

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



**UNIVERSITE MOULOU MAMMERRI TIZI-OUZOU**  
**FACULTE DU GENIE DE LA CONSTRUCTION**  
**DEPARTEMENT D'ARCHITECTURE**



**MEMOIRE**

En vue de l'obtention du diplôme de Magister en Architecture  
Option : Architecture et Développement Durable

**Présenté par :**

**M<sup>elle</sup> SELLAH Amina**

**SUR LE THEME :**

---

**Impact du balcon sur la qualité des ambiances hygrothermiques  
et lumineuses dans l'habitat collectif à Tizi-Ouzou**

---

Devant le jury composé de :

<b>M. DAHLI MOHAMED</b>	<b>Maitre de conférences UMMTO</b>	<b>Président</b>
<b>M. DJEBRI BOUALEM</b>	<b>Maitre de conférences EPAU, Alger</b>	<b>Rapporteur</b>
<b>M. Si YUCE YUCEF</b>	<b>Maitre de conférences EPAU, Alger</b>	<b>Examineur</b>
<b>M. CHENAK ABDELKRIM</b>	<b>Chargé de recherche CDER, Alger</b>	<b>Examineur</b>

Soutenu le 06/10/2016

### Remerciements

Avant tout, je remercie Dieu de m'avoir donné la santé, le courage et la volonté d'aller au bout de ce travail.

Ensuite, je tiens à remercier plusieurs personnes qui ont mis à ma disposition les moyens de mener à bien ce travail et grâce à leur collaboration professionnelle ainsi qu'au soutien moral, ce mémoire a été rendu possible.

Toute ma reconnaissance à mon rapporteur **Dr. DJEBRI Boualem** qui a accepté de diriger ce mémoire de magistère avec intérêt, rigueur et disponibilité par ces orientations et confiance tout au long de l'avancement de cette recherche.

Je remercie également les membres de jury pour le temps qu'ils ont consacré à évaluer mon travail ainsi que les remarques constructives qu'ils ont pu me faire.

Je remercie l'ensemble des enseignants de la post graduation, qui ont assuré mon initiation à la recherche et le personnel de la bibliothèque de l'université de Tizi-Ouzou, ainsi que celle de l'EPAU (Alger). Un grand merci à Mme DAOUDI N. S. responsable des appareils de mesures au sein du Laboratoire Architecture et Environnement (LAE) à l'EPAU.

Je remercie vivement l'équipe de l'ONM (Office National de météorologique, station de Boukhalfa à Tizi-Ouzou), les archives des agences de l'EPLF et GENIE Cider de Tizi-Ouzou ainsi que la Direction de la Sonelgaz, d'avoir mis à ma disposition l'ensemble des données.

En fin, je voudrais adresser mes plus vifs remerciements aux familles pour leur confiance, gentillesse, générosité lors de leur participation au travail expérimental. Sans oublier OUALHADJ A. qui m'a accompagnée dans le travail d'enquête.

Toutefois, un énorme merci aux personnes qui ont été présentes à mes côtés tout au long de ces années de magistère, à ceux qui sans eux je ne saurais jamais faire ce travail :

A mon père, qui m'a toujours encouragé et soutenu.

A ma mère, qui a toujours cru en moi et me consoler quand j'en avais besoin.

A mes frères (Ahmed et Mehdi), à ma sœur (Lamia), mon beau-frère (Cherif) et à toutes mes tantes, oncles, cousins (e) ... sans oublier mes amis (e), mes collègues et mes responsables.

Merci à toutes et à tous.

## RESUME

La problématique de l'énergie est au centre des débats aujourd'hui, elle présente des enjeux économiques et politiques au niveau local et planétaire. De plus, le secteur du bâtiment est considéré comme étant le secteur le plus consommateur d'énergie fossile. Notamment, les logements sont de grands consommateurs de ressources naturelles et générateurs de pollutions qui participent de façon significative à la majorité de nos problèmes environnementaux. Plus précisément, ceux provoqués par l'usage excessif de systèmes technologiques **énergivores**, afin d'assurer le confort intérieur des occupants en terme **de chauffage et climatisation**.

L'Algérie, a connu d'importantes transformations, tant de point de vue politique, économique, social qu'urbain. Notamment, la conception architecturale qui n'a pas échappée à ces différentes mutations en contradiction avec le concept traditionnel caractérisé par le non-respect des valeurs socioculturelles et climatiques de l'environnement bâti. De ce fait, la cour, dans l'habitat contemporain, est abandonnée en faveur d'un espace extérieur extraverti c'est-à-dire, un **balcon/loggia**, influençant **la qualité des ambiances et le confort** à l'intérieur des pièces adjacentes. Ainsi, ce type de production résidentielle importée est caractérisé par un aménagement spatial inadapté aux contraintes **climatiques** locales dans de nombreuses villes et aux aspects **socioculturels** des habitants.

Deux problématiques se dégagent, soit le contact de l'occupant avec l'extérieur et le confort de celui-ci dans son logis d'aujourd'hui. C'est dans cette perspective que va se construire notre travail de recherche limité à **la ville de Tizi-Ouzou**, centré sur **l'habitat collectif et son espace extérieur domestique**. Ce dernier, est investigué comme étant un espace de transition entre l'espace **intérieur** et **extérieur**, nécessaire pour **l'interaction sensible** de l'homme avec son environnement naturel. Ainsi que la possibilité d'améliorer la qualité des **ambiances solaires (hygrothermiques et lumineuses)**, par sa contribution afin de garantir **un confort** d'usage pour l'habitant en toute saison ; sans avoir recours à l'énergie fossile.

**Mots clés :** Ambiances hygrothermiques et lumineuses, habitat collectif, énergie, balcon, climat, confort et Tizi-Ouzou.

## ABSTRAT

The issue of the energy is in the center of the debates today, it presents economic and political stakes at local and global level. Furthermore, the building sector is considered the most consuming sector of fossil energy. In particular, the housing are the great consumers of natural resources and generators of pollutions which participate significantly to the majority of our environmental problems. Specifically those caused by the excessive custom of energy-intensive technologicals systemes to ensure the internal occupants comfort in terms of heating and air conditioning.

Algeria has experienced significant changes, both politically, economically, socially and urban. In particular, the architectural design that has not escaped these changes contradict the traditional concept characterized by the non-observance of sociocultural and climate values of the built environment. Therefore, the courtyard, in the contemporary house is abandoned in favor of an extrovert exterior space that is to say, a balcony / loggia, influencing the quality of the ambiances and comfort inside adjacent parts. Thus, this type of imported residential production is characterized by inadequate spatial planning at local climatic constraints in many cities and sociocultural aspects of the inhabitants.

Two problematis emerge, or the contact of the occupant with the outside and the comfort of living in his house. It is in this perspective that will be constructed our research work limited to the city of Tizi-Ouzou, centered on the collective housing and its domestic outdoor space. The latter is investigated as a transitional space between inside and outside space, needed for the sensitive interaction of man with his natural environment. As well as, the ability to improve the quality of the solar ambiances (hygrothermal and luminous), by its contribution to guarantee a comfort of use for the inhabitant in any season, without recourse to fossil energy.

**Keywords:** hygrothermal and bright ambiances, collective habitat, énergie, balcony, climate, comfort and Tizi-Ouzou.

## ملخص

موضوع الطاقة واشكالياته في خضم الانشغالات الحالية للأمم، إذ يمثل هذا مجمل القضايا الاقتصادية والسياسية على كل من الصعيدين المحلي والدولي. أكثر من ذلك، ان مجال المعمار والبنائيات يعتبر من بين اهم المستهلكين للطاقة الأحفورية. على وجه الخصوص، يعتبر السكن أكبر مستهلك للموارد الطبيعية وكذلك مولد لأتلوث، والذي يشارك بشكل كبير في معظم مشكلاتنا البيئية؛ ويشكل ايضا خطورة على التوازن البيئي. والخاصة منها تلك الناجمة عن الاستخدام المفرط لتقنيات التكنولوجيا الطاقوية، لضمان الراحة الداخلية للقاطنين بهذه السكنات من حيث التدفئة وتكييف الهواء.

شهدت الجزائر تغيرات كبيرة، سواء كانت من الناحية السياسية، الاقتصادية، او حتى الاجتماعية؛ بما في ذلك المناطق الحضرية وقطاع العمران. على وجه الخصوص، التصميم المعماري، الذي لم ينج من مختلف هذه التغيرات والتحولت التي تنافت تماما مع المفهوم التقليدي، والتي تتميز بعدم مراعاة القيم الثقافية-الاجتماعية والمناخية للبيئة المبنية. من هذا المنطلق، تم التخلي عن الساحة في المنزل المعاصر وتم الاستغناء عنها لصالح فضاء خارجي: شرفة، لوجيا؛ والذي أتر على نوعية الأجواء والراحة داخل الغرف المجاورة له. وبالتالي، يتميز هذا النوع من الإنتاج السكني المستورد من عدم توافق التخطيط المكاني مع القيود المحلية (المناخية والجانب الثقافي-الاجتماعي) وهذا ما أصبحنا نلاحظه في العديد من المدن، اي عدم الانسجام على جميع الأصعدة.

مسالتين تظهر في هذا النطاق، كيفية تعامل الساكن مع المحيط الخارجي وراحته في منزله الحالي. ومن هذا المنظور سوف نبني هذا البحث العلمي الذي يقتصر على مدينة تيزي وزو، ويتمحور حول السكن الجماعي ومساحته الخارجية الخاصة. وهذه الدراسة ستركز على هذه الأخيرة، باعتبارها فضاء انتقالي بين الداخل والخارج، اللازم للتفاعل الحساس بين الإنسان وبيئته الطبيعية. ايضا إمكانية تحسين نوعية الاجواء المرتبطة بالشمس (الرطوبة الحرارية والإضاءة)، لمساهمتها في ضمان راحة الاستخدام في جميع الفصول، بدون اللجوء الى استخدام مصادر الطاقة.

**كلمات البحث:** أجواء الرطوبة الحرارية والإضاءة، السكن الجماعي، الطاقة، الشرفة، المناخ، الراحة وتيزي وزو.



# **TABLE DES MATIERES**



## Table des matières

REMERCIEMENTS .....	I
RESUME .....	II
ABSTRAT .....	III
ملخص .....	IV
<b>INTRODUCTION GENERALE</b>	
I. INTRODUCTION .....	1
II. PROBLEMATIQUE .....	3
III. HYPOTHESES DE RECHERCHE .....	5
IV. OBJECTIFS DE LA RECHERCHE .....	5
V. METHODOLOGIE DE RECHERCHE .....	6
VI. CAS D'ETUDE .....	6
VII. STRUCTURE DU MEMOIRE .....	7

### **PREMIERE PARTIE**

#### **L'habitat algérien : ambiance physique, sensible et confort d'usage**

#### **Chapitre 1 : L'habitat algérien et son espace extérieur, évolution et caractéristiques**

Introduction .....	8
I. L'habitat en Algérie .....	9
I.1 Définition de l'habitat .....	10
I.2 Politique et stratégie de l'habitat .....	11
I.3 Situation du secteur de l'habitat .....	12
I.4 Evolution et typologie .....	13
I.4.1 Habitat traditionnel ou vernaculaire .....	14
I.4.2 Habitat colonial ou européen .....	14
I.4.3 Habitat contemporain ou moderne .....	15
I.4.3.1 Concept de l'habitat collectif .....	16
I.5 Appropriation des espaces dans l'habitat collectif .....	18
I.6 Transformations du cadre bâti dans l'habitat collectif .....	20
I.6.1 Interventions des habitants sur l'espace intérieur .....	21
I.6.2 Interventions des habitants sur l'espace extérieur intermédiaire .....	22
I.6.2.1 Typologie des espaces extérieurs domestiques .....	23
I.7 Le balcon, espace conçu et vécu .....	24
I.7.1 Spécification notionnelle .....	24
I.7.2 Le climat dans la conception du balcon .....	25
I.7.3 Modes d'appropriation du balcon .....	26
I.7.3.1 Types de transformation et matériaux utilisé .....	27
I.7.4 Histoire et évolution de la fonction du balcon .....	28
II. Consommation énergétique des ménages .....	32
II.1 La consommation énergétique en Algérie .....	32
II.1.1 La consommation énergétique dans le bâtiment .....	33

II.1.2	Politique énergétique dans le bâtiment résidentiel .....	35
II.1.3	Efficacité énergétique dans le bâtiment résidentiel .....	37
<b>II.2</b>	<b>Comportement thermique de l’habitat contemporain en Algérie .....</b>	<b>38</b>
II.2.1	Réglementation thermique en Algérie .....	38
II.2.2	Comportement thermique de l’habitat contemporain en Algérie .....	39
<b>III.</b>	<b>L’habitat durable .....</b>	<b>39</b>
<b>III.1</b>	<b>Définition du développement durable .....</b>	<b>39</b>
III.1.1	L’habitat durable .....	40
<b>III.2</b>	<b>L’approche Bioclimatique .....</b>	<b>41</b>
III.2.1	Définition et concept .....	41
III.2.2	Principes de la conception bioclimatique .....	42
III.2.2.1	Stratégie du chaud pour le confort d’hiver.....	42
III.2.2.2	Stratégie du froid pour le confort d’été.....	43
III.2.2.3	Stratégie de la lumière naturelle .....	44
<b>III.3</b>	<b>La durabilité dans la production Algérienne .....</b>	<b>44</b>
III.3.1	Vers une architecture consciente de l’énergie .....	46
III.3.2	L’Algérie et le soleil .....	46
<b>Conclusion</b>	.....	<b>47</b>

## **Chapitre 2 : Ambiances hygrothermiques et lumineuses**\_\_\_\_\_

<b>Introduction</b>	.....	<b>48</b>
<b>I. Confort thermique</b>	.....	<b>49</b>
<b>I.1 Les paramètres du confort thermique</b>	.....	<b>51</b>
I.1.1	Paramètres liés à l’individu .....	51
I.1.2	Paramètres liés au bâtiment .....	53
<b>I.2 Echange de chaleur entre l’homme et son environnement</b>	.....	<b>54</b>
I.2.1	La thermorégulation physiologique .....	56
I.2.2	La thermorégulation comportementale .....	57
I.2.3	La thermorégulation sensorielle subjective .....	58
<b>I.3 Echange de chaleur entre l’enveloppe du bâtiment et l’environnement</b>	.....	<b>59</b>
<b>I.4 Outils d’évaluation du confort thermique</b>	.....	<b>59</b>
I.4.1	Evaluation du confort thermique .....	59
I.4.1.1	Dimension qualitative .....	60
I.4.1.2	Dimension quantitative .....	60
I.4.1.3	La température neutre .....	62
I.4.2	Outils graphique .....	63
I.4.2.1	Méthode d’Olgyay .....	63
I.4.2.2	Méthode de Givoni .....	64
<b>I.5 Confort et ambiance hygrothermique</b>	.....	<b>66</b>
I.5.1	Ambiance hygrothermique .....	66
I.5.2	Confort hygrothermique .....	66
I.5.3	Confort d’une ambiance hygrothermique .....	67
I.5.3.1	Caractéristique d’une ambiance chaude / froide .....	67
I.5.3.2	Conditions d’ambiance proche au confort .....	68
<b>II. Confort visuel</b>	.....	<b>69</b>
<b>II.1 Paramètres du confort visuel</b>	.....	<b>69</b>
II.1.1	Influence du type d’ouvertures sur le confort visuel .....	70

II.1.2	Influence de l'orientation des sources sur le confort visuel .....	71
II.1.3	Influence du type de vitrage sur le confort visuel .....	71
II.1.4	Influence de la couleur des parois internes sur le confort visuel.....	72
<b>II.2</b>	<b>Condition de confort visuel .....</b>	<b>73</b>
II.2.1	Niveaux d'éclairage domestique .....	73
II.2.2	Répartition spectrale lumineuse dans un espace .....	75
II.2.3	Eblouissement .....	75
<b>II.3</b>	<b>Dispositifs architecturaux pour un éclairage sans surchauffe .....</b>	<b>78</b>
<b>II.4</b>	<b>Qualités de l'éclairage domestique .....</b>	<b>79</b>
II.4.1.1	Facteur physiologique .....	79
II.4.1.2	Facteur psychologique .....	79
<b>II.5</b>	<b>Confort et ambiance lumineuse .....</b>	<b>80</b>
II.5.1	Ambiance lumineuse .....	80
II.5.2	Confort d'une ambiance lumineuse .....	81
II.5.3	Caractéristique d'une ambiance lumineuse .....	81
<b>III.</b>	<b>Système de contrôle de l'ambiance solaire .....</b>	<b>82</b>
<b>III.1</b>	<b>Types d'occultations .....</b>	<b>83</b>
III.1.1	Les Masques solaires immobiles /fixes .....	83
III.1.1.1	Protection des parois horizontales .....	83
III.1.1.2	Protection des parois verticales .....	84
III.1.2	Protections solaires Mobiles .....	85
<b>III.2</b>	<b>Calcul des occultations .....</b>	<b>86</b>
<b>Conclusion</b>	.....	<b>88</b>

## **DEUXIEME PARTIE**

### **Investigation subjective et objective de la qualité des ambiances dans l'habitat contemporain Tizi-ouzien**

#### **Chapitre 3 : Présentation des cas d'étude et méthodologie d'approche**

<b>Introduction</b>	.....	<b>89</b>
<b>I. Présentation de la ville de Tizi-Ouzou</b>	.....	<b>90</b>
<b>I.1 Analyses climatiques du site d'investigation</b>	.....	<b>90</b>
I.1.1	Situation géographique .....	90
I.1.2	Caractéristiques du site .....	91
I.1.2.1	Relief .....	91
I.1.2.2	Caractéristiques démographiques .....	91
I.1.2.3	Caractéristiques socio-culturelles .....	92
I.1.2.4	Caractéristiques physiques (Structure urbaine) .....	93
I.1.2.5	Consommation énergétique à Tizi-Ouzou .....	94
I.1.3	Le climat de la ville de Tizi-Ouzou .....	97
I.1.3.1	Données climatiques .....	97
<b>I.2 Analyse bioclimatique de la ville de Tizi-Ouzou</b>	.....	<b>105</b>
I.2.1	La température neutre et la zone de confort .....	105
I.2.2	Méthodes graphiques .....	106
I.2.2.1	Diagramme solaire : relever les masques solaires .....	106

I.2.2.2	Diagramme psychrométrique de Givoni .....	111
I.2.3	Tableau de Mahoney .....	113
I.2.3.1	Synthèse des recommandations .....	113
<b>II.</b>	<b>Descriptif du cas d'étude et méthodologie .....</b>	<b>114</b>
<b>II.1</b>	<b>Critère du choix de l'échantillon .....</b>	<b>114</b>
II.1.1	Typologie de l'habitation .....	114
II.1.2	Situation de l'échantillon .....	114
II.1.2.1	Choix du premier cas d'étude .....	116
II.1.2.2	Choix du deuxième cas d'étude .....	120
<b>II.2</b>	<b>Méthodologie de l'investigation .....</b>	<b>123</b>
II.2.1	Evaluation post occupationnelle .....	123
II.2.2	Evaluation des ambiances à l'intérieur du logement .....	125
II.2.2.1	Les indicateurs subjectifs de l'étude .....	125
II.2.2.2	Les indicateurs objectifs de l'étude : campagne de mesures .....	128
<b>Conclusion</b>	.....	<b>133</b>

## **Chapitre 4 : Interprétation et analyse des résultats de l'investigation** \_\_\_\_\_

<b>Introduction</b>	.....	<b>133</b>
<b>I. Interprétation des résultats d'enquête</b>	.....	<b>133</b>
<b>I.1 Présentation de l'échantillon enquêté</b>	.....	<b>133</b>
I.1.1	Les caractéristiques des habitants .....	133
I.1.1.1	Le sexe .....	133
I.1.1.2	L'âge .....	133
I.1.1.3	Nombre d'occupants par logement .....	134
I.1.2	Les caractéristiques des logements .....	134
I.1.2.1	Durée et statut d'occupation .....	134
I.1.2.2	Niveau et type d'appartement enquêté .....	135
I.1.2.3	Origine géographique des familles .....	135
I.1.2.4	Interventions des habitants dans le logement .....	136
I.1.3	Les caractéristiques de l'espace extérieur domestique .....	137
I.1.3.1	Nombre et Type d'espace extérieur .....	137
I.1.3.2	Importance de l'espace extérieur .....	137
I.1.3.3	Emplacement dans le plan d'aménagement .....	138
I.1.3.4	Périodes d'usage de l'espace .....	139
I.1.3.5	Appropriation de l'espace balcon .....	140
<b>I.2 Proposition d'amélioration du confort hygrothermique</b>	.....	<b>142</b>
I.2.1	Facture énergétique .....	142
I.2.2	Amélioration du confort été/hiver .....	143
I.2.3	Qualité ou économie .....	144
I.2.4	Vulgarisation de l'énergie solaire .....	145
<b>I.3 Niveau de satisfaction des habitants</b>	.....	<b>145</b>
I.3.1	La satisfaction à l'égard des ambiances intérieures .....	145
I.3.1.1	Satisfaction globale .....	145
I.3.1.2	Appréciation du confort hygrothermique .....	146
I.3.1.3	Appréciation de l'éclairage naturel .....	147
I.3.2	La satisfaction à l'égard de l'espace balcon .....	148

I.3.2.1	Dimensions de l'espace .....	149
I.3.2.2	Situation de l'espace dans le plan spatial .....	149
I.3.2.3	Caractéristiques environnementales de l'espace .....	150
I.3.2.4	Paysage extérieur et vis-à-vis .....	150
I.3.3	Aspects prioritaires pour une éventuelle qualité ambiante .....	150
<b>I.4</b>	<b>Synthèse .....</b>	<b>151</b>
<b>II.</b>	<b>Interprétation des résultats expérimentaux .....</b>	<b>153</b>
<b>II.1</b>	<b>Analyse du masque solaire .....</b>	<b>153</b>
II.1.1	Evaluation de la performance du balcon comme moyen d'occultation dans l'échantillon étudié .....	153
II.1.2	Etude comparative .....	155
<b>II.2</b>	<b>Analyse des ambiances hygrothermiques .....</b>	<b>157</b>
II.2.1	Scénario d'occupation et utilisation des espaces extérieurs .....	158
II.2.2	Evaluation de l'impact du balcon sur le confort hygrothermique .....	156
II.2.2.1	Interprétation des résultats : Saison Chaude .....	166
a)	Etude des températures intérieures/extérieures et la zone de confort .....	166
b)	Etude de l'humidité intérieure et extérieure .....	170
II.2.2.2	Interprétation des résultats : Saison Froide .....	174
a)	Etude des températures intérieures/extérieurs et la zone de confort .....	174
b)	Etude de l'humidité moyenne intérieure et extérieure .....	178
II.2.3	Evaluation du confort hygrothermique dans les différentes orientations .....	182
II.2.3.1	Saison chaude .....	182
II.2.3.2	Saison froide .....	185
<b>II.3</b>	<b>Analyse des ambiances lumineuses .....</b>	<b>187</b>
II.3.1	Evaluation de l'impact du balcon sur les ambiances lumineuses intérieures .....	187
II.3.1.1	Saison chaude .....	187
a)	Effet de l'orientation .....	187
b)	Effet de la hauteur .....	190
II.3.1.2	Saison froide .....	191
a)	Effet de l'orientation .....	191
b)	Effet de la hauteur .....	192
II.3.2	Perception des ambiances lumineuses intérieures par les habitants .....	193
II.3.2.1	En saison chaude .....	193
II.3.2.2	En saison froide .....	194
<b>II.4</b>	<b>Synthèse .....</b>	<b>196</b>
<b>Conclusion</b>	<b>.....</b>	<b>197</b>
<b>CONCLUSION GENERALE</b>	<b>.....</b>	<b>198</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>.....</b>	<b>203</b>
<b>LISTE DES FIGURES</b>	<b>.....</b>	<b>212</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX</b>	<b>.....</b>	<b>216</b>
<b>ANNEXES</b>	<b>.....</b>	<b>218</b>
A.1	Principes énergétiques.	
A.2	Principes climatiques.	
A.3.	Outils d'investigation : le questionnaire d'enquête et la grille d'observation.	
A.4	Lois et décrets législatifs.	



