé qu'avec un bon choix de forme et d'orientation pour un bâtiment qu'on peut réduire sa consommation énergétique jusqu'à 40%. Depecker en 2001 et De Herde en 2003 ont avancé que la consommation d'énergie est proportionnelle à la compacité de la construction. Plus récemment, en 2009, Ross a révélé que les grands bâtiments consomment plus d'énergie par rapport à ceux à faible hauteur. Selon les résultats de l'étude d'Alanzi en 2009, la compacité de forme, le rapport fenêtre/mur et type de verre sont les principaux facteurs qui peuvent influencer la consommation d'énergie et améliorer ou diminuer le niveau du confort thermique.

Nonobstant cela, peu sont les études qui ont porté sur l'évaluation de l'efficacité thermique et énergétique des formes bâties des habitats collectifs. Pour cela et afin de mener une étude comparative entre les différentes typologies des habitats collectifs les plus largement construites dans notre zone d'étude, nous avons soulevé les questions suivantes:

- Quelle est l'impact induit du choix de la typologie des habitats collectifs sur le plan thermique et énergétique. Et quelle est la typologie qui contribue le plus à la performance thermique et énergétique ?
- Comment peut-on produire des typologies des habitats collectifs cohérentes avec l'évolution de bien être thermique, et diminuer la consommation d'énergie?

LES OBJECTIFS DE CETTE ETUDE

La réponse à la problématique a pour but de:

- ✓ Etudier les différentes typologies des habitats collectifs, afin de déterminer la typologie la plus performante thermiquement et énergétiquement propre aux climats chauds et secs (région d'étude).
- ✓ Comprendre et évaluer l'impact de certains facteurs sur le confort thermique intérieur et la demande d'énergie, à savoir : la compacité de la forme, l'agencement des logements et la mitoyenneté, la taille et la hauteur du bâtiment, l'implantation des bâtiments au sein de l'ilot et l'orientation sur l'efficacité énergétiques et sur les conditions de confort thermique intérieur.

LES HYPOTHESES

Pour répondre à ces questions nous escomptons les hypothèses suivantes :

- Le choix de la typologie d'habitat influe sur la consommation globale d'énergie et sur le comportement thermique du bâtiment et les conditions thermiques intérieurs.
- La typologie la plus performante est celle qui assure une bonne adéquation entre la forme du bâtiment et le contexte climatique.
- Identifier les indicateurs les plus significatifs pour notre région peut améliorer les conditions de confort thermique intérieur et diminuer la consommation énergétique dans les habitats collectifs.

LA METHODOLOGIE DE RECHERCHE

Pour étudier ce sujet nous avons adopté une méthodologie expérimentale basée sur la technique de simulation par un outil de simulation des systèmes énergétiques dynamiques.

En effet, le traitement de ce sujet s'articule autour de deux parties l'une présente l'étude conceptuelle et théorique de la recherche et l'autre présente l'étude analytique.

- La première partie est purement théorique, et englobe des données se basant essentiellement sur les différentes recherches bibliographiques se rapportant au thème.
- La deuxième partie présente une étude analytique permette de répondre aux différentes questions posées dans la problématique et vérifier les hypothèses. Elle consiste à :
 - Catégoriser les cas d'études du parc de l'immobilier collectifs à Biskra, dont le but est de construire des échantillons.
 - modéliser les différents échantillons des logements collectifs, ainsi se rapprocher de la réalité, afin de composer un corpus théorique qui nous permettra de faire une analyse et une comparaison objective.
 - Evaluer la performance thermique et énergétique des modèles étudiés à l'aide du logiciel *TRNsys*. Ce dernier permet de valider nos interprétations et de faire des évaluations, et des déductions.
 - Cette recherche est terminée par l'interprétation de l'ensemble des résultats et une comparaison entre les différentes typologies des logements collectifs. qui nous aboutira à des recommandions et enfin une conclusion générale synthétisant les différents résultats obtenus.

STRUCTURE DU MEMOIRE

Pour bien structuré le sujet traité .Notre recherche sera composée de deux parties, la première comprendra la partie théorique et la deuxième traitera la partie analytique de ce travail qui est la partie expérimentale.

La première partie consiste la partie théorique de ce sujet, qui a pour objectif premier de mettre en relief les différents concepts et mots clés relatifs au notre sujet, et qui nous semble nécessaire pour la compréhension de notre thème de recherche. L'étude sera faite par une recherche bibliographique et documentaire sur les études antérieures parlant sur le même thème.

Cette partie sera structurée en quatre chapitres :

- ❖ **Le 1^{er} chapitre** est relatif aux concepts de l'habitat et de l'architecture bioclimatique. Dans ce chapitre nous définissons les différentes notions de base tels que : l'espace résidentiel, l'habitat, le logement, l'architecture bioclimatique ...etc.
- ❖ **Le 2^{ème} chapitre** est consacré au confort thermique intérieur. Il comportera plusieurs définitions de la notion du confort thermique, les différentes approches et les différents paramètres influant sur le confort thermique, l'objectif de ce chapitre est de rassembler tout ce qui concerne le confort thermique pour mieux l'appréhender.
- ✓ **Le 3^{ème} chapitre** c'est l'impact de la forme du bâtiment sur l'efficacité thermique et énergétique. Ce chapitre s'intéressera à la notion de la forme et sa relation avec l'augmentation ou l'atténuation de la consommation énergétique. Il montra la forme et

la morphologie de la construction comme une option pour améliorer le bilan énergétique et thermique des bâtiments.

- ✓ **Le 4^{ème} chapitre** est relatif au concept du contexte climatique. Ce chapitre comportera tous les éléments relatifs au climat, la compréhension du phénomène climatique, ses paramètres et ses facteurs.

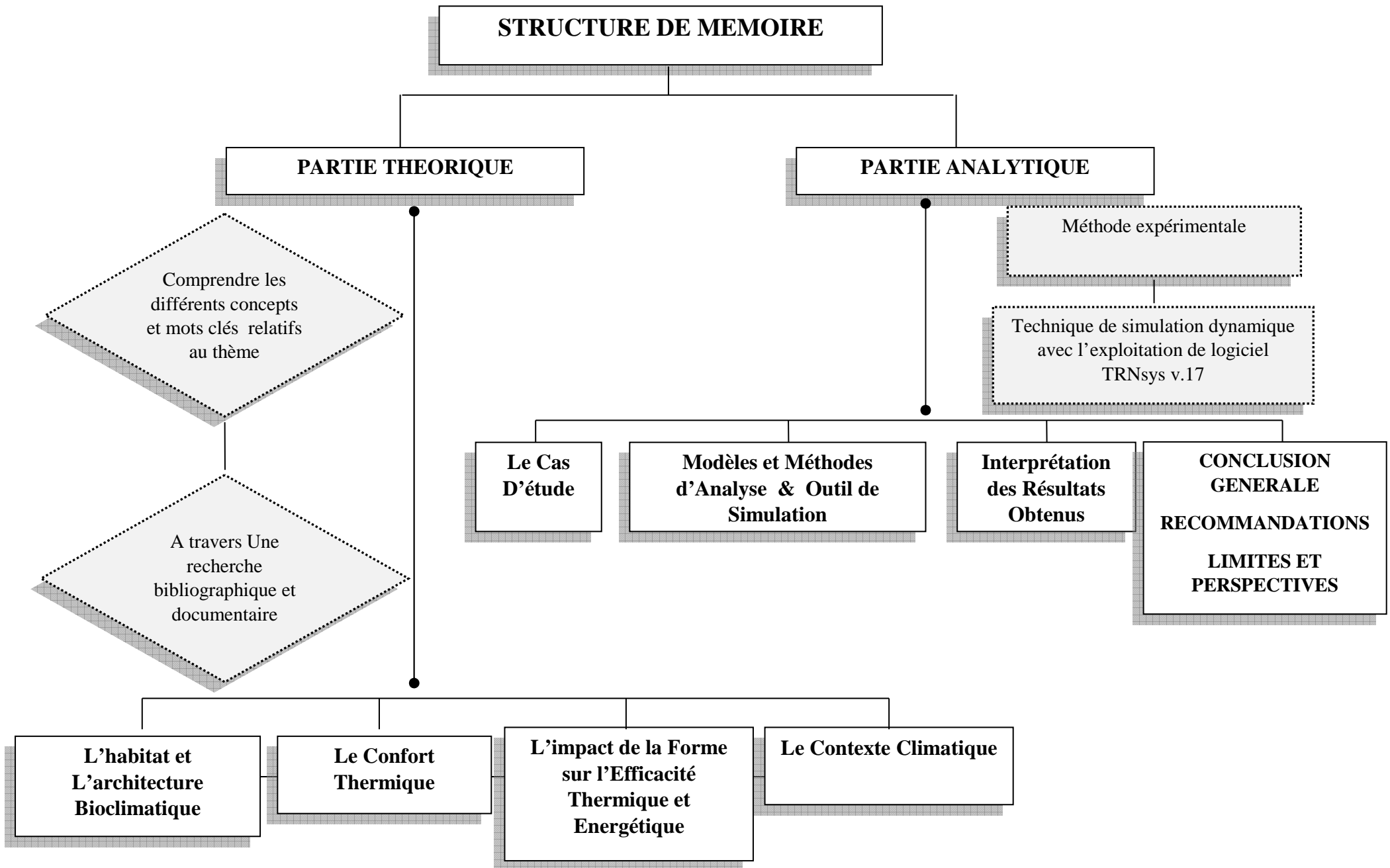
La deuxième partie de ce sujet c'est la partie analytique expérimentale que nous avons adopté comme méthode, qui est pour finalité de répondre aux différentes questions posées dans la problématique et de confirmer ou infirmer les hypothèses.

Elle consiste à analyser par simulation numérique et à l'aide de logiciel *TRNsys*, les différentes typologies testées en termes du confort thermique intérieur et consommation d'énergie.

Pour ce faire cette partie sera divisée en 3 chapitres :

- ❖ **Le 5^{ème} chapitre** comportera le cas d'étude de notre recherche, il sera question de présenter la ville de Biskra et son climat et l'environnement de notre étude, ainsi que, le choix des échantillons choisis.
- ❖ **Le 6^{ème} chapitre** englobera les différents modèles et différentes méthodes d'analyse. également l'outil de simulation « *TRNsys* » qu'on va l'utiliser pour analyser et diagnostiquer les différents résultats. et qui nous permettra par la suite de faire des évaluations et des déductions.
- ❖ **Le 7^{ème} chapitre** comprendra les résultats obtenus et l'interprétation des données.

Le dernier chapitre est une conclusion générale qui nous aboutira à des recommandations propres à la problématique posée et aux conclusions synthétisant les différents résultats obtenus, qui clôtura ce travail.



LE 1^{ER} CHAPITRE

L'HABITAT et l'architecture bioclimatique

INTRODUCTION

La conception des habitats a connu plusieurs évolutions durant les derniers siècles. L'apparition des nouveaux modes constructifs et des nouveaux matériaux de construction a joué un rôle primordial dans l'apparition des nouvelles formes et à des nouveaux modèles d'habitats. Les exigences prévues de l'habitat ont également évoluées, de telle sorte que, l'habitat de nos jours ne doit pas répondre seulement à la fonction « habiter », mais à plusieurs d'autres exigences telles que celles relatives à l'aspect esthétique et aux aspects culturels et sociales. L'habitat d'aujourd'hui doit permettre l'évolution des enjeux environnementaux et la réduction de la consommation d'énergie dans la construction, et surtout, le bien être des usagers.

Nous nous intéressons dans ce premier chapitre aux différentes notions ayant une relation avec le concept de l'habitat et à l'architecture bioclimatique, Tout d'abord nous allons essayer de citer quelques définitions relatives à l'espace résidentiel. Ensuite nous allons aborder l'évolution de l'architecture bioclimatique et l'habitat durable. Dont le but est de les mieux appréhender.

1. L'ESPACE RESIDENTIEL

Selon *Alberto ZUCHELLI, 1984* l'espace résidentiel constitue une continuité, aussi, une complémentarité fonctionnelle dans le système urbain. *ZUCHELLI* a définis l'espace résidentiel comme suit : « *C'est le lieu d'activités privés de repos, de récréation, de travail et de vie familiale, avec leur prolongement d'activités publiques ou communautaires, d'échange sociaux et d'utilisation d'équipements et de biens et de services. A ces activités s'ajoutent celles liées aux services à la population et même des activités productives non-nuisantes. L'espace résidentiel est donc le lieu d'activités déployées par la population qu'y réside d'une part, par ceux qui assurent certains services a cette même population et qui viennent a leur tour d'un autre espace résidentiel.* ».

Selon lui l'espace résidentiel comporte trois composants :

- **Les constructions** : comprennent les habitations et les annexes, les équipements, les installations technologiques.
- **Les espaces non-bâti** : sont constitués des espaces verts, aménagés ou pas, des places, placettes et autres espaces libres.
- **Les réseaux** : comportent le système routier, les systèmes de distribution d'eau, d'électricité et de gaz, d'évacuation des eaux usées ...

1.1. Principes d'organisation de l'espace résidentiel

Pour organiser un espace résidentiel nous devons prendre en considération les principes suivants :

- *Le bien être psychologique et physiologique des habitants* : fournir un espace habitable confortable et sain, assurer une bonne ventilation et protection contre le bruit, une bonne disposition des cellules et un assemblage adapté au climat, provision des espaces verts et des espaces de récréation...
- *L'intégration sociale communautaire* : favoriser les contacts entre les habitants a caractéristiques sociales différentes pour des rencontres informelles, en aménageant des espaces communs et des mobiliers urbains (aménagements légers) tels que les bancs les aires d'attentes...
- *La participation accession de la population a la totalité de la ville* : c'est-à-dire considérer l'espace résidentiel comme une partie de l'ensemble urbain. (*idem*).

1.2. Structuration de l'espace résidentiel

Structurer un espace résidentiel est l'opération d'intervention dans la ville, et la modification de l'espace socio-physique , mais ne signifie pas le remplir de construction plus au moins ordonnées et fonctionnellement disposées selon les contraintes du site et conçues conformément aux dispositions du programme reçu des promoteurs de l'opération. Il vaut dire, donner a ses composants la position et la forme qui conviennent le mieux a la matérialisation d'une manière d'habité proposée et de l'idée d'organisation qui la rend manifeste et réalisable pour la partie elle-même et pour son intégration a l'environnement urbain. (*ZUCHELLI.1983*)

Une agglomération urbaine se compose de trois zones principales qui sont : la zone d'activités, la zone de loisir et la zone d'habitation (l'espace résidentiel), cette dernière se subdivise par ordre décroissant en Quartiers, Unités de Voisinage, Regroupements Résidentiels ou Groupements d'Habitations et Unités d'Habitation.

1.2.1. Le Quartier

Unité de structuration de l'espace urbain où la fonction résidentielle est prépondérante par rapport aux autres activités, notamment productives et tertiaires. La notion de quartier s'applique aussi à une réalité sociale déterminée qui s'est formée dans un cadre spatial est bâtie marquée par les événements historiques et culturels et par les caractères d'un site à travers lequel elle a exprimé ses connotations particulières et a affirmé une identité des lieux et des objets construits. (*idem*)

Le quartier se compose de plusieurs unités de Voisinage, il regroupe une population comprise entre 15 mille et 30 mille habitants, ce qui équivaut à 2 400 à 5 000 logements ; il comporte des équipements collectifs complémentaires à ceux de l'unité de voisinage tels que les bureaux, compatibles avec l'habitat ; il peut comprendre certaines activités artisanales, des activités industrielles de transformation non polluantes ; il peut, soit s'intégrer à un site urbain existant, soit faire partie d'une réalisation partielle d'un plan d'urbanisme en cours d'élaboration ; les équipements collectifs devraient faire partie d'une autre programmation ; à l'intérieur du quartier, les déplacements vers les équipements et les lieux de travail pourront s'effectuer à pied pour des trajets n'excédant pas 1200 mètres ; des arrêts de transport en commun, accessibles en une dizaine de minutes environ pourront relier le quartier au reste de l'agglomération. (*AMRANE.M, 2007*)

1.2.2. L'unité De Voisinage

Le terme *unité* utilisé par les urbanistes signifie que l'ensemble (les habitations, les équipements d'accompagnement de l'habitat, les rues, les espaces libres et verts) est conçu en un tout. Et le terme *voisinage* exprime à la fois un contenu sociologique et spatial.

Selon *Alberto ZUCHELLI* l'unité de voisinage est un ensemble résidentiel programmé, planifié, organisé spatialement de manière à assurer à une population déterminée, le déroulement correct des diverses fonctions d'habiter, de récréation et de loisirs.

L'unité de voisinage regroupe une population comprise entre 2400 et 4800 habitants, elle est composée de 400 à 800 logements ; elle constitue l'unité fondamentale de l'agglomération urbaine ; c'est également le fondement de la vie sociale et culturelle de la cité ; c'est une entité homogène pourvue de l'équipement nécessaire à sa bonne gestion ; l'unité de voisinage se compose de plusieurs Groupements d'Habitation ; elle est accompagnée par des équipements préscolaires, des équipements à caractère socio culturel et sportif ainsi que des équipements commerciaux ; ces équipements assurent les besoins essentiels de la vie quotidienne des habitants ; ils sont situés sur un rayon de 350 mètres ; à l'intérieur de l'Unité de Voisinage, les déplacements se feront uniquement à pied ; il est prévu des circulations mécanisées pour les interventions ponctuelles ou répétées tels que les secours, le nettoyage des voiries, l'approvisionnement des équipements, éventuellement accompagnées d'autres activités, productives et tertiaires, compatibles avec la fonction résidentielle dominante. (*M.AMRANE, 2007*)

1.2.3. Groupement D'habitation

Le Regroupement Résidentiel est composé de 50 à 400 logements ; il représente un ensemble de plusieurs Unités d'Habitations ; il comprend le réseau interne de circulation, les parkings, les espaces semi publics aménagés tels que les espaces verts, les terrains de jeux ; le Regroupement Résidentiel comprend aussi des commerces de première nécessité.

1.2.4. L'unité D'habitation

L'Unité d'Habitation représente une seule construction, un bâtiment unique ; c'est soit une maison individuelle, soit un immeuble collectif composé de plusieurs logements ; l'unité d'habitation comprend aussi les voies de desserte ainsi que les parkings qui s'y rapportent.

1.2.5. L'Habitat et le logement

1.2.5.1. Le logement

Le logement constitue un besoin fondamental pour l'Homme ;

C. Abrams le considère comme une nécessité vitale ; pour *Robert Leroux* le logement répond à trois fonctions : la protection de l'individu contre le grand vent, la pluie, la neige, le plein soleil, la protection contre les agresseurs tels que les malfaiteurs et la protection de l'intimité contre les indiscrets.

C'est un facteur d'équilibre essentiel pour la cellule familiale et donc pour la société ; c'est aussi un facteur de sécurité et de stabilité ; c'est un moyen d'insertion, d'intégration à la société ; c'est un indicateur de son niveau culturel et social, ce n'est en aucun cas « une simple machine à abriter ».

Maryse Bresson souligne que : « le logement et le droit au logement sont la base de la lutte contre la précarité ».

C.N.E.S¹, attire l'attention des autorités en insistant sur le fait que « le logement est sans conteste, le besoin le plus sensible ; satisfaire une telle demande peut s'avérer un puissant stimulant pour la stabilité des populations ».

Rachid Hamidou considère que : « le logement constitue le point de départ de toute vie sociale ».

J. E. Havel considère l'habitat comme « l'aire que fréquente un individu, qu'il y circule, y travaille, s'y divertisse, y mange, s'y repose ou y dorme ».

Pour *J. Ion* l'habitat « contient en lui même toute l'articulation entre le domaine construit et l'espace environnant proche ou lointain, géographique ou social ».

Le Dictionnaire d'Architecture, définit le logement social comme étant : « un habitat subventionné, soumis à des règles particulières de financement et d'attribution ».

1.2.5.1.1. Les différents aspects des logements

- **Les logements individuels** : sont considérés comme Logements Individuels, les logements qui ne comprennent qu'une maison, à un ou deux niveaux superposés et autres, et disposant d'une entrée particulière, situés dans un espace privatif ; cet espace est constitué par une parcelle de terrain comprenant des prolongements naturels tels que les cours et jardins.

¹ C.N.E.S : le conseil national économique et social

- **Les logements collectifs** : sont considérés comme logements en immeubles collectifs ou Logements Collectifs, les logements qui comprennent au moins deux maisons, les logements collectifs sont groupés sur plusieurs niveaux, sur un terrain commun desservi par des circulations communes (des cages d'escalier ou chaque cage détermine un immeuble) et possédant des locaux communs.
- **Les immeubles bas** : sont considérés comme Immeubles Bas, les immeubles de deux à cinq niveaux, sans ascenseur ; le niveau de référence est choisi par rapport au niveau du trottoir dans l'axe de l'entrée de l'immeuble.
- **Les immeubles moyens** : sont considérés comme Immeubles Moyens, les immeubles de six à dix niveaux, avec un ascenseur au minimum ; la cote du dernier niveau habitable n'excède pas 30 mètres ; le niveau de référence est choisi toujours par rapport au trottoir dont la cote du sol au dernier niveau habitable n'excède pas 14 mètres.
- **Les immeubles hauts** : sont considérés comme Immeubles Hauts, les immeubles de plus de dix niveaux, avec deux ascenseurs au minimum et un escalier de secours.

1.2.5.2. L'Habitat

Le concept « *habitat* » englobe tout l'environnement remodelé par l'homme par quelque moyen que ce soit, et que le concept « *habitation* » n'est qu'une partie de ce grand ensemble ». C'est au début du XX^{ème} siècle que le concept d'habitat s'est généralisé au milieu dans lequel l'homme évolue.

Pour *Messaoudi.K*, « Quelle que soit l'époque de sa construction, dès les premiers établissements humains jusqu'aux temps modernes, l'habitat répond à une triple nécessité ; créer un abri techniquement efficace, assurer un cadre au système social et mettre de l'ordre, à partir d'un point matériel, dans l'univers environnant ».

Le terme « *habitation* » dérive du latin « *habitatio* » qui implique *habitaculum*, demeure, un lieu intime. Pour *Padenou Guy-Hermann et Barrué-Pastor Monique*, « *Ce qui fait la spécificité de l'habitation humaine, c'est qu'elle est d'abord signification et ensuite seulement réponse à des "besoins". Tout habitat humain est fait d'interactions entre milieux écologiques, relations humaines, moyens techniques, systèmes symboliques.* ».

Selon *E.Simard*, l'habitation contribue au maintien physiologique de l'homme, besoin à la base de la pyramide de Maslow.²⁵ Vue de l'extérieur, une habitation est d'abord un fragment d'espace soustrait à la curiosité des étrangers.

Pour *P.Deffontaines* (1972), l'espèce humaine est très liée à sa maison, l'homme est l'être vivant qui en a le plus besoin. Il argumente comme ceci : « *L'habitation comme le vêtement, contribue à une régulation thermique ; ils permettent, tous deux, le maintien d'une certaine constante de température et libérant l'organisme d'une partie de la dépense énergétique, nécessaire à une stabilité physiologique.* » (*P.DEFFONTAINES* (1972) in *SLIMANI*, 2012)

1.2.5.2.1. Morphogénèse de l'habitat

A travers l'histoire, l'homme a conçu son habitat en fonction de ses besoins et ces derniers sont d'ordre matériel, socioculturel et même spirituel. *Amos Rapoport*, pour qui la prégnance des facteurs culturels sur tout autre facteur est évidente, argumente ainsi: « *Une maison est un*

fait humain et même au milieu des contraintes physiques les plus sévères et avec des techniques limitées l'homme a construit selon des modes si divers qu'on ne peut les attribuer qu'au choix, ce qui impliquent des valeurs culturelles.» Les manifestations physiques de cet habitat prenaient des formes aussi diverses que les facteurs les ayant induites.

Selon *Jan Krebs* : « *On trouve aujourd'hui dans le monde les formes d'habitat les plus variées. Les caractéristiques régionales dépendent des conditions climatiques, de données locales telles que la topographie ou les matériaux disponibles, et surtout les de traditions culturelles.* »

S Guindani et U Doepper, allant dans le même sens, affirme : « *la morphogénèse de l'architecture vernaculaire s'établit sur la trilogie composée de trois pôles de référence...l'homme enveloppe et exprime le contenu de toutes les données thématiques, activités et besoins de nature socio-économique, culturelle et historique. Le site intègre toutes les données environnementales, climat, morphologie, ...les matériaux impliquent les choix et les techniques mis en œuvre de la forme bâtie.* »

Pour la conception de son habitation, l'homme s'inspire de repères conceptuels qui sont d'ordre culturel, social et naturel. (*SLIMANI. A, 2012*)

2. DEFINITIONS PRELIMINAIRES

2.1. La notion de type :

Se réfère à un élément figuré que l'on considère comme l'empreinte, le reflet d'un concept. La définition du mot type, publié la première fois en 1825 par *quatremère de quincy* dans l'encyclopédie méthodique est devenue le texte de référence courant pour la plupart des travaux typologique élaborés.

2.2. La notion du model :

Ce qui sert d'objet d'imitation ou pour produire quelque chose, l'élaboration d'un modèle présuppose un certain degré d'abstraction de la complexité du réel.

La fonction du modèle est soit de décrire un état (modèle descriptif) soit de former, de construire l'hypothèse d'un changement d'état possible (modèle prédictif).

Un modèle de structuration urbaine est une image schématisée du mode d'organisation, d'articulation spatiale et d'aménagement des diverses activités urbaines de leurs espaces et réseaux connectifs correspondants. (*ZUCHELLI, 1983*)

2.3. Le concept typologie :

Il peut être introduit par la définition suivante : science de l'élaboration des types facilitant l'analyse d'une réalité complexe et permettant sa classification.

C'est la science de l'élaboration et de classification des types permettant une analyse plus facile d'une réalité complexe. (*ibidem*)

2.4. Typologie de l'habitat

C'est l'ensemble des différentes conceptions de l'espace socio-physique traduisant, au moyen de formes d'organisation et de structuration particulières du cadre bâti et spatiale, les contenus culturels dominants d'une époque en matière d'habiter. (*ibidem*)

2.5. Typologie du logement

C'est l'ensemble des différentes conceptions et des principes d'organisation de l'espace élémentaire assigné à la fonction « habiter » le logement. (*ibidem*)

3. LES GRANDES TYPOLOGIES D'HABITAT

Sept grandes catégories d'habitat parmi les plus courantes ont été retenues : (FNAU)²

- **L'habitat collectif continu** : correspond à des immeubles collectifs mitoyens et linéaires alignés le long de l'espace public et généralement regroupés sous forme d'îlot fermé.
- **L'habitat collectif discontinu** : désigne des ensembles d'immeubles collectifs prenant la forme de plots, barres ou tours, plus ou moins déconnectés du dessin des espaces publics. Ces îlots ouverts, apparus dans l'entre-deux-guerres, se sont fortement développés dans les grands ensembles d'habitat social des années 60-70. Mais cette typologie inspire aussi des opérations récentes associant fréquemment ouvertures de l'îlot et implantations à l'alignement des rues.
- **L'habitat collectif continu et discontinu** : se combinent souvent dans les opérations récentes.
- **Le tissu «mixte»** : rassemble plusieurs typologies d'habitat collectif et individuel, continu ou discontinu, au sein de la même opération.
- **L'habitat intermédiaire** : correspond à des ensembles «semi collectifs» d'habitat superposé ou semi-superposé disposant chacun d'une entrée individuelle accessible directement depuis l'espace extérieur.
- **L'habitat individuel continu** : regroupe les ensembles de maisons de ville ou en bandes, linéaires et mitoyennes, alignées le long de l'espace public ; suivant les époques ou les modes opératoires, les architectures des maisons peuvent être variées ou répétitives reproduisant le même modèle de base.
- **L'habitat individuel discontinu** : ou groupé correspond principalement aux lotissements et constructions individuelles implantées librement sur des parcelles ; il comprend également des maisons individuelles regroupées en petit nombre (maisons jumelées) que l'on trouve dans certaines cités-jardins ou quartiers de villes nouvelles notamment.

3.1. Typologie d'habitat collectif

3.1.1. Selon l'implantation

L'habitat collectif peut implanter sous différentes formes, parmi ces formes, on peut citer :

² FNAU : fédération national des agences d'urbanisme

3.1.1.1. L'implantation moléculaire

C'est le plan préféré par les militaires pour mieux contrôler les villes. Cette implantation offre des caractéristiques intéressantes au niveau technique telles que : l'aération, la ventilation, le coût de foncier. Malgré cela, cette implantation possède quelques désavantages, notamment en ce qui concerne la surface importante des voies. La disposition des bâtiments perpendiculairement à créer des axes orthogonaux, ce qui donne une sensation de rigidité, signe de force et d'énergie. Les directions sont bien déterminées et le champ de vision est très clair et ouvert.

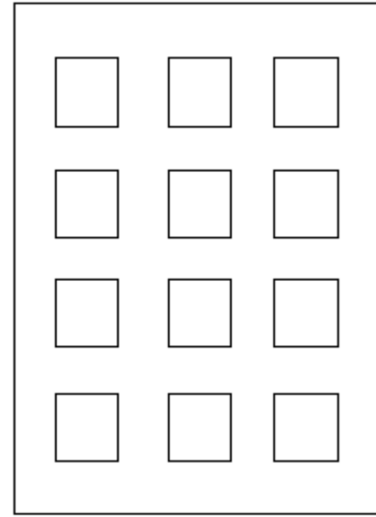


Figure1.1. implantation moléculaire, source : M.AYADI et al in H.ZEGHICHI, 2014

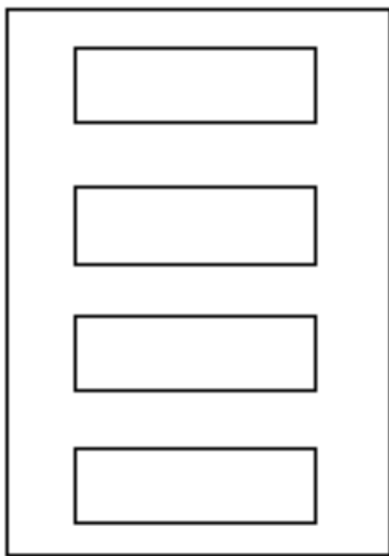


Figure1.2. implantation linéaire, source : M.AYADI et al in H.ZEGHICHI, 2014

3.1.1.2. Implantation linéaire

Une disposition en barres, parallèlement implantées ce qui produisent une sorte de résonance spatiale. Cette disposition peut provoquer une sensation de l'ennui surtout si elles sont trop longue, en revanche elle participe à la réduction de l'espace routier. Le champ visuel est un peu faible par rapport à la disposition moléculaire.

3.1.1.3. Implantation annulaire

Cette disposition est une disposition fermée, caractérisé par l'existence des cours centrales, cette disposition assure l'intimité et plus de la sécurité. Elle offre la possibilité d'aménager des espaces communs qui favorisent la vie sociale tels que : les placettes, les airs de jeu, les petit jardins...

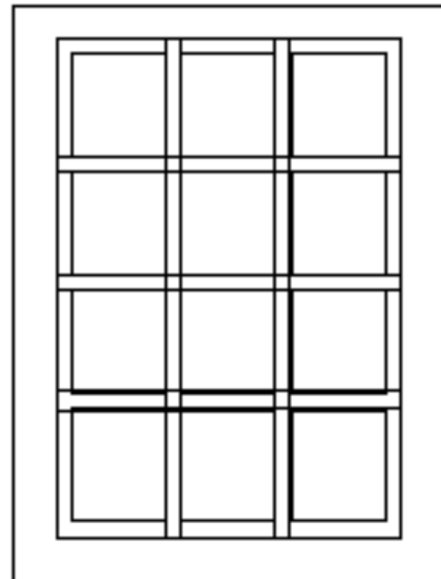


Figure1.3. implantation annulaire, source : M.AYADI et al in H.ZEGHICHI, 2014

3.1.2. Selon le type de production en Algérie

L'Algérie a connu plusieurs types de production de l'habitat collectif au cours de son évolution, dont les types plus récents sont les suivants :

3.1.2.1. Le logement promotionnel

A partir de 1986 et pour permettre aux classes aisées de se procurer des logements de haut standing, l'Etat a permis la production du logement promotionnel par la loi N°86/07 du 04 mars 1986 complétée par le décret législatif N°93/03 du 01 mars 1993. Le logement promotionnel est un logement de meilleure qualité, L'un de ces objectifs consistait à construire des logements répondant selon une logique de qualité et de prix, au plus large éventail de la demande solvable. (S.ZEGHICHI, 2014).

3.1.2.2. le logement promotionnel en location vente

La location-vente est un mode d'accès à un logement avec option préalable pour son acquisition en toute propriété au terme d'une période de location fixée dans le cadre d'un contrat écrit. Le prix du logement destiné à la location-vente est fixé sur la base du coût final de la construction intégrant les dépenses d'acquisition du terrain ainsi que les frais de gestion technique et administrative calculés sur la période précédant le transfert de propriété.

Ce type de logement constitue un nouveau segment d'offre de logements, institué à la faveur du Décret exécutif n° 01-105 du 23 avril 2001, fixant les conditions et modalités d'acquisition dans le cadre de la location-vente de logements réalisés sur fonds publics. IL est destiné aux couches moyennes de la population, dont le niveau de revenus ne dépasse pas six (6) fois le SNMG. Il s'agit donc de citoyens (cadres moyens notamment), qui ne peuvent postuler ni au logement social, réservé aux démunis, ni au logement promotionnel Les postulant à l'acquisition d'un logement dans le cadre de la location-vente doivent s'acquitter d'un apport initial de 25% minimum du prix du logement. (*idem*)

3.1.2.3. Le logement promotionnel aidé (LPA)

Le logement promotionnel aidé est destiné à des postulants à revenus moyens, éligibles à l'aide de l'Etat. Ce type de logement est réalisé selon un montage financier combinant un apport personnel, un crédit bonifié et une aide frontale directe. Le niveau de l'aide frontale octroyée par l'Etat est plafonné à 700 000 DA lorsque le revenu est inférieur ou égal à quatre fois le Salaire national minimum garanti (SNMG). (LAOUAR, M in S.ZEGHICHI, 2014,).

3.1.2.4. Logement social participatif (LSP)

Le logement social participatif est un logement promotionnel aidé. Le principe fondamental de l'habitat participatif est l'implication des futurs habitants dans la conception et la gestion de leurs logements, il est considéré comme une troisième voie entre le logement social et la promotion privée. Ce type d'habitat a connu un essor considérable en Algérie, un grand nombre des citoyens ont préféré l'habitat participatif à cause des incitations financières. (S.ZEGHICHI, 2014).

4. LE RECHAUFFEMENT CLIMATIQUE

Le réchauffement climatique, également appelé réchauffement planétaire, ou réchauffement global, est un phénomène désigne la modification climatique de la Terre, caractérisée par l'augmentation de la température moyenne des océans et de l'atmosphère terrestre, mesuré à l'échelle mondiale sur plusieurs années, et qui traduit une augmentation de la quantité de chaleur de la surface terrestre dû à l'augmentation dans l'atmosphère des gaz à effet de serre engendrés par l'homme.

Le climat terrestre a toujours connu des cycles climatiques de réchauffement et de refroidissement, pouvant s'étendre sur plusieurs milliers ou millions d'années. Durant ces 800 000 dernières années, plusieurs cycles se sont succédé : la Terre a connu un réchauffement brutal suivi d'une période chaude, appelée « période interglaciaire ». Elle-même suivie par un refroidissement progressif qui a favorisé l'installation d'une ère glaciaire. Un autre réchauffement brutal vient alors annoncer un nouveau cycle. Nous nous trouvons actuellement dans une période interglaciaire. (www.maxisciences.com).

D'après le rapport du **GIEC**³ paru en 2 février 2007 :

- L'augmentation des températures moyennes de l'atmosphère : la température moyenne à la surface de la terre a augmenté de 0,74°C entre 1906 et 2005 ; les 11 dernières années figurent parmi les années les plus chaudes jamais enregistrées (depuis 1850).
- L'augmentation des températures moyennes de l'océan : l'océan a absorbé la plus grande partie de la chaleur ajoutée au système climatique ; l'océan s'est réchauffé jusqu'à une profondeur d'au moins 3000 m.
- L'augmentation du niveau de la mer : le niveau de la mer a augmenté de 1,8 mm/an en moyenne depuis 1961 ; ce taux a augmenté en fin de période (3,1 mm/an entre 1993 et 2003).
- Le retrait des glaciers : les glaciers de montagne et la couverture neigeuse sont globalement en retrait.

La figure dans la page suivante montre les Graphiques des écarts des températures globales moyennes de surface en degré Celsius (C°), le niveau des rejets de CO2 en volume (ppm), aussi, l'augmentation du niveau des mers autour des niveaux moyens en centimètre(cm) , par rapport à la moyenne 1880-2002. (Basé sur les données du NASA⁴).

D'après ces courbes on peut noter le suivant :

- ✓ la température globale moyenne de surface a augmenté de 0,8°C entre 1880 et 2002 .Entre 1880-1970, la température s'augmente et se diminue irrégulièrement, au-delà de l'année 1970, la courbe est toujours ascendante.
- ✓ le niveau des mers a augmenté de 26 centimètres (cm) entre 1880 et 2002, la courbe est ascendante depuis 1970. L'élévation du niveau des mers est liée à l'augmentation de la température globale moyenne de surface.

³ GIEC : Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat.

⁴ NASA : National Aeronautics and Space Administration.

- ✓ le niveau des rejets de CO₂ est toujours en croissance depuis l'année 1880 jusqu'à l'année 2002, il a augmenté de 280 ppm (part par million) à 360 ppm.

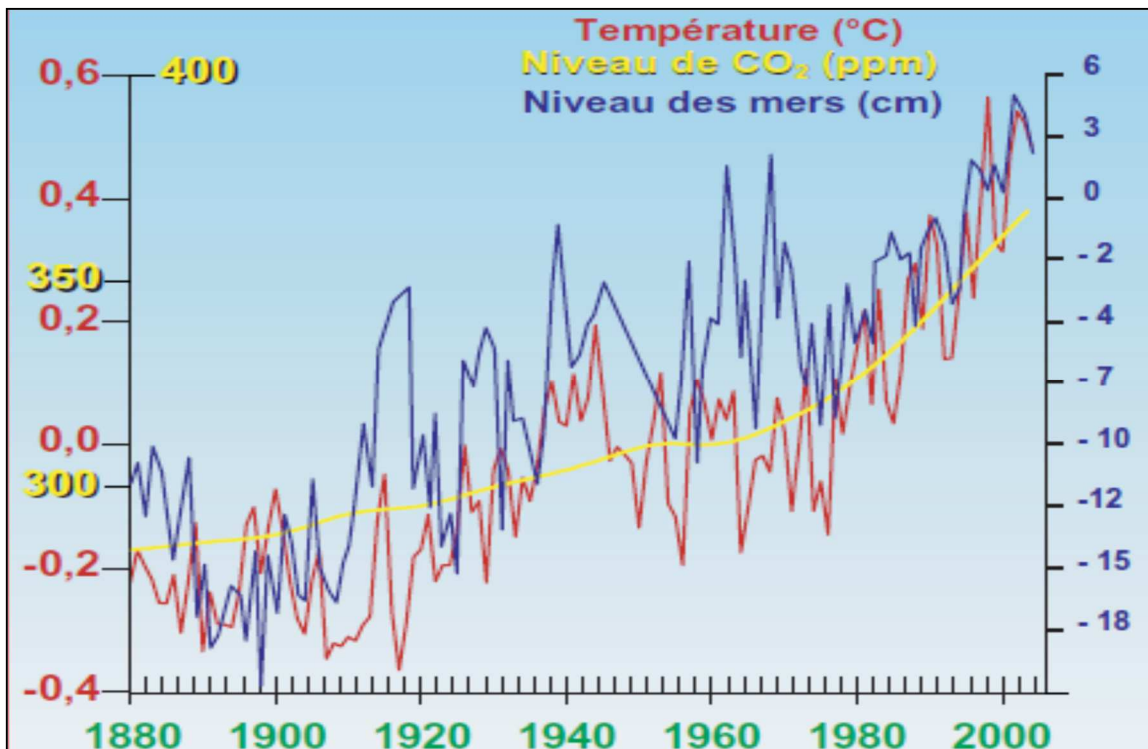


Figure 1.4. L'Évolution des variations de température et du niveau des mers autour des niveaux moyens, évolution des rejets de CO₂. (Sources : Nasa, Shom, CNRS-CERFACS) in (A.DE.HERDE et al, 2005)

5. LE DEVELOPPEMENT DURABLE

Le développement durable se veut un processus de développement qui concilie l'écologique, l'économique et le social et établit un cercle vertueux entre ces trois pôles. Sur le plan pratique, un développement durable doit être à la fois :

- **Performant sur le plan économique** : Une stratégie de développement durable doit être gagnante de ce triple point de vue, économique, social et écologique.
- **Responsable sur le plan social** : les finalités sociales du développement durable sont la lutte contre la pauvreté, contre les inégalités, contre l'exclusion et la recherche de l'équité. prendre en compte le bien-être de chacun, qu'il soit habitant d'un pays du Sud ou du Nord, d'une région proche, de la ville ou du quartier voisins.
- **Respectueux de notre environnement** : Il est respectueux des ressources naturelles et des écosystèmes, support de vie sur Terre.

Une stratégie de développement durable impose d'ouvrir l'horizon temporel sur le long terme, celui des générations futures ; la définition de développement durable reconnue aujourd'hui est celle qui a extrait du rapport Brundtland 1987 « un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs ».

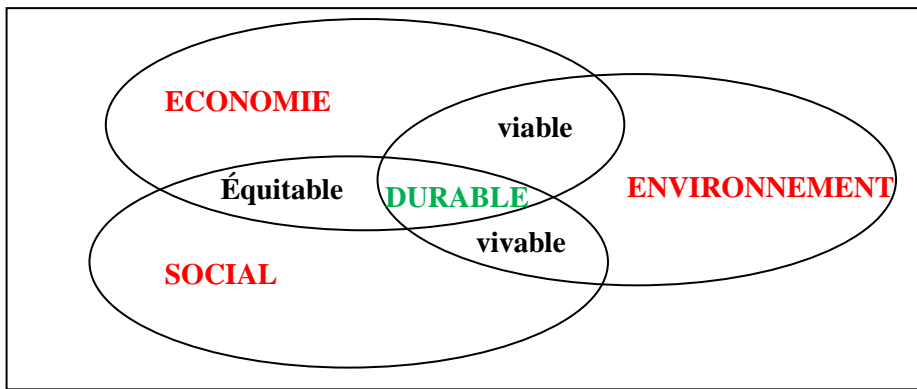


Figure 1.5. Processus de développement. Source : auteur

6. LES PRINCIPALES ETAPES DU DEVELOPPEMENT DURABLE

Historiquement, on peut dire que le concept de développement durable correspond à la rencontre de deux courants de réflexion déjà anciens. Le premier s'est développé dès les années 1950 autour de l'idée de développement, comprend, le développement de niveau de revenu ou les structures économiques, aussi le niveau de la santé, de l'éducation, l'ampleur de la pauvreté, des inégalités. L'idée de développement s'est progressivement généralisée et s'est appliquée aux pays industrialisés pour désigner certains aspects de leur activité économique et sociale. Le second concerne la prise de conscience écologique imposé à partir des années 1970, comporte l'idée d'une nécessaire protection de l'environnement naturel et d'une utilisation aussi économe que possible des ressources naturelles.

Evolution des concepts et des acteurs et les principales étapes de développement durable viennent en ordre chronologique comme suit :

- **UICN 1951** : C'est dans les années cinquante (50) que le concept va commencer à renaître, avec la publication d'un rapport sur l'État de L'environnement par UICN (union Internationale pour la Conservation de la Nature).
- **Le club de Rome en 1970** : Les travaux du Club de Rome, à la fin des années 1960, sont souvent cités comme point de départ. Le Massachusetts Institute of Technology (MIT) dénonce dans un rapport publié en 1972 et intitulé « Halte à la croissance », le danger que représente une croissance économique et démographique exponentielle du point de vue de l'épuisement des ressources naturelles, de la pollution et de la surexploitation des systèmes naturels.
- **La conférence de Stockholm (1972)**: En 1972, les Nations Unies organisent à Stockholm la première conférence internationale sur l'environnement, qui aboutit à la création du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE). A cette occasion apparaît le concept « d'éco-développement », qui s'attache à réconcilier deux approches apparemment antagonistes, celle du développement et celle de l'environnement, indissociables l'une de l'autre. La notion d'éco-développement est vite écartée, mais il reste toujours l'idée que le développement ne soit pas guidé que par l'économie. La notion d'éco-développement fera, en effet, l'objet d'une réappropriation par les Anglo-saxons qui lui substitueront la notion de "Sustainable Development".

- **Années 80** : découverte par le public de l'existence de certaines pollutions et de dégradations sur l'écosystème, telles que le "trou" dans la couche d'ozone, les pluies acides, la désertification et l'effet de serre.
- **Le rapport Brundtland 1987** : Rapport "Notre avenir à tous" de la Commission mondiale sur l'environnement et le développement en 1987, aussi appelé rapport Brundtland, du nom de la présidente de la commission, Mme Gro Harlem Brundtland, C'est de ce rapport qu'est extraite la définition reconnue aujourd'hui : « *Un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs.* »
- **Le Sommet de Rio 1992** : les Nations Unies organisent à Rio la deuxième conférence sur l'environnement et le développement, également appelée « Sommet de la terre ». Les 173 chefs d'Etat présents s'engagent sur 4 textes :
 - La Déclaration de Rio sur l'environnement et le développement.
 - La Convention sur les changements climatiques, avec engagement pour les pays riches de ramener en 2000 leurs émissions de gaz à effet de serre (GES) au niveau de 1990.
 - La Convention sur la biodiversité, engageant tous les pays l'ayant ratifiée (ce que les Etats-Unis n'ont pas fait) à favoriser la conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique, ainsi que le partage juste et équitable des avantages découlant de son exploitation.
 - La Déclaration des principes relatifs aux forêts.

Les conventions signées seront le point de départ de nombreuses décisions, dont l'adoption d'un programme d'actions pour le XXI^e siècle appelé **Agenda 21**, présentant 2500 recommandations à mettre en œuvre au niveau international (préservation des ressources naturelles, gestion écologique des déchets, protection de la santé, ...).

- **1993** : Conférence mondiale sur les droits de l'homme à Vienne, droit des populations à un environnement sain et droit au développement.
- **Le Sommet Social de Copenhague, 1995** : Consensus entre gouvernements sur la nécessité de mettre les individus au centre du développement en approfondissant le volet social. Intégrer l'économie et le social à une volonté de valoriser les ressources économiques, sociales et culturelles d'une société.
- **Le protocole de Kyoto, 1997 – 2005** : En décembre 1997, la Convention sur les changements climatiques signée à Rio est complétée par le « protocole de Kyoto », qui impose aux pays industrialisés de réduire, d'ici 2012, leurs émissions de gaz à effets de serres d'au moins 5% en moyenne par rapport au niveau de 1990. La Russie ayant ratifié le protocole fin 2004, le seuil de couverture de 55% étant atteint, le protocole est officiellement entré en vigueur en 2005 (non ratifié par les Etats-Unis).
- **Le Sommet de Johannesburg, 2002** : les contrats signés en 1992 à Rio n'ont pas été respectés. En même temps, la mobilisation d'un certain nombre d'entreprises tend à faire penser que le développement durable est aussi devenu un marché.

- **Le Sommet de Rio 2012 Rio+20** : 20 ans après Rio et 10 ans après Johannesburg, une nouvelle conférence des Nations Unies sur le Développement Durable se tiendra à Rio de Janeiro du 4 au 6 juin inclus. Communément nommée *Rio+20*, cette conférence reflète très pertinemment le double horizon temporel de la conférence : évaluer les vingt dernières années, mais surtout réfléchir au futur et plus précisément, aux actions qu'il faudra mener dans les vingt années à venir.

Les objectifs concrets de la conférence sont repris dans la résolution UNGA 64/236 de l'Assemblée Générale des Nations Unies de décembre 2009, et ils sont formulés comme suit :

- ✓ L'objectif de la Conférence sera de susciter un engagement politique renouvelé en faveur du développement durable, d'évaluer les progrès réalisés et les lacunes restant à combler au niveau de la mise en œuvre des textes issus des grands sommets sur le développement durable ainsi que de relever les nouveaux défis.
- ✓ La Conférence sera axée sur l'économie verte dans le cadre du développement durable et l'élimination de la pauvreté, et sur le cadre institutionnel du développement durable.

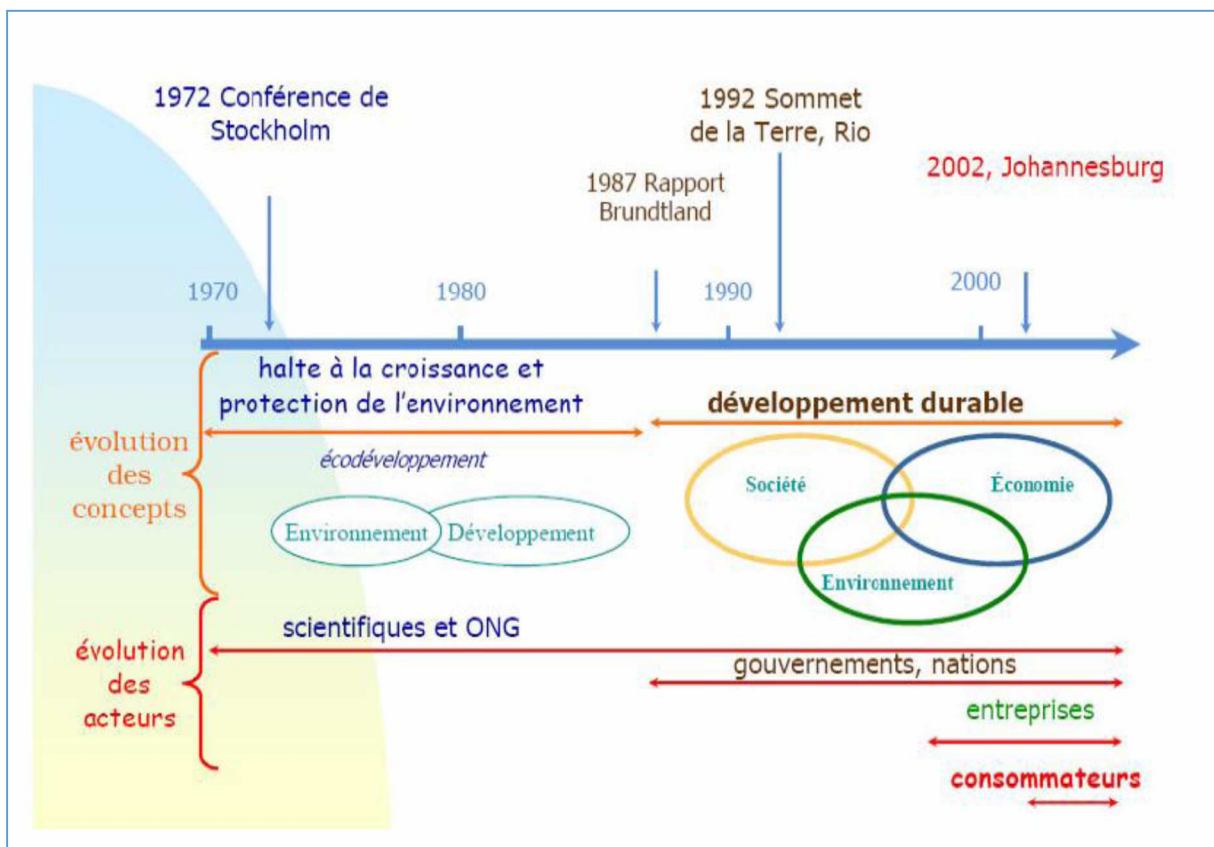


Figure 1.6. Evolution des concepts et des acteurs et les principales étapes de développement durable en ordre chronologique, source : www.ethique-economique.fr

7. L'EVOLUTION DE L'HABITAT DURABLE

7.1. L'habitat vernaculaire

La notion de l'architecture vernaculaire fait référence depuis les années 1980, à une architecture conçue en harmonie avec son environnement, employant des techniques et des moyens locaux exprimant des fonctions précises, avec des codes esthétiques avoisinant le site d'implantation. C'est un type d'architecture propre à un pays, à un terroir, à une aire géographique donnée et à ses habitants. « *L'architecture vernaculaire se caractérise par la transmission collective de méthodes de construction de génération en génération. Les nouveaux bâtiments s'intègrent parfaitement à ceux qui sont déjà là et contribuent à la continuité de l'identité d'un lieu..... Les bâtisses sont semblables les unes aux autres et forment une image unitaire et égalitaire.* » (BARRO. Julien).

Le terme de vernaculaire est consacré par l'usage dans le sens de « propre au lieu », synonyme d'architecture dite sans architectes, spontanée, indigène, rurale, primitive, anonyme. (GUINDANI Silvio et Ulrich DOEPPER, 1990).



Figure 1.7. Le M'Zab à Ghardaïa,
source : <http://djamelarabie.com>



Figure 1.8. Hôtel Sidi driss, habitat berbère troglodytique de Matmata, Tunisie, source : <http://fr.wikipedia.org>

Ce type d'architecture reflète plusieurs dimensions de l'identité territoriale locale et régionale ; elle représente en effet un peu le miroir du territoire :

- **La dimension humaine** : l'homme inscrit dans l'environnement construit ses particularités de nature socioéconomique, culturelle et historique.
- **Le milieu naturel et paysager** détermine la forme architecturale par le biais des données environnementales comme le climat, la topographie, la morphologie, etc.
- **Les matériaux endogènes locaux** (pierre, bois, terre) façonnent la construction vernaculaire et déterminent les techniques particulières de mise en œuvre de la forme bâtie.

L'habitat vernaculaire est l'expression des valeurs de la culture populaire que chaque pays a investies dans l'habitation et ses prolongements. Il a été lentement élaboré au cours des

siècles. Par le caractère, l'originalité et l'invention, il façonne l'environnement et s'y intègre naturellement. Son originalité, la tient de sa sobriété, de son minimalisme et son aspect social par la réponse à des besoins sociaux. Le bâti jouant le rôle de vecteur d'une culture constructive. L'habitat vernaculaire est le reflet de la culture d'un groupe. En effet, de tous temps, les établissements humains ont été la projection visible, sur l'espace, des innombrables contraintes qui ont pesé sur l'organisation sociale des hommes. (SLIMANI.A, 2012). L'habitat vernaculaire constitue donc un élément identitaire important du territoire. C'est un patrimoine.

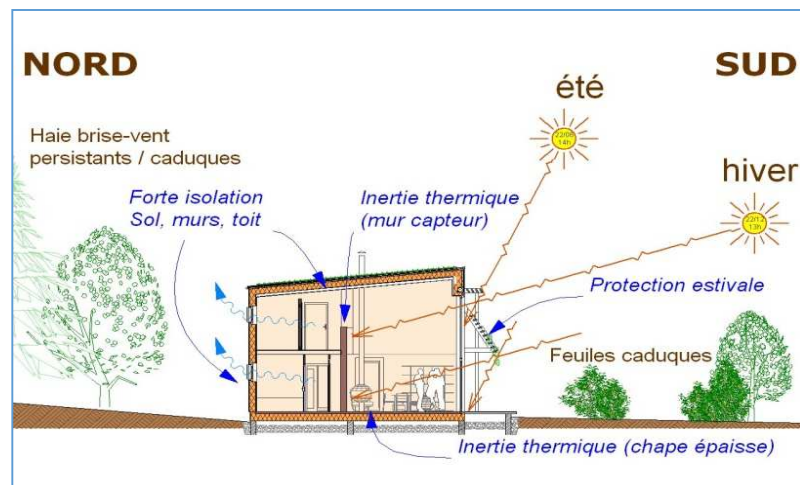
7.2. L'Habitat Solaire

En réponse à la première crise énergétique des années 70, correspondant au choc pétrolier, sont apparues les maisons solaires, "passives" ou "actives", suivant leur conception architecturale ou leurs équipements techniques choisis pour capter, stocker et distribuer l'énergie naturelle. L'architecture solaire est l'un des aspects de la maison dite « bioclimatique ».

L'architecture solaire consiste à concevoir des bâtiments de manière à bénéficier au maximum des apports solaires : luminosité et chaleur. «*La maison solaire est conçue essentiellement pour obtenir une partie ou la totalité de son chauffage à partir du soleil*» (Watson, 1979, p. 13 in B.BERGHOUT, 2012).

Une enveloppe du bâtiment performante est la première nécessité d'un habitat solaire passif, ce dernier va avoir une influence sur :

Figure 1.9. Principes de conception solaire passive
 .source : <http://architecture-solaire.fr>



- **La disposition des pièces :** Les pièces à vivre sont positionnées vers le sud tels que : le salon, le bureau, la salle à manger. Au nord de l'habitat sont plutôt placées les pièces de services : cave, garage, escalier.ect,
- **L'orientation du bâtiment et des fenêtres :** L'orientation du bâtiment doit être choisie de manière à maximiser les apports solaires, l'orientation des fenêtres doit être choisie de façon à capter les rayons du soleil en hiver, et d'éviter la surchauffe en été.
- **Le choix des matériaux :** il est conseillé de privilégier pour la construction les matériaux avec une masse thermique intérieure élevée, Le but est de conserver à l'intérieur de la maison la chaleur en hiver et la fraîcheur en été.

Pour la conception solaire active, pour chauffer l'eau domestique, et produire de l'énergie électrique, le bâtiment est équipé par des technologies qui permettent la production et la

transformation de l'énergie: les panneaux solaires thermiques ou photovoltaïques (installés généralement sur l'enveloppe du bâtiment), les puits canadiens, etc.,

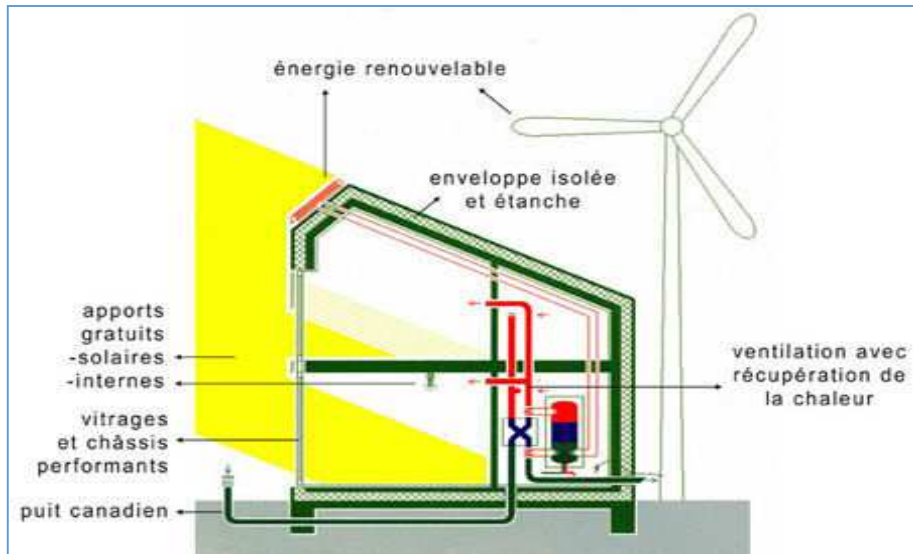


Figure 1.10. Principe de la conception solaire active l'utilisation des énergies renouvelables pour produire de l'énergie électrique, et pour chauffer l'eau domestique. Source : [http:// http://architectures.canalblog.com/](http://architectures.canalblog.com/)

L'architecture solaire repose essentiellement sur l'intégration du bâtiment à son milieu environnemental et passe par la suite à une architecture qui intègre les nouvelles technologies liées à la production, à la transformation et à la distribution des énergies permettant de tirer une grande partie ou la totalité de son chauffage à partir du soleil. Ainsi, la maison solaire se distingue par la performance de l'enveloppe et les soins mis pour tirer partie des gains solaires directs afin de couvrir la saison du chauffage. (B.BERGHOUT, 2012)

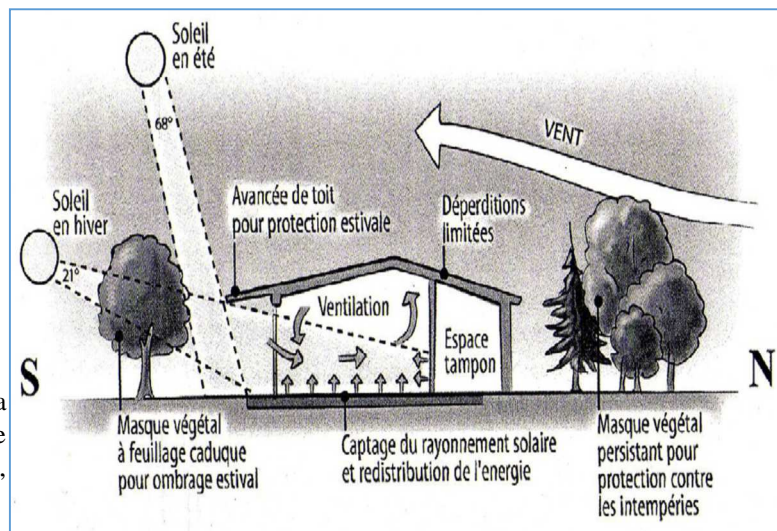
7.3. L'Habitat Bioclimatique

Avec les problèmes climatiques des années 80 (trou de la couche d'ozone, effet de serre, ...) les maisons solaires sont devenues des maisons bioclimatiques, intégrant le confort des habitants, tout en économisant de l'énergie.

Selon **Armand Dutreix** : « Un habitat bioclimatique permet d'utiliser l'environnement, afin de d'assurer de façon totalement passive une ambiance maintenant "sans effort" les conditions de confort du corps humain. ».

Pour **Dominique Gauzin-Muller** « L'application des principes bioclimatiques permet de réduire les besoins énergétiques d'un bâtiment et d'assurer le confort de manière passive, grâce à un choix judicieux de l'implantation, de l'orientation, de la forme du bâti et de ses prolongements vers l'extérieur, des matériaux et de la végétation plantée à proximité. »

Figure 1.11. Les Principes de la conception bioclimatique
source : (AMRANE MOKHTAR. M, 2007).



La conception bioclimatique de l'habitat, aussi appelée bioclimatisme, recherche donc la meilleure adéquation entre l'habitat, les habitudes des occupants et le climat pour réduire au maximum les besoins de chauffage ou de climatisation. «*L'habitat bioclimatique tire parti du climat afin de rapprocher au maximum ses occupants des conditions du confort sans le recours au conditionnement d'air artificiel* » (Izard et Alain, 1979). Donc, l'objectif principal est d'obtenir le confort d'ambiance recherché de manière la plus naturelle possible en utilisant les moyens architecturaux, les énergies renouvelables disponibles et en utilisant le moins possible les moyens techniques mécanisés et les énergies extérieures au site. Ces stratégies et techniques architecturales cherchent à profiter au maximum du soleil en hiver et de s'en protéger durant l'été. Le choix d'une démarche de conception bioclimatique favorise les économies d'énergies et permet de réduire les dépenses de chauffage et de climatisation, tout en bénéficiant d'un cadre de vie très agréable. (*Réglementation thermique RT2012*).

La conception bioclimatique s'articule autour des trois stratégies suivantes :

- **Stratégie du chaud** : Capter ou se protéger de la chaleur.
- **Stratégie du froid** : Transformer, diffuser la chaleur.
- **Stratégie de l'éclairage naturel** : pénétrer, répartir et contrôler l'éclairage naturel

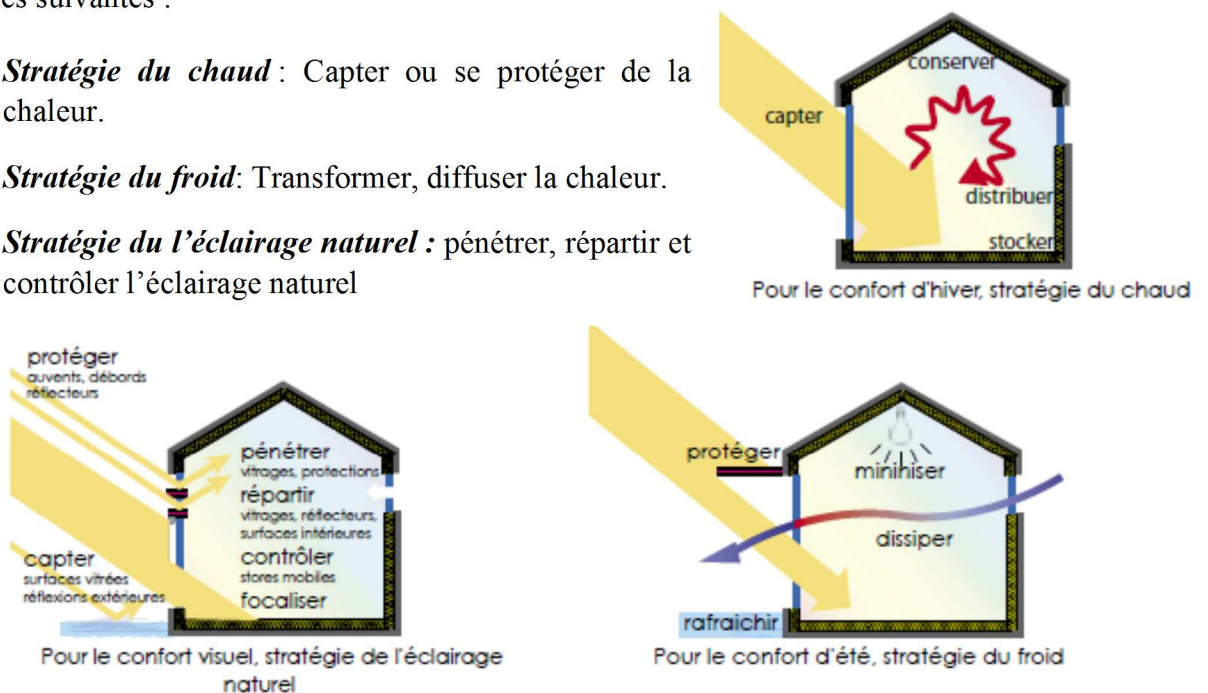


Figure 1.12. Les différentes stratégies de la conception bioclimatique. Source :
DE HERDE, 2006.

7.4. L'Habitat écologique

Le terme d'éco-construction n'est apparu que tardivement, avec l'avènement du mouvement écologique, ayant comme principal cheval de bataille, la protection de l'environnement. Ce souci de préservation de la nature, en vogue chez de nombreux mouvements écologistes des années soixante, a donné naissance à l'éco-construction, boostée il est vrai par des événements tels que le choc pétrolier de 1973 et l'idée du développement des énergies renouvelables.

L'architecture écologique est un mode de conception et de réalisation ayant pour préoccupation de concevoir une architecture respectueuse de l'environnement et de l'écologie. Elle place l'écologie au cœur du processus de l'acte de bâtir. En ce sens l'écologie tend, en pratique à, « *prendre en compte l'action de l'homme dans le but d'en limiter les conséquences néfastes (dégradation de l'environnement, pollution, atteinte à la biodiversité...) et de favoriser une gestion rationnelle de la nature.* » (ADEME)⁵.

Une des considérations clef d'un habitat écologique est d'utiliser des matériaux respectueux de l'environnement. On entend par là des matériaux minimisant les impacts dus à leur fabrication, des matériaux recyclables, naturels, de production locale pour éviter l'énergie due à leur transport, etc. (AMRANE MOKHTAR. M, 2007).



Figure 1.13. Exemple d'un habitat écologique construit en bois et en harmonie avec l'environnement .source : <http://blog.bmykey.com>

Pour une conception écologique, on peut distinguer plusieurs lignes directrices:

- **le choix des matériaux** : naturels et respectueux de la santé de l'homme ;
- **le choix de la disposition des pièces** : pour favoriser les économies d'énergie en réduisant les besoins énergétiques ;
- **le choix des méthodes d'apports énergétiques** ;
- **le choix du cadre de vie** offert ensuite à l'homme (jardin...).

⁵ ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie.

7.5. L'Habitat durable

L'Habitat durable telle qu'annoncé le **Parlement Wallon** : « Un habitat durable est un mode d'organisation par l'homme du milieu où il vit (un habitat), qui répond à ses besoins présents sans compromettre la capacité des populations vivant sur d'autres territoires, ni celle des générations futures à répondre aux leurs. Pour ce faire, il trouve un équilibre entre les trois principes d'environnement, d'économie et de social tout en tenant compte de l'héritage (culturel) dans lequel il s'insère et sachant que les ressources naturelles de notre planète sont limitées et à préserver ».

Pour **Wolfgang Ritsch**, architecte directeur du l'institut d'architecture du Vorarlberg : « L'approche durable en architecture se penche sur l'homme, ses besoins, sa qualité de vie, son espace dans un sens très large, mais elle le saisit aussi en tant qu'être responsable, capable de s'autodéterminer... Les objectifs d'un développement durable à dimension humaine ne seront atteints que sur la base d'une nouvelle mentalité et de nouveaux comportements et cela exige une vision plus complexe de notre mission d'architecte que celle qui nous portait jusqu'à présent ». (CAUE Haute-Savoie ⁶)

Concevoir un habitat durable, c'est donc proposer un habitat qui établit un équilibre harmonieux entre l'Homme et son milieu, en préservant les ressources et l'environnement et en favorisant le confort et la santé des habitants.

Une construction dite durable est également peu énergivore. Un bâtiment durable se doit d'être bien isolé, étanche et bien orienté, doit également intégrer les nouveaux modes de production d'énergie tels que la ventilation double-flux, les puits canadiens, etc.



Figure 1.14. 97 logements collectifs et individuels proposé par l'architecte Hélène JOURDA .source : <http://www.jourda-architectes.com>



Figure 1.15. 106 logements sociaux proposé par l'architecte Hélène JOURDA .source : <http://www.jourda-architectes.com>

L'habitat durable est composé de plusieurs dimensions complémentaires et indispensables. Elles sont au nombre de trois :

- **Une dimension sociale.** L'habitat durable doit favoriser la cohabitation des groupes sociaux et augmenter la cohésion sociale.

⁶ CAUE Haute-Savoie : conseil Architecture, Urbanisme et Environnement. De la Haute-Savoie.

- **Une dimension environnementale.** Au niveau environnemental, l'habitat durable, respecte les ressources naturelles et les écosystèmes. On utilise, tant que faire se peut, des ressources naturelles et provenant de sites ou fabricants locaux.
- **Une dimension économique.** L'habitat durable est aussi un système viable économiquement pour les individus mais aussi pour la collectivité. qui permet d'économiser l'énergie, par des solutions techniques et technologiques innovantes.

CONCLUSION

Selon *Alberto ZUCHELLI, 1984*, organiser un espace résidentiel veut dire veiller à trois considérations essentielles : la première est reliée au bien être psychologique et physiologique de l'habitant, la deuxième consiste à la favorisation de l'intégration sociale, tandis que la dernière insiste à la considération de l'espace résidentiel comme une partie de la totalité de la ville.

Par ailleurs, l'architecture durable avec toutes ces appellation: architecture écologique, architecture bioclimatique, architecture durable, architecture solaire, répondent aux mêmes préoccupations : concevoir une architecture basé sur une stratégie passive, adaptée au maximum à son site et à son environnement, moins consommatrice en énergie, plus respectueuse de la vie sociale.

L'espace résidentiel est donc un lieu d'habiter, de repos, de récréation et d'activités qui doit assurer un équilibre entre différents principes du bien être, d'environnement, d'économie et du social.

L'Algérie de son tour a adapté le programme de « l'efficacité énergétique 2015-2030 » pour répondre à ces exigences. L'adaptation de ce programme dans le secteur résidentiel, le secteur le plus consommateur en énergie, va sûrement diminuer la consommation énorme d'énergie dans nos cités résidentielles.

LE 2^{EME} CHAPITRE

LE CONFORT THERMIQUE

INTRODUCTION

L'homme a toujours cherché à créer un environnement thermiquement confortable. Cela se reflète dans l'histoire des anciens bâtiments à travers le monde. Aujourd'hui, la création d'un environnement thermique confortable est l'un des paramètres les plus importants à prendre en considération lors de la conception des bâtiments.

Selon Vitruve, « *un bâtiment confortable et fonctionnel, conforme aux besoins de l'utilisateur* ». Le bâtiment est construit avant tout pour ses usagers, et doit donc être confortable et sain. Il doit protéger les occupants de l'environnement extérieur, assurer un climat et une qualité d'air agréables à l'intérieur. De ce fait, l'un des principaux objectifs de la conception des bâtiments est de fournir un espace confortable et agréable pour vivre. C'est pourquoi, un nouveau domaine de la science est apparu, appelé le Confort thermique. Ce qui fera l'objet du présent chapitre.

L'étude de confort thermique dans le secteur du bâtiment est pour l'objectif d'assurer une ambiance intérieure bien adaptée à nos besoins et à notre confort, ainsi qu'à la réduction des besoins en chauffage et en climatisation, qui elle-même participe à la réduction des gaz à effet de serre.

Ce chapitre représente un état de l'art sur le confort thermique, il traite d'abord ce qu'est le confort thermique, il montre les paramètres et les facteurs ayant une incidence sur le confort thermique. Ainsi que, les conditions qu'il faut fournir pour un environnement thermique acceptable, et bien d'autres éléments ayant une relation avec ce thème. Finalement, il saisit les méthodes d'évaluations du confort thermique et ses différentes approches.

1. NOTION DE CONFORT

Le confort provient du mot anglais « *Comfort* », et signifie qui « contribue au bien-être des individus par la commodité de la vie, matérielle, intellectuelle et sociale » (Depecker, 1989).

Un sentiment de bien-être et de satisfaction, ou un Ensemble des commodités, des agréments qui produit le bien-être matériel. Une tranquillité psychologique, intellectuelle, morale obtenue par le rejet de toute préoccupation. « Larousse »

Selon **V.Candas**, « *Le confort dépend de l'ensemble des commodités procurant de l'agrément, générant une impression plaisante ressentie par les sens et l'esprit, voire même un certain plaisir... tout ce qui fait défaut, qui est difficile à utiliser, qui ne correspond pas aux attentes, qui gêne ou qui est désagréable est contraire à la notion de confort* ». (KHALEF. N, 2012).

Dans l'acte de la 13ème Journée du Cuepe, en 2003, **P.Hollmuller et al**, ont proposé une classification pour les notions de confort, cette classification vienne comme suis:

- ***Inconfort***: expression de l'insatisfaction ou du désagrément de façon continue ou répétitive, ne permettant pas à la nuisance de se "faire oublier".
- ***Confort dégradé*** : résulte de l'apparition épisodique (temporelle) ou locale (spatiale) d'un certain inconfort non persistant ou ressenti localement mais de façon peu intense (par exemple, avoir légèrement froid aux pieds).
- ***Confort***: peut résulter de deux possibilités :
 - Se déduit de l'absence exprimée de désagrément ou d'insatisfaction (échelle affective).
 - Se déduit de l'incapacité qu'ont les gens à s'exprimer sur leur état thermique (échelle perceptive) ; cette notion est proche de l'indifférence.
- ***Confort optimal*** : résulte de l'expression de l'agrément du bien être exprimé par l'individu par rapport au climat perçu (l'exemple le plus convaincant est celui de la douche : on ajuste la température de l'eau pour une sensation recherchée d'agrément).
- ***Confort maximal*** : peut-être celui qui résulte d'une parfaite adéquation entre tous les souhaits de l'individu et son état thermique (le bain à température "parfaite" pour l'individu peut correspondre à cet état). Il n'est pas sûr que ce confort maximal puisse être durable, il correspond souvent à des phases transitoires suivant des inconforts notoires.

De ce fait, le confort est une notion subjective fondée sur un ensemble de stimuli, ou le critère de confort est la satisfaction des occupants dans le temps.

2. LE CONFORT THERMIQUE

Différents chercheurs et diverses organisations ont essayé de définir la sensation de confort thermique, dont on peut citer :

- **FANGER** qui a défini le confort par l'absence de son opposé, « *l'absence d'inconfort* »
- **GIVONI** a déterminé le confort thermique comme: « *les Conditions pour lesquelles les mécanismes d'autorégulation du corps sont à un niveau minimum d'activité* »
- **European Passive Solar Handbook** : « *Sensation de bien-être physique et mental* »
- **Norme EN ISO 7730** : « *Le confort thermique est souvent défini par la satisfaction exprimée quant à l'ambiance thermique* »
- **Norme ASHRAE 55-92** : définit le confort thermique comme étant « *l'état d'esprit qui exprime la satisfaction vis-à-vis de l'environnement thermique* »

Le confort thermique se définit comme la satisfaction exprimée à l'égard de l'ambiance thermique du milieu environnant. Pour qu'une personne se sente confortable, trois conditions doivent être réunies :

- Le corps doit maintenir une température interne stable ; ce qui nous conduit vers la notion de ***l'Équilibre thermique***.
- La production de sueur ne doit pas être trop abondante et la température moyenne de la peau doit être confortable. ***La transpiration***.
- Aucune partie du corps ne doit être trop chaude ni trop froide (inconfort local). ***La température de peau***.

De ce fait, il s'agit d'avoir suffisamment chaud en hiver et d'être suffisamment au frais en été, quel que soit le climat extérieur.

Le confort thermique dépend également de la sensibilité de notre corps selon l'activité menée, ainsi, la plage de températures idéale qui n'est pas la même au repos, au travail ou en pleine activité sportive. Le confort thermique peut encore dépendre des courants d'air, de l'humidité relative et de la perception subjective (état de santé, âge, fièvre, contexte social).

3. LA NEUTRALITE THERMIQUE

Elle correspond à une zone d'ambiance thermique pour laquelle on ne mobilise aucun mécanisme de lutte contre le froid ou le chaud.

4. THERMOREGULATION

L'homéothermie (une température interne constante du corps humain) est préservée grâce à la thermorégulation :

- thermorégulation « physique », par sudation en ambiance chaude et par modification du débit sanguin dans les vaisseaux périphériques au voisinage de la « neutralité thermique » ;

- thermorégulation « chimique », c'est-à-dire augmentation de la production de chaleur interne en ambiance froide.

Le centre thermorégulateur est informé de l'état thermique du corps grâce à des détecteurs répartis en très grand nombre sous la peau et à l'intérieur des tissus. La réponse thermorégulatrice peut être purement réflexe (inconsciente), mais, au-delà d'une certaine intensité, elle sera elle-même perçue par le sujet comme une source de gêne.

Le confort thermique est donc lié à la détection et aux réponses thermorégulatrices, c'est-à-dire aux modalités de l'équilibre thermique global homme ambiance. (Cours J. Teller, Université de Liège)

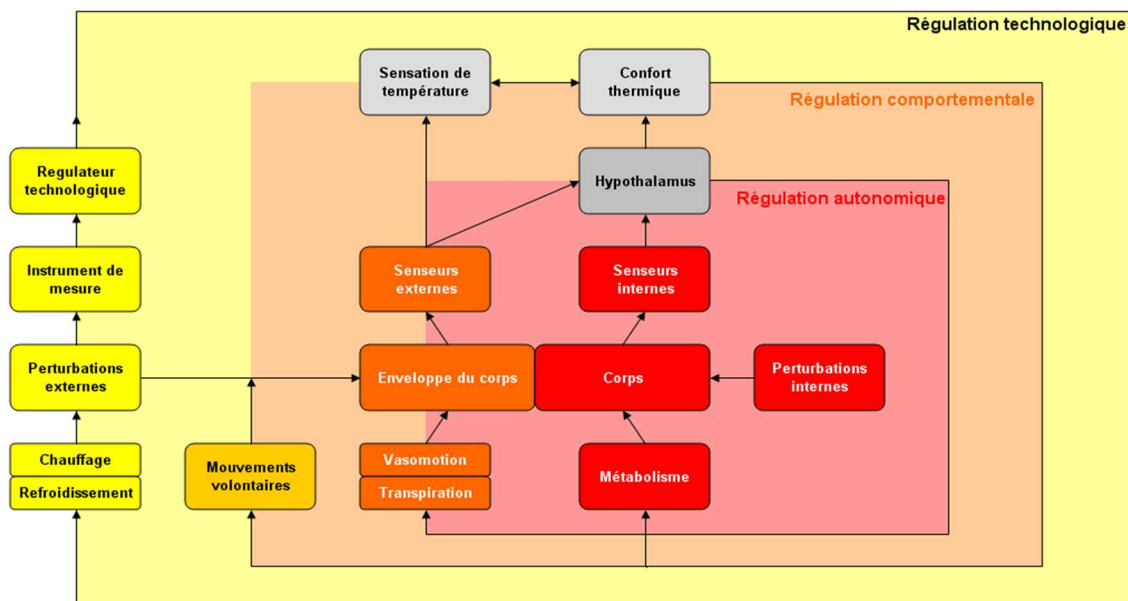


Figure 2.1. Diagramme schématique de thermorégulation humaine d'après HENSEL 1981

5. PARAMETRES AYANT UNE INCIDENCE SUR LE CONFORT THERMIQUE

Comme il a déjà été mentionné, le confort est une sensation psycho-physiologique faisant intervenir plus d'un paramètre. Selon la théorie développée par FANGER Le confort thermique dépend des six paramètres liés à l'homme et l'environnement :

5.1. Paramètres liés à la personne :

- **Le métabolisme** : il s'agit de la production de chaleur interne au corps humain permettant de maintenir celui-ci autour de 36,7 °C. Lorsqu'une personne est en mouvement, un métabolisme de travail correspondant à son activité particulière s'ajoute au métabolisme de base du corps au repos. Une unité appelée "met" a été créée pour caractériser le métabolisme;

- **L'habillement** : il représente une résistance thermique aux échanges de chaleur entre la surface de la peau et l'environnement, tout comme l'isolation d'une maison crée une résistance thermique conservant la chaleur à l'intérieur;

5.2. Paramètres liés à l'environnement :

- **La température ambiante de l'air** (souvent appelée T_a);
- **La température des parois (T_p)**: De façon simplifiée, on définit une température de confort ressentie (appelée aussi température résultante sèche ou température opérative) qui tient compte de la température des parois : $T_{rs} = (T_a + T_p)/2$;
- **L'humidité relative de l'air (HR)**: c'est le rapport exprimé en pourcentage entre la quantité d'eau contenue dans l'air à la température T_a et la quantité maximale d'eau pouvant être contenue à la même température lorsque l'air est saturé;
- **La vitesse de l'air** : Ce paramètre influence les échanges de chaleur par convection. En pratique, dans un bâtiment, les vitesses de l'air ne dépassent généralement pas 0,2 m/s. En effet, l'individu commence à ressentir le mouvement de l'air à cette vitesse, et les concepteurs de systèmes de ventilation essayent donc de ne pas la dépasser.

6. LE BILAN THERMIQUE

Le bilan thermique est en fonction de quatre modes d'échanges de la chaleur, L'équation du bilan thermique s'écrit :

$$\text{Bilan thermique} = M \pm R \pm C - E \dots\dots\dots (01)$$

Où :

M : le métabolisme énergétique général de l'organisme. (Le métabolisme de base et le métabolisme d'exercice).

R : l'échange par rayonnement. **C** : l'échange par convection. **E** : l'échange par évaporation.

Le bilan peut être :

- **Cas1** : Bilan thermique > 0 , la personne est en hyperthermie. L'organisme emmagasine de la chaleur.
- **Cas2** : Bilan thermique < 0 , la personne est en hypothermie. L'organisme perd de la chaleur plus qu'il en gagne ou qu'il en produit.
- **Cas3** : Bilan thermique $= 0$. C'est la situation la plus favorable, l'opérateur se situe dans une zone de neutralité thermique.

7. L'ÉCHANGE DE LA CHALEUR AVEC L'ENVIRONNEMENT

L'organisme dispose de deux interfaces pour échanger de la chaleur avec l'environnement : la peau et les voies respiratoires.

7.1. Echanges par conduction thermique (K)

Les échanges par conduction s'établissent entre deux solides au contact. En pratique en milieu de travail, les échanges par conduction sont le plus souvent négligeables. Ils peuvent influencer la sensation de confort thermique et dans les cas extrêmes, provoquer des brûlures cutanées. (C.Martinet, J-P.Meyer, 1999)

7.2. Echanges par convection thermique (C)

Les échanges par convection ont lieu entre un solide et un fluide ou entre deux fluides. On distingue deux types le premier est au niveau respiratoire, symbolisé par (C_{res}), ou les échanges sont fonction du débit ventilatoire et de la différence de température entre l'air inspiré et l'air expiré. Le deuxième type est au niveau de la peau, symbolisé par (C), ou les échanges par convection s'établissent entre la surface cutanée et l'air ambiant au contact de la peau, ou entre la peau et l'air emprisonné entre la peau et le vêtement. (*idem*)

7.3. Echanges par rayonnement (R)

L'importance des échanges par rayonnement dépend des différences de température entre le corps humain et la source chaude, de la distance qui les sépare et de leur pouvoir d'absorption respectif. Tous les corps quel que soit leur état émettent et absorbent de l'énergie sous forme de rayonnement électromagnétique. La capacité d'un corps à échanger de la chaleur sous cette forme dépend de son émissivité ; l'émissivité d'une surface et son pouvoir d'absorption dépendent de la longueur d'onde du rayonnement émis ou reçu et des caractéristiques de la surface. (*idem*)

7.4. Echanges par évaporation (E)

Le moyen le plus efficace de perdre de la chaleur pour le corps humain est l'évaporation de la sueur à la surface de la peau. L'évaporation transporte la chaleur latente et constitue toujours une perte de chaleur pour l'organisme. Chez l'homme, l'eau s'évapore au niveau de l'appareil respiratoire et de la peau. L'intensité de cette évaporation est fonction de l'humidité de l'air, de la vitesse de l'air, de la fraction de surface cutanée mouillée, de la perméabilité à la vapeur d'eau du vêtement et de la température cutanée moyenne. (*idem*)

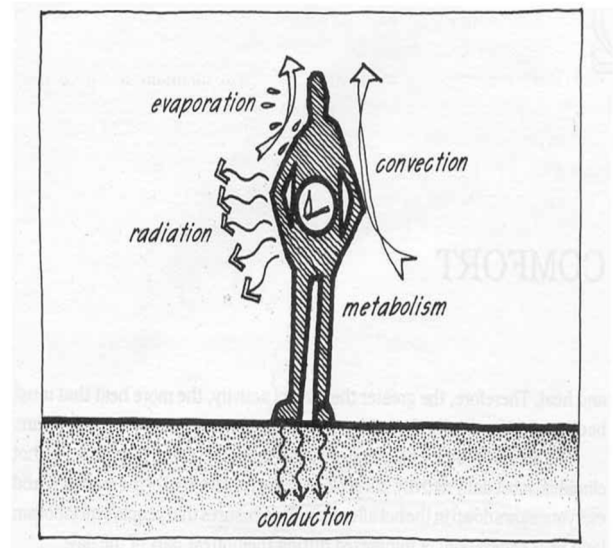


Figure 2.2 les modes d'échange de la chaleur avec l'environnement. Source : T.BOAKE, 2010

La figure montre une répartition approximative de la diffusion de chaleur entre l'individu et l'ambiance où :

- Environ 60 % des pertes de chaleur du corps humain se font par convection avec l'air ambiant (convection et évaporation par la respiration ou à la surface de la peau).
- Les échanges par rayonnement à la surface de la peau représentent jusqu'à 35 % du bilan alors que les pertes par contact (conduction) sont négligeables (< 1 %).
- Le corps perd également 6 % de sa chaleur à réchauffer la nourriture ingérée. (DE. HERDE et al, 2005)

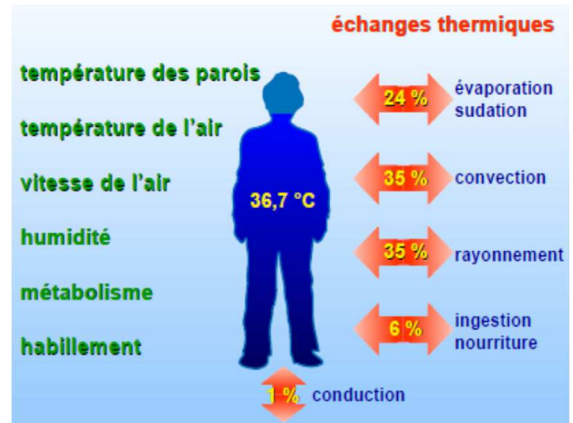


Figure 2.3. Les pertes thermiques du corps humain dépendent de 6 paramètres physiques. Source : DE. HERDE et al, 2005

Cette importance de nos échanges par rayonnement explique que nous sommes très sensibles à la température des parois qui nous environnent.

La figure ci-dessous illustre les relations entre les paramètres de confort liés à l'environnement et les modes d'échange de chaleur.

- *L'échange de chaleur par convection* s'accélère lorsque la vitesse de l'air augmente et la température intérieure de l'air baisse.
- *L'échange de chaleur par rayonnement* s'intensifie lorsque la température des surfaces intérieures baisse.
- *L'échange de chaleur par évaporation* s'accélère lorsque l'humidité relative de l'air baisse et la vitesse de l'air augmente.



Figure 2.4. Relation entre les paramètres de confort et les modes d'échange de chaleur. Source : MAZARIM, 2012

8. LES APPROCHES DE CONFORT THERMIQUE

Pour estimer le confort thermique dans des conditions données, on distingue deux grands types d'approches : les approches statiques appelées aussi « l'approches analytiques » ; elles ne sont pas restreintes aux bâtiments, et les approches dynamiques. Les approches dynamiques sont souvent appelées « confort adaptatif » en raison du système de thermorégulation du corps humain qui tend à s'adapter et à interagir avec son environnement.

8.1. Approches analytiques

L'approche analytique du confort thermique est basée sur le calcul du bilan thermique du corps humain, par des modèles physiques et physiologiques essentiellement. L'objectif est de prédire la sensation thermique des occupants afin d'identifier les conditions de confort thermique.

Pour déterminer les grandeurs physiologiques de l'individu (température cutanée, température interne et mouillure cutanée), des modèles physiologiques du système de thermorégulation ont été développés. Des modèles physiques sont aussi utilisés pour calculer les échanges de chaleur entre l'occupant et son environnement. En sortie sont proposés des nombreux indices qui prévoient la sensation thermique ou le niveau de confort pour les conditions étudiées. (*R.Cantin et al, 2005*).

Parmi les approches statiques existantes, le modèle de *FANGER* (le vote moyen prévisible (PMV)), ainsi que le modèle de Gage (la température effective standard (SET)).

8.1.1. Le modèle de Fanger

Fanger a exprimé à l'aide de l'indice PMV (vote moyen prévisible) la sensation thermique, et le pourcentage des insatisfaits à une sensation donnée par l'indice de PPD (pourcentage prévu des insatisfaits), de tel sorte que l'indice de PPD complète l'indice de PMV.

8.1.2. Le modèle de Gage

Gage a développé l'indice de SET (température effective standard) pour exprimer le confort thermique. Cet indice représente la température équivalente d'une enceinte isotherme à 50% d'humidité relative. Le modèle de gage permet de prévoir les variables physiologiques sous des conditions instationnaires.

8.2. Approche adaptative

L'approche adaptative considère que les personnes jouent un rôle actif dans le maintien de leur confort thermique, c'est-à-dire que l'homme peut agir sur son environnement. Un occupant aura plus de possibilités de se trouver dans une situation de confort dans un bâtiment offrant plus de moyens d'adaptation (ouverture de fenêtres, ventilateur, store...).

Par contre, Dans les chambres climatiques (fanger), l'occupant est incapable d'interagir avec son environnement. Il s'agit de locaux bardés de capteurs dans lesquels différentes personnes exercent une activité de bureau normale, sous une atmosphère contrôlée. Ce n'est pas ce que nous trouvons dans un bâtiment réel. (*idem*)

Certains chercheurs ont adoptés la thèse de l'adaptation selon laquelle des facteurs en dehors de la physique et la physiologie influencent la perception du confort thermique (*Nicol & Humphreys*). Il s'agit du contexte dans lequel se déroulent les études, principalement, le climat,

la région et le type du bâtiment. En effet, au lieu de subir les conditions de son ambiance, l'occupant réagit en s'adaptant à son ambiance.

Cette approche est basée sur les constatations des investigations menées dans des bâtiments in situ. Il s'agit de construire une large base de données sur les conditions thermiques qui règnent dans différents types de bâtiment, pour différents climats et régions, par la mesure des grandeurs physiques de l'ambiance thermique. Ces mesures sont accompagnées simultanément par les réponses subjectives des occupants sur la qualité de leurs ambiances thermiques. Les occupants indiquent, au moment de la mesure, leurs sensations thermiques sur l'échelle de l'ASHRAE. (*idem*).

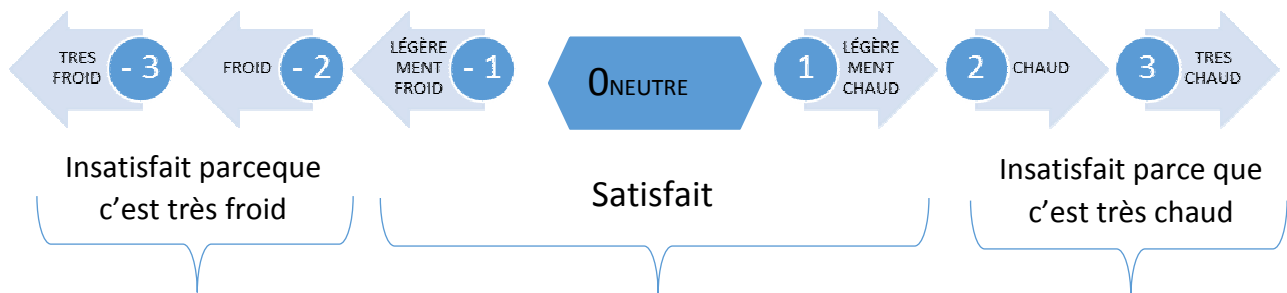


Figure 2.5. Echelle de sensation thermique de l'ASHRAE.

Source : ASHRAE

Comme nous montre la Figure.2.6, les prédictions de la norme ISO 7730 sont différentes de celles du modèle adaptatif. En tenant compte de l'adaptation des occupants, la température opérative idéale dans les bâtiments à ventilation naturelle ne suit pas le modèle ISO 7730, mais dépend plutôt de la température extérieure.

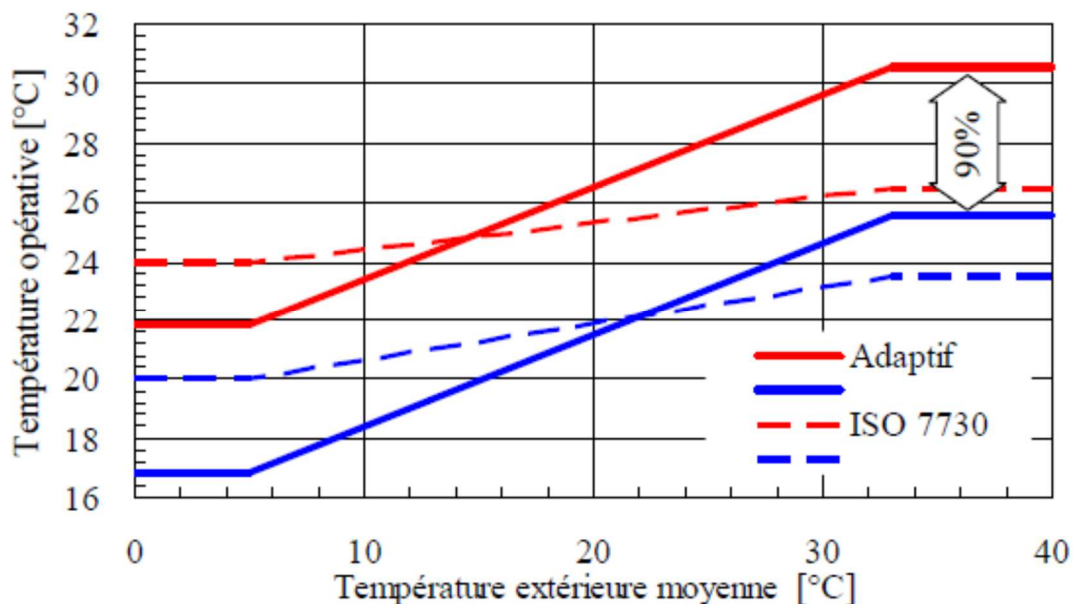


Figure 2.6. Modèle de confort adaptatif de (De Dear and Brager, 2002) et selon ISO 7730 pour 1,2 met.. Source : ROULET. C.A. (2008)

9. EVALUATION DE CONFORT THERMIQUE

L'homme considère l'environnement confortable si aucun type d'inconfort thermique n'est présent. La première condition de confort est la neutralité thermique, ce qui signifie qu'une personne ne se sent ni trop chaud ni trop froid. Il est important de se rappeler que l'homme ne se sent pas la température ambiante, il se sent la perte d'énergie de l'organisme. Les paramètres qui doivent être mesurés sont celles qui affectent la perte d'énergie. Ceux-ci sont les paramètres physicochimiques comme la température sèche, l'humidité relative, la vitesse d'air et la température moyenne radiante. Mais également, il faut prendre en compte les paramètres liés aux personnes comme le métabolisme et l'habillement pour effectuer l'évaluation du confort thermique.

Plusieurs méthodes ont été développées par les chercheurs pour la manipulation simultanée des variables du confort. Parmi ces méthodes, on peut citer:

- Température opérative
- L'indice de PMV et l'indice de PPD.
- L'indice de contrainte thermique.
- Température résultante
- Température Effective
- Diagrammes bioclimatiques.

9.1. Température opérative T_o (°C)

Appelée aussi « température résultante sèche » C'est la température d'un local fictif, assimilé à un corps noir à température uniforme, dans lequel un occupant échangerait la même quantité totale d'énergie (radiative et convective) que dans le local réel. La température opérative est encore dénommée température résultante sèche (Missenard, 1935). La température de globe en constitue une estimation. La température opérative est une moyenne pondérée de la température de l'air T_a et de la température radiante T_r , pour des vitesses d'air inférieures à environ 20 cm/s.

$$T_{op} = (T_r + T_a) / 2$$

La Figure 2.7 donne la température opérative idéale, c'est à dire celle qui donne un PMV nul en fonction de l'activité et de l'habillement, et ce pour une vitesse de l'air basse (moins de 0,1 m/s) et une humidité relative normale (35 à 65%). Les parties ombrées donnent l'écart acceptable autour de la température idéale tel que $-0.5 < PMV < 0.5$, donc les domaines où il n'y aurait que 10% d'insatisfaits.

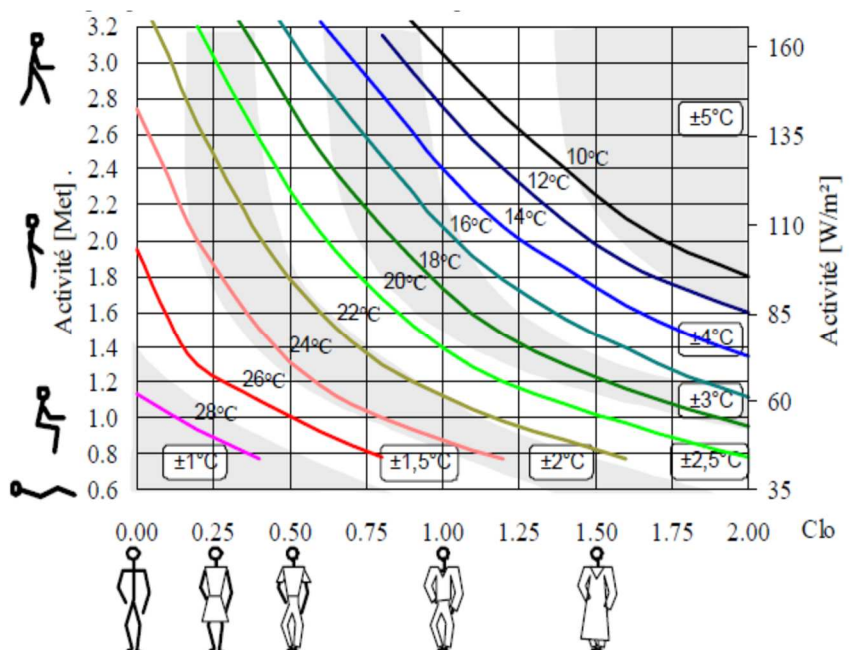


Figure 2.7. Température opérative idéale en fonction de l'habillement et du métabolisme d'après (ISO, 1993). Source : ROULET. C.A. (2008)

9.2. L'indice de PMV et l'indice de PPD.

Deux paramètres permettant de mesurer le confort thermique :

- **PMV (%) Vote moyen Prévisible**

Le **PMV** est un indice de confort thermique qui permet de prévoir la valeur moyenne des expressions subjectives d'un groupe de personnes exposées à une certaine ambiance thermique et situant leurs sensations sur une échelle de sensation thermique à 7 points (figure 2.5). On estime que l'ambiance thermique est acceptable, c'est à dire propice au confort thermique, pour la majorité des personnes qui y sont soumise quand cet indice est compris entre +/- 0,5. Le PMV ne permet pas de déterminer le pourcentage de personnes insatisfaites.

- **PPD (%) Pourcentage prévisible d'insatisfaits**

L'indice PPD exprime le pourcentage prévisible d'individus qui jugeront les conditions climatiques dans un local inconfortables, soit trop chaudes, soit trop froides. On notera que le pourcentage d'insatisfaits n'est jamais égal à 0%, les normes prévoient en effet un taux irréductible d'insatisfaits égal à 5% quelles que soient les conditions climatiques. La Figure 2.8 montre la relation entre le PPD et le PMV. (C.A ROULET, 2008).

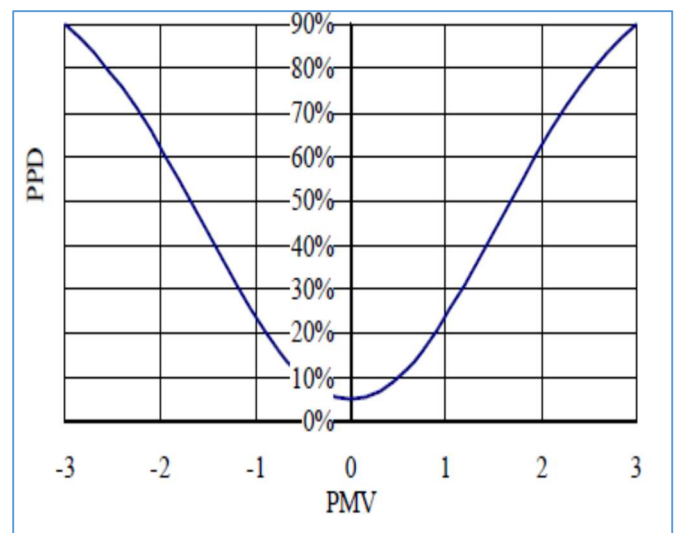


Figure 2.8. La courbe de PPD et PMV Source : C.A. ROULET. 2008.

9.3. Indices de contrainte thermique

Deux indices permettent d'évaluer la contrainte thermique :

- WBGT : Wet Bulb Globe Température,
- La sudation requise.

Ces deux indices permettent avec précision d'évaluer le bilan thermique.

Le WBGT est un indice permettant de déterminer si le sujet est capable de travailler dans une ambiance donnée sur une durée de 8 heures. C'est la première démarche à effectuer dans le cas de l'analyse d'un poste de travail soumis à la chaleur.

La sudation requise permet d'établir des limites d'exposition dans le cas où il n'est pas possible de travailler dans l'ambiance considérée durant 8 heures.

9.4. Indice de la température Résultante

L'indice de la température résultante, développé par *Missenard (1948)*, est basé sur la supposition qu'une base plus solide pour un indice thermique serait formée par des expériences dans lesquelles l'équilibre thermique est réalisé entre le corps et l'environnement, afin que les effets d'humidité et du vent puissent être trouvés. (*KARO*)

Des résultats expérimentaux est issu un nomogramme pour le corps vêtu. Pour l'exemple de la température efficace, la valeur de la température résultante lue du monogramme s'avère être 23.5°C. La rangée des facteurs climatiques couverte par la température résultante est une température de l'air comprise entre 20-45°C, une température humide comprise entre 18 et 40°C et une vitesse de l'air entre 0 et 3 m/s.

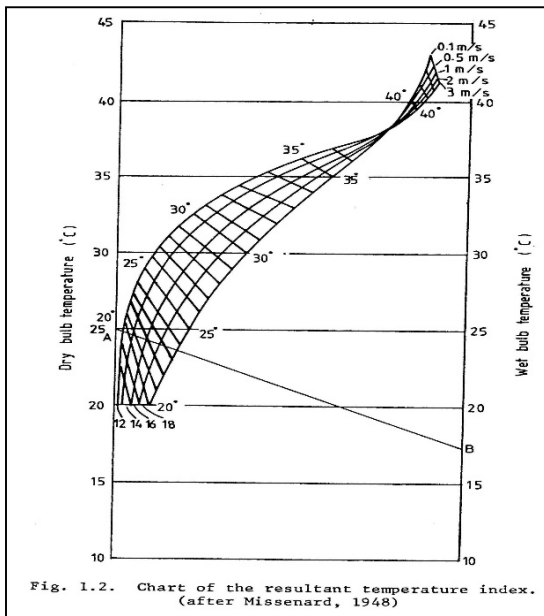


Figure 2.10. L'indice de température effective Source : ASHRAE.

9.6. Les diagrammes bioclimatiques

Le diagramme bioclimatique du bâtiment est un outil d'aide à la décision globale du projet bioclimatique permettant d'établir le degré de nécessité de mise en œuvre de grandes options telles que l'inertie thermique, la ventilation généralisée, le refroidissement évaporatif, puis le chauffage ou la climatisation. (*IZARD.J et al, 2008*)

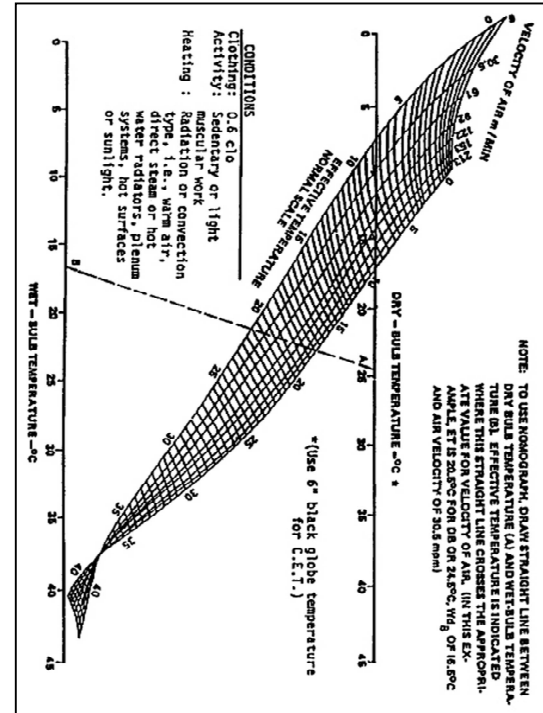


Figure 2.9. L'indice de la température résultante source :http://hsimed.gtri.gatech.edu/images/1472_figure_34.jpg

9.5. Teff (°C) Température effective

L'indice de température effective a été établi aux USA dès 1923 sur la base d'essais de confort ressenti portant sur un grand nombre de sujets pour fournir une méthode de détermination des effets relatifs de la température et de l'humidité de l'air sur le confort. Cette température est déterminée de façon à procurer le même confort qu'une ambiance à 50% d'humidité relative et sans vitesse d'air. (*Idem*)

Les diagrammes bioclimatiques sont des outils de synthèse qui permettent de choisir les grandes options architecturales à partir des exigences du confort thermique et des profils du climat extérieur. Le principe consiste à confronter sur un même graphique, «un polygone de confort», un 'climogramme' représentant les conditions extérieures et l'aire d'influence thermique et hygrométrique de certaines solutions architecturales ou de certains dispositifs. Le diagramme bioclimatique combine plusieurs types de données dont: les données du climat extérieur, les données du confort thermique et les solutions architecturales. (Cours K.HAMEL)

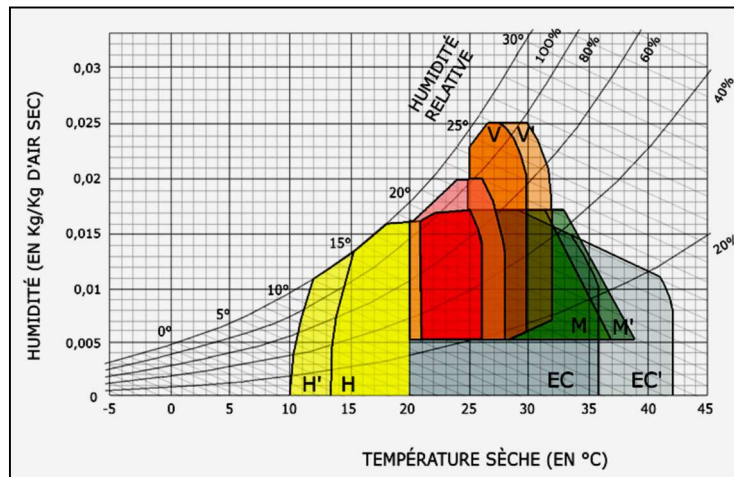


Figure 2.11: Diagramme bioclimatique du bâtiment : Limites de la zone du confort thermique (rose), de la zone d'influence de la ventilation à 0,5m/s (VV' orangé) et de l'inertie thermique (MM' vert), de la zone d'influence du refroidissement évaporatif (EC et EC' gris), de la zone de non-chauffage par la conception solaire passive (H et H' jaune).source : (IZARD.J et al, 2008).

Le premier auteur de ce diagramme est Olgay puis Baruch Givoni qui l'a utilisé en climat semi-aride où l'inertie thermique est requise en hiver comme en été. Autre que Givoni, on peut citer les Tables de Mahoney.

9.6.1. Le diagramme bioclimatique d'Olgay

En 1953, Olgay a proposé «une méthode basée sur un «diagramme bioclimatique» mettant en évidence la zone du confort humain en relation avec la température d'air ambiant et l'humidité, la température radiante moyenne, la vitesse du vent, le rayonnement solaire et la perte de chaleur évaporative» (Givoni, 1978, in B.BERGHOUT, 2012).

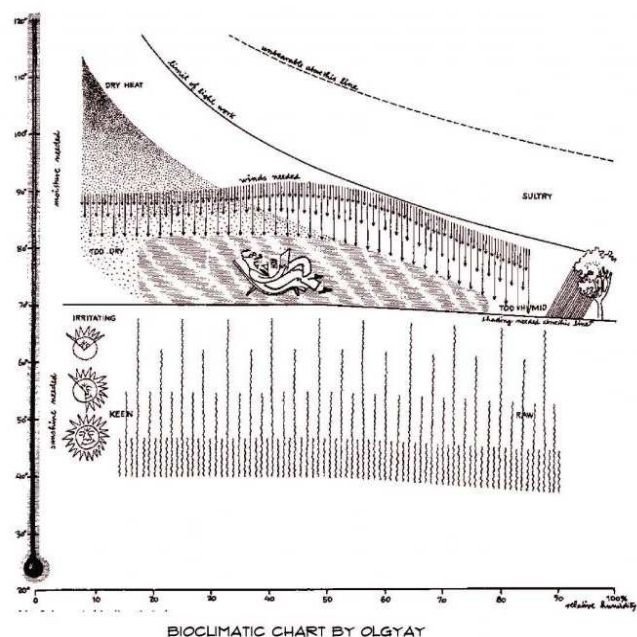


Figure 2.12. Le diagramme bioclimatique d'Olgay .Source : Olgay, V. (1963) in <https://www.educate-sustainability.eu/kb/print/365>

9.6.2. Diagramme de Givoni

Se basant sur les études antérieures d'Olgay, Givoni a élaboré une méthode expérimentale où il représente les limites des ambiances confortables sur un diagramme psychrométrique courant. Il présente une méthode plus performante que celle de V. Olgay, dans l'évaluation des exigences physiologiques du confort. (M.MAZARI, 2012)

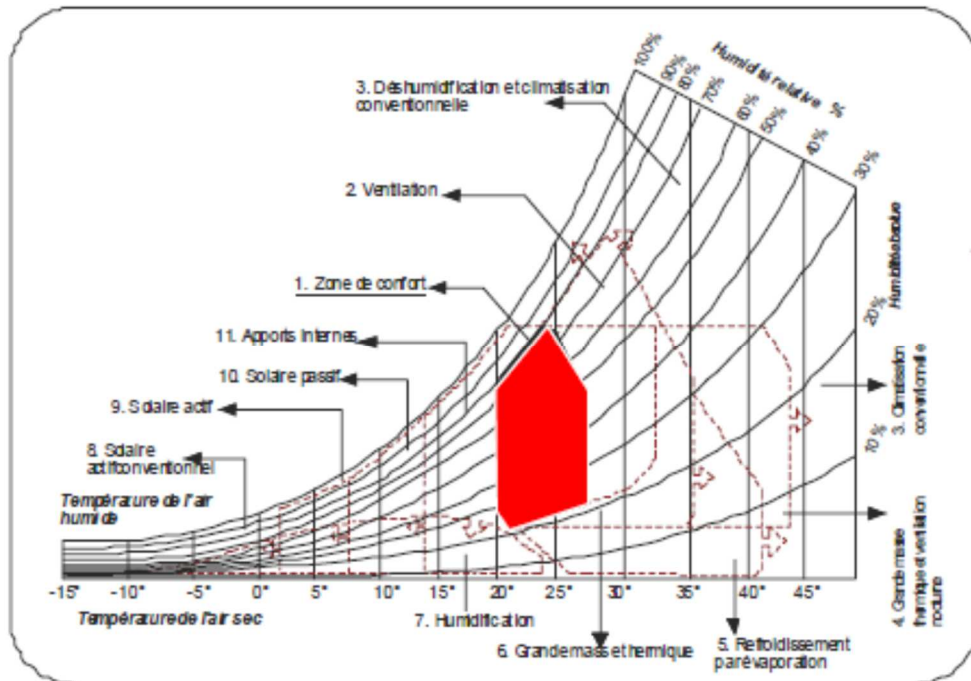


Figure 2.13 : Zones de confort selon le diagramme bioclimatique de Givoni.

Source : (Mazari.M, 2012)

La zone de confort est positionnée au centre, l'aire extérieure à cette zone est subdivisée en zones secondaires, où l'auteur propose différentes procédures permettant de réintégrer les conditions de confort. Givoni a procédé dans l'élaboration de ses zones climatiques à des exigences de confort universelles. Sa zone de confort se situe entre les températures 20 et 27°C, C'est à dire qu'il considère que toutes les personnes, quelque soit la latitude à laquelle ils se trouvent, réagissent de la même manière au confort.

9.6.3. Tables de Mahoney

Carl Mahoney a développé une méthode de traitement des données climatiques très simple, constituée d'une suite de tableaux. Ces derniers contiennent des données climatiques, des comparaisons des limites de confort et du climat ; des indicateurs, et des recommandations. En fonction de ces tableaux l'architecte doit être capable de prendre les meilleures décisions dans la phase esquisse. (*idem*).

CONCLUSION

De ce chapitre, nous avons pu comprendre l'utilité et l'efficacité de l'évaluation du confort dans l'environnement de l'homme, car ce dernier doit répondre à deux exigences fondamentales : veiller sur l'impact de l'utilisation des énergies fossiles sur l'environnement extérieur, et assurer des conditions intérieures saines et confortables.

La zone de confort reste très particulière puisqu'elle dépend de notre perception. Elle dépend des êtres, de leur habillement et de leur activité, ainsi que leur âge et sexe.

L'enveloppe du bâtiment formé par les murs de la façade et les dalles représente le séparateur entre les ambiances de l'environnement extérieur et intérieur. Plus l'enveloppe est bien conçue et efficace plus les ambiances seront agréables à l'intérieur du bâtiment. C'est un échangeur thermique qui peut diminuer les conditions extrêmes du climat extérieur. Si les concepteurs le prennent en considération dès la phase de conception par le bon choix des matériaux qui correspondent avec notre climat, ils vont finir sûrement par réduire la demande en énergie et assurer des ambiances confortables et saines.

L'évaluation de confort thermique se fait par différentes méthodes, actuellement, la prise en compte du confort thermique dans les bâtiments se fait avec des méthodes et des outils informatiques basés sur des approches statiques.

Troisième Chapitre

L'IMPACT DE LA FORME SUR L'EFFICACITE THERMIQUE ET ENERGETIQUE

INTRODUCTION

La problématique de la consommation énergétique dans les différents secteurs, en particulier, le secteur du bâtiment, est un sujet important pour tout les pays du monde, y compris l'Algérie. L'énergie est à la fois la solution et le problème pour le développement durable. Bien qu'elle offre des solutions pour le développement, elle est d'une autre part, l'une des principales causes de la pollution de l'air, elle évoque également, un danger pour l'environnement et la santé humaine.

L'énergie est le principal moyen qu'utilise l'être humain pour fournir plus de confort et un monde meilleur. Pendant plusieurs années, les bâtiments durables reposent principalement sur l'utilisation de la technologie ; pour concevoir des bâtiments économes en énergie, les architectes ont toujours comptés sur les solutions technologiques, Alors que, beaucoup des recherches ont prouvée que 40% à 50% d'économie de l'énergie peuvent être obtenues avec une bonne conception architecturale.

Ce chapitre traite en premier lieu, un état de l'art sur la problématique énergétique dans le monde et en Algérie, ainsi que les politiques abordées pour maîtriser l'énergie. En seconde lieu nous allons étudier dans ce chapitre les solutions bioclimatiques architecturales et techniques adoptés par les concepteurs pour optimiser la performance thermique et énergétique d'un bâtiment.

1. LA CONSOMMATION ENERGETIQUE AU MONDE

C'est à partir de la révolution industrielle (les années 1950), que le monde a connu une forte expansion de la demande mondiale d'énergie. Cette période a été marquée par le développement industriel et économique. La plupart de pays développés se sont appuyés sur l'énergie non renouvelable pour répondre à ses besoins énergétiques, à savoir : le pétrole, le gaz et le charbon.

L'être humain a besoin de l'énergie pour se nourrir, s'éclairer, se chauffer, se déplacer, travailler... sont autant d'activités essentielles à la vie et pour lesquelles l'homme consomme considérablement d'énergie. La croissance démographique est l'un des facteurs les plus influents sur l'augmentation de la consommation d'énergie, en plus de les phénomènes d'urbanisation, le réchauffement climatique et l'épuisement des ressources.

D'après (A.I.E)¹ la consommation d'énergie finale dans le monde en 2012 est de près de 8,9 milliards de tonnes d'équivalent pétrole, 39,8% de cette consommation est consommée par le groupe des pays de l'organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), Suivi par le continent qui se caractérise par une grande densité de population « la Chine » de l'ordre de 19,1% du total, tandis que, l'Afrique consomme 6% de la consommation mondiale. (Figure 3.1).

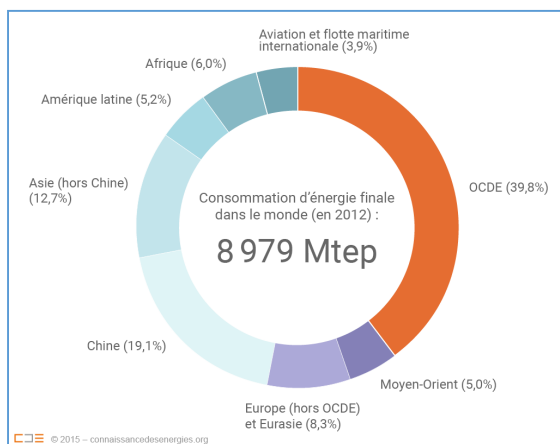


Figure 3.1. La consommation d'énergie finale dans le monde en 2012 avoisine 9 milliards de tonnes d'équivalent pétrole (d'après Key World Energy Statistics 2014, AIE) source : www.connaissancedesenergies.org

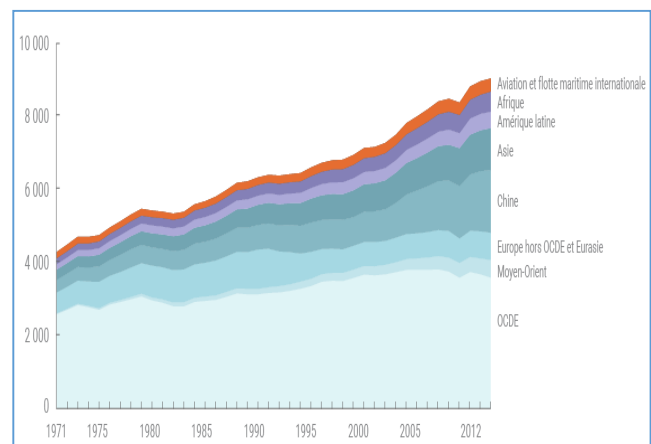


Figure 3.2. Evolution de la consommation d'énergie par région (d'après données AIE) source : www.connaissancedesenergies.org

Selon (A.I.E) la demande mondiale en énergie primaire pourrait augmenter de 40% entre 2007 et 2030, cependant, Entre 1973 et 2012, la consommation d'énergie dans le monde a presque doublé (+ 92%) (Figure 3.2).

1.1. Répartition de la consommation

1.1.1. Par produit

La (figure 3.3) montre la consommation mondiale d'énergie par type de produit: produit pétrolières, charbon, gaz naturel, énergies renouvelables et énergie nucléaire. Les données

¹ A.I.E : l'Agence Internationale de l'Énergie

jusqu'en 2012 représentent l'historique; les données de 2040 sont la projection. La consommation mondiale d'énergie finale est répartie comme suit :

- **Produit pétrolières :** les produits pétroliers restent prédominants dans la consommation finale (31% en 2012), bien que leur part ait baissé en 2040 pour atteindre 26%.
- **Le gaz naturel :** il est prévu que la consommation de gaz naturel va atteindre 24 % en 2040, après qu'elle était 21% en 2012.
- **Le charbon :** la consommation de charbon est passée de 29% en 2012 à 24% en 2040, soit une baisse de 5%.
- **Les énergies renouvelables :** à l'horizon 2040, les énergies renouvelables (hydroélectricité, éolien solaire,...) assureront 19% de la consommation mondiale des énergies finale.
- **L'énergie Nucléaire :** l'énergie nucléaire va s'augmenter de 2%, l'étude affiche 5% en 2012 et 7% en 2040.

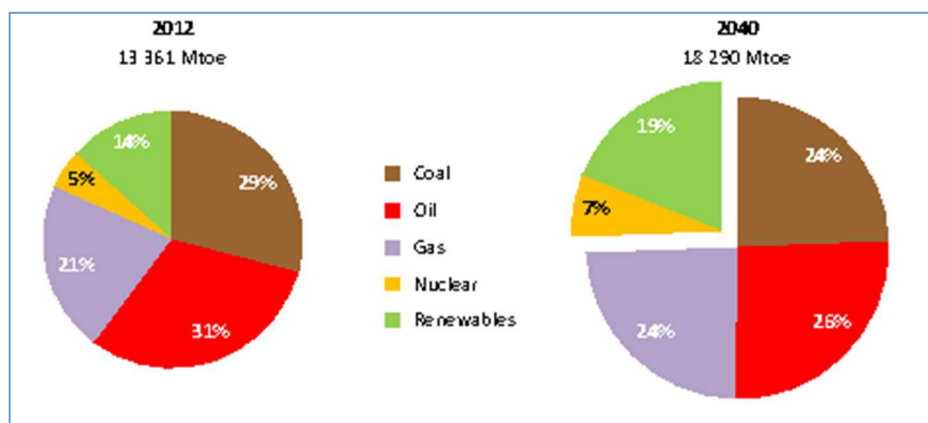
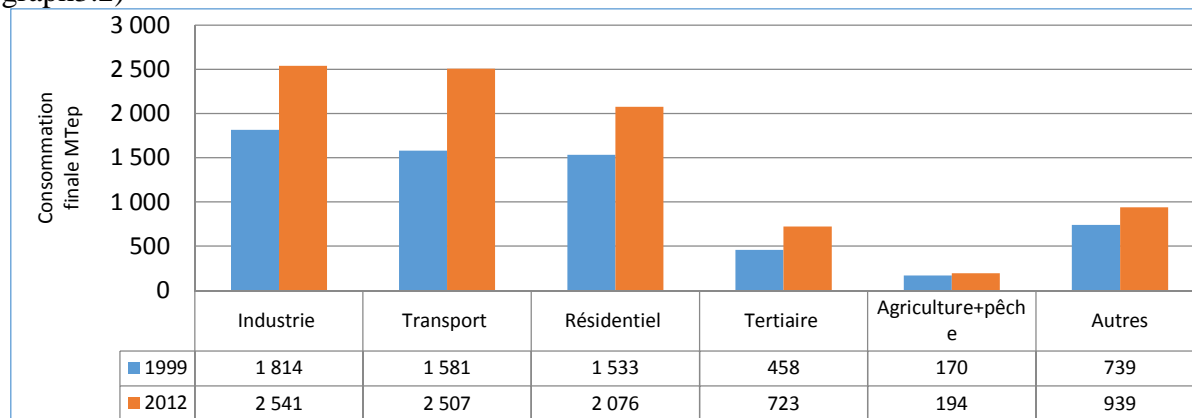


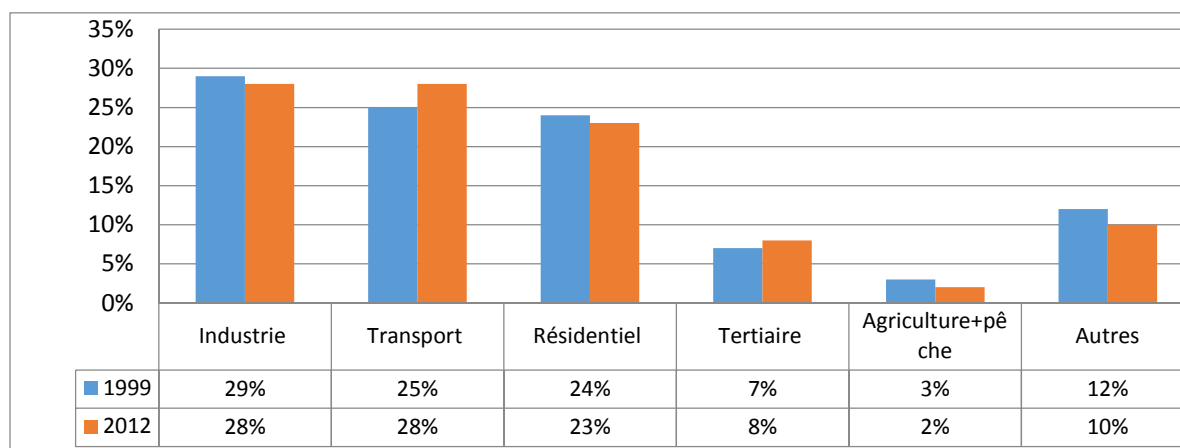
Figure 3.3. La consommation mondiale d'énergie par type de produit.
Source : <http://www.developpement-durable.gouv.fr>.

1.1.2. Par secteur

Selon l'agence internationale de l'énergie, la consommation mondiale de l'énergie finale en 1990 a été estimée à 6 293 MTEp, et en 2012 elle a été estimée à 8 979 MTEp. Cette consommation finale est répartie entre les différents secteurs comme suit : (graph3.1 et graph3.2)



Graph 3.1. consommation d'énergie par secteur pour l'année 1999 et l'année 2012 d'après AIE.
Source : AIE. traité par : auteur



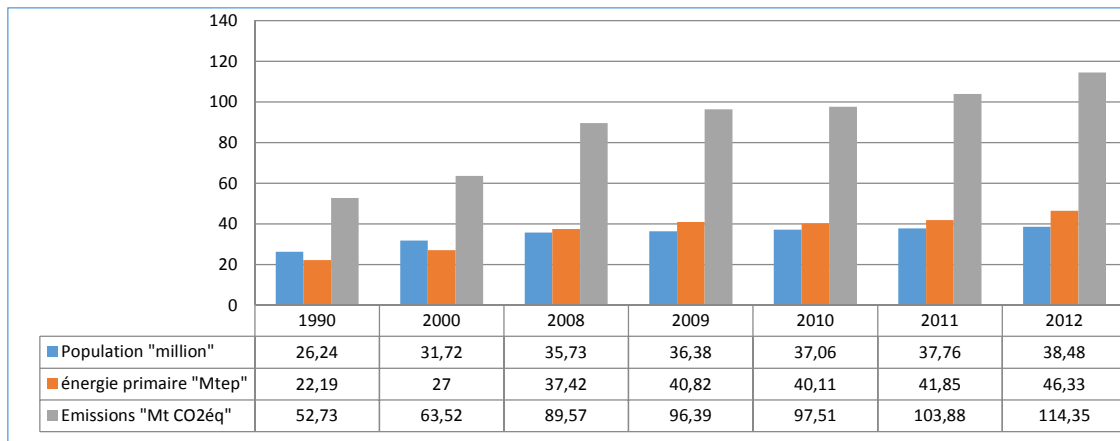
Graph 3.2. consommation d'énergie par secteur en pourcentage. l'année de 1999 et l'année 2012 d'après AIE. Source : AIE. traité par : auteur

- **Secteur de l'industrie** : En 1990, environ 1814 MTep de l'énergie mondiale finale est consommée par le secteur de l'industrie (29% du total), en 2012 la consommation a affichée 2541 MTep (28% du total), ce qui veut dire une augmentation de 40%.
- **Secteur de Transport** : 1581 MTep en 1990 (25% du total), et 2507 MTep en 2012 (28% du total), augmentation de 59%.
- **Secteur Résidentiel** : le secteur résidentiel a consommé 24% de l'énergie mondiale en 1990 estimé à 1533 MTep , et 24% de l'énergie mondiale en 2012 estimé à 2 076 MTep. Une évolution de 35%.
- **Secteur Tertiaire** : en 1990, ce secteur a consommé 458 MTep l'équivaux de 7% de la consommation globale et en 2012, il a consommé 723 MTep donc 8% de la consommation globale, soit une augmentation de 58%.
- **Secteur Agriculture+pêche** : 170 MTep en 1990 (3% du total) et 194 MTep en 2012 (2% du total), augmentation de 14%.
- **Autres** : le reste des secteurs ont consommé 739 MTep de l'énergie finale en 1990, et 939 MTep en 2012, une évolution de 19%.

2. LA CONSOMMATION ENERGETIQUE EN ALGERIE

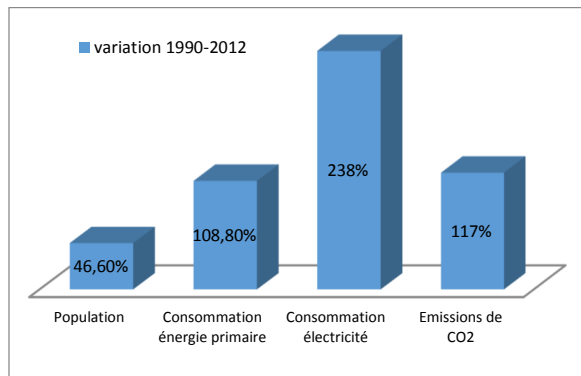
D'après l'agence internationale de l'énergie (AIE), La consommation d'énergie primaire en Algérie est évaluée à 22.19 MTep² en 1990, cette consommation a presque doublé en 2012 pour atteindre 46.33 million de Tep, soit une variation de +108.8 % entre 1990 et 2012 (graph 3.3). Cette augmentation de consommation est due principalement à l'utilisation des dispositifs d'appoints, tels que les dispositifs de chauffage en hiver et de climatisation en été, d'une autre part, à la croissance des activités industrielles et économiques.

² MTep : milliards de tonnes d'équivalent pétrole

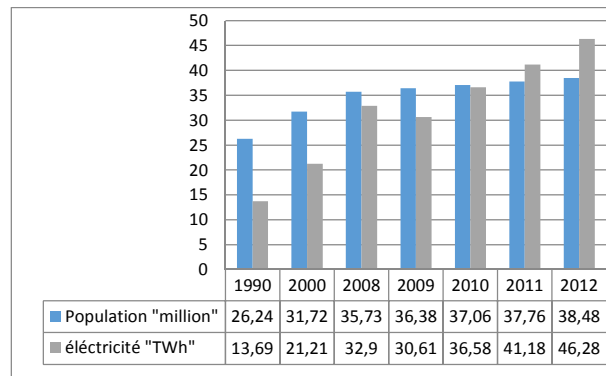


Graph 3.3. l'évolution de la population, la consommation d'énergie primaire et d'émission de CO₂ en Algérie d'après AIE, traité par : auteur

D'après le graph 3.4 , on peut constater qu'il existe une corrélation entre la croissance de la consommation d'énergie primaire et l'augmentation de la densité de la population. D'autre part, cette multiplication de la consommation a augmentée significativement les émissions de CO₂. Le graphique affiche une émission de 114.35 million de tonnes équivalent CO₂ en 2012, tandis qu'elle est estimée à 52.73 MTéqCO₂ en 1990, ce qui veut dire une variation de +117 % entre l'année 1990 et l'année 2012.



Graph 3.4. variation entre 1990 et 2012 de la population, la consommation d'énergie primaire, consommation d'électricité et d'émission de CO₂ en Algérie d'après AIE, traité par : auteur



Graph 3.5. l'évolution de la population, consommation d'électricité de l'année 1990 à l'année 2012 en Algérie d'après AIE, traité par : auteur

Il est remarqué également que la consommation de l'électricité, pour sa part, a été multipliée entre 1990 et 2012, cela revient essentiellement à l'utilisation intense des appareils électriques dans les secteurs résidentiels et industriels et à la généralisation de l'utilisation des matériels bureautiques et informatiques. (graph 3.4).

2.1. Production d'énergie primaire en Algérie par source

Le tableau suivant récapitule la production d'énergie primaire en Algérie par source d'énergie, les données sont en Mtep.

Source	1990	%	2000	%	2010	%	2011	2012	% 2012	var. 2012/1990
Pétrole	61,24	61,2	72,32	50,8	78,50	52,1	76,20	71,18	49,5	+16 %
Gaz naturel	38,85	38,8	69,85	49,1	71,96	47,8	69,59	72,51	50,4	+87 %
Hydraulique	0,012	0,01	0,005	0,004	0,015	0,01	0,043	0,053	0,04	+342 %
Biomasse-déchets	0,011	0,01	0,054	0,04	0,052	0,03	0,016	0,016	0,01	+45 %
Total	100,11	100	142,22	100	150,52	100	145,85	143,76	100	+44 %

Tableau 3.1. Production d'énergie primaire en Algérie par source. Source des données : AIE

Jusqu'à l'année 2011 la répartition de la consommation montre que les produits pétroliers sont les prédominants avec « 76.20 Mtep », suivi toujours par le gaz naturel, estimé à « 69.59Mtep » en 2011.

Ce classement est inversé en 2012, le gaz naturel est le prédominant à « 72.51 Mtep » (une hausse de +87% entre 1990 et 2012), suivi par le pétrole à « 71.18 Mtep » (une augmentation de 16% entre 1990 et 2012), puis l'hydraulique à « 0.053 Mtep » et les énergies renouvelables à « 0.016 Mtep ».

2.2. La répartition de consommation par secteur

La consommation d'énergie du secteur de transports est la plus prédominante, elle représente 44.10% de la consommation nationale d'énergie, il représente le premier secteur grand consommateur d'énergie au niveau national ; suivi par le secteur résidentiel qui représente 29.10% de la consommation nationale d'énergie, puis l'industrie à 18.90% et l'agriculture à 0.60%.

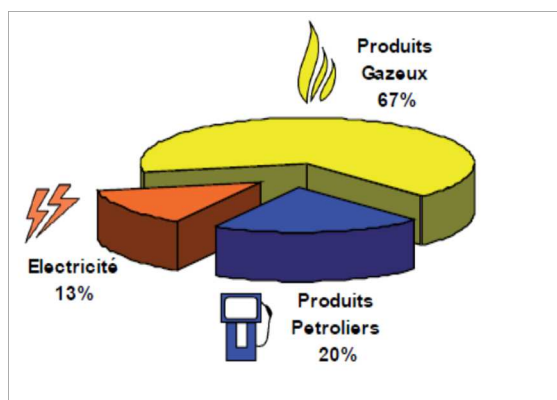


Figure 3.4 : Consommation du Secteur Résidentiel par type d'Énergie en 2005. Source : (APRUE, 2005)

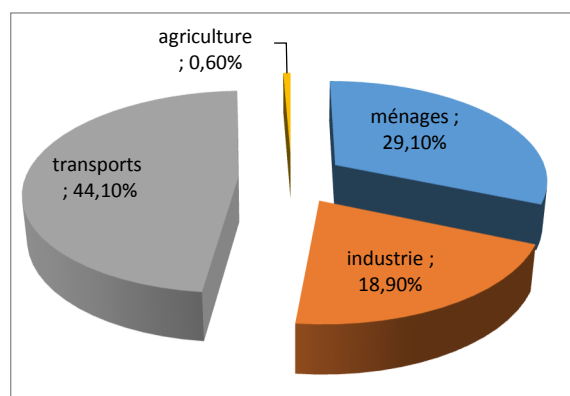


Figure 3.5 : La répartition de consommation par secteur. Source (AIE, 2012)

D'après (APRUE³, 2005), la consommation électrique du secteur résidentiel a atteint 807 Ktep, l'ordre de 38% de la consommation totale d'électricité. Ce secteur représente le premier secteur le plus consommateur d'énergie électrique au niveau national.

³ APRUE : l'Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'énergie

Les activités énergétiques de l'humanité ont atteint un niveau tel qu'elles perturbent significativement l'environnement et rendent nécessaire de reconsidérer nos ressources, notamment en faisant apparaître la part des renouvelables qui, par nature, nous permettent de mieux envisager un réel développement durable. Ce dossier nous amène à constater que les ressources renouvelables (provenant du soleil, du noyau terrestre et des phénomènes de marées) constituent un gisement extrêmement abondant ; par exemple, l'ensemble de nos consommations primaires représente environ une heure de rayonnement solaire capté par l'ensemble de la planète. Une partie très largement suffisante pour satisfaire les besoins de l'ensemble de l'humanité est aisément accessible avec des perspectives de durabilité sans commune mesure avec nos ressources actuelles (qui sont à plus de 80 % d'origine non renouvelable). Cependant, les ressources renouvelables ont deux spécificités qui perturbent nos habitudes : (*H.BEN AHMED et al, 2011*)

- d'une part, elles sont peu concentrées (ou encore dispersées) et nécessitent généralement des infrastructures de conversion à plus petite échelle ;
- d'autre part, la majeure partie de ces ressources est fluctuante, ce qui requiert des changements importants notamment dans les systèmes de conversion qui doivent alors intégrer du stockage, mais également dans la façon de consommer.

3. LES REGLEMENTATIONS ET LABELS DE PERFORMANCE ENERGETIQUE

3.1. Les réglementations thermiques

La réglementation thermique est un ensemble de règles à appliquer dans le domaine de la construction afin d'augmenter le confort des occupants tout en réduisant la consommation énergétique des bâtiments. Elle fixe des exigences techniques strictes en matière de surface et d'orientation des parois, de chauffage, d'isolation thermique, de ventilation, de climatisation, de production d'eau chaude, d'éclairage, d'apports solaires et lumineux, et de perméabilité à l'air.

La réglementation thermique ne définit pas de méthodes de construction mais détermine le minimum des performances à atteindre. A terme, l'objectif est de construire des bâtiments neufs consommant moins de 50 kWh/m². La réglementation thermique en vigueur est la RT2012

3.1.1. La réglementation thermique 2012 (RT2012)

La nouvelle réglementation thermique, RT 2012 vient renforcer aujourd'hui les exigences concernant la performance thermique des bâtiments avec l'incorporation de deux grandes nouveautés : l'intégration de la construction bioclimatique et la prise en compte des énergies renouvelables.

Dans un premier temps, la prise en compte des aspects bioclimatiques se fait à travers la valorisation des apports solaires pour diminuer les besoins de chauffage et améliorer le confort d'été. En ce qui concerne les énergies renouvelables, la RT 2012 intègre ses données de performance dans les calculs de référence. (*A.MORENO SIERRA, 2012*)

Les exigences de résultats imposées par la RT2012 sont de trois types : (RT2012)

a) **L'efficacité énergétique du bâti**

L'exigence d'efficacité énergétique minimale du bâti est définie par le coefficient «Bbiomax» (besoins bioclimatiques du bâti). Cette exigence impose une limitation simultanée du besoin en énergie pour les composantes liées à la conception du bâti (chauffage, refroidissement et éclairage), imposant ainsi son optimisation indépendamment des systèmes énergétiques mis en œuvre.

b) **La consommation énergétique du bâtiment :**

L'exigence de consommation conventionnelle maximale d'énergie primaire se traduit par le coefficient « Cep max », portant sur les consommations de chauffage, de refroidissement, d'éclairage, de production d'eau chaude sanitaire et d'auxiliaires (pompes et ventilateurs). Conformément à l'article 4 de la loi Grenelle 1, la valeur du Cep max s'élève à 50 kWh/(m².an) d'énergie primaire, modulé selon la localisation géographique, l'altitude, le type d'usage du bâtiment, la surface moyenne des logements et les émissions de gaz à effet de serre pour le bois énergie et les réseaux de chaleur les moins émetteurs de CO₂

Cette exigence impose, en plus de l'optimisation du bâti exprimée par le Bbio, le recours à des équipements énergétiques performants, à haut rendement.

c) **Le confort d'été dans les bâtiments non climatisés :**

A l'instar de la RT 2005, la RT 2012 définit des catégories de bâtiments dans lesquels il est possible d'assurer un bon niveau de confort en été sans avoir à recourir à un système actif de refroidissement. Pour ces bâtiments, la réglementation impose que la température la plus chaude atteinte dans les locaux, au cours d'une séquence de 5 jours très chauds d'été n'excède pas un seuil. Cette exigence est mesurée à l'aide du coefficient Tic : Tic réf.

Les coefficients «Bbiomax» , « Cepmax » et « TICréf » sont calculés grâce au logiciel du CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment), le moteur CSTB Th-CE Ex.

3.2. Les labels de performance énergétique

Les labels de performance énergétique ont été mis en place pour objectif de valoriser les bâtiments qui obtenaient un niveau de performance énergétique supérieur au niveau réglementaire.

Les labels sont des indicateurs en termes de confort, de performance énergétique et de respect de l'environnement, avaient les buts de réaliser des bâtiments à faibles consommation d'énergie, Ils s'appuient sur des référentiels et sont soumis à des procédures d'audit et d'évaluation. Les principaux labels sont les suivants: (ADEME, 2007).

- **HPE 2005** : Le « Label Haute Performance Energétique, HPE 2005 » correspond à une consommation conventionnelle d'énergie inférieure de 10 % à la consommation conventionnelle de référence de la réglementation.
- **THPE 2005** : Le « Label Très Haute Performance Energétique, THPE 2005 » correspond à une consommation conventionnelle d'énergie inférieure de 20 % à la consommation conventionnelle de référence de la réglementation.
- **HPE EnR 2005** : Le « Label Haute Performance Energétique Energies Renouvelables 2005 » outre au respect des exigences du label HPE ce label exige le recours aux

énergies renouvelables dont au moins 50 % de l'énergie employée pour le chauffage est issue d'une installation biomasse ou d'une alimentation par un réseau de chaleur utilisant plus de 60 % d'énergies renouvelables.

- **THPE EnR 2005** : Le « Label Très Haute Performance Energétique Energies Renouvelables » concerne les bâtiments dont les consommations énergétiques conventionnelles sont au moins inférieures de 30 % à la consommation conventionnelle de référence dans la RT 2005. Les constructions concernées devront également utiliser des énergies renouvelables comme la biomasse, le solaire thermique ou photovoltaïque et les pompes à chaleur très performantes.
- **BBC 2005 et EFFINERGIE** : le « label bâtiment basse consommation énergétique » est un label qui fixe la consommation d'énergie primaire dans l'habitat neuf à 50 kWh/m² et à 80 kWh/m²/an dans l'habitat existant (à moduler selon les zones climatiques d'un facteur 0,9 à 1,3). Il s'agit de labels gérés par l'association Effinergie.. Ces labels s'appuient sur le standard Suisse Minergie (Minergie, 2007).
- **EFFINERGIE +** : Les principales exigences, concernant l'habitation collective et individuelle, portent sur la conception bio climatique (Bbio – 20%), la consommation d'énergie (Cep ≤ 45 kWh/m²/an). Le niveau de perméabilité est renforcé avec un seuil inférieur de 0,2m³/h/m² de parois déperditives aux valeurs réglementaires (0,4m³/h/m² en maison individuelle et 0,8 m³/h/m² en immeuble collectif d'habitation).
- **MINERGIE** : C'est un label de performance énergétique très répandu en Suisse et qui qualifie les consommations de l'habitat en chauffage, eau chaude sanitaire, ventilation, rafraîchissement, à un niveau inférieur ou égal à 42 kWh/m²/an dans le neuf et à 80 kWh/m²/an en rénovation. De plus le surcoût de la construction Minergie est limité par le label à 10% par rapport à un bâtiment standard. Pour aller plus loin, le label « Minergie-P » a été créé avec un performanciel maximal de 30 kWh/m²/an.
- **PASSIVHAUSS** : c'est un label allemand propre à la maison passive, c'est-à-dire qui ne consomme par plus de 15 kWh/m²/an pour le chauffage avec une puissance de pointe de 10W/m². (consommation totale en énergie primaire tout usage y compris l'électricité: chauffage des locaux, eau chaude sanitaire, rafraîchissement éventuel, renouvellement d'air neuf, électricité domestique). La consommation d'une maison passive est inférieure ou égale à 40 kWh/m²/an.
- **LE BEPOS** : un **bâtiment à énergie positive** est un bâtiment qui produit plus d'énergie qu'il n'en consomme. Le BEPOS est ainsi un bâtiment qui en premier lieu préservera toutes ses consommations d'énergie. Le BEPOS sera également un « bâtiment bas carbone » c'est-à-dire à faible impact environnemental. L'énergie indispensable dans la construction c'est l'énergie électrique. Pour cela le bâtiment énergie positive sera producteur d'énergie électrique. Il sera auto consommateur en priorité, notamment pendant les périodes de pointes. Nécessairement des batteries de stockage électrique permettront au bâtiment énergie positive de gérer les différents appels de puissance électrique, voire la revente d'énergie sur le réseau électrique. Pour certifier des logements BEPOS, l'association Effinergie a créé un label pilote, nommé BEPOS-Effinergie 2013, applicable à court terme, qui s'appuie sur la RT 2012 et le label effinergie+. Il marque une étape vers la généralisation des BEPOS.

3.3. La démarche HQE : La Haute Qualité Environnementale

La démarche de la Haute Qualité Environnementale est une démarche volontaire qui implique une prise en compte de l'environnement à toutes les étapes de l'élaboration et de la vie des bâtiments. La HQE définit 14 exigences (ou cibles) à respecter. Chaque cible se décompose en sous-cibles élémentaires. La quatrième cible concerne la gestion de l'énergie qui se décompose en quatre cibles élémentaires :

- Renforcement de la réduction de la demande et des besoins énergétiques.
- Renforcement du recours aux énergies satisfaisantes de point de vue impact environnemental.
- Renforcement de l'efficacité des équipements énergétiques.
- Utilisation de générateurs propres lorsqu'on a recours à des générateurs à combustion.

MAITRISER LES IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT EXTERIEUR	CREER UN ENVIRONNEMENT INTERIEUR SATISFAISANT
<p>ECO-CONSTRUCTION</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Relations des bâtiments avec leur environnement immédiat 2. Choix intégré des procédés et produits de construction 3. Chantier à faibles nuisances 	<p>CONFORT</p> <ol style="list-style-type: none"> 8. Confort hygrothermique 9. Confort acoustique 10. Confort visuel 11. Confort olfactif
<p>ECO-GESTION</p> <ol style="list-style-type: none"> 4. Gestion de l'énergie 5. Gestion de l'eau 6. Gestion des déchets d'activité 7. Gestion de l'entretien et de la maintenance 	<p>SANTE</p> <ol style="list-style-type: none"> 12. Qualité sanitaire des espaces 13. Qualité sanitaire de l'air 14. Qualité sanitaire de l'eau

Figure 3.6. Les 14 cibles de la démarche HQE. Source : <http://www.legrand.fr>

Compte tenu de ce qui précède, on peut conclure qu'il existe une multitude d'opérations (programmes de recherche, labels, réalisations), ces opérations sont fréquemment basées sur la définition de concepts de bâtiments qui définissent à la fois un niveau de performance à atteindre et des exemples de solutions permettant d'atteindre ce niveau. Elles partent d'une même analyse du bilan énergétique orientée par la triade : réduire les besoins énergétiques, utiliser des énergies renouvelables et produire le complément d'énergie de façon efficace (CHELA.F, 2008).

La conception des bâtiments à faible consommation d'énergie est un processus complexe qui nécessite une approche particulière. En effet, les choix techniques et architecturaux (la prise en compte de l'enveloppe, vitrage, énergies renouvelables, ventilation, étanchéité à l'air..) retenus pour ce genre de conception influent de manière très importante sur le comportement énergétique du bâtiment. Ainsi, la forme du bâtiment, sa compacité, son orientation, ont des conséquences significatives sur sa performance énergétique, de mauvais choix peuvent entraîner des défaillances difficilement prévisibles dont l'impact sur la consommation énergétique du bâtiment n'est souvent découvert que lors de son exploitation.

4. LA FORME DU BATIMENT ET L'EFFICACITE ENERGETIQUE

La forme d'un bâtiment peut jouer un rôle important car elle détermine la surface de l'enveloppe externe. Plusieurs chercheurs ont employé la forme du bâtiment comme un indicateur pour trouver la façon dont la construction interagit avec son environnement.

Les principaux travaux effectués dans ce cadre, selon un ordre chronologique, sont :

Les travaux d'Olgay (1963) montrent que la forme architecturale a une grande influence sur l'optimisation de l'énergie et des ressources. Olgay a étudié l'impact de la forme des bâtiments résidentiels sur les pertes et les gains thermiques pendant la période d'hiver et d'été, il a indiqué que la forme optimale pour les quatre types de climat : froid, tempéré, chaud sec, et chaud humide n'est pas la forme carrée mais celle qui s'allonge sur un axe est/ouest, car elle présente un meilleur équilibre entre les gains et les pertes thermiques. (*E. Montenegro Iturra, 2011*).

Selon *Victor.Olgay*, la forme idéale pour un climat chaud et sec est la forme rectangulaire la plus proche de carré allongée sur un axe est/ouest. (Figure 4.11)

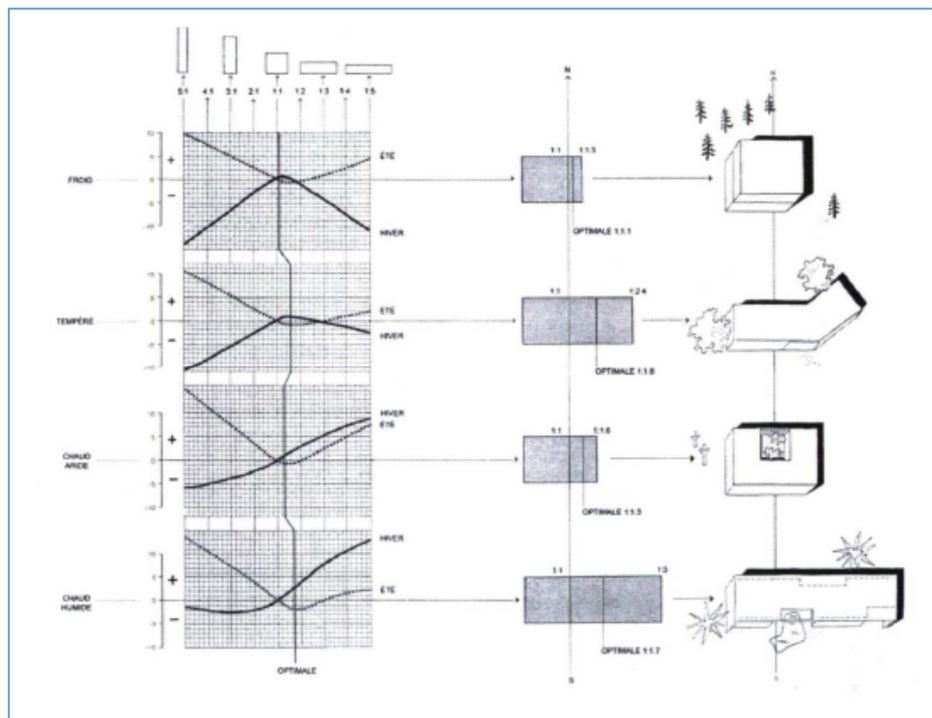


Figure 3.7 Les formes « optimales » proposées par Olgay pour les 4 types de climats froids, tempéré, chaud aride et chaud humide. D'après Olgay, V. (1963).

Source : *E. Montenegro Iturra, (2011)*.

Jones (1976) soutient que les bâtiments devraient adopter une forme proche du cube et être moins hauts pour conserver le plus d'énergie. Hawkes (1996) et Thomas (1999) ont confirmé les conclusions d'Olgay, ils démontrent à travers leurs études qu'un bâtiment conçu pour interagir avec la nature, pas nécessairement compacte ni carrée, tout en obtenant une bonne performance énergétique.

Hawkes a analysé l'aspect de coefficient de forme de trois bâtiments théoriques (carré, rectangulaire et triangulaire) avec la même surface et la même hauteur (figure 4.12), selon deux modes de contrôle du climat « exclusif » et « sélectif » ; la différence entre ces deux modes est de prendre ou ne pas prendre en considération le potentiel des ressources naturelles.

Quant à Thomas, il a analysé des bâtiments à bureaux différents en forme, il a indiqué que l'idée de la compacité est plus adéquate pour éviter les pertes thermiques, mais elle possède moins de potentiel pour les gains solaires et l'éclairage naturel. Par contre, les formes « articulées » favorisent la ventilation naturelle (unilatérale et transversale), la lumière et les vues, ainsi que le contact avec l'environnement. Néanmoins, la stratégie optimale dépendrait de l'usage. (*idem*)

Depecker et al. (2001) mènent une étude sur les effets des variations du coefficient de forme (S/V) sur la demande en chauffage. Quatorze types de bâtiment avec la même surface, mais avec coefficients de forme qui varient (figure 4.13) ont été simulés à l'aide de logiciel LUCIOLE. Depecker et al (2001) confirment que la consommation énergétique reliée au chauffage (pour les climats avec hivers froids sévères et faiblement ensoleillés) est inversement proportionnelle à la compacité de la forme, ils ajoutent également, cette résultat n'est pas valide dans le cas des climats doux, donc la compacité est non recommandée.

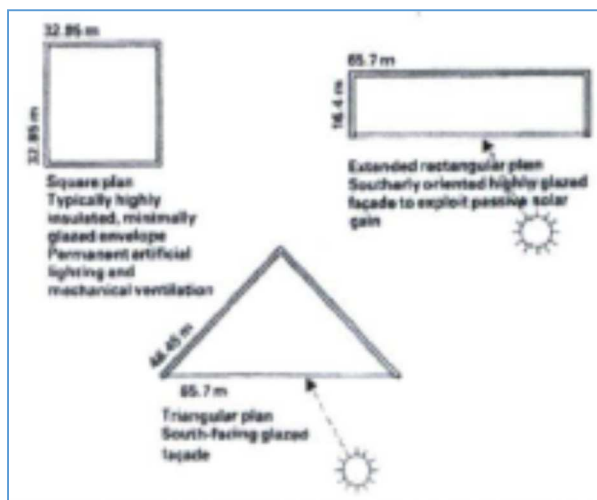


Figure 3.8. les trois bâtiments théoriques de Hawkes (1996) Source : E. Montenegro Iturra, (2011).

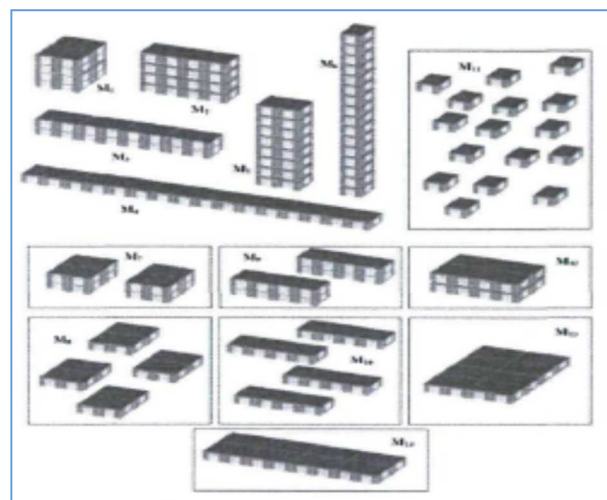


Figure 3.9. les modèles analysés par Depecker et al. (2001) Source : E. Montenegro Iturra, (2011).

D'autre part, et en contradiction avec les résultats de Depecker et al. (2001). Behsh (2002) a évalué la performance thermique de dix formes différentes dans un climat méditerranéen, à l'aide du logiciel DEROB-LTH, (figure 4.14). Les résultats de Behsh confirment que le choix de la forme peut affecter considérablement les conditions de confort intérieur. Cependant la compacité de la forme, dans ce type de climat, représentée par un bâtiment carré, ne serait pas la solution optimale. Au contraire, la forme rectangulaire montre une meilleure performance thermique que la forme carrée avec le même volume et la même aire. (*idem*)

Ses études ont montré que le rapport entre la surface d'enveloppe et le volume (S/V) n'est pas un facteur assez précis pour fournir une compréhension claire de la réponse thermique des formes complexes; tels que: la construction à cour centrale, en forme de L ou en forme de U.

Pour étudier la performance thermique Behch suggère trois indicateurs :

- La relation entre la surface d'enveloppe et le volume (V / S)
- La relation entre les surfaces orientées sud et les surfaces orientées à l'ouest ($S_{\text{sud}} / S_{\text{ouest}}$)
- La relation entre la surface du toit et la surface des murs ($S_{\text{toit}} / S_{\text{murs}}$)

Behsh a constaté également que les bâtiments ayant un faible rapport de ($S_{\text{toit}} / S_{\text{murs}}$) sont plus performants que ceux qui ont un grand rapport de ($S_{\text{toit}} / S_{\text{murs}}$). Concernant le rapport ($S_{\text{sud}} / S_{\text{ouest}}$), Behsh a indiqué que la forme avec une grande surface orientée sud est la plus performante, car elle est moins exposée aux rayons solaires en été et la plus exposée en hiver. (Behsh 2002).

		The Forms						
		2115N L: 24 W: 8 H: 2.5	s/v: 1.11	3115N L: 36 W: 6 H: 2.5	s/v: 1.05	4115N L: 18 W: 18 H: 2.5	s/v: 1.04	Relations S/V
BaseLine Case	1115N 48 6 H: 2.5	s/v: 1.18	2125N L: 36 W: 18 H: 2.5	s/v: 1.18	3125N L: 24 W: 18 H: 2.5	s/v: 1.18	6145N L: 18 W: 18 H: 2.5	A _{ext} /A _{int}
		2215N L: 24 W: 6 H: 5	s/v: 0.82	2315N L: 18 W: 6 H: 7.5	s/v: 0.73	3415N L: 12 W: 6 H: 10	s/v: 0.7	A _{roof} /A _{ext}

Figure 3.10. les typologies étudiées par Behsh (2002).

Source : Behsh (2002).

Afin de démontrer la relation entre la forme construite et de l'utilisation rationnelle du terrain. Ratti et al. (2003) ont comparé des modèles en analysant leurs aspects à savoir : la densité d'ombres, la disponibilité d'éclairage et la température, dans un climat aride. Pour effectuer leur recherche, ils ont évalué trois typologies différentes : à cour centrale, pavillon à 3 étages et pavillon à 6 étages. A l'aides les logiciels Digital Elevation Model (DEM) et Matlab Image Processing Toolbox. Les résultats de Ratti montrent que dans le cas d'un climat aride, la typologie la plus optimale du point de vue énergétique, est celle d'un bâtiment avec cour. (E. Montenegro Iturra, 2011).

De Herde et Gratia (2003) ont définie le rapport (S/V) comme le facteur de la compacité de forme ou coefficient de forme « C_f », cinq formes différentes pour le climat de Belgique ont été simulé pour identifier le rôle de la compacité sur la demande en chauffage. Les chercheurs ont mesuré le comportement des bâtiments testés en supposant que la surface vitrée et la conception d'enveloppe est fixe (pour les cinq modèles), mais avec un coefficient de forme qui varie. Les résultats de De.Herde révèlent que, plus la forme est compacte, moins sera la demande en chauffage. Les mêmes résultats ont été indiqués par Depecker (2001). (*idem*)

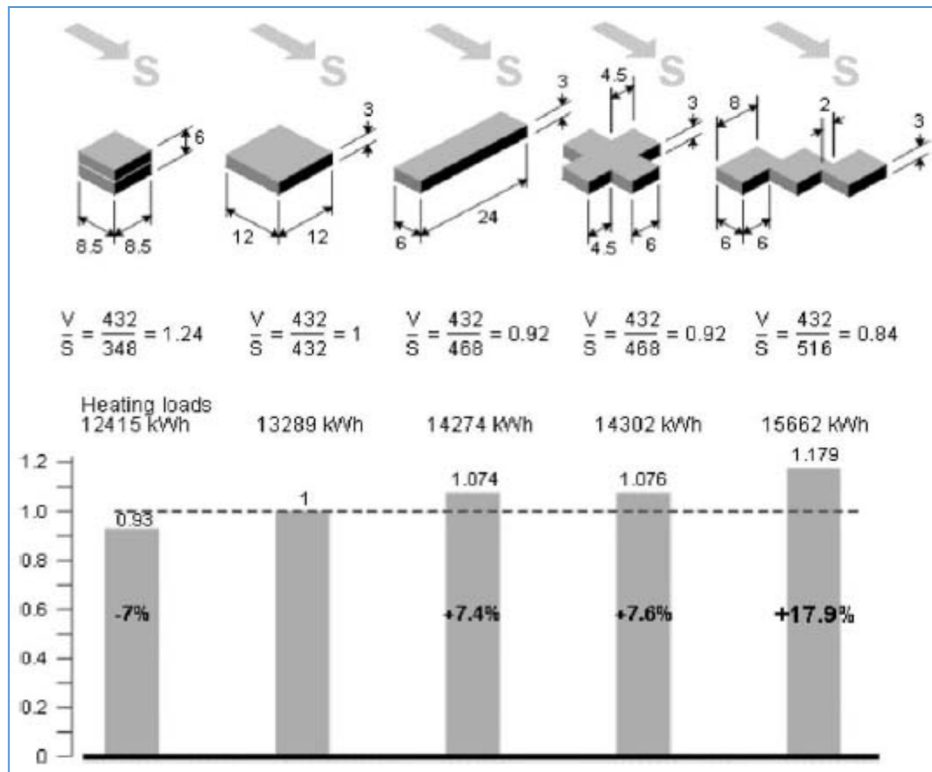


Figure 3.11 .Impact de la forme du bâtiment sur les charges de chauffage.
Source : Gratia & De Herde 2003

Ourghi et al. (2007), ont analysé l'influence de la forme d'un bâtiment sur son efficacité énergétique, dans un climat chaud et aride. À l'aide de plusieurs simulations réalisées avec le logiciel DOE-2, ils ont montrés qu'il ya un fort rapport entre la forme du bâtiment et sa performance énergétique. De plus, ils ont dévoilé que la plus compacte est la forme optimale.

Cette étude a été complétée par Al Anzi et al. (2009), 7 typologies ont été analysés représentent des bâtiments à bureaux en Koweït de forme (rectangulaire, en forme de L, T, croix, H, U et une forme rectangulaire coupée au coin) au moyen de logiciel DOE-2. (figure4.16). Le volume des bâtiments est fixé, le nombre d'étage aussi est fixé a 20 étages, la surface de plancher est égale à 12500 m² (625m² par étage). Les résultats obtenus par Al-Anzi confirment ceux obtenus par Ourghi et al. (2007). Ils établissent que la consommation énergétique d'un bâtiment dépend de 3 facteurs : sa compacité relative ($RC = (V/S_{\text{bâtiment}}) / (V/S_{\text{bâtiment de référence}})$), la proportion paroi-fenêtre, et le type de verre utilisé. De plus, ils indiquent que l'impact de l'orientation sur la performance énergétique des bâtiments administratifs serait presque indépendant de la forme du bâtiment, spécialement lorsque le pourcentage des fenêtres est faible.

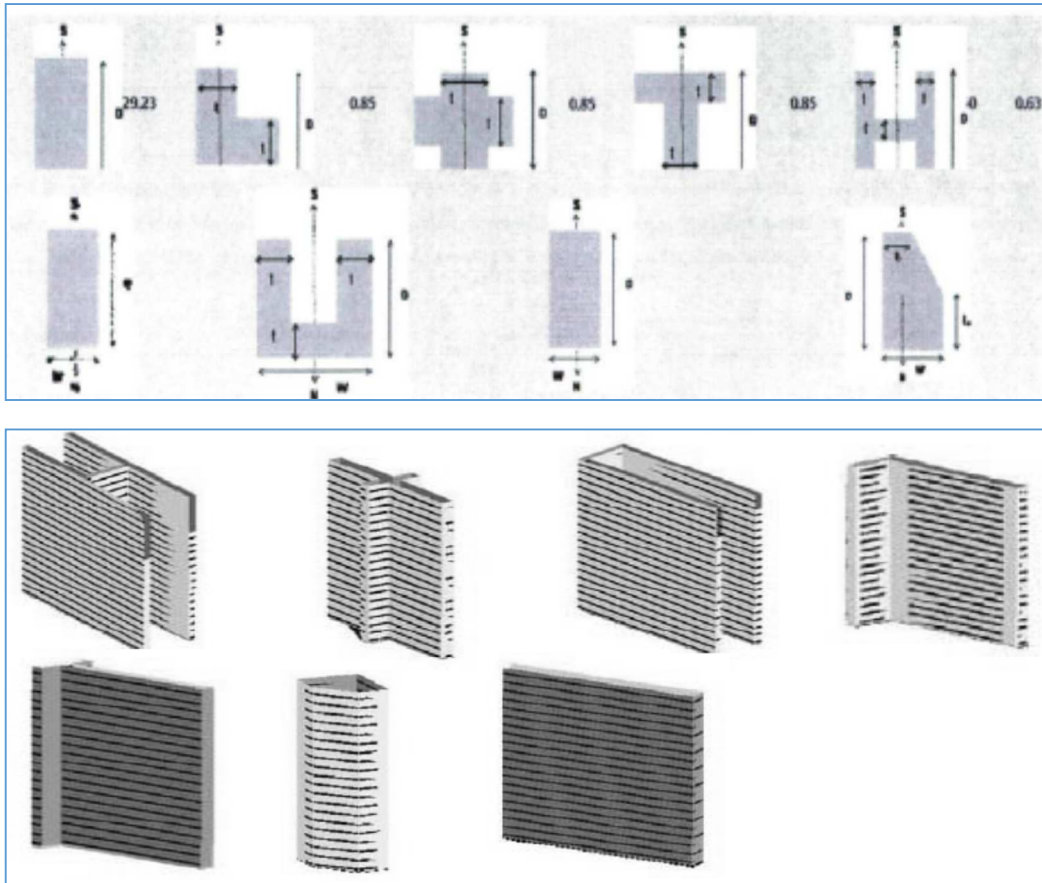


Figure 3.12. les typologies étudiées par AlAnzi et al.
Source : AlAnzi et al (2009)

Ross (2009) a constaté que l'impact de la forme de construction sur la consommation totale d'énergie, pour une taille donnée de sol, est moins pour les grands bâtiments que les petits bâtiments. Pope (2012) a changé le nombre d'étage de bâtiment à bureau (de 1 étage à 18 étages) pour tester la performance énergétique, il indique que lorsqu'on augmente le nombre d'étage le rapport (S/V) augmente, et par conséquent, la performance énergétique diminue de manière significative. (E. Montenegro Iturra, 2011).

Plus récemment, « *La forme et l'orientation du bâtiment ne sont pas les facteurs les plus déterminants pour la performance énergétique* » déclare (Straube, 2012). Ce dernier a analysé le rapport entre la surface plancher utilisable « F » et la surface enclos « E » de quatre bâtiments commerciaux, selon lui lorsque le rapport (F/E) est important la forme est plus compacte. Ce rapport ne prend pas en considération la surface du sol comme surface déperditive, elles sont estimées comme insignifiantes et négligeable par rapport au facteur de compacité (S/V). En plus selon lui, cette surface n'est pas exposée aux rayonnements solaires. Straube indique que la demande d'énergie en chauffage diminue lorsque le rapport (F/E) prend des valeurs importantes et le vice versa. Selon lui, le facteur de la compacité (F/E) peut déterminer l'impact de la forme sur la consommation énergétique.

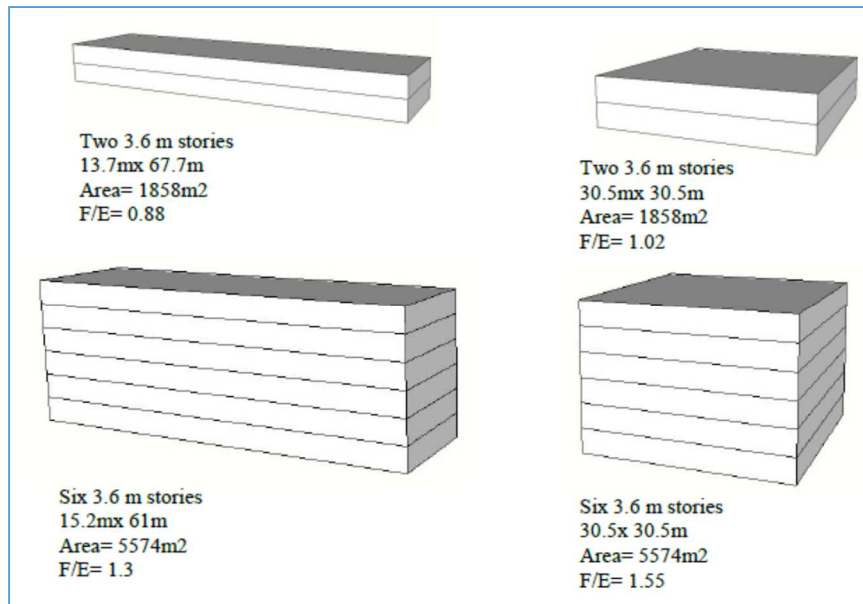


Figure 3.13. les modèles étudiées par Straube, et leur rapport F/E. Source : Straube, (2012)

Le tableau suivant récapitule les résultats obtenus par les différents chercheurs :

Le thème	L'auteur	Contexte climatique	Résultats obtenus
l'impact de la forme des bâtiments résidentiels sur les pertes et gains thermiques	Victor Olgay (1963)	climat : froid, tempéré, chaud sec, et chaud humide	la forme optimale pour les quatre types de climat ne serait pas la forme carrée mais celle qui s'allonge sur un axe est/ouest, car elle présente un meilleur équilibre entre les gains et les pertes thermiques.
La meilleure forme pour conserver le plus d'énergie	Jones (1976)	méditerranéen	les bâtiments devraient adopter une forme proche du cube et être moins hauts.
L'impact de coefficient de forme sur la consommation d'énergie	Hawkes (1996)	Royaume-Uni	Le bâtiment est conçu pour interagir avec la nature, pas nécessairement compacte ni carrée, tout en obtenant une bonne performance énergétique.
la compacité de la forme	Thomas (1999)	méditerranéen	la compacité est plus adéquate pour éviter les pertes thermiques, mais elle possède moins de potentiel pour les gains solaires et l'éclairage naturel. Par contre, les formes « articulées » favorisent la ventilation naturelle (unilatérale et transversale), la lumière et les vues, ainsi que le contact avec l'environnement. Néanmoins, la stratégie optimale dépendrait de l'usage.
les effets des variations du coefficient de forme (S/V) sur la demande en chauffage	Depecker et al. (2001)	méditerranéen	la consommation énergétique liée au chauffage est inversement proportionnelle à la compacité de la forme

la compacité de la forme	Behsh (2002)	méditerranéen	la compacité de la forme, représentée par un bâtiment carré, ne serait pas la solution optimale. la forme rectangulaire montre une meilleure performance thermique que la forme carrée avec le même volume et la même aire. les bâtiments ayant un faible rapport de ($S_{\text{toit}} / S_{\text{murs}}$) sont plus performants que ceux qui ont un grand rapport de ($S_{\text{toit}} / S_{\text{murs}}$). la forme avec une grande surface orientée sud est la plus performante, car elle est moins exposée aux rayons solaires en été et la plus exposée en hiver.
la relation entre la forme construite et de l'utilisation rationnelle du terrain	Ratti et al. (2003)	climat aride	la typologie la plus optimale du point de vue énergétique, est celle d'un bâtiment avec cour.
le rôle de la compacité sur la demande en chauffage	De Herde et Gratia (2003)	Belgique	De Herde et Gratia (2003), plus la forme est compacte, moins sera la demande en chauffage
la forme d'un bâtiment sur son efficacité énergétique,	Ourghi et al. (2007),	climat chaud aride	une forte corrélation entre la forme du bâtiment et sa performance énergétique.
l'influence de la forme d'un bâtiment sur son efficacité énergétique,	Al Anzi et al. (2009),	climat chaud aride	la consommation énergétique d'un bâtiment dépend de 3 facteurs : sa compacité relative ($RC = (V/S_{\text{bâtiment}}) / (V/S_{\text{bâtiment de référence}})$), la proportion paroi-fenêtre, et le type de verre utilisé.
l'impact d'une forme de construction sur la consommation totale d'énergie	Ross (2009)	Canada	l'impact d'une forme de construction sur la consommation totale d'énergie pour une taille donnée de sol est moins pour les grands bâtiments que les petits bâtiments.
La taille du bâtiment	Pope (2012)	Canada	lorsqu'on augmente le nombre d'étage le rapport (S/V) augmente, et par conséquent, la performance énergétique diminue de manière significative.
La taille du bâtiment	(Straube, 2012).	Canada	La demande d'énergie en chauffage diminue lorsque le rapport (F/E) prend des valeurs importantes et le vice versa.

Tableau 3.2. Résumé des résultats obtenus par les différents chercheurs. Traité par: auteur.

5. FACTEURS AFFECTANT LES PERFORMANCES THERMIQUES ET ENERGETIQUES DES BATIMENTS

La performance thermique et énergétique d'un bâtiment dépend de plusieurs facteurs. Nayak et Prajapati en 2006 ont résumés ces facteurs en tant que :

- Variables liées à La conception du bâtiment,
- Variables liées aux propriétés et performances des matériaux,
- Variables liées aux données météorologiques
- Variables liées à l'occupation de l'espace.

5.1. Variables liées à la conception

La Forme, l'espacement, l'implantation et l'agencement des bâtiments par rapport à son environnement immédiat influent, à la fois, sur les apports solaires et éoliens. Ces facteurs jouent un rôle important dans la détermination de la quantité de rayonnement solaire reçu par la surface de l'enveloppe, ainsi que, l'écoulement d'air autour de la construction (*idem*). L'enveloppe des bâtiments est considéré comme le principal responsable des conditions thermiques à l'intérieur, parce qu'il forme le principal contact entre l'environnement intérieur et extérieur à travers ses façades et ses dalles. La palette des variables qui doivent être considérées dans le cadre de la conception des bâtiments est vaste, dont on peut citer les suivants :

5.1.1. La forme de bâtiments

Comme la surface de l'enveloppe extérieure est la partie effectivement exposée aux variations de température et aux vents, un faible rapport entre cette surface et le volume habitable du bâtiment sera très utile pour maintenir l'équilibre thermique. Dans les littératures ce rapport est appelé le facteur de la compacité. La compacité est mesurée par un coefficient de forme (C_f) qui est le rapport entre la surface de l'enveloppe S en m^2 et le volume habitable, V en m^3 .

$$C_f = S/V \dots \dots \dots (1)$$

Plus le (C_f) est faible, plus le bâtiment considéré sera efficace (figure 3.14).

Les déperditions thermiques d'un bâtiment sont proportionnelles à la surface de son enveloppe. Donc, plus un bâtiment est compact, moins il perd de la chaleur (*Roger Camous & Donald Watson, 1983*)

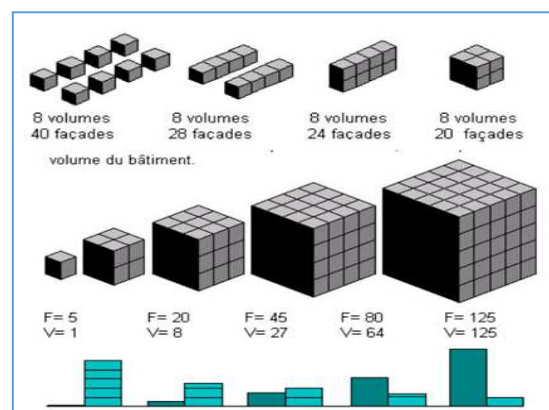


Figure 3.14. L'importance du facteur de forme.
Source : <http://www.unige.ch>

En plus de ce qui précède, la forme du toit peut réduire la consommation d'énergie. Le coefficient de transmission de la chaleur par convection pour les toitures incurvées telles que les coupoles et les voutes sont plus élevés que les toits plats. La hauteur du plafond affecte le volume du bâtiment : une enveloppe hémisphérique par exemple contient le plus d'espace pour le moins de surface extérieure.

5.1.2. L'agencement des logements

La comparaison des coefficients de forme entre plusieurs agencements possibles montre à l'évidence que l'habitat groupé est une voie importante pour réduire les coûts en agissant simultanément sur plusieurs facteurs : (*Samuel Courgey et Jean-Pierre Oliva, 2006*)

- ✓ Le coût de foncier
- ✓ Le coût de construction
- ✓ Le coût de chauffage
- ✓ Le coût d'équipements collectifs
- ✓ Les coûts induits par la rallonge des dessertes.

L'exemple ci-dessous illustre trois modes d'agencement différents, à savoir: 8 logements séparés, 2 petits bâtiments de 4 logements chacun et 1 bâtiment plus grand de 8 logements.

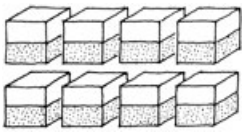
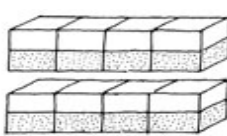
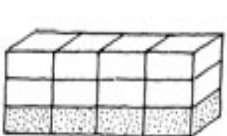
			
	8 unités / 1 étage sur sous-sol	8 unités / 1 étage sur sous-sol	8 unités / 2 étages sur sous-sol
Surface de l'enveloppe par logement	100%	74%	35%
Energie grise par logement	100%	89%	68%
Energie de chauffage par logement	100%	87%	61%
Coût de construction par logement	100%	87%	58%
Part de terrain par logement	100%	70%	34%

Tableau 3.2. L'impact de l'agencement des bâtiments. Source: *H.R.Preisig et al 1999* in <http://www.unige.ch>

- ✓ **Enveloppe du bâtiment**
La surface de l'enveloppe se réduit de 26%, respectivement de 65%, ce qui diminue fortement les coûts de construction, de chauffage et d'entretien.
- ✓ **Energie grise**
Réduction de 13%, respectivement 39%, de l'énergie grise, ce qui diminue l'impact sur l'environnement et économise des ressources.
- ✓ **Energie pour le chauffage**
Réduction de 11%, respectivement 31%, de l'énergie de chauffage.
- ✓ **Coût de construction**
Réduction de 13%, respectivement de 42%, du coût de construction.
- ✓ **Part proportionnelle du terrain**
Réduction de 30%, respectivement de 66%, de la surface nécessaire de terrain.

Selon *Samuel Courgey et Jean-Pierre Oliva, 2006* le cumul de ces facteurs peut aboutir à une réduction de l'ordre de 50% de prix total. Ainsi qu'a un accès à un habitat de qualité à un nombre considérable de personnes qui en sont écartées.

5.1.3. L'orientation

L'orientation du bâtiment joue un grand rôle dans :

- ✓ Les apports en lumière naturelle et les économies d'éclairage;
- ✓ Le confort d'hiver par l'utilisation de rayonnement solaire pour le chauffage;
- ✓ Le confort d'été avec la protection du rayonnement solaire pour éviter les fortes chaleurs;
- ✓ La protection contre les vents froids d'hiver ou l'utilisation de vent rafraîchissant d'été. (Déoux et Déoux, 2004, p. 137 in B.Bergout, 2012).

D'après la figure ci-dessous, il est remarqué que les calories apportées au bâti sont toujours plus faibles le matin (Est) que l'après-midi (Ouest). On voit aussi que l'essentiel de l'apport d'énergie se fait sur le toit en été. L'hiver, c'est la façade Sud qui reçoit l'essentiel de l'irradiation.

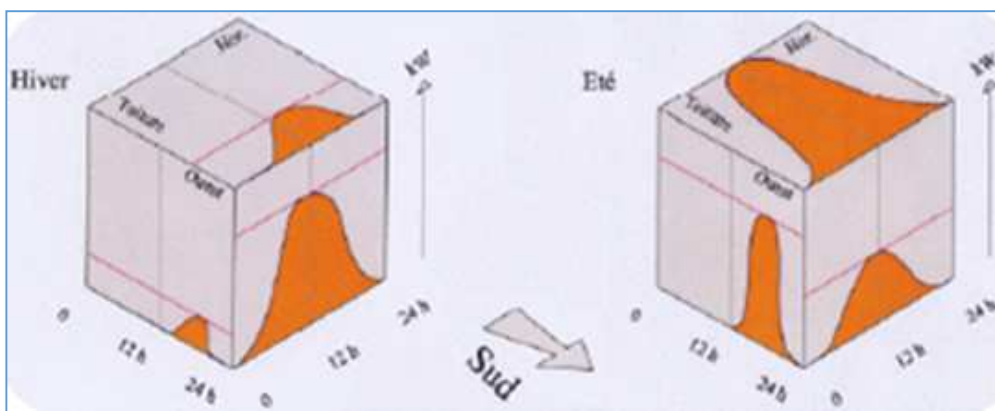


Figure 3.15. puissance solaire reçue en KWh en été et en hiver selon la position de la façade. Source : <http://www.renouveau-thermique.fr>

De nombreux facteurs doivent être pris en considération lors du choix de l'orientation du bâtiment : l'ombrage prévu et les mouvements du soleil selon la latitude, l'heure, le jour et l'année (Goulding et al. 1992).

5.1.4. Les systèmes d'occultation

Les dispositifs de protection solaire ont un impact utile spécialement dans un climat chaud et sec. Les systèmes d'occultation tels que la loggia, l'auvent et les flans sont destinés à limiter ou à supprimer l'introduction de la lumière extérieure et à diminuer la quantité d'énergie reçue par ses surfaces. Selon une étude menée par Al-Tamimi & Fadzil (2011), le bon choix des systèmes d'occultation peut augmenter le nombre des heures de confort d'environ 26% et 4,7% dans des conditions non aérés et ventilés.

5.2. Variables liées aux propriétés et performances thermique des matériaux

Les matériaux reçoivent différemment le rayonnement solaire selon leur degré de transparence ou d'opacité, leur couleur et leur texture de surface. Mais ils ont aussi des caractéristiques thermiques particulières tenant à leur structure et à leur masse qui leur permettent de gérer différemment les apports calorifiques. Ces caractéristiques thermiques des matériaux sont de deux ordres :

Les caractéristiques statiques : comment tel matériau se comporte-t-il en présence d'un flux thermique indépendamment du temps de réaction. Ce sont la conductivité et la capacité thermique.

Les caractéristiques dynamiques : à quelle vitesse tel matériau gère-t-il le flux thermique. Ce sont la diffusivité et l'effusivité thermique, dérivées des caractéristiques statiques, elles font en plus intervenir le facteur temps. (Samuel Courgey et Jean-Pierre Oliva, 2006)

5.2.1. La conductivité thermique (λ)

Cette valeur définit le flux de chaleur traversant 1 mètre de matière par conduction. C'est la capacité d'un matériau à transmettre ou à retenir la chaleur. Elle est exprimée en watt par mètre degré Celsius ($\text{W/m}\cdot^{\circ}\text{C}$).

Plus la conductivité thermique d'un matériau est grande, plus ce matériau sera conducteur ; plus la conductivité thermique est faible, plus le matériau est isolant.

5.2.2. La capacité thermique (ρC)

Elle représente la capacité du matériau à stocker la chaleur, autrement dit, de sa capacité d'inertie. Elle est exprimée en wattheure par mètre cube degré Celsius ($\text{Wh/m}^3\cdot^{\circ}\text{C}$). Plus la capacité thermique d'un matériau est grande, plus la quantité de chaleur à lui apporter pour élever sa température est importante. Autrement dit, plus grande est sa capacité de stockage des calories avant que sa température ne s'élève.

La capacité thermique contribue au confort d'été en atténuant les variations de chaleur extérieure et en permettant un lissage de la température intérieure. (*idem*)

5.2.3. La diffusivité thermique (a)

La diffusivité thermique décrit la rapidité d'un déplacement des variations de température à travers la masse d'un matériau, elle croît avec la conductivité et décroît avec la capacité thermique. Elle s'exprime en mètre carré par heure (m^2/h).

Plus la diffusivité est faible, plus le front de la chaleur mettra du temps à traverser l'épaisseur du matériau : le temps entre le moment où la chaleur arrive sur une face de la paroi et le moment où elle atteint l'autre face (déphasage) s'en trouve augmenté.

5.2.4. L'effusivité thermique (b) quelquefois (E_f)

L'effusivité thermique décrit la rapidité avec laquelle un matériau absorbe les calories. Elle s'exprime en watt racine carré d'heure par mètre carré Kelvin ($\text{W}\cdot\text{h}^{0.5}/\text{m}^2\cdot\text{K}$). Plus l'effusivité thermique est élevée, plus le matériau absorbe d'énergie sans se réchauffer notablement. Au contraire plus elle est faible, plus vite le matériau se réchauffe.

5.2.4.1. Les grandeurs thermiques de l'enveloppe

Les grandeurs nécessaires pour le calcul d'un bilan thermique de l'enveloppe du bâtiment sont : (H.M.H.ABED, 2012)

a. La résistance thermique (R)

La résistance thermique définit la capacité d'un matériau à isoler pour une épaisseur donnée, exprimée en mètre carré degré Celsius par watt ($\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{W}$). Cette valeur est dans la réglementation thermique actuelle, utilisée pour garantir des performances minimales. Pour le calcul de cette valeur, la méthode est simple, il faut diviser l'épaisseur du matériau (en mètre) par le coefficient de conductivité thermique. Plus la résistance thermique est élevée, plus la paroi est isolante, et le vice versa.

b. Le coefficient de transmission surfacique (U)

Il est utilisé pour caractériser une paroi dans sa globalité avec l'ensemble des matériaux qui la compose. Il représente le flux de chaleur qui traverse 1m^2 de paroi pour une différence de température de 1°C entre l'extérieur et l'intérieur du bâtiment. Il s'agit simplement de l'inverse de la résistance thermique R. Il est exprimé en watt par mètre carré degré Celsius ($\text{W}/\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}$). Plus le coefficient de transmission surfacique est faible plus la paroi est isolante.

c. La masse volumique ou la densité

Cette valeur permet de connaître la masse d'un matériau par unité de volume. Exprimée en kilo gramme par mètre cube (Kg/m^3). Cette notion permet d'évaluer le comportement d'un matériau face à la propagation de chaleur, car plus cette valeur est élevée plus le matériau sera capable d'emmagasiner la chaleur et donc de la retenir. Par ailleurs cette information permet d'adapter un matériau à un choix d'application. Pour garantir la durabilité d'un complexe d'isolation en accroche verticale ou en extérieur, il est préférable de choisir un isolant à haute densité pour une meilleure stabilité.

5.2.5. Le déphasage (exprimé en heures)

Le déphasage exprime le temps que va mettre le flux de chaleur pour traverser une paroi. Ce paramètre de confort et de performance thermique est issu du principe de l'habitat bioclimatique. Il permet en été de ralentir la chaleur dans le mur de l'extérieur vers l'intérieur et le contraire en hiver.

5.3. Variables liées aux données météorologiques

L'intégration des facteurs climatiques dans la conception peuvent affecter le comportement thermique des bâtiments. Il est important de comprendre le climat de la région et le microclimat pour assurer le confort intérieur et économiser l'énergie. Spécialement les facteurs de l'ensoleillement et la ventilation. Nous allons aborder, en détail, les variables liées aux données météorologiques dans le prochain chapitre.

5.4. Variables liées à l'occupation de l'espace

En thermique des bâtiments, les apports internes (de chaleur) désignent les apports de chaleur qui ne sont pas dus aux appareils de chauffage proprement dits et qui proviennent de sources situées à l'intérieur de l'enveloppe du bâtiment. Par exemple, la cuisson représente un apport interne important dans une cuisine, de même que les appareils de froid dont le moteur dégage de la chaleur. Dans un bureau, les matériels informatiques ou les photocopieurs constituent une source importante d'apports internes. Les éclairages à incandescence sont des apports internes dans la plupart des installations. De manière générale, les occupants contribuent aussi aux apports internes. Un adulte au repos représente une source de chaleur d'une centaine de Watts.

En période de chauffage, les apports internes constituent des "apports gratuits", mais dans une installation climatisée, leur effet est évidemment négatif. Il faut alors consommer beaucoup d'énergie de climatisation pour compenser la chaleur. Il faut donc réduire autant que possible les apports internes d'une installation climatisée sous peine de gaspiller l'énergie. (*idem*)

CONCLUSION

La problématique énergétique constitue un enjeu majeur à l'échelle mondiale. Le secteur de du bâtiment est l'un des plus grand consommateurs d'énergie, et l'un des principaux provocateurs de pollution dans le monde. Malheureusement, l'Algérie ne fait pas exception à la situation mondiale en ce qui concerne la consommation finale d'énergie et l'émissions des gaz à effet de serre. Pour confronter cette situation, les organisations d'énergie ont développée depuis quelques années des politiques d'efficacité énergétique à l'échelle mondiale, qui permettent l'évolution des enjeux environnementaux et la réduction de la consommation d'énergie dans la construction.

Les chercheurs intéressés à ce sujet ont testé plusieurs indicateurs pour trouver le rapport entre le bâtiment et son efficacité énergétique et thermique. Parmi ces indicateurs ceux qui déterminent la forme d'un bâtiment. Les indicateurs qui ont été étudié le plus sont :

- **La compacité de forme**, étudié par nombreux chercheurs tels que : *De.Herde et Gratia(2003), Hawkes (1996), Thomas (1999), Depeker et Al (2001), Behsh (2002), Al Anzi et al (2009), Pope (2012)* ;
- **L'agencement des logements**, étudié par : *H.R.Preisig Et Al (1999), De.Herde et al (2003), S.Courgey et J-P.Oliva (2006)* ;
- **Le rapport entre la surface du toit et la surface des murs**, étudié par : *Behch (2002), Pope (2012), Straube (2012)* ;
- **Le rapport entre la surface orientée sud sur la surface orientée ouest**, étudié par : *Victor.Olgay (1963), Behch (2002). Hawkes (1996)* ;
- **La surface de sol occupé**, étudié par : *Ratti Et Al (2003), ross (2009)*.

Les résultats obtenus par ces chercheurs sont parfois contradictoires. Cela est dû probablement au climat où se déroule ces recherches ou aux variations des modèles testé et leurs caractéristiques techniques. Mais toutes ces recherches ont confirmé l'impact de la forme sur l'efficacité thermique et énergétique du bâtiment.

Ce que nous devons retenir de ce chapitre que la forme du bâtiment est un facteur très important pour augmenter la performance thermique d'un bâtiment et pour atténuer la demande en énergie. De ce fait, identifier les facteurs de forme les plus significatifs pour un climat aride et semi aride nous aide sûrement à savoir comment intervenir pour atteindre l'efficacité énergétique et thermique dans un bâtiment.

Quatrième Chapitre

LE CONTEXTE CLIMATIQUE

INTRODUCTION

D'après Claude-Alain ROULET, 1987 « *Le bâtiment est un ensemble complexe, dont les éléments (enveloppe, installation technique et habitants) interagissent entre eux et avec le milieu extérieur. Il est notamment risqué, si ce n'est pas dangereux d'en étudier qu'une partie ou qu'un aspect sans tenir compte les interactions de cette partie avec le reste du bâtiment ou sans rester attentif aux autres aspects du problème. Il est donc nécessaire de considérer le bâtiment comme un tout.....Il est dès lors nécessaire d'ajouter des connaissances concernant le bâtiment : la météorologie, les techniques de construction, le fonctionnement de bâtiment, les matériaux de construction, le concept de confort* ».

Dans ce chapitre, nous allons étudier le contexte physico-climatique, afin de comprendre l'influence des éléments du climat sur le bâtiment et les usagers. Nous commençons tout d'abord par le traitement de différentes connaissances relatives aux éléments de météorologie et de la climatologie, ensuite nous allons montrer les dispositifs et les stratégies de conception architecturale qui permettent de contrôler les éléments climatiques et d'optimiser le climat naturel d'un bâtiment.

1. DEFINITIONS

1.1. La météo

La météorologie est une science qui étudie la manière dont se comporte la partie de l'atmosphère au dessus du sol et dans laquelle nous vivons. C'est dans cette couche d'air, appelée la troposphère (figure 4.1), que se passent les phénomènes météorologiques. Les météorologues ne peuvent prévoir la météo que pour quelques jours tant les paramètres qui la déterminent varient rapidement. (IBGE¹)



Figure 4.1. Les différentes couches de l'atmosphère.

1.2. Le climat

La climatologie est la science qui étudie la manière dont se comporte la totalité de l'atmosphère sur des périodes allant de quelques mois à des milliers ou des millions d'années. La période type est de 30 ans, d'après la définition de (OMM²), et sur un territoire qui peut être très grand.

Au sens étroit du terme, climat désigne en général le « temps moyen », ou plus précisément une description statistique en termes de moyennes et de variabilité de grandeurs pertinentes. Ces quantités pertinentes sont le plus souvent des variables de surface telles que la température, les précipitations et le vent. Au sens large du terme, climat désigne l'état du système climatique, y compris une description statistique de celui-ci. (IPCC³)

1.3. Variabilité climatique

Désigne des variations de l'état moyen et d'autres statistiques du climat à toutes les échelles temporelles et spatiales au-delà des phénomènes climatiques individuels. La variabilité peut être due à des processus internes naturels au sein du système climatique (variabilité interne), ou à des variations des forçages externes anthropiques ou naturels (variabilité externe).