# **INTRODUCTION GENERALE**



### I. Introduction

Nous assistons en Algérie, à l'achèvement de multiples programmes de logement, en peu de temps et moins cher possible. C'est derniers, répondent à la demande des populations, sans cesse croissante, sans se soucier toutefois du bien être des futurs habitants. Malheureusement, ces réalisations résidentielles ne sont pas réglementées ni sur le plan thermique qu'énergétique, seul la fonctionnalité architecturale du projet est prise en charge. Conduisant ainsi à des bâtiments énergivores, par une utilisation excessive de systèmes mécaniques modernes afin d'atteindre le confort d'ambiance.

La notion de confort est une question subjective, elle dépend de plusieurs paramètres physiques : hygrothermique, lumière, bruit, paysage... son appréciation par l'homme, varie selon les sociétés et selon les individus appartenant à une même société. Tandis que, la notion d'habiter, selon le Corbusier, (dans son ouvrage « *la Charte d'Athènes* », publié en 1943), est au centre de l'urbanisme et le soleil, la verdure et l'espace, sont ces trois matériaux. De ce fait, l'architecte doit impérativement concevoir suivant le climat en introduisant le soleil comme un nouveau concept de conception pour parvenir à un habitat futur de qualité.

En effet, le secteur du bâtiment réputé être le secteur le plus gros consommateur d'énergie, relative au chauffage et à la production d'eau chaude en période d'hiver, ainsi que la climatisation en saison chaude. C'est ainsi que l'amélioration de l'efficacité énergétique des logements existant s'impose comme une nécessité d'où le besoin de définir les différentes actions à mener pour parvenir à une rationalisation de l'utilisation des énergies et une meilleure maîtrise de la consommation énergétique.

Depuis quelques années, la conception architecturale n'a pas échappé elle aussi aux différentes mutations spatiales et sociales. Nous assistons à l'apparition d'un nouveau type d'habitat moderne importé qui s'explique par une utilisation rationnelle du foncier, offre plus de possibilité aux concepteurs et aux législateurs de construire plus, sans s'occuper de l'aspect qualitatif. Ce type d'habitat collectif à grande hauteur engendre des espaces recevant peu ou pas de lumière de jours essentiellement en hiver et ne profitent pas du rayonnement solaire principalement les étages inférieurs.

Dans ce changement de vision globale de la problématique sur l'habitat contemporain, nous assistons à la mutation de la cour en espace extérieur domestique, à savoir le balcon, la loggia, la terrasse ; un aspect différent par sa forme spatiale extravertie et sa réalisation dans le logement en rupture avec le concept architectural traditionnel.

Ce dernier, est caractérisé par une organisation introvertie, tandis que cette nouvelle conception d'habitat extravertie [HAJ HUSSEIN M. 2012] née du mouvement moderne, sans respect de valeurs socioculturelles et inadéquates aux conditions climatiques locales, est soumise à des adaptations et transformations par ces occupants afin de l'ajuster à leurs coutumes et besoins en espace. Ces transformations ont entraîné une altération dans la qualité de l'espace nécessaire pour l'équilibre de l'individu avec son environnement intérieur et extérieur.

Effectivement, après plus de 50 ans de production architecturale, nous remarquons les mêmes modes d'appropriations de l'espace dans les logements. Ces derniers, sont réalisés sous l'effet de l'urgence, sans aucune forme d'intégration et dépourvus de toute qualité urbaine. A cet effet, le but du présent écrit, est d'analyser l'espace le plus exposé sur façade, et le plus appropriable par les habitants, qu'est l'espace balcon. Ce dernier, est un espace intermédiaire, qui permet le prolongement de la vie familiale de se dérouler à l'extérieur.

C'est sur cette optique que va se construire notre travail de recherche sur l'investigation des qualités ambiantes autour de l'espace extérieur privé, dans un climat méditerranéen. En mettant en relief l'étude des ambiances hygrothermiques et lumineuses des logements collectifs a grande hauteur, nécessitant **une approche physique**, basée sur l'identification des spécificités solaire et lumineuse du dispositif étudié. Ainsi qu'**une approche sensible**, établie par la lecture des différents modes d'appropriation et de qualification de l'espace par l'occupant, pour une meilleure compréhension des interactions entre la forme, les conduites des usagers et l'ambiance solaire.

A cet effet, un des aspects de notre méthodologie d'approche sera basé sur une campagne de mesure in situ des paramètres physiques et une enquête sur terrain, auprès des propriétaires de la zone urbaine sud de Tizi-Ouzou, que nous allons essayer d'étudier.

## II. Problématique

Depuis l'indépendance, l'Algérie a connu de grande transformation accompagné d'une croissance démographique importante engendrant un intense et multiple programme de logement collectif réalisé par des compétences nationales et internationales présentant une défaillance thermique et sociale qui nécessite la mise en place d'une stratégie intégrant une nouvelle approche passive.

Le bâtiment, lui seul, est considéré comme le secteur le plus consommateur d'énergie, soit 52,3% [Hamouda C. et Malek A. 2006, p 211] est consommé par les ménages, important en terme de consommation en chauffage, eau chaude, électricité et climatisation... Cette production architecturale dite « contemporaine » reflète, dans les quatre coins du pays, un caractère universel incompatible avec les exigences de l'environnement local que ce soit au niveau sociétal ou milieu naturel.

Au-delà des préoccupations socioculturelles, mais plus précisément en réponse à la crise du logement et l'augmentation du prix du mètre carré dans les centres ville, nous avons vu apparaître dans le tissu urbain un nouveau modèle architectural importé, de bâtiment collectif, polyfonctionnel : habitations, bureaux, commerces et à grande hauteur caractérisé par un nombre d'étage plus important allant dans notre cas à 14 étages. Contraignant pour la pénétration du rayonnement solaire en hiver ainsi que l'éclairage naturel en toute saison ; de plus en plus en descendant vers le bas.

Considérer comme une solution à la crise du logement, le logement collectif permet de réduire la surface d'occupation des sols, de plus en plus rare ; éliminant ainsi la maison individuelle avec cour et apparition d'un espace extérieur privé balcon/loggia qui apporte de la plus-value à l'appartement et le rend plus spacieux. En outre, dans un contexte urbain bien différent et des individus devenus plus exigeant en confort, le logement s'adapte à la composition et recomposition des familles d'aujourd'hui par des solutions d'agencement fonctionnelles et évolutives au détriment du balcon.

La disparition dans certain cas de ces espaces extérieurs engendre de nouvelles manières d'habiter en contradiction avec le concept traditionnel (introverti), suscitant notre questionnement sur le rôle de ces espaces. Les études antérieures qui ont déjà porté sur l'espace extérieur privé (cour), typologie architecturale des pays chaud et méditerranéen,

ont montré dans de nombreux travaux de chercheurs la valeur architecturale, environnementale, énergétique et socioculturelle...

Pour notre part, nous allons essayer d'étudier l'espace extraverti dans l'habitat contemporain. Cette dernière, répond à la demande de la population sur le plan quantitatif, sans se préoccuper, de la qualité des ambiances hygrothermiques et lumineuses intérieures. Ainsi que sa contribution dans la réduction de la consommation énergétique de ces espace de vie ; alors que le soleil est le meilleur allié pour une architecture durable. Notre travail de recherche consiste dans une investigation de la qualité architecturale et urbanistique, en travaillant avec les acteurs du climat, répondant au mieux aux besoins des individus et respectant l'environnement naturel tout en consommant peu ou pas d'énergie.

C'est dans une nouvelle optique, que nous essayerons d'orienter notre questionnement sur une évaluation des ambiances hygrothermiques et lumineuses du logis afin de déterminer l'impact de l'espace extérieur privé sur l'ensoleillement des espaces intérieurs et leurs indices d'éclairement en climat méditerranéen, ville de Tizi-Ouzou. Notre attention est portée essentiellement sur le balcon et ses fonctions dans l'amélioration de ces ambiances solaire de l'espace qui lui est adjacent, mettant en relief l'aspect environnemental et socioculturel.

A travers cette étude qui porte sur l'ensoleillement et le niveau d'éclairement reçu à l'intérieur des pièces à vivre, nous allons essayer de répondre aux questionnements suivant :

- ✚ *Pourquoi le balcon est moins apprécié et subit des transformations par les habitants ? De quelle manière le balcon, contribue-t-il au confort de l'utilisateur dans son logis d'aujourd'hui ?*
- ✚ *Quel est l'impact du balcon sur la qualité des ambiances hygrothermiques et lumineuses à l'intérieur des pièces à vivre ?*

### III. Hypothèses de recherche

Afin de répondre à notre problématique, nous allons étudier la validité de ces hypothèses fondées sur des observations sur le terrain d'investigation ainsi que sur la situation de la recherche sur le confort de l'habitant dans son habitat et la présentation des solutions bioclimatiques :

✚ Reconnaître les comportements et pratiques usagères résultants des réactions entre l'individu et son environnement caractéristiques du nouveau type d'habitat, dit contemporain.

✚ Dans l'habitat moderne, le balcon est un dispositif régulateur d'ambiances, il contribue à améliorer la qualité des ambiances hygrothermiques et lumineuses à l'intérieur des espaces de vie ; permettant à l'individu de vivre en harmonie avec son milieu naturel.

✚ La possibilité d'élaborer un répertoire d'aide à l'amélioration de la qualité des ambiances physiques dans ces habitations et des aides à la conception architecturale pour la production à venir qu'un architecte doit connaître car celui-ci crée, transmet ses intentions d'ambiances avec la manière dont elles seront vécues par les futurs occupants.

### IV. Objectifs de recherche

Considérant l'objectif principal de notre champ de recherche qu'est la question de la qualité des ambiances hygrothermiques et lumineuses des espaces habitables adjacents aux espaces extérieurs privés, nos objectifs pour ce travail sont essentiellement formulés comme suit :

✚ Identifier la raison et la manière de réappropriation de l'espace spécialement l'espace extérieur privé dans l'habitat collectif.

✚ Dégager l'importance de l'espace extérieur dans le logement.

✚ Montrer le rôle du balcon/loggia sur l'amélioration de la qualité des ambiances hygrothermiques et lumineuses des espaces d'habitation adjacente, influençant ainsi sur le bilan énergétique, sans exclure toutefois l'aspect social.

- ✚ Œuvrer pour faire avancer la production architecturale dans un souci d'économiser le coût énergétique et le coût sur l'environnement dû au gaz à effet de serre, par des recommandations de gestion et de comportement.

### V. Méthodologie de recherche

Afin de répondre aux objectifs fixés et évaluer nos hypothèses, notre étude s'organisera autour de trois étapes :

**Première étape :** dans cette partie il sera question d'introduire le thème de recherche, concernant le recueil de données théoriques et faire un état de l'art, pour essayer de comprendre le contexte des mutations des habitations ainsi que pour établir l'approche la plus appropriée à notre recherche.

**Deuxième étape :** il sera étudié dans cette partie le terrain d'investigation, consistant en deux outils de recherche, l'un basé sur une campagne de mesure in-situ, pendant la période hivernale et estivale, des paramètres physiques (température, humidité relative et éclairage naturel). L'autre consiste dans des enquêtes par questionnaire auprès des occupants d'habitat contemporain à Tizi-Ouzou.

**Troisième étape :** en dernière partie de cette investigation, il sera question de mettre en avant nos résultats des deux opérations sur les aspects du confort et l'appréciation de l'espace par les usagers. Ces résultats permettront d'établir un répertoire de critères de conception pour les architectes ainsi qu'une série de recommandations architecturales et techniques visant à améliorer les qualités ambiantes du logement collectif selon la zone étudiée ; centrées sur le balcon.

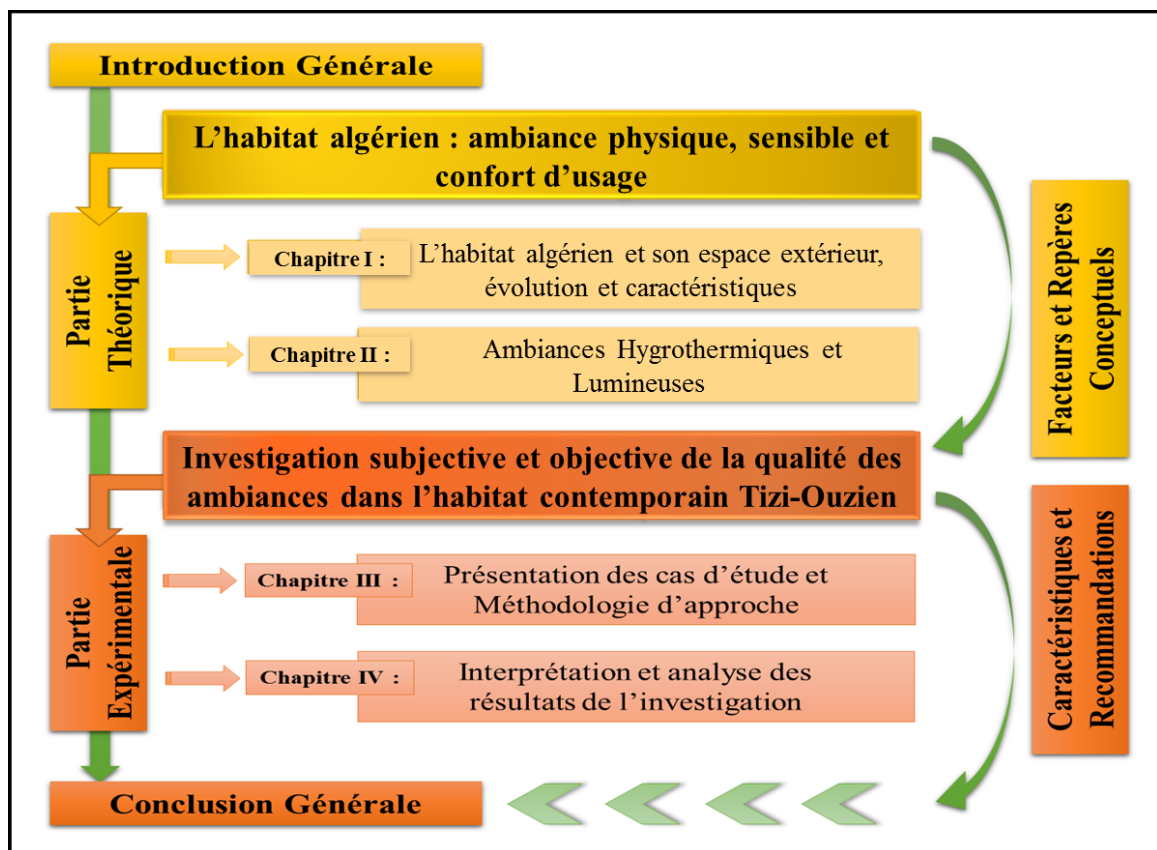
### VI. Cas d'étude :

Afin de déterminer l'écot du balcon sur l'ensoleillement des espaces intérieurs qui lui sont adjacents ainsi que leurs indices d'éclairement en climat méditerranéen, notre choix de la ville d'étude c'est porté sur la ville de Tizi-Ouzou. Cette dernière, est « *un cas atypique d'une nouvelle ville algérienne ayant prospéré très vite dans un hinterland rural, des plus denses de la Méditerranée... une somme d'espaces, des morceaux de l'histoire qui vont s'enchevêtrer disputant les mêmes contraintes, un col étroit, une topographie accidentée, la rareté du foncier urbain... fruit des vicissitudes de l'histoire, son rôle de passage obligé, porte vers toute la Kabylie, a en quelque sorte « imposé » son essor.* »


[Agharmiou-Rahmoun N.]. Notamment, le cas d'étude que nous avons choisi est les résidences CAAT et EPLF. Ils sont des immeubles polyfonctionnels à grande hauteur ; qui présentent une bonne orientation, à l'Est de la ZHUN<sup>1</sup> de Tizi-Ouzou. Une typologie de bâtiment semi-amélioré, quatre logement par palier (allant jusqu'à 6 sur certains niveaux), de 14 étages d'habitation ; y compris du commerces et services au rez-de-chaussée et au premier étage.

Une typologie d'habitat moderne de plus en plus apprécié par les acteurs de l'état et les concepteurs, répond à la crise du logement et offre une rationalisation du foncier. Ce nouveau type d'habitat collectif à grande hauteur avec, le plus souvent, une seule orientation pour chaque logement est contraignante pour la pénétration du rayonnement solaire ainsi que l'éclairage naturel à l'intérieur des espaces de vie en toute saison. Engendrant des espaces recevant peu ou pas de lumière naturel principalement les étages inférieurs et essentiellement en hiver, contrairement à l'été.

## VII. Structure du mémoire



<sup>1</sup> zhun : Zone d'Habitat Urbaine Nouvelle.



# PREMIERE PARTIE

*L'habitat algérien : ambiance  
physique, sensible et confort d'usage*



## Chapitre I

**L'habitat algérien et son espace  
extérieur, évolution et caractéristiques**



## **Introduction**

Vers la moitié du 19<sup>ème</sup> siècle, les villes ont connu des transformations radicales, de nouveaux bâtiments et édifices furent construits, abondamment. La période après-guerre, caractérisée par des années de crise, est une période pendant laquelle nous n’avons pas théorisé ; mais beaucoup construit une typologie importée de bâtiment qui ne répond guère aux exigences sociales ni aux conditions climatiques. Cette production architecturale importée, inspirée par le mouvement moderne, produit des logements en masse pour loger le maximum de populations (citadines et rurales). Cette période de crise a permis l’apparition « *d’une architecture monumentale dans un urbanisme traditionnel* » [Foura M. p 5], qui recommande des bâtiments isolés dans des espaces dégagés.

Les périphéries urbaines sont bondées de formes simplifiées, à l’encontre du relief, imposants une géométrie orthogonale et uniformisées par les panneaux préfabriqués ainsi que la standardisation, définissent les axes d’un urbanisme moderne qui proclame un logement confortable pour un plus grand nombre en peu de temps. L’habitat collectif est au centre des débats (tours, barres, ...), leur entassement donne des agglomérations sans trait identitaire, ni visage social précis, qui participe à la destruction de l’intimité, autre fois procurée par une échelle humaine des réalisations architecturales.

Le consommateur de cette production rationaliste revendique une révision des exigences dans le sens d’un réajustement comportemental selon la nouvelle vie sociale. Ces réajustements se manifestent négativement sur la production architecturale qui se répercute sur le paysage urbain. De plus, ce style nouveau annonce efficacité et économie (temps et coût) par le biais d’un matériau de construction révolutionnaire. C’est ainsi que le modernisme a rendu l’architecture sensible par la réalisation de logements sociaux, qui prend en charge le rapport de l’habitant à son espace et l’industrialisation avait pour mission de lui offrir l’outillage technique, apte à mettre en rapport l’habitant avec son espace.

Dans ce chapitre, nous essayerons de tracer l’évolution de l’habitat en Algérie et les mutations spatiales engendrées par la nouvelle attitude envers essentiellement le concept du bâtiment collectif et son espace extérieur. Puis, élaborer un bilan sur la consommation énergétique pour finir avec le concept de l’habitat durable.

## **I. L'habitat en Algérie**

Les débuts des modèles occidentaux dans les pays en voie de développement ont connu des contestations en ce qui concerne principalement la non maîtrise des techniques et la difficulté de se procurer le béton, par rapport aux matériaux locaux. Nous sommes devant une nouvelle forme, sans valeurs traditionnellement attachées à la ville avec une disparition de la mémoire sociale.

L'Algérie indépendante se trouve devant l'obligation de résoudre les problèmes de la restructuration des villes et abolir la crise du logement engendrée par les migrants ruraux. De ce fait, des grands ensembles et autres programmes d'habitat voient le jour dans tout le territoire national. C'est ce qui a marqué le processus d'industrialisation et a permis d'entrer dans la société de consommation et d'accéder à la modernité, tant recherché par les populations.

Ces nouvelles formes urbaines, ont été créées le plus souvent sur des sites vierges, aux seules fonctions de cités dortoirs. Elles sont implantées « *sans souci de lieu, ni de l'histoire, ni des liens affectifs et des habitudes des populations.* » [Lakabi M-S. & Djelal N. 2011]. Engendrant des phénomènes d'appropriations suite à une recherche d'intégration sociale et d'adaptation.

C'est ainsi que la rationalisation du foncier et la crise du logement ont fait naître un concept nouveau de bâtiment-type. Aujourd'hui, il renvoie principalement à un type d'habitat spécifique dans le paysage urbain qui est caractérisé par une architecture appauvrie : panneaux de façades préfabriqués, des procédés standards et industriels d'édification, qui génèrent des bâtiments réalisés en peu de temps loin du bien être des futurs occupants.

Pour rester proche de cette réalité, Plouchart L. (2000, p 16-25) trouve qu'il est nécessaire de comprendre les grands ensembles, à travers non seulement « *la réalité vécue par les résidents, mais également et surtout de leur réalité perçue et de leurs propres représentations du réel et des difficultés* ». En effet, l'espace habité est vécu par chacun de nous de manière distincte et ce, les lieux de vie, ne peuvent exister sans leur utilisation et la représentation que font ces occupants. Décidément, l'habité est une projection des éléments de sens de chacun.

## **I.1 Définition de l'habitat**

L'habitat est défini d'un point de vue fonctionnel, comme un « *ensemble formé par le logement, ses prolongements extérieurs, les équipements et leurs prolongements extérieurs, les lieux de travail secondaires ou tertiaires* », d'après Clair et Michel Duplay, [Heraou A. 2012, p 62]. Elle englobe l'environnement spatial, socio-culturel, culturel, économique, paysager, symbolique qui lie l'individu, la famille, les groupes et la société de tout temps ; qui le reflète.

Le logement selon Frommes B. (1980), est « *l'endroit où les gens doivent pouvoir se sentir chez eux ; ils en prennent possession et y expriment leur personnalité ; ils peuvent s'y identifier de manière optimale* » [Haraoubia I. 2011, p 1] d'où la nécessité de garantir au ménage un logis adéquat car c'est le point de départ de toute vie sociale. Dans les grands objectifs du développement de la Charte Nationale adoptée par le peuple algérien en 1976, 7<sup>ème</sup> Titre, elle définit les droits de « *loger dans les conditions décentes et selon les normes minimales du confort moderne est un élément fondamental de l'amélioration du niveau de vie des masses... Aussi, la disparition des gourbis et des bidonvilles comptera-t-elle parmi les signes qui marqueront la victoire de la Révolution contre la misère* », [Benamrane D. 1980, p 10].

Les conditions de satisfaction optimales des besoins en logement sont définies comme un « *ensemble d'installations devant fournir à la famille tous les services nécessaires au bien-être et à l'épanouissement de chacun de ses membres, en qualité et en quantité, compatible avec le niveau de développement et la justice sociale recherchée* » [Benamrane D. 1980, p 15]. Ces installations constituent la qualité du logement, caractérisée par : la géométrie de l'espace, confort spatial, visuel, thermique, acoustique, qualité des matériaux de construction avec toutes les commodités d'une vie moderne (eau courante, chauffage, électricité, gaz, ...)

L'occupant choisit sa résidence selon quatre paramètres, qui sont : [Bakli M. p 3]

- ✓ La disponibilité d'un ensemble de quantités de biens de consommation ;
- ✓ La qualité du logement (surface habitable et équipement de proximité) ;
- ✓ La surface du terrain qui porte le logement ;
- ✓ La proximité du lieu de travail.

Mais il est contraignant de faire face avec son revenu disponible au prix de consommation et du loyer du logement, qui varie suivant sa qualité et sa proximité par rapport au centre.

Avoir un habitat convenable selon Benamrane D. (1980, p 96), est aussi simple que « *manger* »<sup>2</sup>, ce n'est pas seulement avoir un toit, mais c'est aussi l'espace réservé pour y vivre et y pratiquer les activités nécessaires à la satisfaction des différents besoins matériels et spirituels, que la société organise ; qui va de l'action de cuisiner à la création artistique ou à la convivialité. C'est-à-dire, elle constitue le lieu de vie, d'épanouissement de l'individu, de sa famille et des différents groupes sociaux, pour offrir les meilleures conditions nécessaires à créer un sentiment de bien-être ; assuré par la qualité des espace, l'orientation, les lieux d'appropriation accommodable, les lieux de voisinage et de sociabilité.

## **I.2 Politique et stratégie de l'habitat**

La politique algérienne en secteur de l'habitat a connu, depuis 50 ans passés depuis l'indépendance, deux phases importante, dans la première l'Etat avait le monopole sur toutes les opérations de promotion de l'habitat (fondamentalement le logement social pour toutes les classes sociales) et se baser sur des réformes établies dès 1990. La deuxième phase était caractérisée par un désengagement de l'Etat dans les processus de la promotion quantitative de l'habitat (diversification de l'offre de logement), [Bakli M. p 4].

« *Espace éclaté à l'image d'une société éclatée* », est l'expression de Côte M. (1988, p 256), pour décrire la vaste mosaïque, celle de la ville d'aujourd'hui ; produite des décisions des acteurs de la construction, des stratégies, des modes d'appropriation sur des segments d'espace bien défini.

Le constat fait en 1996, pendant les journées d'étude sur la stratégie de l'habitat à Alger, a montré l'insuffisance quantitative et qualitative des logements produits. Suite à cette prise de conscience de l'incapacité politique antérieure à faire face, l'Etat a développé une nouvelle stratégie, celle menée jusque-là, pour éviter les erreurs du passé.

La nouvelle politique de l'habitat est une volonté de la part de l'Etat de faire promouvoir le secteur vers les organismes publics et privés, en vue d'une amélioration de l'offre en

---

<sup>2</sup> Rapport Dag HAMMARSKJOLD, préparé à l'occasion de la septième session extraordinaire de l'Assemblée Générale des Nations Unies, 1975.

logement (a été adoptée de façon réaliste dès 1994 et n'a été appliquée qu'en 1996). Elle encourage en premier lieu la promotion foncière et production de logement ; ainsi que la réforme institutionnelle du financement. En deuxième point, elle prévoit des mesures de contrôle par l'urbanisme et la qualité du cadre bâti. Cette stratégie est en marche jusqu'à présent dans le cadre des programmes quinquennaux (2001-2004), (2005-2009), (2010-2014) et (2015-2019).

### **I.3 Situation du secteur de l'habitat**

Contrairement aux pays industrialisés, qui cherchent à améliorer la qualité de l'habitat, en Algérie, le secteur de l'habitat est qualifié par la dégradation du cadre de vie et l'insatisfaction de ces occupants. Ce dysfonctionnement est le résultat d'une croissance démographique accélérée, accompagnée d'un important exode rural.

#### **Quantitativement**

La demande en logement est toujours supérieure à sa production, aggravée par l'habitat insalubre et occupation des terrains illicitement ; bien qu'elle soit un défi du ministère de l'habitat et de l'urbanisme estimé à 2 millions de logements programmés (2010-2014), pour la résorption de l'habitat précaires et un taux d'occupation brut par logement (TOL) arrêté à cinq (05) personnes. D'après les données du ministère le TOL passe de 5.79 personnes par logement en avril 1998 à 4.89 à la fin 2009. Or, l'occupation en surface par personne est de 8 m<sup>2</sup> au lieu de 10 m<sup>2</sup> selon la norme, définit par ce même ministère. [Révision des règles parasismiques algériennes. 2011, p 6]

L'engagement des pouvoirs publics à résoudre l'état de crise à donner des programmes de logements sociaux sous différentes appellations. Le bilan en matière de logement de 1999 à 2014 est donné par le Président de la République et fait état d'un nombre considérable de réalisations, près de 2.7 millions de logements destinés à améliorer les conditions sociales des citoyens. Le TOL a considérablement baissé, estimé à 4.65 en 2013 (au lieu de 7.1 en 1998), à la faveur d'importants programmes de logements réalisés ces dernières années, qui sont passés de 5.416.331 unités en 2000 à 8.040.932 unités en 2013, soit plus de 2.600 000 logements de plus. [Le logement en Algérie]

## **Qualitativement**

Ce taux confortable (TOL), inférieur même à la moyenne mondiale, ne traduit pas la réalité du parc du logement : une même typologie répandue dans des régions très diversifiées du pays. Ce type importé des pays occidentaux, d’un urbanisme fonctionnaliste européen, ignorant les réalités sociales et les pratiques spatiales des habitants. Le souci du quantitatif a effacé le côté qualitatif. La surface habitable a subi des réductions pour des mesures économiques, engendrant ainsi l’insatisfaction des ménages par la forte occupation.

L’insatisfaction est traduite par des transformations dans le logement collectif : la chambre est mutée en espace polyvalent, le salon a double fonction suivant jour/nuite, la cuisine en plus des équipements habituels, compte une machine à laver, table à manger et dans les cas extrême des immeubles réservés au chambre à coucher, [Badeche M. 2008, p 11]. Ces modifications ne s’arrêtent pas aux espaces habitables, les espaces extérieurs domestiques ou publics privés : balcons, loggias ; subissent aussi des mutations individuelles qui relèvent d’une initiative collective de la part des voisins.

L’enjeu auquel l’Algérie d’aujourd’hui est confronté selon M. Côte (1988, p 339), « *c’est l’inquiétude d’un pays qui cherche à se construire dans la modernité, sans dépouiller son identité.* », afin d’élaborer une nouvelle cohérence entre la société, son économie, son espace et sa culture.

### **I.4 Evolution et typologie**

Le patrimoine architectural demeure très riche et très diversifier, résulte des nombrables civilisations, qui se sont succédées sur le territoire algérien. Il témoigne d’un savoir-faire et d’une maîtrise des techniques de construction ingénieuses. Cette diversité a donné naissance à plusieurs typologies, réparties en trois catégories principales, qui nous permettrons de définir la catégorie la plus répandue dans le parc immobilier, qui consistera une base de données pour notre étude.

Cette classification est définit par Deluze<sup>3</sup>, comme suit :

---

<sup>3</sup> Jean Jacques Deluze, est un architecte suisse, vécu en Algérie depuis son arrivé en 1956, jusqu’à ce qu’il décède le 30 avril 2009. Travaillé comme enseignant à l’Ecole polytechnique d’Architecture et d’Urbanisme.

### **I.4.1 Habitat traditionnel ou vernaculaire**

L'habitat traditionnel, appelé aussi vernaculaire, s'adapte énormément aux régions de sa localité, du point de vue climatique et culturel. Nous remarquons une parfaite intégration au site, construit à partir de matériaux locaux, un respect des modes de vie et d'occupation (nomadisme journalier jour/nuit et saisonnier). La figure montrée à gauche, est une maison kabyle organisée autour d'un espace central (cour, ou patio), cette organisation spatiale introvertie répond aux exigences de la vie sociale.



**Figure 1** : Maison kabyle, au village Tagaret commune d'El Kseur à Bejaia  
(Source : auteur)

Ce type d'habitat en Algérie est transmis par les ancêtres, bâti avec des méthodes constructives anciennes selon la localisation. Cependant, il est de moins en moins pris comme modèle pour les réalisations d'aujourd'hui, occulté par le modèle occidental, considéré comme symbole de modernité et de promotion sociale. [Merzeg A. 2010, p 13]

### **I.4.2 Habitat colonial ou européen**

C'est l'habitat construit pendant la colonisation française entre 1830-1962, caractérisé par une typologie européenne destinée à la population colonisatrice. Elle a créé une rupture irréversible avec les structures spatiales et sociales des villes traditionnelles.



**Figure 2** : Immeuble de l'époque coloniale, commune de Bougie à Bejaia.  
(Source : auteur).

Ce mode de production a provoqué un bouleversement dans le paysage urbain et même rural avec les villas coloniales (des maisons rurales situées dans les fermes et construites en pierre), inaugure ainsi une ère nouvelle dans l'histoire de l'architecture algérienne.

En particulier, ce modèle était très répandu dans les grandes villes, de type haussmanniens (immeuble en maçonnerie à plusieurs niveaux) et dès les années 30, le style Jonnart est né avec un goût à l'oriental ; puis avec le mouvement moderne, il y a eu des immeubles de barre et tour. Ces derniers étaient caractérisés par une organisation

extravertie : prolongement de l'espace de vie vers l'extérieur sous forme de balcon, la circulation se faisait à l'aide d'un couloir, les façades sont ponctuées de grandes baies vitrées ; des matériaux de construction nouveaux, béton, acier et de la pierre dissimulée.

### **I.4.3 Habitat contemporain ou moderne**

Le style d'habitat contemporain<sup>4</sup>, appelé aussi « moderne » ou style importé, est le style de l'Algérie indépendante, le plus courant dans le paysage urbain actuel, venu remplacer les anciens styles hérités de la colonisation ou du modèle traditionnel local.

Il tire ses racines typologiques des principes de l'architecture moderne sous un aspect de bâtiment collectifs en forme de Barres et de Tours ; implantés dans la structure urbaine selon un schéma d'organisation de type européen, [Merzeg A. 2010, p 15]. Ainsi que des villas individuelles construites dans les lotissements urbains ou ruraux.



**Figure 3** : Cité EPLF, Ville de Tizi-Ouzou.  
(Source : auteur)

La colonisation a causé d'énormes pertes humaines, dommages matériels et pertes des valeurs traditionnelles (sociale et urbaine) ; néanmoins, sans ces grands bouleversements, l'Algérie aurait connu une évolution plus lente mais plus harmonieuse et plus respectueuses des valeurs locales, [Bendani Oulmane N. 2001, p 70].

Le choix d'un tel modèle, socio-économique basé sur l'industrialisation, a engendré d'importants bouleversements dans le secteur de l'habitat, particulièrement le secteur du logement. Après son adoption, l'insatisfaction est proclamée par les habitants et l'inconfort est ressenti dans les logements, généré par l'incompatibilité avec les structures spatiales ancestrales. Elle est justifiée par l'inadéquation de la forme aux pratiques de l'espace qui se manifeste par des ajustements spatiaux (verticaux et horizontaux) ou techniques, qui se manifestent en façade, (climatiseurs, barreaux, balcons fermés avec de la brique ou du vitrage).

---

<sup>4</sup> La période contemporaine considérée ici est la période postcoloniale (après 1962).

## Paysage urbain

De 1970 à 1990, est une période de forte croissance urbaine afin de répondre à la crise du logement et la forte demande sans cesse croissante, par la réalisation d'habitation, essentiellement le logement sociale. Il est décrit par PLOUCHART L. (2000, p10) en tant qu'une mutation dans « *la conception urbanistique ou architecturale, l'évaluation des politiques sociales ou socio-économiques et les formes d'appropriation par divers acteurs* ».

La notion de grands ensembles, dans le langage administratif et urbanistique, répond à des normes techniques de forme, de volume, de délai de réalisation. Cette appellation varie généralement de cinq cents à mille logements, comme seuil de référence et Pierre George (1993) retient quant à lui le seuil de huit cents logements, qui sont réalisés dans un délai très court (1 à 3 ans), [PLOUCHART L. 2000, p15-16].

### I.4.3.1 Concept de l'habitat collectif

La nouvelle attitude envers l'architecture a créé au tour de nous aujourd'hui, une hétérogénéité sans imagination, de bâtiments fonctionnels, remarquables dans toutes les villes du monde, traduisant l'image moderniste ; conçue uniformément comme le décrit Blake P. « *la forme extérieure est déterminée par la législation du zoning, les façades extérieures couvertes de panneaux, [...], l'organisation spatiale est décidée par des experts en location d'espace au mètre carré et les élus locaux, [...]. Le résultat est le chaos au nom du fonctionnalisme* », [Foura M. p 14]. En effet, la composante des périphéries de nos villes est en majorité de type collectif (logement social, avec le promotionnel), qu'est la catégorie de logement produite en plus grand nombre, que l'état utilise comme moyen pour répondre à la demande massive en logement, [Bahlouli A. 2000, p 48].

L'habitat collectif est défini comme étant un habitat comportant plusieurs logements (appartements) locatifs ou en accession à la propriété dans un même immeuble, qui se trouve dans un secteur urbanisé et se développe en plusieurs niveaux avec une forte densité d'occupation, [Heraou A. 2012, p 63]. Il est caractérisé par :

- ✓ Son caractère urbain ;
- ✓ Ces différentes typologies ;
- ✓ Les espaces communs ;
- ✓ Sa densité ;
- ✓ Le logement.

L'instruction ministérielle du 07 août 1999, relative au développement du logement promotionnel à caractère social destiné à l'accession à la propriété, définit la surface habitable moyenne de 70 m<sup>2</sup> pour la typologie de logements collectifs, soit de 50 à 100 m<sup>2</sup> de surface pour des logements de type F2 à F4.

Ce type d'habitat compte la majorité du parc national et continu à être un modèle de production des programmes en cours. La standardisation du parc de logement dans des sites d'implantation diversifiés, produit sur l'ensemble du territoire national, nous amène à nous poser énormément de questions sur le niveau d'adaptation aux conditions climatiques spécifiques au site donnée ainsi qu'aux caractéristiques sociales locales. De ce fait, le rétablissement d'une ambiance confortable des ménages, l'économie d'énergie [Kesraoui N. 2010] et la protection de l'environnement (objectifs du développement durable) peuvent être pris en charge dès cette frange d'habitat.

Ce type de bâtiment, est de tailles très variable, peut s'agir de tours, de barres ou d'immeubles de petite taille. C'est un mode d'habiter peu consommateur de surface foncière, de plus en plus rare et permet une meilleure desserte à un coût moins élevé. Éliminant ainsi la maison individuelle avec cour et apparition d'un espace extérieur privé balcon/loggia, qui apporte de la plus-value à l'appartement et le rend plus spacieux.

### **Tour**

La tour est une typologie de logement collectif, qui est un immeuble très élevé et composé de plusieurs étages, qui comprend des appartements et/ou des bureaux. Les orientations<sup>5</sup> adoptées par le pouvoir public, pour une conception de qualité de cette typologie, donnent la priorité plus précisément à une conception de quatre logements par palier (voir plus), tout en évitant les cas d'appartements qui présentent une organisation spatiale linéaire (distribution des pièces d'un seul côté du couloir).

---

<sup>5</sup> Des prescriptions techniques et fonctionnelles applicables aux logements sociaux élaborées en octobre 2007, par la direction des programmes d'habitation et de la promotion immobilière, sous la directive du Ministère de l'Habitat et de l'Urbanisme ; ayant pour objectif de trouver les meilleures solutions de manière à répondre qualitativement à une production de logement.

## **I.5 Appropriation des espaces dans l'habitat collectif**

Pour un environnement stimulant le bien-être individuel et social, il est nécessaire d'offrir aux occupants la possibilité de contrôler les décisions importantes en les autorisant à apporter leur contribution à la conception, à la construction ou à la gestion de leur habitat. Dans le cas contraire, « *lorsque les gens n'ont ni pouvoir d'intervention ni responsabilité dans les décisions chefs concernant leur logement, les milieux d'habitation peuvent au contraire faire obstacle à la satisfaction de l'individu et devenir un fardeau pour l'économie* ». [Benevolo L. 1987, p 91].

A l'indépendance, nous constatons des populations différentes (immigrants ruraux ), habitant un même type de bâti, qui se sont appropriées un parc immobilier qui ne leur était pas destiné ainsi que celui construit plus tard, produit du mouvement moderne, induisant de nombreuses modes d'appropriation des espaces, [Semmoud N. 2014]. De ce fait, l'habitant se trouve dans des espaces qui ne répondent pas à son mode de vie, qui se révèlent incohérents et inadaptés à toutes les catégories sociales.

L'appropriation est définie comme étant l'ensemble des opérations menées par l'homme sur l'espace, permettant en même temps selon Lefebvre H. (1970, p 203) de « *lui donner des configurations spatiales matérielles et des significations* ». En outre, pour Barbey G. (1990, p 75), l'appropriation du logis est la combinaison d'action matérielles et « *valeurs symboliques* », qui résultent du « *vécu spatial* », à travers « *le temps passé chez soi* ».

En effet, l'espace appropriable, est le produit des différentes adaptations et rectifications effectuées, reflète l'ampleur des décalages entre « *propriété spatiales de leur demeure et leurs modèles socioculturels* » selon Semmoud (2014, p 1) et des travaux de Marc Augré, [Benlakehal N. 2014, p 16], ont permis de dégager trois dimensions caractéristiques de :

- ✓ **La dimension identitaire**, le lieu offre à l'individu ou un groupe d'individus la possibilité d'échanges constants.
- ✓ **La dimension relationnelle**, le lieu offre aux individus la possibilité d'échanges et de rencontre.
- ✓ **La dimension historique**, l'appartenance au lieu se fait dans le temps.

Lorsque l'individu ou groupe d'individus s'appropriés un lieu, ils le transforment en même temps qui s'adaptent à d'autres choses, qui leur résiste ; agir pour adapter l'habitus ou s'y adapter selon les moyens ? Cette dialectique entre condition de production et usage de

## Chapitre I : L'habitat algérien et son espace extérieur, évolution et caractéristiques

l'espace, recouvre constamment un sens de marquage, d'identification, de contrôle et de symbolisation ; fait apparaître différents types d'habitat.

Une similitude dans l'appropriation de l'espace dans différents pays, ou la pratique féminine de l'espace communautaire, (cages d'escaliers, entrée des immeubles, coursive et balcons), relevé par Depaule J-C. et Noweir S. se transforme en lieu de rencontre et de partages communs. Ces activités communes s'interrompent au retour des hommes à leurs domiciles, pour des raisons d'intimité, [Badeche M. 2008, p 13]. Ainsi les cages d'escaliers deviennent le territoire de jeu des enfants, les balcons regagnent leur fonction de séchage de linge et la relation entre extérieur et intérieur est réduite à son strict minimum.

Les femmes ont acquis des capacités nouvelles d'autonomisation, mais demeurent immergées dans l'espace privé-familial et suivent ses normes et sa logique. Cette émergence ambiguë selon Benzerfa-Guerroudj Z. (1992, p 127-136), résulte de « *l'évolution des rôles ne s'est pas accompagnée dans les faits d'un changement de statut des femmes* » ; quelle que soit leur autonomie, elles sont exclues en tant qu' « *actrices sociales sur la scène publique* », soumises au contrôle du groupe familial et du quartier. D'après Barbey G. (1990, p 102) « *l'abondance d'espace est toute entière vouée à la tâche, ne laissant à la vie matérielle que la portion congrue* » et Lebois V. (2005, p 1) affirme que « *l'environnement joue énormément sur le comportement* ».

En effet, ces dernières années, il n'a pas été rare d'observer une forte mobilisation dans les formes d'appropriation des espaces communautaires et domestiques, (voir figure 4). Très vite, nous nous sommes interrogées sur la qualité de leur conception ; d'analyser cette interrelation entre : qualité formelle et modes d'appropriation.



**Figure 4** : Appropriation des balcons à Alger, par Marie Meurillo de 2011.  
(Source : ArchDélit)

## I.6 Transformations du cadre bâti dans l'habitat collectif

Appropriation spontanée, tel est la réalité de nos immeubles ponctués de paraboles, de climatiseurs, des balais, des vieux meubles, des vélos ou du linge suspendu (figure 5), reflètent un très mauvais paysage urbain, ce n'est pas très esthétique ; mais c'est l'image de nos villes actuelles.

Bien que la loi de la copropriété (décret exécutif n°83-666, du 12/11/1983, fixant les règles relatives à la copropriété et à la gestion des immeubles collectifs) interdit toute atteinte à la façade et au cadre bâti urbain ; mais pourtant, elle est transgressée. Ces modifications individuelles considérées comme empiétement du domaine privé sur le domaine public, sont tels que l'extension du rez-de-chaussée vers l'espace public, la conversion des pièces du rez-de-chaussée en locaux de commerce, transformations au niveau de la menuiserie et dimension de la fenêtre, allant jusqu'à l'élimination du balcon.

Les différents bouleversements (politique et urbanistique) accompagnés des mutations sociales ont engendré des modifications des modes d'habiter qui témoignent d'un malaise exprimé par les habitants envers leurs logements. Ces actions, de transformation-adaptations opérées sur le logement, sont pour Lakabi M-S. et Djelal N. (2011, p 63), le résultat des mutations profondes dans « *les pratiques et les comportements à l'égard de l'espace, mais aussi il y a reproduction de certains schémas traditionnels d'appropriation* ».



**Figure 5** : Difficulté d'indentification de l'aspect de la façade, dissimulé par le marquage fonctionnel. Tizi-Ouzou.  
(Source : auteur)

Et ce processus de densification et d'appropriation, d'après l'étude de Semmoud N. (2014, p 15), ont atteint leurs limites dans les HLM (cas d'étude, Alger) ; de même pour les différentes opérations « *de division/dédoublément, de translation sur les espaces extérieurs et de polyvalence des pièces* », afin de gérer l'insuffisance en surface. Néanmoins, les types d'interventions et modifications opérés par les habitants sur le logement, quel que soit le statut d'occupation, suite aux différentes observations de Lakabi M-S. à la nouvelle-ville de Tizi-Ouzou (2002, p 111), sont en fonction des besoins de la famille.

### **I.6.1 Interventions des habitants sur l'espace intérieur**

Selon Sidi Boumedine R. (1955, p 251), dans le mode d'habiter traditionnel, l'espace est « *polyvalent* » [Côte M. 1988, p 23], les supports de l'activité sont déplacés, rangés, pour une autre activité avec d'autres meubles ; à la différence des modes d'habiter occidentaux, où les espaces intérieurs ont des fonctions fixes et figées physiquement par leurs mobiliers.

Ainsi, l'examen de l'organisation spatiale de ces structures ancestrales nous révèle que la cour, le cœur de la maison [Côte M. 1988, p 24], joue le rôle de centre distribuant les pièces et les fenêtres, le plus souvent, s'ouvrent sur le jardin, verger, vallée ; alors que celles posées sur la façade donnant sur la rue, sont rares et ne sont jamais ouvertes, ou du moins closes avec des rideaux. Par contre dans la nouvelle typologie, les logements sont distribués autour de l'escalier et les pièces de l'appartement sont organisées le long du couloir.

La dimension temporelle dans l'utilisation de l'espace domestique est ressentie quand les jeunes hommes, occupent les rues en soirée à des heures tardives, dans l'attente que la famille libère les pièces communes (cuisine, repas, détente), [Sidi Boumedine R. 1995, p 254].

D'autres interventions sont observées comme la création de placards dans le couloir ou salle de bain, des travaux de rénovation dans la cuisine pour améliorer sa qualité et son utilisation ; ainsi que des travaux de gros œuvre, agrandissement des pièces (séjour le plus souvent) par la suppression du balcon, [Lakabi M-S. 2002, p 121]. Ces modalités d'appropriation du logis sont multiples et ce, en rapport avec l'âge, le sexe et plus précisément la catégorie socioprofessionnelle des habitats, [Lakabi M-S. 2002, p 62].

## I.6.2 Interventions des habitants sur l'espace extérieur intermédiaire

Dans les grands ensembles, les espaces intermédiaires entre privé et public, sont des espaces privatifs extérieurs, de transition, de type loggias, balcons et terrasses, [Flamand A. 2005, p 7]. La valeur de cet espace « *n'est pas uniquement une valeur matérielle, il remplit aussi deux fonctions sociales essentielles : l'accueil et la représentation* », [Benzaglou M. 2005, p 4].

Ce type de construction résidentielle est caractérisé par une distribution spatiale non respectueuse des valeurs socio-culturelles et climatiques. Les occupants s'approprient l'espace en le remodelant afin de l'adapter à leur mode de vie au détriment des espaces extérieurs domestiques.

Ces derniers sont reconvertis en cuisine, chambre, ou extension de la pièce qui lui est adjacente,... provoquant des préjudices à la qualité de l'espace vécu, [Haj Hussein M. 2012, p 184] et pour des raisons de sécurité, la pose des barreaux métalliques, est devenue quasi systématique sur l'ensemble des ouvertures de façade ; négligeant ainsi la valeur esthétique de la façade.



**Figure 6 :** Marquage des façades à Tizi-Ouzou.  
(Source : auteur)

Une dualité se ressent entre se cacher d'une part et se dévoiler de l'autre. Notamment, pour des raisons d'intimité, l'habitant tend à interposer un obstacle à la vue entre le spectateur et lui-même à l'aide de canisses, de voilages, de roseaux ou autre brises vues disponibles (figure 6). Ce ne sont pas des solutions pour l'architecte et leurs présences est synonyme d'échec dans la conception d'une façade ainsi qu'à la fonctionnalité des espaces extérieurs. En effet, le Corbusier l'a dit au sujet de la cité de Frugès à Passac, qu'il a lui-même conçu et qui a été modifiée par ses habitants : « *vous savez, c'est toujours la vie qui a raison et l'architecte qui a tort* » [Marc P. A. 2012].