¹ IBGE : institut bruxellois pour la gestion de l'environnement.

² OMM : l'Organisation météorologique mondiale.

³ IPCC : Groupe d'experts intergouvernemental sur les changements climatiques.

1.4. Changements climatiques

Les changements climatiques désignent une variation statistiquement significative de l'état moyen du climat ou de sa variabilité persistant pendant de longues périodes (généralement, pendant des décennies ou plus). Les changements climatiques peuvent être dus à des processus internes naturels, à des forçages externes ou à des changements anthropiques persistants de la composition de l'atmosphère ou de l'affectation des terres.

La Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques, La (CCNUCC), fait une distinction entre les « changements climatiques » qui peuvent être attribués aux activités humaines altérant la composition de l'atmosphère, et la « variabilité climatique » due à des causes naturelles. (FAO⁴).

2. LES ECHELLES DE CLIMATOLOGIE

Pour définir les grands types de climat, les scientifiques utilisent différentes échelles. Ils prennent en compte une surface terrestre de quelques millions de kilomètres carrés et une période de temps pouvant aller de quelques mois à plusieurs années. Ces éléments définissent l'échelle climatologique.

Les quatre échelles d'étude en climatologie viennent comme suit : (Tsoka 2011)

2.1. L'échelle global ou échelle « macro climats »

Se situe en quelques 103 kilomètres loin de la surface terrestre qui correspond aux phénomènes définitifs pour les principales variations climatiques et saisonnières.

2.2. L'échelle régionale ou l'échelle « méso climats »

Se prolonge jusqu'à quelques centaines de kilomètres. Les reliefs et l'emplacement de la région par rapport aux déplacements d'air affecte le climat à ce niveau.

2.3. L'échelle locale « topoclimats »

Se prolonge à quelques dizaines de kilomètres correspond aux changements climatiques régionaux créés par la présence d'une vallée et de la mer. C'est l'échelle des modifications de régime du vent et des brises thermiques.

2.4. L'échelle microclimatique

Limitée à quelques centaines de mètres. C'est l'échelle où l'intervention de l'homme peut impacter les conséquences climatiques. (Figure4.2)

⁴ FAO : L'organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

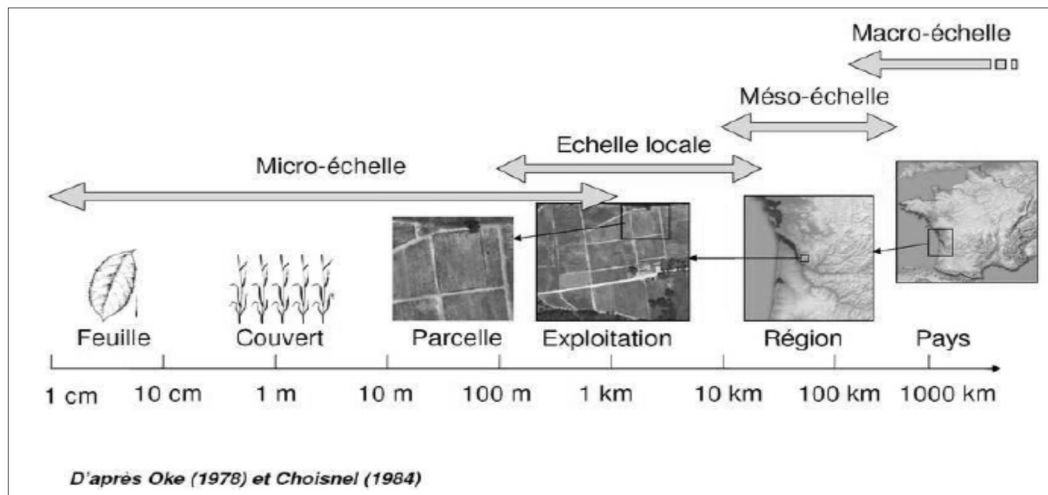


Figure 4.2 Les échelles de climatologie. Source : P.CAMBERLIN

3. PRINCIPAUX TYPES DE CLIMATS A L'ECHELLE MONDIALE

Sur Terre les climats sont classifiés suivant différents paramètres (l'humidité, la température, l'ensoleillement, la vitesse du vent...). Ces paramètres varient suivant les caractéristiques géographiques dont : l'altitude, la latitude, la proximité des océans aux alentours, les forêts etc.

Les cinq grands types de climats selon *Wladimir Peter Köppen* classés selon la température et l'humidité sont : climat tropical, climat sec, climat tempéré chaud, climat tempéré froid et climat froid (le tableau). Dans cette classification, le climat est repéré par un code.

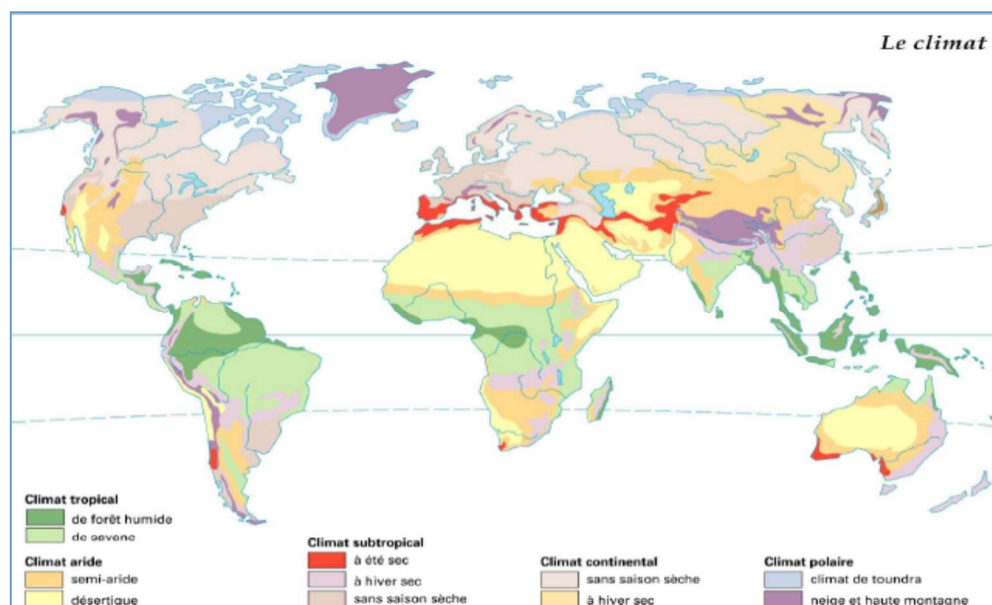


Figure 4.3 Principaux types de climats à l'échelle mondiale. Source : P.CAMBERLIN

Le tableau figurant sur la page suivante résume les principaux types et sous types de climats mondiaux, il montre aussi le code de chaque climat, ses situations géographiques et il contient une description de leurs caractéristiques climatiques.

Code	Type de climat	Situation géographique	Description
A	<p>Les climats tropicaux englobent deux types :</p> <ul style="list-style-type: none"> Le climat tropical humide Le climat équatorial 	Entre le tropique du Cancer et du Capricorne Entre la latitude 15°N et 15°S	<ul style="list-style-type: none"> Température moyenne de chaque mois de l'année > 18 °C Pas de saison hivernale Fortes précipitations annuelles (supérieure à l'évaporation annuelle)
B	<p>Les climats secs englobent deux types :</p> <ul style="list-style-type: none"> Le climat aride ou désertique Le climat semi-aride ou climat de steppe 	Entre les latitudes 15° et 30° N et S	<ul style="list-style-type: none"> Évaporation annuelle supérieure aux précipitations annuelles. Ce seuil est calculé de la manière suivante : <ul style="list-style-type: none"> Si moins de 30 % des précipitations tombent en été (avril à septembre dans l'hémisphère nord) : Précipitations annuelles moyennes (mm) < 20 × température annuelle moyenne (°C) Si plus de 70 % des précipitations tombent en été : Précipitations annuelles moyennes (mm) < 20 × température annuelle moyenne + 280 Autrement : Précipitations annuelles moyennes (mm) < 20 × température annuelle moyenne + 140
C	<p>Climat tempéré englobe plusieurs types :</p> <ul style="list-style-type: none"> Le climat océanique Le climat humide subtropical Le climat méditerranéen 	Entre les 30° et 50° de latitude dans l'hémisphère Nord et Sud	<ul style="list-style-type: none"> Températures moyennes des 3 mois les plus froids comprises entre -3 °C et 18 °C Température moyenne du mois le plus chaud > 10 °C Les saisons été et hiver sont bien définies
D	<p>Climat continental englobe deux types :</p> <ul style="list-style-type: none"> Le climat continental humide Le climat subarctique 	situé aux latitudes moyennes dans les zones situées loin des côtes	<ul style="list-style-type: none"> Température moyenne du mois le plus froid < 0 °C Température moyenne du mois le plus chaud > 10 °C Les saisons été et hiver sont bien définies
E	<p>Climat polaire englobe deux types :</p> <ul style="list-style-type: none"> Le climat polaire des calottes glaciaires La toundra 	situé aux hautes latitudes Amérique du Nord et en Asie	<ul style="list-style-type: none"> Température moyenne du mois le plus chaud < 10 °C La saison d'été est très peu marquée

Tableau 4.1. Les grands types de climats. Source : wikipedia

4. LES PARAMETRES DU CLIMAT

Le climat est défini par cinq éléments fondamentaux caractérisant l'atmosphère locale : la température de l'air, la précipitation, l'ensoleillement, l'humidité de l'air et la vitesse du vent.

4.1. La température de l'air.

C'est une grandeur physique qui indique le taux d'échauffement et de refroidissement de la surface de la terre (*Craubel*). Elle est reliée aux sensations de froid et de chaud, provenant du transfert thermique entre le corps humain et son environnement.

La température varie suivant le rayonnement solaire, le vent, l'altitude, la nature du sol, et la couverture nuageuse.

Le soleil réchauffe l'atmosphère indirectement par l'intermédiaire de la surface de la terre car celle-ci stocke et réémet la chaleur par rayonnement et par convection. La propagation de cette chaleur est alors assurée soit par conduction, soit par diffusion due aux turbulences créées par le vent. (*A. De Herde et al, 2005*)

Les valeurs moyennes, minimales et maximales de la température sont des données très nécessaires pour l'évaluation du confort thermique et la prescription de solution architecturale.

La température externe affecte directement le niveau de confort thermique des espaces internes. Puisque les murs externes agissent en tant que amortisseur entre le climat interne et externe.

La figure ci-dessous montre la courbe de la température moyenne de l'année 2011 de la ville de Biskra. Il est remarqué que les températures moyennes maximales pendant la période estivale dépassent le 40 c°, et les températures moyennes minimales pendant l'hiver dans cette année pas moins de 0 c°.

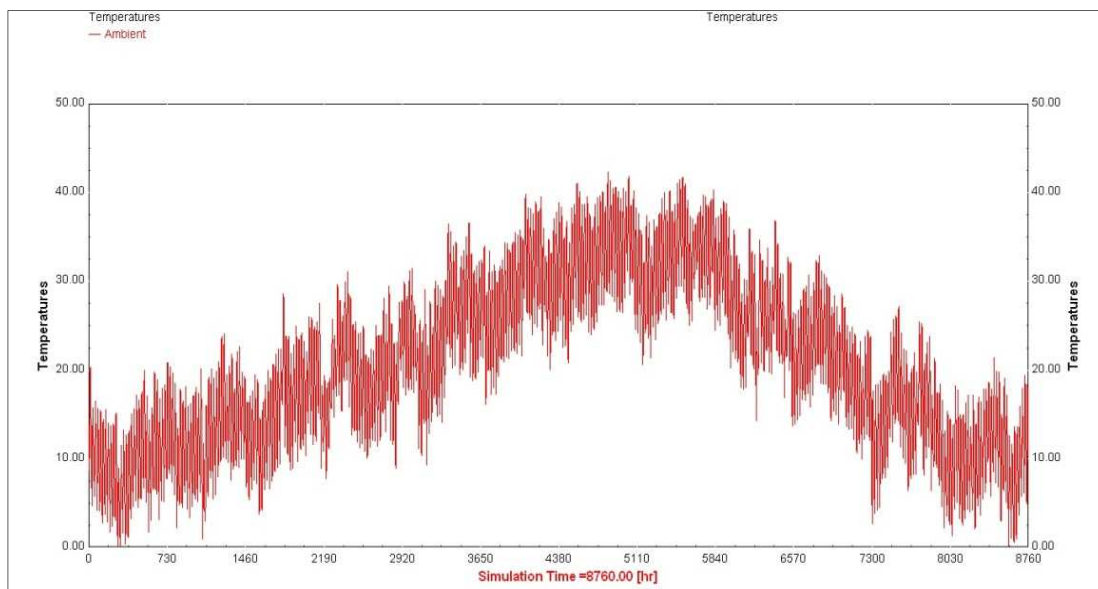


Figure 4.4. Temperature moyenne, l'année 2011, ville de biskra. Source : CRSTRA Biskra. Simulé avec trnsys 17 par l'auteur.

4.2. l'humidité relative

L'humidité relative est le rapport exprimé en pourcentage entre la quantité d'eau contenue dans l'air sous forme de vapeur à la température ambiante et la quantité maximale qu'il peut contenir à cette même température. Elle dépend des précipitations, de la végétation et du type de sol, du régime des vents et de l'ensoleillement, qui peuvent favoriser son assèchement. (A.De Herde et al, 2005).

L'humidité de l'air est relative à la teneur de l'air en vapeur d'eau. La capacité de l'air à contenir de la vapeur d'eau augmente progressivement avec sa température qui est donc le principal facteur déterminant (GIVONI, 1978).

La température de l'air et l'humidité relative sont des paramètres importants pour l'évaluation de confort thermique. L'humidité relative affecte le comportement de nombreux matériaux de construction et leur cadence de détérioration. (LAOUNI, I, 2011).

La courbe de l'humidité évolue inversement par rapport à la courbe de la température, lorsque les valeurs de HR sont élevées, les valeurs de la température baissent et lorsque les valeurs de HR sont faibles, les valeurs de la température augmentent. Comme illustré dans le graphique ci-dessous qui montre les données de l'humidité relative moyenne et la température moyenne de la ville de Biskra pour l'année 2011.

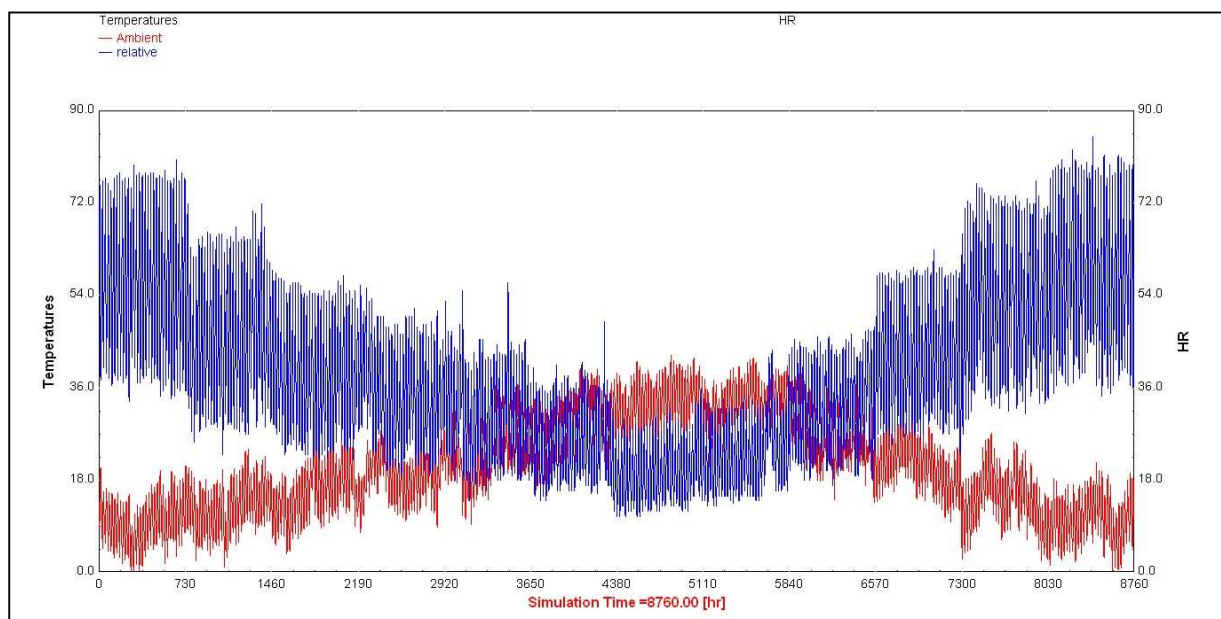


Figure 4.5 Temperature moyenne, l'année 2011, ville de biskra. Source : CRSTRA Biskra. Simulé avec trnsys 17 par l'auteur.

4.3. les précipitations

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

Suivant leur état liquide ou solide, les précipitations peuvent prendre différentes formes : pluie, grêle ou neige, elles sont variées suivant les mouvements des vents, la température de l'air et l'humidité. La quantité de la précipitation est mesurée en millimètre d'eau quelque soit leur nature. La figure 4.6 illustre le cycle hydrologique.

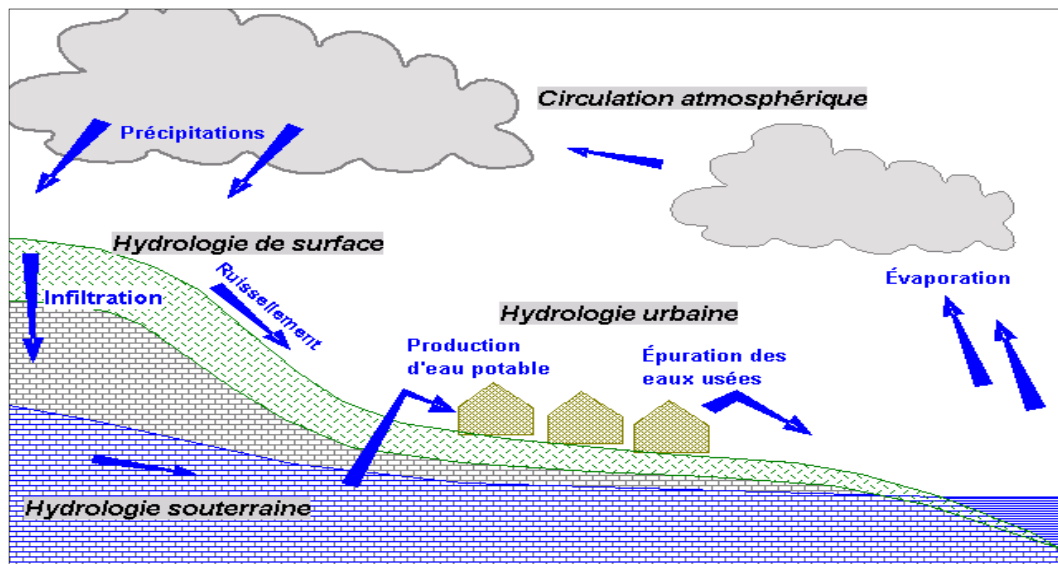


Figure 4.6. cycle de l'eau. Source : wikipedia

Il y a deux types de précipitations:

- *Précipitation Stratiforme*: qui couvre une grande étendue, qui dure longtemps mais de faible intensité, qui se produit dans les zones de basse pression et les creux et qui est associée à des nuages.
- *Précipitation Convective*: qui couvre des petites surfaces, qui ne dure pas mais qui est intense, qui est très localisée et produite par l'instabilité convective de l'air, et enfin qui est associée à des nuages. (Eve Christian, 2000).

La fréquence et la nature des précipitations dans une région géographique donnée sont des caractéristiques importantes de climat. Le climat de la ville de Biskra est un climat désertique. La pluie est pratiquement inexistante. La classification de cette région selon Köppen est type BWh.

4.4. l'ensoleillement

La durée d'ensoleillement est un indicateur climatique qui mesure le temps pendant lequel un lieu est éclairé par le Soleil sur une période donnée. Il est exprimé souvent en heures/an ou encore en heures/mois voire en heures/jour.

La Quantité et la durée de la lumière solaire reçue en un lieu varie en fonction de la latitude. Les endroits sur l'hémisphère loin nordique ou méridional reçoivent moins de quantité de lumière du soleil que ceux à l'équateur. Plus on s'éloigne de l'équateur pour se rapprocher des pôles, plus la variation de l'ensoleillement au cours d'une année est grande. (IBGE).

Un climat désertique ou un climat steppique corrèle naturellement avec des valeurs très élevées de durée d'ensoleillement puisque elle dépend principalement de la quantité de nuages et de brouillard.

Ce paramètre permet de comparer le niveau d'ensoleillement entre plusieurs endroits de la terre et permet aussi la comparaison du niveau d'ensoleillement dans les différentes saisons au même endroit. L'exigence d'ensoleillement est devenue donc une nécessité réglementaire et non une simple recommandation, notamment vu son importance dans l'apport solaire et son impact sur l'économie de l'énergie (LUGEZ, 1995)

4.4.1. Aspect énergétique du soleil

4.4.1.1. La relation entre terre et soleil

Le mouvement apparent du soleil sur la voûte céleste est le résultat de deux déplacements distincts de la terre ;

- le premier est une rotation de celle-ci autour de son axe qui relie le pôle nord avec le pôle sud en 24 heures;
- le second est une rotation de la terre autour du soleil selon orbite elliptique en un peu plus de 365 jours. une rotation à une vitesse constante. (cours J.Teller, université de liège).

La rotation de la terre sur son axe et selon l'orbite elliptique affecte :

- L'intensité du rayonnement solaire.
- La durée du jour au cours de l'année.
- La hauteur maximum de soleil sur l'horizon.

La maîtrise de ces données facilite l'utilisation de techniques simples de contrôle et d'évaluation de l'ensoleillement des différentes composantes du bâtiment.

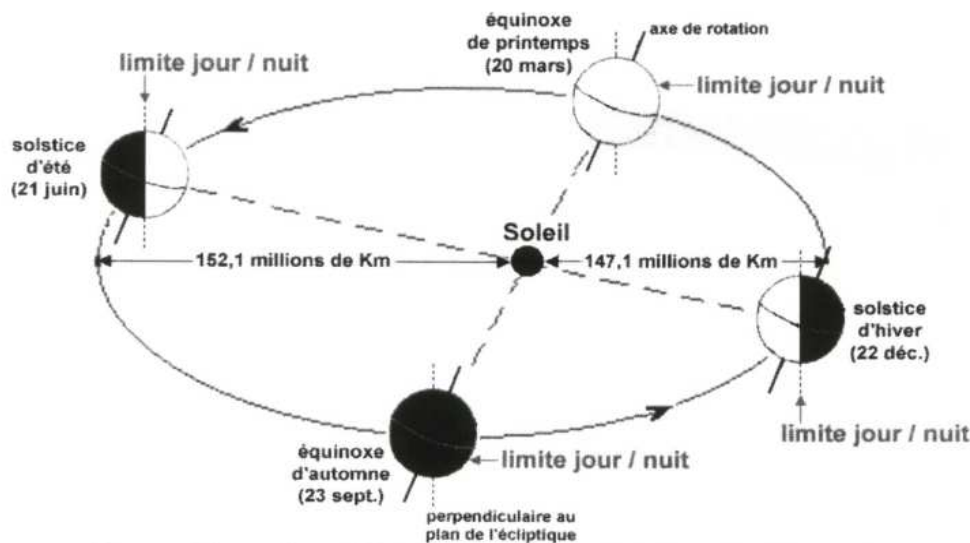


Figure4.7. Position de la terre au cours de sa révolution autour du soleil (Hémisphère Nord) .Source : <http://imagesbiogeolfxm.free.fr>.

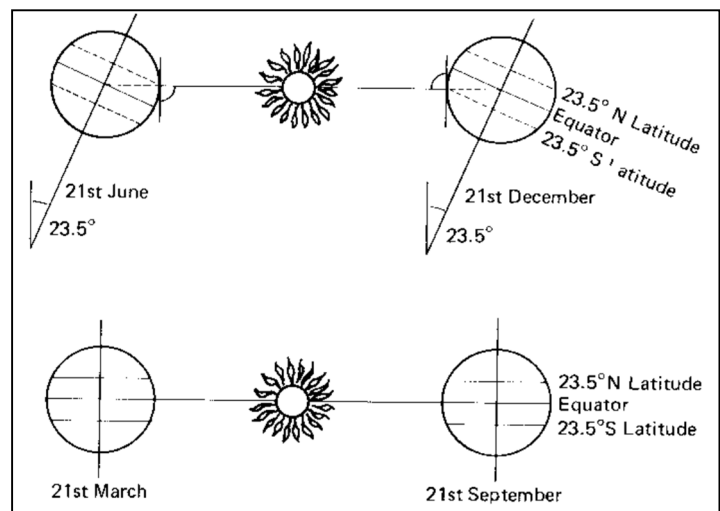
4.4.1.2. La déclinaison solaire

L'angle entre le plan de l'équateur de la terre et le plan de l'écliptique est appelé déclinaison et varie entre $+23.45^\circ$ le 22 juin (solstice d'été), le soleil est à la verticale du tropique du Cancer ; et -23.45° le 22 décembre (solstice d'hiver) à la verticale du tropique du Capricorne. La déclinaison du Soleil varie de jour en jour sauf au voisinage des solstices

La déclinaison est égale à zéro aux équinoxes .les équinoxes sont les deux dates de l'année où le soleil traverse le plan équatorial : sa déclinaison est alors nulle et les durées du

jour et de la nuit sont égales. De plus, ces jours-là, le soleil se lève exactement à l'est et se couche exactement à l'ouest. L'équinoxe d'automne intervient vers le 22 septembre et l'équinoxe de printemps vers le 22 mars, dans l'hémisphère Nord. Les saisons sont inversées dans l'hémisphère Sud.

Figure 4.8. Variation de la déclinaison solaire au cours de l'année. Source : cours J.Teller, université de Liège



4.4.1.3. Définition de la position du soleil

La définition de la position du soleil dans le ciel à tout moment est une information indispensable pour l'architecte, il lui permet de :

- Calculer les apports solaires, afin de pouvoir y associer des solutions formelles et techniques.
- Le choix de l'implantation et l'orientation du projet, dont l'objectif est de profiter des apports solaires et d'éviter les vagues de chaleur du soleil.
- Définir le type des masques solaires proches ou lointains.
- prévoir une bonne conception des parties extérieures voisines et d'exploiter les opportunités de site qui contient la construction.
- Utiliser le rayonnement solaire pour le chauffage et l'éclairage des bâtiments et diminuer la consommation énergétique.
- Connaitre la bonne disposition des pièces intérieures, l'emplacement des fenêtres...etc.

Pour décrire l'emplacement du soleil sur la voûte hémisphérique pour n'importe quel jour de l'année, il nous faut deux coordonnées appelées l'azimut solaire et la hauteur du soleil.

4.4.1.3.1. L'azimut solaire

C'est l'angle que fait le plan vertical du soleil avec le plan méridien du lieu. On le mesure à partir du Sud, vers l'Est ou vers l'Ouest. Mesuré dans le sens des aiguilles d'une montre dans l'hémisphère nord. Négatif le matin (direction Est), nul ou égale 180° à midi et positif l'après midi (direction Ouest).

4.4.1.3.2. La hauteur du soleil.

La hauteur du soleil ou la hauteur angulaire désigne l'angle que fait la direction du soleil (concrétisé par la droite joignant le centre du disque solaire au point d'observation) avec le plan horizontal passant par le point d'observation.

Le Zénith est le point le plus élevé de l'hémisphère céleste (90° degré), se trouvant directement à la verticale de l'observateur. Le 0° degré est le plan horizontal qui est au lever et coucher de soleil.

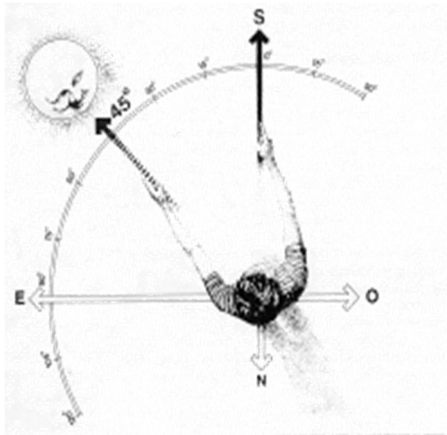


Figure 4.9. L'azimut solaire mesuré à partir du sud. Source : Cours K.HAMEL, 2005

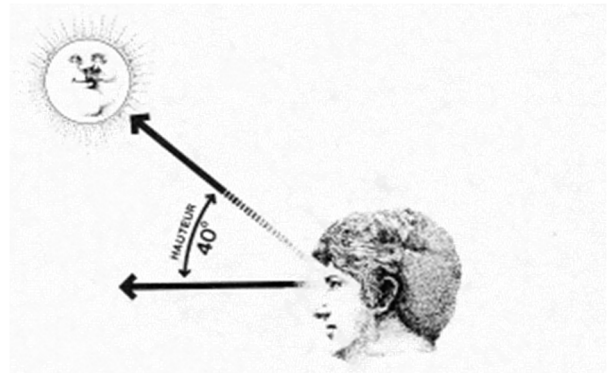
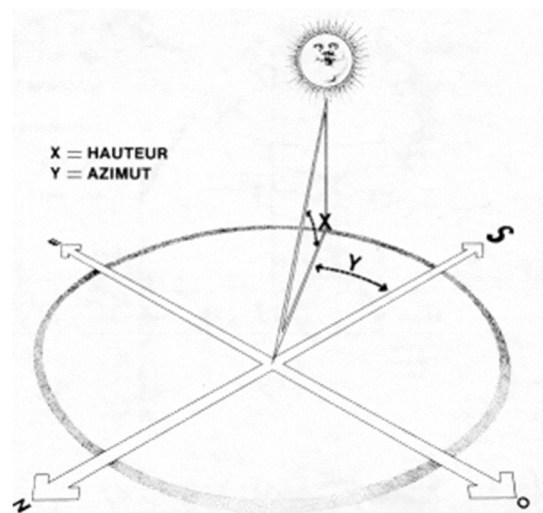


Figure 4.10. La hauteur angulaire à partir du plan horizontal. Source : Cours K.HAMEL, 2005

Figure 4.11. Repérage de l'azimut et la hauteur du soleil. Source : Cours K.HAMEL, 2005



4.4.2. Les diagrammes solaires

Il existe différentes représentations qui permettent l'étude de l'ensoleillement du site, divisées en deux types principaux :

- Les projections de l'hémisphère sur une surface verticale cylindrique, (la projection cylindrique).
- Les projections de l'hémisphère sur le plan d'horizon du lieu (la projection sphérique).

On représente le soleil dans le ciel, on considérant que, le point de vue est situé à la surface de la terre, et le cercle d'horizon est supposé plat.

4.4.2.1. Les projections cylindriques

Connue aussi sous le nom de « diagramme de Waldram ». Ce type de représentation utilise une projection de l'hémisphère céleste sur un cylindre vertical, ayant pour base le cercle d'horizon du lieu.

Le cylindre est ensuite découpé suivant une de ses génératrices et déployé pour fournir une représentation rectangulaire, dont les axes sont les azimuts et les hauteurs.

Cette représentation présente l'avantage d'être assez précise pour des points situés près de l'horizon, avec des distorsions de plus en plus importantes selon que l'on se rapproche du zénith. Le point de zénith est étendu sous forme d'une ligne de longueur égale à celle du cercle d'horizon. (J.Teller, université de Liège).

L'échelle verticale donne les altitudes; l'échelle horizontale, les azimuts et les lignes courbes indiquent l'heure et le mois.

En joignant les différentes localisations du soleil à divers moments de la journée, on obtient le tracé de la course du soleil.

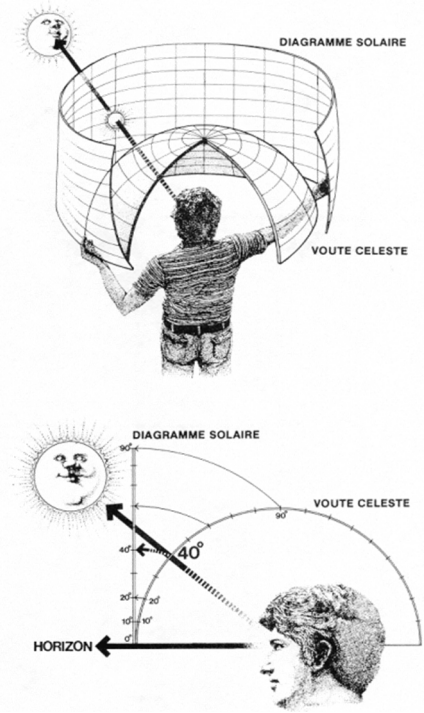


Figure 4.12. Principe de la projection cylindrique Source : COURS K.HAMEL, 2005

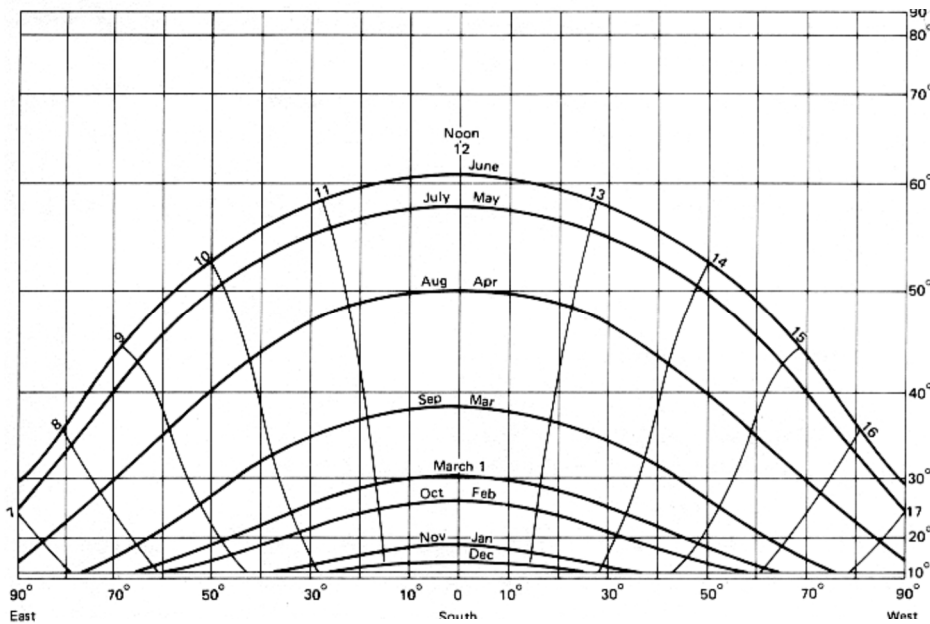


Figure 4.13 course du soleil dans une projection Waldram, pour une latitude de 52°. cours J.Teller, université de Liège.

4.4.2.2. Les projections sphériques

Les projections sphériques projettent l'hémisphère sur un plan parallèle au cercle d'horizon. Parmi ces projections : les projections gnomoniques, orthographiques, équidistantes et stéréographiques. Cette dernière est la plus utilisée, notamment dans le domaine de l'architecture.

4.4.2.1. La projection stéréographique

Dans ce cas, on prend comme point de référence le pôle sud pour projeter l'hémisphère nord et le pôle nord pour projeter l'hémisphère sud.

Les cercles d'altitude sont légèrement moins serrés aux faibles hauteurs angulaires qu'aux grandes. Ceci a l'avantage de fournir une meilleure résolution à l'horizon qu'au zénith et convient donc parfaitement bien pour l'introduction des masques dans l'analyse de sites. De plus, sa formulation mathématique est beaucoup plus simple ainsi que sa construction graphique. (J.Teller, université de liège).

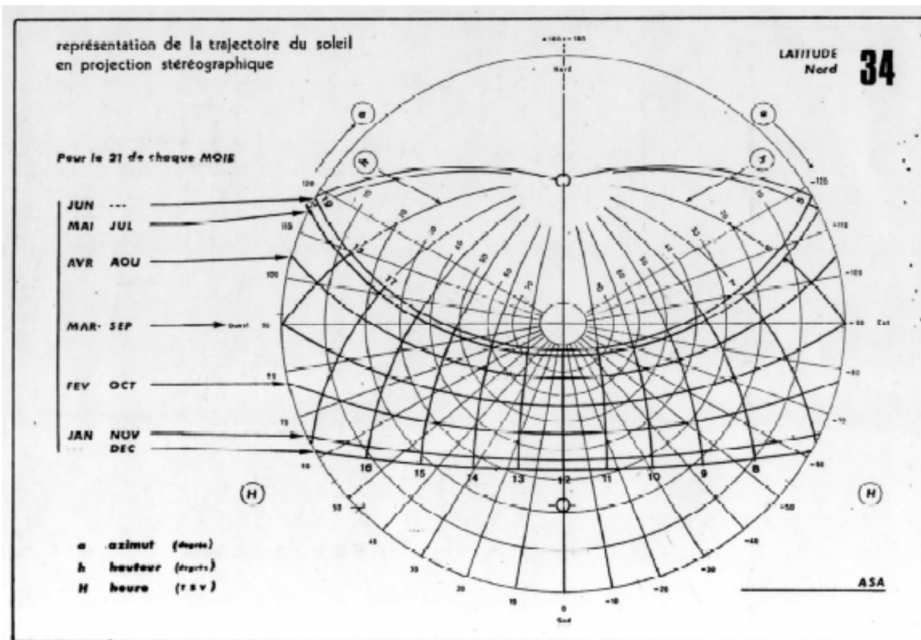


Figure 4.14. Projection stéréographique représente la trajectoire du soleil, pour une latitude de 34° Nord. Source : CAPDEROU, 1985

Les diagrammes solaires sont utiles pour l'étude des éléments divers, dont on cite :

- Les masques solaires dans un lieu précis.
- Les limites du champ normal (horizontal) de la vision humaine.
- La durée de l'ensoleillement, le levé et le coucher du soleil.
- La lumière diffuse et de la radiation solaire, aussi que la fenestration et les apports solaires.

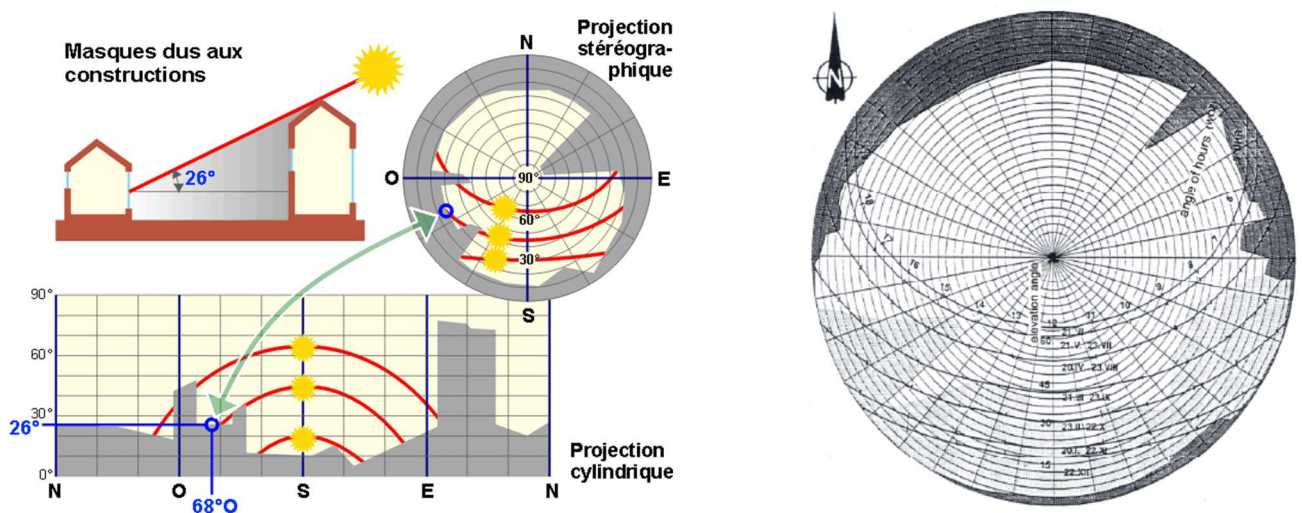


Figure 4.15. Le diagramme stéréographique comme moyen pour déterminer les masques de l'environnement. Source : Cours K.HAMEL, 2005

4.4.3. Le rayonnement solaire

Le rayonnement solaire est l'ensemble des ondes électromagnétiques émises par le Soleil. Il est composé de toute la gamme des rayonnements, qui se différencient par leur longueur d'onde, dont on distingue :

- Les infrarouges (IR) donnant principalement la chaleur
- La lumière visible
- Les ultraviolets (UV) : les UVA, les UVB et les UVC

Le rayonnement solaire qui arrive à la surface de la terre comprend : 5% d'UV, 40% de lumière visible et 55% d'infrarouge, porteurs essentiels de l'énergie thermique (*Bozonnet, 05 in Tsoka, 2011*).

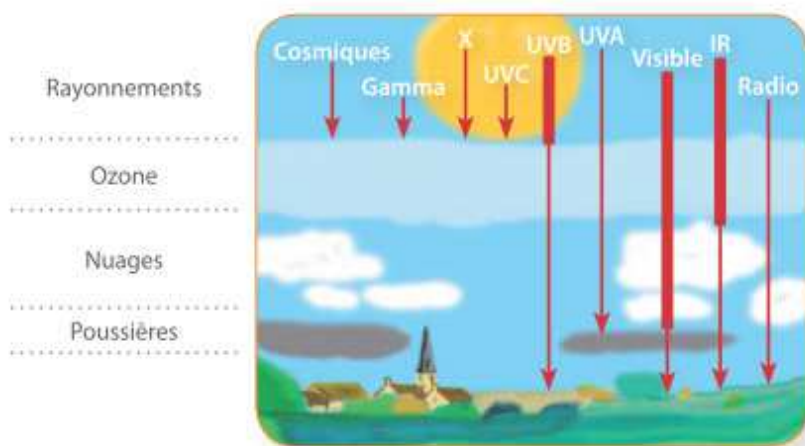


Figure 4.16. Les gammes des rayonnements solaires

Une partie du rayonnement émis parvient jusqu'à la Terre, où des ondes sont réfléchies par l'ionosphère et l'atmosphère (les ondes décimétriques et certains rayons ultraviolets), tandis que d'autres arrivent à la surface des nuages, des océans ou des continents. Elles vont alors être plus ou moins réfléchies selon l'albédo de la surface frappée. Celles qui ne le sont pas sont alors absorbées sous forme de chaleur ou exploitées par des organismes vivants, comme les végétaux pratiquant la photosynthèse.

4.4.3.1. Les composants de rayonnement solaire

Le flux solaire qui atteint une surface provient de trois composantes : la composante directe, la composante diffuse et la composante réfléchi.

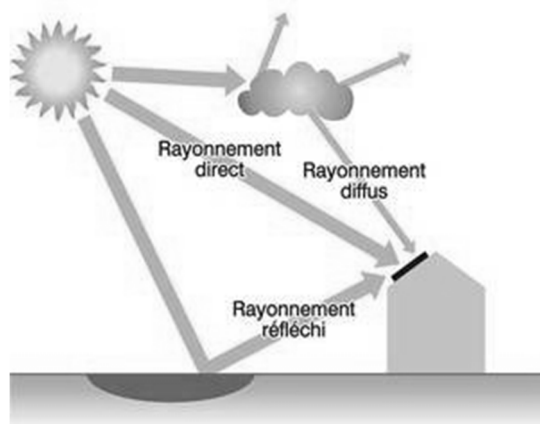


Figure 4.17. Les composants de rayonnement solaire

4.4.3.1.1. Le rayonnement solaire direct

Le rayonnement solaire direct, exprimé en W/m^2 , correspond au flux solaire qui atteint directement une surface quand celle-ci est exposée au soleil. Elle dépend de la hauteur du soleil et de l'angle d'exposition de la surface au soleil à l'instant considéré. La hauteur du soleil est l'angle que fait la direction du soleil avec le plan horizontal.

L'angle d'incidence correspond à l'angle avec lequel le rayon solaire frappe la surface : c'est l'angle entre la normale à la paroi et le rayon solaire à l'instant considéré (TSOKA, 2011). Ce sont les rayons UV du Soleil. C'est ce type de rayonnement qui est utilisé dans les systèmes à concentration (four solaire, centrales solaires thermodynamique et photovoltaïque).

4.4.3.1.2. Le rayonnement solaire diffus

La composante diffuse représente le flux, en provenance du ciel. Il résulte de la diffusion des rayons solaires par les particules de l'atmosphère et il est émis par la voûte céleste. On évalue l'énergie solaire diffuse sous l'hypothèse que toutes les parties du ciel émettent le même rayonnement. Dans ce cas, seule l'inclinaison de la surface pondère le flux diffus incident. Cette hypothèse est correcte pour un ciel couvert ou le flux diffus est plus important que le direct. (idem)

4.4.3.1.3. Le rayonnement solaire réfléchi

La composante réfléchie correspond à la partie du flux qui arrive à la surface suite aux réflexions solaires produites par l'environnement proche. Les formes urbaines qui se trouvent autour de la surface étudiée renvoient vers elle une part du flux global incident (direct et diffus). La part réfléchie dépend de l'albédo des surfaces alors que le flux intercepté par la surface dépend de son inclinaison. (idem)

4.4.3.1.4. Le rayonnement global

C'est la somme du rayonnement direct et diffus. C'est celui-ci qui est utilisé pour faire fonctionner les panneaux solaires thermiques et photovoltaïques (systèmes sans concentration). (idem)

4.5. Direction de vent.

Le vent est un déplacement d'air, essentiellement horizontal, d'une zone de haute pression (masse d'air froid) vers une zone de basse pression (masse d'air chaud). Les différences de température entre les masses d'air résultent de l'action du soleil. Le régime des vents en un lieu est représenté par une rose des vents, qui exprime la distribution statistique des vents suivant leur direction. Par définition, la direction d'un vent correspond à son origine. (A. De Herde et al, 2005).

Les vents sont souvent définis selon leur vitesse moyenne et la direction d'où ils soufflent. Il est mesuré en kilomètres par heure, en mètres par seconde ou en nœuds.

Il existe plusieurs échelles de classification des vents dont la plus connue est l'échelle de Beaufort basée essentiellement sur l'observation. Les vents sont généralement classifiés selon

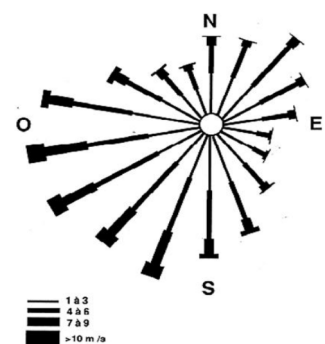


Figure 4.19. La Rose Des Vents

leur ampleur spatiale, leur vitesse, leur localisation géographique, le type de force qui les produit et leurs effets.

Les vents également influencent le climat car selon leur provenance, ils amènent de l'air sec ou humide, chaud ou froid. Pour la ville de Biskra, les vents dominants sont de direction nord et nord-ouest pendant la période hivernale (vents froids) et sud et sud-est pendant la période estivale (vents chauds).

4.5.1. Le vent en milieu urbain

Le vent peut avoir plusieurs attributs positifs dans un environnement architectural tel que la fourniture d'un environnement intérieur confortable et sain, aussi qu'économiser de l'énergie, au moyen d'un refroidissement passif ou de ventilation naturelle. Cependant, le vent peut aussi causer gêne pour les piétons si son vitesse autour d'un bâtiment est trop élevée, et il peut également augmenter les pertes d'énergie en hiver.

Au voisinage des constructions, on peut définir deux couches atmosphériques en fonction de leur état de stabilité. La *canopée urbaine* et *couche limite urbaine* sont les deux couches dont l'étude permet d'analyser les bilans énergétiques et radiatifs ainsi que les effets aérodynamiques (Oke87 *in* Tsoka).

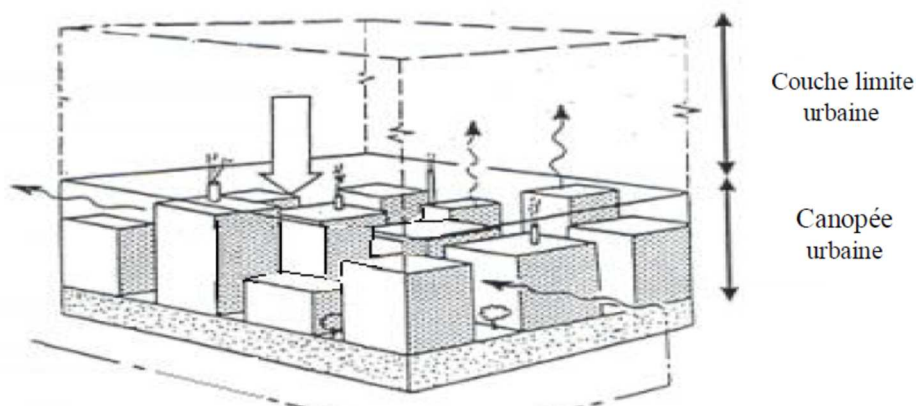


Figure 4.20. : Présentation simplifiée de la couche limite urbaine et la canopée urbaine. Source : *TSOKA, 2011*

4.5.1.1. La couche limite urbaine (CLU)

Elle fait partie de la couche limite atmosphérique (*CLA*) et son épaisseur est très variable puisque il dépend de la rugosité du terrain. Sa valeur est nulle aux zones rurales. Cette couche est caractérisée par des transferts d'énergie entre la surface et l'atmosphère. . (Oke87 *in* Tsoka). Les modifications qui ont lieu dans cette couche sont d'une échelle méso à une échelle locale qui correspond au niveau d'une agglomération ou d'un ensemble de bâtiments. C'est l'ensemble apparaît comme un large dôme courbé sur l'ensemble de la masse urbaine.

4.5.1.2. La canopée urbaine (CU)

C'est la partie située au-dessous de la couche limite urbaine (*CLU*), à proximité directe du sol, englobe les éléments urbains rugueux, depuis le sol jusqu'au niveau moyen des toits. C'est une couche qui correspond à la hauteur moyenne de bâtiments qui font obstacle à l'écoulement d'air dans le milieu urbain. (*idem*)

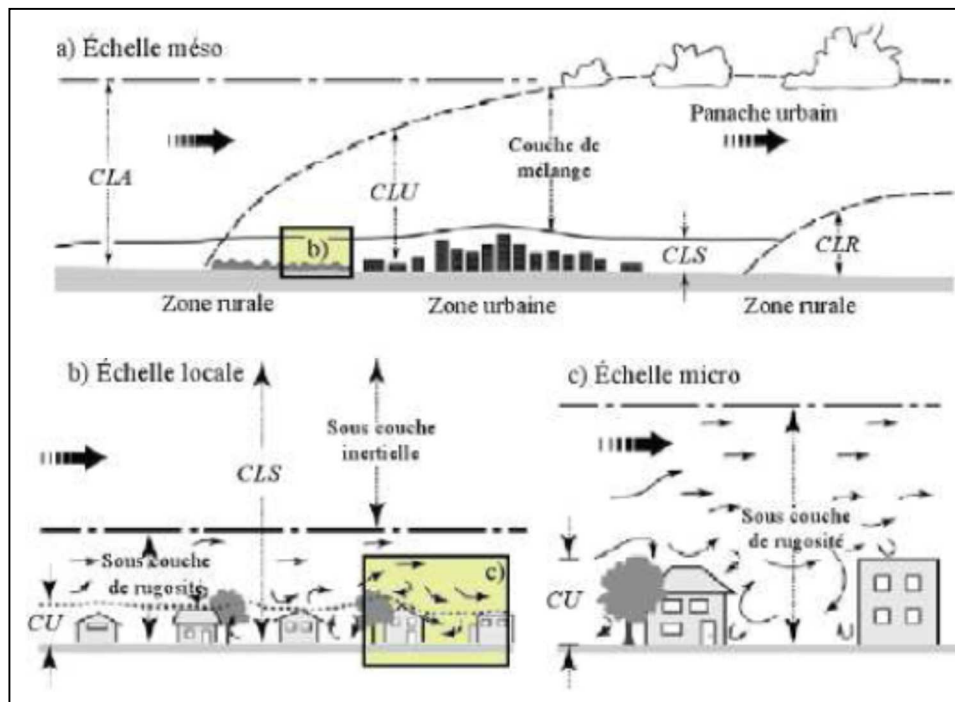


Figure 4.21. Représentation schématique de la couche limite urbaine (CLU) à méso échelle (a), à l'échelle locale (b) et à micro-échelle (c) (Piringer et al, 2002)in TSOKA, 2011.

4.6. Les Effets types dus au vent à l'échelle urbaine

Dans le milieu urbain, le mouvement et l'écoulement du vent interagit avec les formes urbaines et peut être modifié par la présence d'obstacles tel que le bâti et la végétation, mais aussi par des phénomènes thermiques liés notamment à l'ensoleillement (BOURBIA, 2012).

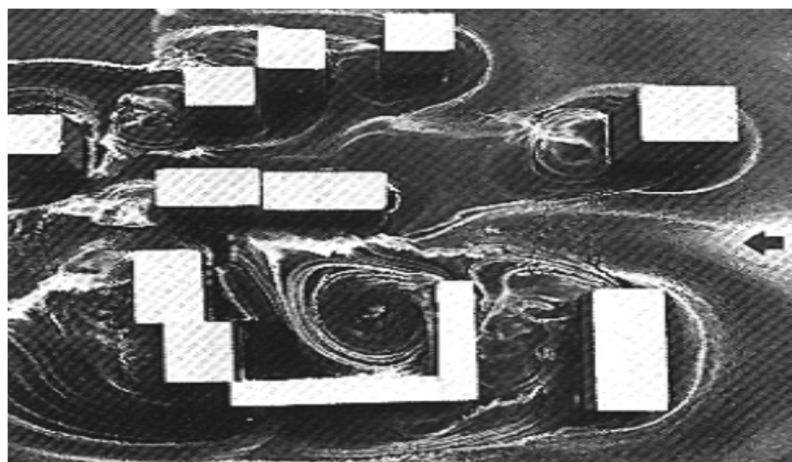


Figure 4.22. Comportement du vent en rencontre de plusieurs obstacles Source : Jean Louis Izard, 2000, (expérience en soufflerie)

Les obstacles de proximité influent sur la ventilation des bâtiments. Les effets varient avec la distance, la situation, la hauteur, la porosité, et le volume des constructions. Les effets du vent en un milieu urbain peuvent se résumer comme suit :

a) Les formes isolées

1. Effet de coin

Il s'agit d'un phénomène d'accélération localisée, à l'angle d'un bâtiment. L'augmentation de la vitesse du vent est entraînée par le gradient très élevée de la pression entre la façade exposée et celle qui se situe en dépression. (REITER, 07 in TSOKA, 2011). Effet de coin est très gênant du point de vue de l'inconfort et il peut même se prolonger à l'arrière des bâtiments. La vitesse initiale du vent peut augmenter surtout pour des bâtiments à grande hauteur.

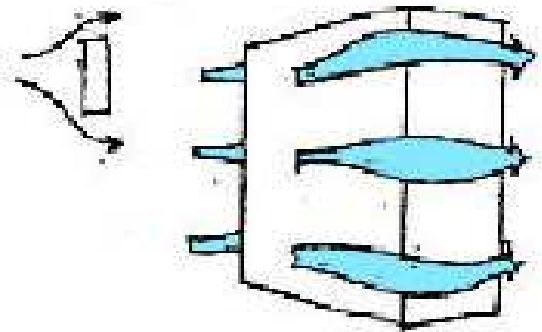
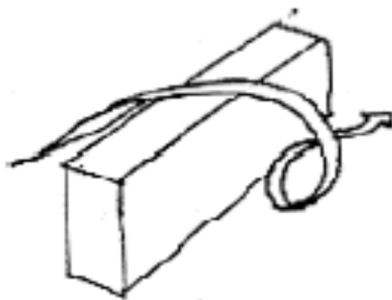


Figure 4.23. Effet de coin ; Source : A.GUYOT,2010



2. Effet de barre

Le phénomène existe dans le cas des bâtiments en bande, ou la hauteur moyenne de la barre est très petite par rapport à sa longueur. L'effet de barre est caractérisé par une déviation en vrille de l'écoulement au passage d'une barre pour une incidence voisine de 45°.

Figure 4.23. Effet de barre
Source : A.GUYOT, 2010

3. Effet de sillage

C'est un phénomène de circulation fluide tourbillonnaire en aval d'une construction. Il est proportionnel à la surface qui s'oppose à l'écoulement du vent, il intègre l'effet de coin, mais son importance est inversement proportionnelle à la densité du bâti. . La vitesse est faible au centre, mais provoque de fortes turbulences sur les cotés de l'immeuble.

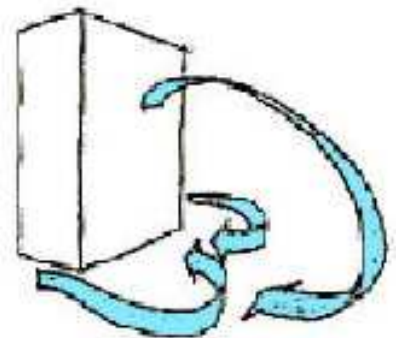
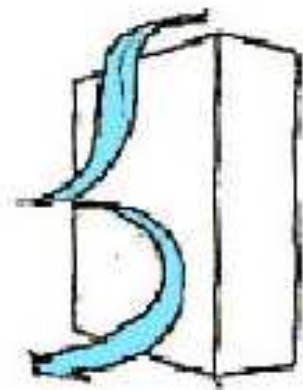


Figure 4.24. Effet de sillage
Source : A.GUYOT, 2010

4. Effet de tourbillon



L'effet de tourbillon (tourbillon amont) provoque un mouvement d'air tourbillonnaire vertical, qui plonge sur la façade exposée au vent. Ce phénomène est important pour les constructions qui ont plus de 5 étages et peut augmenter la vitesse du vent de 1,5 fois dans le cas d'un bâtiment possédant plus de 20 étages. L'intensité sera dépendante de la proximité des bâtiments, de la vitesse du vent, de la présence de végétation et celle d'éventuels auvents de protection. C'est ici aussi que la forme, la hauteur, la modénature et les matériaux de façades vont jouer un rôle important.

Figure 4.25. Effet de tourbillon
Source : A.GUYOT, 2010

5. Effet de trous (passage) sous immeuble :

C'est un phénomène d'écoulement relatif aux bâtiments sur pilotis ou disposant d'un large porche traversant de part en part. L'effet sera d'autant plus limité que le vent est perpendiculaire à l'axe du trou. La présence de végétation peut diminuer voire annuler cet effet. L'accélération en ces points peut aller jusqu'à 20 à 50%.

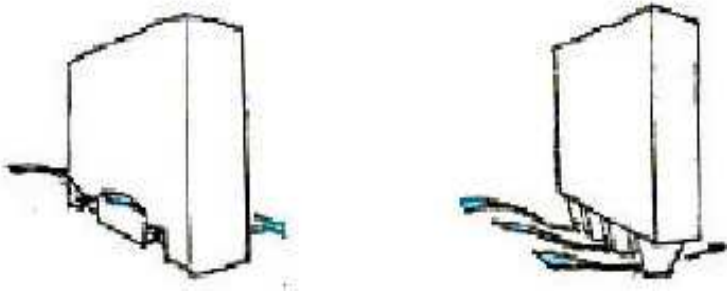


Figure 4.26. Effet de trous Source : A.GUYOT, 2010

b) Les formes associées

c)

1. Effet Wise

C'est le cas de deux bâtiments séparés implantés parallèlement, l'association entre un bâtiment élevée avec un autre bâtiment voisin plus petit crée un rouleau tourbillonnaire à composante verticale, issu de l'effet de sillage dû au premier bâtiment combiné avec l'effet tourbillon de deuxième bâtiment situé après. La forte composante verticale de la vitesse du vent dans la zone critique est très gênante pour les piétons. La vitesse du vent peut augmenter, en fonction la différence de hauteur, de 1,2 à plus de 2 fois sa vitesse initiale.

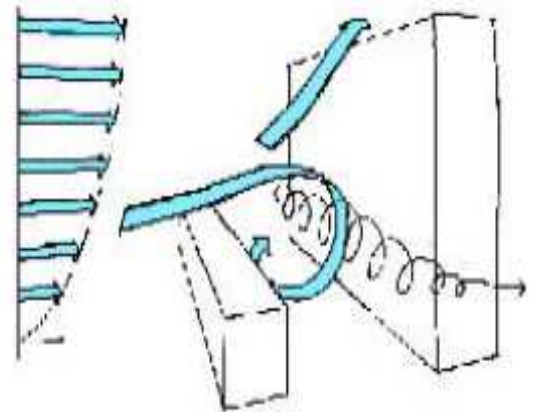


Figure 4.27. Effet Wise ; Source : A.GUYOT, 2010

2. Effet de canalisation

Ce phénomène apparaît lorsqu'un ensemble construit forme un couloir sur un axe rectiligne. Une canalisation n'est pas une cause de gêne en soi. Elle n'agit que si elle est associée à une anomalie aérodynamique qu'elle transmet sur toute sa longueur. L'association de phénomènes de canalisation et de Venturi peut être une source de gêne importante. (TSOKA, 2011)

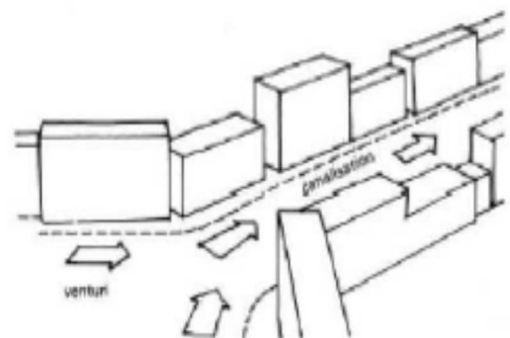


Figure 4.28. Effet de canalisation ; Source : A.GUYOT, 2010

3. Effet Venturi

C'est l'effet que peut former l'implantation de certains immeubles, se produit lorsque la disposition des bâtiments forme un collecteur de flux. Le rétrécissement du passage amène à l'augmentation de la vitesse du vent, pour un débit identique. La zone critique du confort se situe à l'étranglement. La présence de volumes arrondis dans la zone d'accélération va empirer la situation. La plantation d'arbres demeure toujours la solution la plus adéquate.

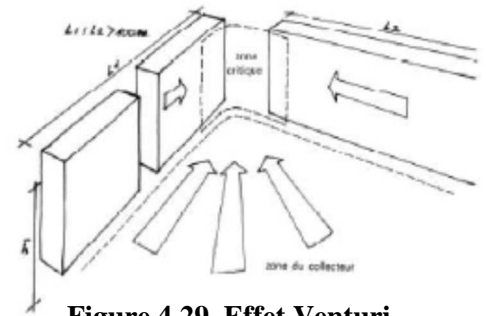


Figure 4.29. Effet Venturi
Source : A.GUYOT, 2010

4. Effet de désaxement

Effet de liaison des zones de pression différente entre immeubles, c'est le cas des bâtiments implantés régulièrement mais non alignés sur un axe. Des pressions différentielles vont se créer lorsque les décrochements sont très grands, avec une amplitude proportionnelle à la petitesse des volumes de séparation. Les immeubles de grande hauteur augmentent le coefficient de vitesse du vent et peuvent être à l'origine de courants d'air relativement violents.

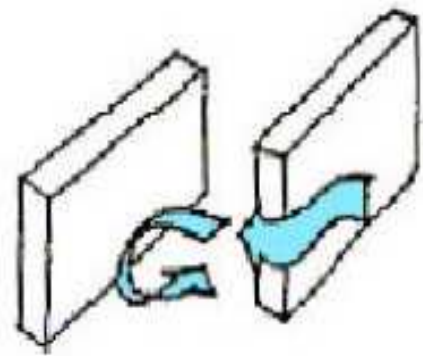


Figure 4.30. Effet désaxement
Source : A.GUYOT, 2010

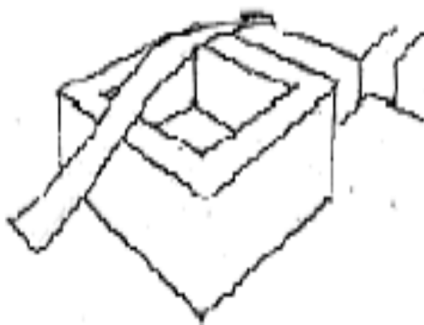


Figure 4.31. Effet désaxement
Source : A.GUYOT, 2010

5. Effet de maille

C'est la construction en cellule qui est ici mise en cause. Le seul problème est que ça peut tout aussi bien être bon que mauvais et que comme le vent est dynamique, l'analyse de ce genre de situation n'est pas évidente.

Et enfin, pour diminuer les effets aérodynamiques qui ont lieu dans le milieu urbain il faut avoir moins de turbulences, il est dès lors nécessaire de faire une bonne étude du plan de masse : la hauteur des immeubles et l'espacement entre eux, Le tracé des rues et l'orientation des bâtiments, implantation des végétations, aussi qu'utiliser des matériaux qui contribuent à éviter ces phénomènes, afin d'atteindre le niveau de confort par le biais de ventilation naturelle.

5. FACTEURS INFLUENÇANT LE MICROCLIMAT

5.1. Topographie de terre.

Le relief influence le climat. En montagne par exemple, il fait toujours plus froid que dans la plaine avoisinante. Une région sans relief est plus venteuse qu'une région au relief accidenté ou que dans un contexte urbain.

Le relief permet de se protéger des vents froids d'hiver et une bonne exposition au soleil durant la même saison. De ce fait, une bonne implantation de projet dans son contexte et qui tient en compte les opportunités du site est primordiale. (A. De Herde et al, 2005).

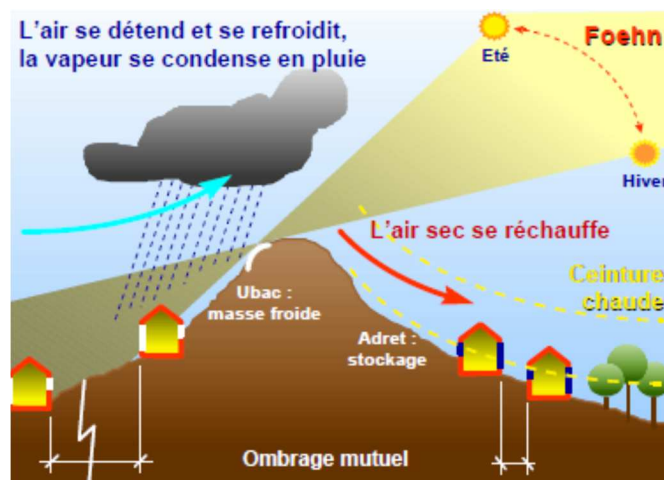


Figure 4.32. l'influence de relief sur le microclimat Source : (A.De Herde et al, 2005).

5.2. Les plans d'eau

Les étendues d'eau, comme les lacs ou les fleuves, bassins, étangs, etc. ont une incidence sur la régulation thermique d'un climat considéré, ils augmentent le rayonnement lumineux par réflexion sur les surfaces d'eau, modifient localement l'humidité de l'air. Par son inertie thermique, jouent le rôle de tampon et atténuent les fluctuations de température en diminuant la température moyenne de l'été et en élevant la température moyenne de l'hiver.

Dans un climat très chaud et sec, les fontaines et les jets d'eau sont également des dispositifs très utiles pour rafraîchir localement les températures, et réduire localement la température de l'air de quelques degrés. (*idem*)

5.3. La végétation

La végétation constitue des abris contre les vents, elles empêchent l'écoulement des masses d'air, rafraîchit l'air par évapo-transpiration, offre un ombrage saisonnier des édifices, et filtre les poussières en suspension, aussi, les déperditions par convection des bâtiments diminuent. (*idem*)

5.4. Le contexte urbain

Les constructions masquent le rayonnement solaire, protègent du vent, stockent la chaleur et élèvent la température extérieure. Elles peuvent également créer des courants d'air ou réfléchir les rayons du soleil. Les constructions constituent des écrans fixes pour leur voisinage.

Leur rôle peut être positif si l'on recherche une protection contre le soleil, où l'étroitesse des ruelles et la hauteur des bâtiments réduisent considérablement le rayonnement direct et fournissent un ombrage bienvenu. (*idem*)

6. RECOMMANDATION POUR L'INSERTION D'UN BATIMENT DANS UN CLIMAT ARIDE ET SEMI ARIDE

	Ensoleillement	Température de l'air	Humidité relative	Mouvement d'air	Précipitation
Implantation groupement	Orientation nord /sud Groupement compact Recherche de l'ombre Troglodytisme et semi troglodytisme nomadisme	Orientation nord /sud Groupement compact Recherche de l'ombre Troglodytisme et semi troglodytisme nomadisme	Recherche de sources naturelles ou artificielles Oasis	Masques anti poussière	
forme	Forme compacte Voutes et coupoles toit plat	Forme compacte Voutes et coupoles toit plat			
Partition spatiale	Puits de lumière, patio Intérieur spacieux et haut Nomadisme journalier Espace de transition, galeries, iwan	Puits de lumière, patio Intérieur spacieux et haut Nomadisme journalier Espace de transition, galeries, iwan	Patio et cour intérieur avec végétation Citernes		
Enveloppe horizontale matérialisation	Capacité d'accumuler la chaleur Couleur claire Elimination air chaud Matériaux massifs	Capacité d'accumuler la chaleur Couleur claire Elimination air chaud Matériaux massifs		Orifices d'aspiration d'air chaud.	
Enveloppe verticale matérialisation	Capacité d'accumuler la chaleur Petites ouvertures Ouvertures occultées (brise-soleil) Auvents Matériaux massifs	Capacité d'accumuler la chaleur Petites ouvertures Ouvertures occultées (brise-soleil) Matériaux massifs		Recherche de brises nocturnes Orifices de ventilation	
Dispositifs particuliers	Moucharabieh, claustra		Humidificateurs (silsabil, chadar , chadouf)	Cheminée de ventilation (badgir), malkaf.	

Tableau 4.2. Recommandation pour l'insertion d'un bâtiment dans un climat aride et semi aride. Source : (ILLAOUNI, 2011)

CONCLUSION

Les paramètres physiques de climat jouent un rôle impératif dans la conception architecturale. L'étude de l'influence du climat sur le confort intérieur des bâtiments nécessite une connaissance approfondie sur les variables climatiques définissant la région d'étude. L'identification des facteurs climatiques permet de mieux comprendre leur impact sur le confort humain.

Après avoir identifié les variables qui affectent l'ambiance intérieure d'une manière positive ou négative, on a pu dévoiler que l'ensoleillement et la ventilation occupent le rôle le plus important dans la conception thermique.

Comprendre la course de soleil à travers les heures et les saisons, nous aide à choisir les bonnes solutions bioclimatiques à savoir : l'orientation de notre projet par rapport au soleil et au vent, le type de protection solaire le mieux adapté, ainsi que le bon zonage des espaces.

Les vents également influencent le climat car selon leur provenance, ils amènent de l'air sec ou humide, chaud ou froid. Dans un milieu urbain, le mouvement et l'écoulement du vent interagit avec les formes urbaines et peut être modifié par la présence d'obstacles tel que le bâti et la végétation, ce qui augmente sa vitesse et cause des effets non confortable.

Les reliefs de terrain, l'existence de la végétation et des plans d'eau ainsi que le type de milieu urbain sont également des variables que doit l'architecte les combiner avec d'autres paramètres dans la phase de conception de ses projets. De ce fait le rôle de l'architecte est de conserver le confort agréable, d'assurer un bon niveau d'éclairage et d'aération dans les espaces intérieurs et d'éviter la surchauffe.

Cinquième Chapitre

LE CAS D'ETUDE

INTRODUCTION

Dans les chapitres précédents, nous avons essayé de présenter les principaux concepts relatifs à notre sujet d'étude à travers une recherche bibliographique. Cette dernière nous a permis de comprendre le thème choisi dans tous ses aspects. En outre de construire un bagage scientifique qui peut nous servir par la suite à bien former notre corpus d'étude et de bien choisir l'outil de recherche, d'un autre côté, ce bagage nous aide à interpréter et discuter les différents résultats obtenus par le logiciel de simulation.

Alors, ce chapitre vient, en premier lieu, pour présenter la ville où se déroule notre étude afin d'avoir un bref aperçu sur : sa situation géographique, son aspect administratif, son climat et ses reliefs...etc. L'objectif final est de cerner les principales opportunités et contraintes de la région d'étude, en seconde lieu, ce chapitre comporte également une présentation de parc immobilier collectif de la ville de Biskra, afin de catégoriser le cas d'étude que nous allons adopter comme échantillon.

1) PRESENTATION DE LA WILAYA DE BISKRA

La wilaya de Biskra est une wilaya algérienne située au sud du pays et aux portes de Sahara algérien. Elle est la capitale des monts zab. A l'époque, durant la civilisation Romaine, elle était appelée « *vescera* », et surnommée aujourd'hui la « *reine de zibans* ».

La wilaya de Biskra compte une population de 775797 habitants selon le recensement de 2010 (DPAT, 2010), et la densité de population est supérieure à 200 hab. /km au niveau de chef lieu de la wilaya,

a) Aspect Administratif

La wilaya de Biskra s'étend sur une superficie de 21671 km². Elle est issue du découpage administratif de 1974 et comprend actuellement 12 daïras et 33 communes.

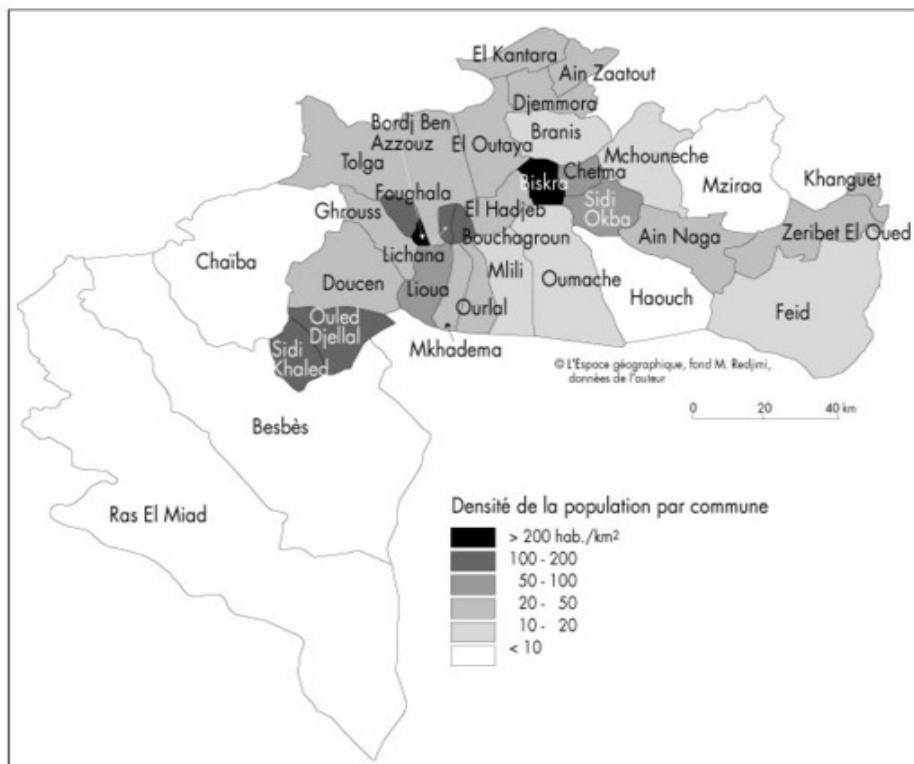


Figure 5.1. Les différentes communes de la wilaya de Biskra et la densité de population par commune. Source : (DPAT, 1997)

b) Situation géographique

Il est bien connu que la ville de Biskra occupe un site stratégique important, qui a contribué à sa croissance à travers différentes époques. Elle est considérée comme une porte au Sahara, aussi qu'un pôle d'échange et du commerce.

La wilaya de Biskra est située au sud-est algérien entre la région des Aurès et les Zibans. Elle se trouve dans la partie nord du désert à une latitude de 34.8°Nord, une longitude de 5.73°Est, avec une altitude de 111 mètres au-dessus du niveau de la mer. Ses limites territoriales se résument comme suit :

Contexte national : la ville de Biskra est située à :

- 425 km au Sud-Est de la capitale Alger.
- 243 km au Sud de wilaya de Constantine.
- 220 km au Nord de la daïra de Touggourt.
- 113 km à l'Est de la daïra de Bou Saada.

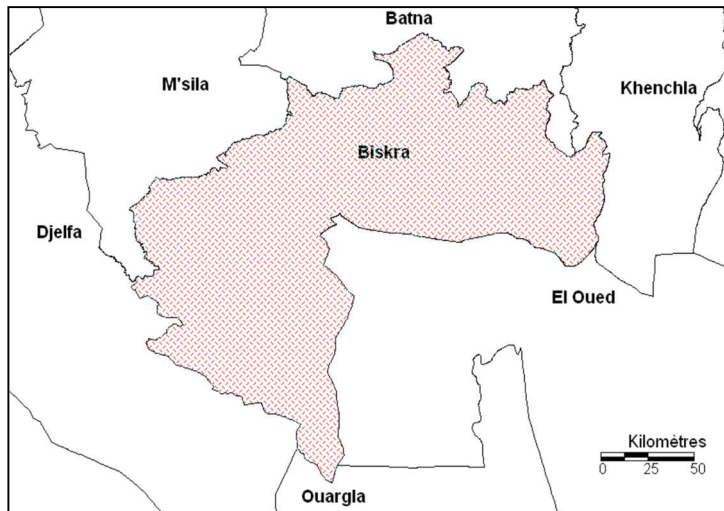


Figure 5.3 limites géographiques de la wilaya de Biskra a l'échelle régionale. Source : (BAKROUNE, 2012)

Contexte régional : la wilaya est délimitée :

- Au Nord : par La Wilaya de Batna.
- Au Nord Ouest : par La Wilaya de M'Sila.
- Au Nord Est : par La Wilaya de Khenchela.
- A l'Ouest : par La Wilaya de Djelfa.
- Au Sud Est : par La Wilaya d'El-Oued.
- Au sud : par la wilaya d'Ouargla.

Contexte local : le chef lieu de la wilaya est délimité :

- Au Nord : par La commune de Branis.
- Au Nord Ouest : par La commune de El Outaya.
- Au Nord Est : par La commune de Chetma.
- Au Sud Est : par La commune de Sidi Okba.
- Au Sud Ouest : par La commune de El Hadjeb.
- Au sud : par La commune de Bouchagroun.

c) Le relief

La topographie de la wilaya est caractérisée par une grande diversité, dont, nous trouvons en fonction de leur emplacement ce qui suit : (DPAT, 1997).

- **Au nord**, un petit secteur montagneux qui occupe une petite superficie. La plus haute montagne est Djebel Taktiout d'une altitude de 1924 m.
- **À l'ouest**, les plateaux ; ils s'étendent sur une superficie de 1210848 hectares



Figure 5.2 la situation géographique de la wilaya de Biskra a l'échelle nationale. Source : (BAKROUNE, 2012)

- **À l'est et au centre**, les plaines ; occupent une superficie importante, caractérisés par des sols profonds et fertile.
- **Au sud-est**, les dépressions ; qui constituent une assiette où se forment des nappes d'eau très minces constituant ainsi les chotts dont le plus important est le chott Melghir .

La ville est construite sur un terrain plat, traversée par oued "Sidi Zarzour". Cet oued descend des Aurès et arrive jusqu'au Chot Melghigh au sud de la wilaya.

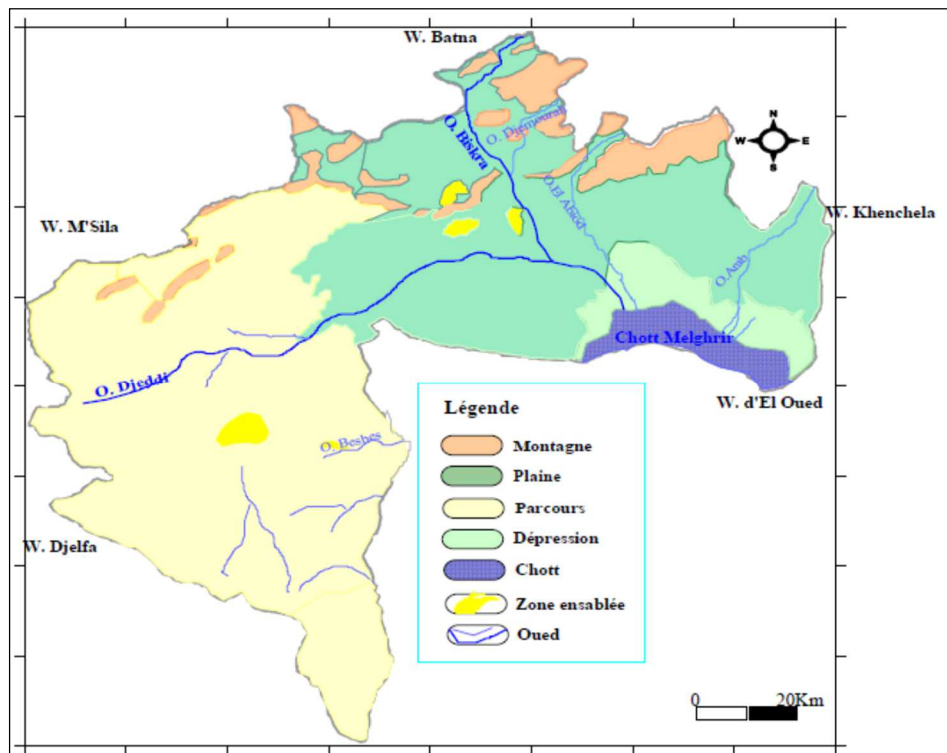


Figure 5.4 les reliefs de la wilaya de Biskra. Source : (SEDRATI, 2011)

d) Le climat

Comme elle est située aux porte de déserts, le climat de cette ville est saharien ; sec en été et très agréable en hiver. le climat de Biskra est caractérisé par ce qui suit :

1) La température de l'air

Selon la décade 2000-2010 de la station météo de Biskra, les températures moyennes mensuelles enregistrées dans la ville de Biskra, allant de 5.81 C° en janvier (le mois le plus froid de l'année) à 41.28 C° en juillet (le mois le plus chaud de l'année). Une moyenne annuelle de 28.5 C°. (Tableau 5.1)

Une fluctuation journalière qui peut atteindre le 10 degrés à cause de l'emplacement, l'altitude, l'environnement immédiat et la nature de ciel de cette ville. Cette fluctuation rend difficile de trouver des solutions architecturales et bioclimatiques face aux différents problèmes dus au climat plus particulièrement la surchauffe.

Mois	Jan	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sep	Oct.	Nov.	Déc.
Température maximale (°C)	16,93	19,28	23,71	27,14	32,39	37,15	41,28	40,21	34,2	29,76	22	17,41
Température minimale (°C)	5,81	7,18	11,69	15,09	20,07	24,27	28,13	27,66	22,90	18,50	11,68	7,08
Température moyenne (°C)	11,36	13,30	17,7	21,17	26,36	30,90	34,81	33,98	28,60	24,02	16,64	12,34

Tableau 5.1. La température moyenne mensuelle de Biskra pour les années (2000-2010). Source : station météo Biskra

2) Les vents

Les vents dominants pour cette région d'étude sont froids en hiver proviennent du nord et nord-ouest, et chauds en été proviennent du sud et sud-est. La vitesse moyenne mensuelle variée entre 3.57 m/s pour le mois d'octobre et 5.73 m/s pour le mois d'avril. Ce qui est représenté ci-dessous dans le « tableau 6.2 ».

Cette région est caractérisée aussi par les vents de sable venant du sud, en printemps généralement.

Mois	Jan	Fév.	Mar	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sep	Oct.	Nov.	Déc.
Vitesse de vent (m/s)	4.13	4.26	4.96	5.73	5.55	4.34	3.76	3.66	3.87	3.57	4.12	4.06

Tableau 5.2. La vitesse du vent moyenne mensuelle de Biskra (2000-2010).Source : station météo Biskra

3) L'humidité relative

Les valeurs les plus élevées de l'humidité relative qui ont été enregistrés dans cette ville étaient en mois de décembre d'une valeur de 59.34 %. Bien que, les faibles valeurs descendent à 25.06 % en mois du juillet (Tableau 5.3).

Nous pouvons dire que l'humidité relative est clairement liée à la variation de la température de l'air extérieur.

Mois	Jan	Fév.	Mar	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sep	Oct.	Nov.	Déc.
Humidité (%)	57,21	48,31	40,89	38,27	32,70	27,26	25,06	28,21	40,55	46,68	53,90	59,34

Tableau 5.3. L'humidité relative moyenne mensuelle de Biskra (2000-2010) .Source : station météo Biskra

4) Les précipitations

La quantité de précipitations enregistrées a un lien étroit avec les variations de la température. De telle sorte, lorsque les précipitations augmentent la température baisse, et le vice-versa.

La quantité des précipitations dans cette ville s'augmente dans la période qui s'étale du mois de décembre au mois de mai (Tableau 5.4), le reste de l'année les précipitations sont presque inexistantes. Les pluies tombent d'une manière irrégulière ; très fortes en hiver, et faibles en été.

Mois	Jan	Fév.	Mar	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sep	Oct.	Nov.	Déc.
précipitation (mm)	20,33	5,87	12,16	11,55	10,68	0,84	0,80	2,04	15,10	10,91	11	15,61

Tableau 5.4. Les précipitations moyennes mensuelles de Biskra (2000-2010) .Source : station météo Biskra

5) L'ensoleillement

Le nombre d'heure journalier d'ensoleillement arrive jusqu'au 14 heures en été, et 10 heures en hiver, ce qui représente sans aucun doute un temps considérable. Il est d'un coté une solution pour la période hivernale, et d'un autre un problème pour la période estivale.

Les mois les plus ensoleillés sont le mois de Mai, Juin, Juillet et Août ; dont le mois de juillet est le plus exposé au soleil avec une moyenne mensuelle estimée à 356.7 heures. Tandis que, le mois de décembre est le moins exposé avec une moyenne mensuelle de 221.4 heures. (Tableau 5.5).

Mois	Jan	Fév.	Mar	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sep	Oct.	Nov.	Déc.
Insolation (heures)	236.5	245.2	275.7	286.9	320	348.2	356.7	332.2	264.7	254.4	227.5	221.4

Tableau 5.5. L'insolation moyenne mensuelle de Biskra (2000-2010). ..Source : station météo Biskra

e) Calcul de l'indice d'aridité

L'indice d'aridité (E. De Martonne, 1923) est défini comme le rapport entre la hauteur moyenne des précipitations annuelles et la moyenne des températures annuelles. C'est une valeur utile pour exprimer les conditions climatique d'un lieu. L'indice est donné par la relation suivante :

$$I_a = P/t + 10 \dots \dots \dots (01)$$

Où

I_a : l'indice d'aridité annuel **P** : précipitations annuelles **T** : température moyenne annuelle en C°.

En appliquant cette relation pour la ville de Biskra nous trouvons le suivant :

$$I_a = 10.23/22,59 + 10 = 10,54. \quad \text{Donc : } I_a = 10.45$$

L'interprétation de cet indice se fait comme suit :

l'indice d'aridité	Type de climat
$0 < I_a < 5$	Hyper aride
$5 < I_a < 10$	Aride
$10 < I_a < 20$	Semi aride
$20 < I_a < 30$	Semi humide
$30 < I_a < 55$	Humide

Tableau 5.6. L'interprétation de l'indice d'aridité.

La valeur de **I_a** est située entre 10 et 20, on peut dire que le climat de Biskra est semi aride.

2) CRITERES DE CHOIX DE LA VILLE DE BISKRA

La ville de Biskra reflète le climat chaud et sec en Algérie, elle est choisie pour sa représentativité des milieux semi-arides. En outre, la grande consommation de l'énergie dans les logements afin d'atteindre le confort thermique intérieur, plus particulièrement pendant l'été, dans cette région a également fait un centre d'attention pour étudier cette ville.

3) LES CITES COLLECTIVES A BISKRA

Comme le reste des villes algériennes, la ville de Biskra a bénéficié de plusieurs programmes d'habitat collectifs au cours de son évolution. Ces programmes d'habitats collectifs ont été distribués sur quatre zones :

- Zone d'Habitat Urbain Nouvelle à l'est de la ville appelée « ZHUN Est » ;
- Zone d'Habitat Urbain Nouvelle à l'ouest de la ville appelée « ZHUN Ouest » ;
- Zone au centre de la ville appelée « zone centrale » ;
- Zone appelée « route de Batna ».

Puisque la zone centre est occupée par le programme d'habitat individuel, ainsi que par les différents équipements de proximité, et a cause de l'absence de l'assiette foncière au niveau de la zone du centre, la majorité des habitats collectifs ont été implantés soit dans la ZHUN Est ou la ZHUN Ouest. Ce que nous constatons dans le (tableau 6.7).

La liste des habitats collectifs ci-dessous couvre environ 95 % de la totalité des cités collectives dans la ville de Biskra. La direction de gestion de l'OPGI, l'agence foncière et la direction des logements de la ville de Biskra ont nous a aidé pour repérer et désigner les différentes cités.

La localisation de l'ensemble des habitats collectifs est comme ce qui suit :

Zone	No	Désignation de l'ensemble de l'habitat	Zone	No	Désignation de l'ensemble de l'habitat
ZHUN OUEST	1	522 logt ZHUN OUEST	ZHUN EST	38	748 logts ZHUN EST
	2	500 logt ZHUN OUEST		39	200 logts POLICE ZHUN EST
	3	1000 logt ZHUN OUEST		40	20 logts ZHUN EST
	4	100 logt ZHUN OUEST		41	54 logts ZHUN EST
	5	156 logt ZHUN OUEST agence foncière		42	322 logts ZHUN EST
	6	48/112 logt ZHUN OUEST agence foncière		43	200 logts ZHUN EST
	7	72 logt Sarl NEJMA ZHUN OUEST		44	50 logts POLICE ZHUN EST
	8	46 logt BERCAMA ZHUN OUEST		45	500 logts université ZHUN EST
	9	240 logt ZHUN OUEST		46	100 logts ZHUN EST agence foncière
	10	50 logt ZHUN OUEST		47	50 logts ZHUN EST
	11	178 logt ZHUN OUEST		48	Logements CNEP ZHUN EST
	12	350 logt ZHUN OUEST		49	110 logts ZHUN EST
	13	140 logt ZHUN OUEST		50	400 logts ZHUN EST
	14	244 logt ZHUN OUEST		51	300 logts ZHUN EST
	15	120 logt ENICAB ZHUN OUEST		52	302 logts ZHUN EST agence foncière
	16	82 logt WILAYA ZHUN OUEST		53	350/600 logts ZHUN EST

	17	50 CNEP ZHUN OUEST		54	110 logts ZHUN EST	
	18	396/726 logt ZHUN OUEST		55	186 logts ZHUN EST	
	19	120 logt SONATRACH ZHUN OUEST		56	190 logts ZHUN EST	
	20	100 logts FN POSTE ZHUN OUEST		57	200 logts ZHUN EST	
	21	40 LPA ELHADI YUCEF ZHUN OUEST		58	50 logts SONATRACH ZHUN EST	
	22	244 logt MINYAOUI ZHUN OUEST		59	110 logts ZHUN EST agence foncière	
	23	508/830 logt ZHUN OUEST		60	122 logts ZHUN EST	
	24	216/504 ZHUN OUEST belaiat		61	150/600 logts ZHUN EST	
	25	288/504 ZHUN OUEST belaiat	R O U T E D E B A T N A	62	72 logt Sarl ZIANI ROUTE DE BATNA	
	26	288 logt MDN ZHUN OUEST		63	56 logt Sarl HOUHOU ROUTE DE BATNA	
	27	135 logt promotionnels ZHUN OUEST		64	100/288 logt Sarl ELHADI ROUTE DE BATNA	
	28	120 logt DNC ZHUN OUEST		65	146 logt Sarl ZIANI ROUTE DE BATNA	
	29	54/194 logt AMOURI ZHUN OUEST		66	188/288 logt Sarl TAIB ELWARDI ROUTE DE BATNA	
	30	70/194 logt AMOURI ZHUN OUEST		67	70 logt Sarl MADINA ROUTE DE BATNA	
	31	72/194 logt AMOURI ZHUN OUEST		68	32 logt Sarl TAIB ELWARDI ROUTE DE BATNA	
	32	40 logt ZAABOUB ELHADJ ZHUN OUEST		69	56 logt Sarl ALLOUI ROUTE DE BATNA	
	33	104 logt ZHUN OUEST agence foncière				
C E N T R E	34	80 logts HLM zone centre				
	35	150 logts HLM zone centre				
	36	122 logts front d'oued zone centre				
	37	114 logts zone centre				

Tableau 5.7. Liste des habitats en fonction de leurs emplacements géographiques source : auteur.

4) CATEGORISATION DU CAS D'ETUDE

Afin de catégoriser le cas d'étude et pour faire choisir un échantillon, il était indispensable de faire une analyse typologique sur les habitats collectifs construits dans notre zone d'étude. L'analyse comprend un descriptif de chaque cité d'habitat à savoir : la forme en plan de son bâtie, la hauteur de ses bâtiments, le type d'implantation, la situation géographique...etc.

On s'est basé dans cette analyse sur les documents graphiques (les images aériennes de Google-earth et les photos prises sur site).

L'analyse a été effectuée sur l'ensemble de cités d'habitats illustrés dans le tableau 5.7, dont l'objectif était en premier lieu de, choisir un échantillon référence pour notre corpus d'étude. En second lieu, savoir quelles sont les typologies qu'on doit étudier dans cette présente recherche et composer un corpus d'étude.

ZONE CENTRE



Nombre de logements : 114 logements .

Typologie : habitat discontinu

Promoteur : OPGI.

Localisation : Au centre ville, le long d'oued Sidi Zarzour (front d'oued).

Description :

Nombre de niveaux : La hauteur des bâtiments est variable entre **R+3** et **R+4**, les commerces et les professions libérales occupent le rez-de-chaussée.

Forme de bâti : des immeubles **en bande** de tailles différentes, en forme de parallépipède. Et quatre immeubles **cubiques isolés**, une architecture simple. L'ensemble est structuré sur un axe linéaire parallèle à la route principale.

Stationnements: s'y fait le long des rues.



Nombre de logements : 150 logements HLM.

Typologie : habitat discontinu

Promoteur : programme d'état (le plan de Constantine).

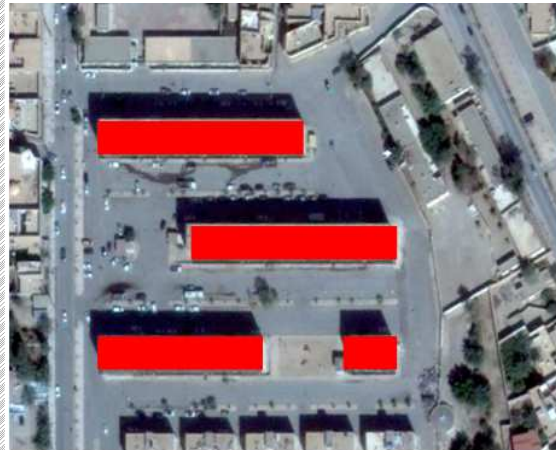
Localisation : Au centre ville à la proximité de jardin London.

Description :

Nombre de niveaux : La même hauteur pour tous les bâtiments **R+4** avec un sous sol occupé par les commerces et les professions libérales.

Forme de bâti : trois immeubles **en bande** de même taille et un immeuble isolé, Implantés parallèlement, une architecture simple et une volumétrie en forme de parallépipède. L'ensemble est perpendiculaire à la route principale.

Stationnements: s'effectuent le long des rues et sous forme de parking de surface.



Nombre de logements : 80 logements HLM.

Typologie : habitat discontinu

Promoteur : programme d'état (le plan de Constantine).

Localisation : Au centre ville à la proximité de jardin London.

Description :

Nombre de niveaux : **R+2** pour tous les bâtiments, le rez-de-chaussée est occupé souvent par des professions libérales.

Forme de bâti : l'unité de l'ensemble est donnée par la répétition de même volume « proche de cube », quinze immeubles **isolés** implantés à l'alignement. Séparés par des voies piétonnières, Implantés parallèlement et perpendiculairement à la trame viaire, une simple volumétrie.

Stationnements: s'effectuent le long des rues et sous forme de parking de surface.



Nombre de logements : 122 logements.

Typologie : habitat discontinu

Promoteur : OPGI.

Localisation : Au centre ville près du siège de la police et de la résidence de wali.

Description :

Nombre de niveaux : La même hauteur pour tous les bâtiments **R+4**. Le côté de la façade commerciale, le rez-de-chaussée est réservé pour les commerces.

Forme de bâti : quatre immeubles dont deux immeubles sont **isolés** en forme de cube, et les deux autres sont **en bande** sous forme de parallépipède. Une volumétrie simple malgré quelques décrochements. Bâti aligné sur les rues qui suit le quadrillage des voies.

Stationnements: s'y fait le long des rues et des trottoirs. l'espace intermédiaire est exploité comme un air de jeu le jour, et comme un parking la nuit.