### **I.6.2.1 Typologie des espaces extérieurs domestiques**

Le logement est divisé en quatre zones : vie commune, vie intime, services et la zone de transition entre intérieur et extérieur (petit jardin, balcon, loggia, terrasse) qui assurent la communication avec la nature. Dans le logement collectif, l'espace privatif le plus exposé est le balcon, par sa position en débord de la façade qui « *le rend visible de tous cotées, contrairement à la loggia placé en renfoncement ou à la terrasse, située en recule, sur une partie habitée.* », [Grolier M. 2013, p 7-24]. En outre, la définition de ces espaces extérieurs accessibles depuis l'intérieur du logement est :

#### **Terrasse**

La terrasse est une plateforme accessible aux usagers, liaisonnée ou non au bâtiment et limitée vers l'extérieur par un garde-corps et se distingue du balcon en surface et par le fait qu'elle repose sur un corps de bâtiment, maintenu par une structure. Elle est définie comme étant « *une passerelle entre l'intérieur et l'extérieur. Elle reflète la personnalité de la maison et peut-être vue par autrui. Elle peut occuper différentes fonctions : on peut s'y réunir, s'y divertir, s'y détendre, prendre un bain de soleil et même y manger.* », [Collectif, 2008, p 8].

#### **Loggia**

La loggia est un balcon couvert et fermé sur les côtés, en retrait de la façade. Par analogie avec la maison individuelle, elle est définie comme un jardin derrière la maison : un espace plus caché, plus fermé, protégé et invisible depuis l'extérieur. Elle est caractérisée par des pratiques plus intimes, espace presque intérieur et plus facile à intégrer dans l'appartement et présente plus de facilité dans son aménagement. Contrairement au balcon qui fait de nombreuses interdictions ou règlements, précisant à ne rien mettre de nuisant aux voisinages ou à la destination de la résidence.

#### **Balcon**

Le balcon est en saillie du mur de la façade d'un édifice, communiquant avec l'intérieur par une porte fenêtre ou fenêtre. Par analogie avec la maison individuelle, le balcon est un jardin devant la maison, un espace vu, espace de transition avec l'environnement extérieur où l'occupant entretient un rapport entre « *voir et être vu* », [Marc P-A. 2012] ; voir le spectacle. Sa logique constructive, est apparue dans un but d'apporter plus de lumière à

l'intérieur de l'habitation. Au 17<sup>ème</sup> siècle, jusqu'au 18<sup>ème</sup> siècle, il est présenté au niveau de l'étage noble, en ville et ce n'est qu'au 19<sup>ème</sup> siècle qu'il fut adopté sur tous les niveaux. Contrairement au patio, cour intérieure à ciel ouvert, dans l'architecture vernaculaire, utilisé comme un lieu de détente, loin des regards, créé par un sentiment de sécurité et d'intimité ; et ce, en communiquant avec les pièces alentour, jouissant de sa luminosité, même s'il est de petite taille.

En outre, les balcons et loggias sont des éléments réservés à l'espace urbain ils font partie intégrante de la façade et se doivent d'apporter valeur esthétique au bâtiment tout en ayant une fonctionnalité et ce, pour ne pas créer des espaces non-utilisés. En fin, la préoccupation essentielle, de la majorité des personnes est l'amélioration de leur logement et que ces solutions d'aménagements extérieurs peuvent apporter qualité de vie à l'intérieur du logement.

## **I.7 Le balcon, espace physique et vécu**

Le balcon dans le logement collectif en tant qu'espace dévié de sa logique conceptuelle se trouve comme témoin de ces transformations tant brutales que légitimes ; entre acte causant la destruction de la façade et une réponse aux besoins de l'occupant. D'où la nécessité de penser l'espace dans sa dualité. Le balcon en tant qu'espace physique correspond à la définition du cadre conceptuel et son évaluation. L'espace vécu correspond à l'étude du balcon investi de la donnée humaine et sociale.

### **I.7.1 Spécification nationale**

Dans un contexte algérien, le balcon est un élément architectural, plate-forme en avancée sur façade mais peut cependant être à l'intérieur d'une grande pièce (salle de spectacle), communiquant avec une ou plusieurs pièces. Chez la population algérienne, la confusion est grande, et la différence entre le balcon et la loggia se résume à la relation spatiale de cet espace extérieur privé avec l'intérieur du logement. Ainsi, le balcon se définit comme étant le prolongement de la salle de séjour alors que la loggia est considérée comme l'espace de prolongement de la cuisine ou de la salle de bain. Dans le cadre de notre recherche, le sens qui nous intéresse le plus est le balcon en tant qu'espace donnant sur l'extérieur et en relation directe avec la pièce principale du logement (salle de séjour).

L’étude de plusieurs cahiers de charges<sup>6</sup> par Benlakehal N. (2014, p 34-37), a montré que la conception de logements collectifs obéit à certaines règles et recommandations :

- ✓ Assurer la relation entre le bâti et l’environnement immédiat par l’intégration des espaces intermédiaires dans la composition spatiale du projet architectural ;
- ✓ Prévoir un jeu volumétrique de pleins et de vides pour une richesse stylistique, assuré par le balcon ;
- ✓ Référenciations au style local ;
- ✓ La fonctionnalité du logement structurée en deux parties, jour/nuit, et le balcon est obligatoirement annexé au séjour ;
- ✓ Construire avec les données climatiques tout en intégrant le projet avec les données topo-morphologique du site d’implantation ;

L’aspect économique apparaît dans plusieurs points dans les cahiers des charges, après la qualité architecturale. Malheureusement, l’instabilité économique a été contraignante pour le marché du bâtiment et provoquée par le flambement des coûts des différents matériaux de construction. C’est ainsi que des répercussions ont affecté la réalisation des balcons, qu’ont été éliminés, dans certain cas, par le maître de l’ouvrage pour réduire les coûts

### **I.7.2 Le climat dans la conception du balcon**

Le climat est un facteur déterminant dans la conception architecturale depuis la nuit des temps, sauf que la technologie a permis à l’homme de défier la nature au détriment de l’écologie. Notre patrimoine vernaculaire, (maison kabyle, Casbah et M’zab) nous enseigne sur les solutions et les techniques adoptées par nos ancêtres, respectant les conditions climatiques selon chaque région géographique. L’usage du balcon, est influencé directement par le climat, sans pour autant, négliger d’autres facteurs. En effet l’orientation par rapport au soleil et l’exposition au vent dominant sont des paramètres essentiels pour définir son usage et affectent le confort de l’usager.

Le climat est négligé dans la conception par manque d’outils de vérification et de compétences pour sa concrétisation ; bien qu’il soit prononcé clairement dans les cahiers des charges.

---

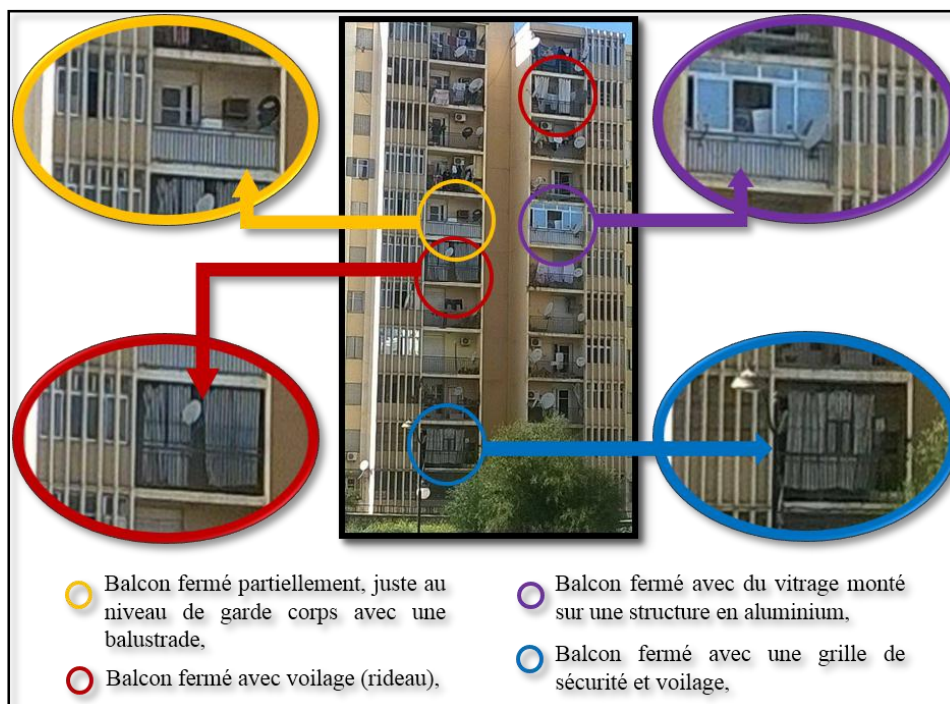
<sup>6</sup> Le cahier des charges est un document contractuel décrivant avec des termes simples, de la façon la plus précise possible, les besoins auxquels le maître d’œuvre doit répondre. C’est l’outil principal de considération par le concepteur dans une opération de réalisation de logements collectifs, [Benlakehal N. 2014, p 34].

### I.7.3 Modes d'appropriation du balcon

Nous nous sommes munis de l'observation comme outil méthodologique, dans le but de lire l'espace d'une manière objective pour une compréhension comportementale des occupants dans les circonstances de leur vie quotidienne. La figure ci-dessous (7), résume les multiples modes d'appropriation de l'espace balcon.

Depaule J.C et Noweir S. (1982-1986, p 247-257), constatent que les transformations effectuées par les habitants sur les balcons, au Caire, « témoignent des relations que ceux-ci (habitants) établissent entre l'extérieur et l'intérieur de leur logement » ; et le renvoient à « des raisons climatiques, pour gagner de l'espace et pour avoir un lieu pour les activités domestiques qui doivent se passer à l'extérieur comme l'élevage des animaux, l'étendage de la lessive et les préparatifs culinaires. ».

Cependant, l'espace balcon ne peut être considéré juste comme des prolongements du dedans, mais appartient aussi bien au dehors, par les ouvertures qui subsistent comme lieu d'une vie sociale ouverte sur le voisinage et la rue.



**Figure 7 :** Différents modes d'appropriation du balcon en Algérie, selon des besoins climatiques de sécurité, d'intimité ou de prolongement de l'espace. Tizi-Ouzou. (Source : auteur, 2015)

### **I.7.3.1 Types de transformation et matériaux utilisés**

L'observation de plusieurs immeubles d'habitat collectif, nous a révélé qu'à l'intérieur du logement, l'espace qui offre le plus de possibilités aux transformations est le balcon considéré comme étant un espace sans fonction par les habitants. Il est reconverti en espace de stockage, dans le cas contraire, il est utilisé temporairement pour un usage occasionnel, tel que l'élevage de lapins, poulets, ou reçoit le mouton de « Aid adha » à quelques jours de la fête (figure 9). Ceci dit, nous constatons, deux formes d'appropriation, douce et brutales<sup>7</sup> ; où l'obstruction est soit entière ou partielle. [Tebib E-H. 2008]

- Le premier cas, la préservation formelle est maintenue, l'appropriation se fait de manière douce, par le biais d'opérations légères, d'aménagement, d'ameublement, de revêtement (ravalement de mur, ou par des carreaux de faïence). Dans plusieurs cas, la pose d'une grille de sécurité (généralement même sur les fenêtres), un tissu en toile épais ou la fermeture par de la tôle, du bois, du roseau, pour se protéger des agressions de l'environnement extérieur.
- Le deuxième cas, correspond à la suppression de l'espace balcon par la construction d'un mur en brique sur la totalité de son ouverture, percé par une fenêtre, ou juste sur la partie du garde-corps et surmonté d'une baie vitrée (vitrage monté sur une structure métallique, bois ou aluminium), (figure 7). Dans ce cas, le balcon est soit conservé derrière l'obstacle ou agencé à la pièce communicante, le plus souvent transformé en cuisine, et l'originelle est réappropriée en salle à manger ou en chambre, selon les familles. Ou bien, aménagé en tant que bureau de travail, ou comme chambre à coucher pour l'un des enfants adolescents.

Ces marquages adoptés sur les façades sont multiples par des moyens matériels diversifiés, apparents de la rue et rendent la lecture de l'aspect initial de la façade difficile. La façon d'intervenir est d'ordre économique, organisationnel et architectural ; sans toutefois se soucier des mesures esthétiques ou d'embellissements dans la réalisation. Par ailleurs, chez certaines familles, plusieurs procédés se combinent : rideau, acier et verre,... (figure 8), assurant ainsi intimité, confort thermique et sécurité.

---

<sup>7</sup> Douce et brutal, sont deux formes d'appropriation de l'espace balcon, qualifiés par Tebib El Hadi (2008), dans sa thèse de doctorat intitulée : « L'habitat dans le logement de type social à Constantine, Manières et stratégies d'appropriation de l'espace ». Cette classification c'est opérée sur le plan formel.



Figure 8 : Différents matériaux utilisés suivent les besoins à Tizi-Ouzou. (Source : auteur)

#### I.7.4 Histoire et évolution de la fonction du balcon

A l'origine, le balcon été un signe distinctif de richesse réservé à un groupe de population, qui résulte d'une inspiration bourgeoise et hygiénisme, pour une fonction esthétique avant tout et sert aussi, de lieu de spectacle « *acteurs et spectateurs sur la scène en permanence* », [Grolier M. 2013, p 17]. Les habitants de couches moyennes, après la seconde guerre mondiale, l'adaptent afin de répondre au manque de logements salubres, ayant pour seule préoccupation, l'orientation par rapport à la course du soleil, sans lui doté un usage spécifique. En outre, l'importance des espaces extérieurs et la transition qu'ils permettent entre intérieur/extérieur, comme prolongement de foyer est nécessaire pour les besoins psychologiques.

Le balcon contemporain, compte à lui, à deux fonctions contradictoires, le premier accueille les tâches ménagères qui ne peuvent pas être déroulées dans le logement par manque ou absence de surface, ou par particularité de l'usage. Le deuxième rôle du balcon constitue en un espace de détente et de transition. De ce fait, les besoins qui ne sont pas satisfaits, se voient déplacés au détriment de la façade. L'ambiguïté d'une utilisation mal vue de l'extérieur, occultée par la notion d'esthétique de la façade, est nécessaire pour l'habitant et ce n'est pas par exhibition que des activités internes transitent sur le balcon mais par ce que « *l'utilité priment sur celles de l'apparence* », [Grolier M. 2013, p 172]. Donc un besoin véritable pour l'usager du logement.

Plusieurs usages sont compilés dans un même espace pour lequel il n'a pas été conçu. Nous remarquons certains usages qui sont permanents d'autres casuels, regroupés en trois fonctions principales, à savoir le renvoi, la symbolisation et la détente ; et leur déroulement est conditionné par l'intimité et la sécurité. Ce sont :

- ✚ **La fonction de renvoi**, les habitants tolèrent certaines activités à l'intérieur de l'appartement et rejettent d'autres fonctions jugées inadéquates vers des espaces superflus tels que le débarras. Dans certains cas, le balcon, par manque d'espace l'habitant se trouve contraint de déplacer ces activités vers le balcon par manque d'espace approprié. Cette fonction regroupe plusieurs sous-groupes fonctionnels, qui sont :
  - **Fonction technique**, pose de parabole et climatiseur ;
  - **Fonction domestique**, tels que l'étendage des tapis et séchage du linge ;
  - **Fonction de stockage**, les objets encombrants (outillages et accessoires des enfants), réserves d'eau et de légumes.



✓ Fonctions occasionnelle



✓ Fonctions permanentes

**Figure 9** : Aspect de la fonction de renvoi du balcon.

A gauche, garde du mouton de l'Aid. (Source : M-S. Lakabi, 2002, p 122)

A droite, fonction technique et ménagère du balcon. (Source : auteur, 2015)

- ✚ **La fonction d'esthétique**, est une fonction symbolique inculquée aux espaces à travers le processus d'appropriation. La disposition de plantes renvoie à une symbolisation esthétique et l'exposition des moyens financiers (climatiseurs et paraboles) traduit le rang social effectif de l'utilisateur. L'exhibition ici est volontaire par une image matérialisée et diffusée.
- ✚ **La fonction de détente**, la relation de l'individu avec l'environnement extérieur est très importante sur le plan psychologique. L'observation de tabouret et table basse dans certain cas, témoigne de cette fonction de relaxation.

✚ **L'intimité et la sécurité**, les ménages, généralement des niveaux inférieurs, procèdent à la pose de grille métallique pour sécuriser le balcon, car les objets disposés dans cette espace sont exposés au risque de vol.

Considérant que le déroulement des activités citées précédemment, est exécuté par les femmes et la culture arabo-musulmane incite sur la préservation de l'intimité familiale, nous observons l'ajout dans la plus part des cas, un rideau en toile, ou encore la fermeture du balcon par une baie vitrée en aluminium, devenu une tendance, qui renvoie à une recherche d'intimité. En effet, la création d'un obstacle visuel, est dans le but, de protéger l'intimité matérialisée par la protection de la femme des regards extérieurs.



- Utilisation de la grille métallique au niveau du 1<sup>er</sup> étage.
- Utilisation de brise vue, pour des raisons d'intimité, juste au niveau du garde-corps.
- Utilisation du rideau pour des considérations d'intimité, sur l'ensemble du balcon.
- Utilisation de baie vitrée en aluminium pour des considérations d'intimité, ou/et climatiques car la façade est orienté Ouest, exposée aux vents dominants en hiver, et l'éblouissement en été.

**Figure 10** : Marquage matériel de l'espace balcon pour des raisons d'intimité et de sécurité.  
(Source : auteur, 2015)

Toutefois, l'orientation du bâtiment par rapport aux paramètres du climat est aussi un motif, ayant obligé les habitants à effectuer des interventions individuelles, devenues par la suite communes, sur l'espace balcon (figure 10). En effet, le travail de recherche mené par Mestoul en 2010<sup>8</sup> dans la cité CNEP 800 logement à Bouzaréah, a montré que l'élimination

<sup>8</sup> Ce travail de recherche, consiste en une évaluation du degré de gêne dans les espaces publics extérieurs soumis aux effets aérodynamiques des bâtiments sur un cas d'étude : cité CNEP 800 logements à Bouzareah-Alger dans le cadre d'un mémoire de magistère à l'EPAU.

de plusieurs balcons et le remplacement des menuiseries à battement par d'autres coulissantes, été dans le but d'éviter le claquement des persiennes sous l'action des vents violents auxquels ces espaces sont exposés, [Benlakehal N. 2014, p 43].

L'analyse, faite par Capannini L. (2005, p 10-11), de la cité résidentielle des Carrières Centrales à Casablanca (1951-1954) -unités d'habitat respectueuses des habitudes traditionnelles (maison à patio), prévoyant aussi des bâtiments en hauteur, de conception européenne, avec ouvertures à l'extérieur- démontre que grâce à l'emploi d'espace de transition entre l'intérieur et l'extérieur les architectes arrivaient à contrôler les conditions climatiques des bâtiments. Ces espaces de transition sont définis par des circulations (les coursives et les escaliers), des espaces intermédiaires (balcons, loggias, patios), qui prolongent le logis.

Suite aux innombrables transformations effectuées par les usagers dans les appartements, essentiellement la problématique des balcons convertis en espace de vie, le retour à une architecture traditionnelle propre aux régions nord et sahariennes, qui répond le mieux aux exigences des habitants et leurs coutumes, est d'actualité. Cette nouvelle typologie d'habitat doit être proche du mode de vie d'aujourd'hui.

En outre, la transparence apporte de la lumière et laisse passer la vue depuis l'intérieur, mais aussi depuis l'extérieur, contrairement à l'opacité. Donc la gestion de la transparence se fait par rapport au vécu de l'espace et non selon l'aspect esthétique de la façade. Le balcon doit répondre à plusieurs exigences antagonistes, tel que :

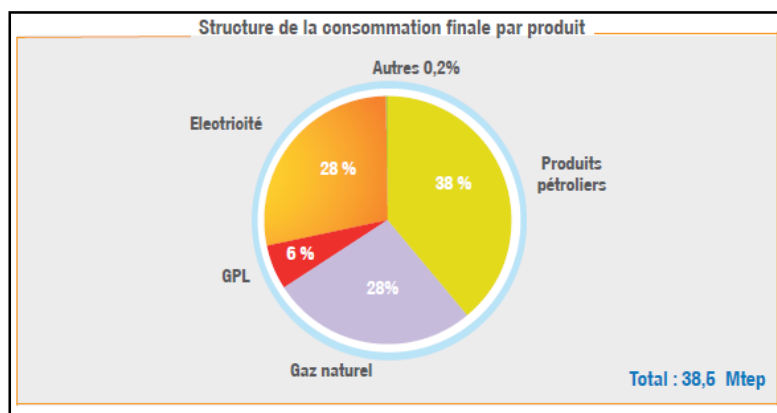
- ✓ S'ouvrir à la pénétration de la lumière et l'air, sans nuire à l'intimité visuelle, ni favoriser l'intrusion d'autrui.
- ✓ Refermer pour des raisons de sécurité mais sans s'enfermer ;

A la lumière de ce qui a été dit, l'intégration de tels espaces (balcon) au sein de nos quartiers exige une sérieuse étude psychosociologique et environnementale. L'étude des espaces intermédiaires reste à ce jour problématique. Nous observons que l'accent est mis sur les relations spatiales (balcon/séjour), mais l'interrelation entre l'appartement et son environnement immédiat, assurée par la relation entre le balcon et l'extérieur qui devrait se lire à partir de la façade, est absente.

## II. Consommation énergétique des ménages

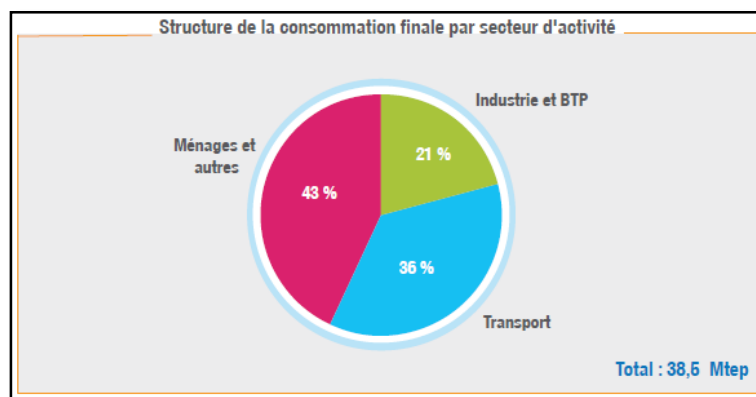
### II.1 La consommation énergétique en Algérie

Notre consommation repose essentiellement sur les ressources fossiles et les énergies renouvelables occupent un pourcentage presque nul. Elle a augmenté en 2013 de 6% et la production d'électricité est essentiellement assurée à partir de gaz naturel. La figure 11 montre l'importance des produits pétroliers qui résulte des carburants automobiles et la consommation du GPL (Gaz de Pétrole Liquéfiés est un mélange de 60% gaz naturel et 40% de raffinage de pétrole) est basse, du fait que l'état poursuit le développement des réseaux de distribution publique du gaz naturel.

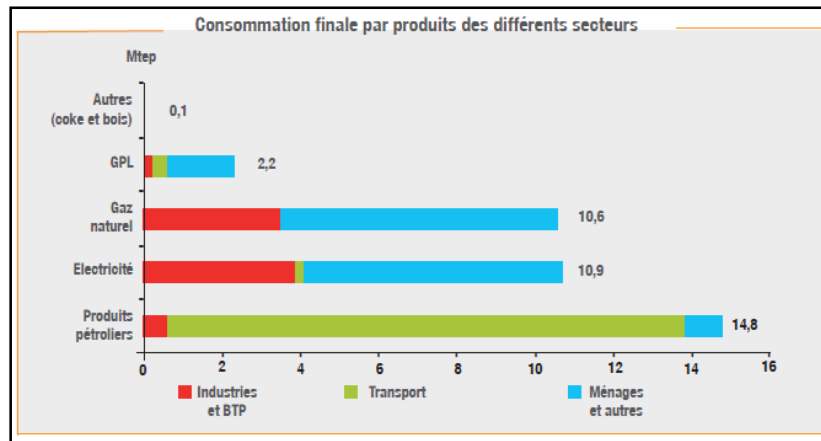


**Figure 11** : La consommation énergétique finale par type d'énergie en 2013.  
(Source : MEN, 2013)

La consommation des ménages et autres (résidence et agricole) a augmenté selon la figure 12, dont la part est passée de 40% en 2010 à 43% en 2013 ; ce qui reflète l'amélioration du niveau de vie des citoyens et l'augmentation du revenu d'un ménage. Contrairement aux secteurs agricoles qui a connu en 2013 une forte baisse de moins de 33.6%.



**Figure 12** : La consommation énergétique finale par secteur d'activité en 2013.  
(Source : MEN, 2013)



**Figure 13** : La répartition de la consommation énergétique finale par produit et par secteur d'activité en 2013. (Source : MEN, 2013)

Après lecture du graphique présenté dans la figure 13, il ressort que :

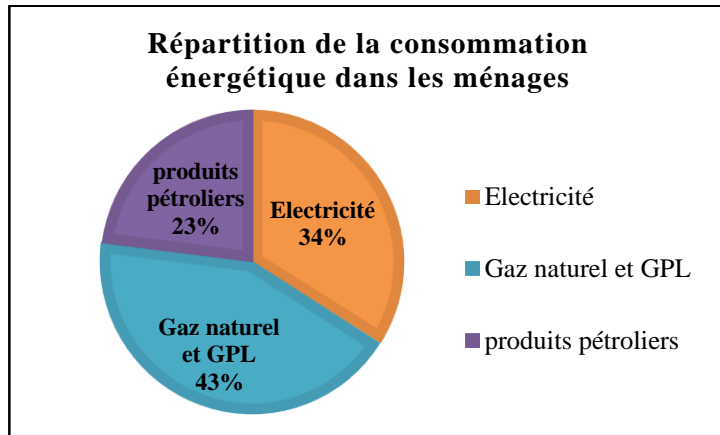
- ✓ 86% des produits pétroliers sont absorbés par le secteur routier ;
- ✓ 62% de l'électricité est consommée par le secteur des ménages et autres (résidentiel et agriculture) ;
- ✓ 67% du gaz naturel est consommé par le secteur des ménages et autres ;
- ✓ 77% du GPC est orienté vers le secteur des ménages et autres, suivi par les transports avec 16% et enfin l'industrie avec 7% ;
- ✓ 91% des produits solides sont absorbés par le secteur industriel.

### II.1.1 La consommation énergétique dans le bâtiment

Plus de 52.3 % [Semahi S. & Djebri B. 2013], du bilan énergétique national final est consommé par le bâtiment (résidentiel et tertiaire). La consommation a été multipliée par trois durant les trois dernières décennies et d'ici l'an 2025, le même taux d'augmentation est prévu, [Afra H. 2010]. Le secteur résidentiel est responsable de 35% de la consommation d'énergie finale nationale, [Semahi S. & Djebri B. 2013]. Elle est en augmentation continue, avec l'accroissement du parc de logement et des taux d'appareils électrodomestiques énergivores (chauffage et climatisation) [APRUE, N°15, juin 2009], pour satisfaire le confort souhaité dans les ménages car l'architecture de ces bâtiments n'est pas adaptée aux conditions climatiques, [APRUE, N°14, avril 2009].

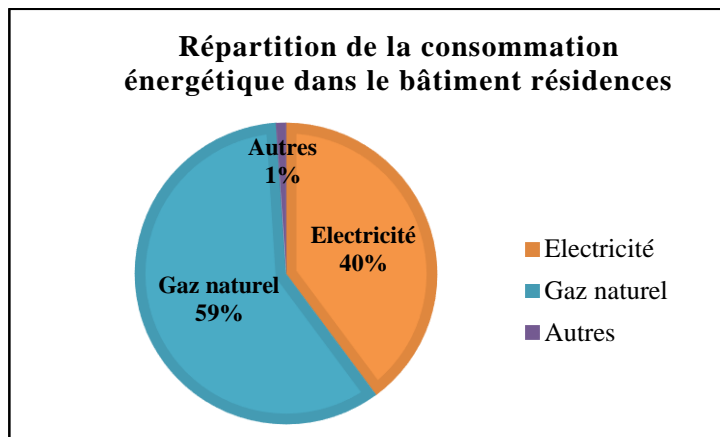
La consommation d'électricité spécifique a partiellement accru depuis les années 2000. Cette augmentation est en hausse, elle représente 34% de la consommation énergétique d'un

ménage, contre 43% pour le gaz naturel et le GPL et 23% pour les produits pétroliers. Cependant 34% de la consommation spécifique est destinée aux équipements de loisir en 2005 contre 2% en 1973, [APRUE, N°16, Octobre 2009].



**Figure 14** : Répartition de la consommation énergétique dans les ménages.  
(Source : auteur)

Dans un communiqué de R. Abdelatif, le jeudi 9 octobre 2014, le secteur résidentiel consomme près de 31.8 % de la consommation énergétique finale (CEF) totale, 39.8 % de la CEF en électricité et 59 % de la CEF en gaz naturel. La part dans de la consommation électrique est passée de 32% en 2000 à 35% en 2013.



**Figure 15** : Répartition de la consommation énergétique dans le secteur résidentiel.  
(Source : auteur)

Ces différents types d'énergie sont utilisés dans l'usage domestique, essentiellement :  
[Bellara S. 2005, p 11]

- ✓ Le chauffage, qui absorbe en moyenne 60% de l'énergie ;
- ✓ L'éclairage, l'électroménager, l'audio-visuel et la climatisation représente près de 20% de l'énergie ;
- ✓ L'eau chaude sanitaire, près de 15% de l'énergie ;
- ✓ La cuisson représente près de 5% de l'énergie.

L'énergie électrique consommée est répartie en fonction de la tâche ménagère comme suit : [Chabane L. 2010, p 21]

- ✓ 30%, éclairage ;
- ✓ 25%, réfrigérateur ;
- ✓ 10% audio-visuel ;
- ✓ 4% lave-linge ;
- ✓ 2% ensemble PC ;
- ✓ 29%, autres, (appareils électriques domestiques non instrumentés lors de la campagne de mesure, établit par l'APRUE).

Par ailleurs les pertes d'énergie sont évaluées par la société à 15% pour le gaz naturel et à 20% pour l'électricité, [Abdelatif R. 2014] ; dû la nécessité aujourd'hui d'investir dans un nouveau modèle énergétique alternatif.

### **II.1.2 Politique énergétique dans le bâtiment résidentiel**

Les prémisses de la politique énergétique algérienne remontent à 1986, suite au contre-choc pétrolier (prix du pétrole en baisse et recule de l'activité économique basée sur l'exportation du pétrole). Une période de flottement, caractérisée par la création et la dissolution du CSRST (Construction du Système de recherche scientifique et technique), l'action de l'ONRS (Office National de la Recherche Scientifique, créé en 1973) est relayée par le CEN (Commissariat aux Energie Nouvelles, créé en 1982 et dissous en 1986), puis par le HCR (Haut-Commissariat de la recherche, créé en 1986 à 1990), [Khelfaoui H. 2001, p 7].

La préoccupation de l'efficacité énergétique se traduit par la proposition, faite par le Ministère de l'Energie, d'un modèle de consommation de gaz naturel et GPL dans les transports ainsi que la modification des moyens productifs. Aujourd'hui ces modèles consistent en quatre instruments, qui sont : [Sénit C-A. 2008, p 33]

- ✓ Une Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'utilisation de l'énergie ;
- ✓ Un cadre réglementaire assuré par la loi de 1999 ;
- ✓ Un fonds national pour la maitrise de l'énergie ;
- ✓ Des mesures d'incitations et d'accompagnement.

A la fin des années 80, la préoccupation énergétique avait disparu avec la hausse des prix des hydrocarbures, nous remarquons l'inefficacité du mécanisme de contrôle, de sanctions et la non application de la réglementation thermique dans les bâtiments neufs. Le souci majeur était de répondre à la pénurie de logements, répondant au seul critère de rapidité, et le faible coût, sans aucun engagement de l'état sur la conception des logements.

En effet, la création d'un établissement public, en 1987, « *chargé des missions d'information de communication et de formation pour les acteurs publics et privés de l'énergie, et particulièrement de l'établissement de partenariats avec ces différents acteurs afin d'impulser des programmes d'actions transversaux* » [Sénit C. A. 2008, p 33] ; sous le nom de l'APRUE (Agence pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie).

En 1990, l'état développe plusieurs dispositifs réglementaires quant à l'efficacité énergétique dans l'habitat. Puis une réflexion sur la consommation active et passive énergétique dans le logis neufs est apparue en 1995 et en 1997, sous forme de Documents Techniques Réglementaires (DTR) initiés par le Ministère de l'Habitat et de l'Urbanisme ; mais ce n'est qu'en 2000 qu'ils ont été approuvés par le Ministère de l'Energie et des Mines, comme décret exécutif. Par la suite en 2004, l'Algérie met en place le Comité intersectoriel de la maîtrise de l'énergie, pour assurer l'animation et la coordination de la politique de maîtrise de l'énergie. [APRUE. 2010]

Les politiques énergétiques dans le secteur résidentiel algérien ont été instaurées essentiellement en 1999, par la loi 99-09 du 28 juillet 1999, relative à la Maitrise de l'Energie ; qui a pour objectif la définition des conditions, des moyens d'encadrement et la mise en œuvre de la politique nationale de maîtrise d'énergie, [Afra H. 2010]. Cette loi définit l'ensemble des mesures à mettre en œuvre en vue d'une rationalisation dans la consommation, développement des énergies renouvelables (solaire, géothermie, biomasses, électricité hydraulique et éolienne), et la diminution de la pollution dû aux systèmes énergétiques, qui ont un impact négatif sur l'environnement, [Article 2, loi 99-09 du 28 juillet 1999, relative à la maîtrise de l'énergie]. Elle oriente la demande d'énergie vers l'utilisation du gaz naturel en priorité, pour l'usage thermique et l'orientation de l'électricité vers ses usages spécifiques.

Cette ambition en vers le cout énergétique et environnemental c'est concrétisée par la création d'un HCER (Haut-Commissariat aux Energies Renouvelables, en 2011), pour relancer les énergies renouvelables (stratégies et moyens) avec un programme de développement de cette énergie de 22.000 MW (produite) sur la période de 2015-2030 (27% dans la production d'électricité). Elle a été Concrétisée par la parution du première numéro de la revue algérienne de l'énergie publiée par le Ministère de l'Energie en Janvier 2015 « Algérie Energie », consacrée aux premiers résultats du secteur de l'énergie pour l'année 2014 (production primaire d'hydrocarbures et de distribution publique d'électricité/gaz, en plus du bilan de ce secteur), [CDER].

### **II.1.3 Efficacité énergétique dans le bâtiment résidentiel**

Dans le bâtiment résidentiel, la maitrise de l'énergie se fait par le contrôle de l'efficacité énergétique. Cette dernière est établie à partir des modalités relatives à la certification de la conformité de la construction (s'appliquant à la conception et à la construction des bâtiments neufs suivant les conditions climatiques du lieu donné) aux « *normes techniques relatives à la construction se rapportant à la résistance thermique, à l'étanchéité des ouvertures de l'enveloppe extérieure d'un bâtiment, à la qualité des matériaux d'isolation et leur mode d'installation, à la fenestration, aux dispositifs des systèmes de chauffage ou de climatisation* ». [Article 2, loi 99-09]

En partenariat du CNERIB et CDER, un Projet Pilote de Logement à Haute Performance Energétique a été réceptionné en Juin 2009 et a eu le prix « globe energy award ». Ce type de logement a été multiplié dans le cadre du Programme Quinquennal PNME (Programme National de Maitrise d'Energie) 2010-2014, qui prévoyait 3000 logements neufs, à haute efficacité énergétique et 4000 logements existants pour une réhabilitation thermique. [Afra H. 2010], (difficile à intégrer à ce jour, en raison de leur surcout et de la priorité accordée à la résolution de la crise de logement).

Un programme de l'efficacité énergétique, a été adopté récemment par le gouvernement en se focalisant sur le secteur du bâtiment, le domestique en particulier qui permettra de réduire 30 millions de TEP (Tonnes Equivalent Pétrole) d'ici 2030. Ce programme vise à améliorer le cadre de vie du citoyen, tout en assurant le confort intérieur des logements absorbant le moins d'énergie, [CDER, 2015] ayant les mêmes caractéristiques :

- ✓ Isolation thermique efficace basée sur des technologies innovantes ;
- ✓ Equipements et appareils performants ;
- ✓ Chauffe-eau-solaires ;
- ✓ Lampes économiques.

## **II.2 Comportement thermique de l'habitat contemporain en Algérie**

### **II.2.1 Réglementation thermique en Algérie**

La thermique du bâtiment est réglementée par le décret exécutif N°2000-90 du 24/04/2000 (dans le bâtiment neuf est inclus dans la loi 99-09), permet de limiter les déperditions en hiver et les apports calorifiques en été dans les bâtiments et définit les seuils à ne pas dépasser. Le Centre National d'Etude et de Recherches Intégrées du bâtiment (CNERIB) élabore les trois documents techniques réglementaires (DTR) en thermique du bâtiment, pour les professionnels : [Dali K. 2006, p 22].

- DTR C 3-2, établi les règles de calcul des déperditions calorifiques d'hiver pour les bâtiments à usage d'habitation ;
- DTR C 3-4, établi les règles de calcul des apports calorifiques d'été pour les bâtiments à usage d'habitation ;
- DTR C 3-31, relatif à la ventilation naturelle des locaux à usage d'habitation.

L'application des trois DTR, induisent un surcoût d'environ 10% par rapport à un logement ordinaire, qu'est négligeable comparé à l'économie d'énergie résultante du chauffage et la climatisation. La période de retour de l'investissement est de 10 ans. Les orientations développées par le CNERIB en 2010, pour une conception économe en énergie sont :

- ✓ Orientation adéquate de l'ouvrage est le sud ;
- ✓ Isolation thermique et utilisation des matériaux locaux ;
- ✓ Ventilation naturelle ;
- ✓ Energie solaire pour l'eau chaude et plancher chauffant ;
- ✓ Fenêtre PVC avec double vitrage ;
- ✓ Eclairage naturel, avec lampes LBC pour l'éclairage artificiel ;
- ✓ Ombrage naturel.

Une absence de l'application de la réglementation thermique, due à l'absence de moyens d'exécution et de vérification des exigences réglementaires ainsi à l'insuffisante communication autour des DTR, engendre des bâtiments énergivores.

## **II.2.2 Comportement thermique de l'habitat contemporain en Algérie**

Malheureusement pour satisfaire les besoins de confort thermique, l'architecture du vingtième siècle privilégie la technologie. Elle, qui ignore le comportement des matériaux de constructions, entraîne un gaspillage important en énergie. Les constructions sont édifiées en négation des caractéristiques du site et climatologiques. En effet, une même typologie peut se trouver dans deux régions climatiques opposées, avec des pratiques sociales différentes.

Le travail de recherche de [Chelghoum Z. & Belhamri A, 2001, p 59] sur l'habitat collectif contemporain préfabriqué a également montré ses insuffisances dans le contrôle naturel des conditions de confort, ainsi que le comportement thermique. Aussi, des études menées par (Eben Saleh M.A. 1990, Ouahrani. 1993 et Ben Habib. 1994), qui traitent le comportement thermique de deux maisons l'une traditionnelle, l'autre contemporaine, démontrent l'effet très positif de l'inertie thermique, pendant la saison froide et chaude, [Bellara S. 2005, p 87].

De ce fait, une connaissance des caractéristiques thermiques de l'enveloppe du bâtiment, ainsi que le comportement thermique de l'enveloppe avec l'environnement extérieur et entre l'individu et son milieu naturel sont obligatoire, qui se résume à :

- ✓ L'échelle urbaine, le microclimat, l'implantation dans le site et la composition avec la végétation ;
- ✓ Le projet architectural, la conception du volume, forme, orientation, inertie thermique, matériaux de constructions ;
- ✓ La réglementation thermique et viellé a son application, en fonction des zones climatiques.

## **III. L'habitat durable**

### **III.1 Définition du développement durable**

La notion de développement durable, est le développement du présent sans compromettre l'avenir des générations futures et la capacité des énergies fossiles, épuisable, [Lavigne P. 2000]. Le développement durable a pour vocation d'assurer le bien-être pour l'homme dans une atmosphère harmonieuse, (la nature et l'économie), à long terme et à une échelle

mondiale. Il s’appuie sur des principes fondamentaux adoptés mondialement, qui sont établis à la conférence de l’ONU<sup>9</sup> (1996, p 8) et sont :

- ✓ Lutter contre le réchauffement climatique par la réduction d’émissions de CO<sub>2</sub> et l’utilisation d’énergies renouvelables aux lieux des énergies fossiles, polluantes ;
- ✓ Réduction du gaspillage et encourager le recyclage ;
- ✓ La protection de la diversité biologique ;
- ✓ Solidarité avec les pays en voies de développement ;
- ✓ Faire participer les différents acteurs publics et privés.

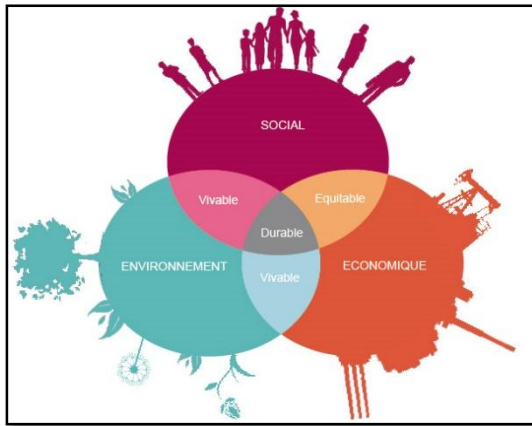
### **III.1.1 L’habitat durable**

L’habitat durable ne se limite pas à l’écoconstruction, mais prend en compte la durabilité temporelle. Elle optimise l’utilisation d’énergie renouvelable, matériaux non toxiques et recyclables, tout en assurant confort et santé des individus, [Roulet C. A. 2010]. Cette notion est dite pour toute réalisation, qui cherche à s’inscrire harmonieusement dans son site, permettant ainsi une édification de bâtiment plus écologique, plus confortable, moins énergivore ; par des moyens simples innovants, [Lavigne P. 2000]. Elle Se doit d’être accessible à tous et permettre des adaptations pour tous et ce, face aux mutations futures.

Le développement durable (rapport de Brundtland<sup>10</sup>, 1987) définit l’habitat durable comme étant un habitat qui se fait dans le respect des limitations techniques et organisations sociales suivant la capacité de l’environnement à répondre aux besoins actuels et à venir, [Debuigne B. 2008]. Elle s’organise par l’homme autour de son milieu de vie et répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des populations vivantes sur d’autres territoires, ni celles des générations futures à répondre aux leurs et ce, en cherchant un équilibre entre les trois principes d’environnement, d’économie et de social dans le respect des modes culturels, [Skelton M. & Rasseneur G, 2012, p 3]. En tant que citoyen de ce monde, nous sommes contraints d’en prendre soin, d’où la nécessité de réfléchir à notre mode de vie, à notre façon de construire notre habitat d’aujourd’hui de façon globale et particulière.

---

<sup>9</sup> La conférence de l’ONU, à Istanbul 1996, est la 2<sup>ème</sup> conférence sur les établissements humains (habitat II).  
<sup>10</sup> Rapport de Brundtland, est le nom communément donnée à une publication, officiellement intitulée « Notre avenir à tous », publiée en 1987 par la Commission Mondiale sur l’environnement et le développement de l’Organisation des Nations Unies, du nom de la Norvégienne Gro Harlem Brundtland, alors présidente de la CMED. Ce rapport utilise pour la première fois l’expression de « sustainabl developement », traduit en français par « Développement Durable » et lui donne une définition.



**Figure 16** : Fondements du Développement Durable.  
(Source : Principes du Développement Durable)

## III.2 L'approche Bioclimatique

L'homme depuis toujours a su utiliser son environnement, pour obtenir un confort d'ambiance, principalement en thermique, adéquat et agréable de la manière la plus naturelle possible. Ce concept trouve son ancrage dans l'architecture vernaculaire que Hassan Fathy a appelé « architecture sans architecte » ; un art et un savoir-faire intuitive, hérité des anciens, auquel nous pouvons nous référer aujourd'hui.

Les deux crises pétrolières et le réchauffement climatique, sont venus nous rappeler qu'on doit changer d'habitude en matière de construire par des gestes simples au quotidien. Quelque temps oublié, cette architecture populaire, témoigne d'un grand respect pour l'environnement. Elle est redécouverte aujourd'hui et profite des avancées techniques appelées architecture bioclimatique ou bio-climatisme.

### III.2.1 Définition et concept

La démarche bioclimatique, est le prolongement de certains savoir-faire. Cette notion est d'actualité, basée sur une connaissance intuitive du milieu naturel et du climat. C'est-à-dire la mise au point de solutions architecturales à partir d'une composition entre l'ensemble des techniques et des matériaux disponibles, en vue d'un résultat thermique souhaité qui répond aux exigences de l'utilisateur à partir du climat local, [Izard J. L. 2006, p 9]. Cela consiste donc à trouver une adéquation entre l'habitat, le climat et le comportement des occupants, pour réduire au maximum les besoins de chauffer ou de climatiser.

L'habitat bioclimatique permet de rapprocher au maximum ses occupants des conditions de confort. Sous nos climats, les variations de l'ensoleillement, du vent et des températures

exigent de mettre en œuvre diverses stratégies adaptées aux différentes saisons, [Liébard A. & De Herde A. 2005, p 60 ].

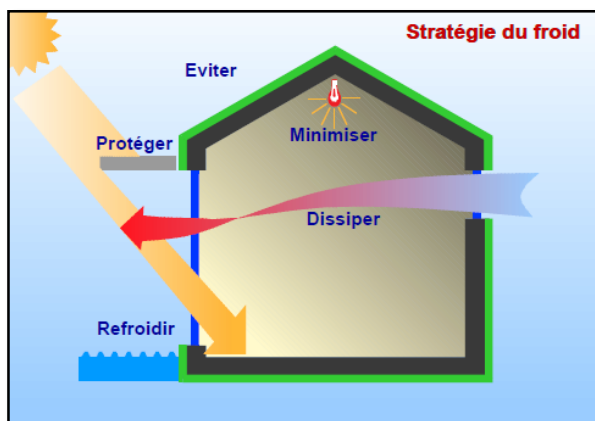
- En hiver, il importe de profiter des apports solaires et de se protéger du froid ;
- En été, il faut se préserver du soleil et parfois, ouvrir sa maison aux vents ;
- En demi-saison, pour une autonomie thermique, il y a une recherche d'ouvrir généreusement l'habitat à son environnement extérieur, [Courgey S. & Oliva J-p. 2006, p33].

Il n'existe pas de prototype de construction bioclimatique, mais le projet varie d'un lieu à un autre suivant le site d'implantation. Cette conception ne peut se faire sans un minimum de connaissance des phénomènes relatifs aux exigences humaines en matière de confort thermique, aux comportements thermiques des structures et caractéristiques des matériaux sous les effets des facteurs climatiques. Une fois cette connaissance acquise, il faut avoir recours à des outils de traitement de ces nouvelles données de manière simultanée.

## III.2.2 Principes de la conception bioclimatique

### III.2.2.1 Stratégie du chaud pour le confort d'hiver

Au confort d'hiver répond la stratégie du chaud (voir figure 17) : capter la chaleur du rayonnement solaire, la stocker dans la masse, la conserver par l'isolation et la distribuer dans le bâtiment tout en la régulant, [Liébard A. & De Herde A. 2005, p 31 ].