Plan de mase



ZHUN OUEST



Nombre de logements : 500 logements .

Typologie : habitat discontinu

Promoteur : OPGL.

Localisation : course ZHUN ouest.

Description :

Nombre de niveaux : La hauteur des bâtiments est fixe **R+5**.

morphologie urbaine : l'ensemble des bâtis est repartis sur un axe linéaire parallèle à la route principale, **8** blocs ayant une forme bâtie similaire, en symétrie selon un axe diagonale. Le bâti est linéaire non ramifier. des constructions répétitives et équivalentes. On voit également, des éléments architecturaux entrant et sortant (balcons et porte à faux) créant un jeu de volume sur la façade.

Stationnements: s'y fait le long des rues et des trottoirs. A cause de l'absence de l'espace publique.



Nombre de logements : 522 logements

Typologie : habitat discontinu

Promoteur : OPGL.

Localisation : course ZHUN ouest.

Description :

Nombre de niveaux : une hauteur variable, de **R+3 à R+4**, le R.D.C est occupé parfois par les commerces.

morphologie urbaine : Deux différents aspects formels, le principe est de répéter les blocs en **U**, et en **T** sur un axe symétrique, les blocs sont Implantés à alignement de la rue, parallèlement ou perpendiculairement à la route, les espaces internes est exploité comme des espaces vers, des airs des jeux ou des parkings .un jeu de disposition des volumes créant un dynamique dans les façades.

Stationnements: s'effectuent le long des rues ou à l'intérieur entre les blocs.



Nombre de logements : 100 logements

Typologie : habitat discontinu

Promoteur : OPGL.

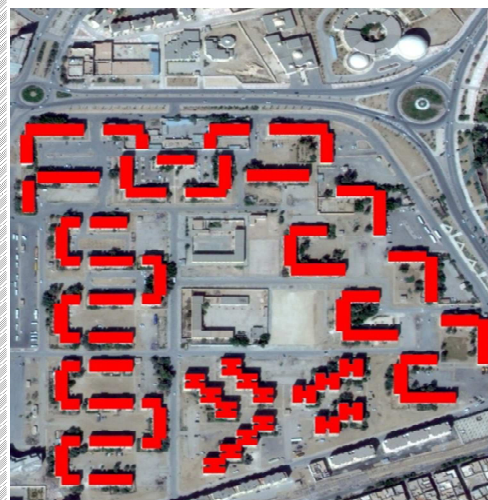
Localisation : course ZHUN ouest. A la proximité de 500 logements.

Description :

Nombre de niveau : **R+5** pour tous les bâtiments.

morphologie urbaine: quatre immeubles en **I**, 3 blocs de même taille et un bloc plus petit, disposé en juxtaposition et d'une façon symétrique,. Le bâti est ponctuel et non ramifier. Aligné sur la rue. Des volumes sortant au niveau des coins formant un jeu de volume qui donne une richesse aux façades.

Stationnements: s'effectuent le long des rues ou entre les deux immeubles au niveau des espaces intérieurs.



Nombre de logements : 1000 logements.

Typologie : habitat discontinu

Promoteur : OPGL.

Localisation : Hey El Amel près de musée El Moujahid.

Description :

Nombre de niveau : hauteur variable des bâtiments allant de **R+2 à R+4**. Parfois le rez-de-chaussée est réservé pour les commerces et les professions libérales.

morphologie urbaine : le quartier de 1000 logements présente une mixité des typologies : des formes de **U**, autres en **I**, en **H**, en **L** et des formes en **bande** qui est la plus affichée, les blocs sont disposés d'une manière souple dans le terrain. des espaces communs ouverts qui autorise une mixité fonctionnelle. Une volumétrie sous forme de parallélépipède généralement isolé ou articulé pour former les autres typologies. un changement de hauteur au niveau des blocs latéraux.

Les 1000 logements est la cité la plus connue au niveau de la ville
Stationnement: s'y fait le long des rues et au parking du surface.



ZHUN OUEST



Nombre de logements : 48/112 AF logements .

Typologie : habitat continu

Promoteur : Agence Foncière.

Localisation : course ZHUN OUEST près de 156 logements.

Description :

Nombre des niveaux : le bâtiment est en R+3, le commerce occupe le rez-de-chaussée.

morphologie urbaine : un seul immeuble en bande, sous forme de parallépipède, le RDC est en retrait ce qui a fait des décrochements au niveau de la façade. Les balcons au niveau des coins du bâtiment participent aussi dans la composition. L'immeuble est implanté sur un axe linéaire parallèle à la route principale.

Stationnements: s'y fait le long des rues et des trottoirs .



Nombre de logements : 156 logements

Typologie : habitat discontinu

Promoteur : Agence Foncière.

Localisation : course ZHUN OUEST.

Description :

Nombre des niveaux : La même hauteur pour tous les bâtiments en R+3.

morphologie urbaine : Ce quartier se caractérise par la mixité du programme. Quatre immeubles en bande, dont 3 ont la même taille, l'autre est plus petit, allongés sur un axe linéaire, un bâti linéaire ramifié, une volumétrie sous forme de parallépipède. L'ensemble est aligné sur la rue et parallèle à la route principale.

Stationnements: s'effectuent le long des rues, ou aux décrochements au niveau des trottoirs.



Nombre de logements : logements BERCAMA

Typologie : habitat discontinu

Promoteur : BET BERCAMA

Localisation : course ZHUN OUEST.

Description :

Nombre des niveaux : variable allant de R+2 à R+3 le rez-de-chaussée est occupé souvent par des commerces ou comme des garages.

morphologie urbaine : L'unité de l'ensemble est donnée par la juxtaposition des blocs, des bâtiments sous forme des cubes ou des parallépipèdes. Séparés par des voies piétonnières, Implantés parallèlement à la rue principale . Une organisation non homogène des blocs, probablement à cause de la haute densité.

Stationnements: s'effectuent le long des rues et au long des trottoirs à cause de manque des espaces publics.



Nombre de logements : logements El Hadi.

Typologie : habitat discontinu

Promoteur : SARL ELHADI.

Localisation : course ZHUN OUEST près des logements AMOURI.

Description :

Nombre des niveaux: La même hauteur pour tous les bâtiments R+4. le rez-de-chaussée est réservé pour les commerces.

morphologie urbaine : Un immeuble en forme de U, les angles sont arrondis. Un autre en L. Une organisation sur les limites de l'ilot : la disposition des bâtiments est assortie avec la forme triangulaire de l'ilot. Le bâti est non ramifié .la volumétrie est simple malgré quelques décrochements au niveau des angles.

Stationnements: s'effectuent le long des rues et au niveau de parking situé entre les deux blocs. L'espace intermédiaire est exploité comme un air de jeu



ZHUN OUEST



Nombre de logements : 50 logements .

Typologie : habitat discontinu

Promoteur : OPGI.

Localisation : COURSE ZHUN OUEST.

Description :

Nombre des niveaux : le bâtiment est en **R+3**.

morphologie urbaine : un immeuble en **H** .le volume au centre du bâtiment est en saillie. l'entrée est remarquable par le vide entre les deux ailes de bâtiment. Le bâti est ponctuel non ramifié et sur les limites de l'îlot. L'implantation est sur un axe linéaire parallèle à la route principale.

Stationnements: s'y fait le long des rues.



Nombre de logements : 240 logements

Typologie : habitat discontinu

Promoteur : OPGI.

Localisation : COURSE ZHUN OUEST.

Nombre des niveaux: La même hauteur pour tous les bâtiments **R+4**.

morphologie urbaine: Dix immeubles **en bande** différent en taille et en orientation, Implantés parallèlement ou perpendiculairement de la route suit le tramage viaire. L'entrée est remarquable par un volume élevé sur des poteaux. ce qui a fait des décrochements au niveau de la façade. une volumétrie en forme de parallélépipède. Un bâti linéaire est non ramifié.

Stationnements: s'effectuent le long des rues et sous forme de parking de surface.



Nombre de logements : 350 logements

Typologie : habitat discontinu (collectif et semi collectif)

Promoteur : OPGI .

Localisation : COURSE ZHUN OUEST.

Nombre des niveaux: la hauteur est variable **R+2** et **R+3**, au niveau de l'axe principal qui divise la cité en deux, le rez-de-chaussée est occupé par le commerce et les garages.

morphologie urbaine : l'unité de l'ensemble est donnée par la répétition du même volume « en bande » qui a des tailles différentes. Deux bâtiments **en arc** couronnent le côté nord de la cité. Les bâtiments sont généralement implantés à l'alignement, parallèlement ou perpendiculairement à la trame viaire,

Stationnements: s'effectuent le long des rues et à l'intérieur des espaces communs.



Nombre de logements : 178 logements.

Typologie : habitat discontinu

Promoteur : OPGI.

Localisation : COURSE ZHUN OUEST.

Description :

Nombre des niveaux : La même hauteur pour les deux bâtiments **R+4**.

morphologie urbaine : Deux immeubles parallélépipédiques, parallèlement posés. implanté dans un îlot triangulaire, le bâti est ramifié, en retrait par rapport à la rue, désobéissant à la trame viaire. Les angles dans ces bâtiments sont arrondis.

Stationnements: s'y fait le long des rues et des trottoirs. l'espace non bâti est exploité comme un air de jeu, et comme un espace vert.



ZHUN OUEST



Nombre de logements : 244 logements .

Typologie : habitat discontinu

Promoteur : OPGI.

Localisation : HEY EL-DARNOUNI.

Description :

Nombre de niveau : La hauteur des bâtiments est le même **R+4**, les commerces, les professions libérales et les administrations occupent souvent le rez-de-chaussée.

Forme de bâti : le bâti est linéaire non ramifié. des immeubles **en bande** de tailles différentes, en forme de parallélépipède. Une architecture simple. L'ensemble est structuré sur un axe linéaire parallèle à la route de côté sud. La cité est un peu dense.

Stationnements: s'y fait le long des rues et des trottoirs.



Nombre de logements : 140 logements

Typologie : habitat discontinu

Promoteur : OPGI.

Localisation : HEY EL-DARNOUNI.

Description :

Nombre de niveau : hauteur identique pour tous les bâtiments **R+4**.

Forme de bâti : quatre volumes, dont, deux en forme de **L** et deux autres en forme de **U**. de même taille. Implantés en symétrie et parallèlement, une architecture simple et une volumétrie avec un peu de décrochement surtout au niveau de la cage escalier. . L'ensemble est perpendiculaire à la route principale.

Stationnements: s'effectuent au niveau de l'espace commun et le long des rues.



Nombre de logements : 82 logements WILAYA

Typologie : habitat discontinu

Promoteur : WILAYA DE BISKRA

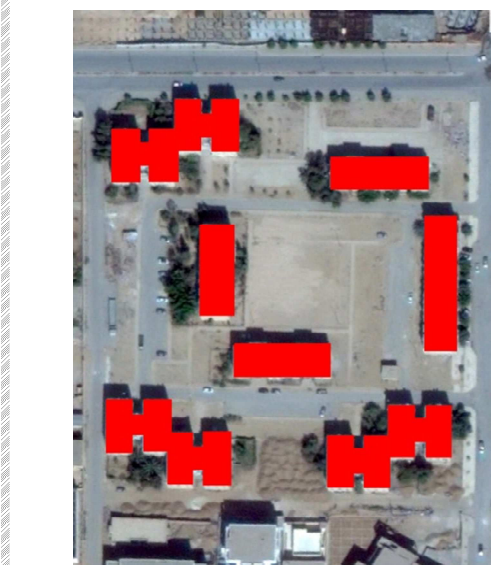
Localisation : HEY EL-DARNOUNI.

Description :

Nombre de niveaux : **R+2** pour tous les bâtiments, le rez-de-chaussée est parfois occupé par des professions libérales et du commerce.

Forme de bâti : l'unité de l'ensemble est donnée par la répétition de même volume « **proche de cube** », Implantés au sein de l'ilot d'une manière souple. Le volume est caractérisé par simplicité et sa compacité.

Stationnements: s'effectuent le long des rues et sous forme de parking de surface.



Nombre de logements : 120 logements ENICAB.

Typologie : habitat discontinu

Promoteur : ENICAB.

Localisation : HEY EL-DARNOUNI.

Description :

Nombre des niveaux : La même hauteur pour tous les bâtiments **R+3**.

morphologie urbaine : quatre immeubles **en bande** et six autres en **H** cette cité se caractérise par sa faible densité. Les bâtiments en H occupent les angles de l'ilot, les autres en bande sont implantés au centre et au côté est de l'ensemble. Une volumétrie simple malgré quelques décrochements. Bâti aligné sur les rues et suit le quadrillage des voies.

Stationnements: s'y fait aux espaces communs qui forment des lieux de jeu le jour, et un parking la nuit.



ZHUN OUEST



Nombre de logements : 396/726 logements .

Typologie : habitat discontinu

Promoteur : OPGI.

Localisation : ROUTE DE HAMMAM EL SALHINE.

Description :

Nombre des niveaux : La hauteur des bâtiments est variable entre **R+3** et **R+4**, les commerces et les professions libérales et les administrations occupent souvent le rez-de-chaussée.

morphologie urbaine : une diversité des formes : des immeubles **en bande** de tailles différentes, autres en forme de **L**. et aussi en **plot**. Eparpillé au sein des îlots d'une façon qu'ils soient en obéissance avec le tramage viarie. Les bâtiments emboîtent les espaces communs

Stationnements: Sous forme de parking de surface, et le long des rues et des trottoirs.



Nombre de logements : 50 logements CNEP

Typologie : habitat discontinu

Promoteur : CNEP.

Localisation : ROUTE DE HAMMAM EL SALHINE.

Description :

Nombre des niveaux : **R+2** pour tous les bâtiments le RDC est occupé par les commerces et les professions libérales.

morphologie urbaine : trois immeubles en forme de **Y** de même taille, Implantés parallèlement, une architecture et une volumétrie simple. L'ensemble est perpendiculaire à la route principale. Le bâti est linéaire et non ramifié a cause de l'existence de décrochement au niveau de volume.

Stationnements: s'effectuent le long des rues et sous forme de parking de surface.



Nombre de logements : 100 logements FN POSTE

Typologie : habitat discontinu

Promoteur : OPGI.

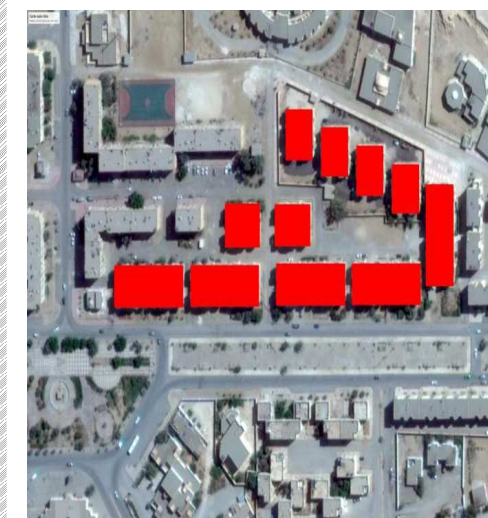
Localisation : BOULEVARD DE HAMMAM EL SALHINE.

Description :

Nombre des niveaux : **R+3** pour tous les bâtiments, le rez-de-chaussée est réservé pour le commerce.

morphologie urbaine : Un bâti **en bande** sous forme de parallélépipède. implantés à l'alignement séparés par des voies piétonnières, Implantés en assorti avec la forme de l'îlot. une simple volumétrie avec des éléments sortants et entrants qui donnent une richesse et une beauté à la façade.

Stationnements: s'effectuent le long des rues et trottoirs.



Nombre de logements : 120 logements SONATRACH.

Typologie : habitat discontinu

Promoteur : SONATRACH.

Localisation : ROUTE DE HAMMAM EL SALHINE.

Description :

Nombre des niveaux : Une hauteur variable entre **R+2** et **R+3**.

morphologie urbaine : Une conception architecturale basée sur le jeu de volume. La cité englobe onze volumes variés en forme bâtie entre **rectangle** et **carré** Une volumétrie riche et complexe le Bâti est en retrait par rapport les rues. Une obéissance du bâti au quadrillage des voies.

Stationnements: s'y fait le long des rues et des trottoirs.



ZHUN OUEST



Nombre de logements : 244 logements .

Typologie : habitat continu

Promoteur : OPGI.

Localisation : PRES DE HAMMAM EL SALHINE.

Description :

Nombre de niveaux : La hauteur des bâtiments est variable entre **R+2** et **R+3**, le commerce, les professions libérales et les administrations occupent le rez-de-chaussée.

Forme de bâti : la cité est linéaire. Le jeu de volume caractérise la conception architecturale de cette cité. Des niveaux en saillie et autres en entrants. Les blocs sont agencés en juxtaposition et séparés par des passages piétonniers. Le bâti est en retrait par rapport au boulevard et parallèlement implanté.

Stationnements: s'y fait le long des rues et des trottoirs.



Nombre de logements : 40 logements Lpa El Hadi

Typologie : habitat discontinu

Promoteur : EL HADI

Localisation : HEY CHAHID NASRI

Description :

Nombre de niveaux : La même hauteur pour tous les bâtiments **R+3** avec un sous sol occupé par le commerce et les professions libérales.

Forme de bâti : deux immeubles en **L** de différente en taille, Implantés en retrait par rapport à la rue. Le traitement des angles par des volumes sortants fait une richesse et donne une dynamique au volume. L'ensemble est parallèle à la route principale.

Stationnements: s'effectuent a l'intérieur au niveau de l'espace commun.



Nombre de logements : 216/504 logements

Typologie : habitat discontinu

Promoteur : OPGI.

Localisation : HEY BELAIAT.

Description :

Nombre de niveaux : variable entre **R+3** et **R+4**, le rez-de-chaussée est occupé souvent par des professions libérales.

Forme de bâti : des bâtiments éparpillés au sein de différents îlots. Sous forme de **bande**, sont implantés en deux sens (longitudinal et transversal) parallèlement ou perpendiculairement à la trame viaire, des balcons et des séchoirs en saillie pour enrichir l'architecture de la façade. Implantés une simple volumétrie.

Stationnements: s'effectuent le long des rues et sous forme de parking de surface.



Nombre de logements : 508/830 logements.

Typologie : habitat discontinu

Promoteur : OPGI.

Localisation : PRES DE HAMMAM EL SALHINE.

Description :

Nombre des niveaux : varié entre **R+3** et **R+4**. Le rez-de-chaussée est réservé pour les commerces.

morphologie urbaine : les immeubles parallélépipédiques en forme bâti avec des différentes tailles. Le jeu de volume est assuré par le jeu des niveaux et souvent par les éléments architecturaux saillants. Une volumétrie simple malgré quelques décrochements. Bâti aligné sur les rues implanté en parallèle ou perpendiculairement au tramage viaire. Le bâti est linéaire et non ramifié.

Stationnements: s'y fait le long des rues et des trottoirs. l'espace intermédiaire est exploité comme un air de jeu le jour, et comme un parking la nuit.



ZHUN OUEST



Nombre de logements : 288 logements MDN.

Typologie : habitat discontinu

Promoteur : MDN.

Localisation : HEY BELAIAT.

Description :

Nombre de niveaux : La hauteur des bâtiments est variable entre R+3 et R+4.

Forme de bâti : quatre bâtiments en bande de tailles différentes, en forme de parallépipède. Un jeu de volume est formé par les éléments en saillie. Une toiture plate et non accessible. L'ensemble est implanté au bord de l'îlot, parallèle à la route.

Stationnements : s'y fait à l'intérieur de la cité dans un espace ouvert gardé.



Nombre de logements : 288/504 logements

Typologie : habitat discontinu

Promoteur : OPGI.

Localisation : PRES DE HAMMAM EL SALHINE.

Description :

Nombre de niveaux : variable entre R+3 et R+4,

Forme de bâti : des immeubles en bande de taille différente, Implantés parallèlement ou perpendiculairement à la trame viaire, en retrait par rapport à la rue. les balcons sortent sous forme de triangle ce qui casse la rigidité de la façade. une cité un peu dense.

Stationnements : s'effectuent le long des rues ou au niveau des espaces communs.



Nombre de logements : 120 logements DNC

Typologie : habitat discontinu

Promoteur : OPGI.

Localisation : HEY EL-IZDIHAR à la proximité de chemin de fer et de trémie.

Description :

Nombre de niveaux : R+2 pour tous les bâtiments,

Forme de bâti : répétition de même volume en plot selon différents axes. l'unité est sous forme de cube implantés à l'alignement séparés par des voies piétonnières, une simple volumétrie.

Stationnements : s'effectuent le long des rues et sous forme de parking de surface.



Nombre de logements : 135 logements promotionnel

Typologie : habitat discontinu

Promoteur : agence foncière.

Localisation : HEY EL-IZDIHAR.

Description :

Nombre des niveaux : La hauteur est variée entre R+1 et R+2.

morphologie urbaine : la cité est dense, les bâtiments occupent une grande surface de l'îlot. Huit bâtiments en plot et six autres en bande implantés à l'intérieur et aux extrémités de l'îlot. la volumétrie est complexe caractérisé par le jeu de niveau et par les éléments sortants et entrants. Le bâti est aligné sur les rues, en obéissance avec le quadrillage des voies.

Stationnements : s'y fait le long des rues et des trottoirs.



ZHUN EST



Nombre de logements : 200 logements POLICE.

Typologie : habitat discontinu
Promoteur : MINISTERE DE LA POLICE.
Localisation : EL-ALIA.

Description :
Nombre des niveaux : La hauteur des bâtiments est variable entre R+3 et R+4, les commerces et les professions libérales occupent le rez-de-chaussée.

Forme de bâti : quatre bâtiments en T et deux autres en L, une architecture simple avec peu de décrochement au niveau des faces latérales. Le bâti est aligné par rapport à la rue. L'ensemble est structuré sur un axe linéaire parallèle à la route principale.

Stationnements: s'y fait le long des rues et dans les espaces communs de la cité.



Nombre de logements : 748 logements

Typologie : habitat discontinu
Promoteur : OPGI
Localisation : EL-ALIA.

Description :
Nombre des niveaux : La même hauteur pour tous les bâtiments R+4 avec un sous sol occupé par les commerces et les professions libérales.

Forme de bâti : Des bâtiments en bande de différentes tailles, Implantés parallèlement, une architecture simple et une volumétrie en forme de parallélépipède. L'ensemble est perpendiculaire à la route.

Stationnements: s'effectuent le long des rues et sous forme de parking de surface.



Nombre de logements : 54 logements

Typologie : habitat discontinu
Promoteur : OPGI.
Localisation : EL-ALIA.

Description :
Nombre des niveaux : R+4 pour tous les bâtiments, le RDC est occupé par le commerce.

Forme de bâti : l'ensemble est composé par la répétition des unités cubiques sur des axes horizontaux parallèles. quinze immeubles isolés implantés à l'alignement séparés par des voies piétonnières, Implantés parallèlement ou perpendiculairement à la trame viaire, une volumétrie qui se caractérise par la complexité et le jeu de volume.

Stationnements: s'effectuent le long des rues et sous forme de parking de surface.



Nombre de logements : 20 logements.

Typologie : habitat discontinu
Promoteur : OPGI.
Localisation : EL-ALIA.

Description :
Nombre des niveaux : La hauteur est variable entre R+1 et R+2.
Forme de bâti : deux formes irrégulières planaire et non ramifiées. Implanté en retrait par rapport à la rue. Une volumétrie simple malgré le jeu de niveau.
Stationnements: s'y fait le long des rues et des trottoirs. l'espace



ZHUN EST



Nombre de logements : 200 logements.

Typologie : habitat discontinu

Promoteur : OPGI.

Localisation : EL-ALIA.

Description :

Nombre de niveau : La hauteur des bâtiments est le même **R+4**, les commerces et les professions libérales occupent le rez-de-chaussée.

Forme de bâti : des immeubles **en bande** de tailles différentes, en forme de parallépipède, une architecture simple. L'ensemble est en alignement, structuré sur un axe linéaire parallèle à la route principale. Le bâti est linéaire et non ramifié. les toitures sont plats et inaccessibles.

Stationnements: s'y fait le long des rues.



Nombre de logements : 322 logements

Typologie : habitat discontinu

Promoteur : OPGI.

Localisation : EL-ALIA.

Description :

Nombre de niveau : La même hauteur pour tous les bâtiments **R+4** avec un sous sol occupé par les commerces et les professions libérales.

Forme de bâti : des bâtiments **en bande** de différente, structurés d'une manière régulière. Implantés parallèlement, ou perpendiculairement à la route. Une architecture simple et une volumétrie en forme de parallépipède. La toiture est plate et inaccessible. .

Stationnements: s'effectuent le long des rues et sous forme de parking de surface.



Nombre de logements : 500 logt UNIVERSITE

Typologie : habitat discontinu

Promoteur : MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT .S.

Localisation : EL-ALIA.

Description :

Nombre des niveaux : **R+5** pour tous les bâtiments, le rez-de-chaussée est parfois occupé par des professions libérales et le commerce.

Forme de bâti : les bâtiments sont disposés d'une manière souple et régulière, aux extrémités de l'îlot. En **bande** implantés à l'alignement séparés par des vois mécaniques, Implantés parallèlement ou perpendiculairement a la trame viaire, une simple volumétrie.

Stationnements: s'effectuent le long des rues et sous forme de parking de surface.



Nombre de logements : 50 logements POLICE.

Typologie : habitat discontinu

Promoteur : MINISTERE DE LA POLICE.

Localisation : EL-ALIA.

Description :

Nombre des niveaux : La même hauteur pour tous les bâtiments **R+3**.

Forme de bâti : deux bâtiments **en bande**, implantés face à face. Une volumétrie simple sous forme de parallépipède avec peu de décrochement au niveau de la cage d'escalier. le bâti est implanté en retrait et perpendiculairement à la route principale. La toiture est plate et inaccessible.

Stationnements: s'y fait le long des rues et des trottoirs. l'espace intérieur est exploité comme espace de jeu et comme espace vert.



ZHUN EST



Nombre de logements : 50 logements

Typologie : habitat discontinu

Promoteur : OPGI.

Localisation : EL-ALIA

Description :

Nombre des niveaux : La hauteur des bâtiments est fixe **R+3**.

Forme de bâti : des bâtiments en **plot** avec un patio intérieur, ces bâtiments sont de mêmes tailles. Un autre bâtiment en **I** représente la moitié des autres formes. les éléments entrants et sortants donnent une dynamique au volume, aussi, la route au milieu de bâtiments casse la rigidité des formes cubiques. L'ensemble est structuré sur un axe linéaire parallèle à la route principale. Un bâti ponctuel non ramifié et en retrait par rapport à la rue.

Stationnements: s'y fait le long des voies.



Nombre de logements : 100 logements AF

Typologie : habitat discontinu

Promoteur : AGENCE FONCIERE.

Localisation : EL-ALIA

Description :

Nombre des niveaux : La même hauteur pour tous les bâtiments **R+4** avec un sous sol occupé par les commerces.

Forme de bâti : trois immeubles en forme de **Y** de même taille et les autres en forme irrégulière. Implantés parallèlement, une architecture simple et une volumétrie en forme de parallélépipède. L'ensemble est perpendiculaire à la route principale.

Stationnements: s'effectuent le long des rues et sous forme de parking de surface.



Nombre de logements : 110 logements

Typologie : habitat discontinu

Promoteur : OPGI.

Localisation : EL-ALIA.

Description :

Nombre des niveaux : **R+4** pour tous les bâtiments, le rez-de-chaussée est occupé souvent par le commerce.

Forme de bâti : la forme du bâtiment est irrégulière. Le bâti est linéaire qui suit les bordures de l'ilot. implantés à l'alignement, Implantés parallèlement à la trame viaire,

Stationnements: s'effectuent le long des rues .



Nombre de logements : logements CNEP.

Typologie : habitat discontinu

Promoteur : CNEP.

Localisation : EL-ALIA

Description :

Nombre des niveaux : La hauteur variée entre **R+2 et R+3**. Le côté de la façade commerciale, le rez-de-chaussée est réservé pour les commerces.

Forme de bâti : trois bâtiments : deux immeubles en **L** et l'autre en **I**, implanté en retrait, parallèlement à la route. Une volumétrie qui se caractérise par les niveaux sortants et entrants. Le bâti est linéaire non ramifié.

Stationnements: s'y fait le long des rues et des trottoirs. l'espace



ZHUN EST



Nombre de logements : 300 logements.

Typologie : habitat discontinu

Promoteur : OPGI.

Localisation : EL-ALIA.

Description :

Nombre des niveaux : La hauteur des bâtiments est variable entre R+3 et R+4, les commerces et les professions libérales occupent le rez-de-chaussée.

Forme de bâti : un immeuble en bande et autre en U. implanté aux limites de l'îlot, parallèlement et face à face, une architecture simple. L'ensemble est structuré sur un axe linéaire parallèle à la route principale. Le bâti est non ramifié est aligné par rapport à la rue.

Stationnements: s'y fait le long des rues.



Nombre de logements : 400 logements

Typologie : habitat discontinu

Promoteur : OPGI.

Localisation : EL-ALIA.

Description :

Nombre des niveaux : La même hauteur pour tous les bâtiments R+4 avec un RDC occupé par les commerces et les professions libérales.

Forme de bâti : ensemble des bâtiments en bande et en plot de différente taille, Implantés régulièrement, parallèlement à la route une architecture simple et une volumétrie en forme de parallépipède avec peu de décrochements. Le bâti est en retrait par rapport à la rue.les limites de l'îlot sont clairement définis.

Stationnements: s'effectuent le long des rues et des trottoirs.



Nombre de logements : 350/ 600 logements

Typologie : habitat discontinu

Promoteur : OPGI.

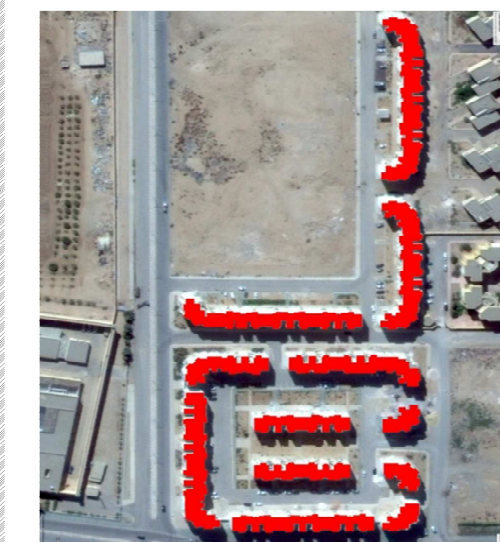
Localisation : ZHUN EST. EL-ALIA.

Description :

Nombre des niveaux : R+2 et R+3.

Forme de bâti : vu le grand nombre de logements, on trouve une diversité et une mixité du programme. Les bâtiments sont en bande, en L, en U. des immeubles implantés en retrait par rapport la route séparés par des vois mécaniques, Implantés parallèlement ou perpendiculairement au tramage viaire, le bâti est planaire non ramifié.

Stationnements: s'effectuent le long des rues et le long des trottoirs.



Nombre de logements : 302 logements.

Typologie : habitat discontinu

Promoteur : OPGI.

Localisation : ZHUN EST. EL-ALIA.

Description :

Nombre des niveaux : La même hauteur pour tous les bâtiments R+4. Le côté de la façade commerciale, le rez-de-chaussée est réservé pour les commerces.

Forme de bâti : des bâtiments en L, autres en U et en bande à des tailles différentes, implantés à l'alignement. Le bâti est structuré d'une façon qu'il marque les limites de l'îlot. Une volumétrie simple malgré quelques décrochements.

Stationnements: s'y fait le long des rues et des trottoirs. l'espace intérieur est réservé pour les espaces verts.



ROUTE DE BATNA



Nombre de logements : 56 logements HOUHOU.

Typologie : habitat discontinu
Promoteur : SARL HOUHOU Boussairi .
Localisation : ROUTE DE BATNA.

Description :
Nombre des niveaux : R+4, les commerces et les professions libérales occupent le rez-de-chaussée.
Forme de bâti : un immeuble en bande et autre en L, en forme de parallélépipède. une architecture simple. L'ensemble est disposé face à face. Bâti linéaire parallèle à la route principale.
Stationnements: s'y fait le long des rues. L'espace intérieur est aussi exploité comme parking.



Nombre de logements : 40 logements ZIANI

Typologie : habitat discontinu
Promoteur : SARL ZIANI
Localisation : ROUTE DE BATNA.

Description :
Nombre des niveaux : R+3et R+2.
Forme de bâti : sept immeubles en bande de même taille, Implantés parallèlement, en retrait par rapport à la rue. Un jeu de volume au niveau de la conception architecturale. Le bâti est ponctuel non ramifié implantés parallèlement par rapport au tramage viaire. Les toits sont plats et non accessible.
Stationnements: s'effectuent le long des rues et le long de trottoir.



Nombre de logements : 146 logements ZIANI

Typologie : habitat discontinu
Promoteur : SARL ZIANI
Localisation : ROUTE DE BATNA.

Description :
Nombre des niveaux : R+5 pour tous les bâtiments, le rez-de-chaussée est réservé pour les professions libérales et le commerce.
Forme de bâti : la cité est composé par la répétition de même volume « un cube », douze immeubles isolés implantés en retrait par rapport la voie séparés par des vois mécaniques, éparpillés au sein de l'ilot d'une manière anarchique, une très simple volumétrie et rigide.
Stationnements: s'effectuent le long des rues et sous forme de parking de surface.



Nombre de logements : 100/288 logements ELHADI.

Typologie : habitat discontinu
Promoteur : SARL EL-HADI.
Localisation : ROUTE DE BATNA.

Description :
Nombre des niveaux : La même hauteur pour tous les bâtiments R+4. Le coté de la façade principale, le rez-de-chaussée est réservé pour les commerces.
Forme de bâti : quatre immeubles en bande et un bâtiment en L, le volume est parallélépipédique. Implantés à l'alignement. Une volumétrie simple malgré quelques éléments entrants et sortants. Le bâti est linéaire et non ramifié. La toiture est plate et non utilisée.
Stationnements: s'y fait le long des rues et des trottoirs.



ROUTE DE BATNA



Nombre de logements : 70 logements EL MADINA.

Typologie : habitat discontinu

Promoteur : OPGI.

Localisation : ROUTE DE BATNA.

Description :

Nombre des niveaux : R+4,

Forme de bâti : des immeubles en bande de tailles différentes, en L, et en forme d'U. Une architecture simple. L'ensemble est implanté à l'alignement. il prend en considération le tramage viaire dans sa disposition. Un bâti linéaire non ramifié avec des toitures plates inaccessibles.

Stationnements: s'y fait le long des rues, ou a l'intérieur des espaces communs dans le cas de son existence.



Nomb de logs : 188/288 logts TAIB ELWARDI

Typologie : habitat discontinu

Promoteur : SARL EL-MAIDANE

Localisation : ROUTE DE BATNA.

Description :

Nombre des niveaux : La même hauteur pour tous les bâtiments R+4 avec un RDC réservé pour les commerces et les professions libérales.

Forme de bâti : une mixité des formes bâties : des bâtiments en L, autres en U et un autre d'une forme continue irrégulière. Implanté en proximité à cause de la petite taille de l'assiette foncière. Les bâtiments marquent clairement les limites de l'ilot. Implantés en retrait et parallèlement a la rue, une architecture simple.

Stationnements: s'effectuent le long des rues ou a l'intérieur des espaces communs.



Nombre de logements : 56 LOGTS ALLOUI.

Typologie : habitat discontinu

Promoteur : SARL ALLOUI.

Localisation : ROUTE DE BATNA.

Description :

Nombre des niveaux : R+4 pour tous les bâtiments,

Forme de bâti : la forme du bâti est irrégulière. Les bâtiments sont implantés à l'alignement séparés par des vois mécaniques, Implantés parallèlement ou perpendiculairement a la trame viaire, une simple volumétrie.

Stationnements: s'effectuent le long des rues et le long des trottoirs.



Nombre de logements : 32 logt.

Typologie : habitat discontinu

Promoteur : SARL TAIB ELWARDI.

Localisation : ROUTE DE BATNA.

Description :

Nombre des niveaux : La même hauteur pour tous les bâtiments R+4. le rez-de-chaussée est réservé pour les commerces.

Forme de bâti : un bâtiment en bande sous forme de parallélépipède. Une volumétrie simple malgré quelques décrochements. Implanté à l'alignement parallèlement à la trame viaire. Bâti linéaire non ramifié.

Stationnements: s'y fait le long des rues et des trottoirs. l'espace



ZHUN EST



Nombre de logements : 186 logements .

Typologie : habitat discontinu

Promoteur : OPGI.

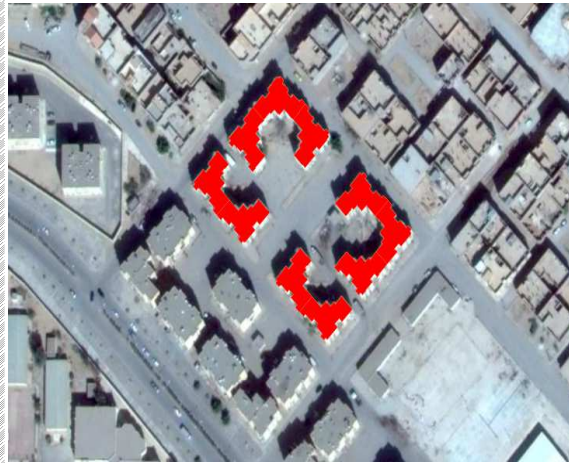
Localisation : ZHUN EST. EL-ALIA.

Description :

Nombre des niveaux : La même hauteur : R+5 les commerces et les professions libérales occupent le rez-de-chaussée.

Forme de bâti : quatorze bâtiments en **plot** de même taille, en forme de cube. une architecture simple. L'ensemble est structuré sur un axe linéaire parallèle à la route principale.

Stationnements: s'y fait le long des rues.



Nombre de logements : 110 logements.

Typologie : habitat discontinu

Promoteur : OPGI.

Localisation : ZHUN EST. EL-ALIA.

Description :

Nombre des niveaux : La même hauteur pour tous les bâtiments R+3.

Forme de bâti : deux bâtiments identiques en U et deux autres en L implantés sur l'axe de la symétrie la forme de U a emboîtée l'espace commun qui est exploité comme espace de jeu pour les enfants et comme parking. , Implantés parallèlement, une architecture simple et une volumétrie en forme de parallélépipède. L'ensemble est perpendiculaire à la route principale.

Stationnements: s'effectuent le long des rues et sous forme de parking de surface.



Nombre de logements : 200 logements .

Typologie : habitat discontinu

Promoteur : OPGI.

Localisation : ZHUN EST. EL-ALIA.

Description :

Nombre des niveaux : R+4 pour tous les bâtiments,

Forme de bâti : des bâtiments en **plot** et des bâtiments en L l'unité de l'ensemble est donnée par la répétition de même volume « un cube » sur un axe linéaire parallèle à la route , implantés en retrait par rapport la rue séparés par des vois piétonnières, les bâtiments sont Implantés parallèlement ou perpendiculairement a la trame viaire, une simple volumétrie.

Stationnements: s'effectuent le long des rues et sous forme de parking de surface.



Nombre de logements : 190 logements.

Typologie : habitat discontinu

Promoteur : OPGI.

Localisation : ZHUN EST. EL-ALIA.

Description :

Nombre des niveaux : La même hauteur pour tous les bâtiments R+4.

Forme de bâti : quatre immeubles en **bande** de différente taille, sous forme de parallélépipède. Une volumétrie simple malgré quelques décrochements. Bâti aligné sur les rues et suit le quadrillage des voies.

Stationnements: s'y fait le long des rues et des trottoirs. l'espace intermédiaire est exploité comme un air de jeu le jour,



ZHUN EST



Nombre de logements : 110 logements AF.

Typologie : habitat discontinu
Promoteur : AGENCE FONCIERE.
Localisation : ZHUN EST. EL-ALIA.

Description :
Nombre des niveaux : R+4 de hauteur .
Forme de bâti : des bâtiments en L et des bâtiments en plot de tailles différentes, implantés au sein de l'îlot 'une façon souple. Le bâti est linéaire et en retrait par rapport a la voie. Une architecture simple avec des décrochements au niveau de la façade.
Stationnements: s'y fait le long des rues.



Nombre de logements : 50 logements SONATRACH.

Typologie : habitat discontinu
Promoteur : SONATRACH
Localisation : ZHUN EST. EL-ALIA.
Description :

Nombre des niveaux : R+1 et R+2.
Forme de bâti : l'ensemble est formé par la juxtaposition de même unité de même taille. Un ensemble linéaire, en retrait par rapport à la rue. Implantés parallèlement, une architecture composé et complexe basé sur le jeu de volume et le jeu par les niveaux. Le bâti est non ramifié.
Stationnements: s'effectuent le long des rues et sous forme de parking de surface.



Nombre de logements : 150/600 logements.

Typologie : habitat discontinu
Promoteur : OPGI.
Localisation : ZHUN EST. EL-ALIA.

Description :
Nombre des niveaux : R+3 et R+4, le rez-de-chaussée est réservé pour le commerce.
Forme de bâti : répétition des volumes en L en changeant la taille., partiellement symétrique. implantés à l'alignement séparés par des vois piétonnières, Implantés parallèlement ou perpendiculairement a la trame viaire, une volumétrie plus au moins riche surtout au niveau de traitement des angles ou on trouve des éléments sortants qui donnent un beau aspect.
Stationnements: s'effectuent le long des rues et le long des trottoirs.



Nombre de logements : 122 logements.

Typologie : habitat discontinu
Promoteur : OPGI.
Localisation : ZHUN EST. EL-ALIA.
Description :

Nombre des niveaux : La même hauteur pour tous les bâtiments R+4. Le coté de la façade commerciale, le rez-de-chaussée est réservé pour les commerces.
Forme de bâti : Une volumétrie simple malgré quelques décrochements. Bâti aligné sur les rues qui suit le quadrillage des voies.
Stationnements: s'y fait le long des rues et des trottoirs.



4.1. Choix de la cite des logements collectifs

Le bâtiment référence qu'on a choisi appartient au quartier de milles logements, ce quartier a été choisi pour les raisons suivantes :

✓ *Critères à l'échelle du bâtiment :*

Afin d'évaluer et comprendre l'influence de la compacité, le volume construit, la forme et l'implantation des bâtiments sur l'efficacité énergétiques et sur le confort thermique intérieur , il est impérative de choisir un échantillon qui offre les meilleures caractéristiques techniques et thermo physiques (l'inertie thermique des matériaux, la composition des parois , la taille de surface vitrée, le type de vitrage....) pour limiter au maximum l'influence de ces facteurs dans notre étude. Par conséquent, ils ne devraient pas constituer une grande part de nos interprétations.

De ce point ; nous avons opté pour notre étude la cité de milles logements qui est caractérisée par ce qui suit :

- *L'efficacité des matériaux utilisés* : la diversité des matériaux de constructions utilisés (le parpaing, le béton, panneaux de plâtre, enduits en ciments est..) pour former l'enveloppe du bâtiment et pour composer les couches de la paroi extérieure et intérieure, les dalles et le toit.
- *L'existence des masques solaires* : l'utilisation des brise-soleils horizontaux et verticaux pour toutes les fenêtres.
- *Une surface vitrée réduite* : ce que nous observons dans les petites tailles des fenêtres.
- *Un bon type de vitrage* : une bonne qualité de vitrage a été utilisée pour les fenêtres de différentes pièces constituant le bâtiment.

D'un autre coté, le bureau d'étude *SETEB* nous a fourni tous les documents graphiques nécessaires sur la cité de milles logements, cela nous a permis de rapprocher de la réalité du bâtiment, de redessiner les plans et de pouvoir créer le bâtiment en 3d, afin de l'utiliser dans toutes les étapes de simulation avec le logiciel TRNsys.

✓ *Critères à l'échelle de la cité :*

Vu la difficulté de prendre en compte toutes les cités de l'habitat dans le parc immobilier collectif de la ville de Biskra, on a essayé de choisir un échantillon qui offre le plus des variations typologiques. Cela nous permettra de mieux évaluer les diverses typologies, tout en restant dans le même esprit architectural et dans les mêmes caractéristiques techniques du bâtiment.

D'un autre coté, ce quartier représente la plus grande cité en termes de nombre de logements et le plus consommateur d'énergie électrique à cause de l'utilisation des dispositifs d'appoint, de chauffage ou de climatisation, utilisés généralement pour assurer le confort à l'intérieur du bâtiment, ce qui en fait également un centre d'attention pour l'étude.

4.1.1. Présentation de la cite de 1000 logements

4.1.1.1. Identification

La cité de milles logements est située à HAY EL AMEL, elle est construite à l'époque de préfabrication lourde dans le cadre de ZHUN ouest de Biskra à laquelle elle appartient.

La construction de ce projet à pris cinq ans, les travaux de construction ont débutés en 1979 par une société italienne qui représente aussi le maitre d'œuvre. L'exploitation à commencé en 1984.

Le maitre d'ouvrage est l'OPGI, le suivi des travaux de réalisation est assuré par le bureau d'étude public local « SETEB » et le contrôle technique par le CTC.

Elle s'étale sur un terrain de 24 hectares de surface, ou sont édifiés les 123 blocs, donc une densité à 42 logt / hectare.



Figure 6.5. La cité de 1000 logements, vue de Google-map. Source : Auteur

4.1.1.2. Situation et accessibilité

La cité de 1000 logements, nommée aussi « HAI ELAMEL » est située au ZHUN ouest, plus précisément au sud ouest de la ville de Biskra, à proximité du lycée Hakim Sâadane et du musée ELMOUJAHID.

Cet ensemble est délimité par la route nationale RN 46 « route de Tolga » à l'ouest, le chemin de fer et le projet de 104 logements collectif à l'est, au nord par la route nationale RN3 et au sud par une voie séparant la cité de 1000 logements et le projet de 60 logements ENICAB , cette voie relie la route nationale RN46 et la route nationale RN3.

L'accès mécaniques à la cité se fait à partir des rues bordant le terrain du projet, tandis que l'accessibilité à l'intérieur est assurée par plusieurs voies et ruelles. Les piétons et les habitants disposent d'accès à travers les voies internes ou bien à travers les cours et les espaces de détente.

4.1.1.3. Les infrastructures et les équipements de la cité

À l'exception de l'habitat, la Cité offre des équipements, scolaires, administratifs et culturels aussi que des activités de commerce...etc., disposés soit au sein du quartier ou aux périphéries, pour satisfaire les besoins des habitants et pour créer un dynamique urbain.

Les équipements et les infrastructures de la cité sont les suivants :

- Ecole primaire AIT HAMOUDA
- Collège moyen BEN RAHMOUNE
- La banque BEA
- L'OPGI
- Agence foncière
- BSR de La gendarmerie nationale
- La sureté urbaine
- Bureau d'étude d'urbanisme URBA
- Terrain de sport
- Siège administratif d'APC
- L'assurance CAAR
- Gare routière local

4.1.1.4. Typologie des blocs

La conception de l'ensemble des immeubles s'appuie sur une architecture similaire, dont tous les bâtiments ont été traités dans le même esprit architectural ; la volumétrie du bâti varie de R+2 à R+4.

Les blocs sont implantés suivant des typologies bien différentes, on peut les classer en :

- **Les blocs en forme rectangulaire** : c'est la variante la plus dominante en R+3 implantés sur un axe linéaire.
- **Les blocs en forme de I** : édifiés en deux niveaux différents R+3 pour les blocs latéraux et R+2 pour les blocs centraux.
- **Les blocs en forme de L** : en R+2 ou en R+3.
- **Les blocs en forme de U** : par l'assemblage de deux types : blocs rectangulaires (R+3) et les blocs en I (R+2).
- **Les blocs en forme plot** : 15 blocs de même taille R+4 assemblés entre eux de manière à former trois lettres de H juxtaposés et dégradés selon un axe horizontal oblique.

4.2. Choix d'un bâtiment référence

Après avoir étudié et analysé les habitats collectifs dans la zone d'étude, un classement selon deux critères : la forme bâtie en plan et le type d'implantation, a été appliqué pour savoir le taux d'existence de chaque typologie d'habitat. Ce classement nous a aidés de former le corpus théorique de cette étude.

Les tableaux suivants montrent les typologies d'habitat qui forment chaque cité dans notre ville.

▪ Symboles utilisés

0 : la typologie n'existe pas dans la cité.

1 : la typologie existe dans la cité.

a) La zone centre

Zone	N ^o	Désignation de l'ensemble de l'habitat	FORME DE BATIE EN PLAN ET TYPE D'IMPLANTATION							
			BANDE	ISOLE	L	U	I/H	A COUR	T	AUTRE
ZONE CENTRE	34	80 logts HLM zone centre	0	1	0	0	0	0	0	0
	35	150 logts HLM zone centre	1	1	0	0	0	0	0	0
	36	122 logts front d'oued zone centre	1	1	0	0	0	0	0	0
	37	114 logts zone centre	1	1	0	0	0	0	0	0

Tableau 5.8. La forme bâtie des bâtiments collectifs à travers les cités de zone centre. Source : auteur

b) La route de Batna

Zone	N ^o	Désignation de l'ensemble de l'habitat	FORME DE BATIE EN PLAN ET TYPE D'IMPLANTATION							
			BANDE	ISOLE	L	U	I/H	A COUR	T	AUTRE
ROUTE DE BATNA	62	40 logt Sarl ZIANI ROUTE DE BATNA	1	0	0	0	0	0	0	0
	63	56 logt Sarl HOUHOU ROUTE DE BATNA	1	0	0	0	0	0	0	0
	64	100/288 logt Sarl ELHADI ROUTE DE BATNA	1	0	0	0	0	0	0	0
	65	146 logt Sarl ZIANI ROUTE DE BATNA	0	1	0	0	0	0	0	0
	66	188/288 logt Sarl TAIB ELWARDI ROUTE DE BATNA	0	0	1	1	0	0	0	1
	67	70 logt Sarl MADINA ROUTE DE BATNA	1	0	1	1	0	0	0	0
	68	32 logt Sarl TAIB ELWARDI ROUTE DE BATNA	1	0	0	0	0	0	0	0
	69	56 logt Sarl ALLOUI ROUTE DE BATNA		1	1					1

Tableau 5.9. La forme bâtie des bâtiments collectifs à travers les cités de route de Batna. Source : auteur

c) La ZHUN ouest

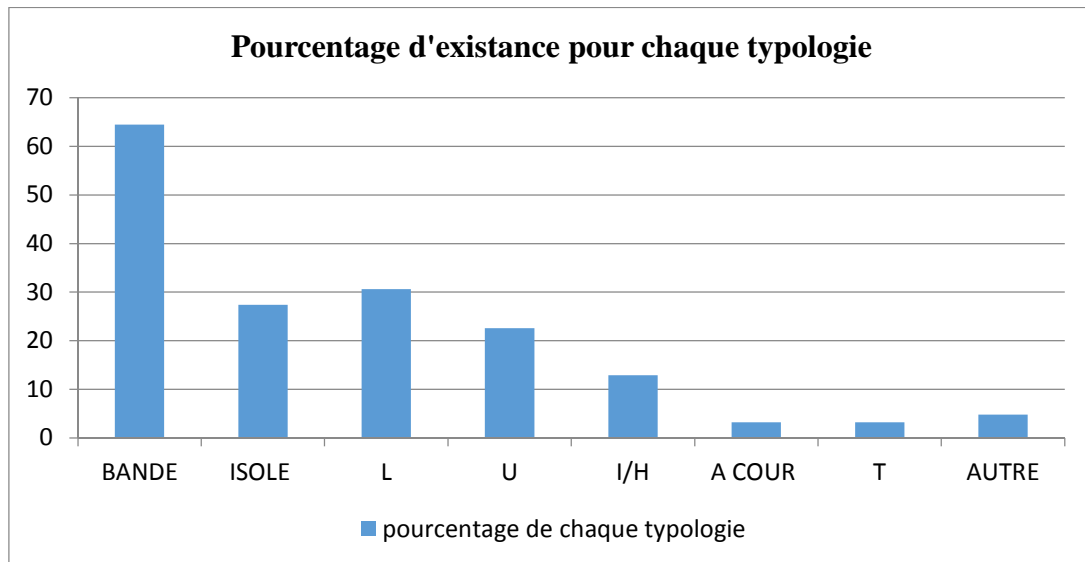
Zone	N°	Désignation de l'ensemble de l'habitat	FORME DE BATIE EN PLAN ET TYPE D'IMPLANTATION							
			BANDE	ISOLE	L	U	I/H	A COUR	T	AUTRE
ZHUN OUEST	1	522 logt ZHUN OUEST	0	0	0	1	1	1	1	1
	2	500 logt ZHUN OUEST	0	0	1	0	0	0	0	0
	3	1000 logt ZHUN OUEST	1	0	1	1	1	0	0	0
	4	100 logt ZHUN OUEST	0	0	0	0	1	0	0	0
	5	156 logt ZHUN OUEST agence foncière	1	0	0	0	0	0	0	0
	6	48/112 logt ZHUN OUEST agence foncière	1	0	0	0	0	0	0	0
	7	72 logt Sarl NEJMA ZHUN OUEST	0	0	1	0	1	0	0	0
	8	46 logt BERCAMA ZHUN OUEST	1	1	0	0	0	0	0	0
	9	240 logt ZHUN OUEST	1	0	0	0	0	0	0	0
	10	50 logt ZHUN OUEST	0	0	0	0	1	0	0	0
	11	178 logt ZHUN OUEST	1	0	0	0	0	0	0	0
	12	350 logt ZHUN OUEST	1	0	0	0	0	0	0	1
	13	140 logt ZHUN OUEST	0	0	1	1	0	0	0	0
	14	244 logt ZHUN OUEST	1	0	0	0	0	0	0	0
	15	120 logt ENICAB ZHUN OUEST	1	0	0	0	1	0	0	0
	16	82 logt WILAYA ZHUN OUEST	0	1	1	1	0	0	0	0
	17	50 CNEP ZHUN OUEST	0	0	0	1	0	0	0	0
	18	396/726 logt ZHUN OUEST	1	1	1	1	0	0	0	0
	19	120 logt SONATRACH ZHUN OUEST	1	1	0	0	0	0	0	0
	20	100 logts FN POSTE ZHUN OUEST	1	0	0	0	0	0	0	0
	21	40 LPA ELHADI YOUSEF ZHUN OUEST	0	0	1	1	0	0	0	0
	22	244 logt MINYAOUI ZHUN OUEST	1	0	0	0	0	0	0	0
	23	508/830 logt ZHUN OUEST	1	0	0	0	0	0	0	0
	24	216/504 ZHUN OUEST belaiat	1	0	0	0	0	0	0	0
	25	288/504 ZHUN OUEST belaiat y compris logts MDN	1	0	0	0	0	0	0	0
	26	288 logt MDN ZHUN OUEST	1	0	0	0	0	0	0	0
	27	135 logt promotionnels ZHUN OUEST	1	1	0	0	0	0	0	0
	28	120 logt DNC ZHUN OUEST	0	1	0	0	0	0	0	0
	29	54/194 logt AMOURI ZHUN OUEST	1	0	0	0	0	0	0	0
	30	70/194 logt AMOURI ZHUN OUEST	1	0	0	0	0	0	0	0
	31	72/194 logt AMOURI ZHUN OUEST	1	0	0	0	0	0	0	0
	32	40 logt ZAABOUB ELHADJ ZHUN OUEST	1	1	0	0	0	0	0	0
	33	104 logt ZHUN OUEST agence foncière	1	0	0	0	0	0	0	0

Tableau 5.10. La forme bâtie des bâtiments collectifs à travers les cités de ZHUN ouest. Source : auteur

d) La ZHUN est

Zone	N°	Désignation de l'ensemble de l'habitat	FORME DE BATIE EN PLAN ET TYPE D'IMPLANTATION							
			BANDE	ISOLE	L	U	I/H	A COUR	T	AUTRE
ZHUN EST	38	748 logts ZHUN EST	1	1	0	0	0	0	0	0
	39	200 logts POLICE ZHUN EST	0	0	1	0	1	0	0	0
	40	20 logts ZHUN EST	0	0	1	0	0	0	0	0
	41	54 logts ZHUN EST	0	1	0	0	0	0	0	0
	42	322 logts ZHUN EST	1	0	0	0	0	0	0	0
	43	200 logts ZHUN EST	1	0	0	0	0	0	0	0
	44	50 logts POLICE ZHUN EST	1	0	0	0	0	0	0	0
	45	500 logts université ZHUN EST	1	0	0	0	0	0	0	0
	46	100 logts ZHUN EST agence foncière	1	0	0	0	1	0	0	0
	47	50 logts ZHUN EST	1	0	1	0	1	0	0	0
	48	Logements CNEP ZHUN EST	1	0	1	0	1	0	0	0
	49	110 logts ZHUN EST	0	0	1	1	0	0	0	0
	50	400 logts ZHUN EST	1	1	1	0	0	0	0	0
	51	300 logts ZHUN EST	1	0	0	1	0	0	0	0
	52	302 logts ZHUN EST agence foncière	1	0	1	1	0	0	0	0
	53	350/600 logts ZHUN EST	1	0	1	1	0	0	0	0
	54	110 logts ZHUN EST	0	0	0	0	0	0	0	1
	55	186 logts ZHUN EST	0	1	0	0	0	0	0	0
	56	190 logts ZHUN EST	1	0	0	0	0	0	0	0
	57	200 logts ZHUN EST	0	1	1	0	0	0	0	0
	58	50 logts SONATRACH ZHUN EST	1	0	0	0	0	0	0	0
	59	110 logts ZHUN EST agence foncière	0	0	1	1	0	0	0	0
	60	122 logts ZHUN EST	1	0	0	0	0	0	0	0
	61	150/600 logts ZHUN EST	0	0	1	0	0	0	0	0

Tableau 5.11. La forme bâtie des bâtiments collectifs à travers les cités de ZHUN est. Source : auteur



Graph 5.1. Le pourcentage d'existence de chaque typologie d'habitat a travers les cites collectives.
Source : auteur.

Le graphique montre le pourcentage d'existence de chaque typologie d'habitat dans les différentes cités, ou on a constaté ce qui suit:

- 64 % de ces cités ayant une forme bâtie en bande.
- 30.6 % de ces cités ayant une forme bâtie en L.
- 27.4 % de ces cités ayant une forme bâtie isolé ou ponctuelle.
- 12.9 % de ces cités ayant une forme bâtie en U.
- 3.2 % de ces cités ayant une forme bâtie en T ou avec une cour centrale.
- 4.8 % de ces cités ayant une forme bâtie différente à ces types.

Selon ces données, nous pouvons maintenant déterminer les typologies que nous allons étudiées. Donc la typologie qu'on doit choisir comme référence est la typologie d'habitat en bande en vu de sa forte présence, les autres modèles seront découlés de cette typologie, pour maintenir les mêmes caractéristiques techniques.

CONCLUSION

Ce chapitre a constitué une orientation pour la bonne compréhension des caractéristiques de la ville de Biskra qu'a été choisi pour représenter le climat aride et semi aride. L'analyse climatique de cette ville nous a dévoilée que c'est une ville saharienne ; sec en été et très agréable en hiver. La période chaude dans cette ville implique le début d'automne et la fin de printemps.

Biskra est caractérisée également par le temps d'ensoleillement élevé qui dépasse parfois les 13 heures/jour. Les vents dominant sont chauds en été proviennent du sud-est du pays, froids en hiver proviennent du nord-ouest. Les précipitations sont presque inexistantes ce qui réduit le taux de l'humidité relative. L'ensoleillement et le vent dans cette région représentent les deux principaux facteurs à prendre en considération lors de la conception des bâtiments.

La fluctuation journalière de température d'air qui peut atteindre le 10 degrés dans cette ville représente un dilemme pour les concepteurs qui tentent à concevoir des maisons thermiquement agréable.

Par ailleurs, l'analyse architecturale qu'a été faite dans ce chapitre sur l'ensemble des habitats collectifs, nous a permet de catégoriser le cas d'étude, le choix d'une cité référence ainsi que identifier les typologies les plus largement construites.

Le chapitre suivant va comporter ne identification sur le bâtiment choisi, ainsi que les modèles construits constituant notre corpus d'étude. En outre l'outil de simulation que nous allons utiliser pour vérifier nos hypothèses.

Sixième Chapitre

METHODES ET MODELES D'ANALYSE & OUTIL DE SIMULATION

INTRODUCTION

Dans le chapitre précédent nous avons pu présenter la zone de notre étude, en mettant l'accent sur sa situation géographique, son climat et ses reliefs...etc. Ce que nous a bien aidé à comprendre cette ville (ses contraintes et ses opportunités). En outre, nous avons également pu montrer à travers une analyse architecturale les cités collectives dans cette ville, afin que nous puissions, à la fin, choisir un échantillon représentatif appartenir à l'une de ces cités collectives.

Après avoir choisi l'échantillon représentatif qui contient à son tour le bâtiment référence, nous comptons dans ce chapitre présenter en détail le bâtiment référence, en suite exposer les autres typologies dérivées de ce bâtiment. Afin de construire notre corpus théorique d'étude, et enfin évaluer leurs performance thermique et énergétique et vérifier nos hypothèses.

Par ailleurs, ce chapitre contient également une présentation de l'outil de simulation énergétique qu'on a adopté comme outil pour cette tentative de recherche. Il consiste de présenter le logiciel de *TRNsys v.17*, à savoir: son principe de travail, ses composants, ainsi que présenter le type 56 de *TRNsys*.

1. RAPPEL DES HYPOTHESES DE LA PRESENTE ETUDE

Les hypothèses que nous avons avancées dans cette présente recherche sont les suivantes :

- Le choix de la typologie d'habitat influe sur la consommation globale d'énergie et sur le comportement thermique du bâtiment et les conditions thermiques intérieurs.
- La typologie la plus performante est celle qui assure une bonne adéquation entre la forme du bâtiment et le contexte climatique.
- Identifier les indicateurs les plus significatifs pour notre région peut améliorer les conditions de confort thermique intérieur et diminuer la consommation énergétique dans les habitats collectifs.

2. RAPPEL DES OBJECTIFS DU MEMOIRE

La réponse à la problématique a pour but de:

- ✓ Etudier les différentes typologies des habitats collectifs, afin de déterminer la typologie la plus performante thermiquement et énergétiquement propre aux climats chauds et secs (région d'étude).
- ✓ Comprendre et évaluer l'impact de certains facteurs sur le confort thermique intérieur et la demande d'énergie, à savoir : la compacité de la forme, l'agencement des logements et la mitoyenneté, la taille et la hauteur du bâtiment, l'implantation des bâtiments au sein de l'ilot et l'orientation sur l'efficacité énergétiques et sur les conditions de confort thermique intérieur.

3. METHODOLOGIE DU TRAVAIL

Pour répondre aux différentes questions posées dans la problématique et pour vérifier les hypothèses, nous nous comptons modéliser les modèles d'habitats de notre corpus d'étude sous le programme Trnsys 3d, ensuite, les simuler dans l'outil de simulation studio simulation de Trnsys. Ce qui nous permettra par la suite d'évaluer leurs performances thermiques et énergétiques.

Les résultats obtenus de différentes typologies des logements collectifs testés seront utilisé plus tard pour confirmer ou infirmer nos hypothèses et pour faire des évaluations, et des déductions.

4. DEFINITION DU CORPUS D'ETUDE

4.1. Présentation Du Bâtiment Référence

Il s'agit d'un bâtiment parallélépipédique en forme, et une conception architecturale simple. Le bâtiment est situé dans la partie inférieure centre de la cité de 1000 logements. Les figures ci-dessous représentent ce bâtiment:



Figure 6.1. Vues extérieures du bâtiment choisi. Source : Auteur

Le bâtiment est en R+3, il dispose quatre blocs qui à leur tours comprennent seize (16) logements F3. Deux entrées pour l'ensemble de bâtiment ; une entrée commune pour deux blocs. L'entrée est remarquée par un auvent au-dessus de la porte principale.

Le système constructif est en poteaux-poutres et des dalles pleines en béton armé. Une toiture plate inaccessible. La séparation entre les deux logements est assurée par un mur porteur en béton armé de 15 cm.

Les murs bâtiment sont construits en parpaing, percés par des petites fenêtres pour aérer et éclairer les différentes pièces. Toutes les fenêtres sont protégées de rayons de soleil par des brise-soleils.

La figure suivante montre le bâtiment de référence qu'on a modélisé en utilisant le plugin *TRNSYS 3D* du logiciel *SKETCHUP*.

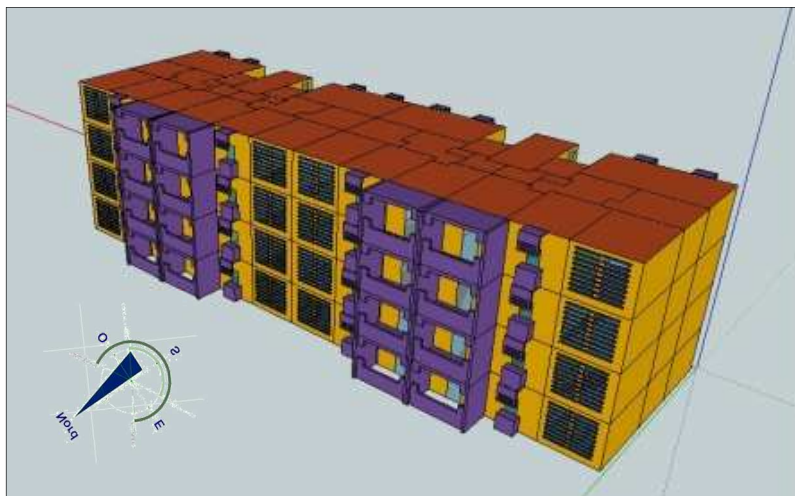


Figure 6.2. Le bâtiment de référence modélisé sous TRNsys 3d.

Source : Auteur

4.1.1. Présentation Du Logement Type

Le bâtiment contient quatre logements dans chaque niveau, similaires en disposition spatiale des pièces.

L'appartement constitue : un salon, deux chambres, une cuisine, une cour, un foyer, une toilette, une salle de bain, un sas et un balcon pour la chambre. La superficie totale est égale à 92.13 m², et une hauteur sous plafond de 2.70 m.

La distribution spatiale de l'appartement est représentée par les deux figures suivantes :

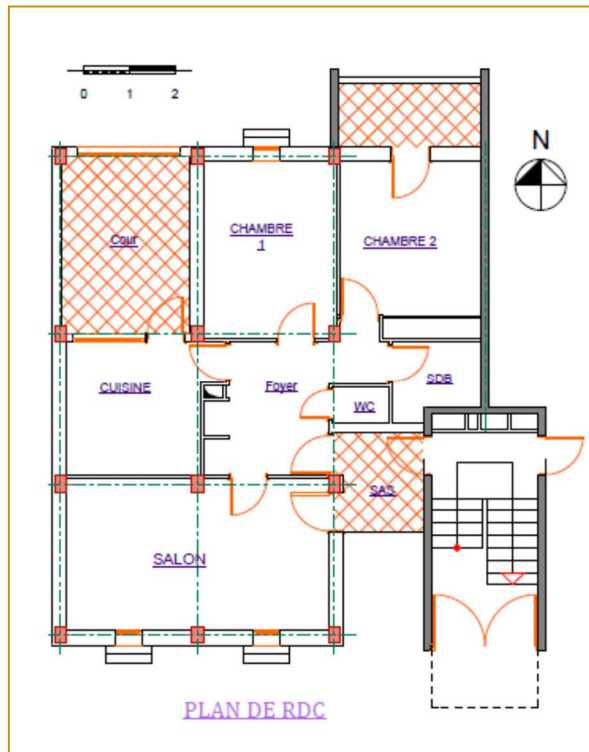


Figure 6.3. Vue en plan de RDC logements type source : *auteur*

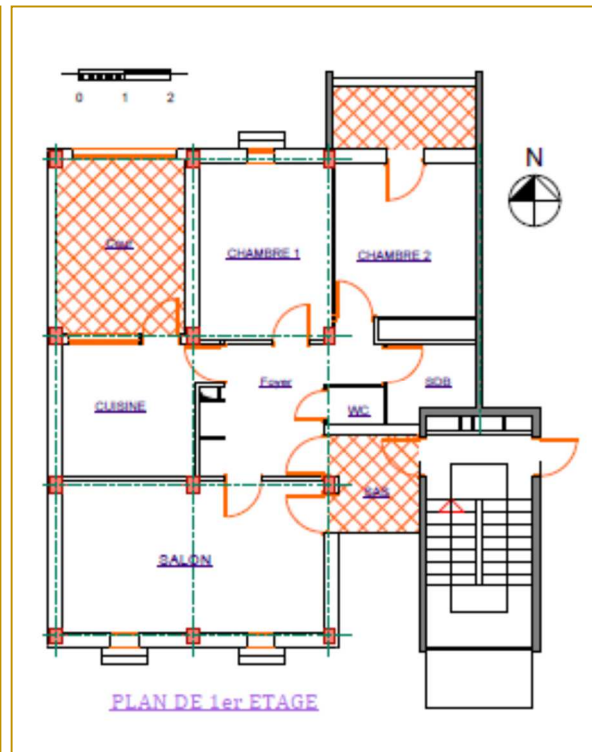


Figure 6.4. Vue en plan de 1^{er} étage logements type source : *auteur*

En ce qui concerne les matériaux qui ont été utilisés dans le processus de construction, on a trouvé le suivant :

Pour les murs extérieurs : (Détail A)

- Enduit extérieur en mortier de ciment.
- Parpaing 20 cm d'épaisseur.
- Un vide, épaisseur de 4 cm
- Plâtre 7 cm d'épaisseur.

Pour les murs intérieurs :

- des cloisons en plâtre, épaisseur de 7 cm.

Pour les dalles : (coupe A-A)

- Dalle pleine en béton armé 14 cm d'épaisseur.
- Revêtement en carrelage 6 cm d'épaisseur.

Pour les fenêtres : un seul ventail, menuiserie en bois avec et un double vitrage.

Les portes : sont en bois, sauf, la porte d'entrée qui est en métal pour des raisons de sécurité.

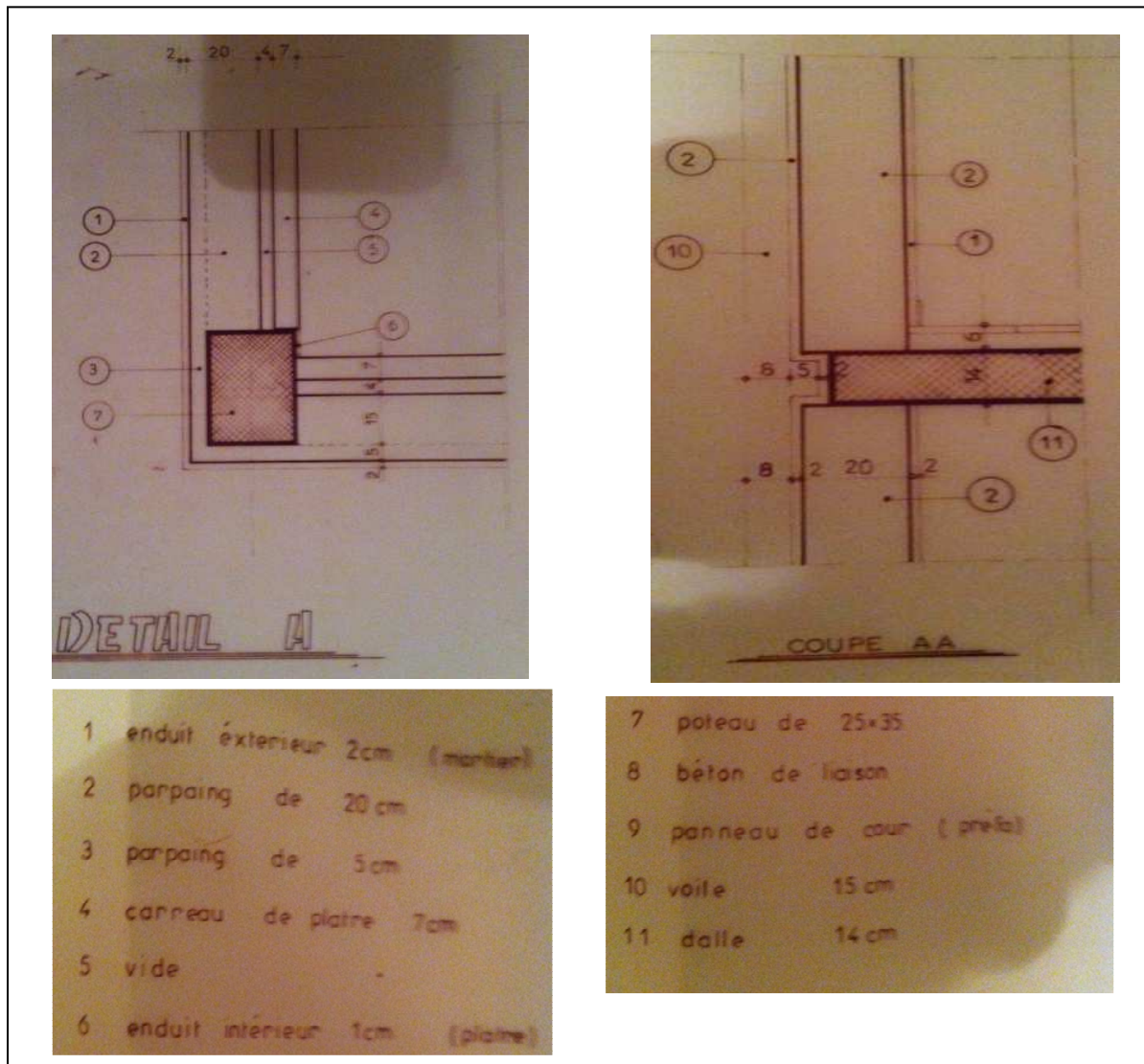


Figure 6.5. Composition des parois et des dalles de logements type source : *SETEB*

5. PRESENTATION DES MODELES CONSTRUIITS

En effet, cette étude sera effectuée sur cinq bâtiments (y compris le bâtiment de référence) différents en forme et en type d'implantation.

Partant de la typologie la plus répandue qui est le bâtiment en bande, on a essayé de construire des autres modèles tout en gardant le même volume habitable et le même nombre de logements.

Les modèles que nous avons pu les découler du bâtiment référence sont quatre:

1. Un Bâtiment en plot.
2. Un Bâtiment en L.
3. Un Bâtiment en U.
4. Un Bâtiment avec une cour centrale.

Le tableau suivant offre des informations sur la forme, le volume habitable, la surface bâtie, le nombre d'étages, ainsi que la surface d'enveloppe de chaque typologie.

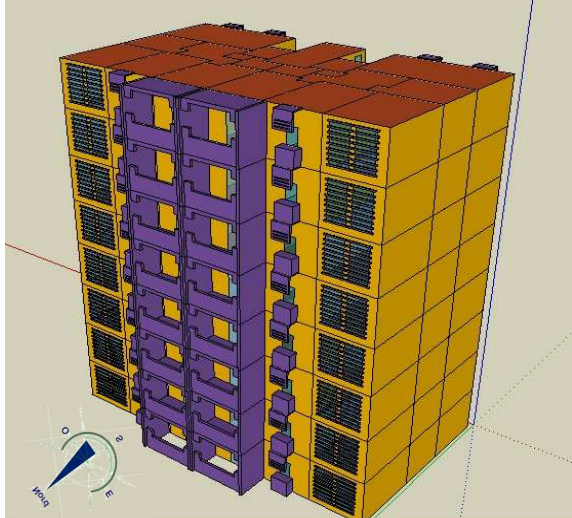
<p>Le volume habitable : = 4011,519 m³</p> <p>La surface bâtie : = 185,719 m²</p> <p>Le nombre d'étages : R+7</p> <p>La surface d'enveloppe : = 1905,93m²</p>	
--	--

Figure 6.6. Vue Typologie en plot source : *auteur*

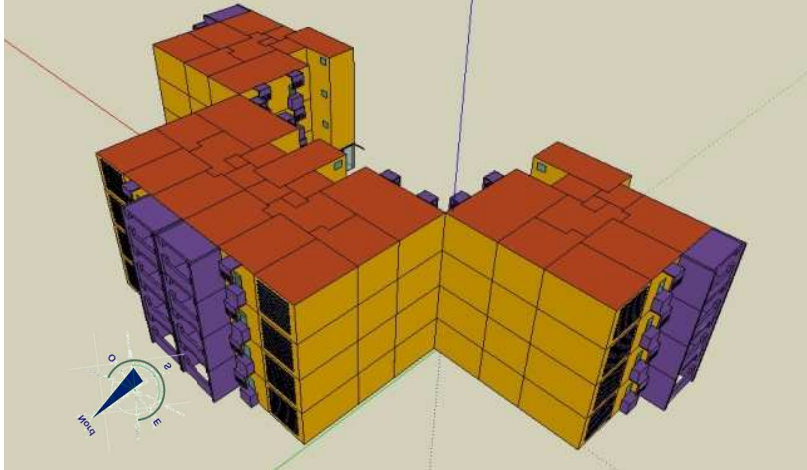
<p>Le volume habitable : = 4011,519 m³</p> <p>La surface bâtie : = 371,43 m²</p> <p>Le nombre d'étages : R+3</p> <p>La surface d'enveloppe : = 2631,22 m²</p>	
--	---

Figure 6.7. Vue Typologie en U source : *auteur*

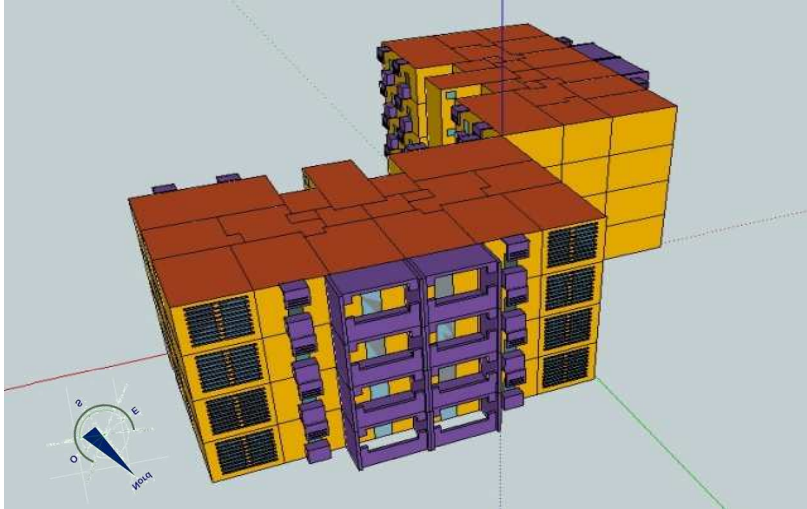
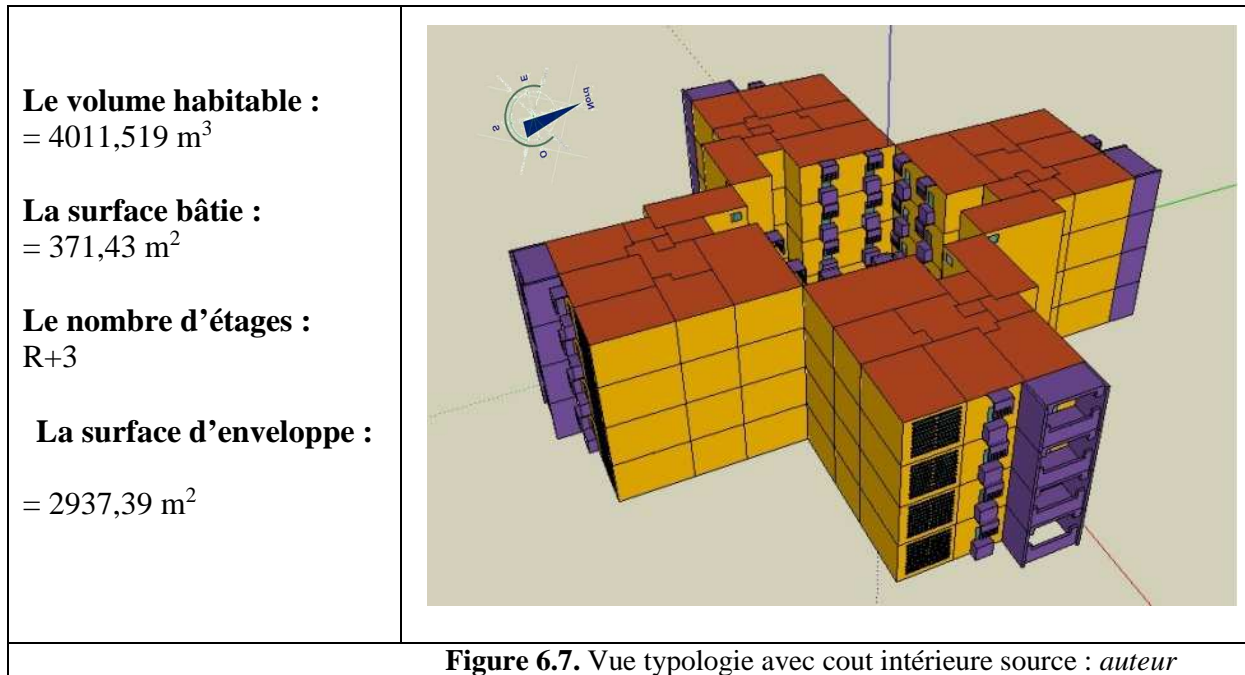
<p>Le volume habitable : = 4011,519 m³</p> <p>La surface bâtie : = 371,43 m²</p> <p>Le nombre d'étages : R+3</p> <p>La surface d'enveloppe : = 2314,39 m²</p>	
--	--

Figure 6.7. Vue Typologie en L source : *auteur*



6. L'OUTIL DE SIMULATION

6.1. Présentation de TRNsys (*TRaNsient SYstem Simulation*) programme de simulation de systèmes transitoires.

L'atelier de simulation *Trnsys* Simulation Studio est un environnement de simulation complet et extensible, dédié à la simulation dynamique des systèmes, y compris les bâtiments multizones. Développé par le SEL¹ de l'Université de Madison aux Etats-Unis. Ce logiciel permet la simulation dynamique du comportement énergétique d'un bâtiment et de son équipement (chauffage, climatisation), en fonction de l'emplacement, de matériaux de construction utilisés, de l'architecture et du concept énergétique choisi. (*TRNSYS, 2012*).

1.1.1. Les sous-programmes de TRNsys

Le logiciel TRNSYS contient les sous programmes suivants :

- **TRNSYS Studio** : un programme qui contient la bibliothèque des types. Il permet de simuler, en régime transitoire, les bâtiments (mono ou multizonaux). De ce programme on peut définir la relation entre ces types et faire les liens entre eux. Il permet également de définir les entrées et les sorties de chaque type, ainsi que la période de simulation...etc.
- **TRNBuild** : un programme d'entrée des données. De ce programme on peut déterminer un scénario pour notre bâtiment : la composition de l'enveloppe, le système de chauffage et de climatisation, système de ventilation, les infiltrations...etc. Aussi que, choisir les sorties « outputs » et définir des nouvelles entrées « inputs ».
- **TRNEdit** : un éditeur de fichier d'entrée TRNsys

¹ SEL : (Solar Energy Lab) laboratoire d'énergie solaire.

- **TRNSYS3D plugin de Google Sketch-up**: utilisé pour créer le modèle énergétique, définir les zones thermiques et les masques solaires (les éléments d'ombrage.). Il permet à l'utilisateur de créer la géométrie du bâtiment graphiquement.

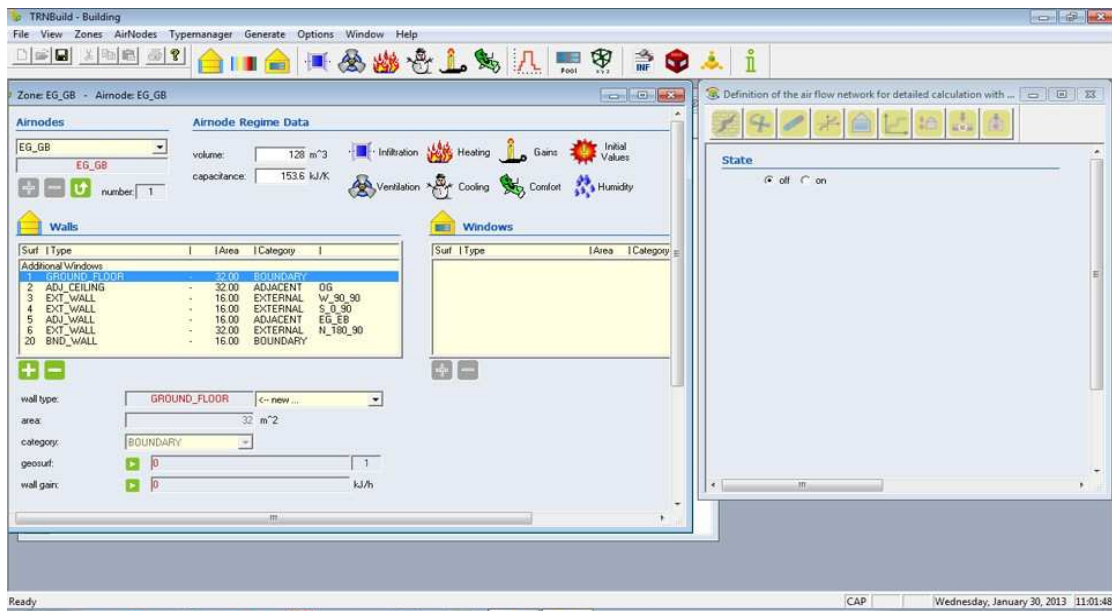


Figure 6.8 : l'interface de l'application **TRNBUILD** pour décrire le bâtiment. *Source* : TRNSYS, 2012.

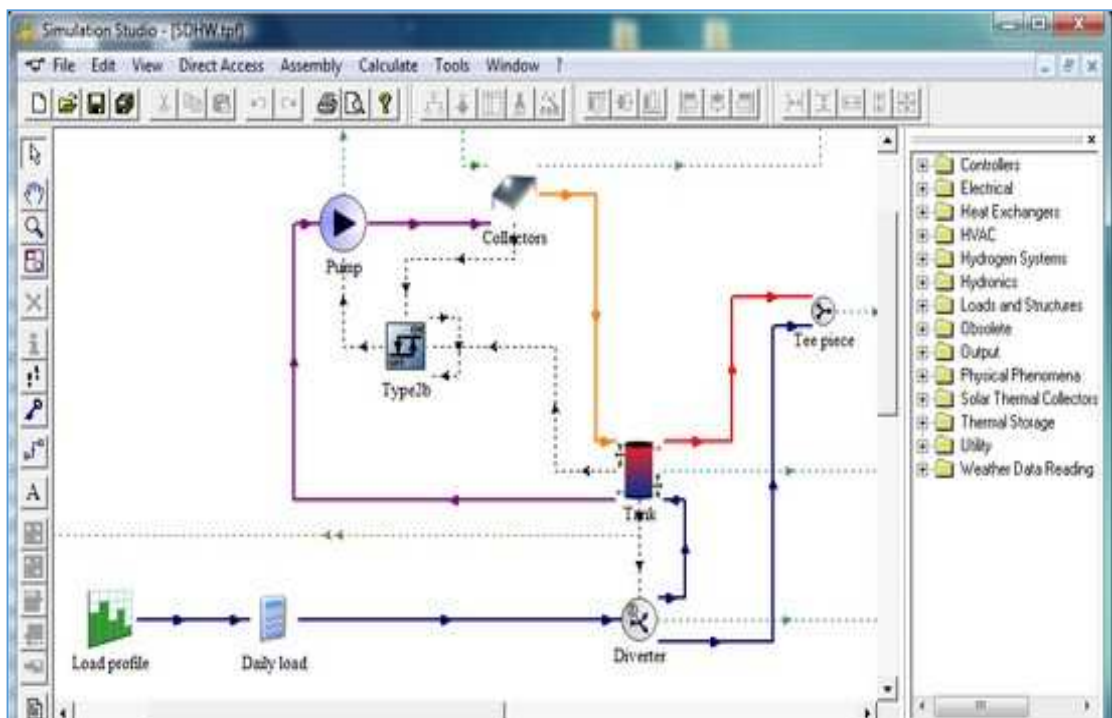


Figure 6.9 : L'interface de **SIMULATION STUDIO** pour la simulation dynamique. *Source* : TRNSYS, 2012.

Les types les plus souvent utilisés pour la simulation des bâtiments mono ou multizonaux sont :

- **Type 9** : sert à lire de nombreux types de fichiers à partir d'un fichier de données (Excel, texte...). Ces données doivent être à des intervalles de temps constants.
- **Type 54** : Générateur des données météorologiques horaires.
- **Type15** : sert à lire les données climatiques à des intervalles de temps réguliers à partir d'un fichier de données météo externe, tels que les fichiers Tmy2, Epw, Wac,... etc.
- **Type 109** : aide à lire les données climatiques à des intervalles de temps réguliers à partir d'un fichier de données externe, tels que les fichiers Word, Excel, Txt, etc.
- **Type 33** : Lecteur de données à partir du diagramme psychrométrique.
- **Type 16** : générateur d'ensoleillement. Il calcule plusieurs quantités relatives à la position du soleil.
- **Type 34** : simuler les protections solaires: dimensions, position de la protection avec détail.
- **Type 25** : utilisé pour tracer les variables sélectionnées.
- **Type 65** : un traceur en ligne permet d'afficher les variables sélectionnés. Les variables sélectionnées seront affichées dans une fenêtre séparée sur l'écran.
- **Type 56** : pour diviser les espaces du bâtiment en zones thermiques (simuler le comportement thermique du bâtiment).

6.2. Le Type 56 de Trnsys

La composante *type 56* permet de découper le bâtiment en différentes zones thermiques. Pour utiliser cette composante, un programme de prétraitement doit être exécuté, il s'agit de *trnbuild* qui traite le fichier contenant la description du bâtiment.

Trois paramètres sont requis par la composante *type 56* :

- **Le premier paramètre** : lié à la description de la construction (* .BUI²). Ce fichier contient les données thermiques et optiques pour toutes les fenêtres utilisées dans le projet.
- **Le deuxième paramètre** : lié au coefficient de transfert de chaleur par convection en fonction du temps.
- **Le troisième paramètre** : donne le facteur de pondération entre l'air et la température moyenne de surface pour calculer de la température ambiante.

La composante *type 56* exige une grande quantité de données pour simuler le comportement thermique d'un bâtiment, dont :

- **Les données liées à la construction** : la géométrie du bâtiment, les matériaux utilisés, etc.
- **Données liées au climat** : le rayonnement, la température ambiante, l'humidité, etc.
- **Données liées au type d'occupation** : qui influent sur le comportement thermique du bâtiment (régime de chauffage et de climatisation, calendriers de construction, etc.).

Ces données sont d'abord assemblées, ensuite définies pour la simulation TRNSYS.

² **BUI** : (building input) les entrées du bâtiment.

6.3. Critères du Choix de TRNSys

Parmi les avantages de ce logiciel on peut citer les suivants :

- La modélisation du bâtiment se fait par le logiciel de *sketchup*. Ce dernier est un programme destiné essentiellement aux architectes. Le logiciel de *sketchup* est très connu par sa simplicité et sa rapidité ce qui nous permettra d'éviter plusieurs problèmes de modélisation, aussi que gagner du temps.
- Les sous programmes de *Trnsys* disposent une interface bien claire et facile à l'utiliser, d'un autre coté.
- *Trnsys* est un logiciel très répandu dans la communauté scientifique notamment l'européenne.
- Il permet également de coupler et d'accepter d'autres types de données sous différents formats tels que les formats d'Excel, texte...etc. Il peut être connecté avec d'autres applications par le biais des appels interactifs pendant la simulation.
- Il a aussi l'avantage de supporter plusieurs types et formats de données climatiques.
- La bibliothèque de ce logiciel est très vaste, elle dispose plusieurs composants, en outre, *Trnsys* nous donne la possibilité d'ajouter d'autres composants qui ne figurent pas dans son bibliothèque.
- La définition de la période de la simulation est très souple, ce qui permet de suivre les résultats de la simulation heure par heure.
- Le type 56 pris en compte les trois types d'échanges thermiques : la conduction (dans une paroi), la convection (entre les faces d'enveloppe et les autres ambiances), le rayonnement courte longueurs d'ondes et grande longueurs d'ondes.

7. PREPARATION DES MODELES POUR LA SIMULATION SOUS TRNSYS

7.1. Modélisation du bâtiment

7.1.1. Découpage des zones thermiques sous TRNSYS 3d

Pour évaluer le confort thermique à l'intérieur du logement et la consommation énergétique sous TRNSYS, il est essentiel de diviser l'ensemble du bâtiment en zones thermiques.

Pour ce faire, un zonage a été effectué en utilisant le plugin Trnsys 3d de Google sketch up. Le découpage est similaire à l'organisation spatiale du logement, comme illustré dans le tableau suivant :

N° ZONE	NOM DE ZONE	VOLUME DE ZONE en m ³	Capacitance thermique KJ/k
01	SALON	63.577	76.293
02	CUISINE	28.254	33.905
03	COUR	36.550	43.86
04	CH1	35.348	42.418
05	CH2	35.412	42.494
06	WC	3.439	4.127
07	BAIN	9.528	11.434
08	FOYER	27.207	32.645
09	SAS	11.407	13.689
10	CAGE D'ESCALIER	142.63	171.156

Tableau 6.1. Découpage en zones thermiques. Source : auteur.

La figure ci-dessous montre le zonage effectué pour les logements:

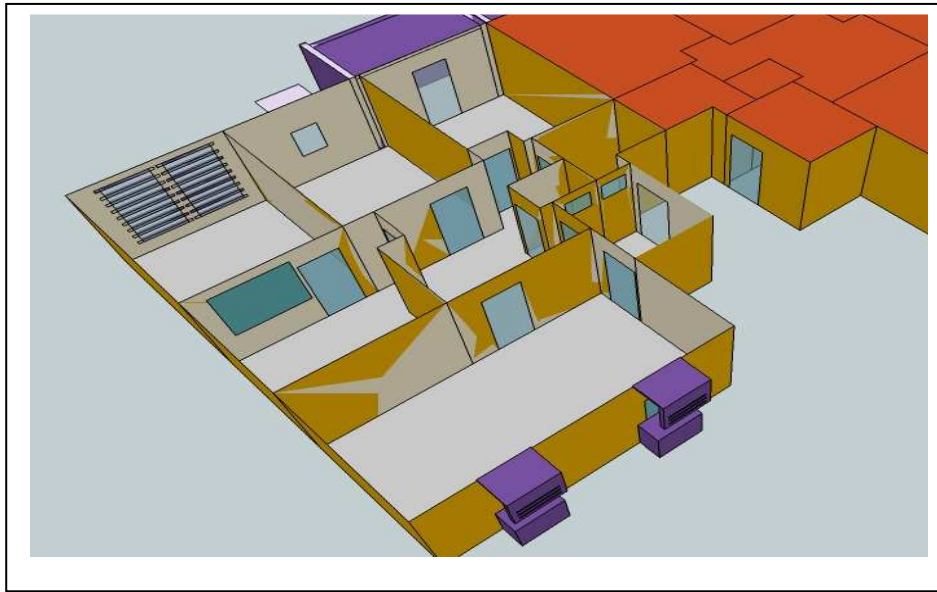


Figure 6.8. Le zonage effectué pour les logements. Source : auteur

7.1.2. Identification des données de régime requis

La deuxième phase de la simulation consiste à introduire les données de régime nécessaires pour exécuter les simulations. Ces données sont utilisées pour définir toutes les entrées de type 56. Il s'agit de :

7.1.2.1. Composition des parois et des dalles

Concernant les matériaux de construction, on a veillé de garder les mêmes matériaux de construction utilisée dans notre cité de 1000 logements et dans le bâtiment référence ; même pour les autres modèles de notre corpus d'étude.

Le tableau ci-dessous donne la composition des murs, les dalles, le sol et le toit de l'extérieur vers l'intérieur.

	Salon	Ch1	Ch2	Cuisine	foyer	Cour	SDB	WC	Cage escalier
Murs ext	Enduit en ciment ép.= 2 cm + parpaing ep=20 cm + vide ép.=4cm+ plâtre ép.=7cm								voile ép. = 15 cm
Murs int	Couche de plâtre ép. = 7cm								voile ép. = 15 cm
La dalle	Dalle pleine en B.A ép. = 14 cm + revêtement en carrelage ép. = 6cm								
Le sol	Dalle pleine en B.A ép. = 14 cm + revêtement en carrelage ép. = 6cm								
Toit	Dalle pleine en B.A ép. = 14 cm + chape en ciment ép. = 6cm								

Tableau6.2. Composition des parois et des dalles. Source : auteur

7.1.2.1.1. Caractéristiques thermo physiques des matériaux

À cause d'indisponibilité des informations sur les caractéristiques thermo-physiques de différents matériaux utilisés, nous avons exploité la bibliothèque française des matériaux du programme *trnbuild* du logiciel *trnsys*.

Le tableau suivant montre les valeurs de Conductivité thermique, la capacité, la densité et le coefficient de transmission thermique valeur U de chaque matériau.

Matériaux	Caractéristiques Thermo Physique			
	Conductivité thermique (Kj/KgK)	Capacité (Kj/KgK)	Densité (Kg/m ³ K)	coefficient de transmission thermique valeur U (W/m ² K)
Enduit en ciment	4.14	1	2000	5.336
Parpaing	3.791	0.65	1300	2.650
Vide	0.216	1.227	1	0.958
Plâtre	1.5	0.9	1000	2.959
Béton armé	6.3	1	2300	3.518
Carrelage	6.137	0.7	2300	4.873
Chape en Ciment	6.3	1	2300	4.895
Enduit en plâtre	1.5	0.9	1000	0.825

Tableau6.3. Caractéristiques Thermo Physique des matériaux. Source : auteur

7.1.2.2. Le système de chauffage et de climatisation

Nous avons adoptés les deux moyens, du chauffage et de la climatisation, pour certaines zones pour calculer la quantité d'énergie consommée pendant une période d'une année.

Les besoins en chauffage sont évalués pour une température de consigne de 17°C pour toutes les zones considérés. Tandis que, les besoins en climatisation sont évalués pour une température de consigne de 27°C pour les mêmes zones et durant la même période. Autre que cela, la zone est considérée libre lorsque la température est supérieure à la valeur de la température de consigne de chauffage et inférieur à la température de consigne de refroidissement.

La consigne de la température est aussi réglée en fonction de l'occupation de l'espace : en cas de non occupation, la consigne est fixée à -17 °C pour le chauffage et 70°C pour la climatisation ; dont sont des valeurs inaccessibles.

7.1.2.3. Infiltration

L'infiltration est donnée en termes du taux de renouvellements d'air par heure dans la zone. Elle est calculée en volume/heure. Le taux d'infiltration pour chaque zone est le produit des changements d'air, le volume de la zone et la densité de l'air.

Les valeurs minimum de l'infiltration trouvées dans la littérature pour les bâtiments de très bonne isolation et de 0,2 volume par heure. (G.Krauss et al, 2006), c'est pourquoi, la valeur que nous avons pris pour l'infiltration est de 1.0 volume/heure, vu que la construction est ancienne et moins étanche.

7.1.2.4. Apports internes

Les gains sont considérés pour inclure l'énergie convective, l'énergie radiative et l'humidité. Ces sources de chaleur ont des influences non négligeables sur la consommation et les surchauffes. TRNBUILD offre des valeurs pour chaque types de gains, ces données sont accordées à la norme VDI 2078.

Les apports internes sont généralement dus à la chaleur humaine, l'éclairage artificiel, aux équipements électroménagers ou à toute autre source à l'intérieur d'un bâtiment.

7.1.2.4.1. Puissances dissipées par les appareils électroménagers et par l'éclairage artificiel

Les apports internes ayant une relation avec les appareils électroménagers et l'éclairage artificiel peuvent diminuer la demande en chauffage, en revanche, ils augmentent surement les besoins en climatisation.

Pour des raisons de l'absence des données, les valeurs relatives aux gains internes et à la chaleur dissipée par les appareils électroménagers et par éclairage artificiel sont tirées de l'étude de G.Krauss et al, 2006.

La puissance de la chaleur dégagée selon son type est résumé dans le tableau suivant : (G.Krauss et al, 2006).

APPORTS INTERNES	Personnes	Eclairage	Réfrigérateur	Computer	Tv	Linge	cuisinière
SALON	x	x		x	x		
Radiative power				60 kj/h	540 kj/h		
convective power	540kj/h	100 w/m2/lampe		60 kj/h			
CH1	x	x			x		
Radiative power					540kj/h		
convective power	540kj/h	100w/m2/lampe					
CH2	x	x		x			
Radiative power				60 kj/h			
convective power	540kj/h	100w/m2/lampe		60 kj/h			
CUISINE	x	x	x		x		x
Radiative power							
convective power	540kj/h	100w/m2/lampe	252kj/h		540kj/h		720kj/h
HALL		x					
Radiative power							
convective power		100w/m2/lampe					
COUR		x				x	
Radiative power							
convective power		100w/m2/lampe				216kj/h	
SDB		x					
Radiative power							
convective power		100w/m2/lampe					
WC		x					
Radiative power							
convective power		100w/m2/lampe					

Tableau 6.4. La chaleur dissipée par les appareils électroménagers et l'éclairage artificiel. Source : auteur.

7.1.2.4.2. L'occupation par les personnes

L'appartement est considéré occuper par une famille de quatre personnes « le père, la mère et deux enfants ». Le tableau définit respectivement l'occupation lors d'un jour type.

Heure	salon	cuisine	Chambre 01	Chambre 02
de 00h à 01h	0	0	2	2
de 01h à 02h	0	0	2	2
de 02h à 03h	0	0	2	2
de 03h à 04h	0	0	2	2
de 04 h à 05h	0	0	2	2
de 05h à 06h	0	0	2	2
de 06h à 07h	1	1	0	2
de 07h à 08h	1	1	0	2
de 08h à 09h	0	3	0	0
de 09h à 10h	3	1	0	0
de 10h à 11h	3	1	0	0
de 11h à 12h	3	1	0	0
de 12h à 13h	0	4	0	0
de 13h à 14h	0	0	1	2
de 14h à 15h	0	0	1	2
de 15h à 16h	3	0	0	0
de 16h à 17h	4	0	0	0
de 17h à 18h	3	1	0	0
de 18h à 19h	3	1	0	0
de 19h à 20h	3	1	0	0
de 20h à 21h	0	4	0	0
de 21 h à 22h	4	0	0	0
de 22h à 23h	2	0	0	2
de 23h à 24h	0	0	2	2

Tableau 6.5. Schedule d'occupation des espaces. Source : auteur.

Note : la valeur qu'on a considérée comme chaleur dissipée par convection des personnes est 540kj/h par personne.

7.1.2.5. Les valeurs liées aux paramètres du confort

Les données des paramètres du confort sont primordiales pour évaluer le confort thermique dans les différentes zones, elles sont considérées pour inclure le facteur d'habillement, le ratio de métabolisme, type d'activité exercée et la vitesse de l'air.

	Le facteur d'habillement	le ratio de métabolisme	type d'activité	la vitesse de l'air
Salon	1	1.2	0	0.1
Cuisine	1	1.2	0	0.1
Chambre 01	1	1.2	0	0.1
Chambre 02	1	1.2	0	0.1

Tableau 6.6. Les données des paramètres du confort. Source : auteur.

7.1.3. Les Données De Météo

Parmi les données les plus importantes qui doivent être fournies pour que le logiciel *TRNsys* fonctionne correctement et pour obtenir des vrais résultats, nous trouvons les données climatiques de la région, ces informations sont très importantes pour l'étude de la consommation d'énergie et le confort thermique.

Le fichier qui contient ces données est généralement un fichier tmy2 (typical meteorological year version 2).

En raison de l'absence de fichier qui correspond à notre région d'étude « la ville de Biskra » dans la bibliothèque, il était nécessaire de trouver une autre solution pour le créer. Pour cela, une application de conversion a été téléchargée depuis le site officiel du logiciel *MATLAB* surnommée « Excel To Tmy ». Cette application est un convertisseur de fichiers Excel en fichiers tmy2.

L'utilisation de cette application de conversion exige l'ensemble des données horaires de climat, sont les suivantes :

1. La température de l'air extérieur en degré Celsius (C°)
2. L'humidité relative en pourcentage (%)
3. Vitesse du vent en mètre par seconde (m/s)
4. Direction du vent en degrés par rapport au sud.
5. Rayonnement direct normal en kilo joule par heure (kj/h)
6. Rayonnement diffus horizontal en kilo joule par heure (kj/h)
7. Rayonnement globale horizontal en kilo joule par heure (kj/h)

La station météo de l'aéroport de la ville de Biskra nous a fourni toutes ces données pour l'année 2005, sauf les données de rayonnement que nous n'avons pas les trouvés au niveau de cette station. C'est pour cela on a les téléchargées de site internet « www.soda-service.com ».

7.1.4. L'identification des résultats souhaités de *TRNsys* « L'Outputs »

Il y a plusieurs sorties optionnelles de type 56, peuvent être spécifiées par l'utilisateur. Elles sont définies tout d'abord par la sélection des zones à simuler, ensuite par le choix de des sorties de la liste du logiciel *trnbuild*.

Vu que notre thème de recherche s'intéresse à l'étude de la consommation énergétique et de confort thermique intérieur, on a choisi les sorties suivantes :

- *Pour évaluer le confort thermique intérieur*

Pour étudier le confort thermique intérieur dans les différents immeubles, nous avons choisis l'espace le plus fréquenté dans la maison qui est « le salon », puisque c'est l'espace de vie, il est utilisé ainsi comme espace d'accueil, où la famille se regroupe pour regarder la télévision et pour discuter.

Le choix du salon était pour l'ensemble des appartements, ce qui signifie qu'il ya seize « 16 » zones dans chaque bâtiment.

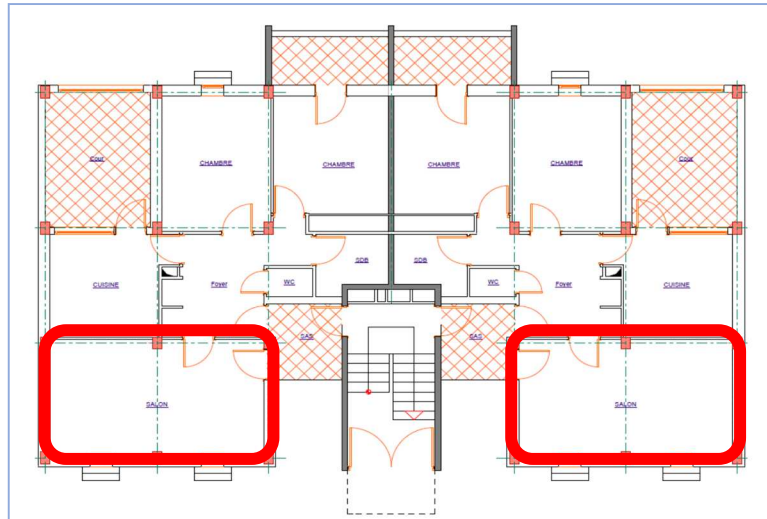


Figure 6.9. L'emplacement de l'Espaces à simuler « le salon ». Source : auteur.

Le salon retenu pour l'investigation a une forme rectangulaire et une superficie de 12.07m, Les dimensions de salon sont : 5.25 m * 3.20 m avec une hauteur sous plafond de 2.70 m. Il possède deux portes donnent sur le hall et deux petites fenêtres qui donnent sur la rue. Les murs intérieurs sont peints en orange clair, L'aménagement de la pièce est figuré dans les photos.



Figure 6.10. Vues intérieures sur l'espace testé. Source : auteur.

En ce qui concerne les sorties on a choisis :

- **TAIR** : température d'air intérieur.
- **PMV** : L'indice de vote moyen prévisible.
- **PPD** : pourcentages prévisibles d'insatisfaits.

- **Pour calculer la consommation énergétique**

Le choix des zones dans ce cas est lié aux espaces qui possèdent un dispositif de chauffage ou un dispositif de climatisation, ces espaces sont les chambres et le salon pour tous les appartements de l'immeuble.

Donc le choix des sorties pour cette fois est comme suit :

- **Q HEAT** : l'énergie sensible consommée pour chauffer l'espace.
- **Q COOL** : l'énergie sensible consommée pour refroidir l'espace.

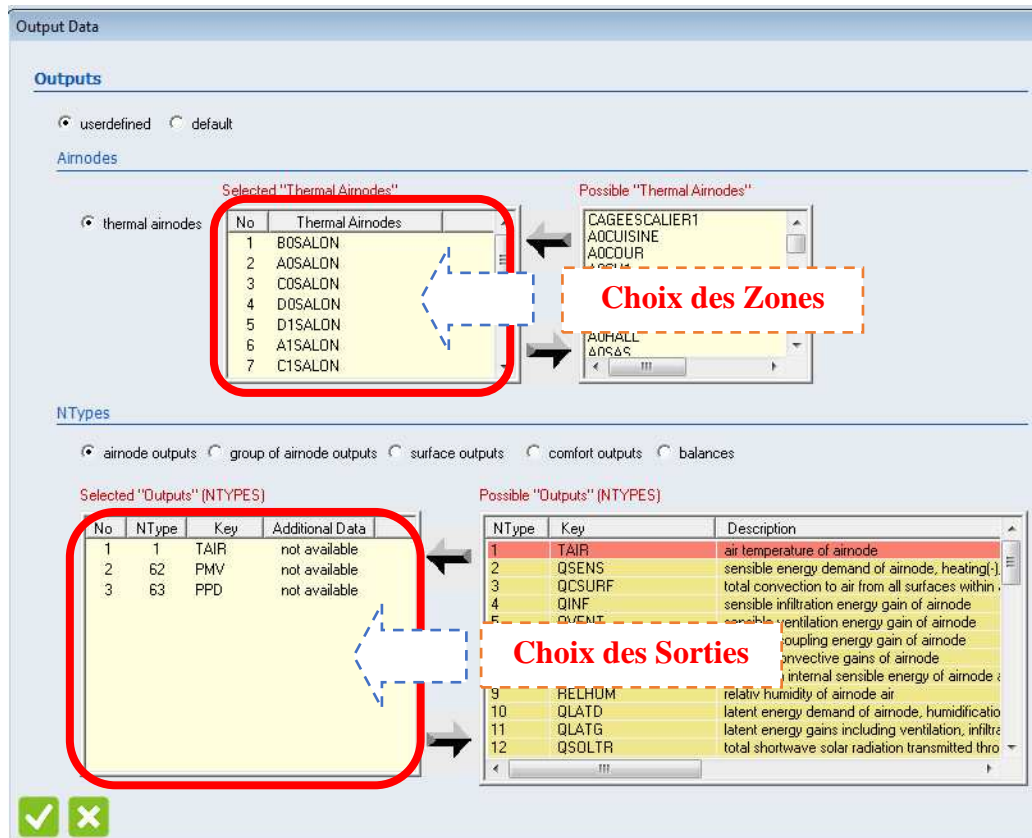


Figure 6.11. choix des zones et des sorties sous *Trnbuild* . Source : auteur.

8. PRINCIPE DE REPERAGE DES ZONES POUR LES DIFFERENTS MODELES

Pour faciliter la lecture des graphiques et l'interprétation des résultats, un principe de repérage a été considéré ; le principe consiste à diviser le bâtiment en colonnes et en lignes par des axes horizontaux et verticaux, ce qui nous donne une matrice. De tel sorte, que les axes horizontaux représentent le numéro de l'étage (RDC, 1^{er} étage, 2^{eme} étage...etc.) et les axes verticaux représentent le nom du bloc (bloc A, bloc B, bloc C... etc.).

Exemple : le salon (C, 1) veut dire : le salon situé au niveau de 1^{er} étage du bloc C.

Les figures suivantes offrent des informations sur le repérage effectué pour chaque typologie d'habitat:

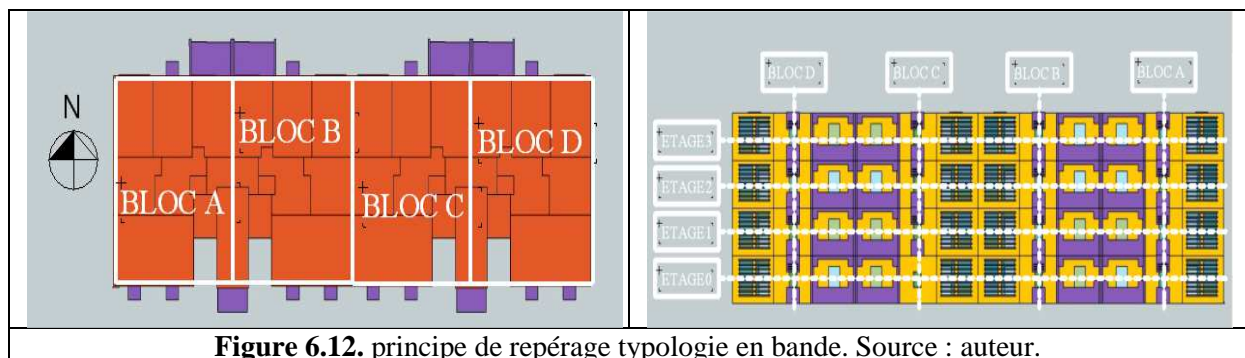


Figure 6.12. principe de repérage typologie en bande. Source : auteur.

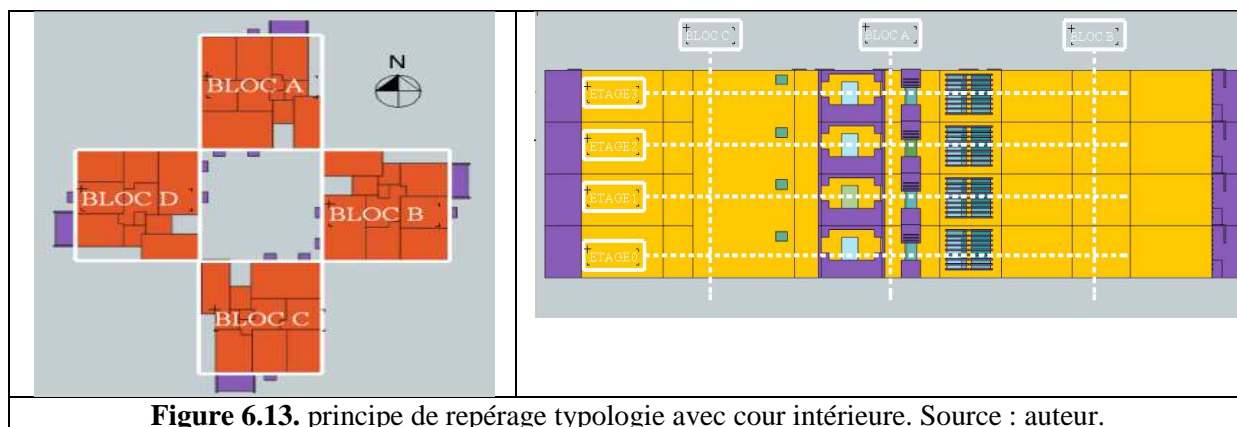


Figure 6.13. principe de repérage typologie avec cour intérieure. Source : auteur.

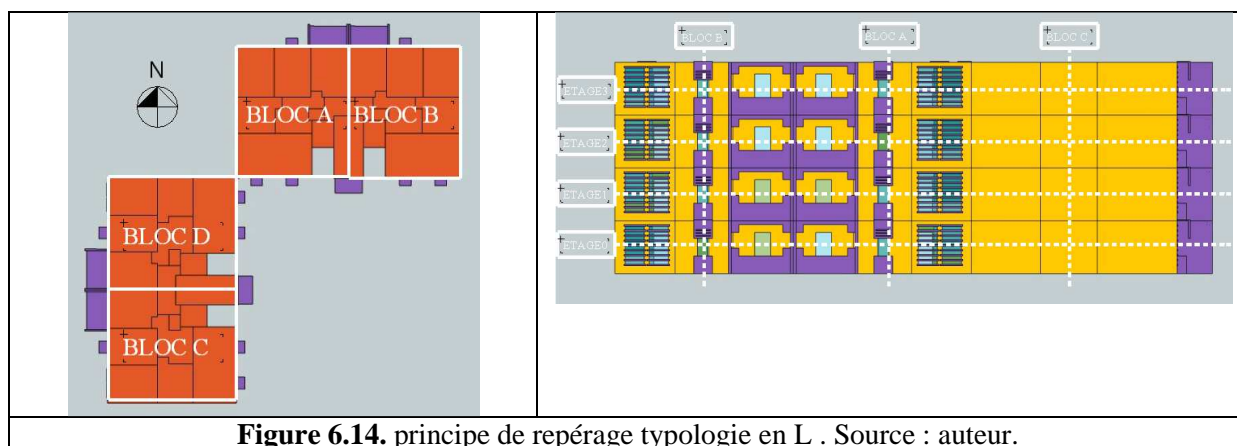


Figure 6.14. principe de repérage typologie en L . Source : auteur.

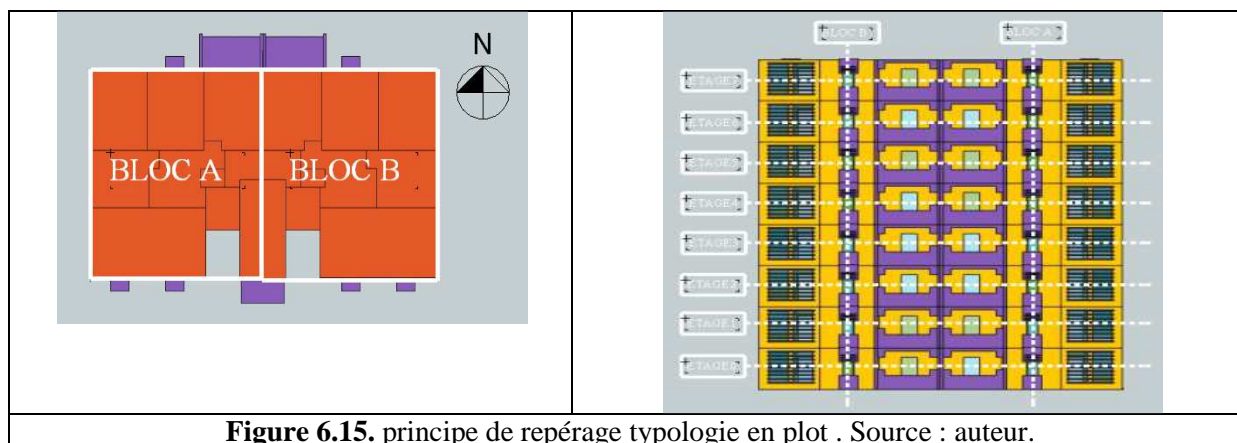


Figure 6.15. principe de repérage typologie en plot . Source : auteur.

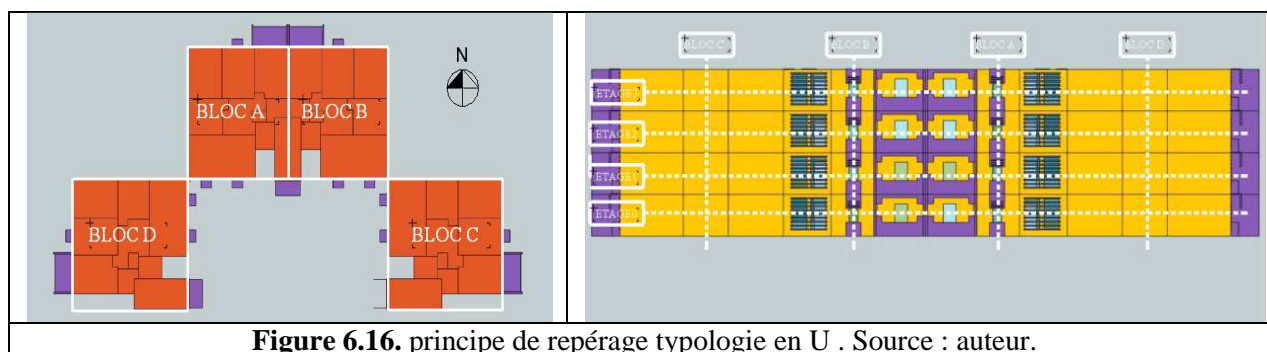


Figure 6.16. principe de repérage typologie en U . Source : auteur.

9. LES SCHEMAS DE STUDIO SIMULATION

La dernière étape consiste à simuler les bâtiments par un sous programme appelé «studio simulation». Ce sous-programme exige, avant de lancer la simulation, de faire un lien entre les différents types formant notre schéma, ainsi que la connexion entre les variables de chaque type. Cette étape permet d'identifier les entrées et des sorties pour le calcul des résultats.

Les figures ci-dessous représentent les schémas types de notre projet d'étude. La première est relative au calcul de consommation énergétique, la deuxième au calcul du confort thermique intérieur, et la dernière pour calculer les pertes par infiltration.

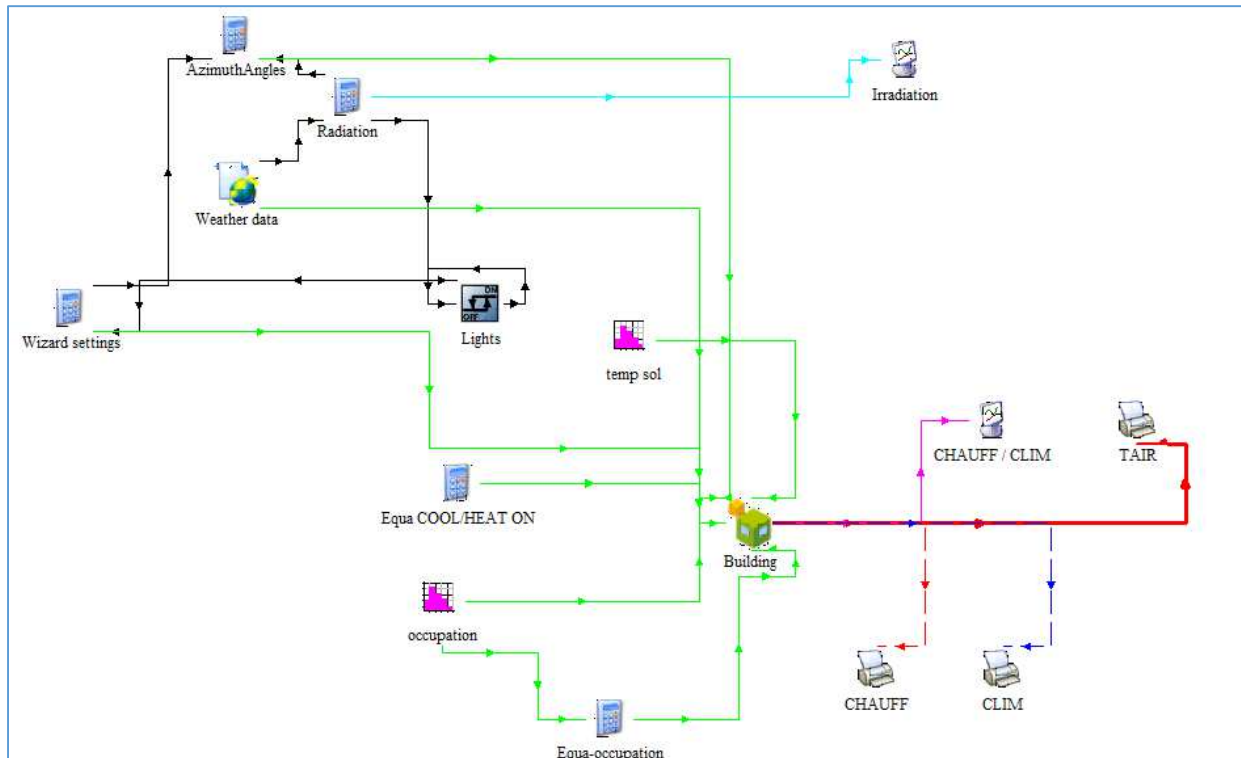


Figure 6.17. Schéma pour calculer la consommation énergétique. Source : auteur.

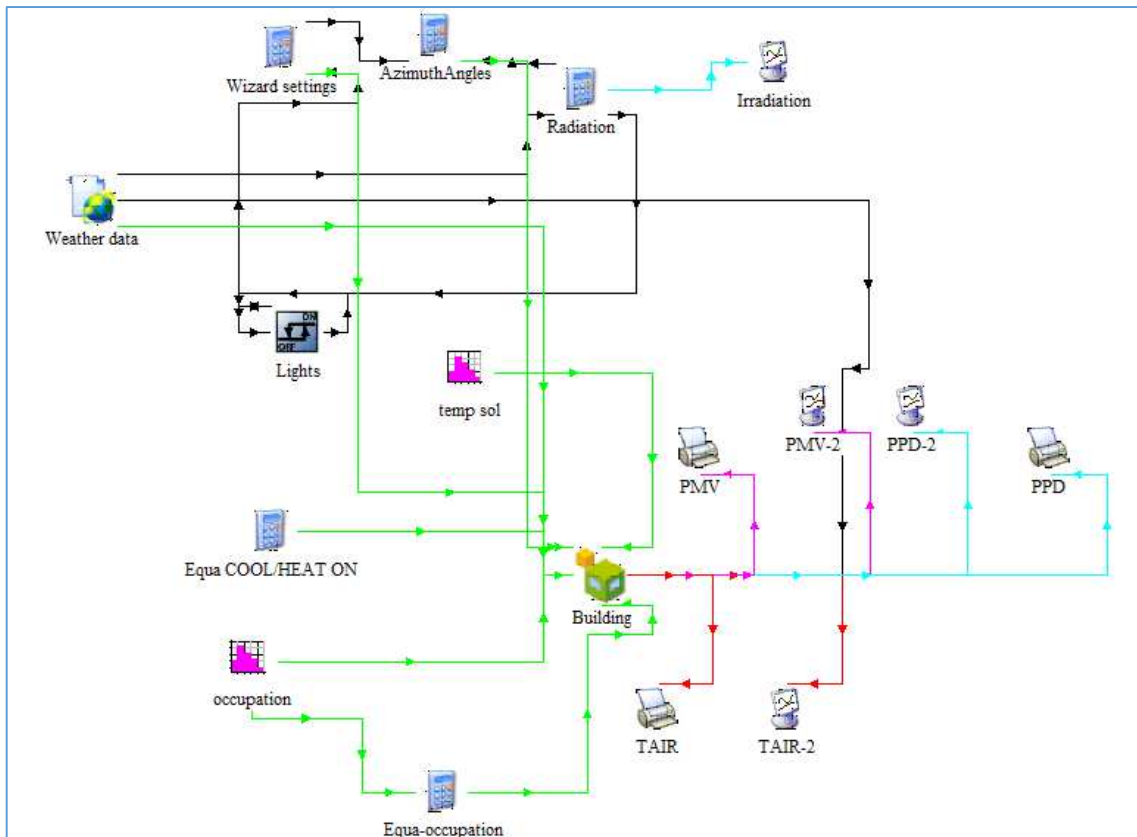


Figure 6.18. Schéma pour calculer les valeurs de PPD/PMV. Source : auteur.

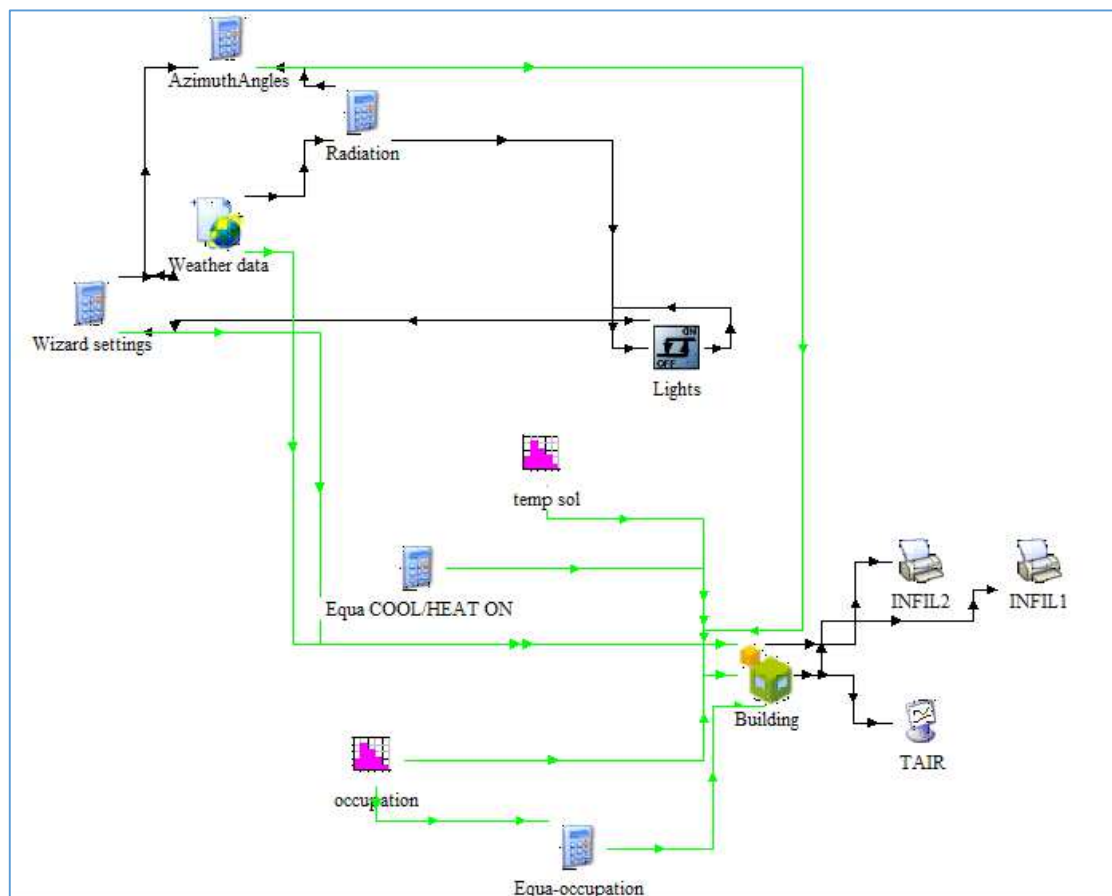


Figure 6.18. Schéma pour calculer les pertes par infiltration. Source : auteur.

CONCLUSION

La simulation des modèles construits constituant notre corpus d'étude sous le logiciel *TRNsys 17*, nécessite l'introduction de différents paramètres à savoir : ceux relatifs de la géométrie des bâtiments, de matériaux utilisés ou de scenario requis. Ce dernier comprend : la définition de systèmes de chauffage ou de climatisation, les apports internes, le planning de l'utilisation de l'espace ou des matériels...etc.

Dans cette étude, certain paramètres ont été fixés tels que : l'orientation des bâtiments (selon un axe est-ouest), le volume habitable, les matériaux utilisés, et aussi le scenario adoptés. Cela est surtout pour limiter l'influence de ces paramètres sur l'interprétation de nos résultats.

Le seul paramètre changeable est la typologie d'habitat. Afin de voir l'influence de ce paramètre sur le confort thermique et la demande d'énergie reliée au chauffage et à la climatisation.

Les bâtiments qu'on a pu les découler de bâtiment référence (la forme en bande) sont quatre : une forme en L, une forme en U, une forme en plot et une forme avec cour intérieure. Un système de repérage des zones dans chaque typologie a été adopté pour faciliter l'interprétation de résultats.

L'interprétation des résultats obtenus par le logiciel de simulation fera l'objet de notre prochain chapitre.

Septième Chapitre

L'INTERPRETATION DES RESULTATS
OBTENUS

INTRODUCTION

La forme du bâtiment est l'un des principaux paramètres qui déterminent la relation entre l'enveloppe du bâtiment et l'environnement extérieur. Elle peut influencer sur la quantité du rayonnement solaire reçus, le taux d'infiltration de l'air et par conséquent, les conditions thermiques intérieur et la consommation d'énergie.

A travers la recherche bibliographique qu'on a pu présentée dans cette étude, on a constaté l'importance du facteur « compacité de forme » qui nous donne une idée sur le potentiel de captage solaire et des surfaces d'échange avec l'environnement externe. Outre que la compacité nous avons distingué également d'autres facteurs qui ont été utilisé pour évaluer la performance thermique et énergétique d'un bâtiment tels que : l'orientation du bâtiment, la hauteur du bâtiment, agencement des bâtiments...etc.

Ce chapitre présente l'interprétation des résultats obtenus après la simulation de cinq bâtiments testés. Notre objectif consiste à examiner en premier lieu l'influence de la typologie d'habitat collectif sur les conditions thermiques intérieures et la consommation d'énergie ; en seconde lieu tester l'impact de certains facteurs ayant une relation étroite avec la forme architecturale à savoir : la compacité, le mode de contact, le rapport surface toit / surface murs, le rapport surface sud / surface ouest ainsi que et le taux d'infiltration sur le confort thermique intérieur et la consommation d'énergie globale. Ces résultats vont nous aider par la suite à déterminer le facteur le plus déterminant, et par conséquent, trouver des réponses à notre problématique, confirmer ou infirmer nos hypothèses.

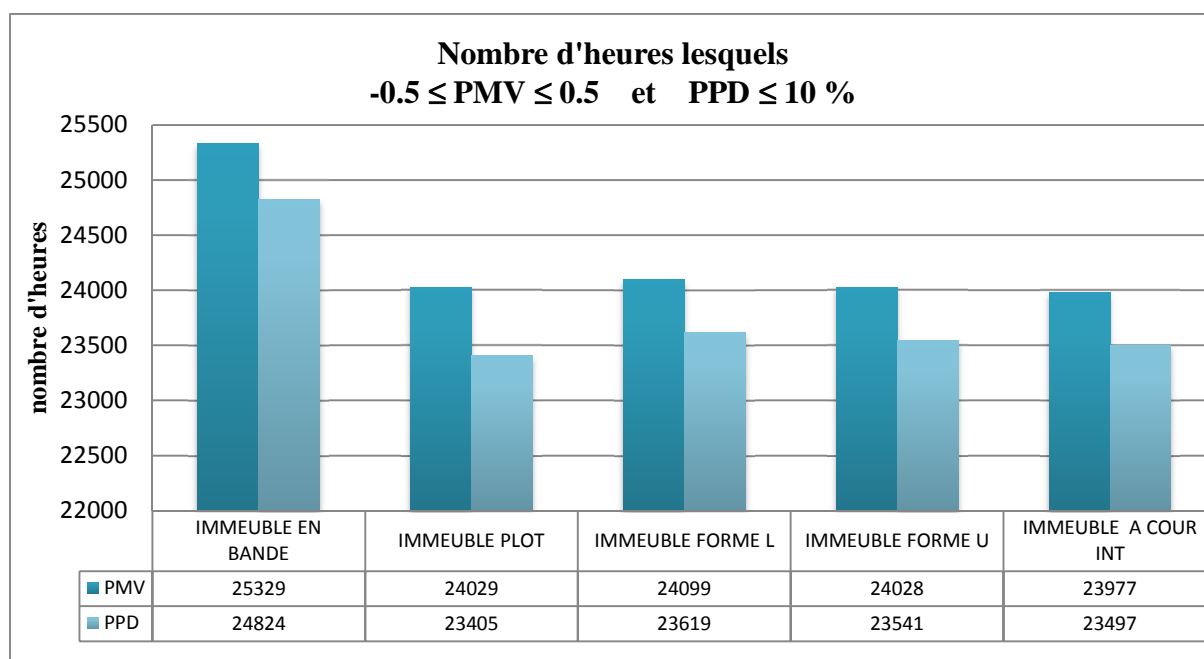
1. IMPACT DE LA TYPOLOGIE SUR LE CONFORT THERMIQUE

Les résultats du confort thermique intérieur sont basés sur l'étude des deux indices du confort thermique, sont l'indice de *PMV* et l'indice de *PPD*. Ces deux indices sont calculés directement par le logiciel TRNsys17. Le calcul des indices a été effectué pour toutes les typologies pendant une période d'une année complète.

La méthode suivie dans cette recherche pour mesurer le confort thermique consiste à calculer le nombre d'heures lesquels l'indice de *PMV* prend des valeurs entre +0.5 et -0.5, ce qui signifie que la personne est à l'intérieur de la zone du confort ; c'est pourquoi, on a aussi pris le nombre d'heures lesquels l'indice de *PPD* est inférieur ou égal à 10%. C'est à dire, le pourcentage d'heures d'occupation où 90% de personnes sont satisfaites avec leur environnement thermique.

La simulation a été limitée sur la zone du salon parce que c'est l'espace de vie le plus fréquenté, où la famille se réunit pour discuter et regarder la télévision, qui, la nuit se transforme généralement en un endroit pour dormir. Il est également un espace dédié pour recevoir des invités.

Les graphiques suivants affichent les barres représentatives du nombre d'heures dans la zone du confort selon les deux indices.



Graph 7.1. Le nombre d'heures dans la zone du confort selon les deux indices. Source : auteur

De ces graphiques on peut remarquer que la typologie d'habitat qui offre le plus les meilleures conditions thermique intérieure est la typologie en bande. Puisqu'elle a affichée le nombre d'heures le plus grand : il s'agit de « 25329 heures » selon l'indice de *PMV* et « 24824 heures » selon l'indice de *PPD*.

Nous constatons également, de ces graphiques, l'écart considérable entre le nombre d'heures qu'a été enregistré entre la forme en bande et les autres typologies d'habitats. Tandis que, l'écart du nombre d'heures entre les autres typologies est imperceptible.

Concernant la typologie qu'a affichée le seconde bon nombre d'heures de confort, nous trouvons la typologie d'immeuble en L, avec « 24099 heures » suivant l'indice de *PMV* et « 23619 heures » suivant l'indice de *PPD*.

On note aussi que les deux graphiques de *PMV* et de *PPD* n'affichent pas la même classification pour le reste des typologies, parce que si on les donne un classement selon l'indice de *PMV* on obtient :

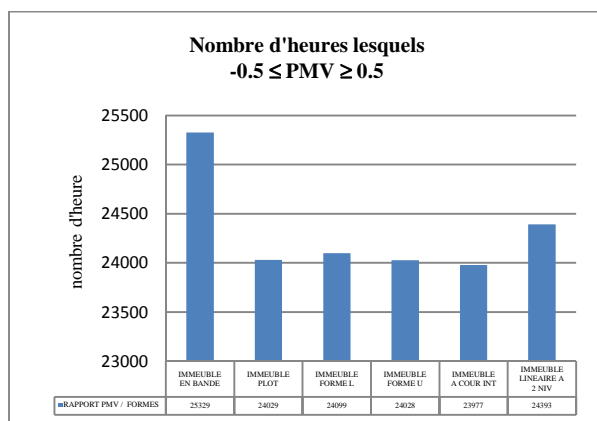
- On troisième place on trouve la forme en plot, suivie par la forme en U en quatrième place et en dernier la forme avec cour intérieure. Avec très peu d'écart dans le nombre d'heures entre ces trois typologies (Graph 7.2).

En revanche, si on les donne un classement selon l'indice de *PPD* on obtient le suivant :

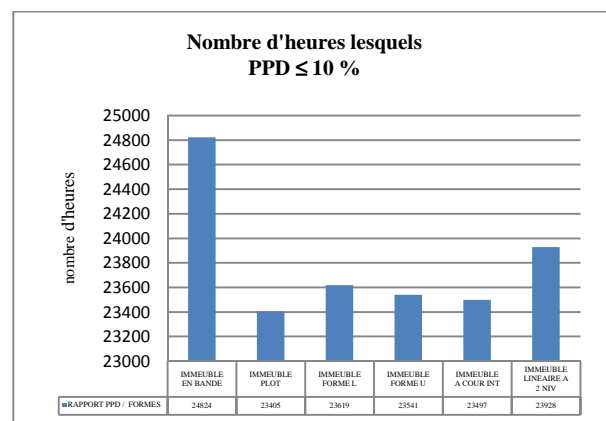
- La forme en U en troisième place, la forme avec patio intérieur en quatrième place et en dernier vient la forme en plot. (Graph 7.3).

D'après ces résultats on peut déduire que la typologie la plus performante thermiquement est incontestablement la typologie en bande. Pendant que, la typologie la plus inconfortable thermiquement est la typologie en plot selon l'indice de *PPD*, et la typologie avec cour centrale selon l'indice de *PMV*. Mais vu que l'indice de *PPD* affiche une différence d'heures un peu importante, on peut considérer la typologie en plot comme la plus faible en termes de performance thermique.

Les deux figures ci- dessous nous montrent les heures de confort enregistrées selon les deux indices séparément :

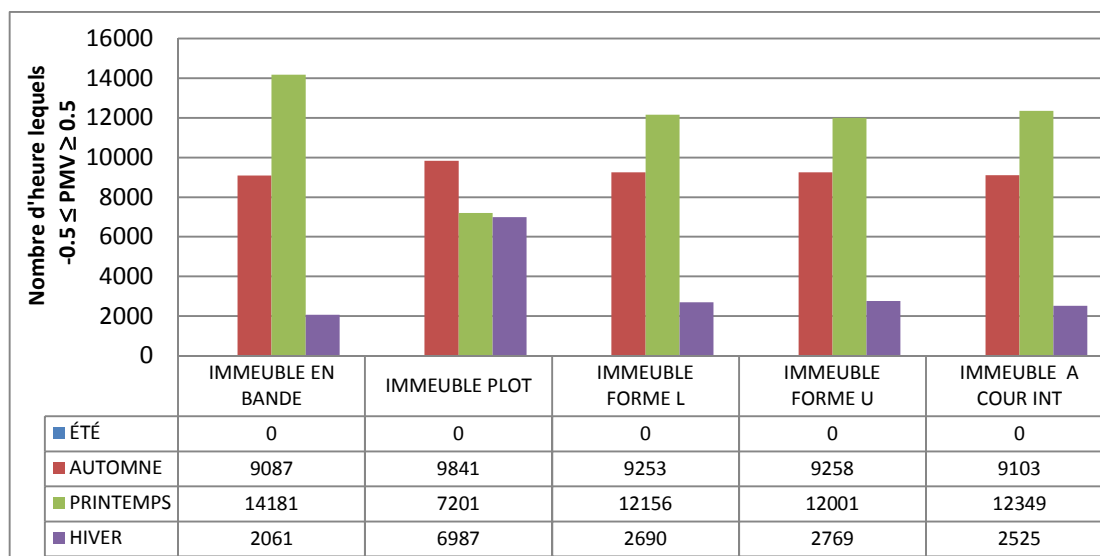


Graph 7.2. Le nombre d'heures dans la zone du confort selon l'indice *PMV*. Source : auteur



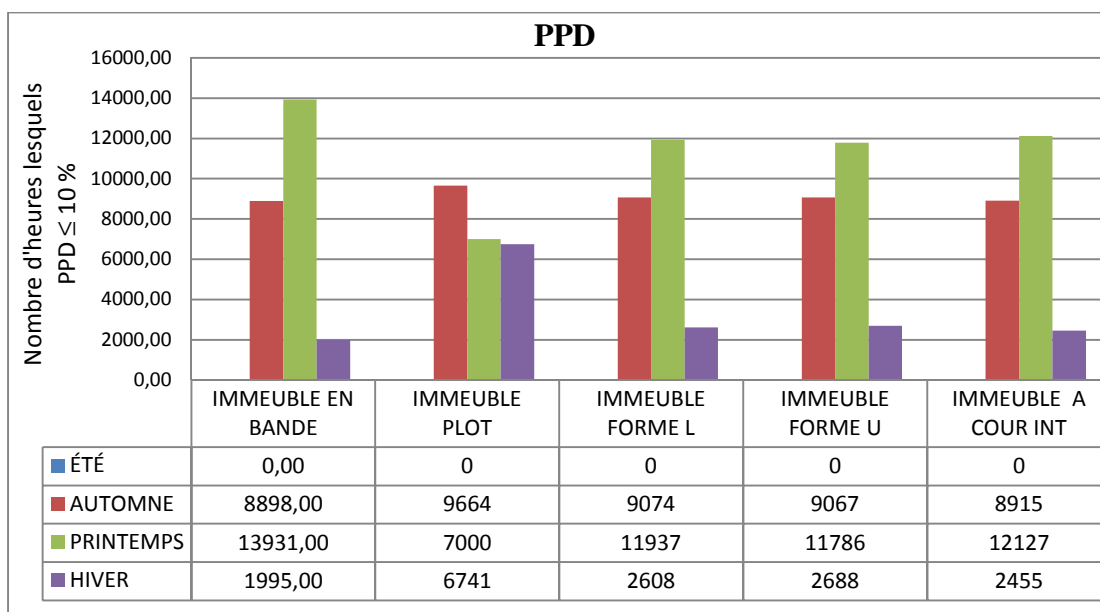
Graph 7.3. Le nombre d'heures dans la zone du confort selon l'indice *PPD*. Source : auteur

1.1. Distribution Des Heures Du Confort Suivant Les Saisons



Graph7.4 .Distribution des heures du confort suivant les saisons Selon l'indice de *PMV*.

Source : auteur



Graph7.5 .Distribution des heures du confort suivant les saisons Selon l'indice de *PPD*.

Source : auteur.

La lecture des graphiques de deux indices laisse apparaître l'hétérogénéité de la distribution des heures du confort thermique dans les saisons.

Nous avons remarqué la dominance de deux saisons « printemps et automne » en nombre d'heures, pour la saison d'hiver un nombre non considérable et une absence d'heures en été qui a affichée zéro (0) heure dans toutes les typologies. Cela signifie que, quelle que soit la typologie d'habitat, il est impossible d'atteindre le confort thermique dans la période estivale on jouant seulement sur la forme du bâtiment.

Nous avons constaté également que la typologie en bande est la plus confortable thermiquement dans la saison de printemps avec « 13931 heures », mais, elle est la plus inconfortable en hiver et en automne, dont, elle a affichée les plus faibles résultats « 8898 heures » en automne et « 1995 heures » seulement en hiver.

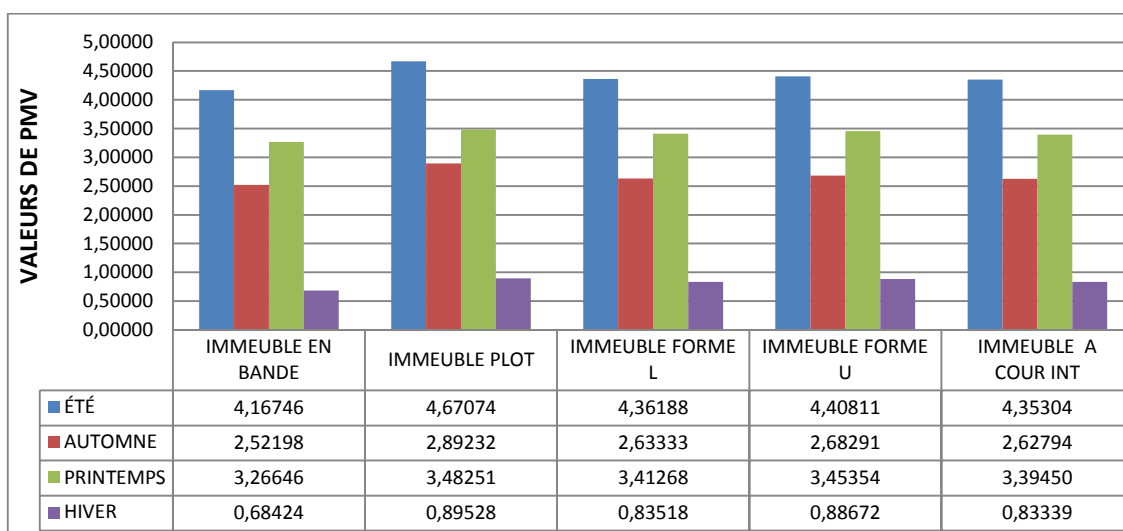
Par contre, la meilleure typologie pour les deux saisons « hiver et automne » ; les résultats ont affiché la typologie en plot avec « 9664 heures » en automne et « 6741 heures » en hiver. En hiver l'écart entre la typologie en plot et les autres typologies est très important, il dépasse le double.

Il faut noter aussi que, selon les saisons, le classement du nombre des heures de confort thermique pour chaque typologie change. Dont, le nombre d'heures enregistrés selon l'indice de *PPD* est le suivant :

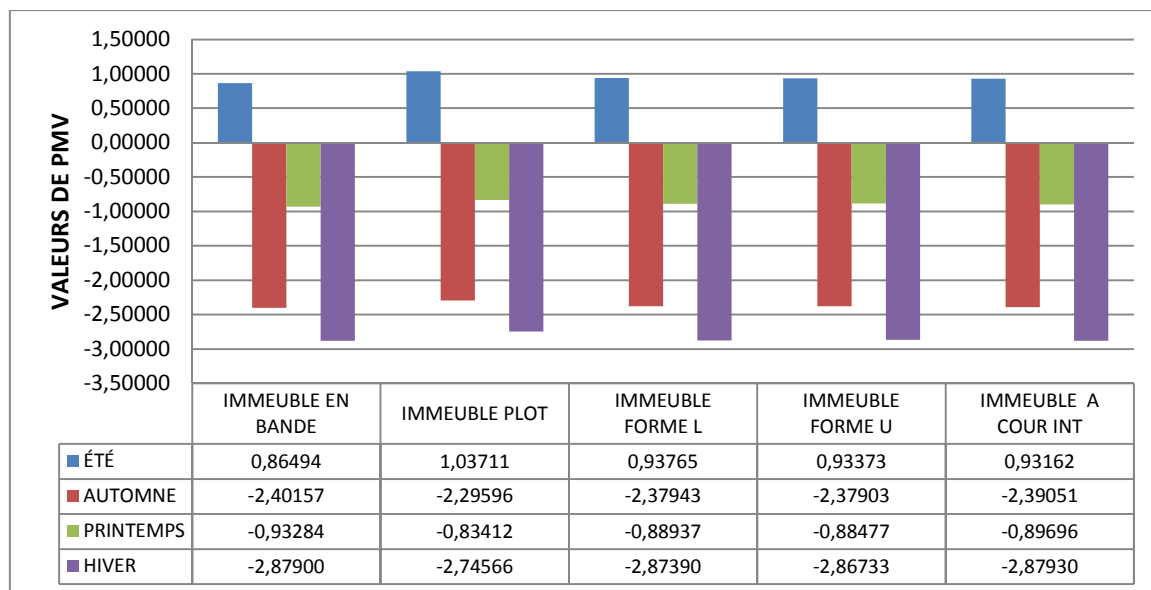
- Pour la saison d'été : aucune heure n'a été enregistrée.
- Pour la saison de printemps : le bâtiment en bande est le plus performant, suivi par le bâtiment avec cour intérieure, en troisième place il vient le bâtiment en forme de L, ensuite la forme en U et en dernier la typologie en plot qui est la moins confortable thermiquement dans cette saison.
- Pour la saison d'automne : on a constaté que la typologie la plus performante est le bâtiment en plot, suivie par la forme en L, la forme en U, la forme avec cour intérieure et la forme en bande successivement.
- Pour la saison d'hiver : en premier, c'est la typologie en plot qu'elle a disposée le plus grand nombre d'heure, suivie par la forme en U, ensuite par la forme en L, puis la forme avec cour et en dernier on trouve la forme en bande.

1.2. Les Valeurs Maximales Et Minimales Enregistrées De L'indice *PMV* Et De L'indice *PPD*

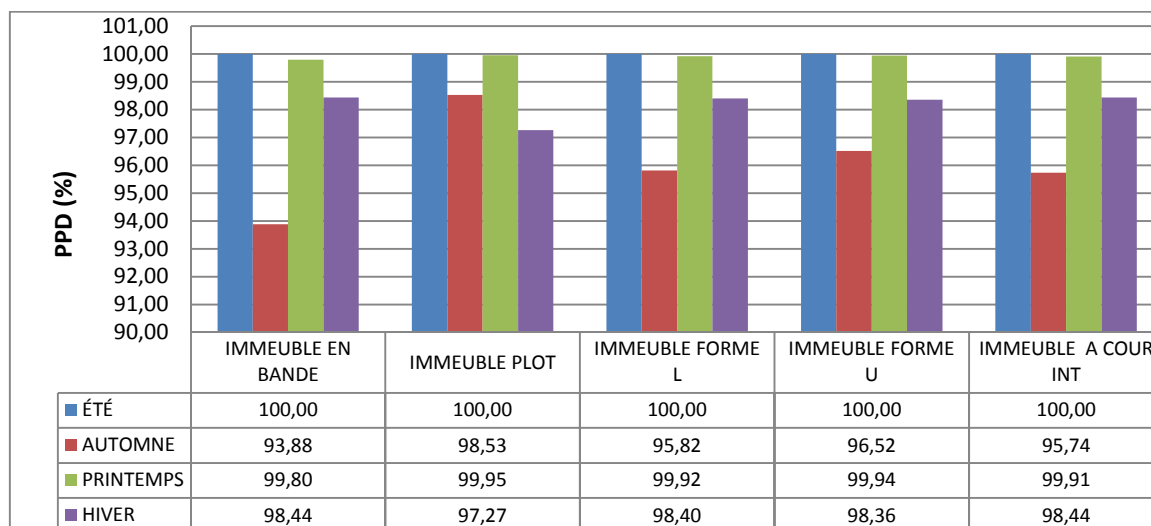
Dans les figures suivantes, nous montrons les valeurs maximales et minimales de *PMV* et de *PPD* enregistrées selon les saisons de l'année.



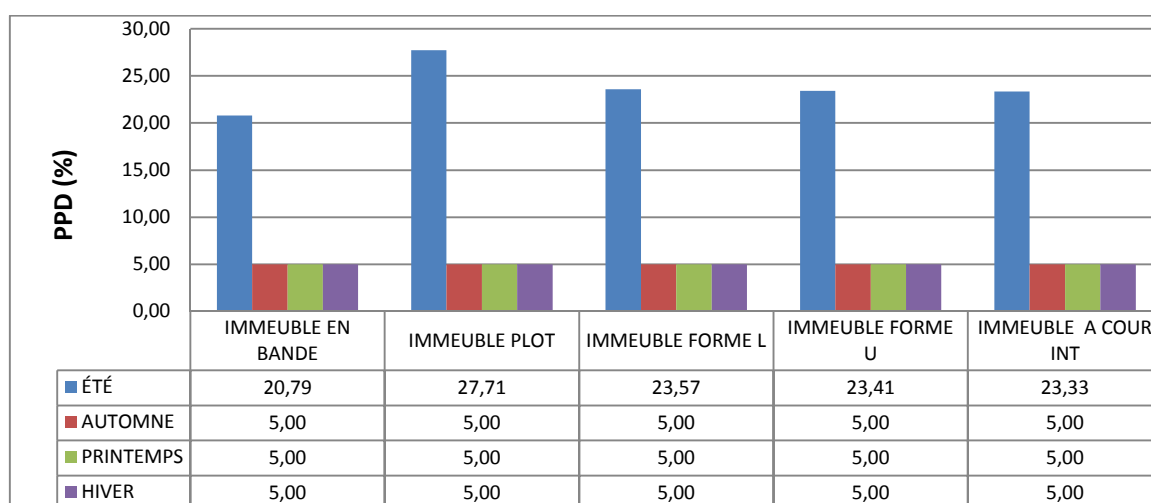
Graph7.6. Les valeurs maximales de l'indice *PMV* qui ont été enregistrées. Source : auteur



Graph7.7. Les valeurs minimales de l'indice PMV qui ont été enregistrées. Source : auteur



Graph7.8. Les valeurs maximales enregistrées de l'indice PPD. Source : auteur



Graph7.9. Les valeurs minimales enregistrées de l'indice PPD. Source : auteur

Il est noté que, pendant la période de l'été (la période avec zéro heure de confort) la typologie en bande est la plus proche de zone de confort, elle a affiché la valeur de « 20.79% » selon le *PPD* et « 0.86 » selon le *PMV*, ces valeurs sont très proche de 10% et +0.5.

1.3. Distribution Des Heures Du Confort Suivant Les Etages Et Par Bloc

L'annexe n° 01 montre les graphiques de *PPD* et *PMV* selon l'emplacement des blocs et des étages. Ces graphique nous a permis de savoir les étages et les blocs les plus exposés aux conditions thermiques inconfortables.

Il est remarqué que, plus en allant vers le haut moins sera le nombre d'heures. Le dernier étage affiche toujours un nombre d'heures réduit par rapport aux autres étages du l'immeuble. Cela est dû principalement à la forte possibilité d'échange thermique que possède la toiture avec l'environnement externe. Les rayons solaires incidents sur la surface de la dalle sont généralement très intenses, la toiture n'est pas protégée de variations climatiques externes. En revanche les étages intermédiaires comportent les logements les plus confortables en termes de confort thermique intérieur puisqu'ils sont protégés de variations climatiques externes.

En outre, on remarqué que les logements qui se trouvent dans les blocs d'angle sont les plus inconfortables thermiquement, à cause de leur grande surface d'enveloppe qu'elle est exposée aux mauvaises conditions climatiques. Donc, les meilleurs résultats affichés appartiennent aux logements de milieu.

On peut conclure que, la surface d'échange avec l'environnement externe ainsi que le taux de déperdition par la surface d'enveloppe diminuent en fonction de la disposition du logement dans l'immeuble. Les logements intermédiaires et de milieu sont toujours les plus confortables.

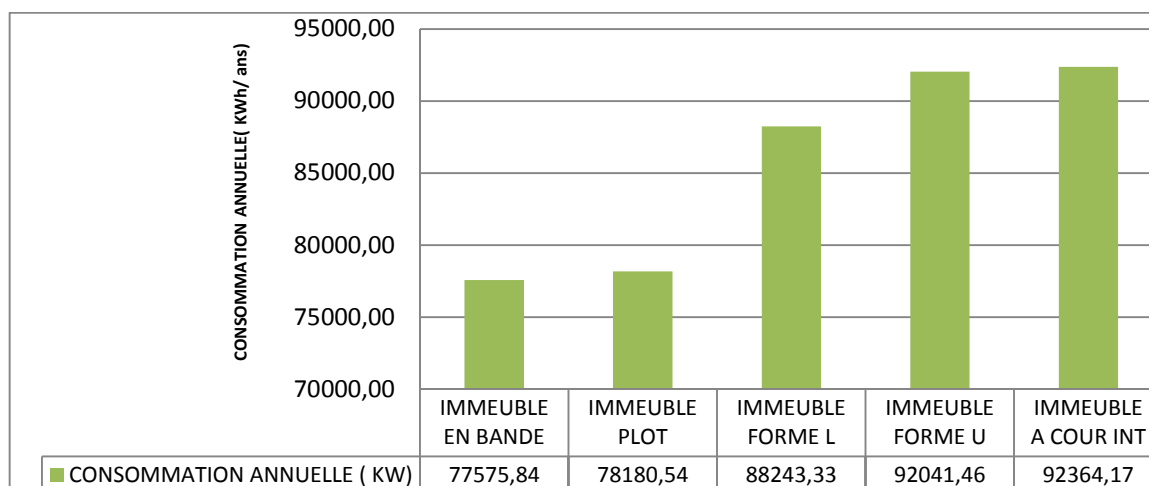
2. IMPACT DE LA TYPOLOGIE SUR LA CONSOMMATION ENERGETIQUE

La simulation sous *TRNsys* nous a permet de comparer la consommation d'énergie entre les cinq bâtiments testés dans cette présente étude. La méthode consiste à simuler les zones qui disposent un système de chauffage ou de climatisation.

Dans notre cas, les zones qui disposent ces systèmes sont : la zone du *salon* et les *deux chambres*. Dont, le nombre total des zones simulées dans l'ensemble est égal à « 240 zones ».

La consommation énergétique pour chaque heure de l'année a été calculée automatiquement sous le logiciel de *TRNsys*, ce qui nous a donné des résultats horaires. Le programme d'Excel a été utilisé pour calculer la consommation annuelle de chauffage et de climatisation pour chaque zone, ensuite pour chaque typologie d'habitat afin de rendre facile la lecture des données et l'interprétation des résultats, par conséquent, faire une comparaison entre les cinq bâtiments selon leur consommation énergétique.

2.1. La Consommation Globale Annuelle



Graph 7.10. La consommation globale annuelle de toutes les typologies étudiées. Source : auteur

La comparaison des barres représentatives de la consommation énergétique de cinq typologies testées révèle ce qui suit :

- La typologie la moins consommatrice et la plus performante énergétiquement est la typologie en bande avec une consommation globale annuelle de « 77575.84 kWh/ans », en revanche, la typologie la plus énergivore en termes de consommation énergétique reliée au chauffage et à la climatisation est la typologie avec cour intérieure, cette dernière a consommée environ « 92364.17 kWh/ans ».
- L'écart de la consommation entre les différents immeubles est hétérogène, dont on a constaté :
 - les valeurs de la consommation de l'immeuble en bande sont convergentes avec celui en plot, mais, elles ne sont pas convergentes avec les autres immeubles étudiés.
 - Les immeubles : en L, en U et avec cour intérieure ont aussi affiché des valeurs très proches.

2.1.1. Le Coût De La Consommation Globale

Selon les prix unitaires du gaz et de l'électricité fourni par la société de *SONALGAZ* ; Le coût global pour une année est calculé et résumé dans le tableau ci-dessous.

TYPLOGIES	Prix Unitaire Du Gaz (DZD)	Prix Unitaire D'électricité (DZD)	Consommation Global Annuelle (kW/ans)	Coût Global Annuel (DZD)
IMMEUBLE EN BANDE	0,324	4.179	77575,84	237706,97
IMMEUBLE PLOT	0,324	4.179	78180,54	288619,43
IMMEUBLE FORME L	0,324	4.179	88243,33	293848,23
IMMEUBLE FORME U	0,324	4.179	92041,46	307611,90
IMMEUBLE A COUR INT	0,324	4.179	92364,17	303114,41

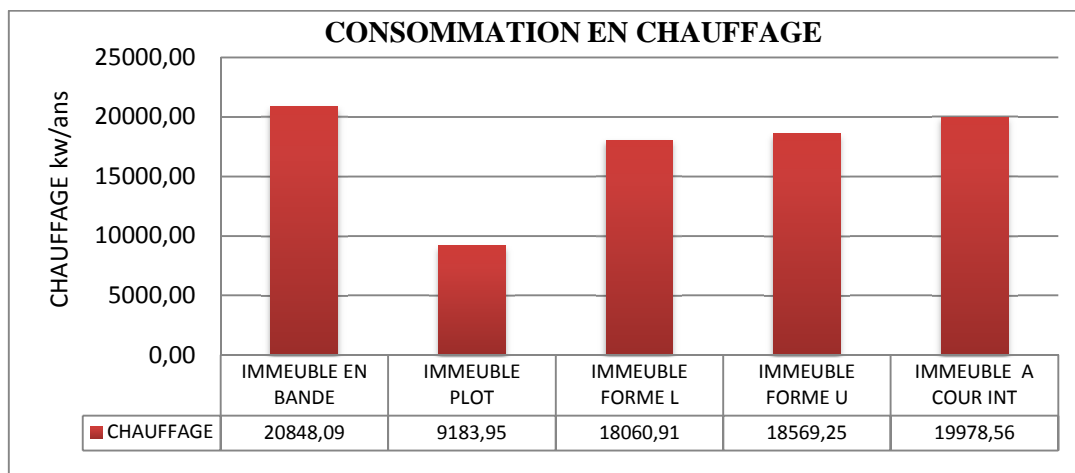
Tableau7.1. Le coût de la consommation globale de typologies testées. Source : auteur

On conclusion, et en comparant la consommation de différentes typologies, selon un ordre croissant, on obtient le classement suivant :

1. *Bâtiment en bande* : dont il consomme environ « 77575,84 kWh/ans » l'équivalent de « 237706,97 dinars algérien / ans ». (tableau.7.1).
2. *Bâtiment en plot* : qui affiche une consommation de « 78180,54 kWh/ans » équivalent de « 288619,43 dinars algérien / ans ».
3. *Bâtiment en L* : qui consomme environ « 88243,33 kWh/ans » donc l'équivalent de « 293848,23 dinars algérien/ ans ».
4. *Bâtiment en U* : il consomme environ « 92041,46 kWh/ans » l'équivalent de « 307611,90 dinars algérien/ ans ».
5. *Bâtiment a cour intérieure* : affiche la plus grande consommation environ « 92364,17 kWh/ans » ce qui est l'équivalent de « 303114,41 dinars algérien/ ans ».

2.2. La Consommation En Chauffage

Le graphique d'énergie consommé par le chauffage vient comme suit :



Graph 7.11. La consommation en chauffage. Source : auteur

On peut observer que la typologie la plus énergivore en termes de consommation en chauffage est la typologie d'habitat en bande, elle consomme environ « 20848.09 kWh/ans » pour une année, l'équivalent de « 1059.80 dinars algérien /ans » (tableau.7.2). Suivie par la typologie d'habitat à cour intérieure, puisqu'elle a consommé « 19978.56 kWh/ans » l'équivalent de « 641.70 DZD/ans ».

Concernant la typologie la plus performante énergétiquement on peut dire que c'est la typologie d'habitat en plot avec une consommation très diminuée égale à « 9183.95 kWh/ans » ce qui correspond à « 282.68 DZD ». En deuxième on trouve la typologie d'habitat en L, elle a consommée « 18060.91 kWh/ans » donc l'équivalent de « 555.91 DZD », suivie par la typologie d'habitat en U en troisième place qui consomme « 18569.25 kWh/ans » l'équivalent de « 571,56 DZD », et en quatrième place vient la typologie d'habitat avec patio.

Il faut noter que les valeurs de la consommation en chauffage pour les trois typologies : en L, en U et avec cour intérieure sont très proches.

Pour conclure on peut classer les bâtiments les moins consommateurs en chauffage, en ordre croissant, comme ce qui suit:

1. Le bâtiment en plot qui consomme 44.05% de la consommation totale du bâtiment le plus énergivore (le bâtiment en bande).
2. Le bâtiment en L qui consomme 86.63 % de la consommation totale du bâtiment en bande.
3. Le bâtiment en U qui consomme 89.06 % de la consommation totale du bâtiment en bande.
4. Le bâtiment à cour qui consomme 95.82 % de la consommation totale du bâtiment en bande.
5. En dernier, Le bâtiment en bande qui consomme « 20848.09 kWh /ans ».

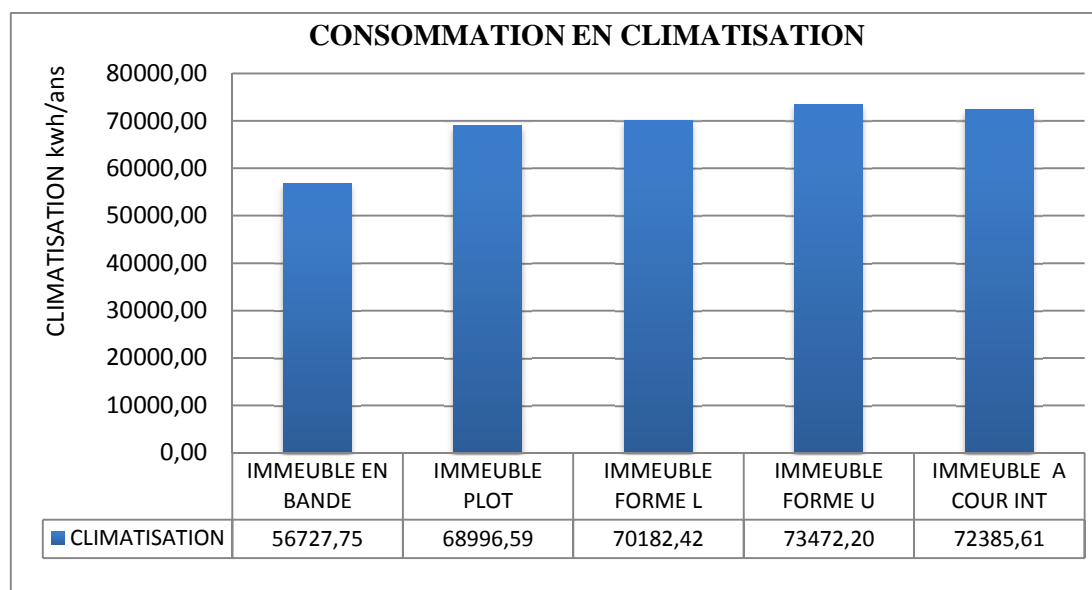
Les coûts d'énergie consommée pour chauffer selon les prix unitaires fournis par la société de *SONALGAZ* de différents bâtiments est résumé dans le tableau ci-dessous :

TYPLOGIES	Prix Unitaire de gaz / m ³ (DZD)	Consommation en Chauffage (kWh)	Consommation en Chauffage (m ³)	Coût Chauffage / ans (DZD)
IMMEUBLE EN BANDE	0,324	20848,09	1980,57	6754,78
IMMEUBLE PLOT	0,324	9183,95	872,48	2975,60
IMMEUBLE FORME L	0,324	18060,91	1715,79	5851,73
IMMEUBLE FORME U	0,324	18569,25	1764,08	6016,44
IMMEUBLE A COUR INT	0,324	19978,56	1897,96	6473,05

Tableau 7.2. Les coûts d'énergie consommée pour chauffer. Source : auteur

2.3. La Consommation En Climatisation

Le graphique d'énergie consommé pour la climatisation des espaces s'affiche comme suit :



Graph 7.13. La consommation en climatisation. Source : auteur

La première remarque à révéler, c'est bien que l'ordre des bâtiments les plus consommateurs en climatisation n'est pas le même que l'ordre des bâtiments les plus énergivores en termes de consommation en chauffage.

De sorte que, la typologie la plus consommatrice en climatisation est la typologie d'habitat en U, elle a consommée environ « 73472.20 kWh/ans », suivie par la typologie d'habitat avec cour qui a consommée environ « 72385.61 kWh/ans ».

Pendant que, la typologie en bande est la plus performante énergétiquement puisqu'elle a consommée seulement « 56727.75 kWh/ans » l'équivalent de « 237065,27 DZD/ans ». (tableau.7.3).

Cette fois, la classification des typologies, en ordre croissant, est comme ce qui suit :

1. La typologie d'habitat en bande, elle a consommée 77.2% de la consommation totale du bâtiment le plus énergivore (le bâtiment en U).
2. La typologie d'habitat en plot, cette typologie a consommée 93.9 % de la consommation totale du bâtiment en U.
3. La typologie d'habitat en L, qui a consommée 95.52 % de la consommation totale du bâtiment en U.
4. La typologie d'habitat à cour, qui a consommée 98.5 % de la consommation totale du bâtiment en U.
5. En dernier, la typologie d'habitat en U qui a consommé la plus grande quantité d'énergie.

Le coût de la consommation d'énergie liée à la climatisation en dinar algérien est montré dans le tableau suivant :

TYPLOGIES	Prix Unitaire de l'électricité / m ³ (DZD)	Consommation en climatisation (kWh)	Coût Climatisation / ans (DZD)
IMMEUBLE EN BANDE	4.179	56727,75	237065,27
IMMEUBLE PLOT	4.179	68996,59	288336,75
IMMEUBLE FORME L	4.179	70182,42	293292,32
IMMEUBLE FORME U	4.179	73472,20	307040,34
IMMEUBLE A COUR INT	4.179	72385,61	302499,47

Tableau7.3. le coût de la consommation d'énergie pour refroidir. Source : auteur

3. CALCUL DU COEFFICIENT DE FORME (C_f)

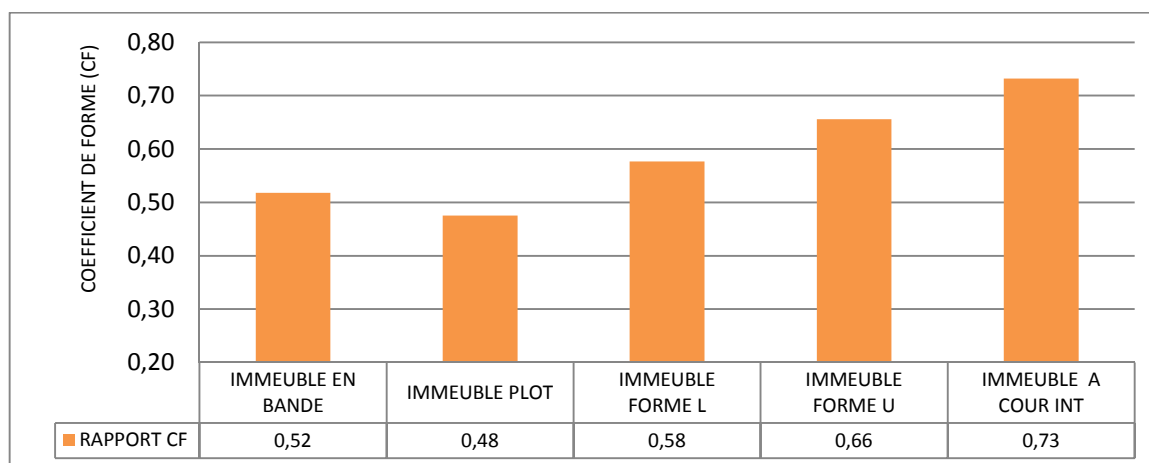
Le coefficient de forme (C_f) ou bien « la compacité » est défini comme le rapport entre la surface extérieure et le volume chauffé d'un bâtiment (S/V), exprimé en m^2/m^3 . Son calcul permet de comparer les formes différentes par rapport à un volume donné. La recherche d'une compacité permet de réduire les déperditions thermiques par l'enveloppe extérieure.

Le tableau suivant présente le coefficient de forme, la surface d'enveloppe et le volume habitable pour chaque typologie.

TYPOLOGIES	IMMEUBLE EN BANDE	IMMEUBLE PLOT	IMMEUBLE FORME L	IMMEUBLE FORME U	IMMEUBLE A COUR INT
Surface enveloppe extérieur	2077,984	1905,938	2314,396	2631,222	2937,392
Volume habitable	4011,52	4011,52	4011,52	4011,52	4011,52
COEFFICIENT DE FORME C_f	0,52	0,48	0,58	0,66	0,73

Tableau 7.4. le coefficient de forme de différentes typologies. Source : auteur

Le graphique ci-dessous résume le coefficient de forme (C_f) de cinq bâtiments étudiés.



Graph 7.14. Le coefficient de forme de cinq bâtiments étudiés. Source : auteur

On constate d'après le graphique que les cinq bâtiments étudiés ont des coefficients de formes différents, Cela est dû au changement de surface de l'enveloppe, puisque le volume habitable est constant pour tous les bâtiments testés.

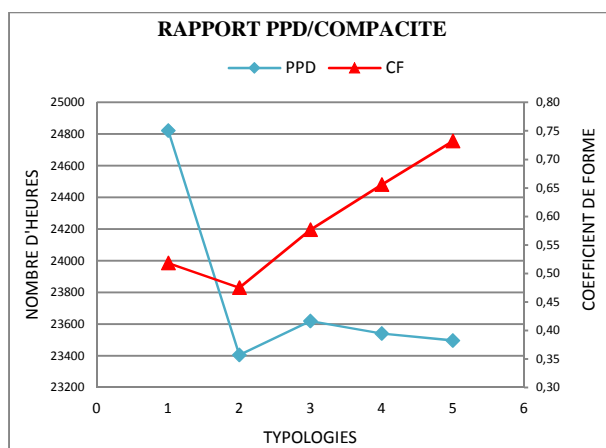
Il est remarqué que la typologie la plus compacte est la typologie en plot avec le coefficient de forme le plus faible « 0.48 ». En revanche, le coefficient de forme du l'immeuble avec cour intérieure est le plus élevé l'ordre de « 0.73 » ; ce qui le rend le bâtiment le plus dispersé. Une différence de « 0.25 » est notée entre les deux typologies.

Dans certains cas, les valeurs de coefficient de forme sont très proches, comme nous observons dans le cas de la typologie en plot et la typologie en bande.

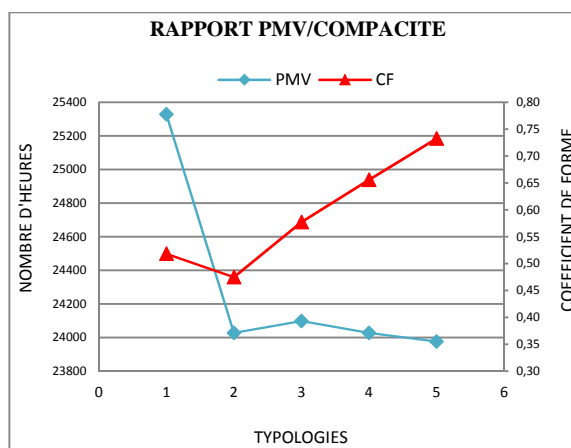
La classification des typologies selon leur compacité, sous un ordre décroissant, est comme ce qui suit :

1. la typologie en plot avec un coefficient de forme égal à 0.48 et une surface extérieure de 1905,93 m².
2. la typologie en bande vient en deuxième, son coefficient de forme est égal à 0.52 et sa surface extérieure est de 2077,98 m².
3. la typologie en L, son coefficient de forme est égal à 0.58 et sa surface extérieure est de 2314,39 m².
4. En quatrième, la typologie en U donne un coefficient de forme égal à 0.66 et sa surface extérieure égale à 2631,22 m².
5. la typologie la plus dispersée est la typologie avec patio, son coefficient de forme égal à 0.73 et sa surface extérieure est de 2937,39 m².

3.1. L'influence De La Compacité Sur Le Confort Thermique



Graph 7.15. rapport *PPD* /compacité. Source : auteur



Graph 7.16. rapport *PMV* /compacité. Source : auteur

Les deux facteurs sont interdépendants : le nombre des heures de confort thermique augmente lorsque les valeurs de la compacité baissent; puisque le degré d'exposition du bâtiment aux conditions climatiques ambiantes augmente. Le graphique de la compacité représente partiellement l'inverse de celui du confort thermique, exception faite pour le bâtiment en plot, ce dernier malgré sa compacité, il affiche le nombre d'heures le plus faible.

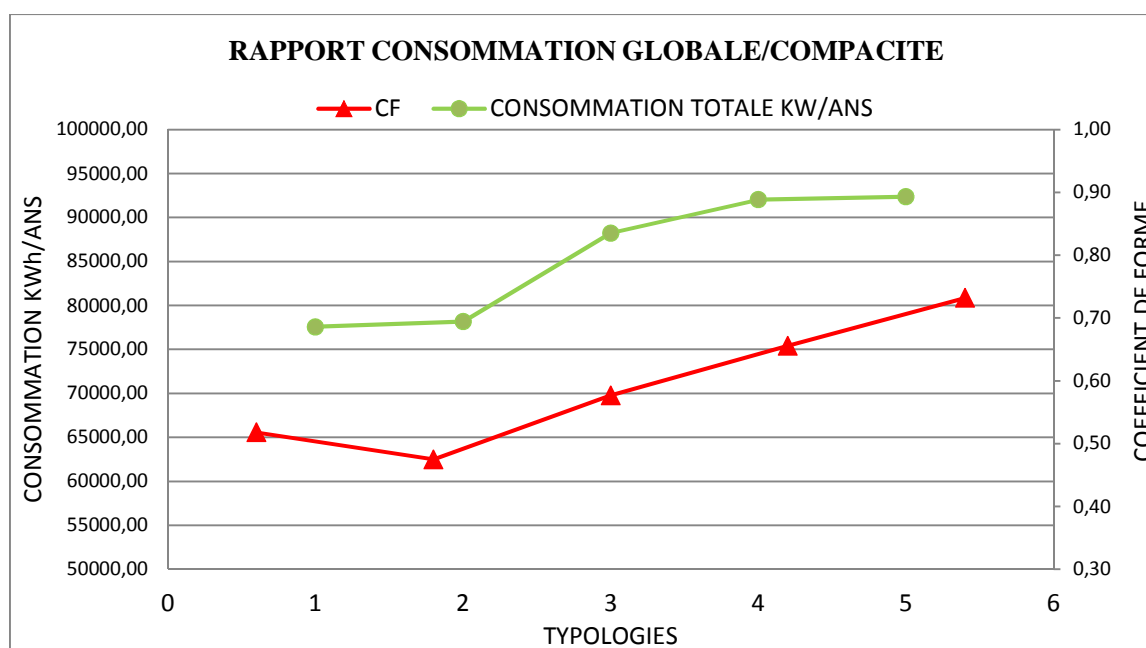
Il faut noter que cette typologie du bâtiment « la typologie en plot » a enregistré les meilleurs résultats du confort thermique pour les deux saisons : hiver et automne (Graph7.6, graph7.7). La longueur de la période chaude dans la ville de Biskra dépasse toujours la saison estivale et comprend le début d'automne et la fin du printemps. Vue sa hauteur cette typologie a la plus grande surface verticale, ces faces verticales sont exposées au rayonnement solaire (direct, diffus et réfléchi) et les vents chauds. La transmission de la chaleur de l'extérieur vers l'intérieur se fait essentiellement par conduction puis par rayonnement à travers les parois verticales. Ce qui provoque une hausse de température de l'air intérieur dans les logements.

L'écart de compacité enregistré entre le bâtiment le plus compact et le bâtiment le plus dispersé est égal à « 0.25 », ce qui correspond à « 92 heures » seulement à l'intérieur de la zone du confort thermique.

Toutefois, la compacité reste un critère significatif pour l'évaluation du confort thermique intérieur, ce que nous remarquons dans la plus part des cas étudiés. *DE HERDE et Gratia* (2003) ont avancé que : « *La compacité est un critère d'évaluation thermique intéressant mais délicat à appliquer car il dépend de plusieurs facteurs* ». *THOMAS* (1999) quant à lui confirme à travers ses recherches que la compacité est plus adéquate pour éviter les pertes thermiques, mais elle possède moins de potentiel pour les gains solaires et l'éclairage naturel.

De ce fait, nous pouvons déduire que les conditions du confort thermique intérieures sont relatives avec la compacité du bâtiment. Ce facteur est un bon moyen pour évaluer l'influence de la forme sur le confort thermique intérieur.

3.2. L'influence de la compacité sur la consommation d'énergie



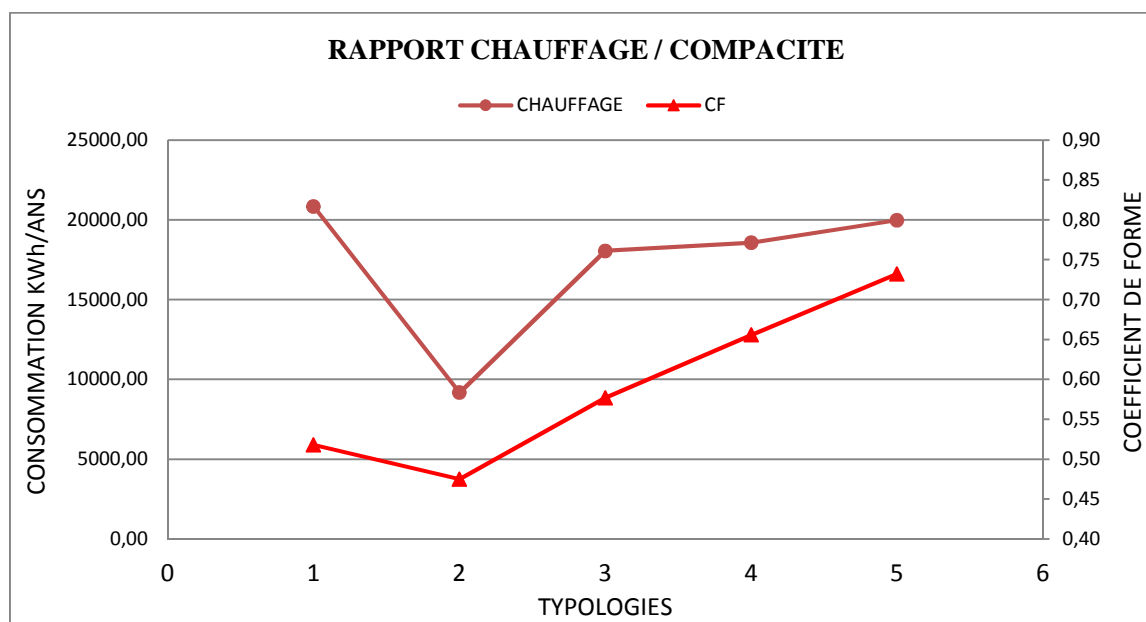
Graph 7.17. Rapport consommation globale annuelle / compacité. Source : auteur

La comparaison des deux graphiques fait apparaître que les deux allures sont ascendantes et nous montrent que lorsque le coefficient de forme est important les bâtiments génèrent une grande consommation, et lorsque le coefficient de forme est faible la consommation diminue. De ce fait on peut dire que le facteur de la compacité a une influence sur l'augmentation ou l'atténuation de la consommation énergétique.

La différence de « 0.25 » entre la compacité de bâtiment en plot (le plus compact) et le bâtiment avec cour intérieure (le moins compact) correspond à un intervalle de « 14183,63kWh/ans ».

À partir de ces résultats, on peut dire qu'il existe une forte dépendance entre la compacité du bâtiment et sa consommation d'énergie liée au chauffage et à la climatisation.

3.2.1. Rapport consommation en chauffage et compacité



Graph7.18. Rapport consommation en chauffage / compacité. Source : auteur

Une très grande semblance entre la courbe représentative de la compacité et celle de la consommation en chauffage. On constate que lorsque la compacité prend des valeurs élevées la consommation énergétique en chauffage augmente et le vice versa. On peut dire qu'il y a une très grande corrélation entre ces deux paramètres.

Lorsque la compacité est faible, la déperdition thermique par la surface décroît relativement, c'est pourquoi, la demande en chauffage diminue et la performance thermique d'un bâtiment augmente.

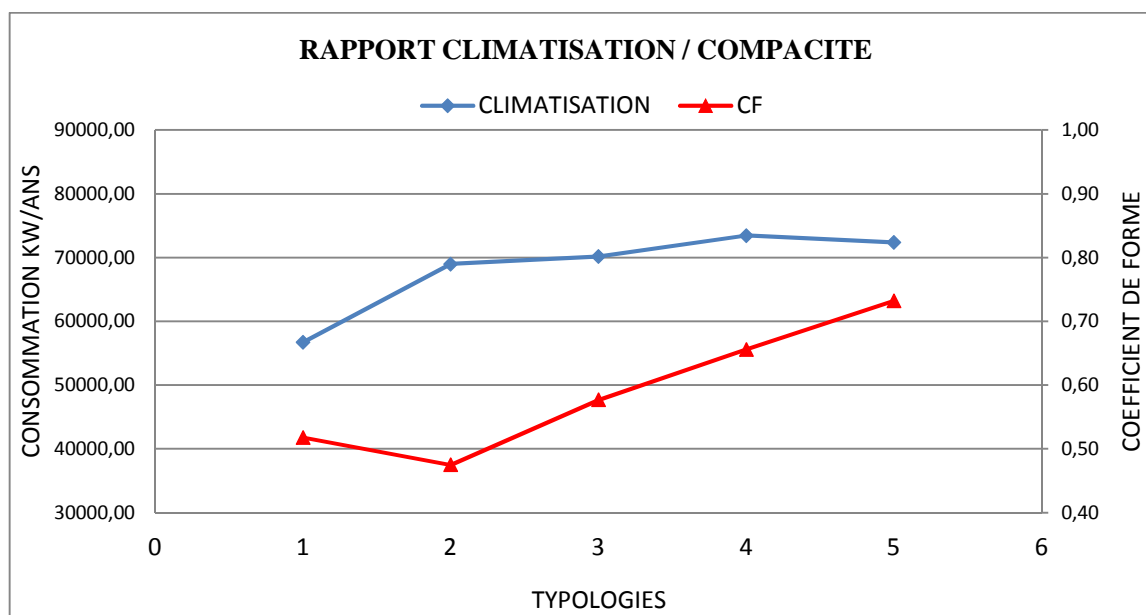
Cette relation entre le coefficient de forme et la consommation en chauffage a été confirmée par bon nombre de chercheurs : Roger *CARMOUS et al* 1983, *DE HERDE et al* 2003, *Samuel COURGEY et al* 2007, *DEPECKER et al* 2001 qui ont tous confirmés que plus la forme est compacte, moins sera la demande en chauffage.

P.LAVIGNE en 2009 a aussi confirmé l'incidence de la forme et la taille du bâtiment sur la déperdition thermique, plus particulièrement pour les climats ayant un hiver froid.

Concernant la typologie d'habitat en bande, sa demande en chauffage est grande par rapport à son coefficient de forme, parce que cette typologie est considérée comme la plus étalée sur l'axe est /ouest, donc la plus exposée aux vents froids. D'une autre part cette typologie contient le plus petit nombre de face extérieure par logement (Tableau 7.5).

Une augmentation de consommation en chauffage d'environ « 45% » a été enregistrée entre la typologie en plot et la typologie à cour intérieure.

3.2.2. Rapport consommation en climatisation et compacité



Graph7.19. Rapport consommation en climatisation / compacité. Source : auteur

La courbe de la consommation en climatisation est partiellement l'inverse à celle de la compacité. Elle ne suit pas parfaitement la courbe de la compacité. Mais, Dans la majorité des cas, lorsque la valeur de la compacité est grande la consommation diminue et le vice versa.

De ce constat, Il est devenu bien claire que l'influence de ce facteur « coefficient de forme » sur la demande en climatisation et beaucoup moins faible que sur la demande en chauffage.

On a remarqué une différence de consommation relié à la climatisation de « 15657,86kWh/ans » ce qui représente une augmentation de « 21.6 % » entre la typologie la plus compacte et la typologie la moins compacte.

4. CALCUL DE NOMBRE DES FACES DEPERDITIVES

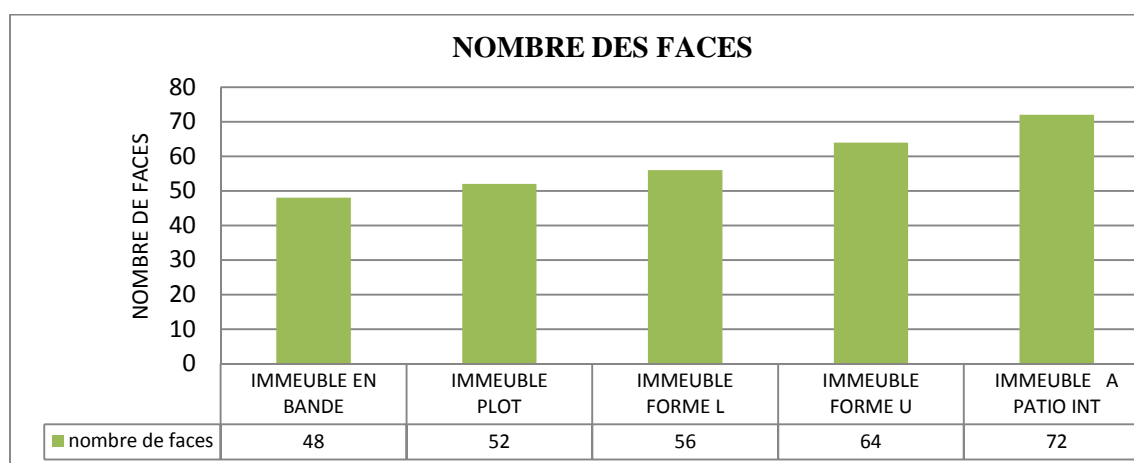
« Pour le même volume, la compacité des maisons mitoyennes est inférieure à celle d'un pavillon car les murs mitoyens sont disposés entre deux espaces chauffés et ne seront pas comptés comme déperditifs». (De Herde et al, 2006)

Le calcul du nombre des faces¹ extérieures pour chaque typologie nous donne le nombre des murs comptés comme déperditifs. La méthode consiste à multiplier le nombre de faces par le nombre des logements pour obtenir comme résultat le nombre total des faces extérieures.

Nombre de faces exposées au climat extérieur								
Nombre de faces		1	2	3	4	5	6	Totale
IMMEUBLE EN BANDE	nombre des logements		4	8	4			48
IMMEUBLE PLOT				12	4			52
IMMEUBLE FORME L				8	8			56
IMMEUBLE FORME U				4	8	4		64
IMMEUBLE A PATIO INT					8	8		72

Tableau 7.5. Nombre de faces exposées au climat extérieur. Source : auteur

Le nombre des faces déperditives est représenté dans le graphique suivant :



Graph7.20.. Nombre de faces exposées au climat extérieur. Source : auteur

D'après les résultats, nous remarquons que le nombre des faces est variable en fonction de la typologie d'habitat. L'écart entre les différentes typologies est parfois n'est pas important.

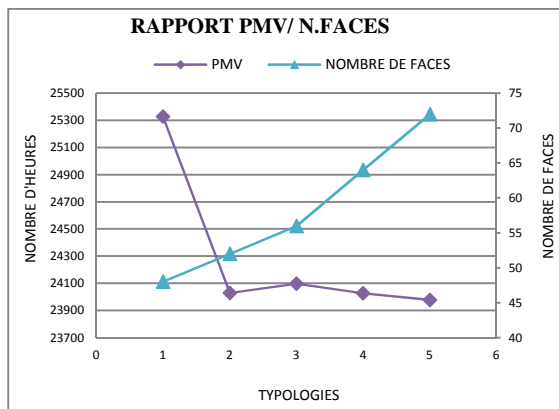
L'ordre des typologies selon ce facteur est similaire à celui basé sur le facteur de la compacité dans une large mesure. Selon le nombre des faces extérieures, la classification des typologies vient comme suit :

¹ La face dans ce cas représente une façade qu'elle possède un appartement.

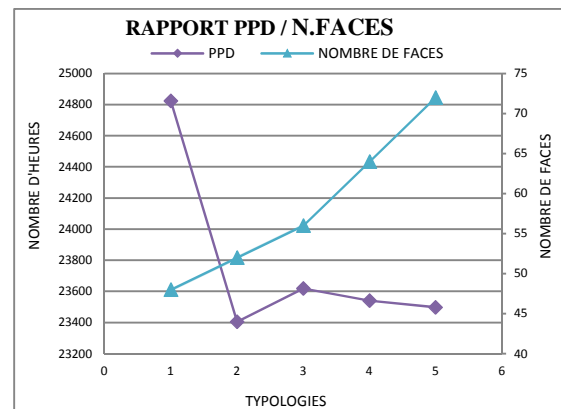
1. En premier, la typologie en bande avec « 48 faces » qui donnent à l'extérieur, ce qui représente 50% de nombre total des faces.
2. En deuxième, la typologie en plot qui contient « 52 faces » extérieures, représentent 54.2% du nombre total des faces.
3. En troisième, on trouve la typologie en L avec « 56 faces », ce qui représente 58.3% de nombre total des faces.
4. En quatrième, vient la typologie en U qui affiche « 64 faces » extérieures, l'équivalent de 66.6 % de nombre total.
5. En dernier, c'est la typologie la plus exposée au climat extérieur qui est la typologie avec cour intérieure, elle affiche un nombre de « 72 faces » extérieures, ce qui représente 75% de nombre total des faces.