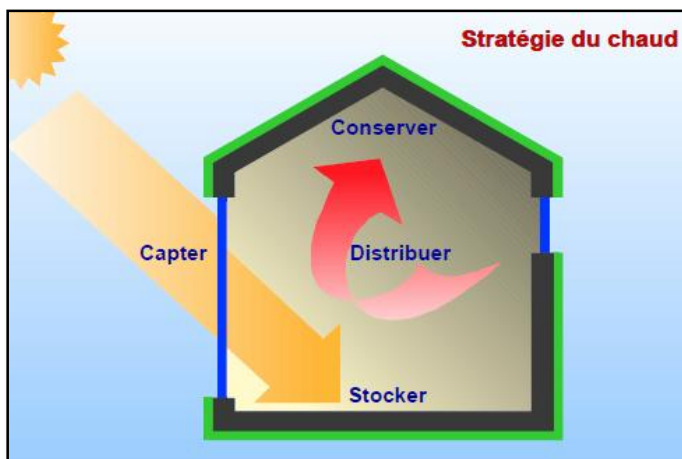
**Figure 17** : Stratégie pour l'hiver.  
(Source : Liébard A. & De Herde A. 2005, p 32)

- ✚ **Capter** : capter la chaleur consiste à recueillir l'énergie solaire et à la transformer en chaleur. Le rayonnement solaire reçu par un bâtiment dépend du climat et de ses variations journalières et saisonnières, mais aussi de l'orientation du bâtiment, de la nature de ses surfaces et de ses matériaux, de la topographie du lieu, de l'ombrage, ... etc.

- ✚ **Stocker** : il a lieu au sien de chaque matériau suivant sa capacité d'accumulation et permet ainsi d'absorber la chaleur et d'atténuer les fluctuations de température dans le bâtiment en tirant parti de son inertie.
- ✚ **Conserver** : en climat froid ou frais, nous s'efforcerons de conserver toute chaleur, qui découle de l'ensoleillement, d'apports internes ou du système de chauffage.
- ✚ **Distribution** : distribuer la chaleur dans le bâtiment tout en la régulant consiste à la conduire dans les différents lieux de vie où elle est souhaitable avec un temps de déphasage.

### III.2.2.2 Stratégie du froid pour le confort d'été

Au confort d'été répond la stratégie du froid : se protéger du rayonnement solaire et des apports de chaleur, minimiser les apports internes, dissiper la chaleur en excès et refroidir naturellement, [Liébard A. & De Herde A. 2005, p 32b ], (voir figure 18).



**Figure 18** : Stratégie pour l'été.  
(Source : Liébard A. & De Herde A. 2005, p 31)

- ✚ **Protéger** : la protection du bâtiment et plus précisément ces ouvertures, de l'ensoleillement direct, afin de limiter les gains directs revient à ériger des écrans, extérieures si possible, qui le mette à l'ombre. Ces écrans peuvent être permanents, amovibles ou saisonniers.
- ✚ **Minimiser les apports internes** : vise à éviter une surchauffe des locaux due aux occupants et aux équipements, comme de favoriser l'éclairage naturel.
- ✚ **Dissiper les surchauffes** : à partir d'une ventilation naturelle, en exploitant les gradients de température par le biais d'exécutoires produisant un « effet de cheminée ».
- ✚ **Refroidir les locaux** : déstocker la chaleur emmagasinée la journée en favorisant la ventilation ou en augmentant la vitesse de l'air. Un autre moyen consiste à refroidir l'air par des plans d'eau, des fontaines, de la végétation, des conduits enterrées,...etc.

### III.2.2.3 Stratégie de la lumière naturelle

La conception bioclimatique s'adopte à tirer le meilleur parti possible de la lumière naturelle. Par opposition aux gains énergétiques, toutes les orientations apportent de l'éclairage naturel, mais varie en quantité et qualité. Son objectif est d'assurer un éclairage satisfaisant pour un confort visuel, suivant la fonction des pièces et le types d'activités. Le contrôle de l'éclairage par la mise en place d'éléments occulteurs est nécessaire car il peut être source d'inconfort et malaise en cas d'éblouissement (fort ensoleillement, rayonnement incidents directes). Ce principe est résumé dans la figure 19 et détaillé en annexe A.1.c.5.

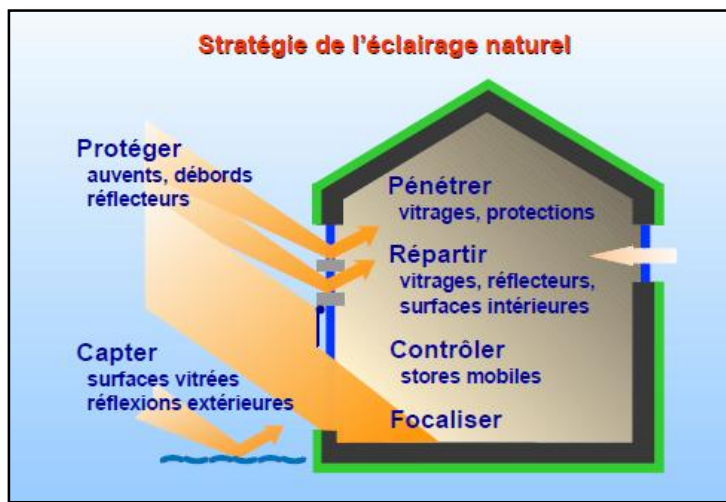


Figure 19 : Stratégie de la  
lumière naturelle.

(Source : Liébard A. & De  
Herde A. 2005, p 49)

### III.3 La durabilité dans la production Algérienne

Aujourd'hui une nouvelle dimension est engagée suite aux nombreux programmes de logements produits, la question de la qualité est d'actualité, pour garantir aux citoyens une meilleure qualité de vie dans une meilleure ambiance. La détermination de l'état pour améliorer la qualité de l'urbanisme et la construction, instaure en plus des réformes législatifs, organisationnels que techniques, particulièrement la sismicité, les glissements de terrain et les inondations, intégrer aux dimensions esthétiques, culturelles et environnementales.

Dans un souci d'unifier les références de contrôle (sécurité et esthétique), l'état décide de restructurer les CTC (contrôle technique de la construction) et également, l'article 12 de la loi 08-15 du 20 juillet 2008, fixant les règles de mise en conformité des constructions et

de leur achèvement. La recherche de la qualité architecturale a déjà été un objectif durant le plan quinquennal 2005-2009, poursuivi 2010-2014.

Ces deniers, reflètent l'approche durable adopté par le pouvoir public ; notamment par sa participation nationale ou/et internationale, dans des discours du développement durable tel que :

- ✓ Le premier colloque international sur la gestion des grandes villes en avril 1988 et l'Algérie était le pays organisateur ainsi que premier état africain à orienter les débats sur l'habitat, l'urbanisation et gestion des villes, la structure urbaine et organisation spatiale ; [Badeche M. 2008, p 32]
- ✓ La première communication nationale de l'Algérie sur les changements climatiques (2001, année de référence 2000 au lieu de 1994) ;
- ✓ La deuxième communication nationale de l'Algérie, élaborée en décembre 2010 (Sommet de Copenhague) ;
- ✓ La convention cadre des nations unies pour les changements climatiques (CCNUCC), ratifiée par l'Algérie en 1993 ;
- ✓ La problématique des changements climatiques a été prise en considération dans l'élaboration du système national d'aménagement du territoire (SNAT 2025).

La notion de durabilité est présente aussi dans de nombreux textes de lois :

- ✓ La loi n°01-20 du 12.12.2001, relative à l'aménagement et au développement durable du territoire ;
- ✓ La loi n°03-10 du 19.07.2003, relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable ;
- ✓ La loi n°04-20 du 25.12.2004, relative à la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable ;
- ✓ La loi n°06-06 du 20.02.2006, portant loi d'orientation de la ville.

Cependant la mise en application de ces textes de loi, supposés soutenir la notion de durabilité et créer un habitat qui remplit les trois critères « *confort-qualité-prix* » [Heraou A. 2012, p 69], c'est limitée juste aux travaux du CNERIB, dans le cadre du projet Med-Enec, destiné aux pays de la Méditerranée, par le lancement en 2011 d'un projet pilote de 600 logements à haute performance énergétique [Semahi S. 2013] et la réalisation d'un projet pilote d'un logement rural à haute performance énergétique.

Le 14 avril 2016, Abdelmadjid TEBBOUNE (Ministre de l'Habitat, de l'Urbanisme et de la ville) a indiqué dans un communiqué de presse que « 80 unités de logements à Djelfa seront attribuées aux enseignants universitaires, outre la réalisation de 20 unités à Mostaganem, 54 à Sétif et 80 à Blida ; les autres programmes sont en cours de réalisation ».

### **III.3.1 Vers une architecture consciente de l'énergie**

Pour adapter le bâtiment aux conditions climatiques, l'occupant a recouru le plus souvent aux climatiseurs et chauffages ainsi que l'éclairage artificiel, dès que l'inconfort s'installe. Ces besoins sont en hausses en permanence et afin d'assurer un développement durable en harmonie avec l'environnement d'autres sources d'énergie propre sont à prévoir pour adapter le bâtiment au climat et au mode de vie des futures résidants, dès le processus de conception. En vue d'une architecture intelligente, respectueuse de l'environnement et consciente de l'énergie, de nouveaux concepts ont apparus : architecture bioclimatique, solaire passive ou architecture climatique, qui permettent le contrôle du confort d'été et d'hiver par des moyens spécifiquement architecturaux, [Bellara S. 2005, p 17].

L'énergie solaire (voir annexe A.1.a), de toutes les ressources énergétiques renouvelables, n'a pas besoin d'une technologie de pointe pour son utilisation et selon Lavigne P. (1994, p 13) « l'essentiel de l'activité climatique extérieure est directement ou indirectement liée aux rayons solaires : en effet toutes les énergies disponibles proviennent directement ou indirectement du soleil ».

### **III.3.2 L'Algérie et le soleil**

L'Algérie dispose des meilleurs gisements solaires dans le monde, la qualité de son rayonnement solaire lui permet d'être classée parmi les trois premiers au monde. En 2014, l'énergie solaire a succédé l'énergie éolienne et son coût d'exploitation, pour une première fois, a beaucoup baissé. Dernièrement, le gouvernement a adopté un programme de développement des énergies renouvelables et le projet de Sonelgaz, de 20 villages isolés du sud, basés sur le solaire photovoltaïque, [Sonelgaz, 2013]. Les perspectives en cours sont :

- ✓ Le territoire algérien électrifié à 99% ;
- ✓ le taux de pénétration du gaz en Algérie a atteint 40% ;
- ✓ et d'ici 2030, 40% de la production d'électricité destiné à la consommation national sera d'origine renouvelable.

## **Conclusion**

Le style d'habitat importé des pays occidentaux, engendré par la croissance démographique et la politique d'hébergement sous la pression de l'urgence en peu de temps est souvent une reproduction des plans standards sans prendre en considération les besoins des habitants, la structure des familles et leurs cultures. Cette production architecturale est réajustée et réappropriée par les propriétaires, avec de grands efforts d'adaptation et de mutation.


Le marquage social apparaît dans le paysage urbain sur les façades des immeubles, comme réponse aux problèmes techniques et environnementaux essentiellement sur des espaces extérieurs intermédiaires (balcon). Ces transformations expriment une remise en cause de la typologie des bâtiments collectifs et de l'organisation spatiale des appartements dont l'architecte a le rôle de trouver les solutions à ces problèmes et de construire une base de données pour le logement de demain.

Le logement de demain doit s'inscrire dans une démarche du développement durable, économisant ainsi les ressources naturelles et faire promouvoir l'énergie solaire offerte avec un grand potentiel sur le territoire national par une conception bioclimatique. Notamment, la recherche d'un logement de qualité, durable, mais surtout qui répond aux exigences environnementales et sociales.



# PREMIERE PARTIE

*L'habitat algérien : ambiance  
physique, sensible et confort d'usage*



## Chapitre II

**Ambiances hygrothermiques et  
lumineuses**



### Introduction

Les recherches ont dérivé de la notion de la nuisance vers celle de la maîtrise, puis vers la qualité environnementale ; introduisant la dimension sensible des ambiances dans ses aspects culturels et artistiques. Ces approches qualitatives ont fait appel, en plus des sciences de l'ingénierie, aux sciences humaines, sociales et à la philosophie de l'esthétique.

La polysémie<sup>11</sup> de la notion d'ambiance provient de la complexité de chacun des registres pris à part et de leur interaction au sein d'une ambiance, simultanément thermiques, lumineuses, aérauliques, sonores et olfactives ; ainsi donnant naissance à l'ambiance singulière et globale.

La recherche sur les ambiances est donc inhérente et contribue à la réhabilitation des dimensions tactiles, olfactives ou sonores de l'architecture et de la ville, implique une réhabilitation préalable pluri-sensoriels. Cette pluridisciplinarité [Daoudi N-S. 2013] se pose d'abord en termes de prise en charges de problèmes des ambiances dès la phase de conception. Ceci rend possible la prise en compte des exigences des ambiances en termes de matériaux, de sols, de sensation et perception ; donc de conception de l'espace lui-même. La création des ambiances en architecture dépend de trois composantes : les objets, les sujets et le projet.

En effet les ambiances solaires (hygrothermique et lumineuse) sont le produit du soleil et le résultat d'interaction entre les conditions climatiques, l'espace architectural et l'individu comme élément percepteur. C'est ce que nous essayerons de démontrer dans ce chapitre. Effectivement, l'ensoleillement est la source de vie sur terre et l'énergie solaire est une énergie inépuisable, disponible et propre. Cette dernière, est responsable d'énormes apports au bâtiment et joue le rôle de :

- ✓ Source d'énergie (chaleur gratuite) en hiver ;
- ✓ Source d'inconfort thermique due à la surchauffe en été ;
- ✓ Source lumineuse directe, provoquant dans certain cas l'inconfort due à l'éblouissement ;
- ✓ Source lumineuse mobile, responsable des effets cinétiques ;
- ✓ Source lumineuse responsable de la lumière du ciel et celle qui illumine nos espaces construits.

---

<sup>11</sup> La polysémie est la propriété d'un mot à posséder plusieurs sens.

Le contrôle de l'ensoleillement se pose comme un régulateur du gain suivant l'effet recherché. Applicable à toutes formes architecturales et pour tous masques solaires. Ce qui n'est pas le cas le plus souvent, ou on remarque dans l'espace urbain des bâtiments standards, avec des façades identiques pour les différentes orientations sans aucun rôle de protection calculé au préalable.

Le travail du concepteur est de concevoir des façades qui répondent esthétiquement à l'expression architecturale du bâtiment, mais d'essayer aussi et surtout de contrôler les échanges intérieurs/extérieurs (chaleur et luminance). Ce contrôle se fait par une bonne manipulation des dispositifs architecturaux et une connaissance des conditions climatiques adaptées aux spécificités du site pour assurer le bien-être des usagers.

### I. Confort thermique

Le confort thermique est « *d'abord un phénomène physique soumis à une faible part de subjectivité* » [Izard J-L. 1993, p 07]. L'équilibre thermique du corps humain est source du confort ressenti par celui-ci et ça température interne est en moyenne de 37°C nécessaire au bon fonctionnement de l'organisme. Cette température est le résultat d'échange de chaleur entre le corps et son environnement. Le corps possède des mécanismes de thermorégulation qui maintiennent sa température interne en équilibre. Dès que les températures extérieures varient, deux comportements se manifestent :

- ✓ Dans un environnement chaud, le corps réagi par une dilatation des vaisseaux sanguins, qui entraine une augmentation du flux sanguin et évaporation de la sueur (sudation).
- ✓ Dans un environnement moins chaud, le corps produit plus de chaleur les vaisseaux sanguins se contractent et le corps frissonne.

En psychologie, le confort thermique est définit comme étant un état d'esprit qui exprime satisfaction et épanouissement moral ou physique en absence de gêne thermique, vis-à-vis de l'environnement ambiant. En outre, le confort dans l'habitat, est une recherche de « bien être chez-soi », [Medjelekh D. 2006, p 53] et être bien nécessite d'assurer une homogénéité des paramètres physiques dans la maison (température, hygrométrie, ...).

Une ambiance est qualifiée par les paramètres physiques du climat, par rapport à la production de chaleur interne conditionnée par l'état physique de l'homme (activité) et les

obstacles d'échange de chaleur entre le corps et l'air ambiant (vêtements) ainsi que l'augmentation de la température opérative suivant le facteur d'absorption (couleur du vêtu), provoquée par une insolation intercepté directement par le corps.

Izar J. L. (1993, p 9), définit le confort comme étant « *une interaction permanente entre le métabolisme<sup>12</sup>, la tenue vestimentaire, la température d'air, la température radiante de l'environnement et la vitesse d'air* ». La notation de qualité d'ambiance dans un espace habité se calcule à partir de ces paramètres, qui sont combinés à des conditions d'équilibre thermique entre l'homme et l'ambiance. La traduction de ces ambiances en termes de confort ce fait par des méthodes théoriques d'appréciation, basés sur des sondages, par le moyen du PMV<sup>13</sup>, obtenu à partir d'un PPD<sup>14</sup>. Ce principe permet une comparaison entre les différents bâtiments ou une variante d'un même bâtiment.

Le confort selon Lavigne P. (1994, p 57) dépend des paramètres physiques du climat ainsi que des facteurs physiologiques, psychologiques et même des phénomènes d'acclimatation propre à chacun d'entre nous.

Selon Liébard A. & De Herde A. (2005, p 27, 223), le confort thermique est « *un état de satisfaction vis-à-vis de l'environnement thermique. Il est déterminé par l'équilibre dynamique établi par échange thermique entre le corps et son environnement* », qui s'effectue selon divers mécanismes : la convection, le rayonnement, l'évaporation et la conduction et la sensation du confort thermique dépend des paramètres suivant :

1. température ambiante (température de l'air et température moyenne radiante ;
2. humidité relative de l'air ;
3. température de la peau ;
4. température radiante des surfaces environnantes ;
5. vitesse du mouvement d'air ;
6. quantité et type d'habillement, qui représente une résistance thermique ;
7. degré d'activité physique ;

---

<sup>12</sup> Le métabolisme est la production de chaleur interne au corps humain permettant de maintenir celui-ci autour de 36,7 °C.

<sup>13</sup> PMV : Predicted Mean Vote, est le Vote Moyen Prévisible.

<sup>14</sup> PPD : Predicted Percentage of Dissatisfied, est le Pourcentage Prévisible d'Insatisfaits.

Outre que ces sept variantes, Givoni B. (1978, p 77-88), compte à lui, introduit un autre facteur, et celui du « *degré d'adaptation aux conditions climatiques* », et situe la zone de confort dans une pièce, entre 18°C à 25°C en hiver et entre 20°C à 27°C en été.

Auliciems A. & Szokolay S. V. (2007, p 8), regroupent (tableau 1) les variables qui influent la dissipation de chaleur depuis le corps, affectant ainsi la sensation de confort thermique, en trois ensembles :

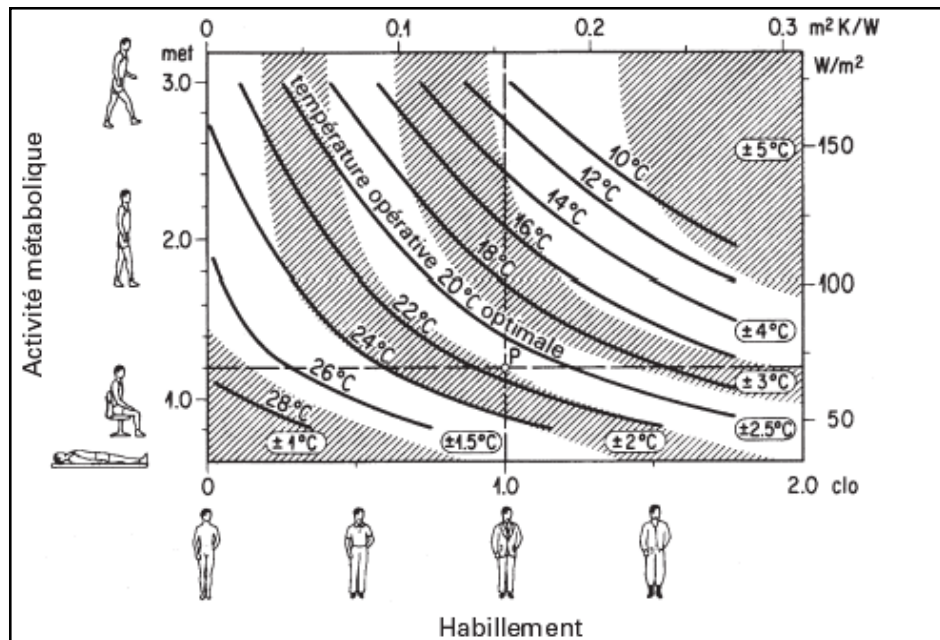
1. Environnementale	2. Personnel	3. Facteurs non-quantifiable
Température de l'air Mouvement de l'air L'humidité Rayonnement	Taux métabolique (activité) Vêtements	Nourriture et boissons Acclimatation La forme du corps Graisse sous-cutanée Age et sexe Etat de santé

**Tableau 1 :** Tableau récapitulatif des facteurs affectants le confort thermique.  
(Source : Auliciems A. & Szokolay S. V. 2007, p 8)

## I.1 Les paramètres du confort thermique

### I.1.1 Paramètres liés à l'individu

- La température de surface du corps ou température de la peau, varie en fonction du métabolisme et de l'habillement.



**Figure 20 :** Température ambiante optimale en fonction de l'activité et de l'habillement.

(Source : Physique du bâtiment)

- **Métabolisme (activité physique)**

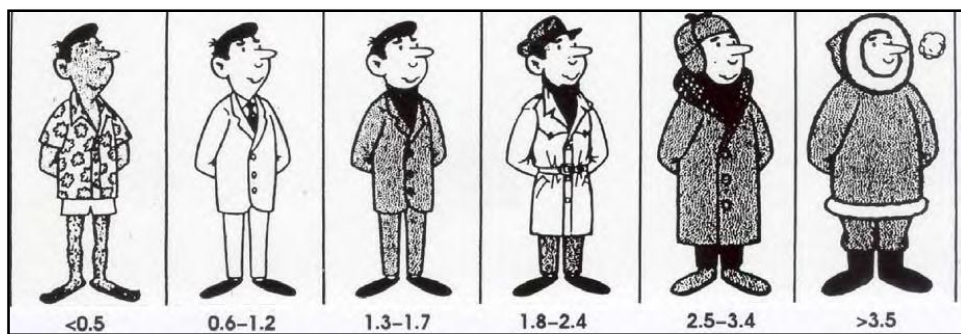
Le corps humain produit constamment de la chaleur interne pour se maintenir à une température constante de 36.7°C, [Liébard A. & De Herde A. 2005, p 223], soit environ 80 W au repos. L'activité physique permet une production de chaleur métabolique du travail, qui s'ajoute au métabolisme de base.

Selon Auliciems A. & Szokolay S. V. (2007, p 6), la production de cette chaleur représentante du métabolisme peut être de deux types :

- Métabolisme basal, processus biologiques continus et non-conscient ;
- Métabolisme musculaire, suite à des travaux effectués consciemment contrôlable.

- **Habillement (types et quantité)**

Les vêtements jouent le rôle d'un isolant thermique. Cette résistance thermique freine les échanges thermiques du corps humain avec l'ambiance extérieure ainsi que la perméabilité à la vapeur d'eau qui empêche l'évaporation cutanée de la sueur, [Lavigne P. 1994, p 59].



**Figure 21** : Isolation de vêtement, en unités clo<sup>15</sup>.

(Source : Auliciems A. & Szokolay S. V. 2007, p 9)

- **Degré d'adaptation aux conditions climatiques**

L'homme contrôle les échanges de chaleurs effectués avec son environnement en permanence, mais d'autres facteurs non qualifiables, rentrent en jeu tels que l'acclimatation, l'âge, le sexe, les conditions de santé, et l'état psychologique, ... changeants selon les individus.

<sup>15</sup> Unité de mesure de l'habillement, qui correspond à l'isolation du corps humain de la transpiration (U-value) de 6.45 W/m<sup>2</sup>K et l'isolation offerte par une tenue classique à base de coton est de 1 clo = 0.155 K.m<sup>2</sup>/W

L'acclimatation implique que l'individu « *n'est pas passif vis-à-vis son environnement intérieur mais plutôt actif et peut poser des gestes pour s'adapter aux conditions physiques changeantes* ». Cette adaptation thermique commence dès que l'individu réagit, après un inconfort ressenti dû à une variation climatique, pour rétablir une ambiance de confort. L'occupant interagit avec son environnement par une modification de l'habillement, niveau d'activité (ajustements personnels) ou le contrôle de la vitesse d'air (contrôle de la ventilation naturel) par l'ouverture/fermeture des ouvertures (ajustements portés à l'environnement). En effet, les occupants d'un bâtiment ventilé naturellement, présentent des taux de satisfaction et degré de tolérance plus grand aux fluctuations thermiques intérieures, par rapport aux occupants de bâtiment ventilés mécaniquement. [Lavergne M. 2009, p 18 - 20]

Concernant l'âge, les jeunes acceptent une plage de confort plus élargie que les personnes âgées ; pour le sexe, les femmes ont plus froid que les hommes dans une même ambiance et certains dorment ont se couvrant la tête et d'autres non ; selon l'état psychologique de l'individu. Une sensation de chaud et de froid varie en fonction de la couleur ou type de l'environnement vécu. La sensation de satisfaction ou d'insatisfaction est accentuée par les autres aspects du confort. Le chaud est accentué en présence de mauvaise odeur et le froid est plus ardu dans un environnement bruyant, [Auliciems A. & Szokolay S. V. 2007, p 45].

### I.1.2 Paramètres liés au bâtiment

- **Température moyenne de surface des parois** : concerne les échanges par rayonnement avec les parois, proportionnellement à leurs superficies. Elle dépend de la position du corps par rapport au soleil, son degré d'habillement, l'albédo des objets environnante et la proximité du point rayonnant. [Mihoub S. 2010]

- **Température ambiante (bulbe sec)** : contrôle directement les échanges par convection avec l'air ambiant. Elle est considérée comme étant le facteur le plus important, influençant sur le bilan thermique. Elle n'est pas uniforme dans un local et varie sur plan suivant la source de chaleur ou surface froide, [Bellara S. 2005, 36]. La relation entre la température superficielle des parois ( $T_p$ ) et la température ambiante de l'air ( $T_a$ ) est donnée par la formule suivante : [Badeche M. 2008, 143]

$$T_o = (T_p + T_a) / 2$$

avec :  $T_o$  = température opérative (indispensable dans la perception du confort thermique)

- **Humidité relative de l'air** : l'humidité relative de l'air concerne les échanges thermiques par évaporation à la surface de la peau. Elle provoque l'inconfort en cas de valeur trop élevée ou trop basse (sécheresse ou sudation) et elle est comprise entre 0 à 100 %.

- **Vitesse de l'air** : influence les échanges thermiques par convection et par transpiration. L'évaporation de la sueur à la surface de la peau diminue de la température du corps ce qu'est recherché en été mais peu cossé de gêne en hiver. Nous constatons :

- Température de l'air inférieure à celle de la peau, augmentation des pertes par convection ;
- Température de l'air élevée, augmentation de la température à la surface de la peau ;
- Air moyennement humide, accélération de l'évaporation.

### I.2 Echange de chaleur entre l'homme et son environnement

Sous des conditions de confort, la température corporelle est d'environ 37°C, tandis que la température de la peau peut varier dans les parties du corps, de 31°C à 34°C, selon la couverture vestimentaire et la circulation sanguine. La production dans le temps est aussi variée. Il s'agit d'un transport continu de flux de chaleur, du tissu profond vers la surface de la peau ; puis dissipé par rayonnement, convection ou/et conduction et par évaporation, [Auliciems A. & Szokolay S. V. 2007, p 6].

- a) **conduction** : au contact d'un solide, exemple des pieds sur le sol ;
- b) **convection** : entre l'homme et l'air ambiant, spécialement à la surface du corps ajouté à une légère convection pulmonaire ;
- c) **rayonnement** : entre l'homme et les parois du local ainsi que l'irradiation solaire ;
- d) **évaporation de la sueur**, au niveau de la peau et au niveau des voies respiratoires.

Auliciems A. & Szokolay S. V. (2007, p 6), donnent le bilan thermique de l'organisme par l'équation suivante :

$$M \pm R \pm C_v \pm C_d - E = \Delta S$$

Avec :

$\Delta S$  : changement de la chaleur stockée, (W) ;

M : taux métabolique ;

R : rayonnement net ;

$C_v$  : convection ;

$C_d$  : conduction ;

E : perte de chaleur par évaporation.

Ils nous renseignent sur les températures corporelles et les états critiques du corps humain par le tableau ci-dessous. Pour un sentiment de bien-être, produisant un état de confort, la température de l'ambiance doit être toujours inférieure à la température de la peau et cette dernière soit toujours inférieure à celle du corps en profondeur sans provocation de dissipation de chaleur excessive.

Température de la peau (° C)	Température corporelle profonde (° C)	Zone de réglementation
45	42	Mort probable.
Douleur	41	Transpiration des arrêtes, Ensembles de coma dedans, Dommages de mai le cerveau.
	40	Coup de chaleur, l'hyperthermie (chauffage inévitable du corps). Refroidissement par évaporation, sueur, jusqu'à 4 litres par heures sur des courtes périodes.
Sueur		Vasodilatation, Augmentation dans le transport de la chaleur vers la surface de la peau. Elévation de la température de peau et la dissipation de la chaleur de convection radiante.
31-34	37	Conditions saines, normales ; Vasoconstriction ; Abaisser la température de la peau ; chair de boule (construction des poils)
Frissonnement		Tremblement (augmentation du métabolisme musculaire).
	35	Hypothermie (abaissement inévitable de la température de profond corps).
Douleur		
10	25	Mort probable.

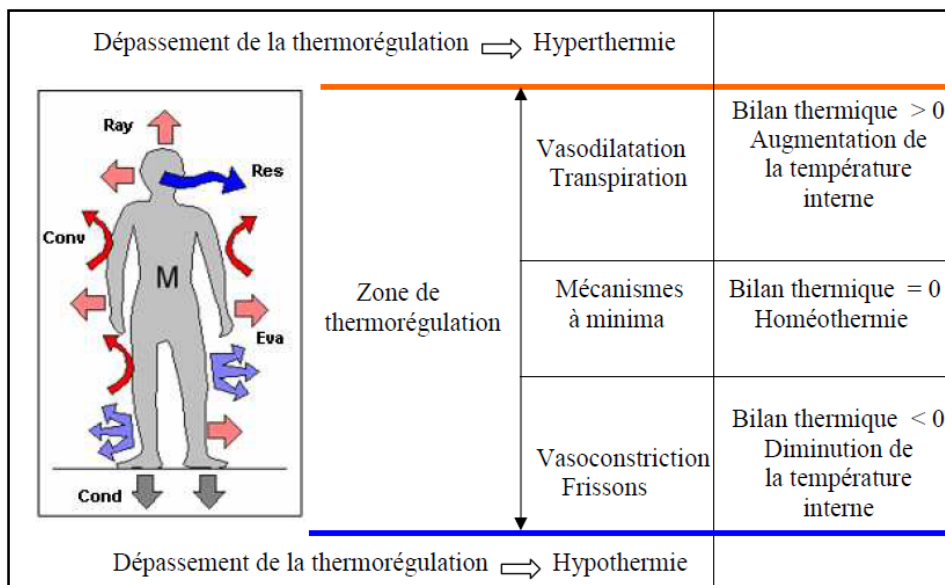
**Tableau 2 :** Effets des variations de température dans le corps humain.

(Source : adapté par l'auteur)

L'appréciation d'une ambiance se fait par la température de l'air et des parois qui devront permettre une sensation de confort satisfaisante, dépendant de la conception correcte du local ainsi d'une part de subjectivité propre à chaque individu. Ce dernier, pour améliorer son confort d'été, favorise l'évaporation de la sueur par la création d'une ventilation naturelle (air calme) qui augmente l'échange de chaleur avec l'air ambiant, [Izard J-L. 1993, p 8]

Le corps produit de la chaleur interne, nommée métabolisme énergétique suivant trois niveaux : [Lavigne P. 1994, p 57]

- ✓ **Le métabolisme de base** : concerne la position allongée à jeun dans un environnement ni trop chaud, ni trop froid, est égale à 75 W ;
- ✓ **Le métabolisme de repos** : dans une ambiance confortable, et le corps en repos (position assise), il est égale 105 W ;
- ✓ **Le métabolisme de travail** : varie suivant l'effort physique, nous distinguons 105 à 140 W pour un travail assit et 140 à 370 W pour les travaux ménagers.



**Figure 22** : Echange de chaleur du corps humain avec son environnement.  
(Source : Medjelekh D. 2006, p 55)

**I.2.1 La thermorégulation physiologique**

Ces des réactions du corps humain pour maintenir sa température interne en équilibre. Pour élever sa chaleur interne les vaisseaux sanguins se dilatent et la vitesse augmente, fait amener plus facilement la chaleur vers les parties du corps. Dans le cas contraire, lors du refroidissement du corps, il commence le phénomène de frissonnement jusqu'à une réduction de la circulation du sang dans les extrémités.

L'inconfort apparaît quand le métabolisme réagit par l'un de ces deux régulateurs et le confort est maintenu lorsqu'aucune réaction n'est déclenchée seul le métabolisme énergétique M, équilibre les pertes de chaleur suivant la réaction suivante : [Givoni B. 1978, p 51]

$$M = c + R + C + H_p + H_i + e$$

Avec :

c : T°C des corps touché (peut être négatif) ;

R : T°C des corps qui entourent la personne (peut être négatif) ;

C : T°C de l'air ambiant (peut être négatif) ;

H<sub>p</sub> : la perméabilité des vêtements à la vapeur d'eau (toujours positif) ;

H<sub>i</sub> : la résistance thermique des vêtements (toujours positifs) ;

e : la pression partielle de vapeur d'eau et la vitesse de l'air (peut-être nul mais toujours positif).

### **I.2.2 La thermorégulation comportementale**

L'homme est très sensible aux variations de température les plus petites. Il modifie le bilan thermique par ces vêtements, son activité et comportement. Il existe une relation importante entre l'effet vêtu et l'activité physique constaté par Robinson S. & Turrel E. S. [Medjelekh D. 2006, p 55] : les vêtements d'un homme au repos permettaient de réduire le taux de sudation de 200g/h et inversement pour un travail de 700 kcal/h ; mais l'effet est négligeable pour un travail moyen de 300kcal/h.

Givoni B. (1978, p 72), définit les conditions d'une ambiance thermique confortable, en fonction de six facteurs : le taux de métabolique (Met), l'isolation dû au vêtement (clo), la température de l'air (T air), la température radiante (Tr), la vitesse de l'air (V air) et le taux d'humidité relative (HR).

ASHARE propose, dans le tableau ci-après, des valeurs pour ces facteurs définissant la zone de confort :

<b>T air (°C)</b>	<b>HR (%)</b>	<b>Tr (°C)</b>	<b>V air (m/s)</b>	<b>Met</b>	<b>Clo</b>
19.6	86	19.6	0.10	1.1	1.0
23.9	66	23.9	0.10	1.1	1.0
25.7	15	25.7	0.10	1.1	1.0
21.2	20	21.2	0.10	1.1	1.0
23.6	67	23.6	0.10	1.1	0.5
26.8	56	26.8	0.10	1.1	0.5
27.9	13	27.9	0.10	1.1	0.5
24.7	16	24.7	0.10	1.1	0.5

**Tableau 3** : Tableau des valeurs induisant la zone de confort selon ASHARE.

(Source : Medjelekh D. 2006, p 55)

### I.2.3 La thermorégulation sensorielle subjective

Contrairement aux réponses physiques qui peuvent être calculées de façon scientifique, la régularisation subjective des sens dépend de l'appréciation de chaque personne soumise à une atmosphère donnée ; varie selon l'individu et pour un même individu de différente période.

Le confort thermique peut être favorable ou défavorable, le sens positif développe une sensation de confort engendrant un état de bien-être ; quant au sens négatif, crée une sensation de gêne et de nuisance sous des conditions d'inconfort (dans à un environnement plus/moins chaud). [Rahal S. 2011]

Il est assuré par des conditions ambiantes dans la zone de confort et définit sur des bases sensorielles mais ses limites reposent sur des bases physiques. Selon Givoni B. (1978, p 70), la zone de confort physiologiquement, « *est le domaines des conditions sous lesquelles les mécanismes thermorégulateurs du corps sont dans un état d'activité minimum* ».

En fin, le confort thermique n'est pas synonyme d'équilibre thermique car il peut être atteint sous des conditions d'inconfort par intervention des mécanismes de thermorégularisation. L'évaluation se fait par une échelle de satisfaction sous forme de valeurs numériques à fin d'étudier les réponses de manière mathématiquement avec une analyse plus détaillées des critères subjectifs.

La régularisation thermique sensorielle ou comportementale, permet au corps de se maintenir en équilibre, suivant l'équation du bilan thermique suivante : [Medjelekh D. 2006, p 56]

$$\mathbf{M - E_d - E_{sw} - E_{re} - L = R + C}$$

Avec :

M : métabolisme (M), (vairé de 50 à 500 W/ m<sup>2</sup>, selon l'activité, exprimé le plus souvent en met, avec 1 met = 58 W/m<sup>2</sup>) ;

E<sub>d</sub> : perte de chaleur par diffusion de vapeur à travers la peau ;

E<sub>sw</sub> : pertes de chaleur dues à la transpiration ;

E<sub>re</sub> : pertes de chaleur latentes dues à la respiration ;

L : pertes de chaleur sèches dues à la respiration ;

R : pertes de chaleur par échange radiatif du corps habillé ;

C : pertes de chaleur par échange convectif du corps habillé.

### I.3 Echange de chaleur entre l'enveloppe du bâtiment et l'environnement

L'échange de chaleur entre la surface externe de la paroi d'un bâtiment et l'ambiance extérieure se fait par convection ou/et rayonnement ; le bilan des échanges est affecté par : [Givoni B. 1978, p 121]

- ✓ La conductivité thermique ;
- ✓ La capacité calorifique ;
- ✓ Le coefficient de convection de surface ;
- ✓ Les propriétés de la surface vis-à-vis du rayonnement (selon la couleur et la rugosité de la surface) ;
- ✓ Le mouvement de l'air à la surface ;
- ✓ L'orientation de la surface (la transparence aux rayonnements de différentes longueurs d'onde).

La résistance de la paroi à ces échanges détermine s'il y a pertes ou gains d'énergie. Lorsque la surface transfère la chaleur vers le ciel par rayonnement ou évaporation de l'humidité de surface, nous parlons de **perte** de chaleur. Tandis que les **gains** d'énergie se mesurent quand il y a convection sur la surface de la paroi et reçoit l'insolation directe ainsi que les radiations diffuses et réfléchies.

### I.4 Outils d'évaluation du confort thermique

De nombreuses recherches ont vu le jour pour définir les limites du confort thermique, sous forme d'indices et de diagrammes bioclimatiques.

#### I.4.1 Evaluation du confort thermique

L'évaluation du confort thermique dans une ambiance intérieure se fait à partir de deux approches qui travaillent en complémentarité et chaque dimension s'appuie sur plusieurs méthodes basées sur les mêmes principes.

Selon Bedar A. (2012, p 42), l'évaluation des ambiances hygrothermiques se fait par le biais des paramètres appelés « descripteurs », classés comme suit :

- ✓ Descripteurs microclimatiques ;
- ✓ Descripteurs spatiaux ;
- ✓ Descripteurs des fonctions et des usages ;
- ✓ Descripteurs de la perception microclimatiques.

### I.4.1.1 Dimension qualitative

Cette approche est apparue en considérant l'homme comme étant actif, participe à son confort en s'adaptant aux fluctuations de son ambiance, par des comportements et gestes. Elle est basée sur la perception du confort par l'homme, exprimée par un degré de satisfaction ou d'insatisfaction et remet en cause les résultats des indices rationnels.

L'évaluation du comportement adaptatif de l'homme dans les conditions hygrothermiques est une évaluation des variations de sensation hygrothermique, basée sur des investigations in situ, mené des enquêtes par questionnaires et entrevue sur une période bien précise. Son objectif est d'étudier « *l'interaction homme/ambiance* » et de déterminer « *si l'homme s'adapte à l'ambiance ou l'adapte à sa convenance* ». [Bedar A. 2012, p 42]

#### Les échelles de sensation thermique

Est un moyen d'évaluer le ressenti de satisfaction d'une ambiance hygrothermique par une échelle de points à voter à l'aide d'un échantillon d'occupant représentatif. L'échelle de satisfaction doit être une échelle de 3 au moins et plus de 10 amoindri la qualité des résultats. L'échelle de mesure impaire contrairement à l'échelle de mesure paire permet de se positionner de manière neutre sur la mesure médiane de l'échelle, quand les répondants ne sont pas concernés par la question, ceci par contre peut provoquer des biais dans la mesure de la satisfaction. Dans l'échelle paire, la réponse est obligatoire afin d'éviter les réponses au hasard.

### I.4.1.2 Dimension quantitative

Cette approche est une dimension analytique, statique du confort, basée sur des mesures et calculs du bilan thermique du corps humain. Elle vise à identifier les conditions de confort hygrothermique par la prédiction de la sensation thermique des occupants.

Les flux énergétiques nécessaires au calcul du bilan thermique sont :

- ❖ Gains énergétiques ;
- ❖ Pertes énergétiques ;
- ❖ Energie stockée dans les éléments opaques.

De nombreux indices d'évaluation de la sensation thermique des occupants sont proposés pour l'identifier, classés en trois groupes : [Bedar A. 2012, p 48]

- Les indices directs ou simples, basés sur des variables environnementales basiques ;
- Les indices rationnels et les indices empiriques, basés sur des variables environnementales et physiologiques, sont sophistiqués mais pas pour un usage quotidien.

### a) Indices de confort thermique

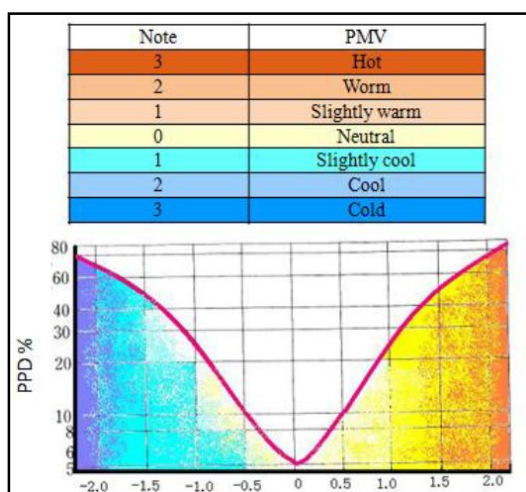
Dans le bâtiment, les indices du confort thermique, les plus courants sont le PMC et PPD proposé par le modèle de Fanger-1970, mais une ambiance hygrothermique est caractérisée par une interaction entre l'humidité et la chaleur. De ce fait, pour un niveau de confort hygrothermique élevé, il serait plus judicieux de travailler avec un indice qui prend en charge ces deux facteurs environnementaux qui sont le PMV\* et Humidex, indice de confort H.

#### ❖ Indice PMV

PMV, Predictes Mean Vote, est une réponse physiologique qui correspond au mécanisme de thermorégulation, établie à partir des votes de sensation thermique d'un grand nombre de sujet, en se référant à une échelle à 7 niveaux ; sous certaines conditions, établies au préalables, caractérisées par un grand nombre de paramètres : métabolisme, degré de résistance vestimentaire, température de l'air, température radiante, vitesse de l'air et une pression partielle de vapeur d'eau. [Norme ISO 7730, 1981]

#### ❖ Indice PPD

PPD, Predicted Percentage Dissatisfied, indique en pourcentage le nombre de personnes à être insatisfaites par le chaud et le froid, en fonction de l'indice PMV d'une situation thermique précise, au-delà de -2 ou +2 l'indice n'est plus utiliser.



**Figure 23** : Indice PMV et PPD.

(Source : Bedar A. 2012, p 53)

❖ **Indice PMV\***

Le PMV\*, vient remplacer le PMV de Fanger (1970), jugé insuffisant en hygrométrie. Dans la formule de base, la température opérative est remplacée par la température effective ET\*, ce qui résulte un indice sensible à l'humidité dans la zone chaude. Considéré comme étant l'indice le plus favorable en milieu interne (intérieur) et peut service d'indicateur comparatif, [Bedar A. 2012, p 57].

❖ **Humidex, indice de confort H**

Mis au point par les services météorologique de Canada en 1979, exprime en chiffres la combinaison entre chaleur ressentie et taux d'humidité, permettant d'évaluer la sensation d'une ambiance hygrothermique ressentie par l'homme. Cet indice a été jugé inadapté pour décrire une sensation, subjective, à partir de formule numérique et les paramètres utilisés (température de l'air, pression de vapeur et point de rosée) sont insuffisants, [Bedar A. 2012, p 57].

Température apparente (indice humidex, °C)	Degré d'inconfort
En-dessous de 29°	Peu de gens sont incommodés.
30° à 34°	Sensation de malaise plus ou moins grande.
35° à 39°	Sensation de malaise assez grande. Prudence. Ralentir certaines activités en plein air.
40° à 45°	Sensation de malaise généralisée. Danger. Eviter les efforts.
46° à 53°	Danger extrême. Arrêt de travail dans de nombreux domaines.
Au-dessus de 54°	Coup de chaleur imminent (danger de mort).

**Figure 24 :**  
Indice Humidex.  
(Source : Bedar A. 2012, p 58)

Evans M. (1980), Sszokolay (1980), Dear R. J. E. (1988), Humphrey M. A. (1998), Nicol J. F. (1998) ont conclu que les températures de confort varient d'une étude à une autre et que les limites acceptées pour une population peuvent être estimées trop froides où trop chaudes pour une autre population.

**I.4.1.3 La température neutre**

La température neutre est une température idéale du confort développée par des chercheurs suite à plusieurs observations et études de cas. Elle est propre au bâtiment, en rapport avec les conditions climatiques dominantes. Son rôle est de délimiter les seuils de

confort d'individu, dans son environnement ; mais considérée comme insuffisante pour une détermination efficace de la zone de confort car elle est basée exclusivement sur la température moyenne extérieure. Elle est donnée par l'équation d'Humphreys en 1978 et révisé par Auliciems en 1981, comme suit :

$$T_n = 0.31 T_{\text{ext/moy}} + 17.6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

avec :

$T_n$  : température neutre en  $^\circ\text{C}$  ;

$T_{\text{ext/moy}}$  : température extérieure moyenne d'un mois donné en  $^\circ\text{C}$ .

Cette température neutre est adoptée pour déterminer la zone de confort, estimée à ( $\pm 2.5^\circ$ ) autour de cette dernière. [Haj Hussein M. 2012, p 126]

### I.4.2 Outils graphique

Outre que les indices thermiques, des tentatives ont été effectuées pour l'intégration du savoir climatique dans le processus de conception architecturale sous forme d'outils graphiques, connu sous le nom de « diagrammes bioclimatiques », permettant de localiser les conditions intérieures favorables dans la zone de confort ou moyennement confortable. L'objectif de ces diagrammes est de déterminer l'effet de changement de certains variables tels que l'inertie et l'orientation, sur le confort intérieur. Ils permettent aussi une évaluation rapide des zones de confort, pour un groupe de sujet. [Badeche M. 2008, p 144]

#### I.4.2.1 Méthode d'Olgyay

La première tentative de diagramme bioclimatique date de 1953, [Medjelekh D. 2006, p 57]. Elle est proposée par Olgyay V et basée sur la température ambiante, humidité relative, mouvement d'air et rayonnement solaire. Elle détermine la zone de confort avec des plages d'été et d'hiver, qui sont plus étendues en utilisant des procédés passifs, avec des zones de contrôles. Les radiations solaires peuvent être utilisées pour étendre la plage de confort à des températures plus basses et ce, une sensation de confort est ressentie par l'homme car le rayonnement solaire compense les pertes de chaleur du corps, [Lavergne M. 2009, p 17].

Cette méthode est recommandée pour assurer le confort thermique extérieur en climat chaud et humide, pour une latitude de  $40^\circ$  Nord. Contrairement au diagramme psychométrique de Givoni.