Une augmentation de « 25% » est remarquée entre la typologie la plus exposée au climat extérieur et la typologie la moins exposée. Ce qui correspond à « 24 faces » de plus.

4.1. L'influence du mode de contact sur le confort thermique



Graph7.21.. rapport *PMV* / mitoyenneté.
Source : auteur



Graph7.22.. rapport *PPD* / mitoyenneté.
Source : auteur

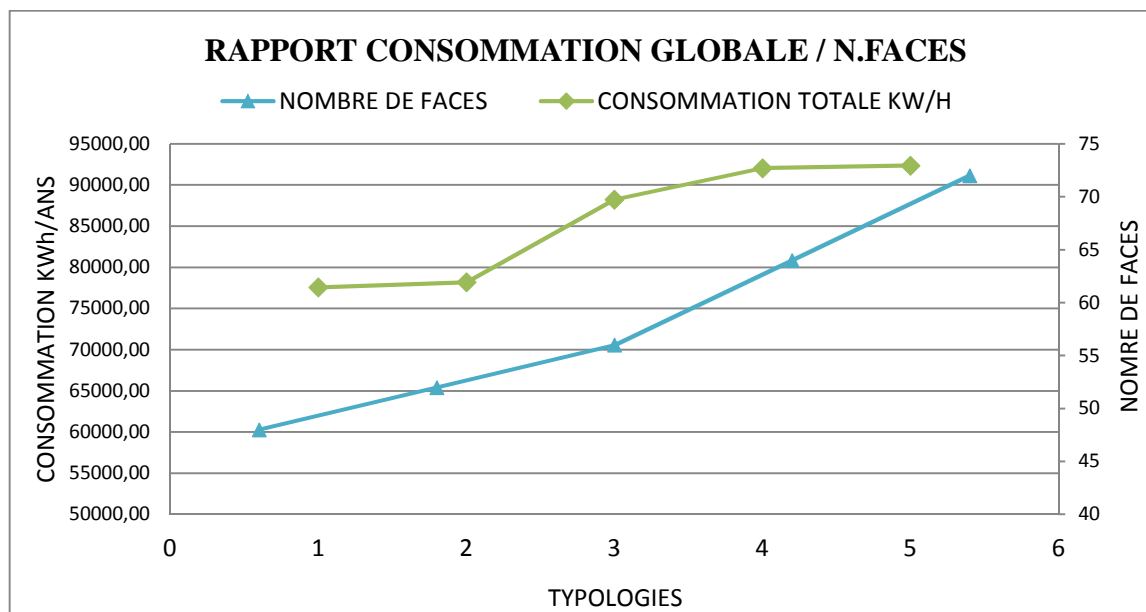
L'ensemble des graphs nous montrent que, dans la majorité des cas, lorsque le nombre des faces est faible le nombre d'heure de confort augmente, est lorsqu'il est important le nombre d'heure diminue. On peut dire que la courbe de *PPD* et de *PMV* représente l'inverse de la courbe relatif au nombre des faces extérieures. Exception faite, pour le bâtiment en plot, qu'il n'a pas affiché des bons résultats de confort thermique intérieur bien qu'il contient un nombre minime de faces extérieures par rapport aux autres typologies. Cela est dû probablement à la grande surface verticale qu'il possède: les facettes de ce bâtiment notamment est et ouest captent largement de l'énergie solaire notamment dans la période chaude.

Avec un intervalle de « 24 faces », on peut augmenter les heures du confort thermique d'ordre de « 1327 heure /ans ». Ce qui représente une augmentation de 5.34%.

En conclusion on peut dire que, plus le nombre des faces exposées au climat extérieur est faible plus on est dans des conditions thermiques intérieures agréables et confortables. Le confort thermique intérieur correspond au agencement des logements (surtout horizontalement) dans un bâtiment, au nombre des murs mitoyens, plutôt, aux déperditions thermique par la surface extérieure de l'enveloppe.

4.2. L'influence du mode de contact sur la consommation annuelle d'énergie

Les résultats de ces deux paramètres sont représentés dans les graphes ci-dessous :



Graph7.23. Rapport consommation globale annuelle / nombre de faces. Source : auteur

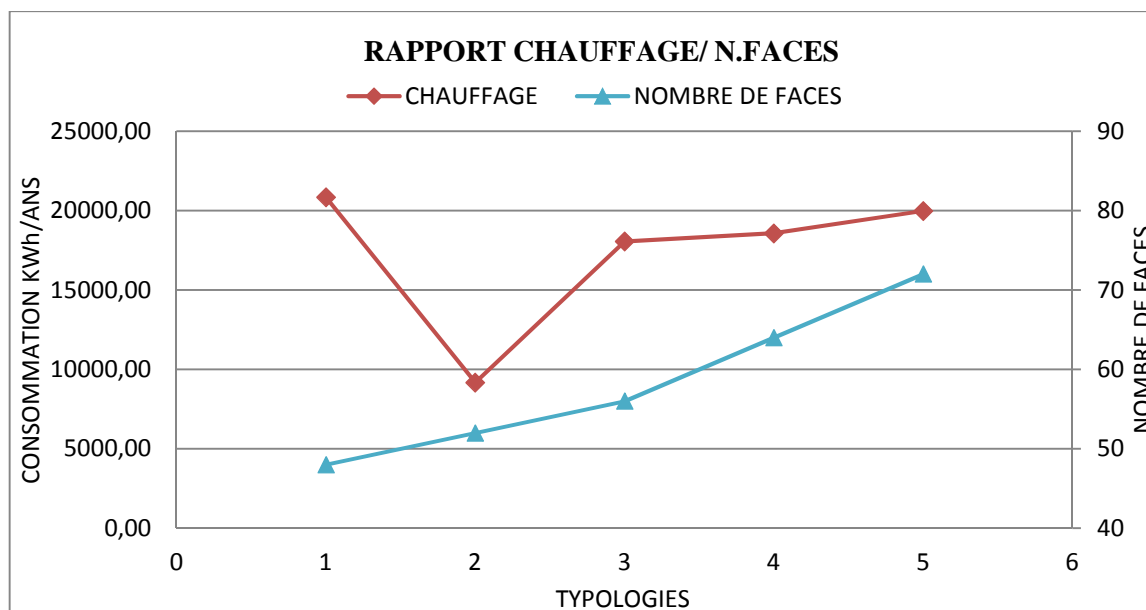
Les résultats de ces graphiques nous dévoilent l'existence de l'interdépendance significative entre le facteur de mode de contact (donné par le nombre des faces) et la consommation globale annuelle d'énergie. Les deux graphes sont ascendants, cela signifie que lorsque le nombre de faces exposé à l'extérieur est important la consommation globale augmente forcément, et le vice versa, lorsque le nombre est faible la consommation globale diminue, signe de l'existence d'un rapport entre ces deux facteurs.

Mais il faut noter que le degré de corrélation n'est pas le même pour toutes les typologies d'habitat. Les valeurs représentatives des deux facteurs n'ont pas une relation linéaire, cela est probablement en raison de changements dans les caractéristiques morphologiques de chaque typologie.

L'analyse de ces résultats a dévoilé qu'avec un intervalle de « 24 faces » la demande globale en énergie reliée à la climatisation et au chauffage augmente de « 14788,33 kWh/ans », ce qui représente une augmentation de 16%.

4.2.1. L'influence du mode de contact sur la consommation en chauffage

Les graphes ci-dessous nous montrent la relation entre le mode de contact sur la consommation en chauffage.



Graph7.24. Rapport consommation chauffage / nombre de faces. Source : auteur

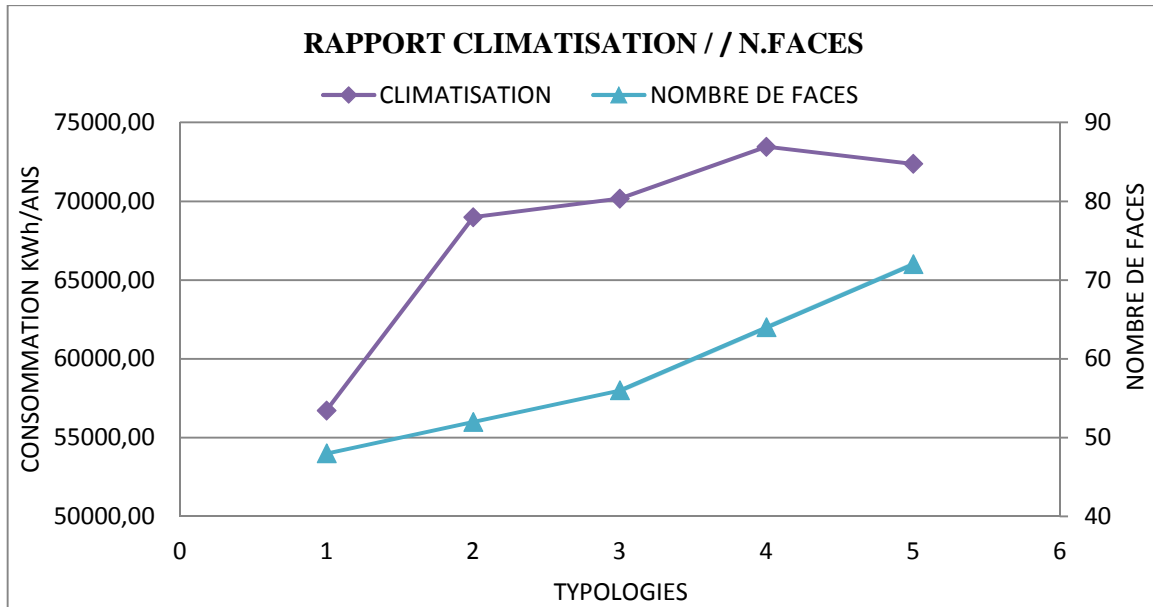
On ce qui concerne l'impact du mode de contact sur la consommation en chauffage, l'analyse des résultats a dévoilé que la demande d'énergie pour chauffer augmente considérablement lorsque le nombre des faces extérieures est important. Exception faite pour la typologie en bande « référence » ; cette typologie consomme une énergie considérable pour chauffer l'intérieur du bâtiment bien qu'elle a le plus petit nombre de faces extérieures. Cela est dû possiblement à la grande surface orienté vers le nord (source des vents froids) et à la surface de sa toiture qui est également exposée aux variations climatiques en hiver.

Par rapport à un intervalle de « 24 faces » la consommation en chauffage a augmenté avec « 869,53kwh/ans », ce qui veut dire 4.17% d'augmentation.

On peut conclure que dans un climat chaud et sec tel que le climat de la ville où se déroule notre étude, le facteur de mitoyenneté ou le mode de contact qui est représenté dans cette étude par le nombre des faces est un facteur influant sur l'augmentation ou l'atténuation d'énergie consommé pour chauffer les espaces intérieurs d'un bâtiment.

4.2.2. L'influence du mode de contact sur consommation en climatisation

Les graphes ci-dessous viennent pour nous montre la relation entre le facteur du mode de contact et la consommation en énergie pour refroidir un bâtiment.



Graph7.25. Rapport consommation climatisation / nombre de faces. Source : auteur

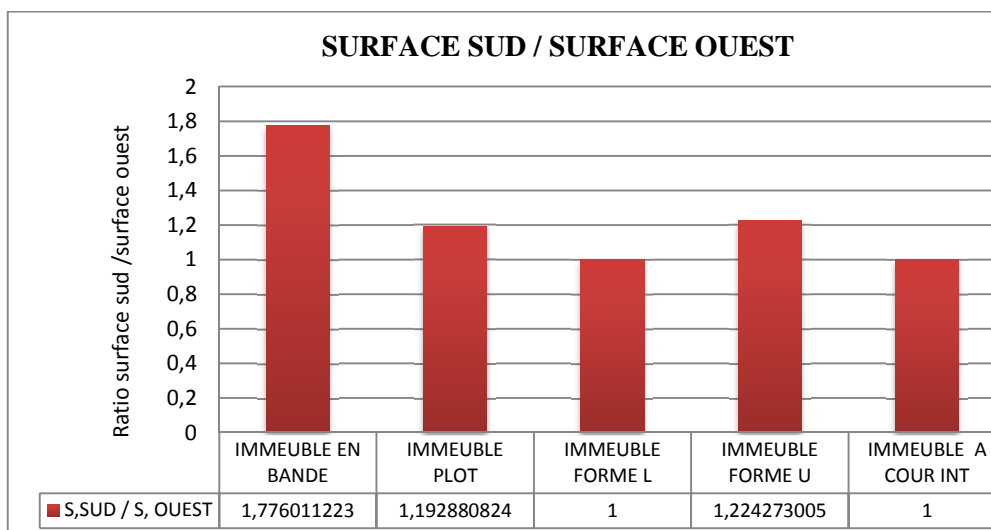
Si nous observons les courbes ci-dessus, nous allons constater ce qui suit :

- les deux courbes sont ascendantes, ce que veut dire que, lorsque le nombre de faces est élevé la consommation en climatisation augmente, et lorsqu'il est faible la consommation diminue. Cela est dû probablement à l'effet de l'exposition aux rayons solaires et aux vents chauds qui réchauffent les faces du bâtiment.
- L'effet de ce facteur sur les différentes typologies n'est pas constant, et varie d'une typologie à une autre. Cela est dû principalement à la présence des autres facteurs tels que : l'effet de la cour (le cas de la typologie avec cour intérieure), l'effet de l'ombre propre et portée (le cas de la typologie en U et en L), l'orientation des surfaces verticales...etc. Cela ne veut pas nier que l'influence de la mitoyenneté, et signe l'importance de ce facteur sur la demande d'énergie liée à la climatisation.
- L'augmentation enregistrée est égale à « 15657,86 kWh/ans », ce qui correspond à une augmentation de « 21.6% » entre la typologie en bande et la typologie avec cour intérieure. Tandis que, le pourcentage de l'augmentation enregistré pour la consommation d'énergie en chauffage est égal à « 4.17% » seulement. De ce fait, on peut conclure que l'impact de ce facteur sur la demande d'énergie de refroidissement est beaucoup plus important que celui sur la demande d'énergie liée au chauffage.

5. LE RAPPORT SURFACE SUD / SURFACE OUEST

Dans le cadre de notre travail, l'étude de rapport surface sud / surface ouest a été calculé pour donner une idée sur l'effet de ce rapport sur le confort thermique intérieur et la consommation énergétique. Ce rapport reflète la relation l'implantation du bâtiment et son orientation.

Ce rapport a été calculé manuellement en divisant la surface des murs orientés vers le sud sur la surface des murs orientés vers l'ouest. La figure ci-dessous résume les résultats obtenus pour chaque typologie étudiée.



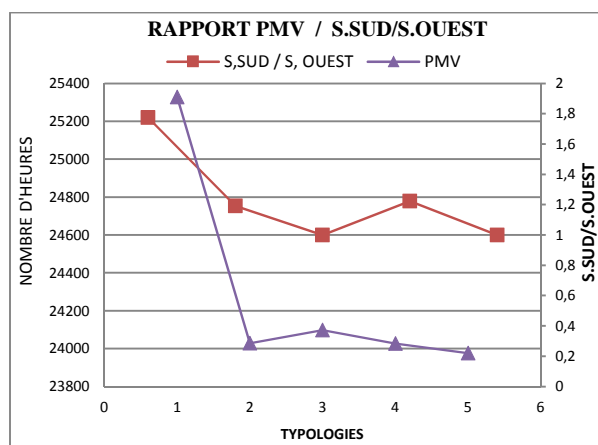
Graph7.26. surface sud / surface ouest. Source : auteur

D'après le graphique, on peut enregistrer que :

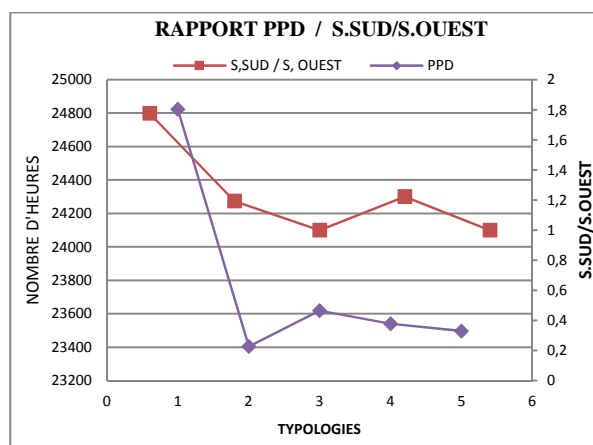
- la typologie qui a affichée le meilleur rapport surface.Sud / surface. ouest est la typologie en bande, égal à « 1.8 ». Cela signifie que la surface des murs orientés vers le sud du bâtiment en bande représente 1.8 fois la surface des murs orientés vers l'ouest.
- La typologie en bande est suivie par la typologie en U avec un rapport de « 1.22 », ensuite la typologie en plot avec un rapport de « 1.2 », puis elle vient les deux typologies : la typologie en L et la typologie avec cour intérieure avec un rapport égal à « 1.0 » ; ce dernier rapport signifie que la surface des murs orientés sud égale à la surface des murs orientés vers l'ouest.
- L'écart entre le rapport de la typologie en bande et la typologie à cour intérieure égal à « 0.8 », ce qui représente une différence de « 44.4% ».

5.1.L'influence du rapport s.sud /s.ouest sur le confort thermique

A l'aide de ces deux graphiques ci-dessous, nous allons montrer la relation entre le rapport S.Sud /S.Ouest et le confort thermique intérieur.



Graph7.27. rapport pmv / s.sud/s.ouest.
Source : auteur



Graph7.28. rapport ppd / s.sud/s.ouest.
Source : auteur

Les graphiques dévoilent une corrélation pas faible entre la courbe du confort thermique et la courbe du rapport s.sud/s.ouest. Les typologies signent différemment la relation entre ce facteur et le maintien du confort thermique intérieur. Dont, lorsque la surface des murs sud augmente le nombre des heures dans la zone du confort augmente. L'exception se trouve principalement dans la typologie en U et le bâtiment en plot.

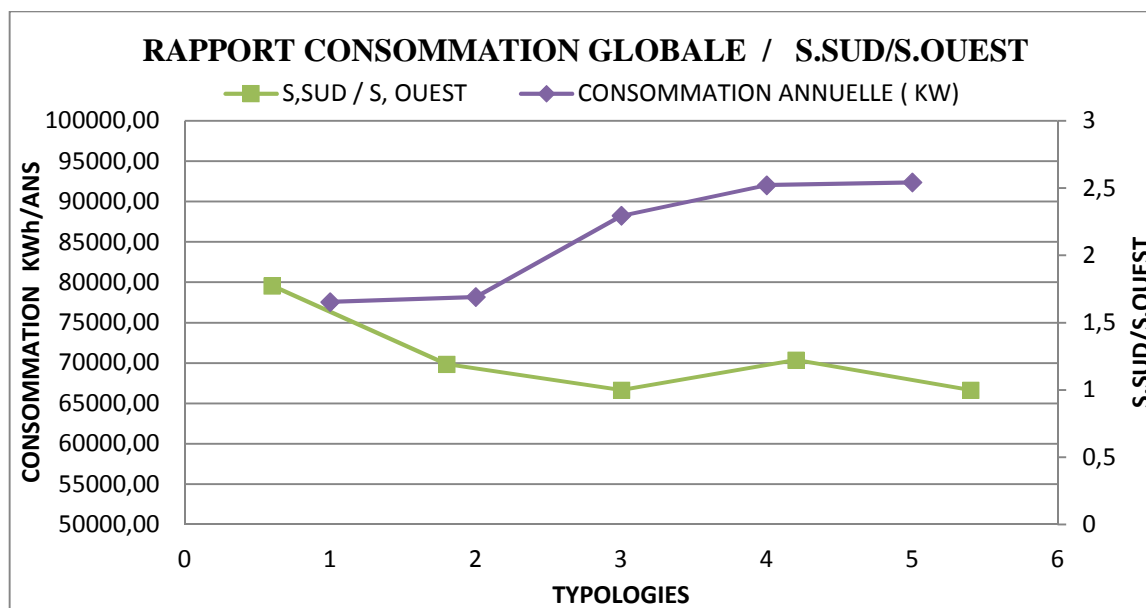
Les décrochements qui se trouvent au niveau de volume de la typologie en U produisent plus de zones ombrées que diminuent la quantité d'énergie solaire globale incidente, et parfois provoque une augmentation de la vitesse du vent à cause de changement de pression. Cela est probablement la cause derrière les résultats enregistrés.

Concernant la typologie en plot, elle possède une surface sud égale à 1.2 plus que celle orientée vers l'ouest, mais il faut noter pareillement que tous les logements dans cette typologie disposent au moins trois façades exposés au climat extérieur.

L'écart de « 0.8 » entre la typologie en bande et la typologie avec cour intérieure est équivalent de « 1327 heures de confort thermique » et représente une augmentation de 5.34%. Donc l'effet de ce facteur sur les conditions thermiques intérieures reste aussi important.

5.2. L'influence du rapport s.sud /s.ouest sur la consommation énergétique globale

La relation entre le rapport s.sud /s.ouest et la consommation énergétique globale est donnée par le graphique suivant :



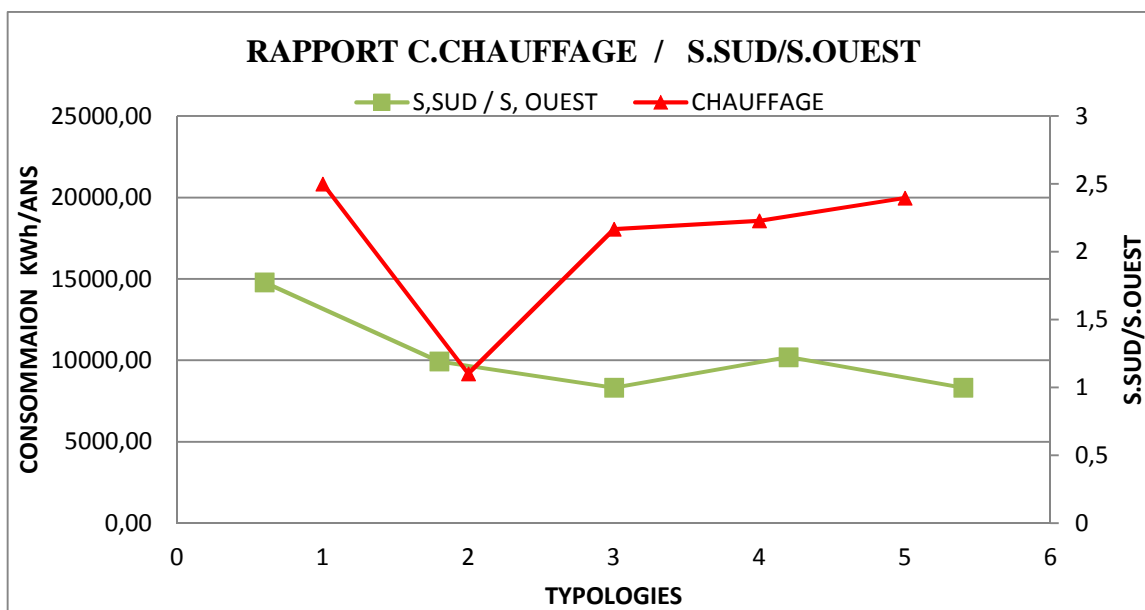
Graph7.29. Rapport consommation globale / s.sud/s.ouest . Source : auteur

L'examen des résultats de la courbe de consommation globale avec ceux de rapport s.sud/s.ouest laisse apparaître une bonne dépendance entre les deux courbes. On peut dire que la courbe du rapport s.sud/s.ouest se développe inversement avec la courbe de la consommation globale. Cela signifie que, lorsque la surface des murs orientés sud augmente la consommation d'énergie globale diminue, et lorsque la surface des murs orientés vers l'ouest augmente la consommation d'énergie augmente considérablement.

L'écart enregistré entre les deux typologies égal à « 14788,33kwh/ans », et, il représente une réduction de 16 %.

On peut dire que l'implantation du bâtiment sur un axe est/ouest est très utile, et représente une bonne solution bioclimatique pour éviter l'énorme consommation de l'énergie afin d'atteindre le bien être thermique dans les logements. Ce constat a été déclaré par pas mal de chercheurs, dont on peut citer les travaux de *Victor.Olgay* en 1963. Olgay a indiqué que la forme optimale pour les quatre types de climat : froid, tempéré, chaud sec, et chaud humide est celle qui s'allonge sur un axe est/ouest, car elle présente un meilleur équilibre entre les gains et les pertes thermiques.

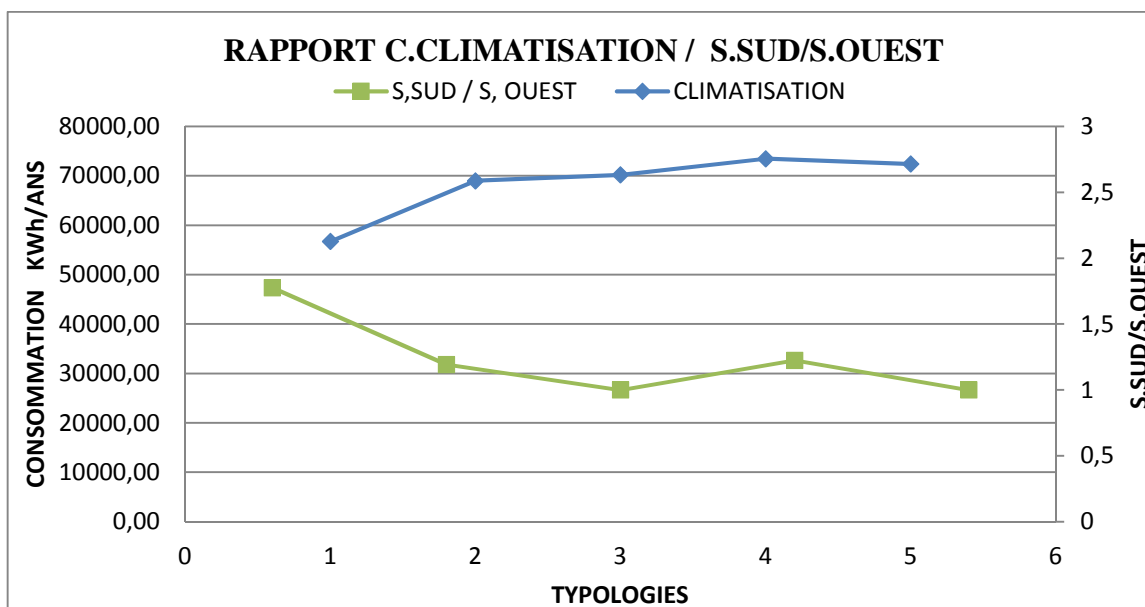
5.2.1. L'influence du rapport s.sud /s.ouest sur la consommation en chauffage



Graph7.30. rapport consommation chauffage / s.sud/s.ouest. Source : auteur

Le graphique de l'effet du rapport s.sud /s.ouest sur la consommation en chauffage fait apparaître une faible relation entre ces deux facteurs. Les deux courbes évoluent dans différents régimes. Il faut savoir que, quand nous augmentons la surface sud la surface nord augmente également, ce qui augmente, par conséquent, la demande en chauffage en hiver.

5.2.2. L'influence du rapport s.sud/s.ouest sur la consommation en climatisation



Graph7.31. rapport consommation climatisation / s.sud/s.ouest. Source : auteur

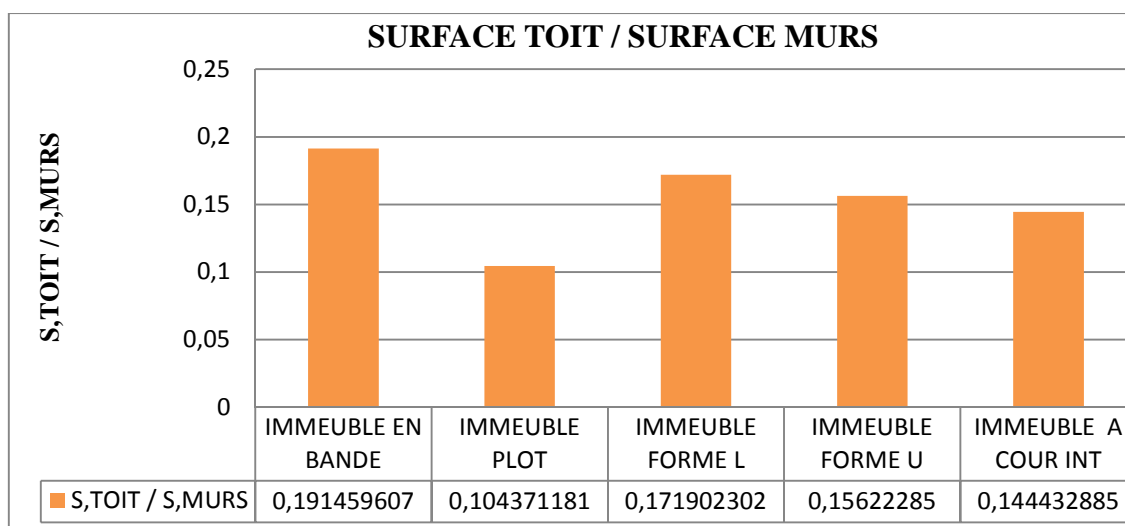
Contrairement au graphique précédent, ce graphique dévoile une relation claire entre la consommation en climatisation et le rapport s.sud/s.ouest. Les deux courbes s'affichent inversement : la consommation en climatisation diminue lorsque la surface sud est grande de celle orienté à l'ouest, et, elle est hausse lorsque la surface ouest est importante.

De ce fait, nous pouvons conclure que l'importance de ce facteur est plus importante en termes de consommation d'énergie de climatisation qu'au chauffage. C'est un facteur très très utile pour minimiser la consommation en climatisation dans un climat chaud et sec comme le notre.

L'écart entre la typologie en bande et la typologie à cour intérieure est égal à « 15657,86kWh/ans » ; il représente une réduction de « 21.6 % ».

6. LE RAPPORT SURFACE DU TOIT / SURFACE DES MURS

Ce rapport donne une idée sur le nombre des étages et la hauteur du bâtiment pour chaque typologie étudié. La méthode pour le calculer consiste à diviser la surface du toit sur la surface des murs extérieurs.



Graph7.32. Le rapport S.toit /S.murs.. Source : auteur

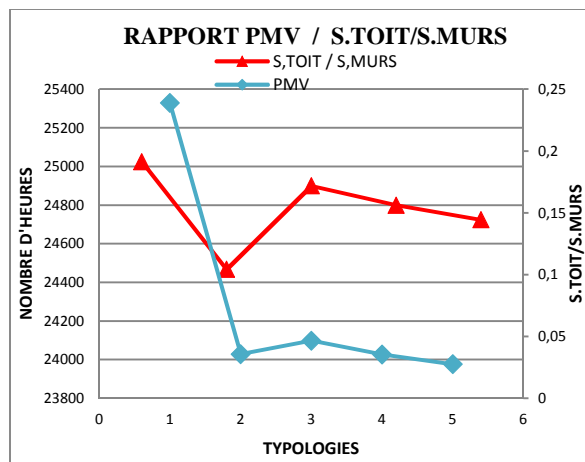
L'analyse de ce graphique pour les différentes typologies, nous montre clairement la différence entre les rapports calculés. Dont, le plus grand rapport appartient à la typologie en bande, égal à « 0.19 ». Ce que signifie que la surface du toit représente « 0.19 » la surface totale des murs extérieurs. Puis elle vient la typologie en L avec un rapport de « 0.17 », suivie par la typologie en U avec un rapport de « 0.15 », ensuite la typologie avec cour intérieure qui affiche un rapport égal à « 0.14 ». En dernier nous trouvons la typologie en plot qui a la plus petite surface du toit et un rapport égal à « 0.1 ».

Il faut noter que les trois typologies : bâtiment en bande, bâtiment en L et le bâtiment en U ont la même surface de toit et du sol, elles se différencient seulement en surface des murs.

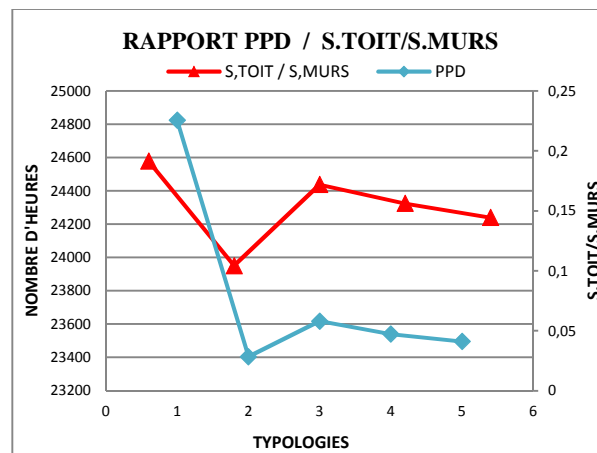
L'écart entre la typologie en bande et la typologie en plot égal à « 0.09 », ce qui représente une augmentation de « 47.3% » en surface du toit.

6.1. L'influence du rapport surface du toit / surface des murs sur le confort thermique

Les deux graphs ci-dessous laissent apparaître la relation entre le rapport surface du toit / surface des murs et le confort thermique intérieur.



Graph 7.33. rapport *PMV* / S.toit / S.murs.
Source : auteur



Graph 7.34. rapport *PPD* / S.toit / S.murs..
Source : auteur

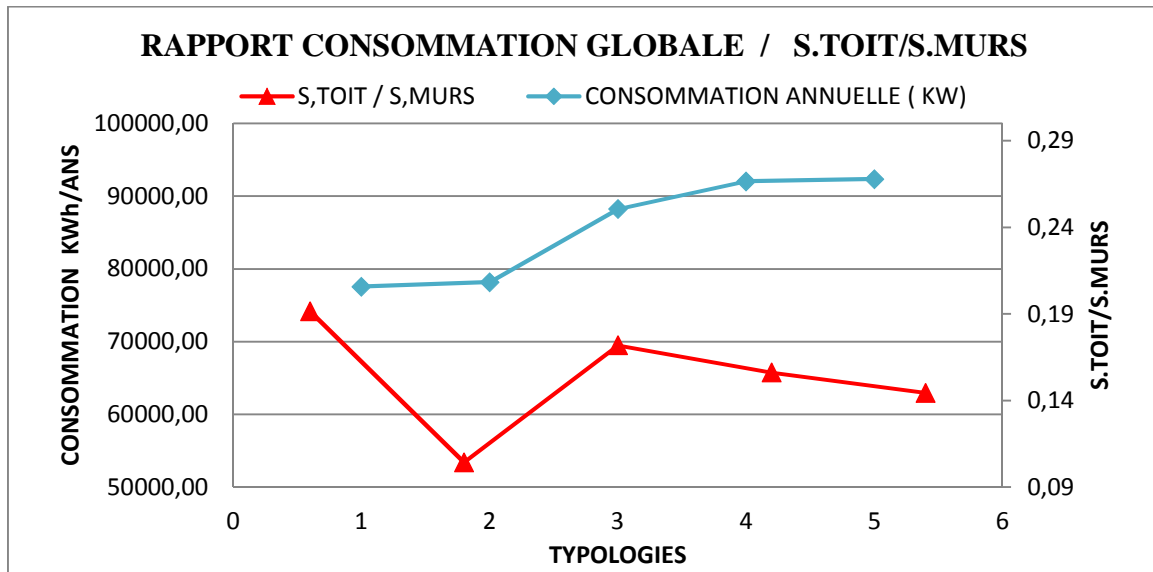
Il est évident que les deux courbes sont semblables en forme. Ce qui signifie que, lorsque la surface du toit est inférieure à la surface des murs ; le nombre des heures du confort thermique intérieur augmente. Et le vice versa, lorsque la surface du toit est importante par rapport à la surface des murs les conditions du confort thermique tendent vers l'inconfort.

D'après l'annexe n° 01, nous avons montré la distribution des heures du confort thermique par étage, où on a remarqué que le dernier étage est le plus inconfortable thermiquement. L'augmentation du nombre de logements par étage augmente la surface du toit. Cela peut provoquer de mauvaises conditions thermiques. Pendant l'été, ce sont les surfaces horizontales, notamment les dalles des derniers étages, qui captent le plus les rayons solaires.

L'écart entre les deux typologies est égal à « 1419 heures », ce qui représente une augmentation de « 5,71% » dans les heures du confort.

De ce fait, on peut conclure que le rapport surface du toit / surface des murs est un facteur significatif pour évaluer le confort thermique dans un bâtiment. En jouant sur la surface du toit, nous pouvons réduire les surchauffes dans les bâtiments pendant la période estivale.

6.2. L'influence du rapport surface du toit / surface des murs sur la consommation énergétique globale

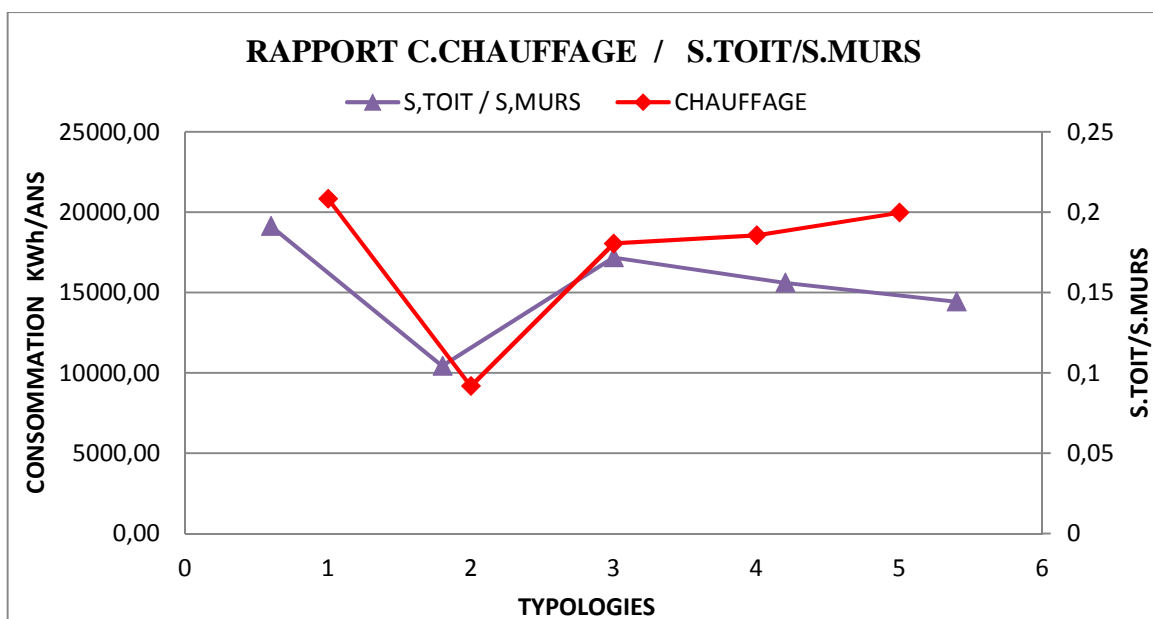


Graph7.35. rapport consommation globale / S.toit /S.murs.. Source : auteur

Le graphique dévoile que, dans la grande majorité des typologies, lorsque le rapport surface toit / surface murs est élevé la demande en énergie diminue, et lorsque il est faible la consommation augmente.

L'écart entre les deux typologies est égal à « 604,7 kWh/ans », ce qui représente une réduction de « 0.77% » seulement en consommation.

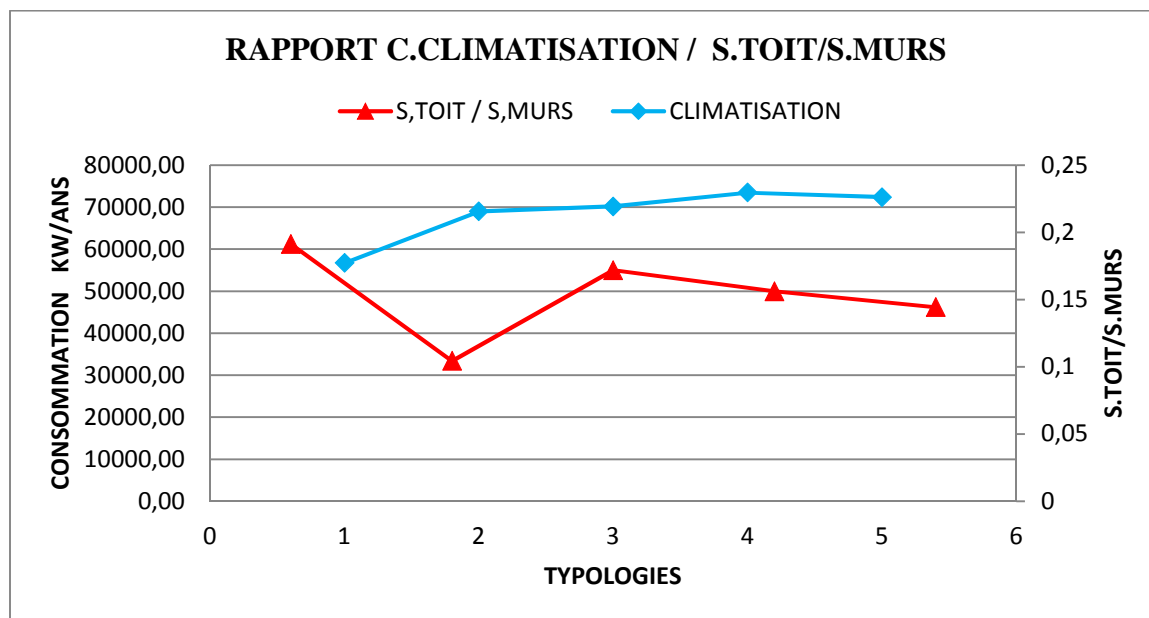
6.2.1. L'influence du rapport surface du toit / surface des murs sur la consommation en chauffage



Graph7.36. rapport consommation chauffage / S.toit /S.murs.. Source : auteur

D'après le graph 7.36, on peut remarquer que les deux courbes se ressemblent, on peut dire que la corrélation entre ces deux courbes est importante. La surface de toit influe sur la quantité d'énergie consommée pour chauffer les locaux.

6.2.2. L'influence du rapport surface du toit / surface des murs sur la consommation en climatisation



Graph7.37. rapport consommation climatisation / S.toit /S.murs.. Source : auteur

D'après ce graph, on peut noter que les deux courbes sont inversement affichées. Il est constaté que lorsque la surface du toit augmente la demande en climatisation augmente, et même, lorsque la surface des murs augmente d'une façon considérable la demande en climatisation augmente également.

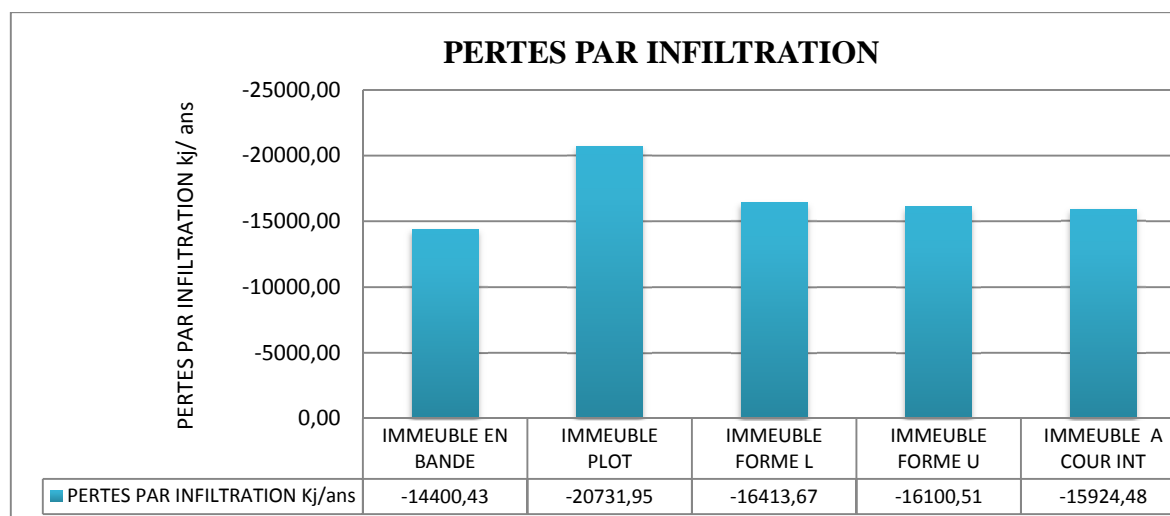
De ce constat, on peut dire que ce rapport influe sur le confort thermique et sur la consommation énergétique liée au chauffage ou à la climatisation.

7. CALCUL DE LA PERTE PAR INFILTRATION

L'infiltration d'air au travers de l'enveloppe thermique du bâtiment est l'introduction intentionnelle ou accidentelle de l'air extérieur dans un bâtiment, généralement par des fissures dans l'enveloppe du bâtiment ou par les baies, portes et fenêtre.

Les résultats de la perte par infiltration, pour toutes les typologies étudiées et pour chaque heure de l'année, ont été calculés automatiquement au moyen du logiciel *TRNSys 17*. Ces résultats ont été par la suite traités par le logiciel Excel, de telle sorte qu'on obtient des données annuelles.

Le graphique ci-dessous nous montre les pertes annuelles d'énergies par infiltration pour chaque typologie séparément :



Graph7.38. Les pertes par infiltrations en une année. Source : auteur

Chaque typologie d'habitat a une perte différente des autres typologies, dont, la plus déperditive par infiltration c'est la typologie en plot. Avec une perte égale à « 20731.95kJ/ans ». En revanche, la typologie la plus étanche est la typologie en bande avec une perte de « 14400.43 kJ/ans » seulement.

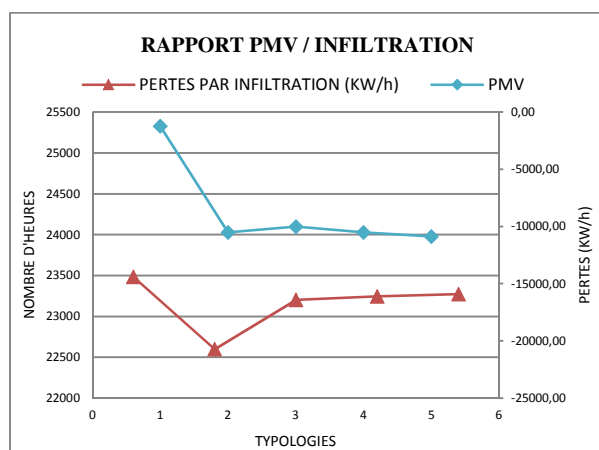
L'écart de la perte par infiltration entre la typologie la plus étanche et la moins étanche est égal à « 6331,52 kJ/ans ».

L'ordre des bâtiments selon leurs pertes par infiltration, en une classification croissante, vient comme suit :

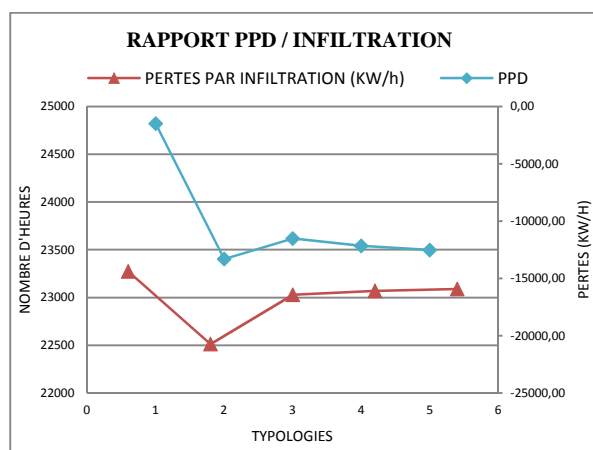
1. La typologie en bande, elle perte 14400.43 kJ/ans, ce qui représente 69.4% de la perte de la typologie en plot.
2. La typologie avec cour intérieure, elle perte 15924.48 kJ/ans, ce qui représente 76.8% de la perte de la typologie en plot.
3. La typologie en U, elle perte 16100.51 kJ/ans, ce qui représente 77.6% de la perte de la typologie en plot.
4. La typologie en L, elle perte 16413.67 kJ/ans, ce qui représente 79.1% de la perte de la typologie en plot.
5. La typologie en plot, elle perte 20731.95 kJ/ans, ce qui la rend la typologie la moins étanche.

La perte est due généralement aux vents qui exercent des pressions sur les façades exposées et une dépression sur les façades opposées. Également au réchauffement de l'air ambiant à l'intérieur du bâtiment, ce phénomène de réchauffement cause une surpression par rapport à l'extérieur. (*www.Énergie plus.com*)

7.1. L'influence de l'infiltration de l'air sur le confort thermique



Graph7.39. rapport pmv / infiltration
. Source : auteur

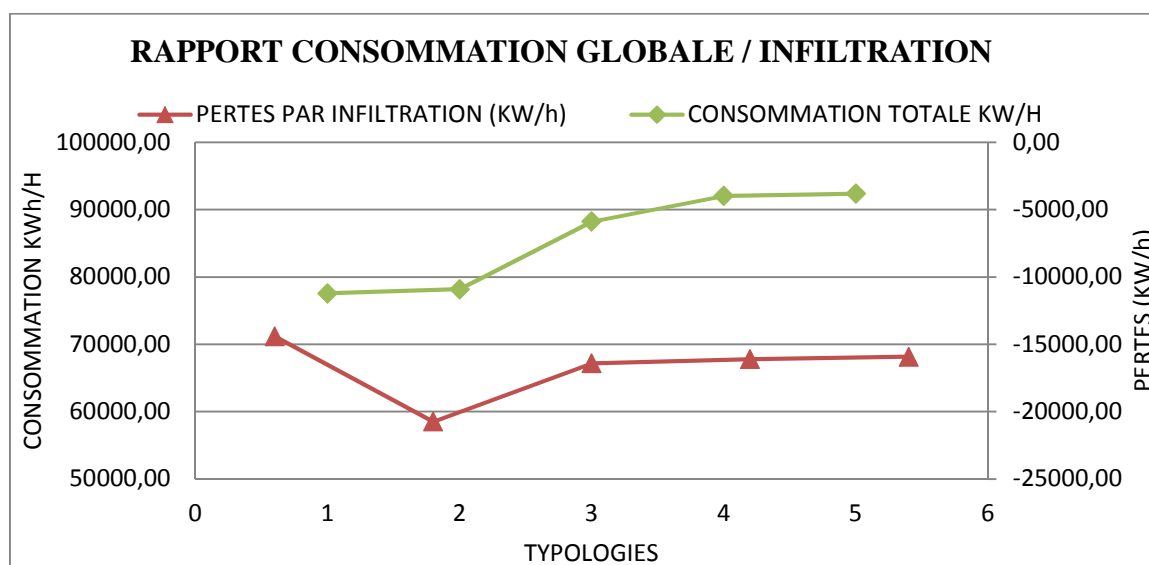


Graph7.40. rapport ppd / infiltration
. Source : auteur

Les courbes sont presque identiques, le degré de corrélation est très fort, nous pouvons observer que le nombre d'heures de confort est très relatif aux pertes d'énergie par infiltration d'air, l'infiltration d'air a influé sur le confort thermique intérieur dans toutes les typologies d'habitat testées.

L'écart de perte par infiltration de « 6331,52 kJ/ans » correspond à une augmentation de « 1419heures » de confort thermique, ce qui représente une augmentation de 5.7%.

7.2. L'influence de l'infiltration de l'air sur la consommation d'énergie

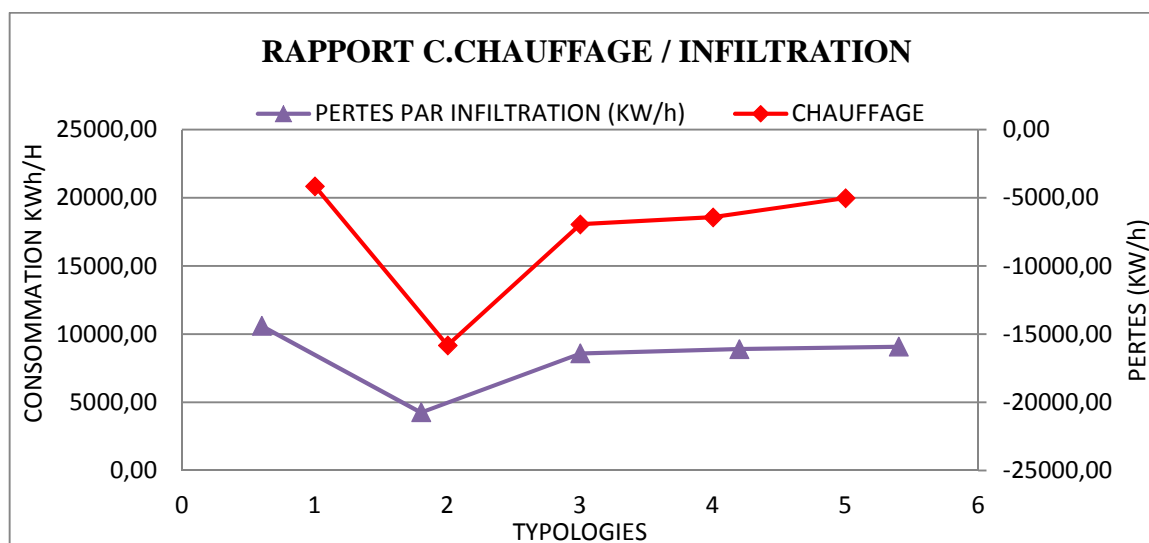


Graph7.41. Le rapport entre la consommation globale / infiltration. Source : auteur

La même remarque pour la consommation globale. Les deux courbes sont semblables en sens d'évolution. La demande en énergie augmente lorsque l'infiltration de l'air est grande, et décroît lorsque l'infiltration de l'air est faible

Concernant l'écart enregistré, il est l'ordre de « 604.7 kWh/ans » ce qui représente une augmentation de « 0.77% » seulement, entre la typologie en bande et la typologie en plot.

7.2.1. Rapport consommation en chauffage et infiltration

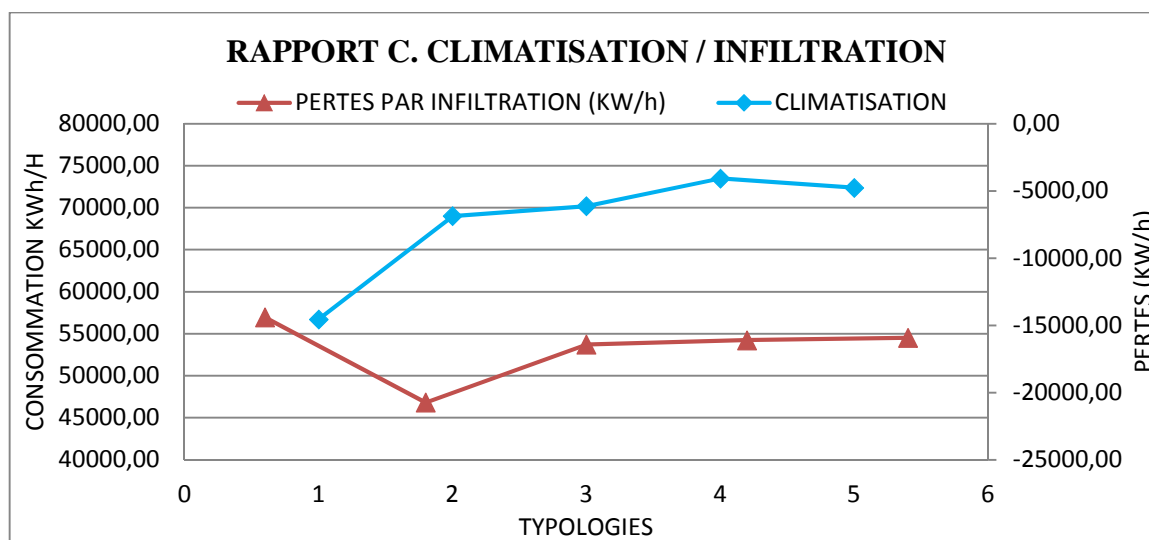


Graph7.42. rapport consommation en chauffage / infiltration. Source : auteur

Les graphs sont semblables, les deux courbes augmentent dans le même sens et diminuent dans le même sens. Cela signifie que la consommation en chauffage est très relative au facteur de l'infiltration de l'air.

L'écart est égal à « 11664,14kwh/ans », il représente une augmentation de « 55.9% » entre les deux typologies.

7.2.2. Rapport consommation en climatisation et infiltration



Graph7.43. rapport consommation en climatisation / infiltration. Source : auteur

Il est constaté que, l'influence de l'infiltration de l'air sur la demande d'énergie liée à la climatisation est moins importante que sur la demande en chauffage. Plus particulièrement on se concentre sur les typologies articulées qu'à sur les typologies ayant des formes simples et compactes. C'est que l'on voit dans les deux typologies : bâtiment en bande et bâtiment en

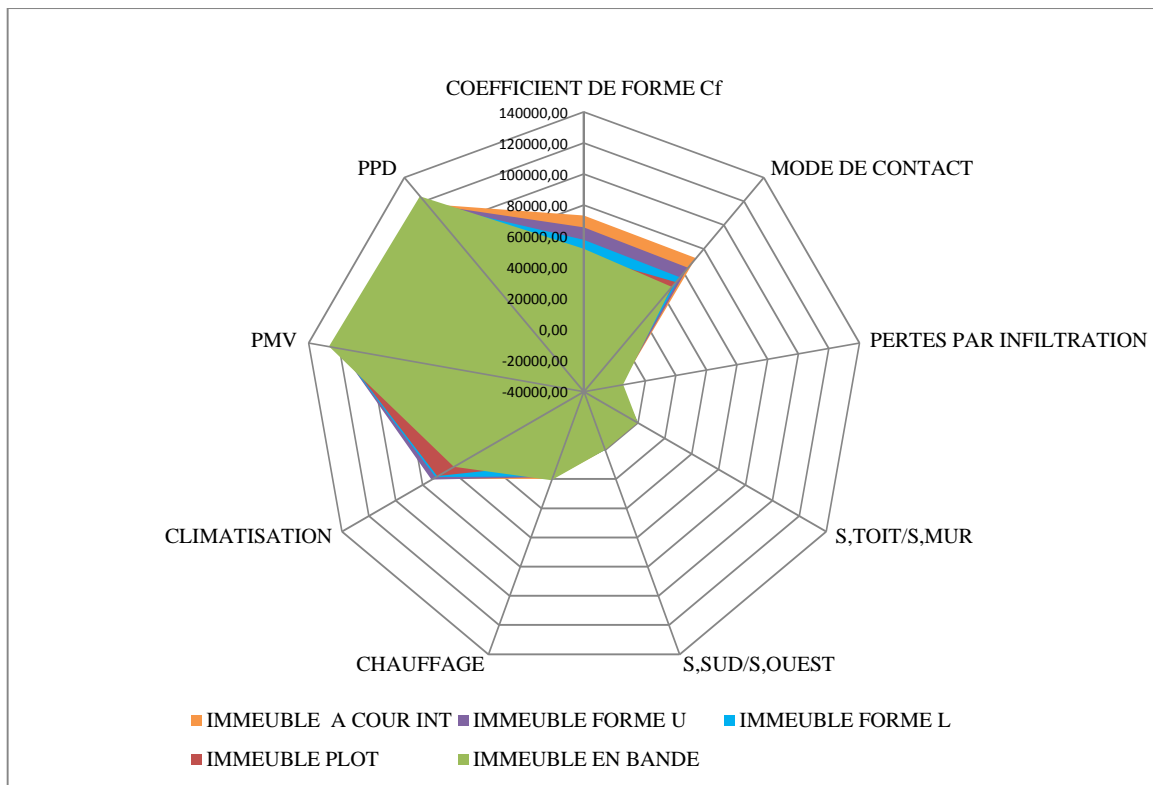
plot, où nous constatons une faible demande d'énergie lorsque les pertes par infiltration de l'air est faible.

L'écart en énergie de la climatisation est égal à « 12268,84 kWh/ans », et représente une augmentation de « 17.7% » entre les deux typologies.

8. L'ENSEMBLE DES RESULTATS OBTENUS

Le graphique radar ci-dessous nous résume les résultats obtenus des cinq bâtiments testés. En comparant les bâtiments, nous pouvons remarquer que la forme en bande (en couleur vert) a affiché la majorité des bons résultats.

Il faut noter que les meilleurs résultats dans ce schéma sont ceux qui tendent vers le point zéro (point d'origine de radar). Exception faite pour : les résultats de ppd, pmv, s.sud/s.ouest et pertes par infiltration, où les bons résultats sont ceux éloignés de point zéro de radar.



Graph7.44. Schéma polaire montre l'ensemble des résultats obtenus. Source : auteur

CONCLUSION

Ce chapitre a traité les résultats de la simulation par le logiciel *TRNsys*. Il a porté sur l'étude de l'impact des différentes typologies d'habitats collectifs sur le confort thermique intérieur et la consommation d'énergie reliée au chauffage et à la climatisation. Dans ce chapitre, nous avons également testé l'impact de nombreux indicateurs relatifs à la forme à savoir : la compacité, la mitoyenneté, le rapport surface sud/surface ouest, le rapport surface toit/surface murs et les pertes par infiltration sur la consommation énergétique et les conditions de bien être thermique.

Les résultats présentés dans la première partie de ce chapitre nous a permet de retenir ce qui suit:

- La typologie la plus performante en termes de confort thermique est la typologie en bande. Elle a enregistré un nombre de 1300 heures de confort de plus par rapport à la typologie en plot (la typologie la plus défavorable), ce qui correspond à un accroissement de 5.4%.
- Le plus grand nombre d'heures qui a été enregistré était en printemps et automne, par contre, la période qui n'a affichée aucune heure de confort pour toutes les typologies est la période estivale (zéro heure). Cela est dû essentiellement aux conditions climatiques extrêmes de la ville étudiée.
- La typologie la plus performante et la moins consommatrice en énergie est aussi la typologie en bande; elle consomme en une année environ « 77575.84 kWh/ans », en revanche, la typologie la plus consommatrice est la typologie avec cour intérieure. Cette dernière a consommé environ « 92364.17 kWh/ans ». l'écart de consommation entres ces deux typologies égal à « 14788.33 kWh/ans » ce qui correspond à une augmentation de 16%.
- Le dernier étage est l'étage le plus exposé aux variations climatiques et au surchauffe. Les maisons de cet étage consomment une très grande quantité d'énergie pour refroidir ou pour réchauffer afin d'atteindre le confort à l'intérieur.

En conclusion, on peut confirmer que le choix de la typologie de l'habitat influe sur le confort thermique intérieur et sur la consommation d'énergie. Ce constat vient de confirmer notre première hypothèse. On peut retenir également que, la forme en bande est la meilleure typologie pour notre région, c'est une typologie qui offre une bonne adéquation avec l'environnement.

L'ensemble des résultats relatifs aux indicateurs testés sont résumé dans le tableau suivant :

Les facteurs étudiés	typologies		Intervalle entre les deux résultats de facteur étudié	L'écart entre les deux résultats en « confort » (heure)	Intervalle entre les deux résultats en « consommation » (kW/ans)	Pourcentage de bénéfice confort	Pourcentage de bénéfice Consommation
	Meilleurs résultats	Mauvais résultats					
Compacité	plot	A cour Int	0.25	92	14183,63	0.4%	15.35%
Infiltration « kj/ans »	bande	plot	6331,52	1419	604,7	5.71%	0.77%
Mitoyenneté « faces »	bande	A cour Int	24	1327	14788,33	5.34%	16%
surface. Toit / surface. Murs	plot	bande	0.09	1419	604,7	5.71%	0.77%
surface. Sud/ surface. Ouest	bande	A cour Int	0.77	1327	14788,33	5.34%	16%

Tableau 7.6. Récapitulation les résultats obtenus. source : auteur

On peut conclure que le facteur de la mitoyenneté et le facteur de surface sud/ surface ouest sont les plus significatifs et nous devons les prendre en compte lors de conception pour produire des habitats plus confortable thermiquement et également moins consommateurs en énergie.

Cette dernière conclusion concordant parfaitement aux déclarations des autres chercheurs dont : *Victor.OLGAY*, qui a indiqué l'importance de l'implantation du bâtiment rectangulaire suivant un axe est/ouest afin de fournir des conditions thermiques agréables dans un climat chaud et sec. Hawkes en 1996 et Thomas en 1999 qui ont également confirmé les résultats d'Olgay.

Pr ailleurs, *De Herde et Gratia, 2006* ont insisté sur l'adoption des murs mitoyens pour minimiser la surface de la déperdition thermique.

De ce fait, on peut dire que les résultats de notre étude sont estimés comme acceptables et nous pouvons les adopter, car ils sont compatibles avec les résultats des autres recherches.

CONCLUSION GENERALE

Pour étudier le sujet de l'impact de la typologie des habitats collectifs sur le confort thermique intérieur et l'efficacité énergétique dans un climat chaud et sec, nous avons proposé une méthodologie expérimentale basée sur la technique de simulation par un outil numérique connu par sa puissance et la précision de ses résultats, il s'agit de logiciel *TRNsys* version 17. Notre objet a été en premier lieu de déterminer l'influence des variations typologiques des habitats collectifs sur leurs performance thermique et énergétique. En second lieu, étudier l'impact de quelques facteurs qui déterminent la morphologie du bâtiment sur le confort thermique intérieur et la demande d'énergie. Cette deuxième partie nous a permis de déterminer le facteur le plus influant, d'une part, et d'une autre de catégoriser les typologies d'habitat étudiées selon ces facteurs morphologiques, par conséquent, déterminer la typologie la plus performante.

Pour ce faire, cette étude a été divisée essentiellement en deux parties. La première c'était la partie théorique, basée sur une recherche bibliographique, qui a pour objectif premier de mettre en relief les différents concepts et mots clés relatifs au notre thème de recherche afin de les mieux appréhender. Cette partie a comportée quatre chapitre, sont respectivement : l'habitat et l'architecture bioclimatique, le confort thermique, l'impact de la forme sur l'efficacité thermique et énergétique et le chapitre du contexte climatique.

Dans le premier chapitre, on a essayé d'étudier l'habitat dans tous ses aspects. On a d'abord, essayé de définir l'espace résidentiel on se basant sur les définitions de l'architecte et l'urbaniste *Alberto.ZUCCHULLI*. Ensuite, on a montré le principe de l'organisation de l'espace résidentiel et sa structuration. Dont, on a distingué trois principes essentiels qu'il faut les considérer pour organiser un espace résidentiel : le premier est relié au bien être psychologique et physiologique de l'habitant, le deuxième à la favorisation de l'intégration sociale, le dernier insiste à la considération de l'espace résidentiel comme une partie de la totalité de la ville. Par ailleurs, on a également trouvé que l'espace résidentiel peut se structurer spatialement en : quartiers, unités de voisinage, groupements d'habitations, unités d'habitations et en logements. Ce dernier peut prendre plusieurs aspects : individuel (continu ou discontinu), collectif (continu ou discontinu).

Un état de l'art sur l'architecture bioclimatique et l'évolution de l'habitat durable a constitué une partie importante dans ce chapitre.

Le confort thermique intérieur dans un logement a été toujours l'un des besoins de l'habitant. D'ailleurs un des objectifs de concepteur de l'espace réside dans la satisfaction des occupants par leur bien être thermique. Après avoir définir le terme du confort, Le sujet du confort thermique a été abordé dans le deuxième chapitre à travers ses paramètres, ses approches et les méthodes de son évaluation. Dont, nous avons montré que la perception thermique est déterminée par quatre paramètres physiques liés à l'environnement : la température de l'air, la température des parois, l'humidité relative et la vitesse de l'air. Ces variables réagissent avec l'activité et la vêtue de la personne. En ce qui concerne les approches du confort thermique on a distingue deux, qui sont l'approche analytique et l'approche adaptative. La différence entre ces deux approches apparait dans la capacité de l'homme à s'adapter avec son environnement thermique.

L'évaluation du confort thermique se fait à travers les diagrammes bioclimatiques qui déterminent graphiquement la zone du confort thermique d'une part, et d'une autre ils donnent des recommandations pour assurer le confort thermique dans un bâtiment. Autre que les diagrammes bioclimatiques on a cité d'autres outils pour évaluer le confort thermique. Il s'agit des indices de confort: l'indice de *PPD* et *PMV*, l'indice de contrainte thermique, indice de la température résultante et l'indice de température effective.

Dans le troisième chapitre, on a montré que la conception des bâtiments confortable thermiquement et à faible consommation d'énergie est un processus complexe qui nécessite des approches particulières. En effet, les choix techniques et architecturaux retenus pour ce genre de conception influent de manière très importante sur le comportement thermique et énergétique du bâtiment. Ainsi, la forme du bâtiment, sa compacité, son orientation, ont des conséquences significatives sur sa performance thermique et énergétique, le mauvais choix peut entraîner des défaillances difficilement prévisibles dont l'impact sur la consommation énergétique du bâtiment n'est souvent découvert que lors de son exploitation.

Il est clair que la morphologie de forme peut être déterminée tout au long de la relation entre ses composants. Pour savoir la relation entre la forme et le confort thermique et la consommation d'énergie, les chercheurs ont essayé de tester l'influence de ces composants sur l'efficacité thermique et énergétique à travers des indicateurs morphologiques. Tels que ; le coefficient de forme (s/v) qui détermine la compacité d'un bâtiment, le rapport ($S_{\text{-sud}}/S_{\text{-ouest}}$) qui donne une idée sur l'implantation et l'orientation du bâtiment, le rapport ($S_{\text{-toit}}/S_{\text{-murs}}$) qui montre le nombre d'étage et la hauteur du bâtiment...etc.

A travers le quatrième chapitre on a montré les paramètres physiques de climat qui jouent un rôle impératif dans la conception architecturale. Nous avons identifié cinq facteurs sont : la température de l'air ambiant, l'humidité relative, les précipitations, l'ensoleillement et la ventilation. On a vu que l'ensoleillement et la ventilation occupent le rôle le plus important dans la conception thermique. On a également retenu de ce chapitre que, la compréhension de la course de soleil durant les saisons et les jours nous aide largement à choisir la meilleur implantation dans le site, le type de protection solaire, aussi le principe de cloisonnement ou de zonage thermique : « *Cloisonner des espaces en différentes zones permet de créer des ambiances thermiques différentes, mieux appropriées à leurs utilisations. Cela permet également de créer des espaces protecteurs ou espaces tampons au nord du bâtiment. Ainsi, l'organisation et la conception architecturale de l'intérieur de l'habitation permettent de répartir et de conserver au mieux la chaleur* ». (De.Herde et al ,2005).

Les vents également influencent les ambiances thermiques intérieures car selon leur provenance ils amènent soit de l'air sec ou humide, chaud ou froid. Dans un milieu urbain, le mouvement et l'écoulement du vent interagit avec les formes urbaines et peut être modifié par la présence d'obstacles tel que le bâti et la végétation. En outre que les facteurs physique, on a constaté également l'importance de l'existence des espaces d'eau et de la végétation, la topographie de terrain, et le contexte urbain sur le microclimat.

La deuxième partie de ce mémoire c'est la partie analytique, elle a comporté trois chapitre sont respectivement : le cas d'étude, la méthode et modèles d'analyse & l'outil de simulation, l'interprétation des résultats obtenus. En plus d'une conclusion générale.

Donc, dans le cinquième chapitre qui concerne le cas d'étude, on a pu présenter la ville qui a été considérée comme représentative du climat chaud et sec. On a pu présenter : sa situation géographique, son aspect administratif, son relief et son climat. L'objectif final était de comprendre notre région d'étude et par conséquent voir ses capacités et ses potentiels, également ses contraintes.

La méthodologie adoptée pour catégoriser le cas d'étude consiste à analyser architecturalement les différentes cités résidentielles collectives dans notre région d'étude afin de choisir un échantillon qui nous permettra par la suite de faire une analyse et une

comparaison objective. L'analyse a porté sur : la typologie de l'habitat, la situation géographique, le nombre des niveaux, la forme et l'organisation du bâti.

Après avoir analysé les cités collectives, on a pu choisir l'échantillon le plus représentatif, notre choix s'était la cité de mille logements, qui a été prise comme échantillon pour les raisons suivantes :

- La cité de mille logements est un échantillon qui offre le plus des variations typologiques,
- Ce quartier représente la plus grande cité en termes de nombre de logements, ce qui le rend le plus consommateur d'énergie,
- Ses bâtiments représentent un échantillon qui offre les meilleures caractéristiques techniques des matériaux de construction,
- la surface vitrée dans les bâtiments est réduite,
- L'existence des masques solaires,
- Disponibilité de tous les documents graphiques.

C'est vrai que la cité de mille logements offre le plus des variations typologiques, mais quelle est la typologie la plus répandue au niveau de toutes les cités collectives ? Existente-t-elle d'autres typologies ? Pour répondre à ces questions une deuxième analyse s'est effectuée par rapport à deux critères : la forme et le type d'implantation. Le but était d'une part, calculer le pourcentage d'existence de chaque typologie à travers toutes les cités collectives recensées. D'une autre part, de construire un corpus d'étude théorique propre à nous permettre de vérifier nos hypothèses et qui convient avec les attendues de cette recherche.

Cette dernière analyse a révélé que 64% des cités ont des bâtiments ayant une forme bande, l'ordre de 30.6% en forme L, 27.4% pour les bâtiments ponctuels, 12.9% pour les formes en U, 3.2 % de ces cités ont des bâtiments en T ou avec une cour centrale, seulement 4.8 % de ces cités ayant une forme bâtie différente aux types précédents.

C'est pourquoi, le bâtiment en bande a été pris comme bâtiment référence. Sans changer les caractéristiques techniques, les autres typologies ont été créées de telle sorte qu'elles soient découlées du bâtiment référence. Quatre autres typologies ont été considérées sont :

- Bâtiment en plot
- Bâtiment en L
- Bâtiment en U
- Bâtiment avec cour intérieure

Notre méthodologie s'était de créer des typologies identiques en volume chauffé, en matériaux de construction et en surface vitrée. Nous avons également supposé que toutes les typologies ont la même implantation : sur un axe est/ouest.

L'outil de simulation qui a été choisi pour calculer la demande en énergie et tester le confort thermique intérieur dans cette présente recherche est le logiciel de TRNsys V.17. Ce logiciel prend en compte tout les types d'échanges de la chaleur (convectif, radiatifs et conductifs). Il prend en compte les gains provenant des infiltrations, de la ventilation, Gains dues aux écoulements d'air provenant de zones adjacentes et les gains provenant des surfaces internes.

Le régime acquis dans TRNsys correspond à une famille de quatre personnes. L'année de 2005 a été considérée comme une année météorologique typique en raison de la disponibilité de toutes les données climatiques.

La simulation de confort thermique a été limitée sur l'espace du salon qui représente l'espace de vie et l'espace le plus fréquenté. En ce qui concerne la demande en énergie, on a simulé le salon et les deux chambres du logement : les zones dotées par un dispositif de chauffage et de climatisation.

La méthode adoptée consiste à calculer le nombre d'heures lesquels l'individu se trouve dans la zone du confort. En d'autres termes, un indice de pmv entre la valeur de « +0.5 » et « -0.5 » et un indice de ppd $\leq 10\%$. Concernant la demande en énergie, on a calculé l'énergie consommée pour chauffer et pour refroidir les espaces en question. Sachant que la température de consigne qui a été prise pour le chauffage est « 17c° » et pour la climatisation est égale à « 27c° ».

Les résultats du confort thermique ont démontré que le changement de la typologie d'habitat a un impact sur les conditions du confort thermique intérieur et la consommation d'énergie. Nous pouvons alors conclure que notre première hypothèse est confirmée : *Le choix de la typologie d'habitat influe sur la consommation globale d'énergie et sur le comportement thermique du bâtiment ce qui affecte les conditions thermiques intérieurs.*

On a constaté à partir des résultats de la simulation que la typologie en bande est la typologie la plus performante en termes de confort thermique intérieur et en termes de consommation énergétique. Puisqu'elle a enregistré le plus grand nombre d'heures de confort et la plus petite consommation énergétique dans une année. Il s'agit de « 24824 heures » selon l'indice de PPD et « 77575.84 kWh/ans » comme consommation. En revanche la typologie qui a affichée le plus petit nombre d'heures et la plus grande consommation est la typologie avec cour intérieure. Elle a enregistré « 92364.17 kWh/ans » et un nombre d'heures égal à « 23497 heures ». Ce qui confirme notre deuxième hypothèse : *La typologie la plus performante qui nous pouvons la retenir, est celle qui assure une bonne adéquation entre la forme du bâtiment et le contexte climatique.*

Il convient de noter que, pendant la période estivale aucune heure de confort n'a été enregistrée pour toutes les typologies d'habitat. La plus proche valeur de pmv qu'a été enregistrée est de 0.8 dans la typologie en bande, ce qui correspond à une valeur de 20.7% de ppd.

Pour vérifier notre troisième hypothèse il nous a fallait d'utiliser certains indicateurs morphologiques qui déterminent les composante de la forme architecturale. A savoir : le coefficient de forme, l'indice de mitoyenneté, le rapport surface du toit / surface des murs, le rapport surface sud / surface ouest et les pertes par infiltration de l'air.

L'étude de l'impact de ces facteurs sur la demande en énergie et le confort thermique a également confirmée notre troisième hypothèse : *Identifier les indicateurs les plus significatifs pour notre région peut améliorer les conditions de confort thermique intérieur et diminuer la consommation énergétique dans les habitats collectifs.*

Puisque les résultats de l'étude ont démontré que les facteurs le plus importants pour assurer, à la fois, le confort thermique et la réduction en énergie sont : le rapport surface sud / surface ouest et le facteur de la mitoyenneté. Ces deux facteurs déterminent le degré d'exposition du bâtiment au climat extérieur. Les résultats ont démontré le suivant :

Pour le rapport surface sud / surface ouest :

- Qu'on peut augmenter les heures du confort thermique de 5.34% si on augmente ce rapport avec un écart de « 1327 heures ».
- On peut également réduire la consommation énergétique de l'ordre de 16 %. Pour un écart égal à « 14788,33kwh/ans ».

Pour le facteur de la mitoyenneté :

- Avec un intervalle de « 24 faces », on peut augmenter les heures du confort thermique de l'ordre de « 1327 heure / ans ». Ce qui représente une augmentation de 5.34%.
- Avec un intervalle de « 24 faces », la demande en énergie (relié à la climatisation et au chauffage) peut s'augmenter de « 14788,33 kWh/ans », ce qui représente 16% d'augmentation.

Ce que l'on retiendra de cette étude, c'est que la typologie d'habitat a une influence sur le confort thermique et la consommation énergétique. La forme bâtie de l'habitat est un paramètre important pour augmenter considérablement la performance thermique et énergétique d'un bâtiment. Aussi, il faut retenir que l'indicateur morphologique le plus important est celui qui détermine le plus la relation entre le bâtiment et son environnement. Le comportement du bâtiment dépend de son environnement. C'est pourquoi, il est indispensable de connaître le site d'implantation et de faire une analyse approfondie sur les différents paramètres affectant le microclimat du projet. Le concepteur ici devra porter une attention sur les contraintes et les opportunités du site, afin de mieux déterminer les outils et les systèmes clés pour n'importe quel climat.

Par ailleurs, Cette recherche fait apparaître l'utilité de l'utilisation des formes en bande dans nos cités résidentielles, qui représentent 64% de la totalité des formes construites. Cette étude a montrée que l'utilisation de cette typologie est bénéfique et joue un rôle significatif dans la performance thermique et énergétique du bâtiment.

RECOMMANDATIONS

- ✓ Privilégier les bâtiments mitoyens est un bon moyen pour augmenter la performance thermique et énergétique d'un bâtiment. L'agencement des blocs soigneusement (surtout horizontalement) peut limiter l'échange thermique entre les logements et avec l'environnement extérieur à travers les façades et les dalles, par conséquent, fournir un environnement plus confortable.
- ✓ Une bonne implantation a été toujours une bonne solution pour les architectes et les urbanistes. L'orientation du bâtiment sur un axe est/ouest est une composante qui influence le confort thermique dans les deux périodes : hivernale et estivale. De ce fait, il est important de bien veiller sur le rapport surface sud / surface ouest, puisque il détermine le sens d'étalement et la relation entre la surface orientée sud par rapport à celle orientée ouest.
- ✓ La compacité du bâtiment est aussi un bon facteur, il détermine la surface déperditive par rapport à un volume donné. Un bâtiment compact consomme moins d'énergie surtout l'énergie relié au chauffage. Pour cela, il est aussi conseillé de concevoir des bâtiments compacts.
- ✓ Utiliser les sources d'énergies renouvelables telles que les panneaux solaires photovoltaïques et thermiques et les puits canadien, pour maintenir le confort à l'intérieur de bâtiment et pour réduire la consommation énergétique. A ce sujet, les directions d'aménagement et de d'urbanisme doivent intégrer la question des énergies renouvelables dans les nouveaux projets à traves ces cahiers charges. Les directions doivent aussi créer des nouveaux bureaux techniques spécialisés pour le suivi de ce type de projets et pour élaborer ces cahiers de charges.
- ✓ Lors de la simulation des résultats, on a pu constater que le dernier étage est l'étage le plus défavorable en termes de confort thermique, il est également le plus consommateur de l'énergie parmi les autres étages. Il est donc conseillé de réfléchir dès la première phase de conception aux solutions bioclimatiques pour éviter ce problème. Parmi les solutions qu'on peut adoptées celles proposés par l'architecte et l'urbaniste *De Herde* :
 - l'intégration des terrasses jardin peut avoir de multiples intérêts pour la climatisation de l'immeuble, la qualité de l'air, et la biodiversité.
 - Augmenter la hauteur sous plafond pour le dernier étage.
 - Réduire la surface du toit pour réduire la quantité de rayonnement solaire incident. Il peut jouer un rôle significatif dans un climat chaud et sec.
 - le travail de la toiture : à brisis, à deux ou quatre pans, les voutes et les coupoles.

LIMITES DE L'ETUDE

Les limites de cette présente étude sont les suivant :

- Bien que les résultats du logiciel TRNsys 17 ont été largement validés, cette étude a été limitée sur la simulation par ce logiciel. Nos résultats n'ont pas été validés par des mesures in-situ ou comparés par d'autres résultats des autres logiciels.
- Durant la simulation, on a exploité des données de sites internet dont nous ne savons pas à quel degré sont exactes. Ainsi que la bibliothèque du logiciel utilisé dans cette présente étude offre des caractéristiques thermo-physiques des matériaux différentes à ceux utilisés dans notre région.
- Dans cette tentative de recherche on a étudié l'impact des typologies d'habitats collectif sur le confort thermique intérieur et la consommation énergétique, sans prendre en compte leurs impact sur d'autre domaines tels que : le confort lumineux, le confort sonore ou le confort aéraulique.

PERSPECTIVES DE LA RECHERCHE

Le traitement de ce sujet de recherche, nous a ouvert d'autres perspectives vers d'autres sujets, tels que :

- Valider l'impact des deux facteurs (mitoyenneté et le rapport surface sud / surface ouest), en testant leurs influence sur plusieurs échantillons.
- Tester l'efficacité de la forme en bande (la plus performante) sur les domaines de confort lumineux, le confort acoustique et le confort aéraulique.
- Etudier l'impact de la typologie d'habitat collectif sur: le confort lumineux, le confort sonore ou le confort aéraulique. En plus l'influence des deux facteurs (mitoyenneté et le rapport surface sud / surface ouest) sur les mêmes champs.
- Dans cette recherche le dernier étage a enregistré les plus défavorables résultats, de ce fait, entamer une étude sur le dernier étage de ces habitats collectif, afin de trouver la meilleur solution que ce soit technique ou architecturale nous semble très utile pour augmenter l'efficacité de ces bâtiments.
- Etudier les mêmes typologies testées en ajoutant des sources d'énergie renouvelables, pour savoir l'utilité de ces dispositifs sur l'atténuation de l'énergie consommée pour assurer le bien être thermique.
- Changer quelques facteurs dans la typologie en bande à savoir : la surface vitrée, la composition des murs, la taille de la typologie en bande elle-même pour trouver la plus optimale.
- Faire des mesures in situ pour valider nos résultats.

Bibliographie

- **AIE** (2008) « *Advanced Housing Renovation with Solar and Conservation* », Agence Internationale de l’Energie.
- **ALANZI, A. et al.** (2009). Impact of building shape on thermal performance of office buildings in Kuwait. *Energy Conversion and Management*.
- **AMRANE MOKHTAR. M** (2007), « *le logement social en Algérie -les objectifs et les moyens de production* », thèse de magister, université de Constantine.
- **APRUE** (2012) « Consommation énergétique finale de l’Algérie. Chiffres clés, année 2009» Données et indicateurs, Alger, APRUE.
- **ARNOLD. F**, « *le logement collectif* », éditions le moniteur. France.
- **Barro Julien.** « *Sauvegarde et revitalisation des villages de montagne* », Forum Heimatschulz, patrimoine 2/09.
- **BEHSH, B.** (2002). Building form as an option for enhancing indoor thermal conditions. Paper presented at the Building Physics - 6th Nordic Symposium.
- **BERGHOUT.B,** (2012). « *Effet de l’implantation d’un bâtiment collectif sur le confort hygrothermique intérieur cas de Biskra, Algérie* », mémoire de maitrise en génie de la construction, l’école de technologie supérieure de
- **BOAKE. T,** (2010) « *climate, humain confort* », cours : *indroduction to climate design*, université de Waterloo Cambridge, Ontario, Canada
- **BORIE .A, MICHELONI. P, PINON .P,** 2006 « *forme et déformation des objets architecturaux et urbains* » collection eupalinos . Editions parenthèses, marseille
- **CANTIN.R, MOUJALLED.B, GUARRACINO.G** (2005) « *Complexité du confort thermique dans les bâtiments* » 6^{ème} congrès Européen de Science des Systèmes Paris.
- **CAPDEROU.M** , (1985) « *Atlas solaire de l’Algérie* » Tome 2: *Aspect énergétique*. OPU Alger,
- **CAUE** de la Haute Savoie., Op. Cit, p 07.
- **CRAU,** (1988): Centre de recherche en architecture et en urbanisme « *Village solaire intégré* » Edition OPU En collaboration avec l’université des nations unies UNU El Harrach.
- **CAMOUS. R&WATSON. D,** (1983) « *l’habitat bioclimatique, de la conception a la construction* » édition de l’étincelle, Québec, canada.
- **COT-PICARD .C,** (1994) « *programmation des bâtiments publics* » édition du moniteur, paris.

- **COURGEY. S, OLIVA. J.P,** (2007) « *la conception bioclimatique des maisons économes et confortables, en neuf et en réhabilitation* » édition terre verte.
- **DEPECKER.P** , (1985), « *Constitution et modes de transfert d'un savoir scientifique dans le champs de l'architecture : le cas de la thermique* » Thèse de doctorat, INSA, Lyon,
- **DEPECKER, P. et al.** (2001). «*Design of buildings shape and energetic consumption. Building and Environment*»,
- **ESTEBAN EMILIO MONTENEGRO ITURRA,** (2011). «*Impact de la configuration des bâtiments scolaires sur leur performance lumineuse, thermique et énergétique* ». Mémoire du grade de Maître es sciences (M.Se.), Faculté des études supérieures de l'Université Laval, Montréal.QUÉBEC.
- **FANGER, P.O.** (1970). *Thermal Comfort Analysis and Applications in Environment Engineering.* Copenhagen: Danish Technical Press.
- **FERNANDEZ.P & LAVIGNE.P,** (2009), « *Concevoir des bâtiments bioclimatiques, fondements et méthodes* ».Edition le Moniteur.
- **FLORY-CELINI C.** (2008) « *Modélisation et positionnement de solutions bioclimatiques dans le bâtiment résidentiel existant* », Thèse de doctorat, Université Lyon 1 Claude Bernard.
- **JONES, W.P.** (1976). *Built form and energy needs, dans Energy conservation and energy management in buildings.* London : A. F. C. Sherratt - Applied Science.
- **HAWKES, D.** (1996). *The Enviromental Tradition: Studies in the architecture of environment* (1 ed.). London: E & FN Spon.
- **IBGE** (2007) Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement « *Guide pratique pour la construction et la rénovation durables de petits bâtiments : redéfinir la notion de confort thermique* ».
- **IZARD.J.L,** « *Archi-bio* », éditions Parenthèses, Roquevaire.
- **IZARD.J.L, GUYOT.A** (1993) « *Archi Bio* » Editions Parenthèses, Roquevaire
- **IZARD.J.L** « *Architectures d'été/Construire pour le confort d'été* » Editions : Edisud,.
- **IZARD, J-L. KAÇALA. O,** (2008) « *Le diagramme bioclimatique* » Envirobat-Méditerranée, laboratoire abc, Esna-Marseille.
- **GIVONI.B** (1991) “*Performance and applicability of passive and low energy cooling systems*” *Energy and building* vol.17. pp177-199.

- **GIVONI .B**, (1978) « *L'homme, l'architecture et le climat* » édition : Le Moniteur Paris,
- **GIVONI.B** (1994) « *Passive and low energy cooling of buildings* » John Wiley&Sons,Inc USA,
- **GONZALO.R& HABERMANN.K.J**, (2006) « Architecture et efficacité énergétique », Munich.
- **GUINDANI.S. & ULRICH.D.** (1990). « *Architecture vernaculaire, territoire, habitat et activités productives*», Lausanne, Presses polytechniques romandes.
- **KHALEF. N**, (2012) « *étude du patrimoine architectural de la période ottomane :entre valeurs et confort* », thèse de magister, université de Tizi-Ouzou.
- **LIEBARD.A et DE HERDE.A** (2002) « *Guide de l'architecture bioclimatique ; Tome4 ; Cours fondamental : Construire avec le développement : durable* ».
- **LIEBARD.A et De HERDE.A** (2005) « *Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques ; Concevoir, édifier et aménager avec le développement durable* » Presses de l'imprimerie Moderne de l'Est, Baume-les-Dames décembre.
- **LE PAIGE. M, GRATIA. E, DE HERDE. A**, (1986). « guide d'aide à la conception bioclimatique », éditions ED. Energie, Bruxelles.
- **MINISTERE DE L'HABITAT** (1993). « *Recommandations architecturales* » Ed ENAG, Alger,
- **MAIGNANT. G**, « *Compacité et forme urbaine, une analyse environnementale dans la perspective d'un développement urbain durable* »
- **MAZRIA, Edouard**, (1980), « *Le guide de l'énergie solaire passive*» Editions Parenthèses,
- **MAZARI.M**, (2012) « *Etude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public : Cas du département d'Architecture de Tamda (Tizi-Ouzou)* », thèse de magister, université de Tizi-Ouzou.
- **OURGHI, R. et al.** (2007). A simplified analysis method to predict the impact of shape on annual energy use for office buildings. Energy Conversion and Management.
- **ROULET.C.A.**, (1987)« *énergétique de bâtiment II, prestations du bâtiment, bilan énergétique global* », collection gérer l'environnement, première édition Lausanne.
- **ROULET. C.A.**, 1987 « *énergétique de bâtiment I, interaction entre le climat et le bâtiment* », collection gérer l'environnement, première édition Lausanne.

- **ROULET. C.A.** (2008) « *conditions de confort et de logement sain* », formation pour architectes et ingénieurs-conseils, centre de recherche public henri tudor – Luxembourg.
- **OLGYAY, V.** (1963). *Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*, Princeton University Press, Princeton, NJ.
- **RALPH M. LEBENS,** (1983) « *habitat solaire passif, méthodes de conception et de calcul avec programmes de simulation pour calculatrices* », éditions du moniteur, paris
- **RATTI, C. ET AL.** (2003). *Building form and environmental performance: archetypes, analysis and an arid climate*. Energy and Buildings.
- **SLIMANI. A,** (2012). « *Valorisation des potentialités locales pour un habitat écologique en zone de montagne : Cas de la région de Yakouren* », thèse de magister, université de Tizi-Ouzou.
- **SIERRA. A.M,** (2012) « *Intégration des aspects énergétiques dans la conception du projet architectural : une approche méthodologique* » Thèse de doctorat, université de bordeaux 1.
- **TSOKA. S,** (2011), « *Relations entre morphologie urbaine, microclimat et confort des piétons Application au cas des éco-quartiers* », Thèse de Master STEU. l'Université de Nantes.
- **ZUCHELLI. A** (1983). « *Introduction à l'urbanisme Opérationnel et à la composition urbaine* », Volume 2, pages 45-67. Office des publications universitaires, Alger.
- **ZUCHELLI. A** (1984). « *Introduction à l'urbanisme Opérationnel et à la composition urbaine* », Volume 3, pages 1-11. Office des publications universitaires, Alger.
- www.ethique-economique.fr
- <http://architectures.canalblog.com/>
- <http://blog.bmykey.com>
- www.maxisciences.com
- <http://www.jourda-architectes.com>

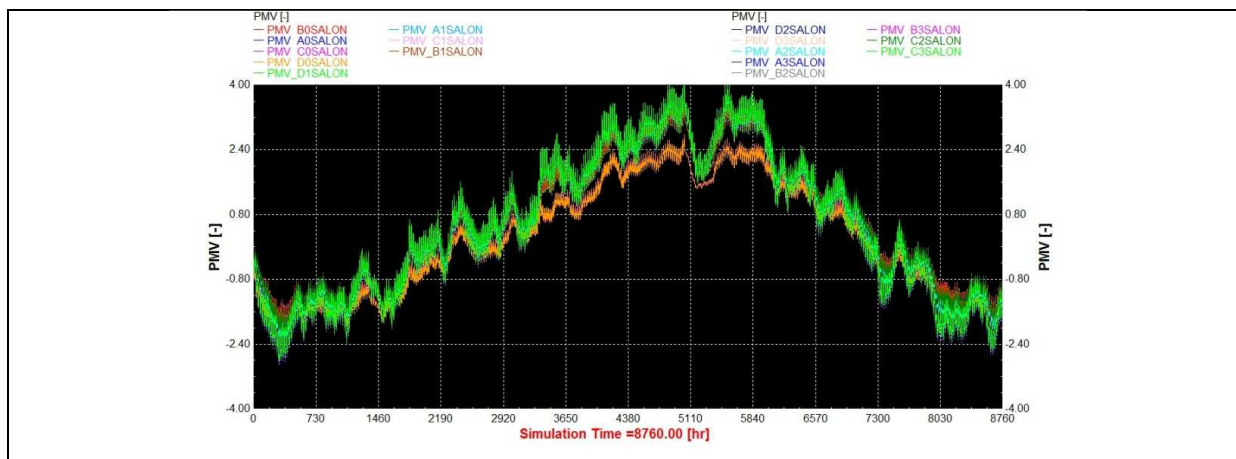
Annexes

ANNEXE N°01

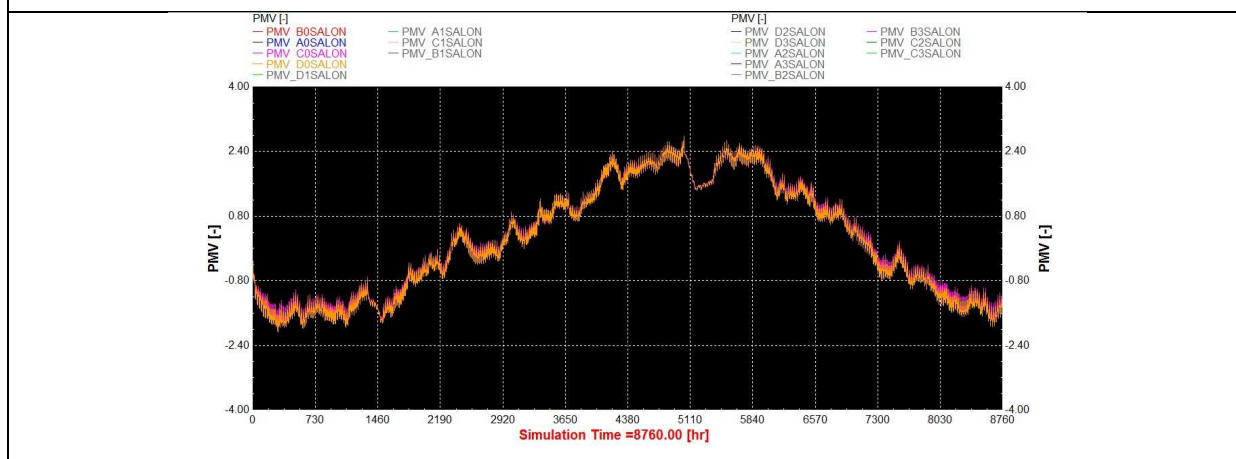
1. Résultats de la simulation du confort thermique

1.1. Résultats de PMV

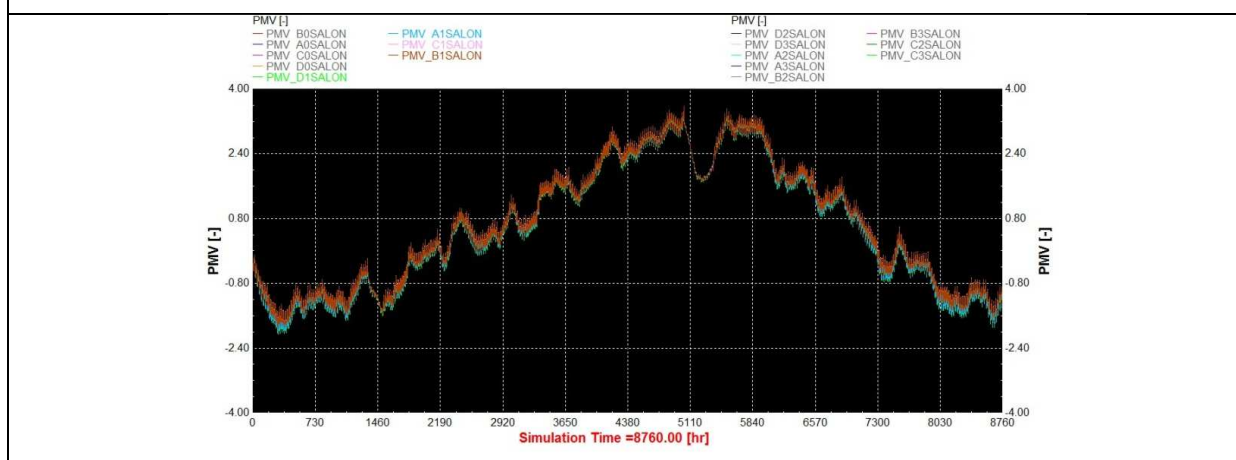
1.1.1. Typologie en bande « le bâtiment référence »



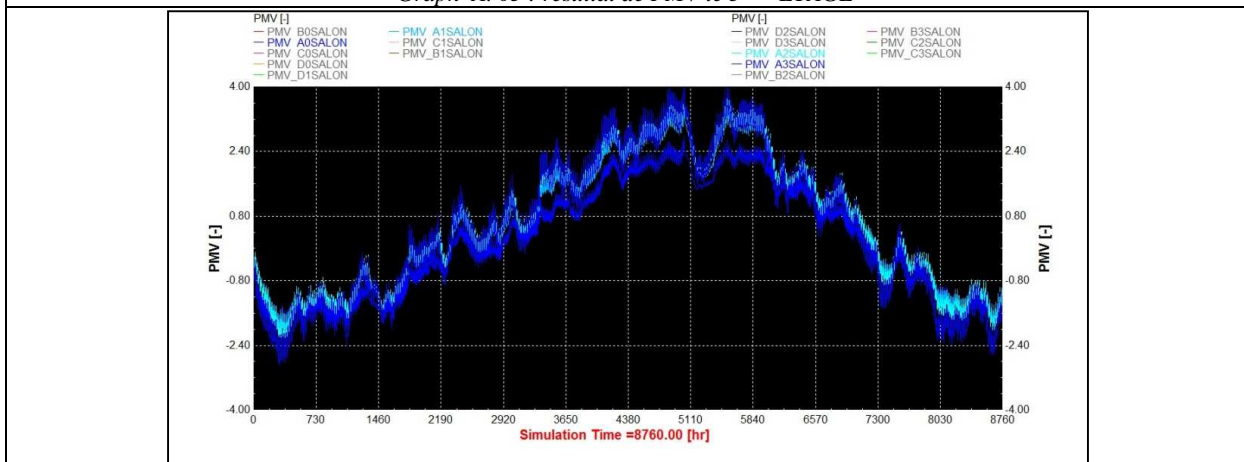
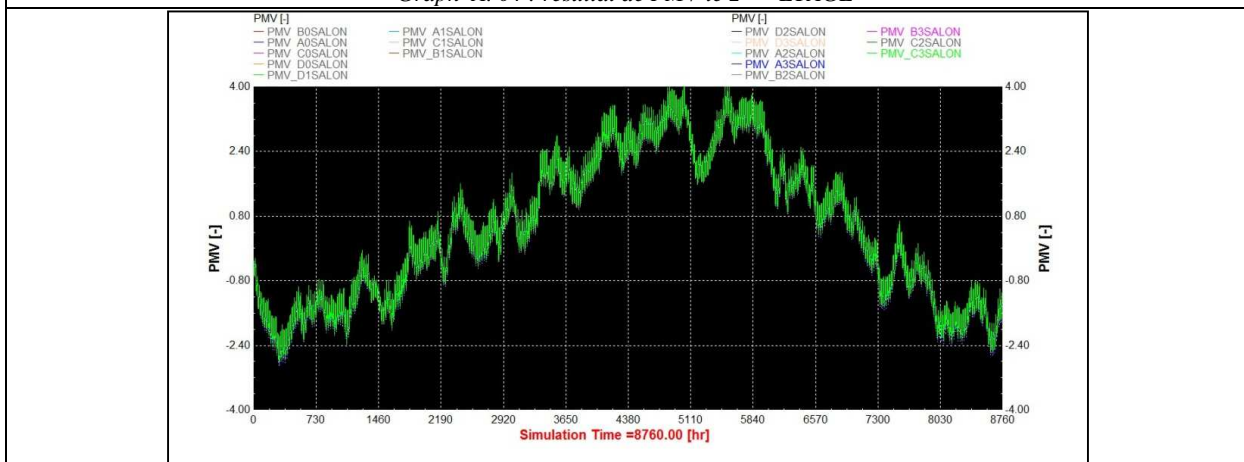
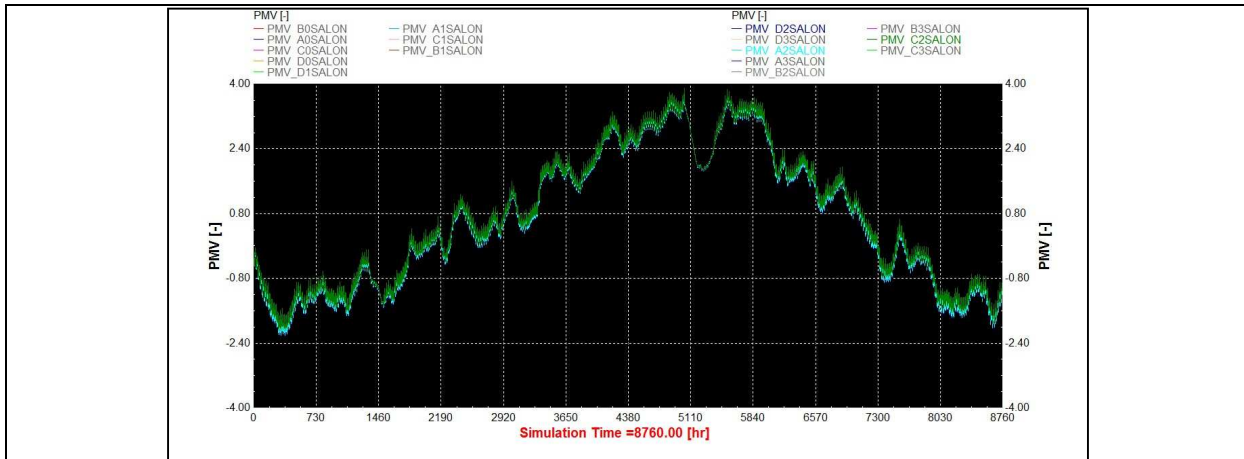
Graph A. 01 : résultat global de PMV

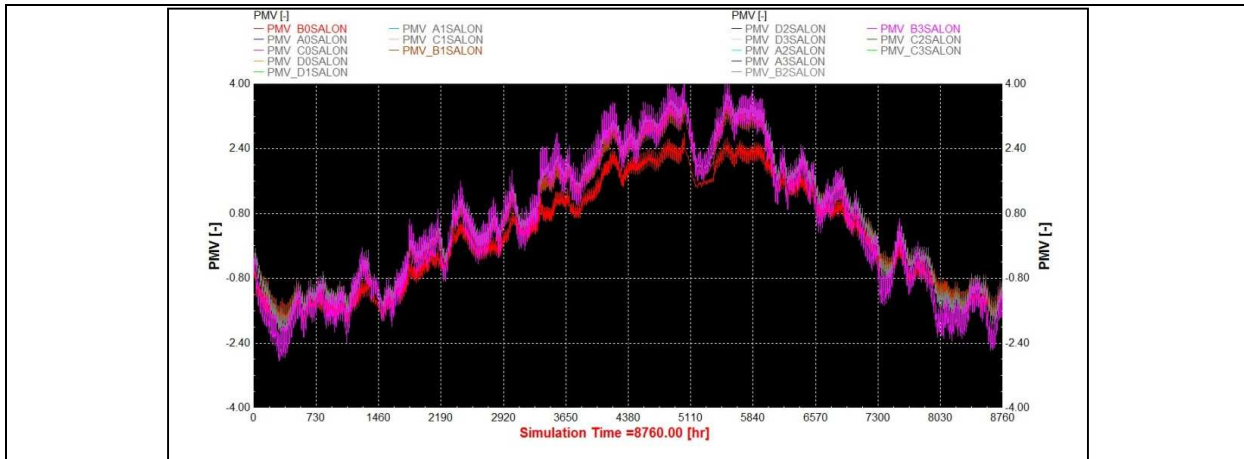


Graph A. 02 : résultat de PMV le RDC

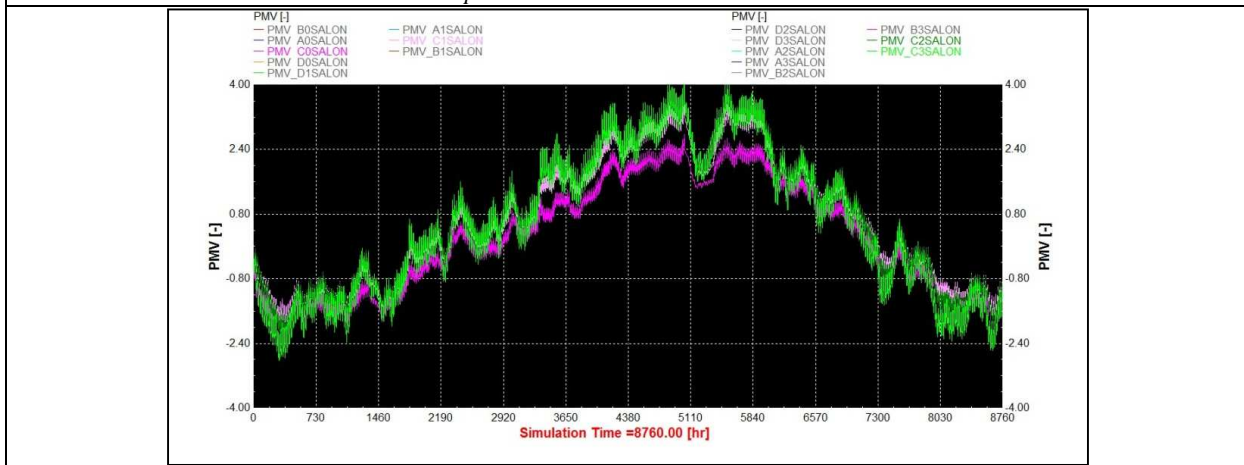


Graph A. 03 : résultat de PMV le 1^{er} ETAGE

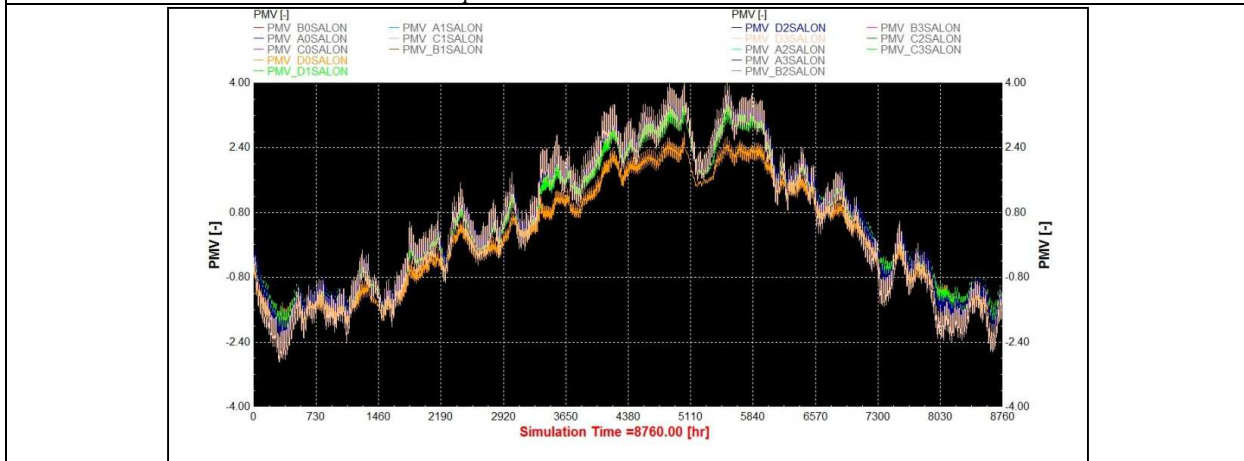




Graph A. 07 : résultat de PMV - bloc B -

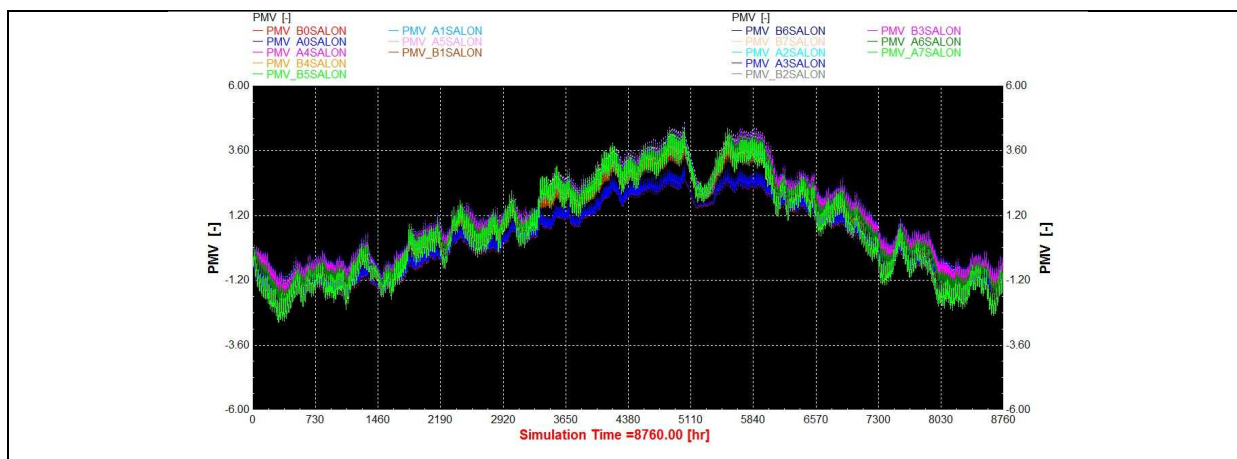


Graph A. 08 : résultat de PMV - bloc C -

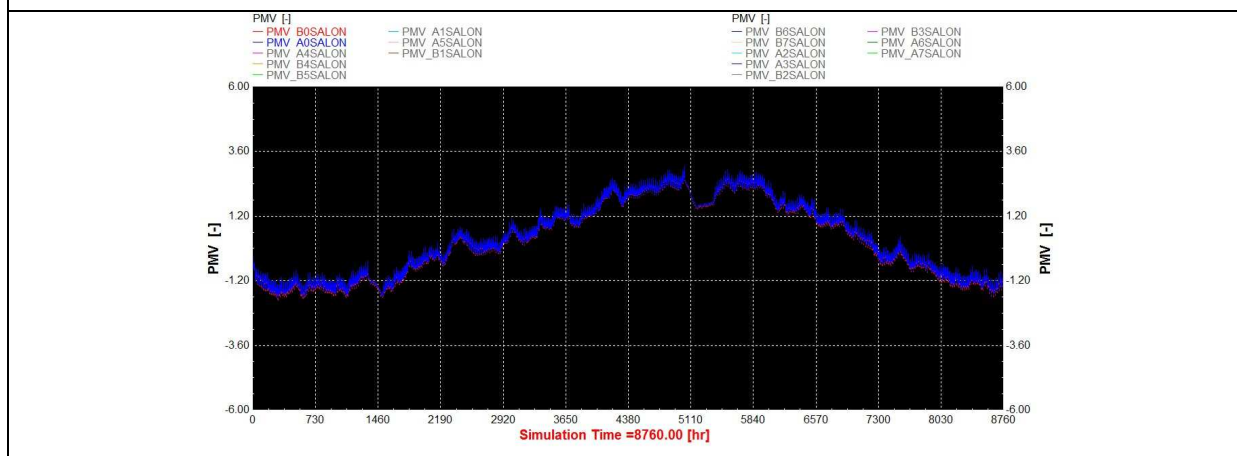


Graph A. 09 : résultat de PMV - bloc D -

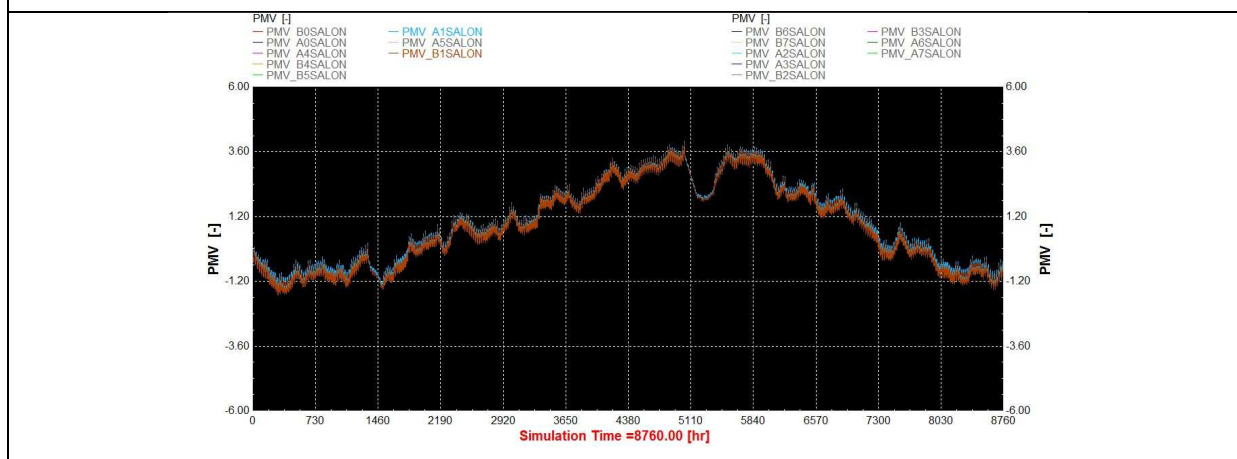
1.1.2. Typologie bâtiment en plot



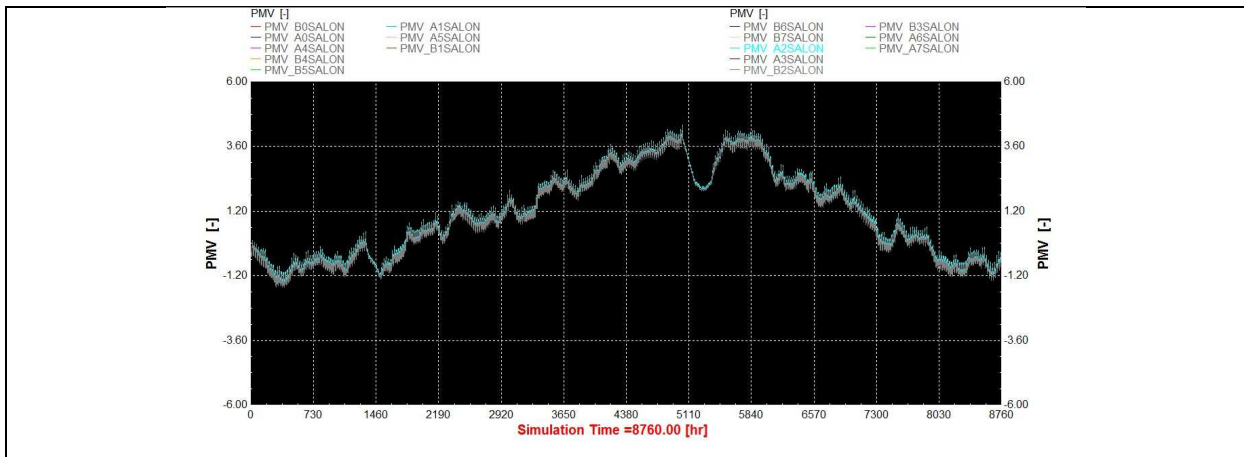
Graph A. 10 : résultat global de PMV



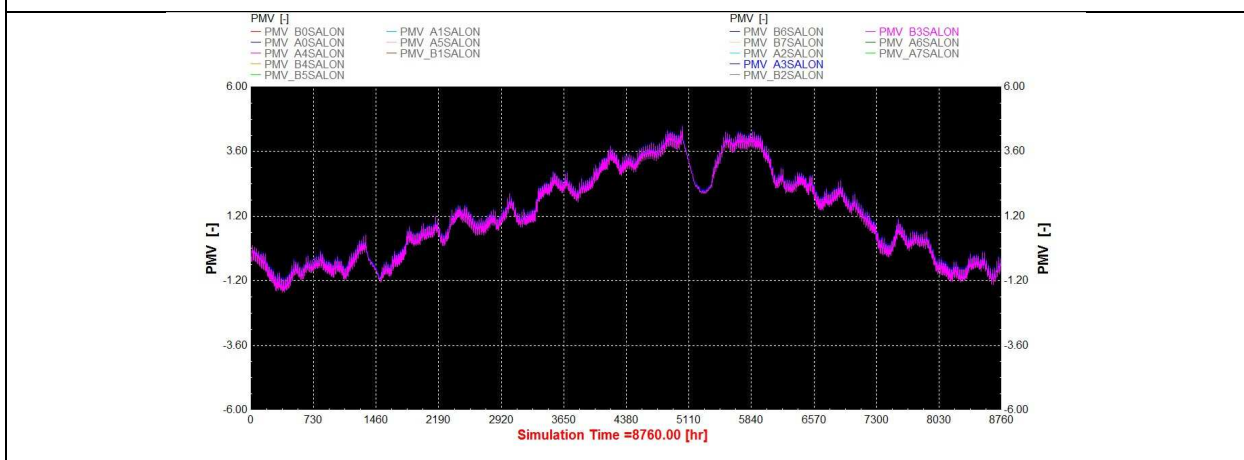
Graph A. 11 : résultat de PMV le RDC



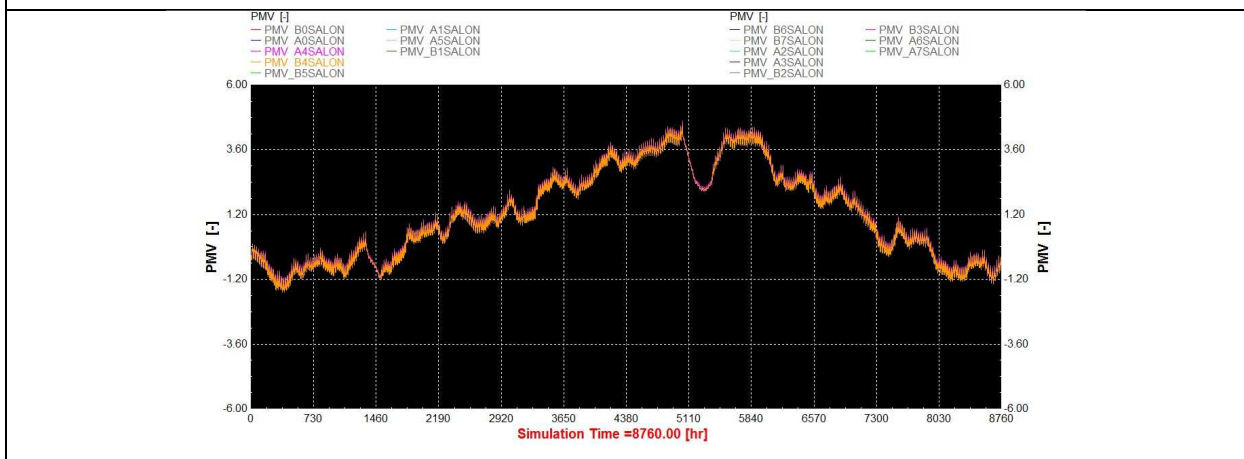
Graph A. 12 : résultat de PMV le 1^{er} ETAGE



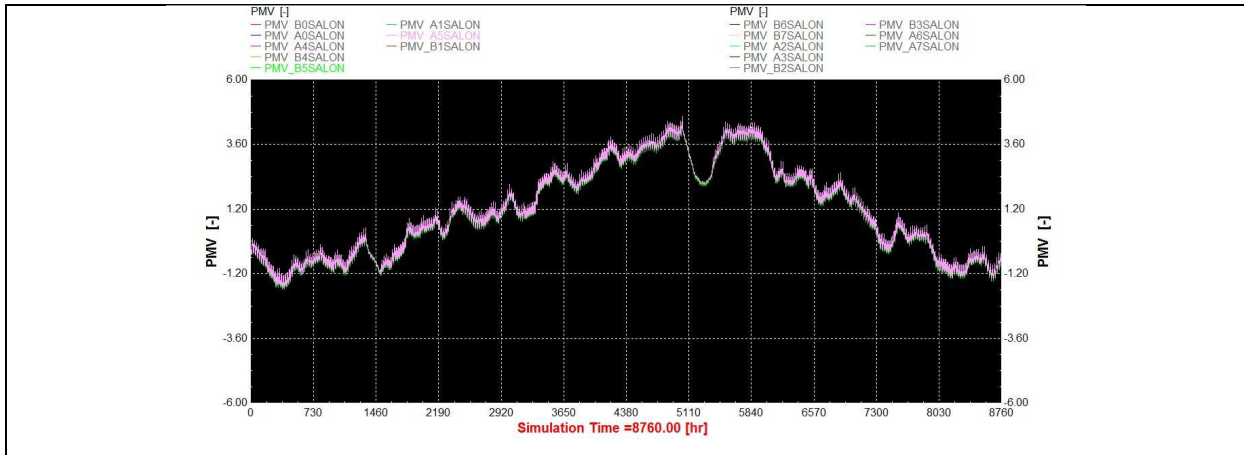
Graph A. 13 : résultat de PMV le 2^{er} ETAGE



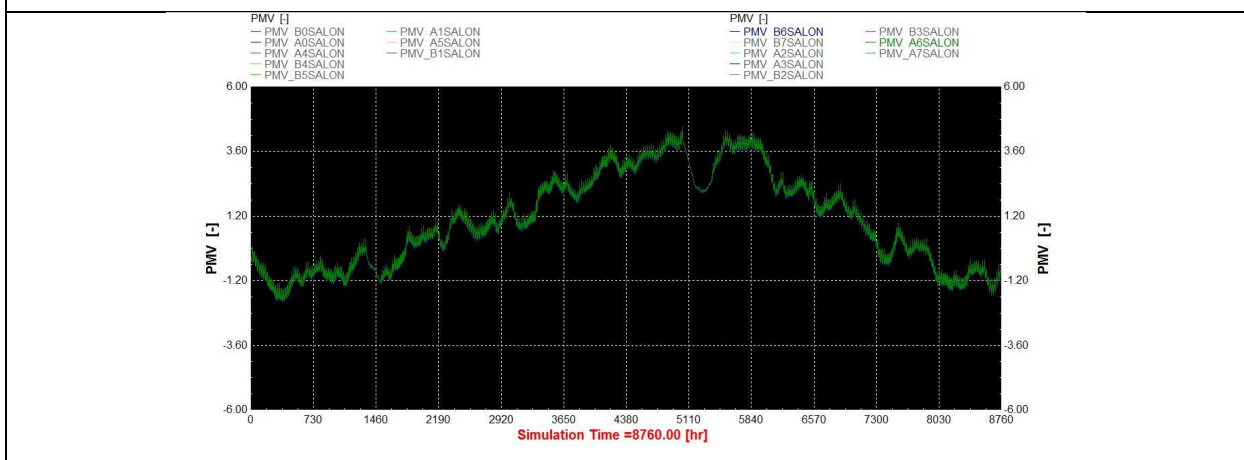
Graph A. 14 : résultat de PMV le 3^{eme} ETAGE



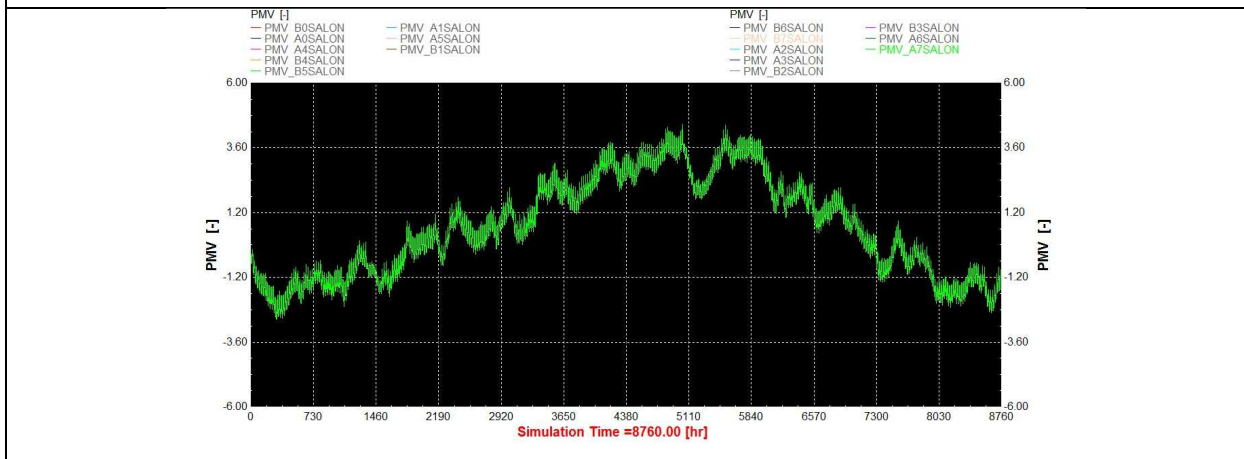
Graph A. 15 : résultat de PMV le 3^{eme} ETAGE



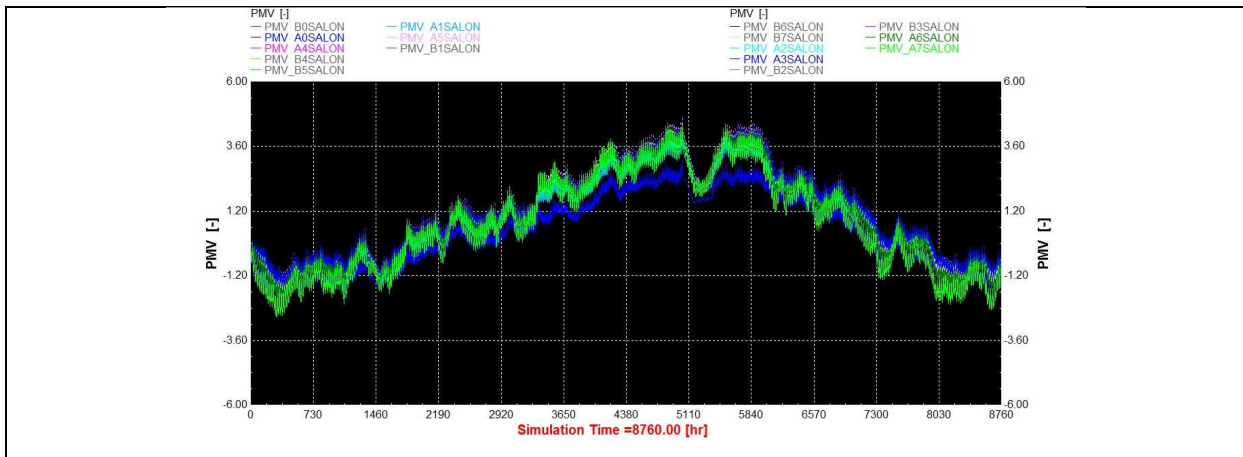
Graph A. 16 : résultat de PMV le 5^{eme} ETAGE



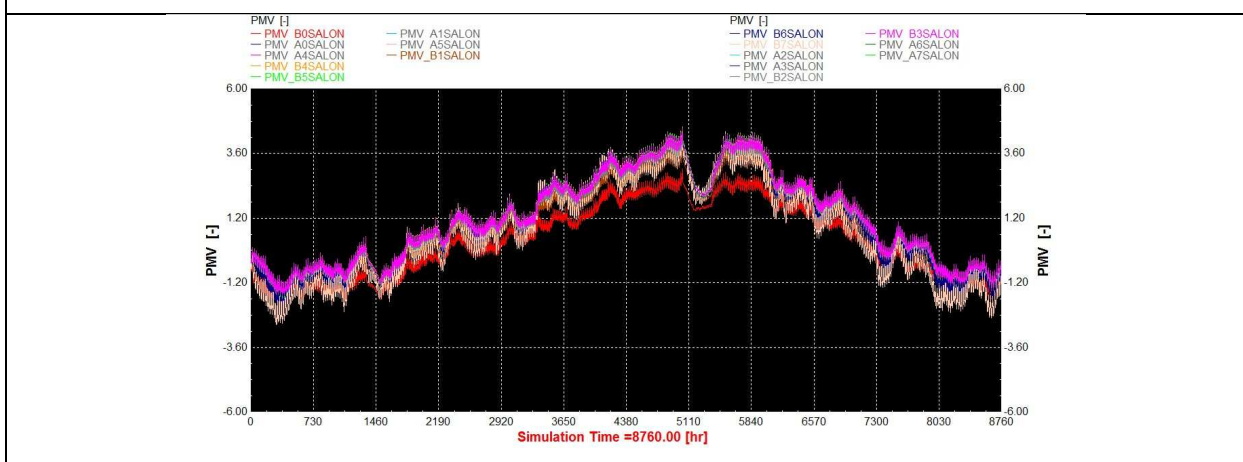
Graph A. 17 : résultat de PMV le 6^{eme} ETAGE



Graph A. 18 : résultat de PMV le 7^{eme} ETAGE

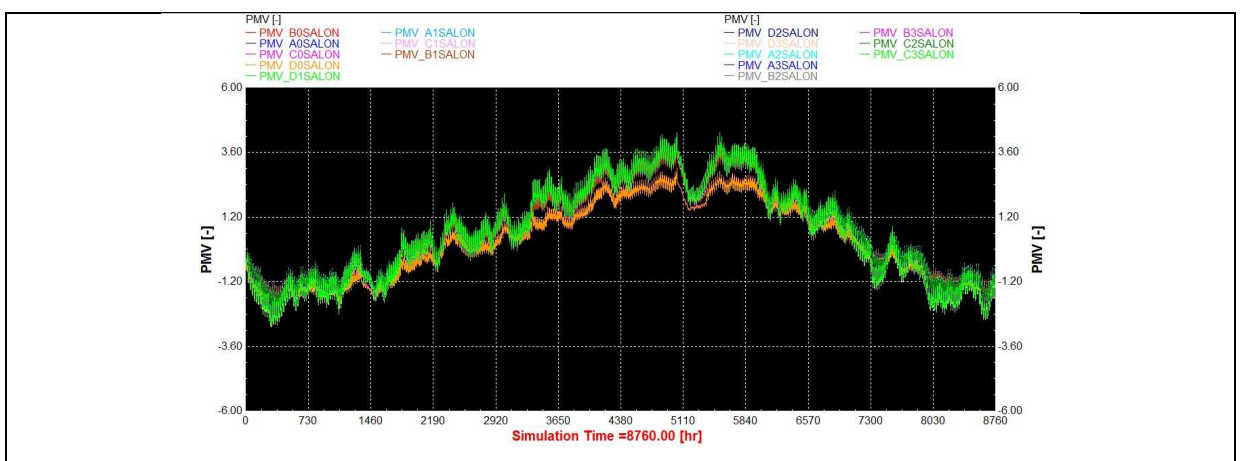


Graph A. 19 : résultat de PMV - bloc A -

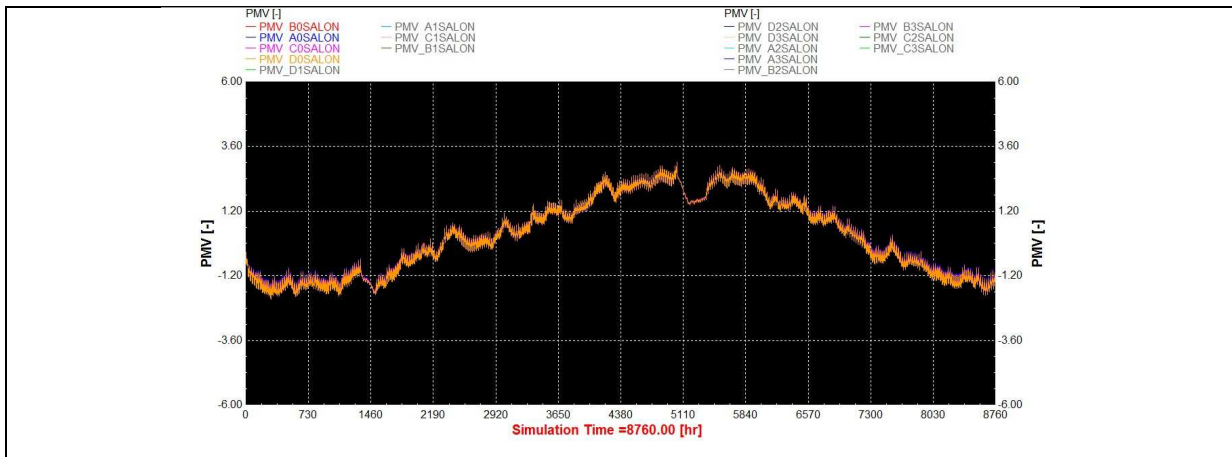


Graph A. 20 : résultat de PMV - bloc B -

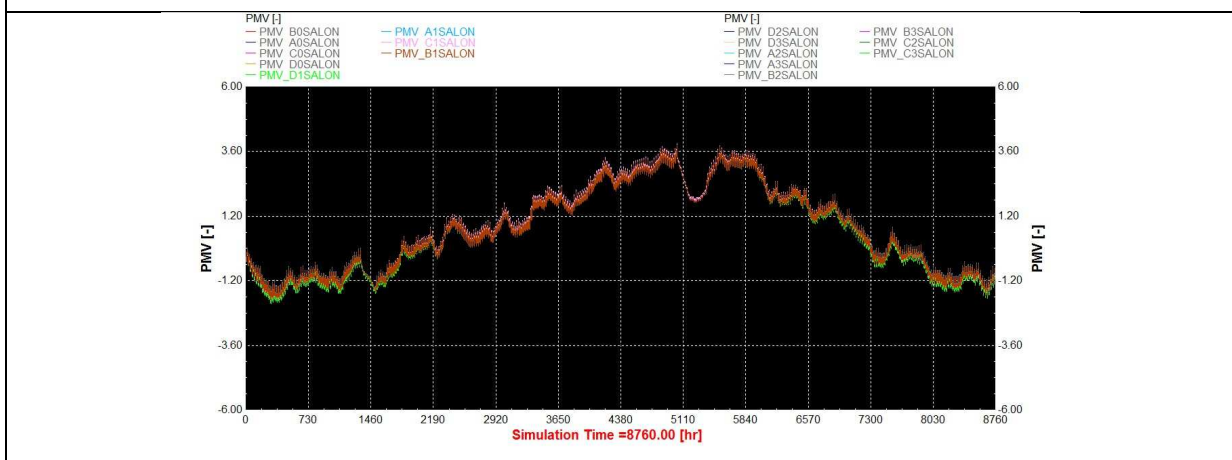
1.1.3. Typologie bâtiment en L



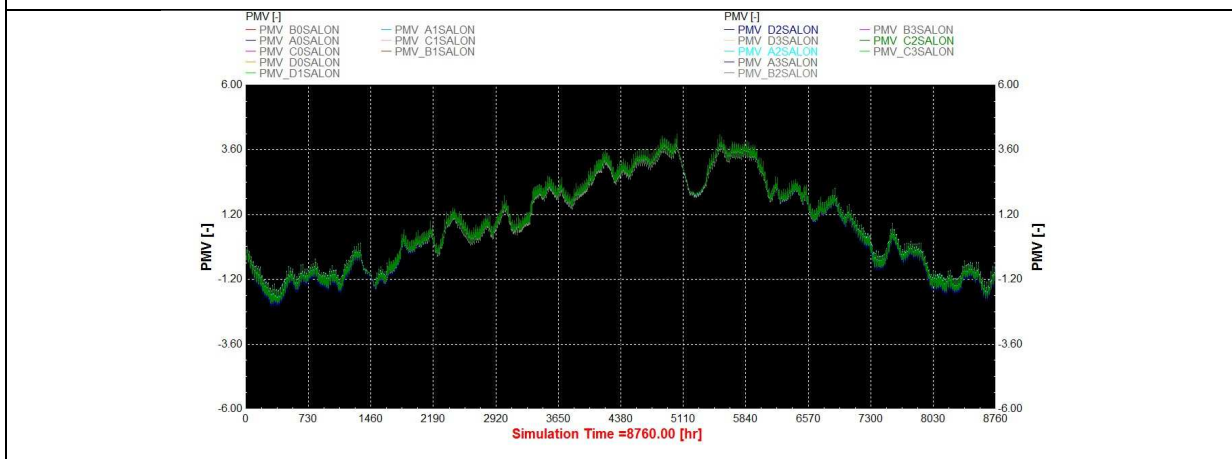
Graph A. 21 : résultat Global de PMV



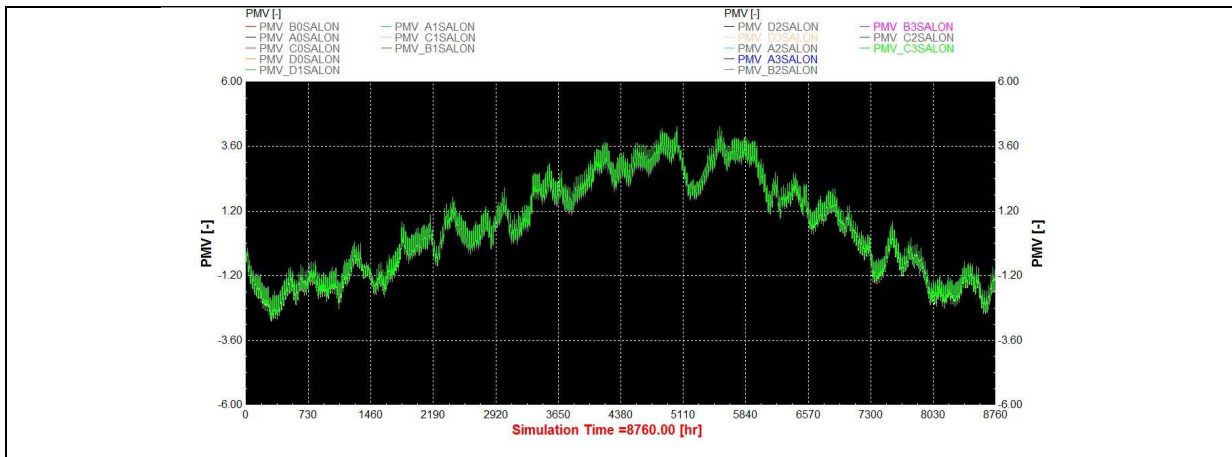
Graph A. 22 : résultat de PMV le RDC



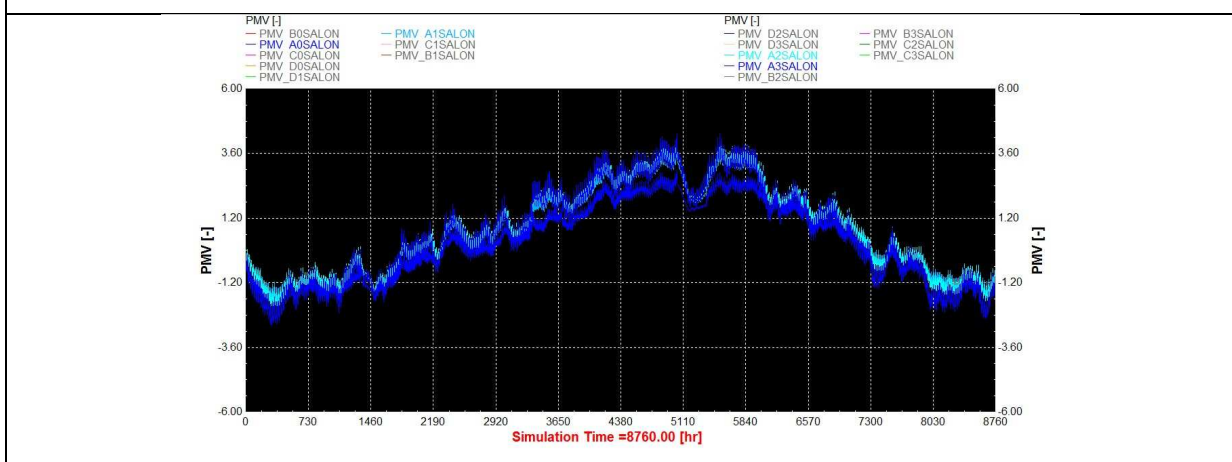
Graph A. 23 : résultat de PMV le 1^{er} ETAGE



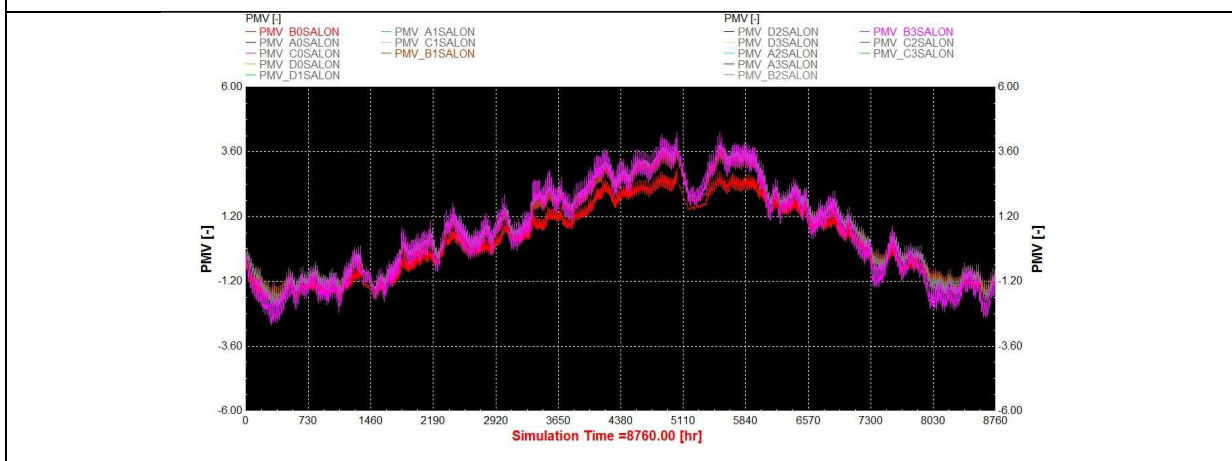
Graph A. 24 : résultat de PMV le 2^{eme} ETAGE



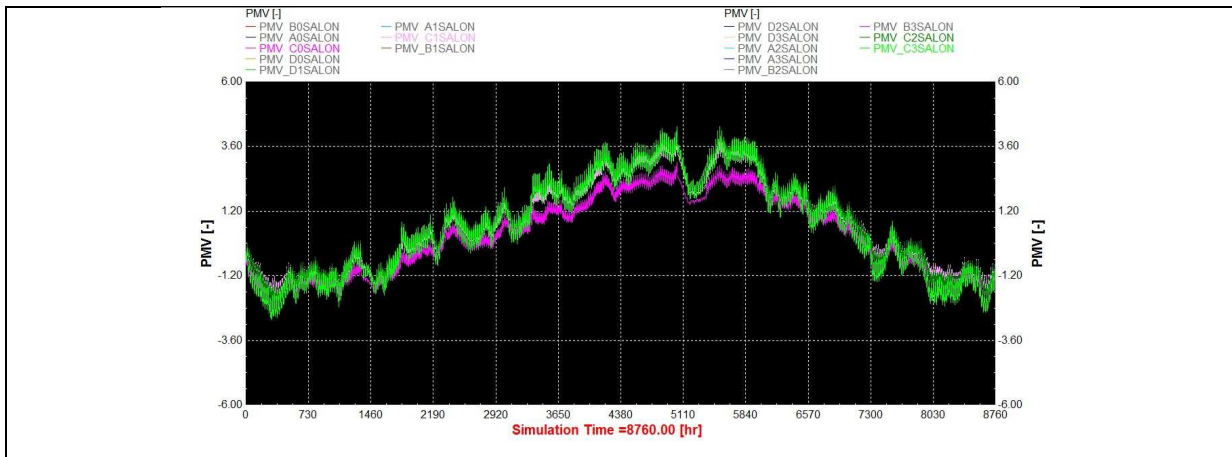
Graph A. 25 : résultat de PMV le 3^{eme} ETAGE



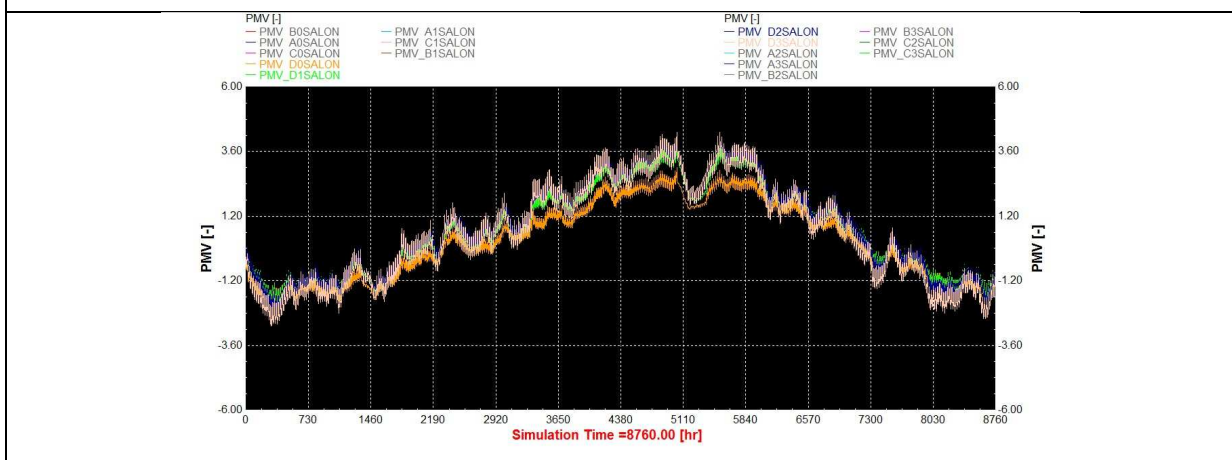
Graph A. 26 : résultat de PMV - bloc A -



Graph A. 27 : résultat de PMV - bloc B -

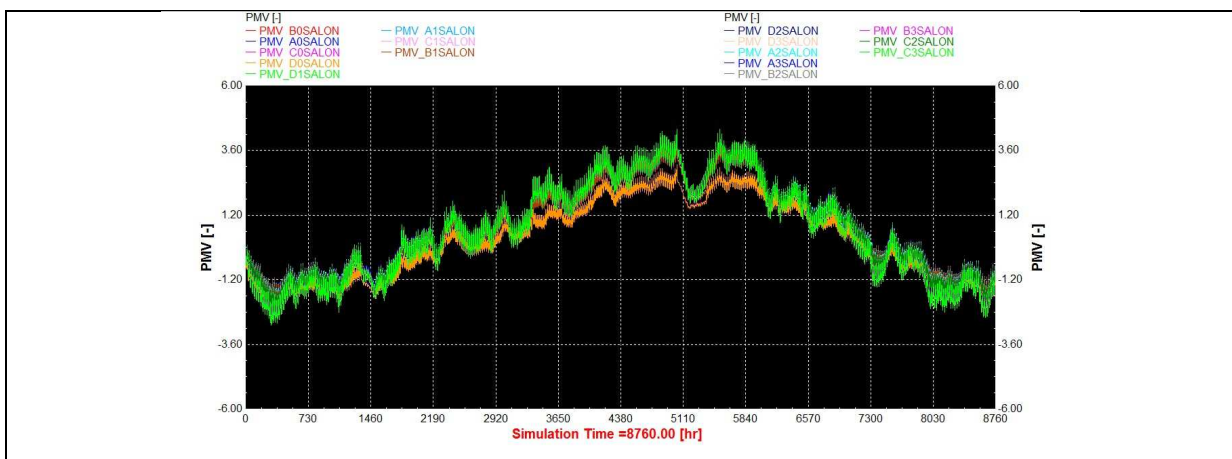


Graph A. 28 : résultat de PMV - bloc C -

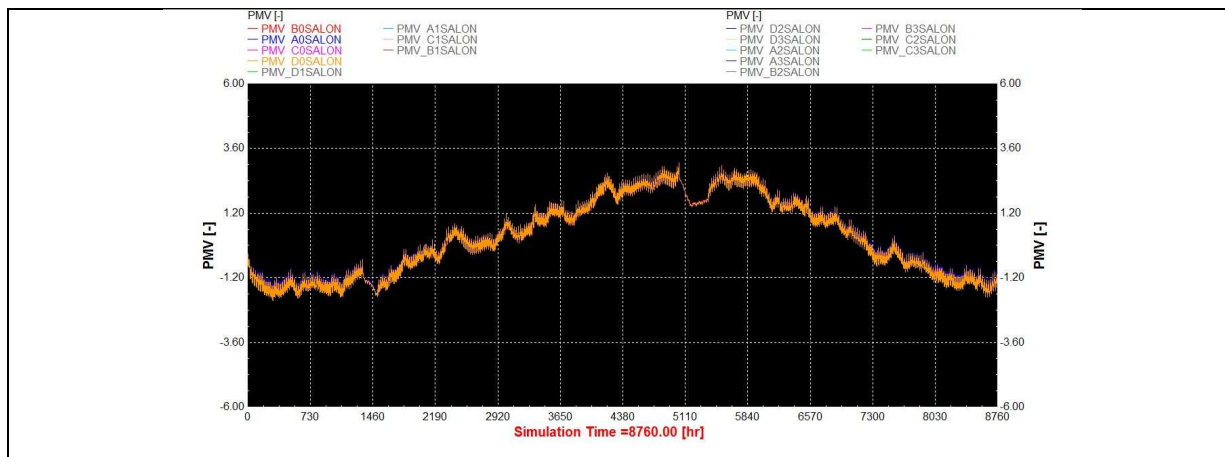


Graph A. 29 : résultat de PMV - bloc D -

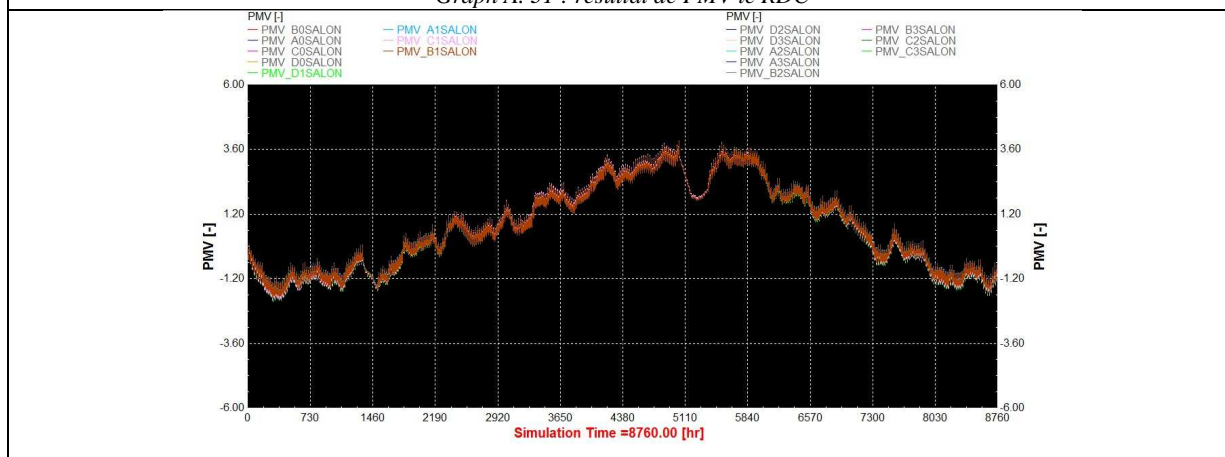
1.1.4. Typologie bâtiment en U



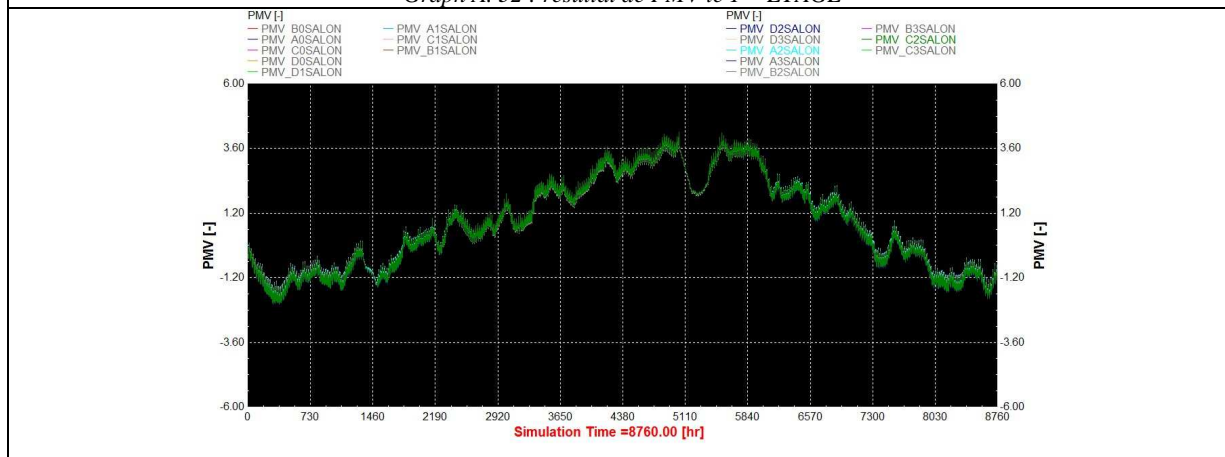
Graph A. 30 : résultat global de PMV



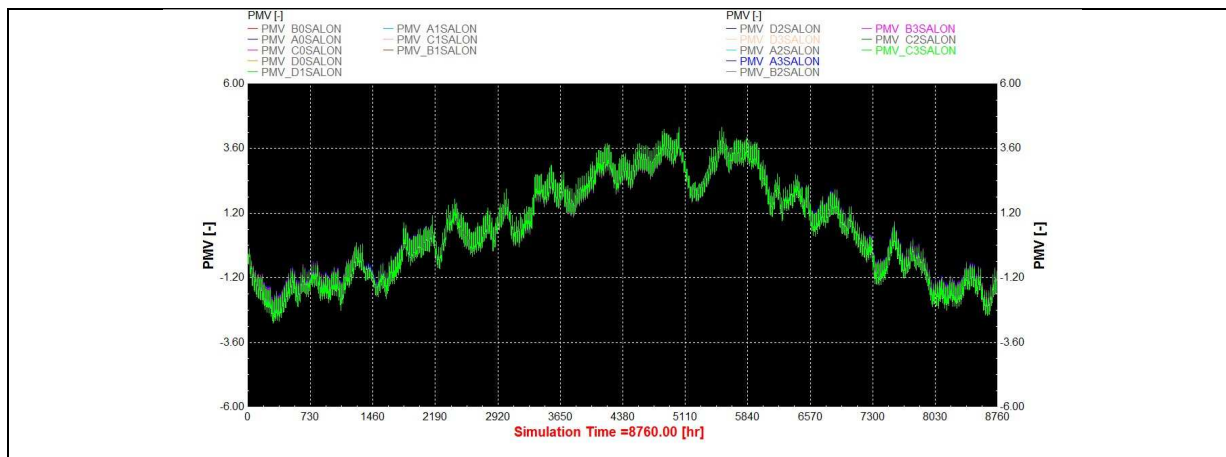
Graph A. 31 : résultat de PMV le RDC



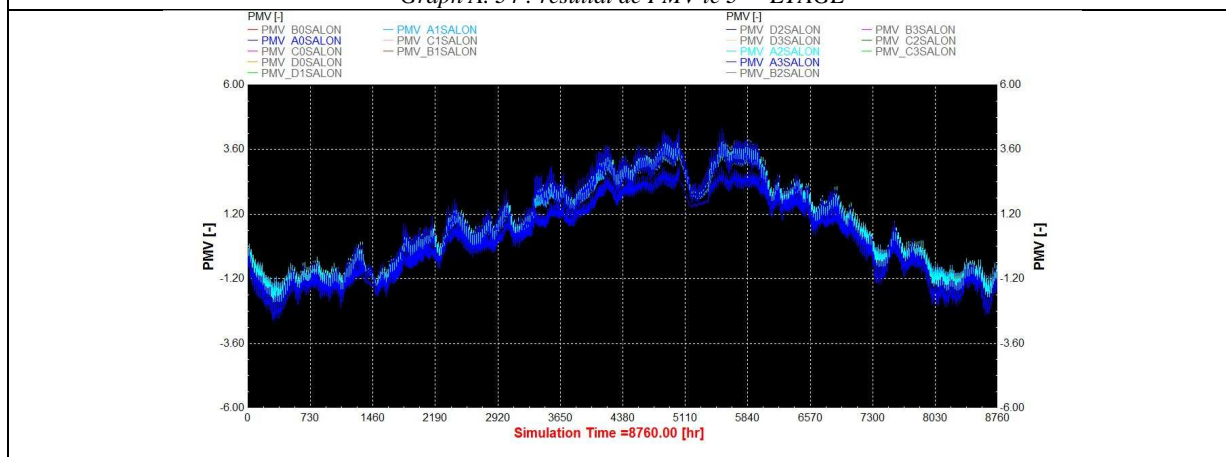
Graph A. 32 : résultat de PMV le 1ER ETAGE



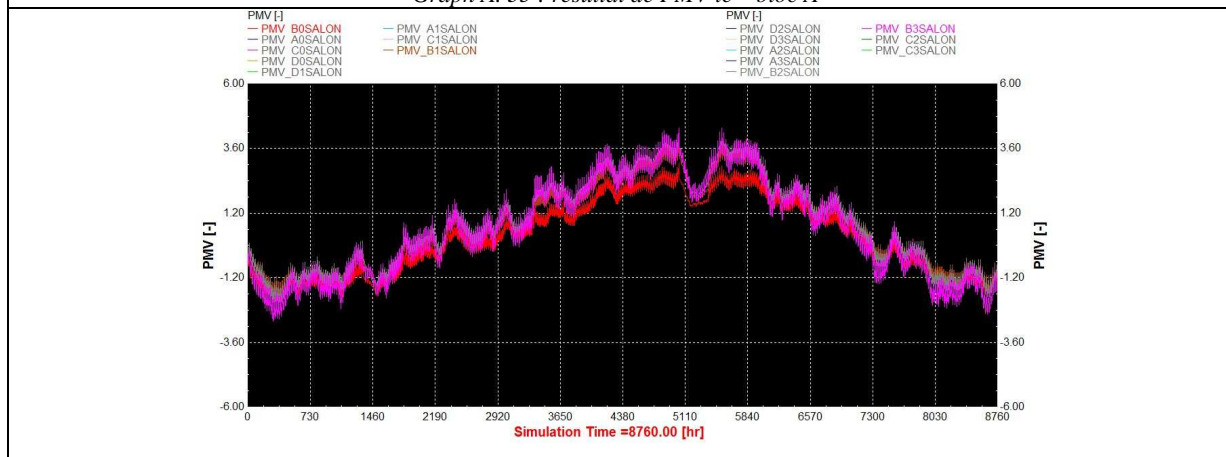
Graph A. 33 : résultat de PMV le 2eme ETAGE



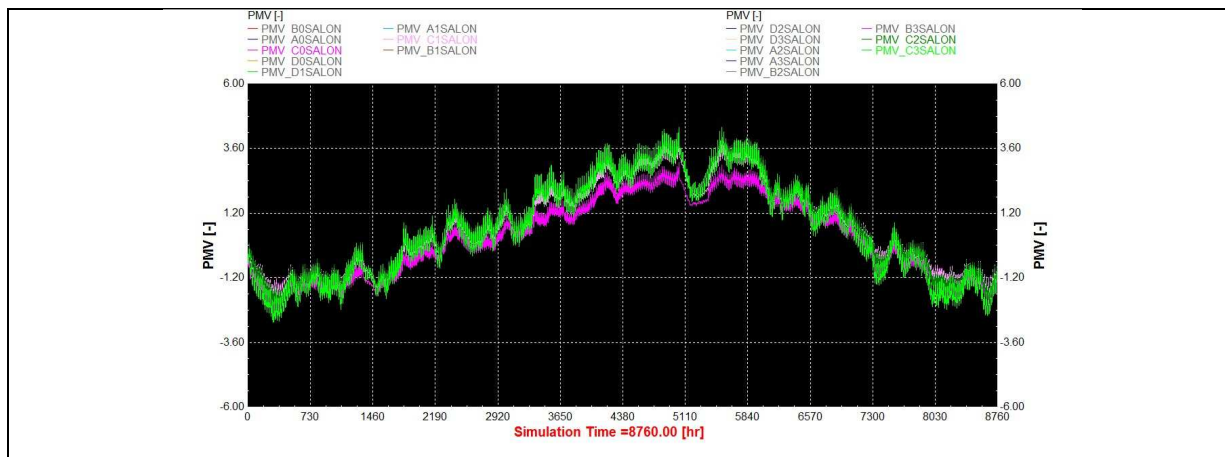
Graph A. 34 : résultat de PMV le 3^{eme} ETAGE



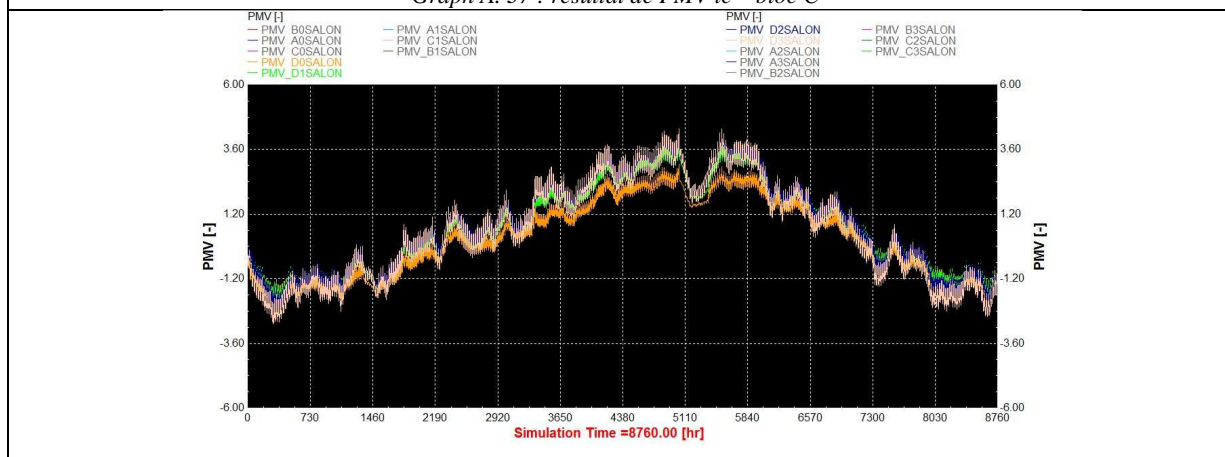
Graph A. 35 : résultat de PMV le - bloc A -



Graph A. 36 : résultat de PMV le - bloc B -

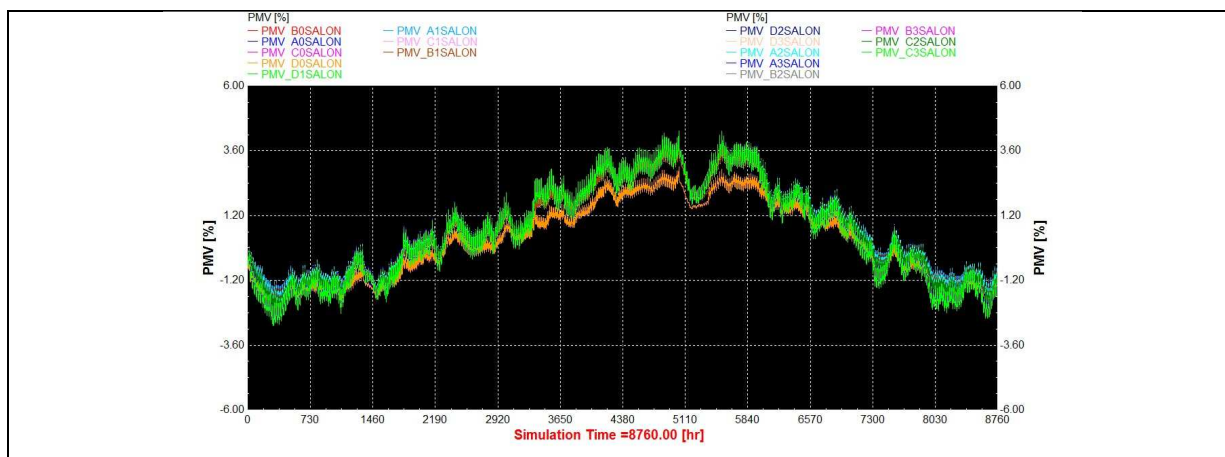


Graph A. 37 : résultat de PMV le – bloc C -

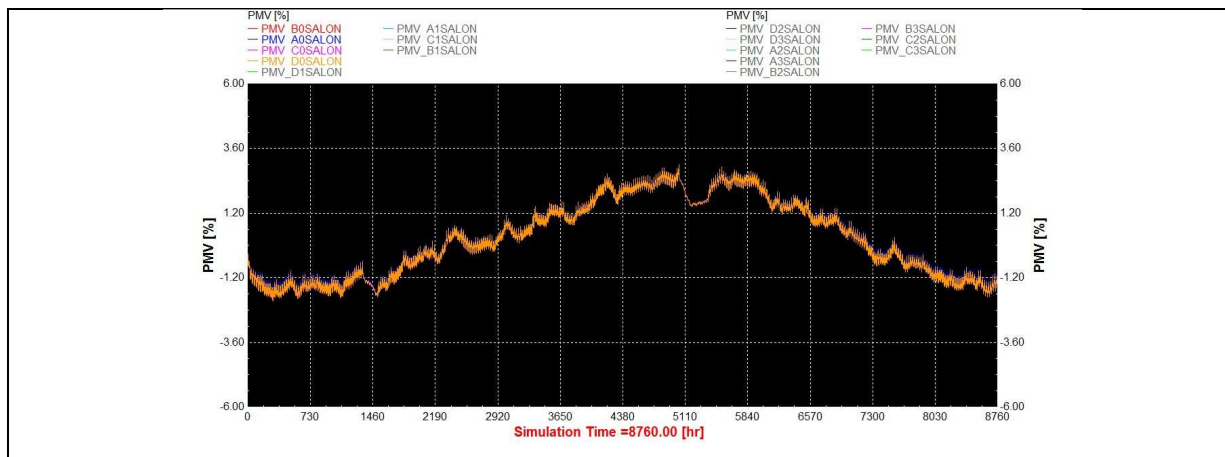


Graph A. 38 : résultat de PMV le – bloc D -

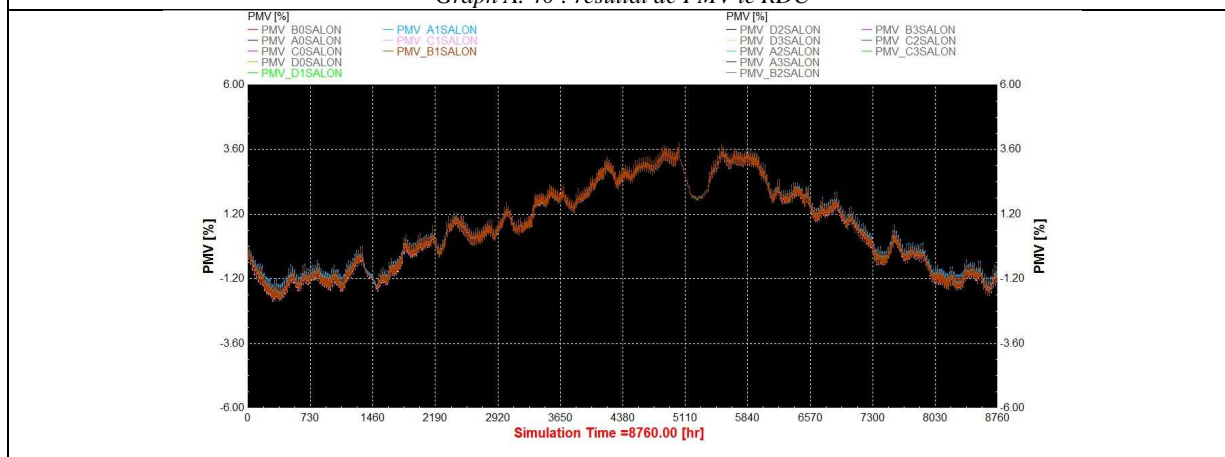
1.1.5. Typologie bâtiment avec cour central



Graph A. 39 : résultat Global de PMV



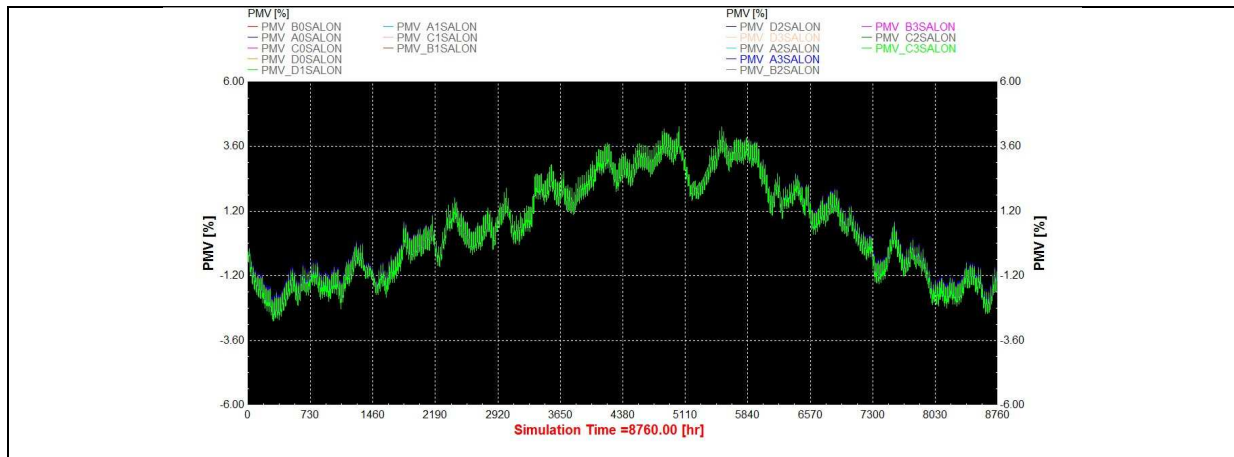
Graph A. 40 : résultat de PMV le RDC



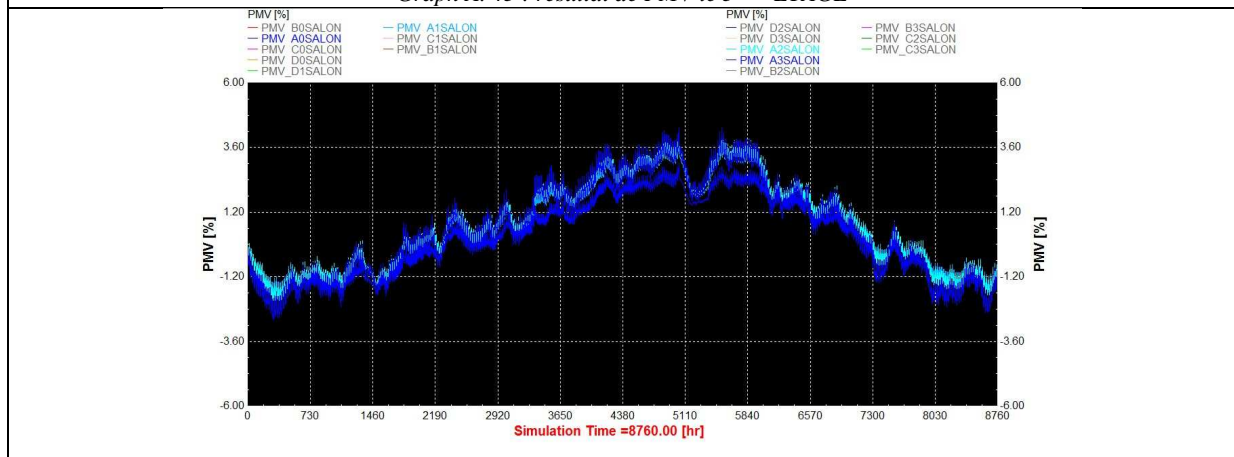
Graph A. 41 : résultat de PMV le 1^{ER} ETAGE



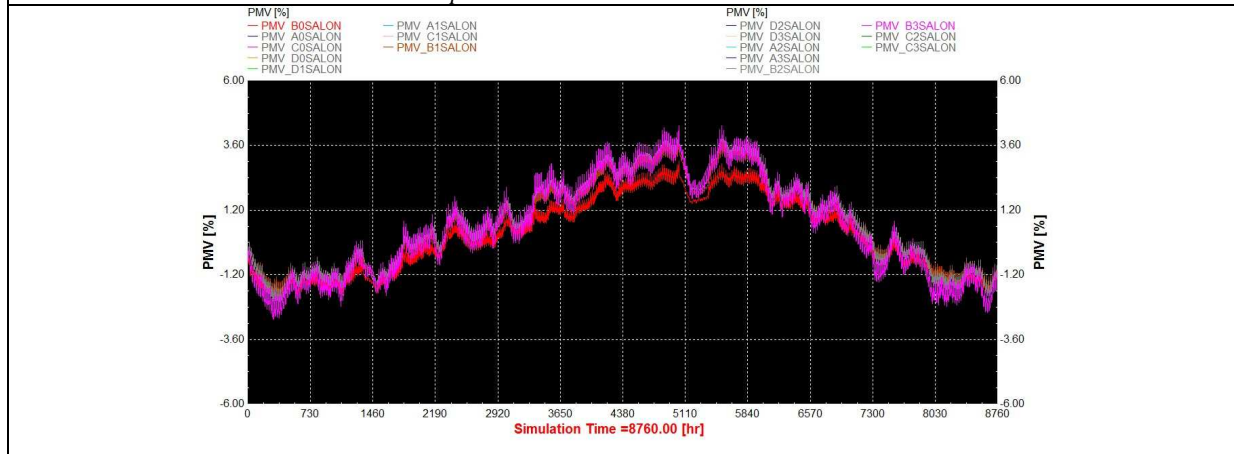
Graph A. 42 : résultat de PMV le 2^{EME} ETAGE



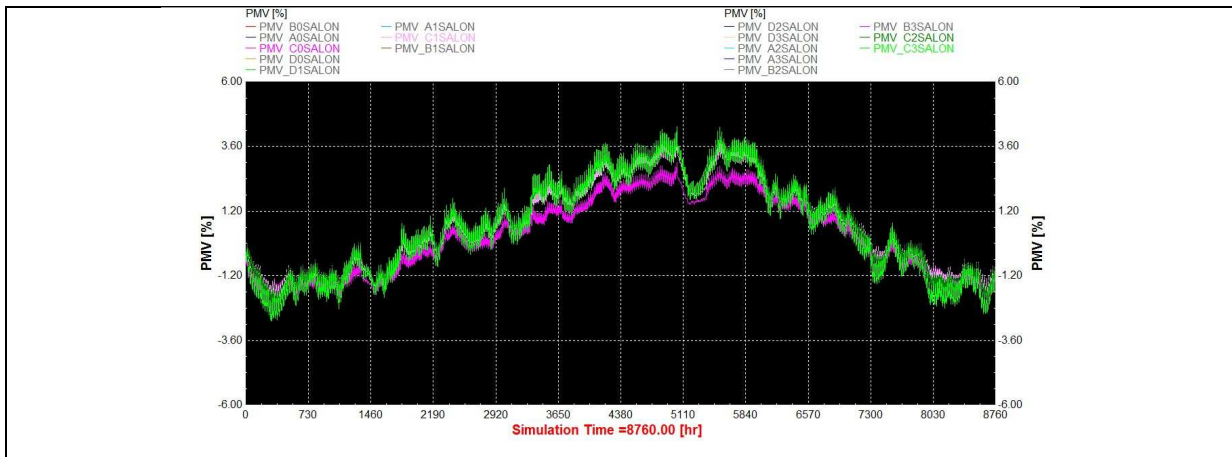
Graph A. 43 : résultat de PMV le 3^{EME} ETAGE



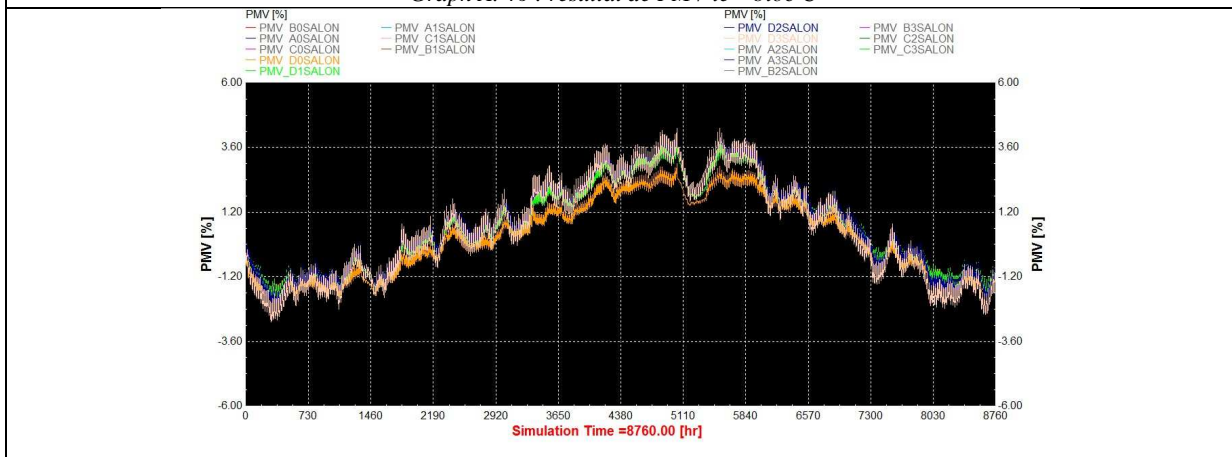
Graph A. 44 : résultat de PMV le - bloc A -



Graph A. 45 : résultat de PMV le - bloc B -



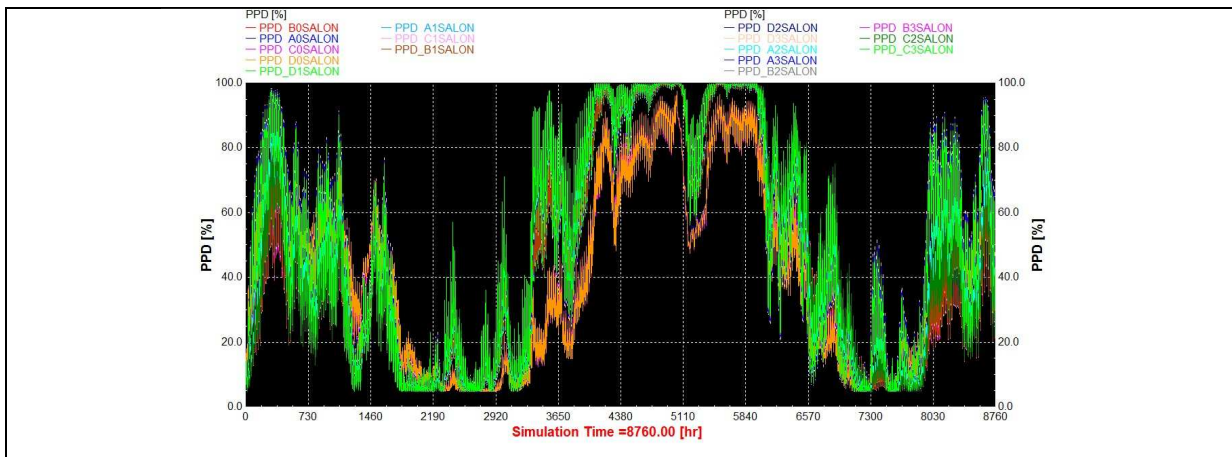
Graph A. 46 : résultat de PMV le – bloc C -



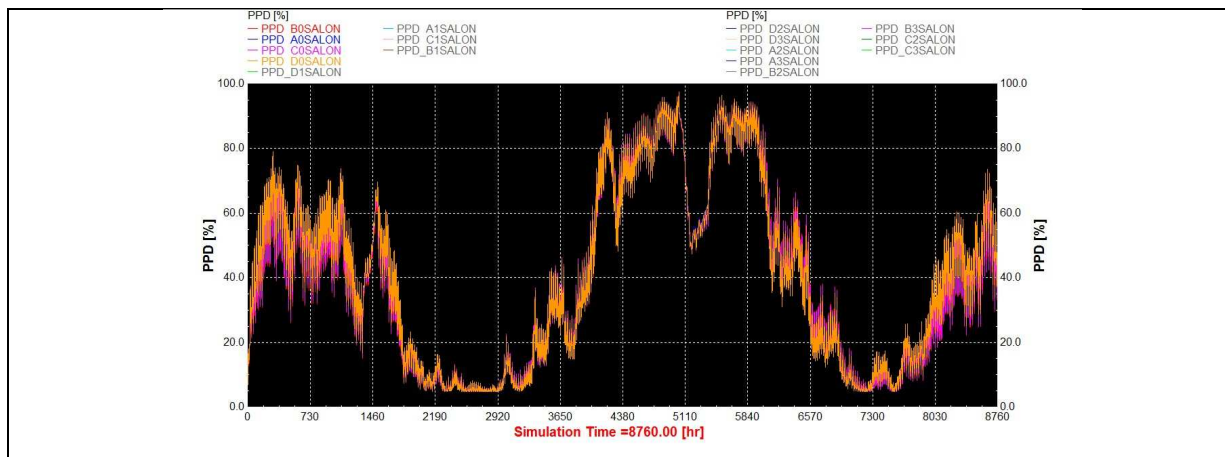
Graph A. 47 : résultat de PMV le – bloc D -

1.2. Résultats de PPD

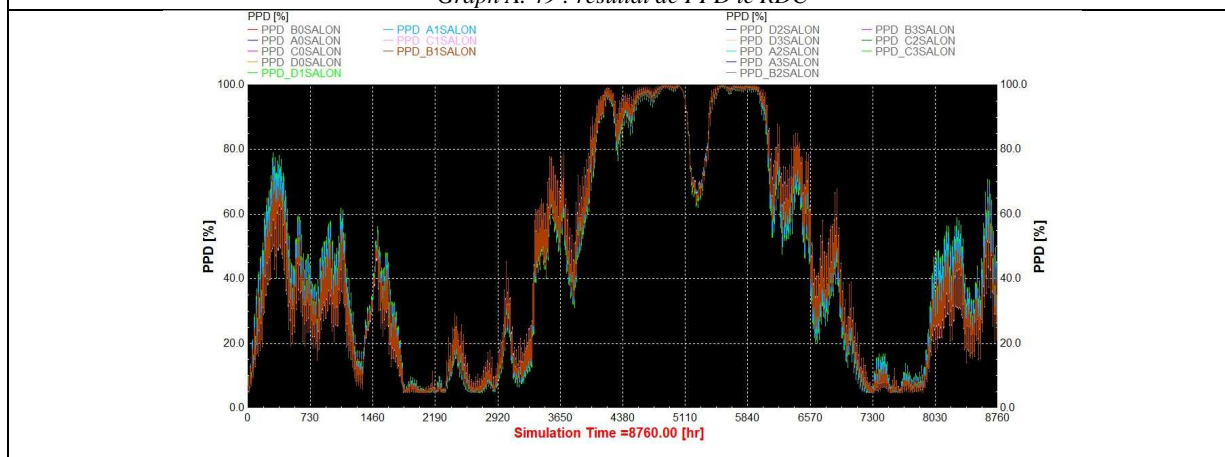
1.2.1. Typologie en bande « le bâtiment référence »



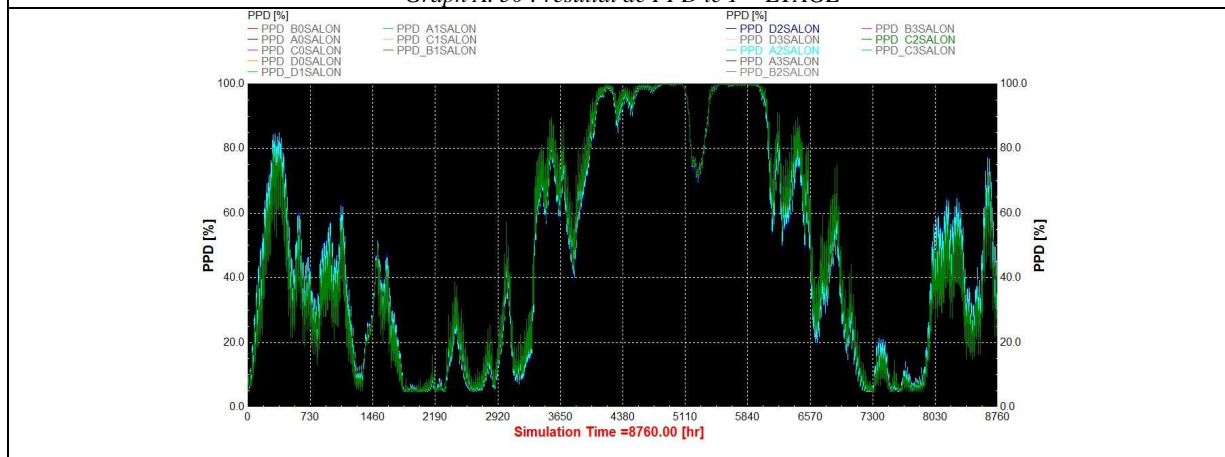
Graph A. 48 : résultat Global de PPD



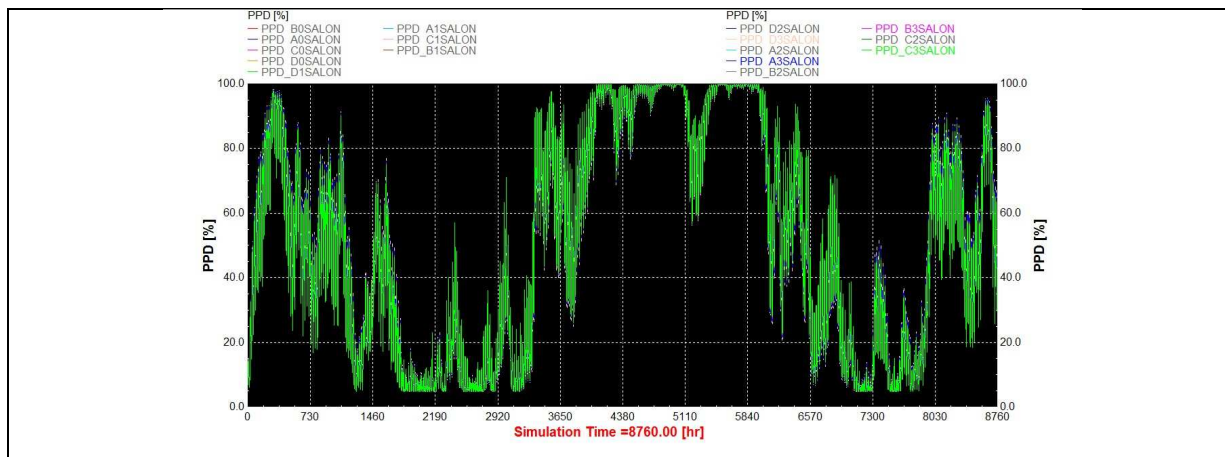
Graph A. 49 : résultat de PPD le RDC



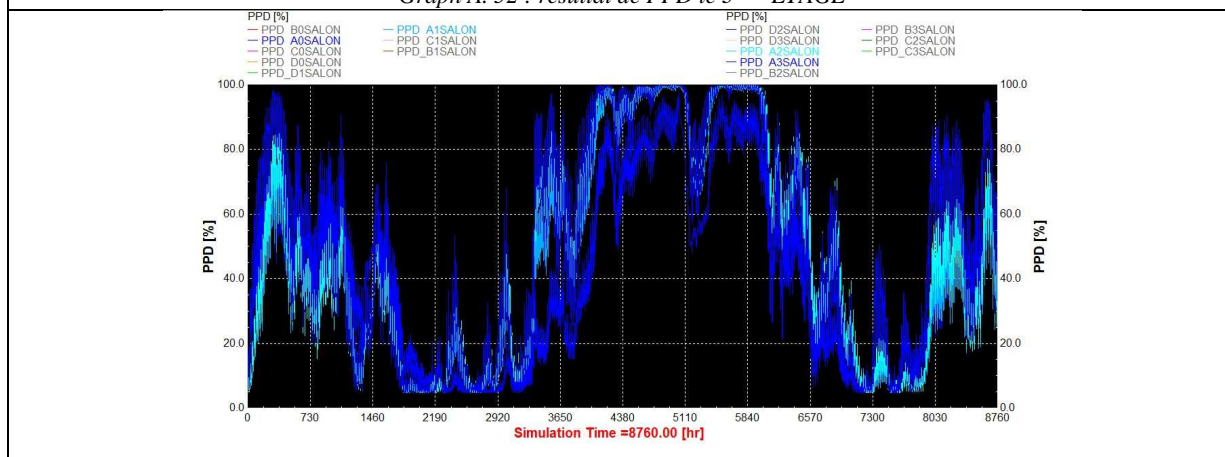
Graph A. 50 : résultat de PPD le 1^{ER} ETAGE



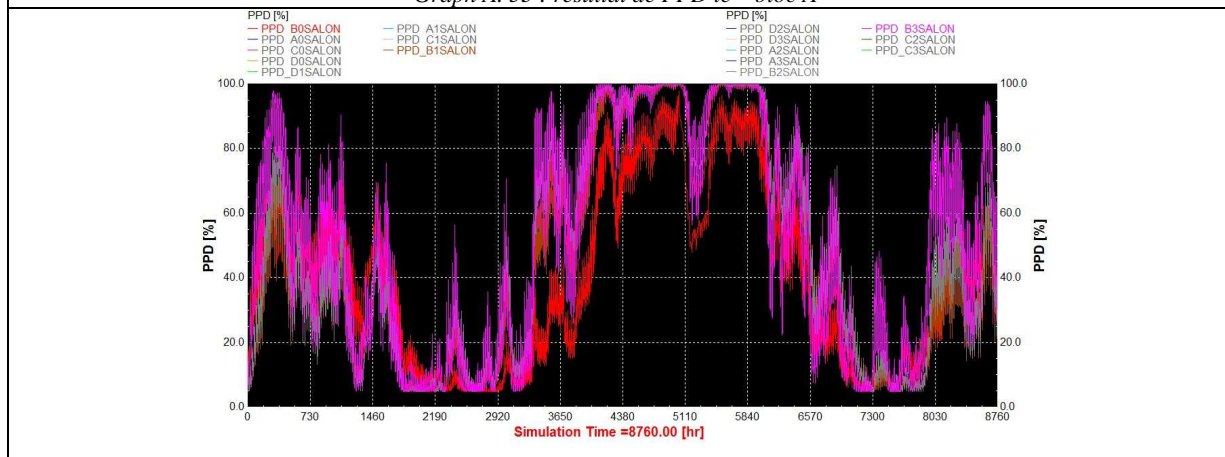
Graph A. 51 : résultat de PPD le 2^{EME} ETAGE



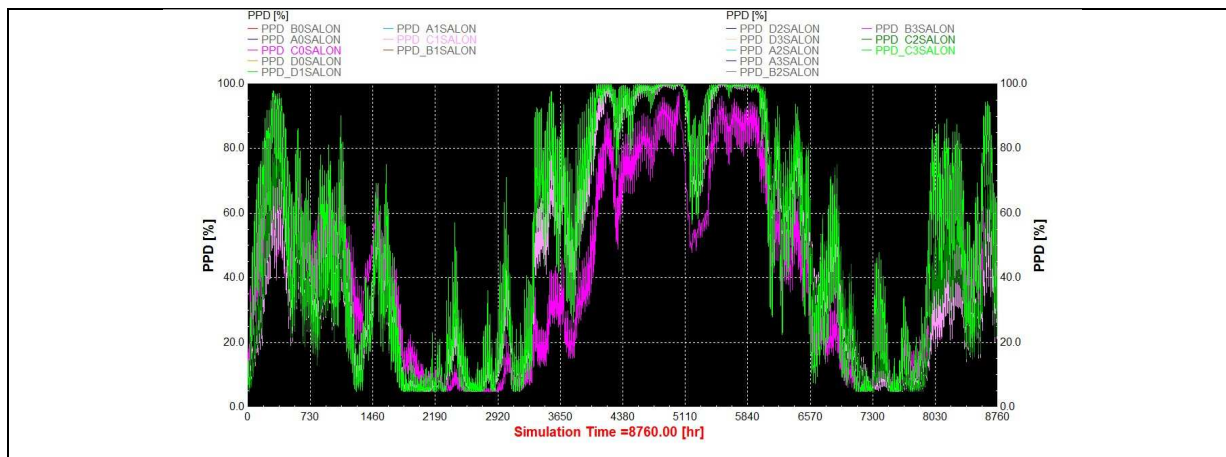
Graph A. 52 : résultat de PPD le 3^{ème} ETAGE



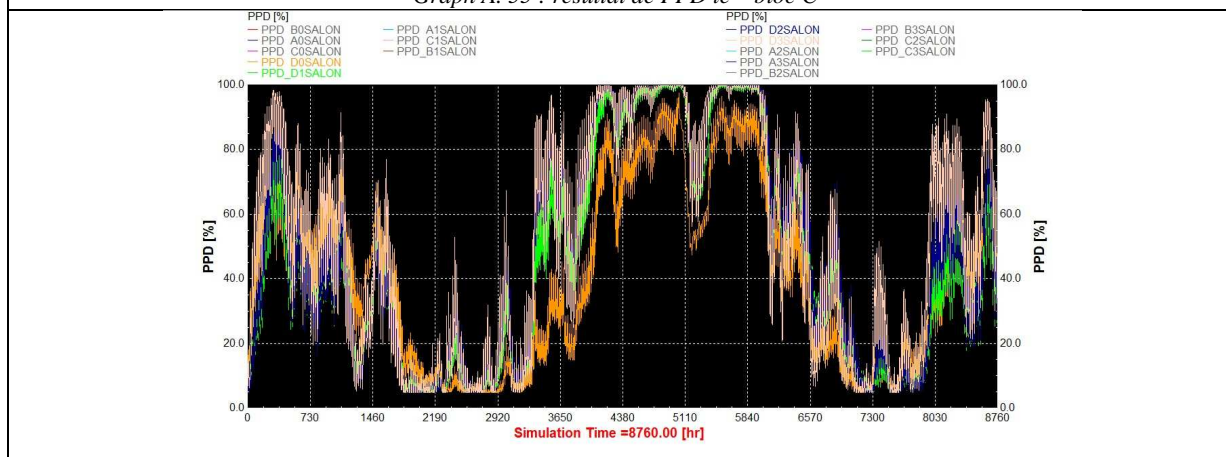
Graph A. 53 : résultat de PPD le - bloc A -



Graph A. 54 : résultat de PPD le - bloc B -

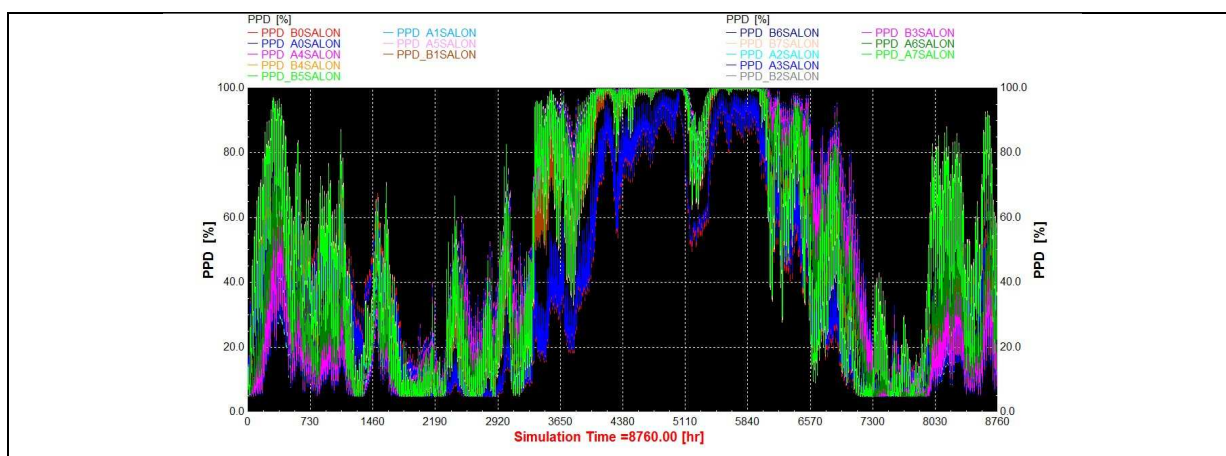


Graph A. 55 : résultat de PPD le – bloc C -

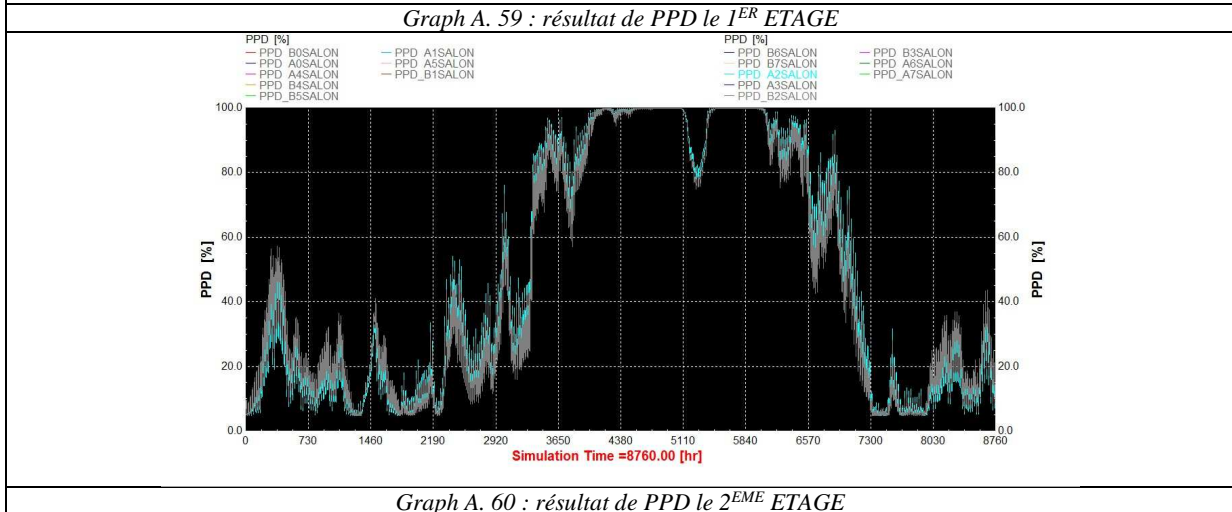
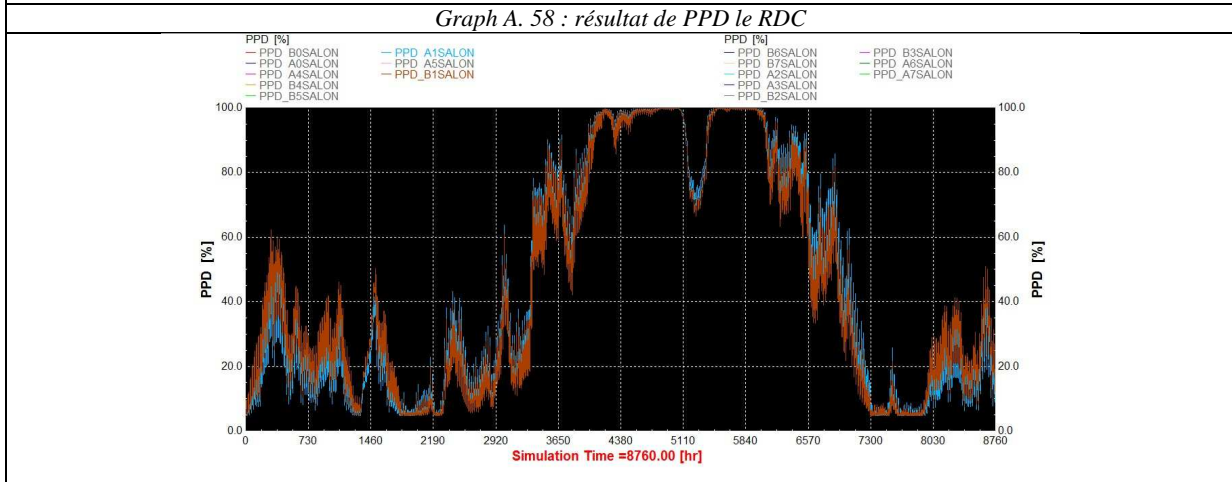
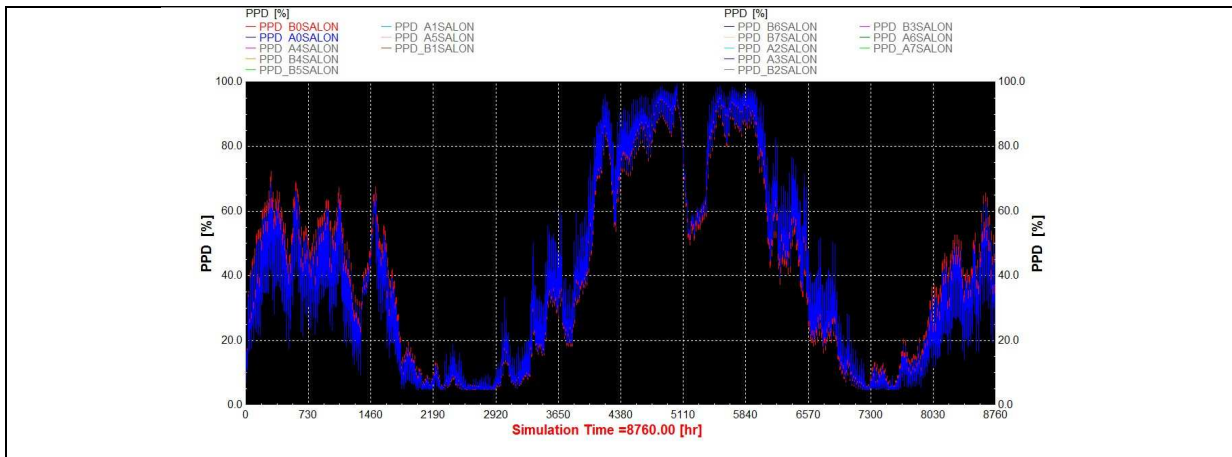


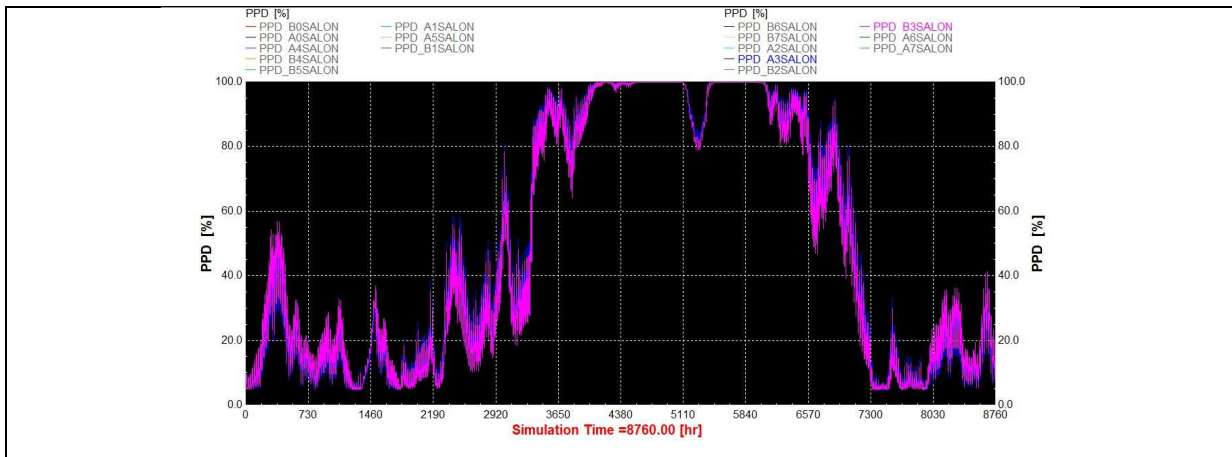
Graph A. 56 : résultat de PPD le – bloc D -

1.2.2. Typologie bâtiment en plot

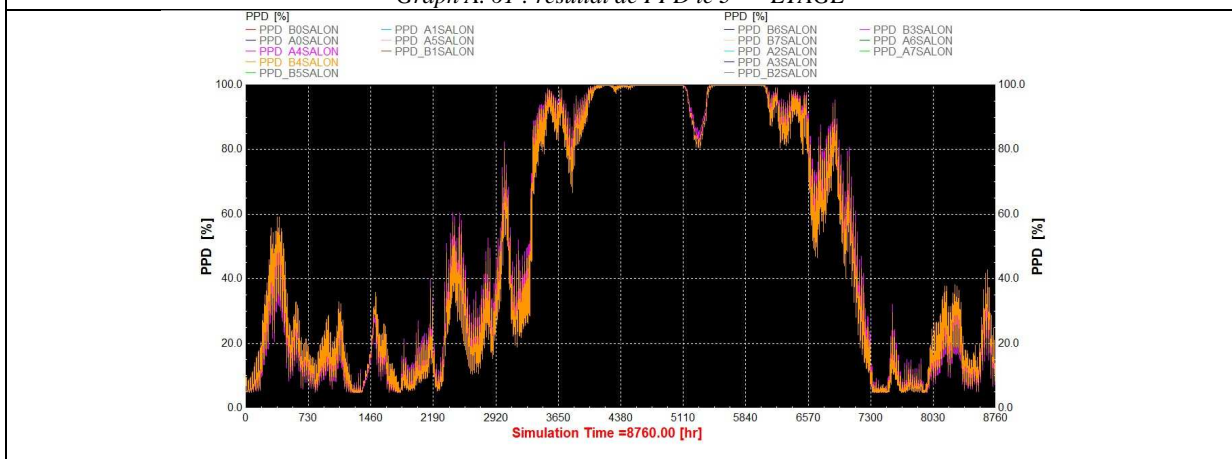


Graph A. 57 : résultat Global de PPD

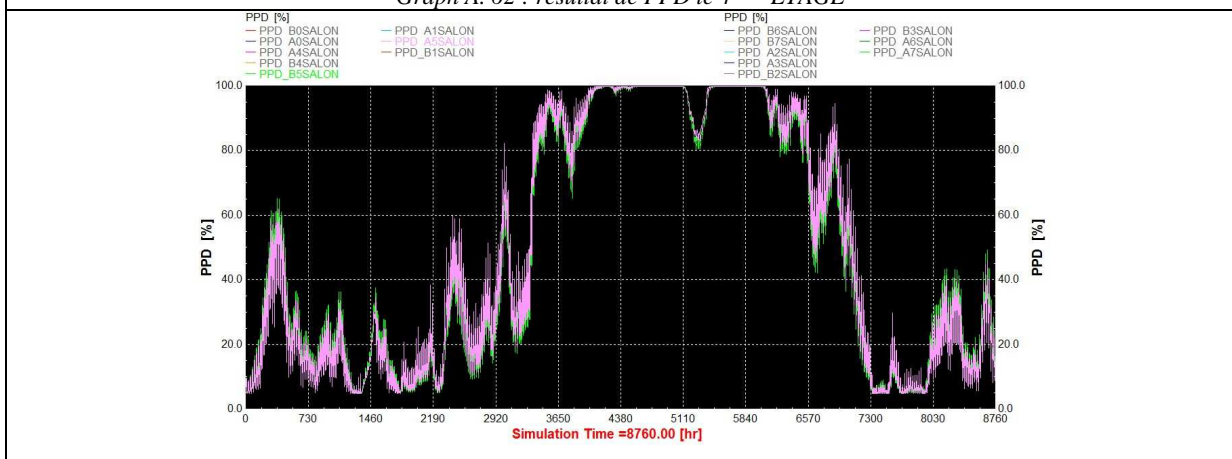




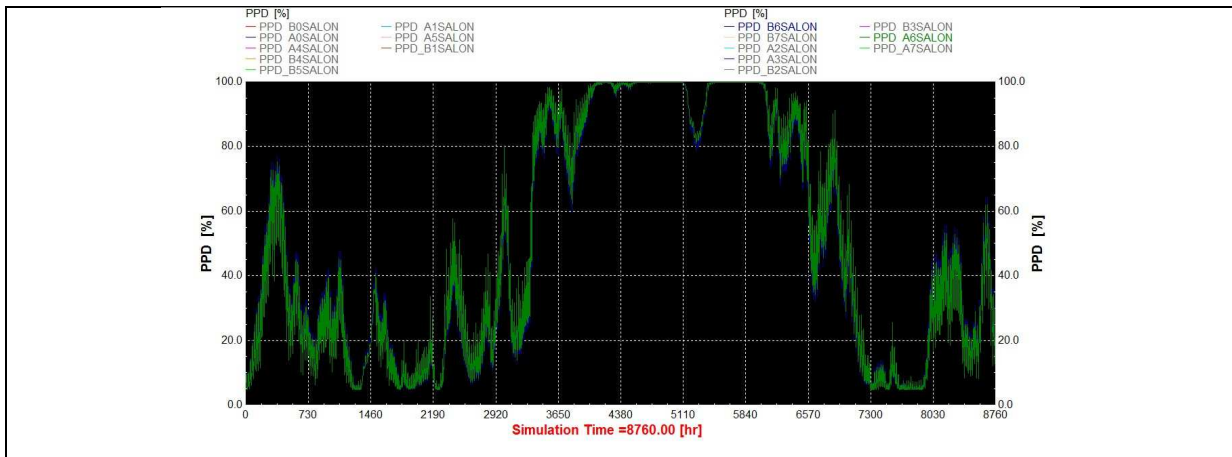
Graph A. 61 : résultat de PPD le 3^{EME} ETAGE



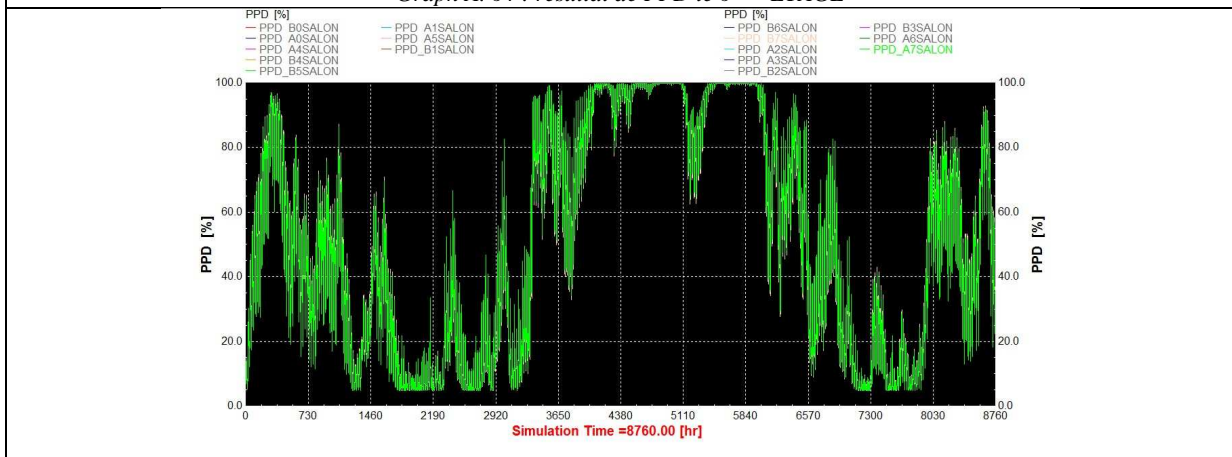
Graph A. 62 : résultat de PPD le 4^{EME} ETAGE



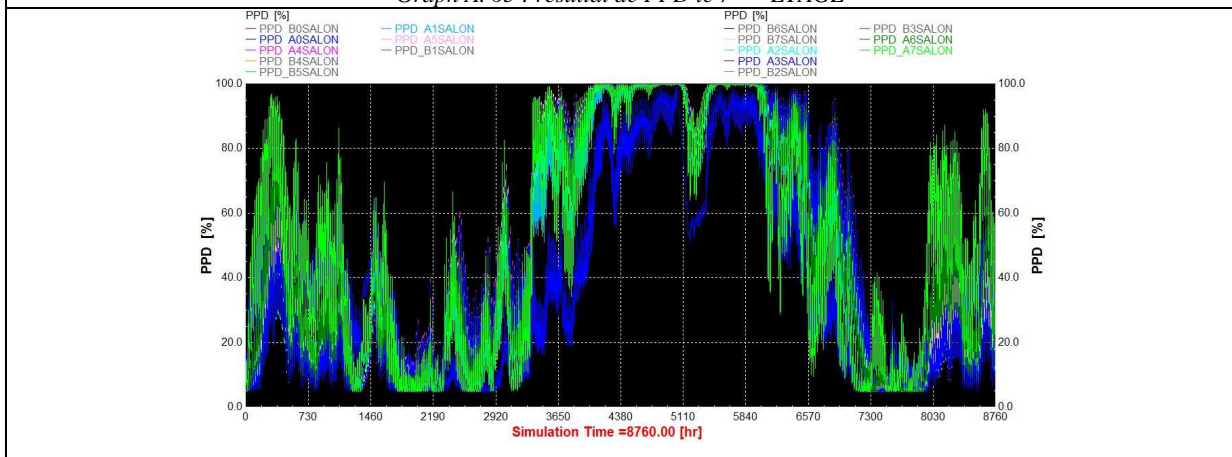
Graph A. 63 : résultat de PPD le 5^{EME} ETAGE



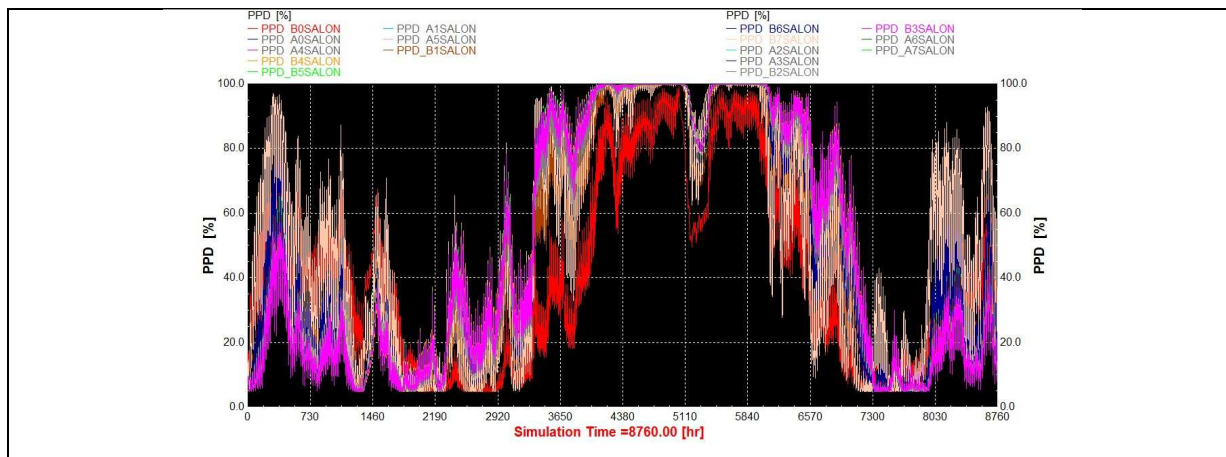
Graph A. 64 : résultat de PPD le 6^{EME} ETAGE



Graph A. 65 : résultat de PPD le 7^{EME} ETAGE

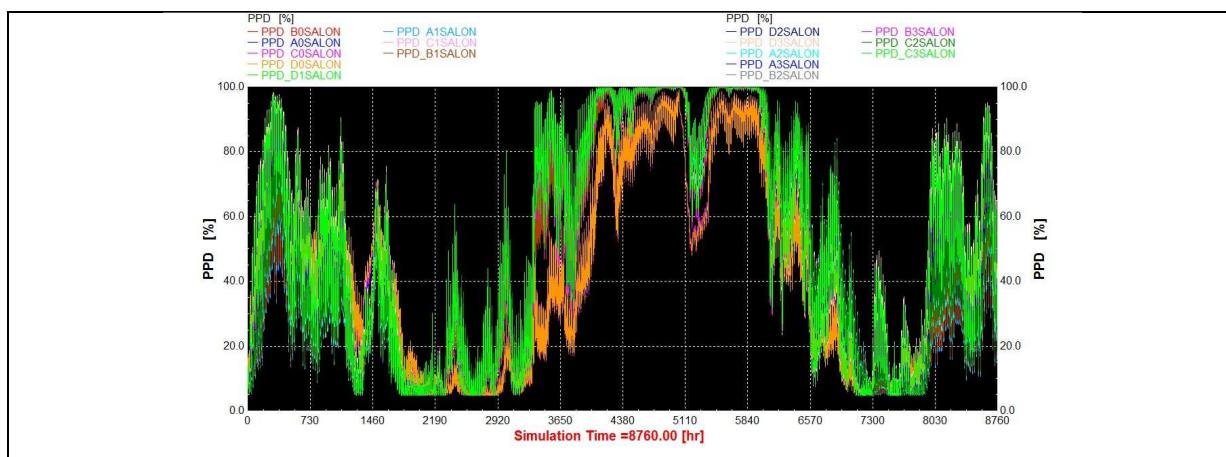


Graph A. 66 : résultat de PPD le - bloc A -

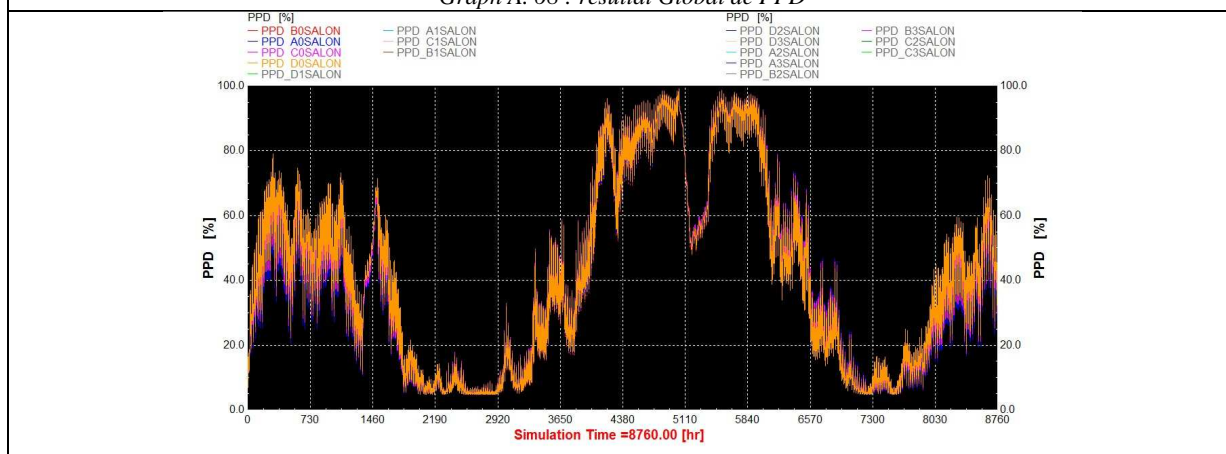


Graph A. 67 : résultat de PPD le - bloc B -

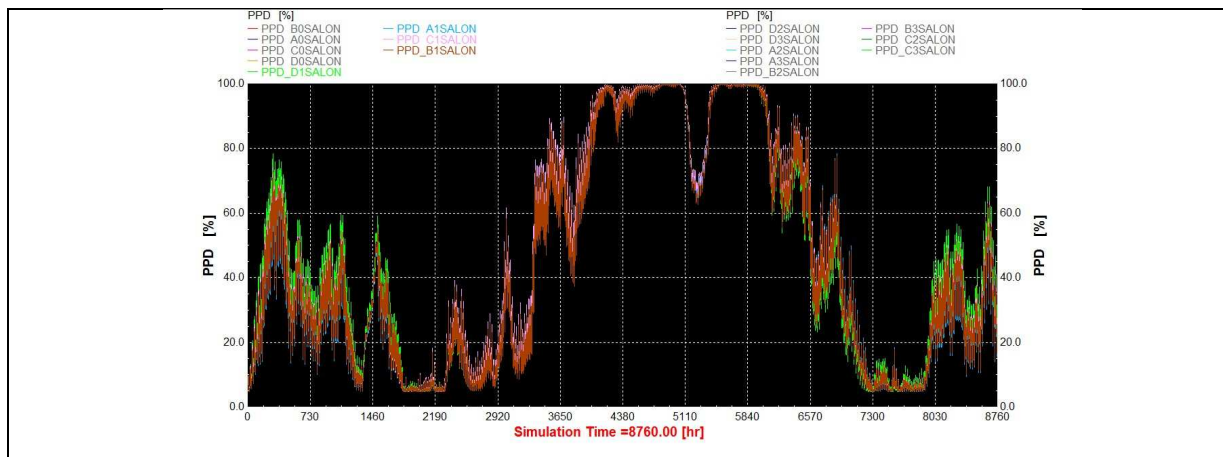
1.2.3. Typologie bâtiment en L



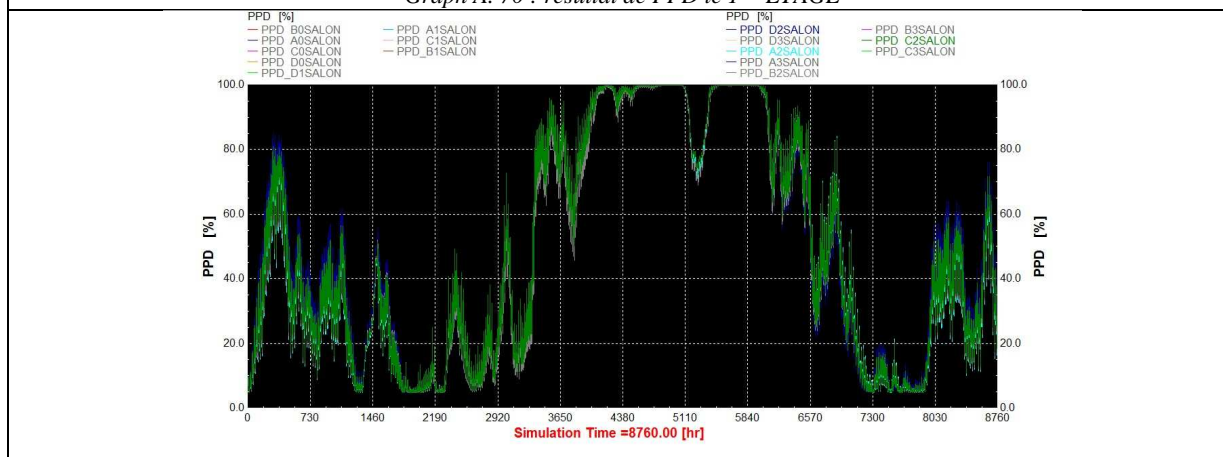
Graph A. 68 : résultat Global de PPD



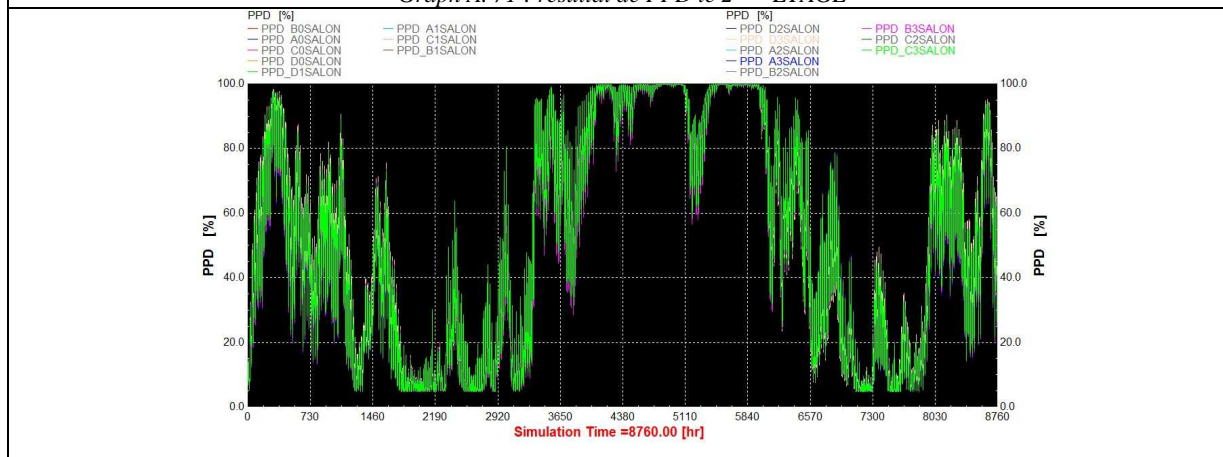
Graph A. 69 : résultat de PPD le RDC



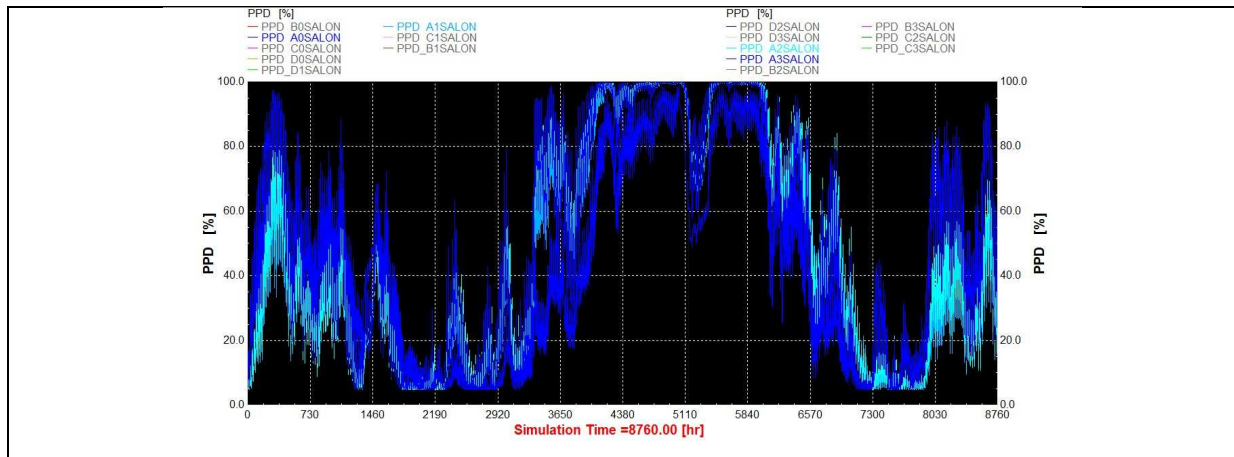
Graph A. 70 : résultat de PPD le 1^{ER} ETAGE



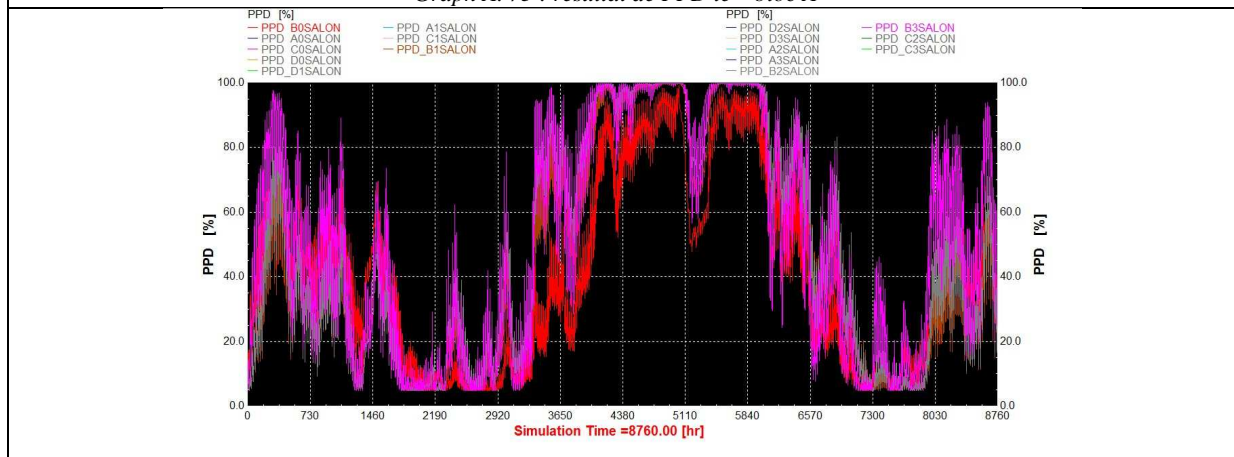
Graph A. 71 : résultat de PPD le 2^{EME} ETAGE



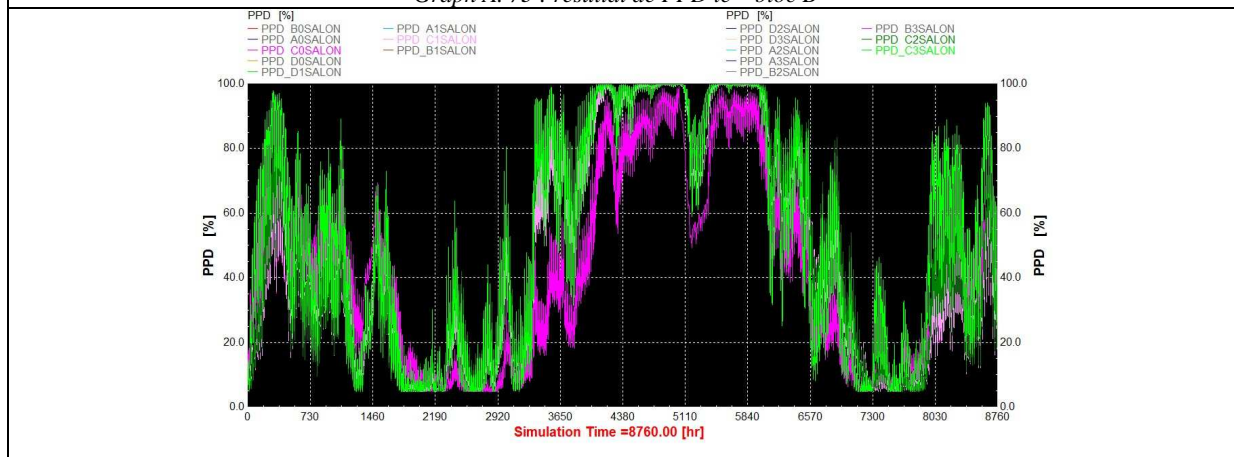
Graph A. 72 : résultat de PPD le 3^{EME} ETAGE



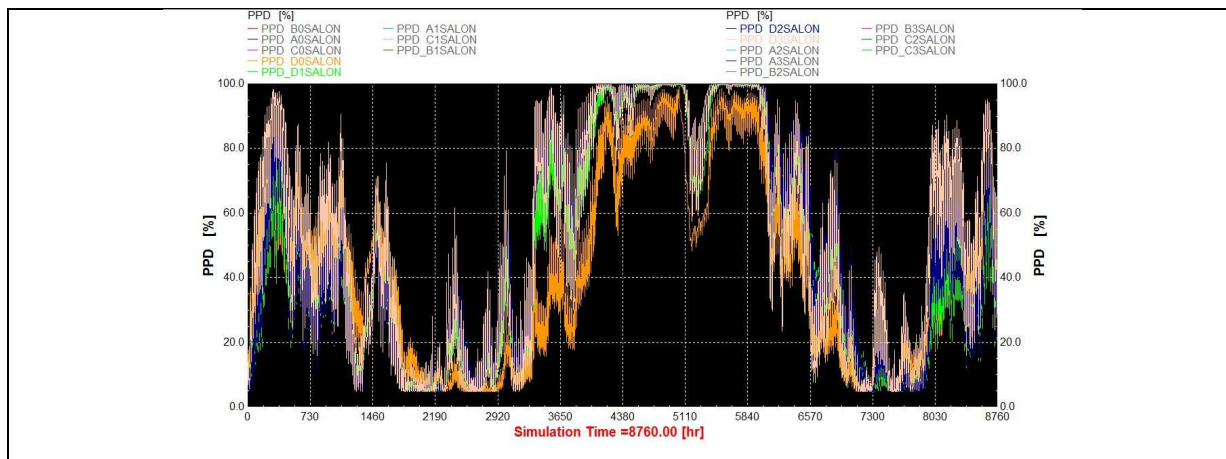
Graph A. 73 : résultat de PPD le - bloc A -



Graph A. 73 : résultat de PPD le - bloc B -

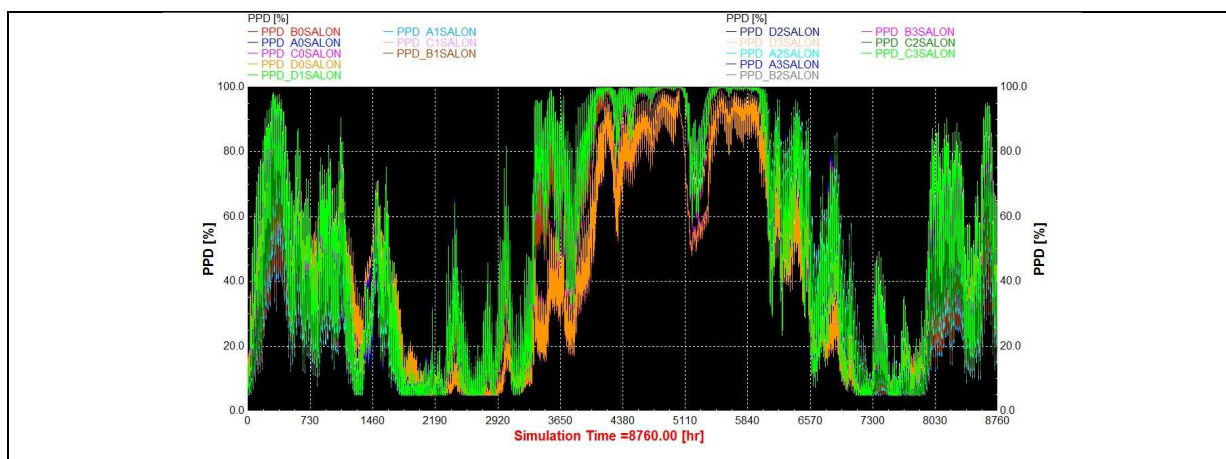


Graph A. 74 : résultat de PPD le - bloc C -

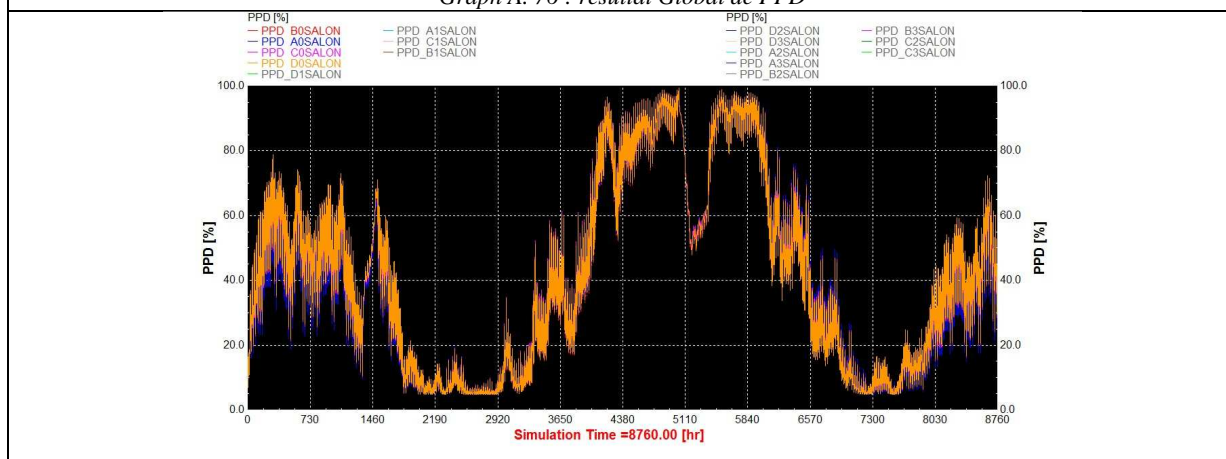


Graph A. 75 : résultat de PPD le – bloc D -

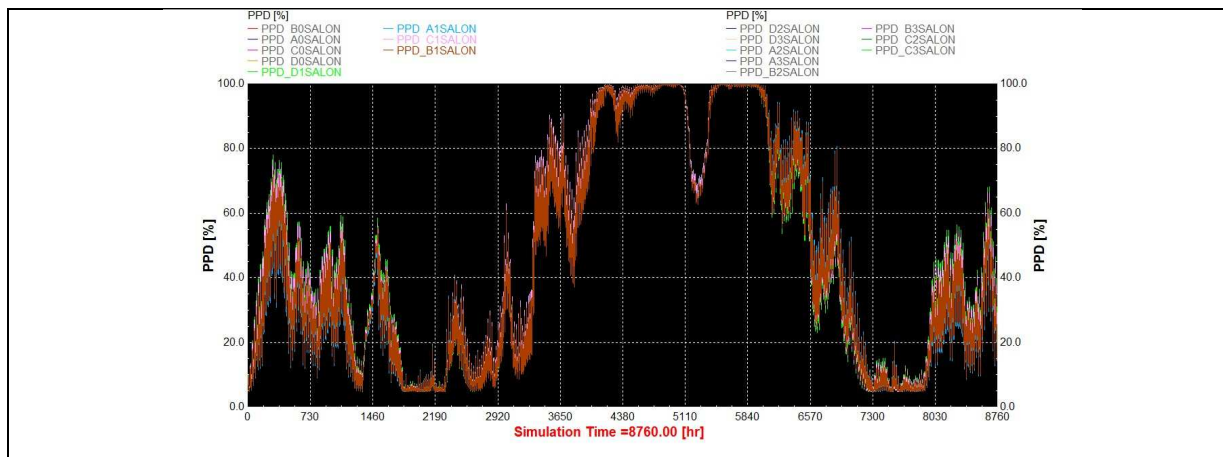
1.2.4. Typologie bâtiment en U



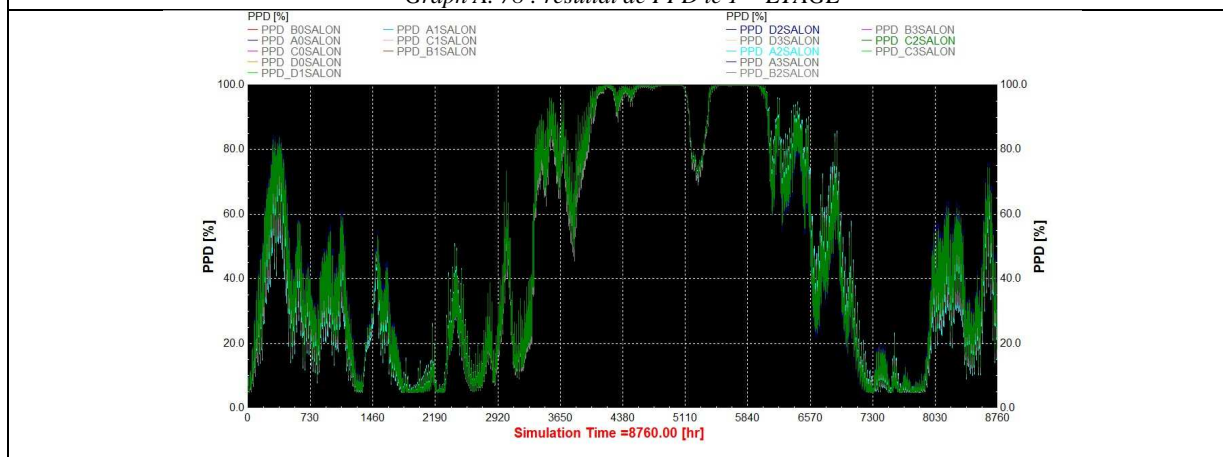
Graph A. 76 : résultat Global de PPD



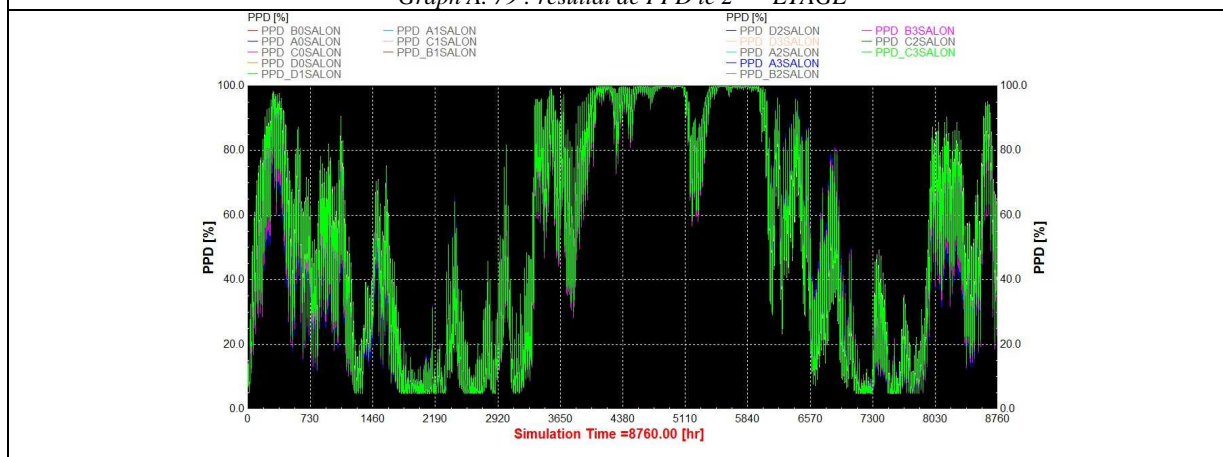
Graph A. 77 : résultat de PPD le RDC



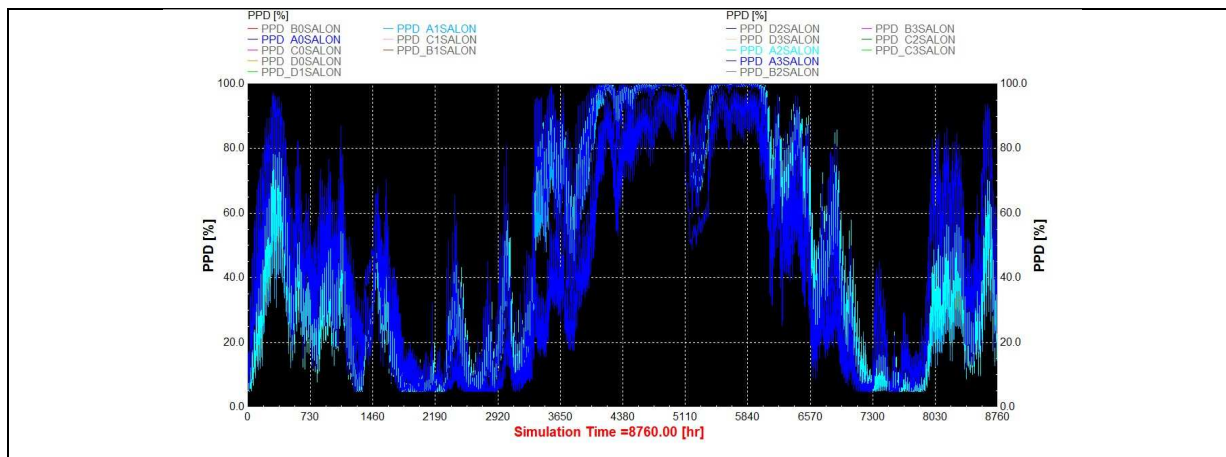
Graph A. 78 : résultat de PPD le 1^{ER} ETAGE



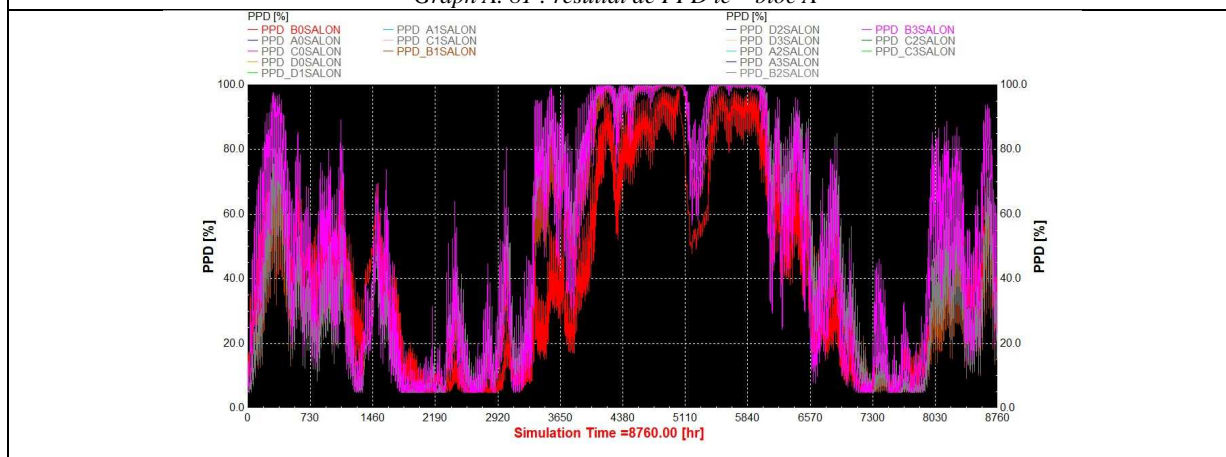
Graph A. 79 : résultat de PPD le 2^{EME} ETAGE



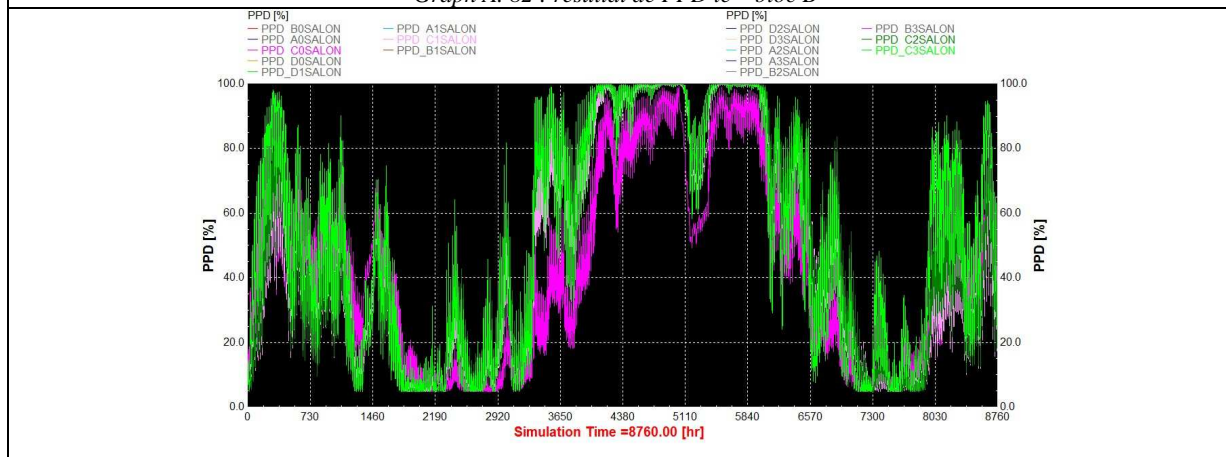
Graph A. 80 : résultat de PPD le 2^{EME} ETAGE



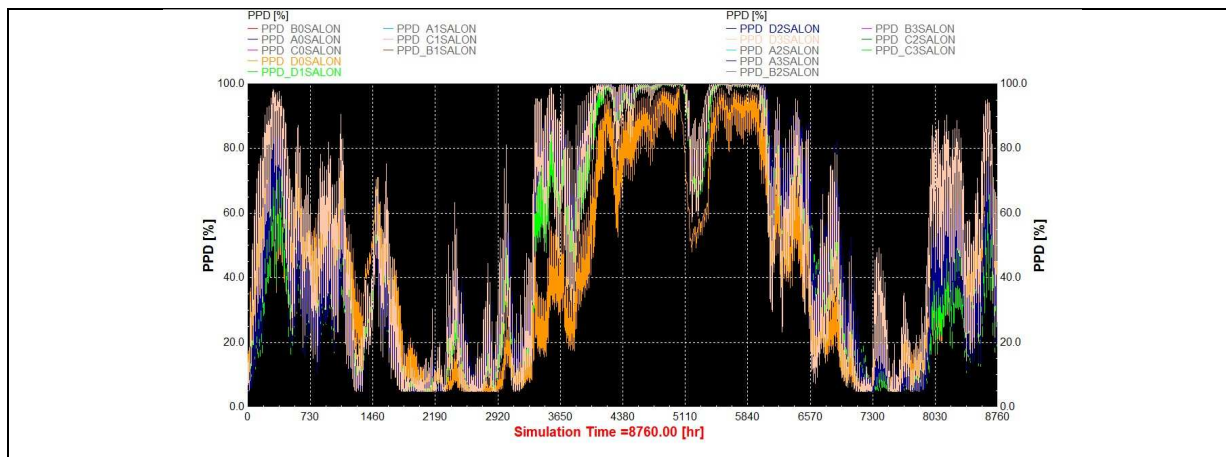
Graph A. 81 : résultat de PPD le – bloc A -



Graph A. 82 : résultat de PPD le – bloc B -

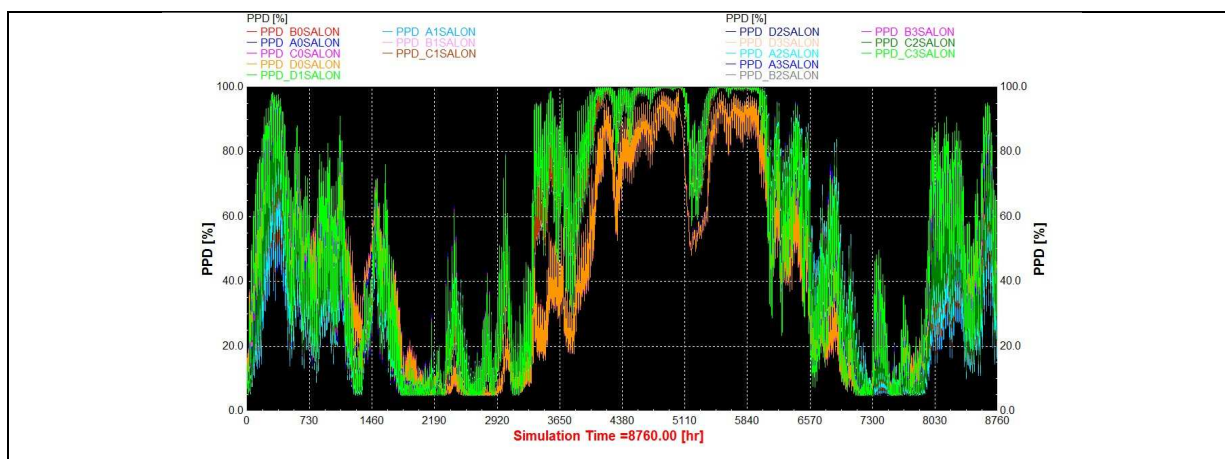


Graph A. 83 : résultat de PPD le – bloc C -

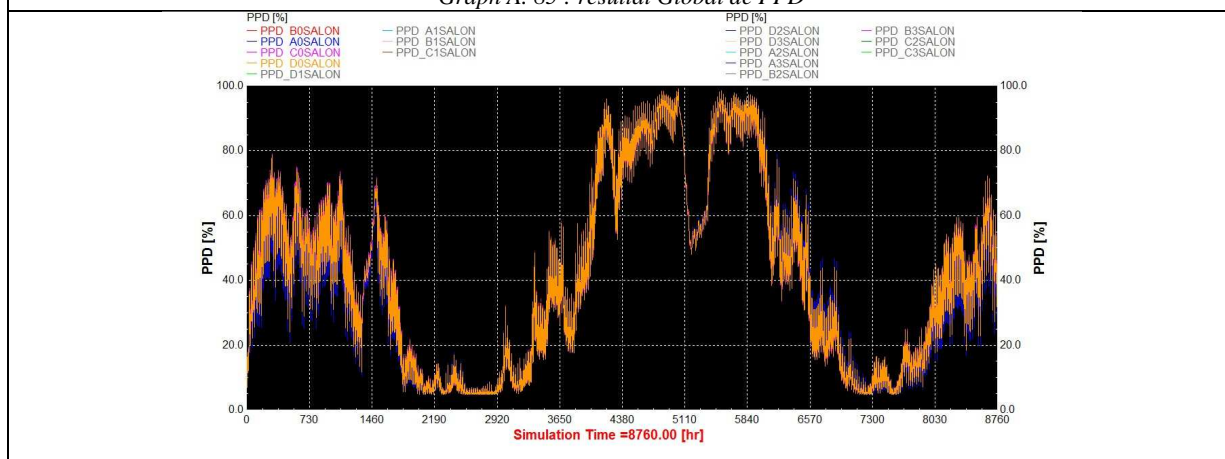


Graph A. 84 : résultat de PPD le – bloc D -

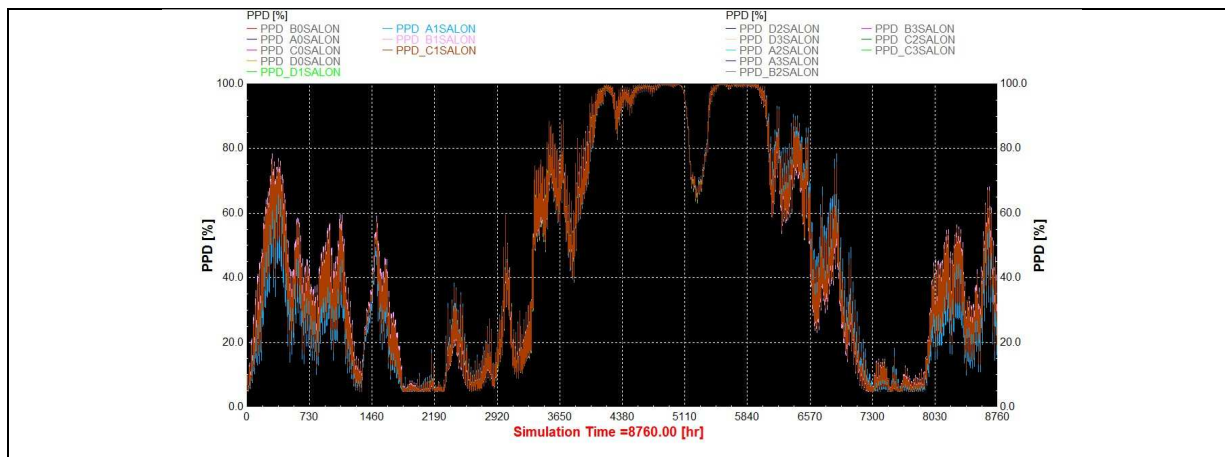
1.2.5. Typologie bâtiment avec cour central



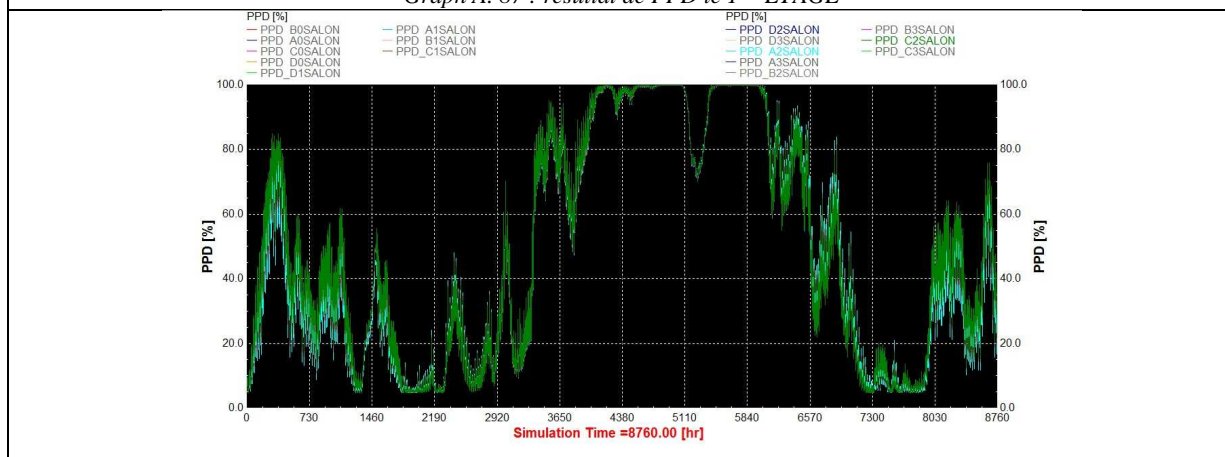
Graph A. 85 : résultat Global de PPD



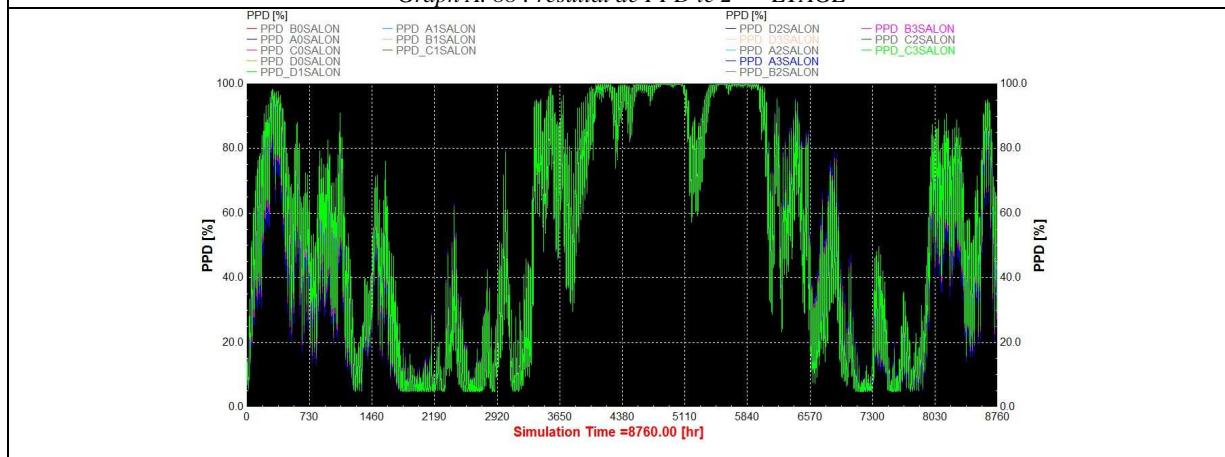
Graph A. 86 : résultat de PPD le RDC



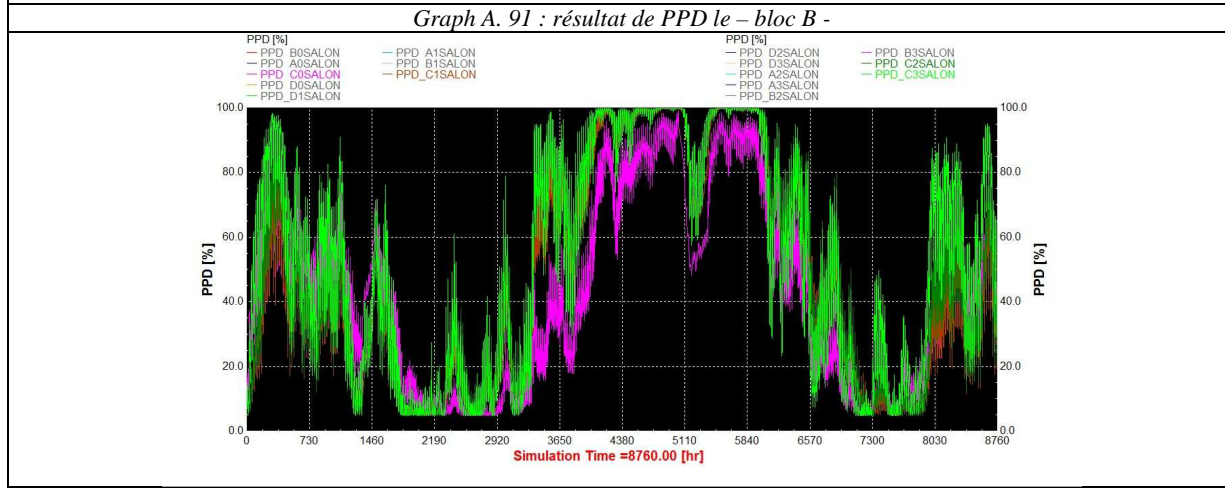
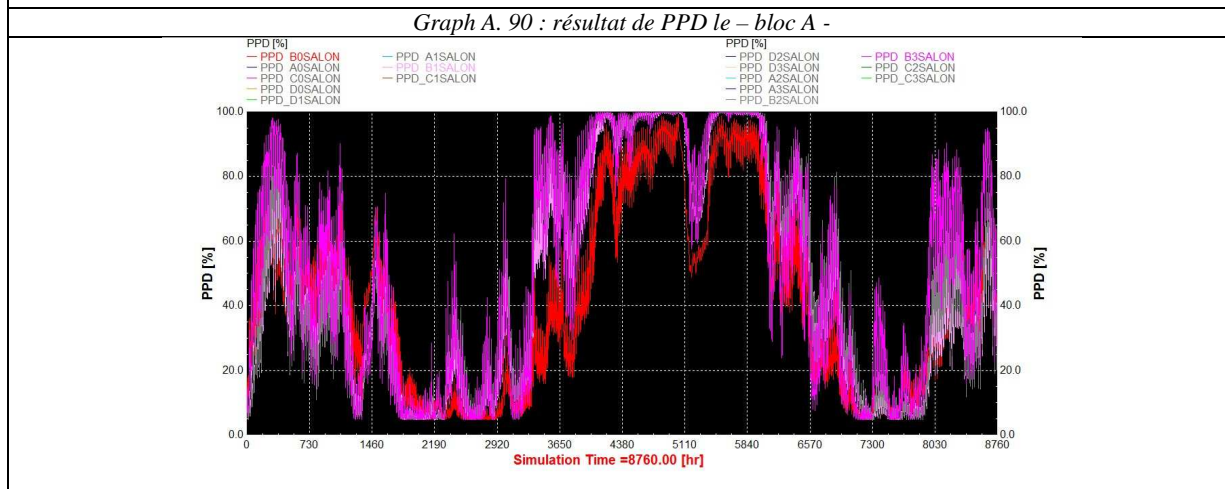
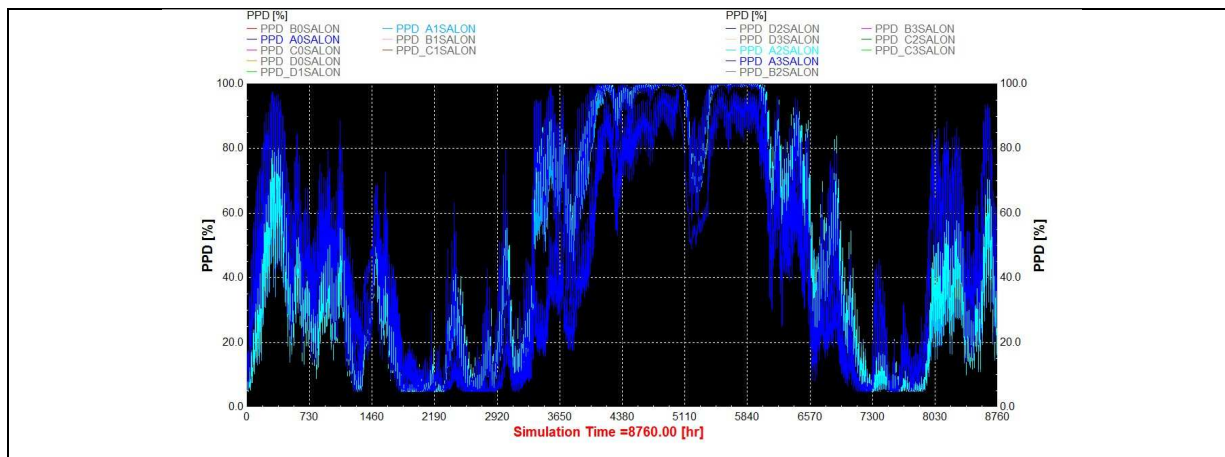
Graph A. 87 : résultat de PPD le 1^{ER} ETAGE

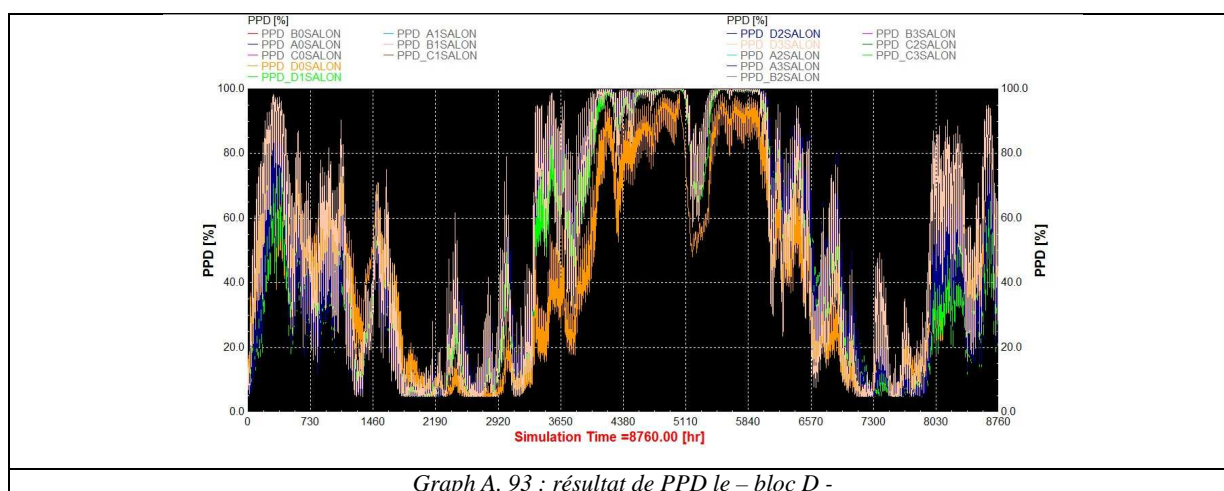


Graph A. 88 : résultat de PPD le 2^{EME} ETAGE



Graph A. 89 : résultat de PPD le 3^{EME} ETAGE





Graph A. 93 : résultat de PPD le - bloc D -

ANNEXE N°02

2. Caractéristique géométriques de différentes typologies

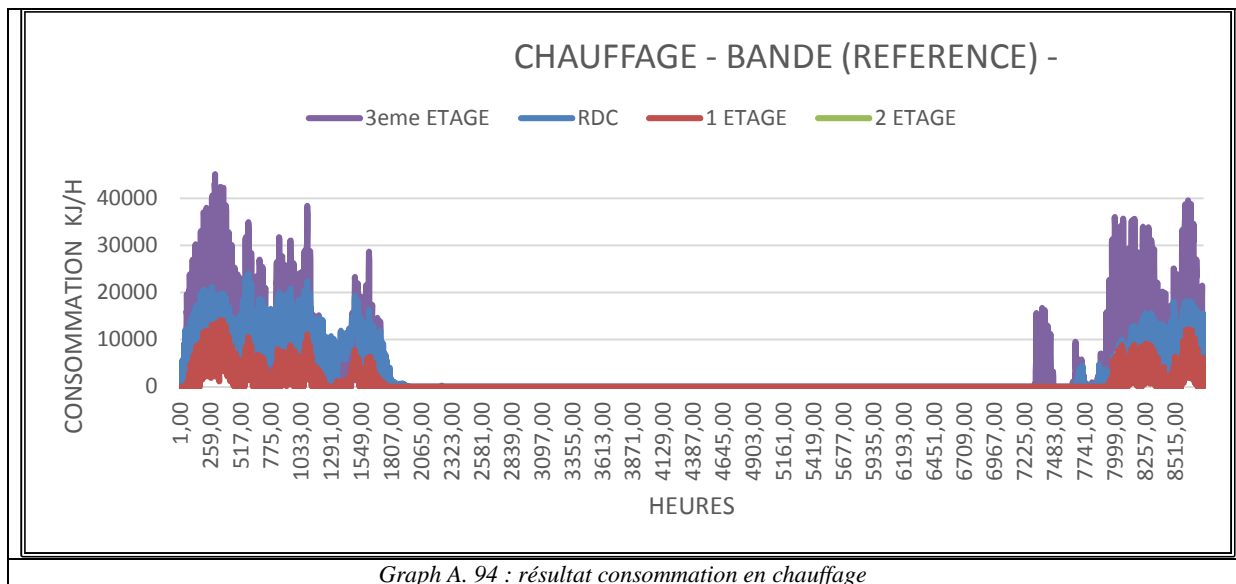
TYOLOGIES	IMMEUBLE EN BANDE	IMMEUBLE PLOT	IMMEUBLE FORME L	IMMEUBLE FORME U	IMMEUBLE A PATIO INT
S. parois ext Nord	410,184	410,184	379,674	497,88	522,22
S. parois ext Sud	410,184	410,184	379,674	497,88	522,22
S. parois ext Est	230,958	343,86	379,674	406,674	522,22
S. parois ext Ouest	230,958	343,86	379,674	406,674	522,22
surface plancher	397,85	198,925	397,85	397,85	424,256
surface de sol	397,85	198,925	397,85	397,85	424,256
surface habitable par étage	371,437	185,719	371,437	371,437	371,437
la hauteur du bâtiment	10,8	21,6	10,8	10,8	10,8
Nombre des d'étage	R+3	R+7	R+3	R+3	R+3
Nombre des logements par étage	4	2	4	4	4
SURFACE ENVELOPPE EXTERIEUR	2077,984	1905,938	2314,396	2631,222	2937,392
VOLUME HABITABLE	4011,52	4011,53	4011,52	4011,52	4011,52
COEFFICIENT DE FORME Cf	0,52	0,48	0,58	0,66	0,73

ANNEXE N°03

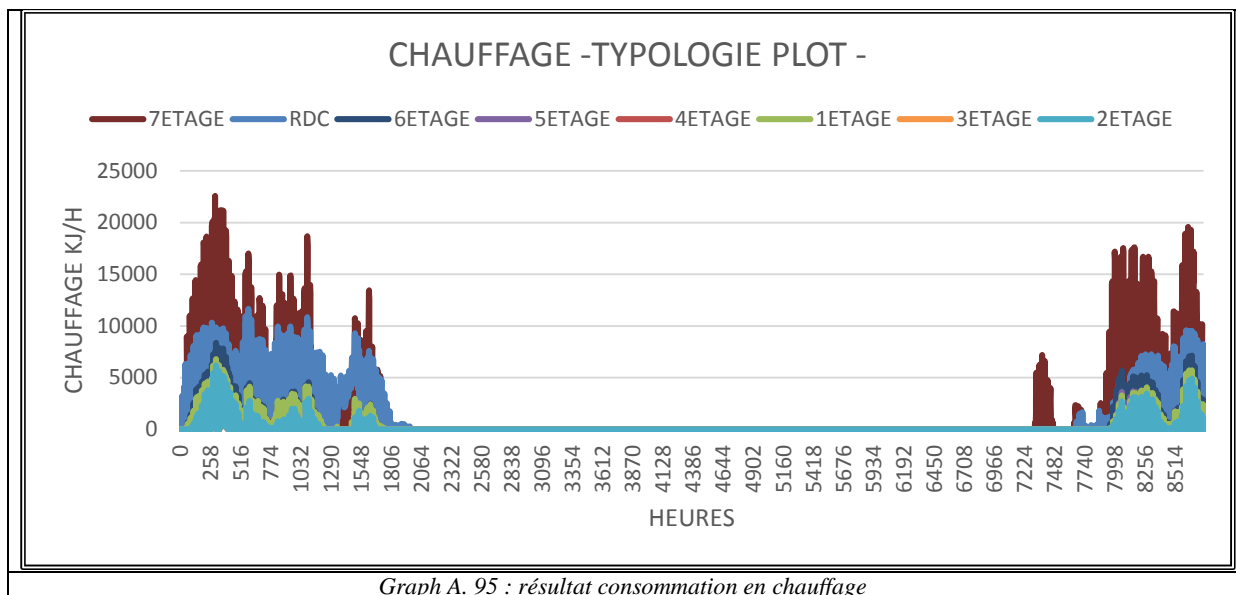
3. Résultats de la simulation de la consommation énergétique

3.1. Résultats de la consommation énergétique en chauffage « Q HEAT »

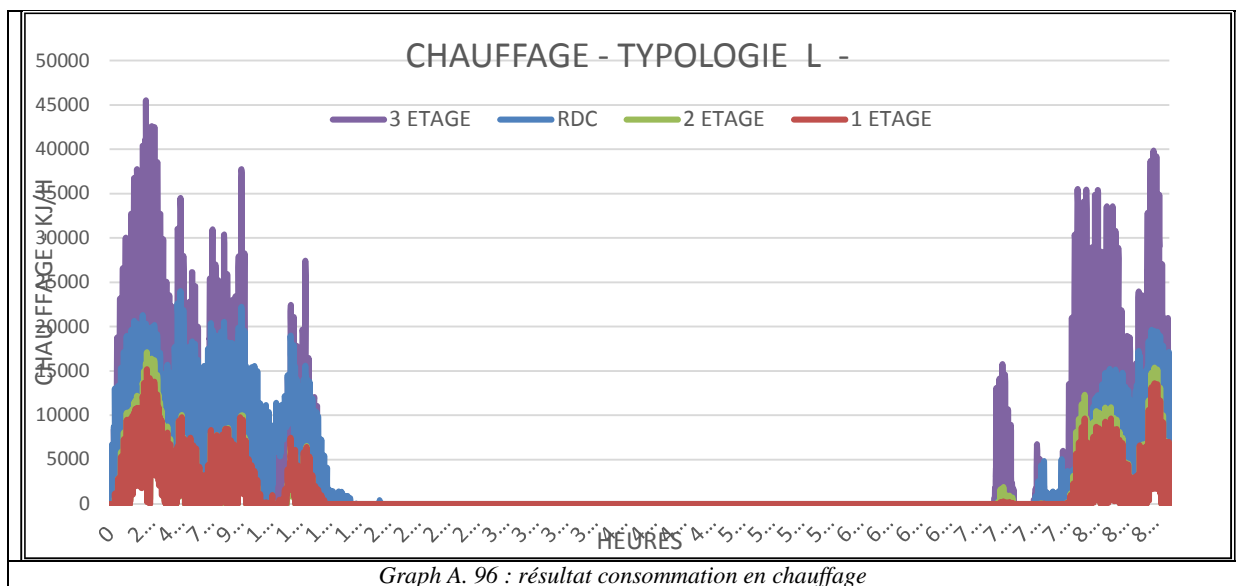
3.1.1. Typologie en bande « le bâtiment référence »



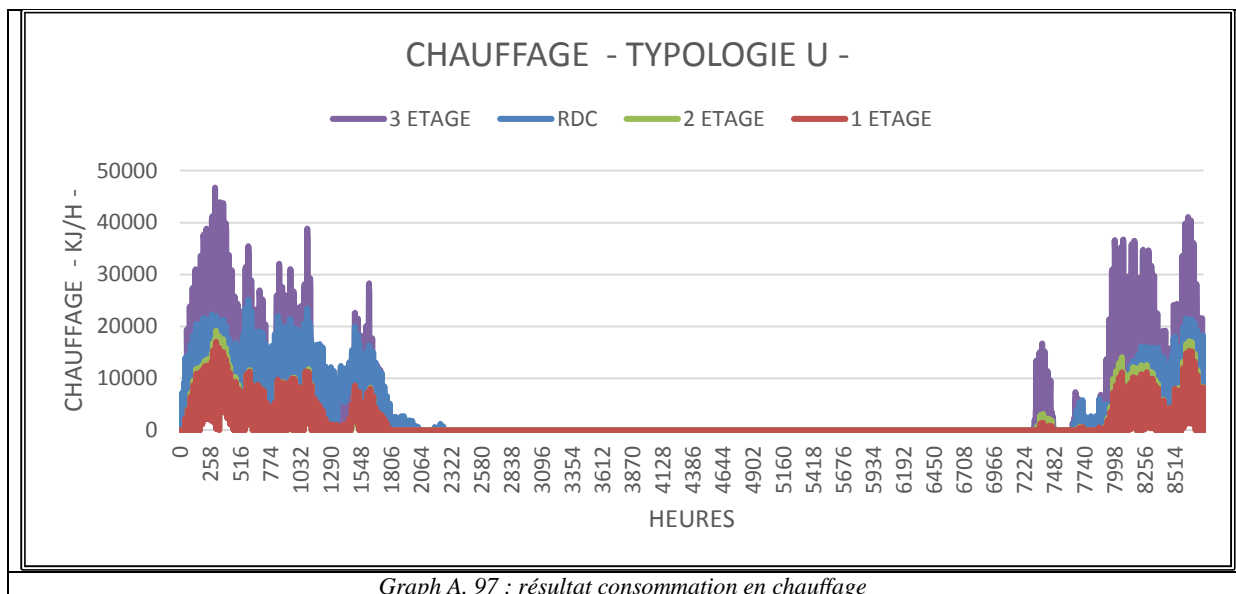
3.1.2. Typologie bâtiment en plot



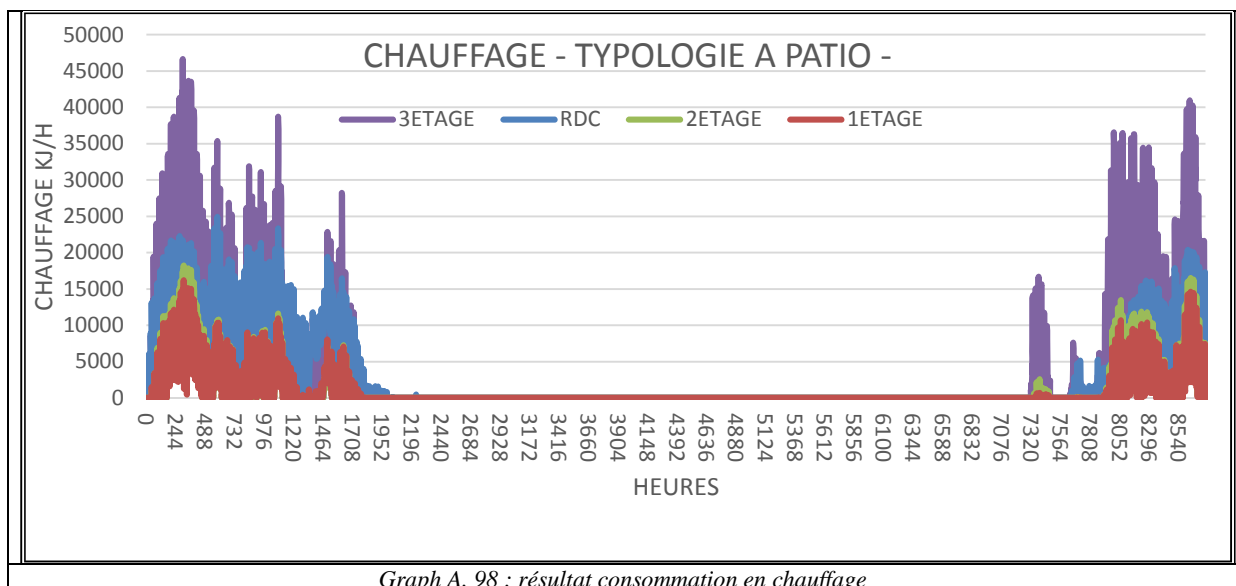
3.1.3. Typologie bâtiment en L



3.1.4. Typologie bâtiment en U



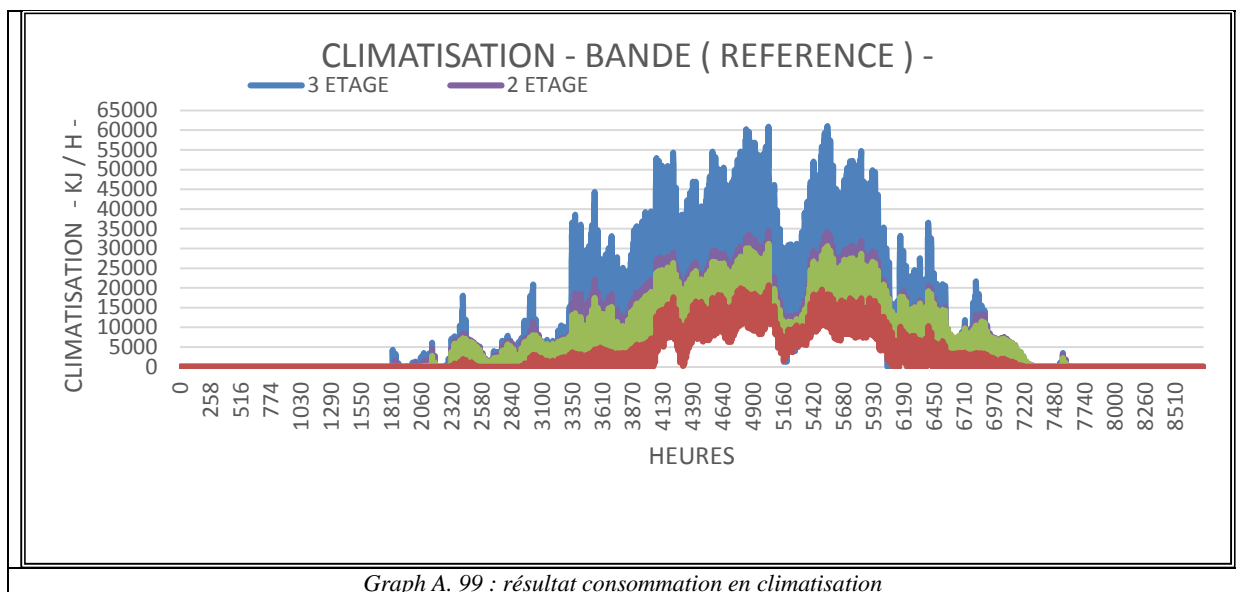
3.1.5. Typologie bâtiment avec cour central



Graph A. 98 : résultat consommation en chauffage

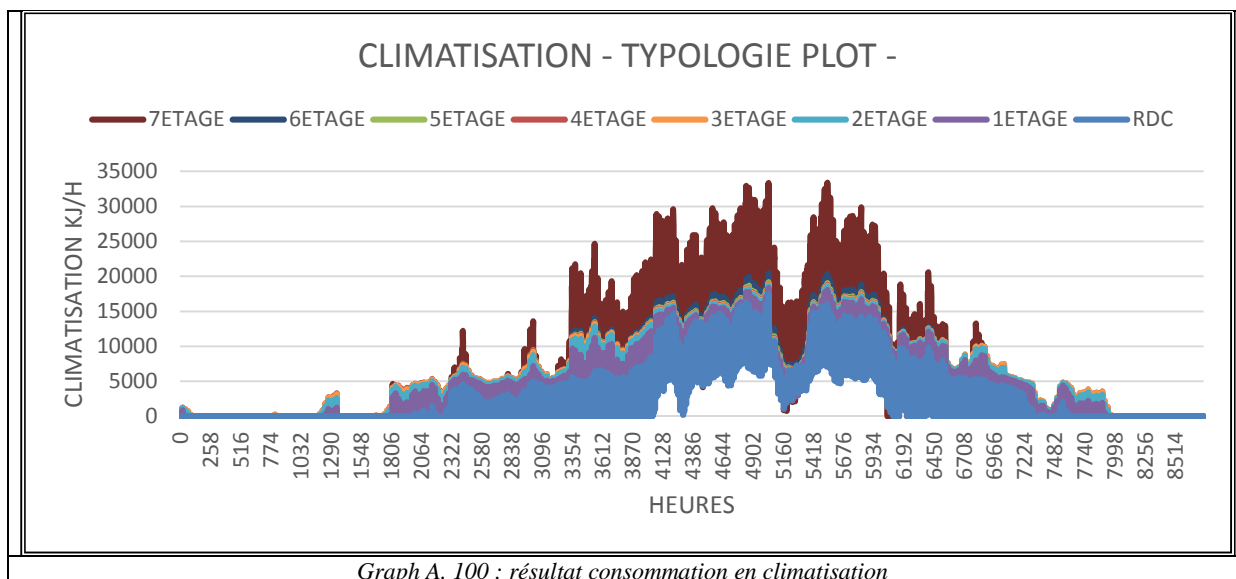
3.2. Résultats de la consommation énergétique en climatisation « Q COOL »

3.2.1. Typologie en bande « le bâtiment de référence »



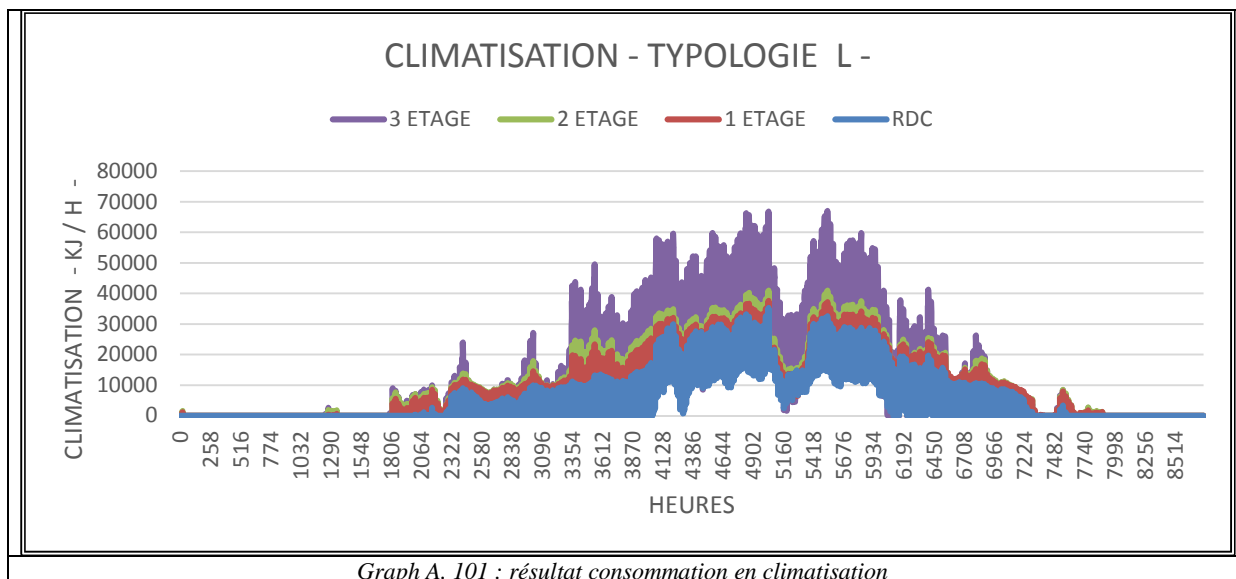
Graph A. 99 : résultat consommation en climatisation

3.2.2. Typologie bâtiment en plot



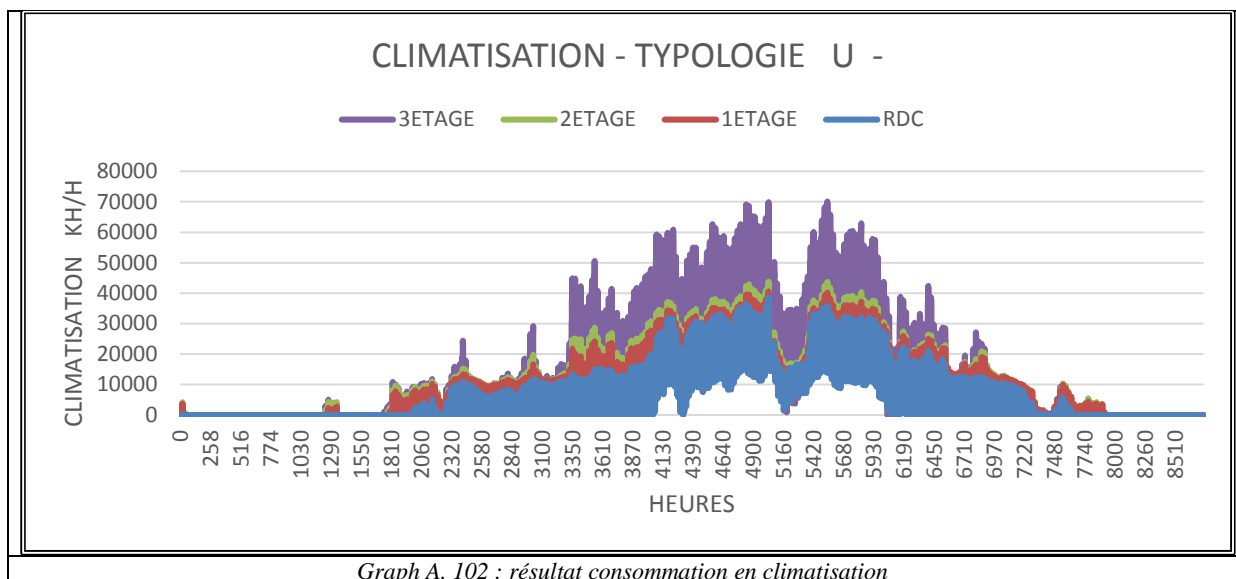
Graph A. 100 : résultat consommation en climatisation

3.2.3. Typologie bâtiment en L



Graph A. 101 : résultat consommation en climatisation

3.2.4. Typologie bâtiment en U



3.2.5. Typologie bâtiment avec cour central