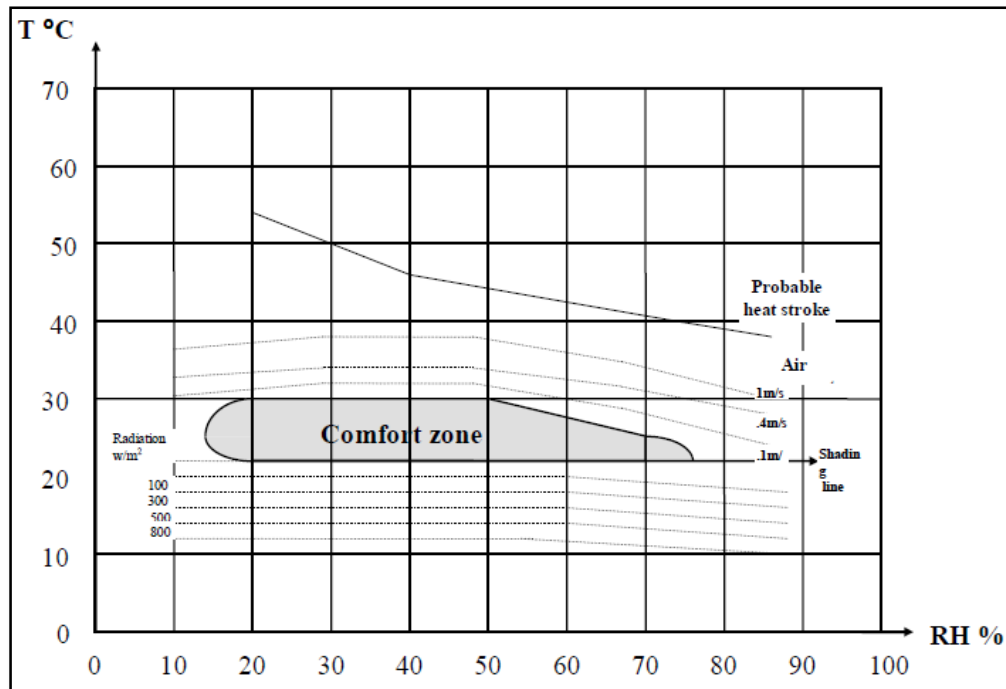


Figure 25 : Diagramme bioclimatique d'Olgay. (Source : Medjelekh D. 2006, p 57)

#### I.4.2.2 Méthode de Givoni

Le diagramme psychométrique, établi en 1978 par Givoni B, exprime des techniques et dispositifs architecturaux à utiliser pour établir le confort intérieur, [Medjelekh D. 2006, p 58]. Par rapport à la méthode d'Olgay, celle de Givoni est considéré comme étant plus performante dans l'évaluation des exigences physiologiques du confort thermique, mais limitée dans son utilisation car c'est un diagramme standardisé ; du fait que les zones de confort et de contrôle sont définies au préalable et limitées à certaines régions du monde. [Badeche S. 2008, p 145]

Givoni a élaboré une méthode expérimentale en considérant la personne en état d'activité et en prenant en charge les divers mécanismes d'échange énergétique entre le corps et l'ambiance. Ou il recommande deux approches de refroidissement passif (ventilation où réduction de la température par rapport à l'extérieur), [Bellara S. 2005, p 40].

En 1980, [Medjelekh D. 2006, p 58], une nouvelle méthode, qui ressemble à celle de Givoni, a été mis en place par Szocolay S. V. applicable à toutes les latitudes, avec l'élaboration de la zone neutre, des zones de contrôle passif et mécanique, qui sont déterminées avec plus d'exactitude à l'aide de paramètres climatiques de chaque région, [Badeche M. 2008, p 145].

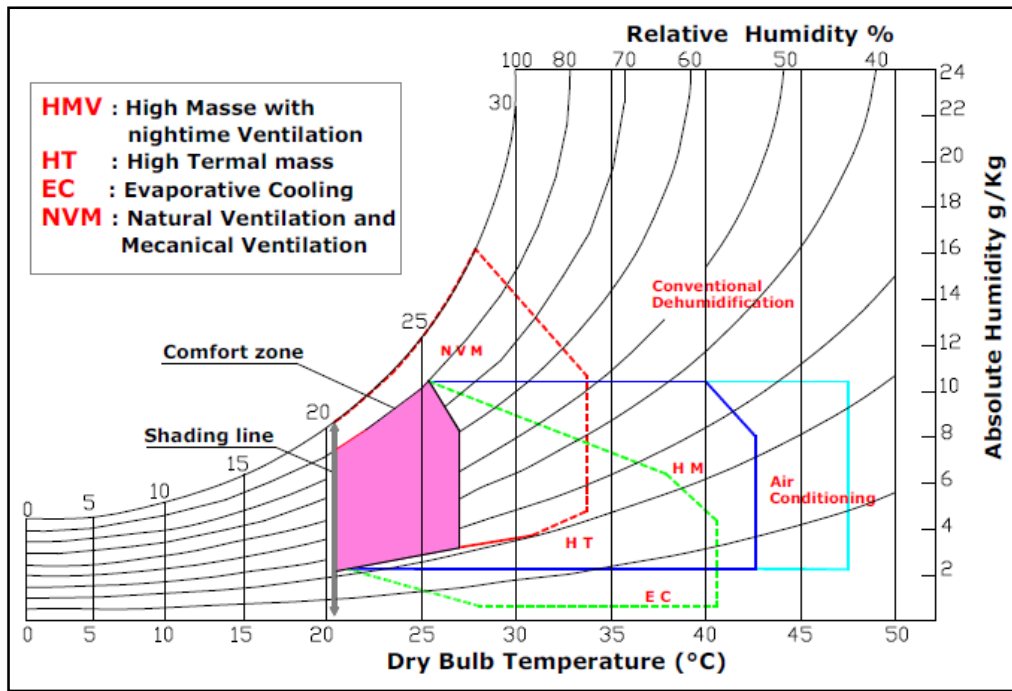


Figure 26 : Diagramme bioclimatique de Givoni. (Source : Medjelekh D. 2006, p 58)

Le diagramme définit des zones d'influences, obtenues en fonction des données climatiques de chaque mois, et sont au nombre de six :

- ✓ La zone de confort (un air calme) C ;
- ✓ La zone d'influence de la vitesse d'air V, ventilation des espaces recherchée (vitesse de l'air recherchée) ;
- ✓ La zone d'influence d'inertie I, cette zone présente une partie côté haute température I et un autre côté, qui implique une forte inertie des parois pour réduire les oscillations des températures à l'intérieur du bâtiment.
- ✓ La zone d'influence de captage solaire passif, AS, la baisse de température extérieure peut être compensée par les apports solaires par rayonnements, par absorptions et transmissions à travers les parois.
- ✓ La zone d'influence de la ventilation nocturne avec une forte inertie thermique INV, pour les régions où les fluctuations Jour/Nuit sont importantes
- ✓ La zone d'influence d'un refroidissement par évaporation, RE, l'absorption de vapeur d'eau, engendre une baisse de température.
- ✓ La zone d'obtention artificielle du confort thermique :
  - Zone de déshumidification, DH, pour les régions chaudes et humides ;
  - Zone de refroidissement, AC, pour les régions chaudes et sèches ;
  - Zone de chauffage, H, pour les régions froides.

### I.5 Confort et ambiance hygrothermique

#### I.5.1 Ambiance hygrothermique

Une ambiance hygrothermique est principalement l'ensemble des variations climatologiques auxquelles nous sommes exposés. Elles peuvent être naturelles ou artificielles, selon le milieu où nous exerçons des fonctions ; soit à l'extérieur ou à l'intérieur. Peut être ressentie comme chaude ou froide et le confort hygrothermique est la satisfaction exprimée quant à l'ambiance hygrothermique.

#### I.5.2 Confort hygrothermique

Nous avons choisi de parler de confort hygrothermique au lieu du confort thermique dans cette recherche, du moment où le confort ne dépend pas seulement du paramètre température mais aussi de l'humidité relative de l'air ambiant. Cette notion de confort hygrothermique ou « thermo-hygométrie » utilisée par Lavigne P. est une nouvelle appellation apparue à travers le monde dans différents projet d'habitat sain et définie comme étant une combinaison du confort thermique et hygrométrie, principalement se sentir ni en besoin de chaleur ni de bouffée d'air frais.

La norme ISO 7730<sup>16</sup> définit le confort thermique « *comme la satisfaction exprimée quant à l'ambiance thermique* » et absence d'inconfort créant l'insatisfaction de l'individu dû à un refroidissement ou un réchauffement dans une partie du corps. L'inconfort peut être causé par :

- une différence de température trop élevée d'ordre de ( $\pm 3^{\circ}\text{C}$ ) entre la tête et les pieds,
- un sol trop chaud ou trop froid,
- une asymétrie trop élevée de rayonnement thermique (les échanges asymétriques sont favorisés),
- degré d'activité physique trop élevé ou une isolation vestimentaire importante.

L'approche scientifique du confort « *utilise des données statiques de température cutanée et de puissance perdue par évaporation en fonction de l'activité* » afin que les individus perçoivent la sensation de confort, [Lavigne P. 1994, p 57].

---

<sup>16</sup> Norme NF X 35-203 / ISO 7730 Décembre 1981 : Relative au confort thermique.

La norme ISO 7730 fait partie d'une série de normes internationales prescrivant des méthodes de mesure et d'évaluation des ambiances thermiques modérées et extrêmes auxquelles l'homme est exposé. Cette norme traite de l'évaluation des ambiances thermiques modérées. La sensation thermique du corps dans son ensemble peut être prévue en calculant l'indice PMV ; tandis que l'indice PPD donne des informations sur l'inconfort thermique ou l'insatisfaction thermique. L'inconfort thermique peut être causé par un refroidissement ou un réchauffement local non désiré et par un confort chaud ou froid du corps dans son ensemble. Disponible sur le site [http://cgt-lindefrance.fr/images/pdf/chsct/chsct\\_10D\\_regles%20thermiques.pdf](http://cgt-lindefrance.fr/images/pdf/chsct/chsct_10D_regles%20thermiques.pdf)

D'après la HQE<sup>17</sup>, le confort hygrothermique est défini comme étant une sensation de bien-être que ressent l'occupant par rapport à la température et au taux d'humidité de la pièce qu'il occupe, [Semahi S. 2013]. Il est obtenu par des diagrammes présentés à l'aide de deux variables (température et vapeur d'eau), les autres étant fixés au préalable. C'est moins scientifique mais plus pratique et plus simple pour un architecte si nous considérons la personne étant raisonnable, pour une activité donnée, de s'habiller en fonction des conditions d'ambiance. Par ailleurs, la présence de vapeur d'eau dans l'air engendre de l'inconfort, par exemple : un individu qui se trouve dans une atmosphère au-dessus de 80%, ressent des difficultés respiratoires et lorsqu'elle est en dessous de 20%, crée la sécheresse et l'irritation de la peau.

### **I.5.3 Confort d'une ambiance hygrothermique**

Une ambiance hygrothermique est dite confortable lorsqu'elle offre à l'homme une sensation de bien-être en période de surchauffe ou de froid ardu. La notion de confort hygrothermique combine le confort thermique et hygrométrique d'une ambiance, où l'occupant exprime satisfaction sans avoir recours aux mécanismes d'adaptation ou de lutte contre l'ambiance en question (besoins de chauffer, de ventiler et d'humidifier).

La perception d'une ambiance est tellement subjective qu'elle dépend de plusieurs facteurs externes et internes que l'homme même les ignore et diffère d'une personne à une autre. Afin de créer une ambiance hygrothermique confortable, qu'est compliquée et difficile à atteindre, il faut comprendre le jeu été/hiver par une définition des caractéristiques climatiques de l'ambiance en jeu, puis déterminer les stratégies qui contribuent dans la construction de ce confort de chaque saisons.

#### **I.5.3.1 Caractéristique d'une ambiance chaude / froide**

Une Ambiance hygrothermique est la perception de l'humidité, la chaleur ou encore le froid ; changeant avec les saisons et les besoins sont plus important sur les grandes périodes hiver/été. La question qui s'offre à nous, est comment répondre aux besoins saisonniers opposants ? La capacité d'absorption de vapeur d'eau augmente de plus en plus que la température de l'air est élevée.

Quant à l'humidité relative, augmente en saison froide, (inversement en période chaude), connaît son maximum à l'aube (point de rosé) et son minimum au cours de la journée quand

---

<sup>17</sup> HQU : Haute Qualité Environnementale.

la température est à son maximum. L'homme supporte de forte chaleur quand l'air est sec, plus qu'un air humide. Cette chaleur dite « ressentie » est diminuée par évaporation de la sueur, dégagée par transpiration du corps pour se refroidir.

Dès que l'air est saturé de vapeur d'eau, la transpiration devient difficile et la chaleur ressentie insupportable. Par exemple, un l'homme supporte mieux une température allant jusqu'à 40°C dans une zone sèche par rapport à une zone humide avec une température de 30°C, [Bedar A. 2012, p 56]. L'ambiance froide présente des similitudes dans son approche avec l'ambiance chaude, deux phénomènes opposées, avec des conséquences qui lui sont propre sur l'état de santé et psychologique de l'individu. Les sources d'inconfort sont :

- Facteurs de refroidissement : pénétration de la pluie, températures basses, l'humidité et le plus important des mouvements d'air fâcheux produisant l'hypothermie ;
- Facteurs de réchauffement : le soleil est la principale cause d'insolation (l'effet de serre), humidité, absence de ventilation naturelle et d'isolation végétale, minérale.

### I.5.3.2 Conditions d'ambiance proche au confort

D'après les recommandations architecturales données par le Ministère de l'habitat algérien, (1993, p 17-20) admis des températures ambiantes entre 22°C à 27°C avec des taux d'humidité relative entre 19 à 65 % pour un confort acceptable.

Selon Izar J-L. (1993, p 8), les conditions de confort d'une ambiance caractérisée par un air calme proche de la température des parois, sont données par rapport à une personne considérée, caractérisée par son degré d'habillement et d'activité. En été, il propose des valeurs de température situées entre 23°C et 26°C et reste acceptable de ( $\pm 2^\circ\text{C}$ ). En cas de ventilation transversale, la température de l'air augmente avec l'augmentation du mouvement de l'air, de ce fait, la création de courant d'air doit être contrôlée par l'occupant.

En effet, l'homme est un organisme homéotherme et la qualité d'une ambiance hygrothermique dépend des paramètres non mesurables tels que la dimension psychologique et physiologique ; ainsi que des paramètres environnementaux ayant des valeurs précises données par le médecin de l'habitat sain comme suit : [Medjelekh D. 2006, p 64]

- ✓ Températures des parois :  $22 + 2^\circ\text{C}$  et Température du sol : 19 à 24°C ;
- ✓ Humidité relative entre 40 à 60% ;
- ✓ Vitesse de l'air :  $< 0.15 \text{ m/s}$  ;
- ✓ La différence de température entre deux parois de la même pièce doit être inférieur à 10°C ;
- ✓ La différence verticale de température dans la pièce doit être inférieur à 5°C ;
- ✓ La différence de température ente la tête et les pieds de l'occupant ne doit pas dépassé les 3°C.

### II. Confort visuel

Le confort visuel a plusieurs définitions mais la plus usuelle se limite à la facilité d'observation et absence de gêne dans un environnement déterminé avec un éclairage naturel optimal en termes de confort et de dépenses énergétiques, [Meddour S. 2006, p 26].

En entend aussi par confort visuel une appréciation subjective d'un environnement lumineux agréable, liée à la quantité, à la qualité et à la distribution de la lumière qui procure satisfaction et sensation de confort aux usagers. Il est assuré essentiellement par la lumière du jour, car ce dernier est uniforme et plus équilibré. A l'inverse, d'un éclairage trop faible ou trop fort, mal réparti dans l'espace ou dont le spectre lumineux est mal adapté à la sensibilité de l'œil ou à la vision des couleurs. Celui-ci provoque une fatigue et réduit la vision des détails de l'objet provoquant une sensation d'inconfort et à long terme, de graves troubles visuels peuvent apparaître. [Daich S. 2011, p 62-63]

En fin, le confort visuel contribue à la commodité de la vie matérielle par une bonne exécution de la tâche visuelle et favorise l'état de bien-être des occupants, qu'est une sensation agréable ressentie après satisfaction des besoins physique sans tensions psychologiques, [Dubois C. 2006, p 4-7].

#### II.1 Paramètres du confort visuel

Le confort visuel dépend d'une combinaison de paramètres physiques : l'éclairement, la luminance, l'éblouissement, le spectre lumineux et le contraste perçus (voir annexe A.1.c) ; qui varient en fonction de l'aménagement intérieur, de l'orientation du regard et de la disposition des ouvertures [Bodart M.]. Auxquels s'ajoutent des caractéristiques propres à la tâche visuelle à accomplir, comme la taille des objets à observer et le temps d'observation ; ainsi que d'autres facteurs liés à l'individu (âge, acuité visuelle) et la possibilité de regarder à l'extérieur. D'après Daich S. (2011, p 64), un environnement visuel confortable est le résultat des paramètres suivants :

- Un bon niveau d'éclairement de la tâche visuelle, pour une vision sans fatigue ;
- Un rendu des couleurs correct et une teinte de lumière agréable ;
- Une répartition harmonieuse de la lumière dans l'espace ;
- Les rapports de luminance présents dans le local et absence d'ombres gênantes ;
- La mise en valeur du relief et du modelé des objets ;
- Une vue vers l'extérieur ;
- L'absence d'éblouissement.

### II.1.1 Influence du type d'ouvertures sur le confort visuel

L'espace construit est généralement étroit sur façade avec une profondeur plus grande, faute de surface et dans ce genre de condition, d'après Prieur J. (1981, p 16), même avec une baie vitrée sur la totalité du mur de façade, la quantité de lumière atteignant le fond de la pièce reste insuffisante. Le confort visuel et psychologique, est interrompu dès que la distinction des individus, tournant le visage vers la fenêtre, devient impossible ; entraînant l'utilisation d'éclairage d'accompagnement la journée pour corriger le manque en lumière solaire, [Bodart M. 2005].

Dans la réglementation algérienne (article 35 du chapitre II, du décret exécutif n°91-175 du 28 mai 1991 définissant les règles générales d'aménagement, d'urbanisme et de la construction, de la loi 90-29 du 1990) il est exigé, pour un éclairage suffisant et une bonne aération, que la surface d'ouverture sur l'extérieur de chaque pièce principale, doit présenter une superficie au moins égale au huitième de la surface de la pièce.

Après de large étude de Prieur J. (1981, p 16), admet qu'une ambiance lumineuse confortable exige un éclairage à proximité dans le fond de la pièce, doit être envisagé, en temps clair ou nuageux et ce pour compenser la lumière naturelle extérieure.

Indépendamment à la hauteur du soleil dans le ciel, l'intensité lumineuse dépend de l'orientation de la fenêtre sur façade et le type d'éclairage d'un local est déterminé par la position et la répartition de ces sources, [Meddour S, 2008, p 40-48].

#### a) Eclairage latéral

Le plus utilisé et le plus ancien, assure à la fois : lumière, ventilation et vue. Associer à des protections solaires maximise l'éclairage indirect et diminue les risques d'éblouissement. Le redimensionnement du flux lumineux direct se fait par les parois internes réfléchissantes et de jouer sur le facteur de transmission des vitrages.

#### b) Eclairage zénithal

C'est est une source de lumière sans vue directe sur l'extérieur. Il permet d'assurer un niveau d'éclairement horizontal suffisamment intense et uniforme par une disposition plus flexible des sources lumineuses qui sont déterminées selon les besoins. Il est recommandé pour les différents climats grâce à son efficacité énergétique et régulation thermique des

espaces intérieurs. L'inconvénient de ce type d'éclairage, est l'absence des critères de vue et de spatialité affectant la qualité de l'ambiance lumineuse car les besoins psychobiologiques ne sont pas satisfaits et donc de l'appréciation du confort global par l'utilisateur.

Nous pouvons distinguer trois types d'éclairage zénithal : le cas où la lumière directe qui éclaire directement l'espace central (patio, ou coure). Le deuxième type, est qualifié de captif et produit par une paroi réfléchissante qui éclaire le local. En dernier, il y a la lumière-émotion, utilisée dans l'architecture religieuse et la pénétration de la lumière du jour, se fait par la création de très grands contrastes lumineux.

### c) Eclairage composé

Consiste à l'association, pour un même local, une source zénithale en plus des ouvertures verticales pratiquées en façades ; pour une meilleure distribution de l'éclairage. En dépit des avantages qu'il conjugue, ce type d'éclairage n'est pas universel dans le projet architectural.

### II.1.2 Influence de l'orientation des sources sur le confort visuel

La lumière naturelle varie selon l'heure, la saison et l'orientation. Une orientation Nord procure une lumière froide et constante, contrairement à l'orientation Sud, qui offre un ensoleillement quasi continu avec une lumière forte où les ambiances sont aussitôt réchauffées.

Sur l'orientation Est, l'ensoleillement pénètre le matin avec des rayons doux et tendres, inversement du côté Ouest, le soleil en fin d'après-midi jusqu'au soir, est bas proche de l'horizon et le rayonnement est essentiellement chaud ; provoquant l'éblouissement.

Toutes fois, sous un ciel couvert les baies verticales captent la lumière de manière similaire, indépendamment de leur orientation.

### II.1.3 Influence de la nature du vitrage sur le confort visuel

Un choix judicieux du vitrage affecte énormément l'ambiance intérieure, pas seulement la lumière, mais aussi les gains et pertes thermique par l'ouverture. [Bodart M. et Deneyer A, p15]

En architecture, deux effets du vitrage sont recherchés : la transparence et le miroir ; la fonction du contrôle de l'ensoleillement est beaucoup plus utilisée (effet miroir) au détriment de l'effet lumière mais il en résulte que le verre-miroir ne permet pas d'atteindre un confort d'été. En outre, la couche sélective des vitrages isolants doit être placée du côté chaud du vitrage, dans les pays froids, ou le chauffage domine, et à l'extérieur dans les pays chauds, ou le refroidissement domine.

Afin d'optimiser l'éclairage naturel et contrôler les gains d'énergie selon les saisons :

- ✓ En été, la fenêtre doit transmettre une portion adéquate de lumière dans la partie visible du spectre et empêcher la transmission des rayons infrarouges à courte longueur d'onde.
- ✓ En hiver, par contre, la fenêtre doit permettre la transmission du maximum de lumière et radiations infrarouges de courte longueur d'onde et empêcher le transfert thermique des infrarouges de grande longueur d'onde.

Cette stratégie est appliquée au moment de la conception une couches sélectives à basse émissivité, appelé également vitrage Low-E (coefficient d'émissivité de 0.04).

### II.1.4 Influence de la couleur des parois internes sur le confort visuel

L'exposition des parois aux rayonnements solaires suscite une transmission du flux de chaleur suivant un procédé mécanique qui dépend du matériau de construction. L'insolation est d'abord absorbée puis transformée en énergie et diffusée vers l'intérieur en chaleur. Le facteur S est différent d'une paroi à une autre et dépend de la couleur externe ( $\alpha$ ) et sa conductance ( $\lambda$ ), suivant la formule suivante d'après Izard J-L. (1993, p 48) :

$$S = \alpha \cdot \lambda / h_e$$

Avec :

$\alpha$  : Facteur d'absorption de la surface, (sans dimension)

$\lambda$  : Coefficient de la paroi, (W/ °C m<sup>2</sup>)

$h_e$  : Coefficient d'échange superficiel extérieur (W/ °C m<sup>2</sup>)

La couleur du revêtement comme il a été déjà dit précédemment, influe sur la quantité du rayonnement incident absorbée. Le tableau suivant démontre le facteur d'absorption ( $\alpha$ ) qui varie de 0 à 1 selon la couleur ; plus la couleur est sombre plus  $\alpha$  est proche de 0.9 et pour une couleur clair  $\alpha$  ne dépasse pas 0.2 en moyenne.

Catégorie	claire	moyenne	sombre	noire
Facteur absorption	$\alpha < 0.5$	$0.5 < \alpha < 0.7$	$0.7 < \alpha < 0.9$	$\alpha > 0.9$
Couleurs	Blanc, crème, orange, rouge clair	Rouge sombre, vert clair, bleu clair	Brun, vert sombre, vert clair, bleu sombre	Noir, brun sombre

**Tableau 4** : Variation du facteur d'absorption suivant la couleur du revêtement.  
(Source : Izar J-L. 1993, p 48)

L'habitude aux couleurs des objets qui nous entourent et le milieu quand fréquente n'est vécue qu'en présence de lumière du jour provenant du soleil. C'est la propriété du rendu des couleurs qui donne la couleur dominante. Cet indice permet d'évaluer la différence entre une surface mal éclairée et la même surface sous un éclairage idéal. Ce rapport doit être supérieur à 80 dans les appartements et à moins de 70 ce rendu devient médiocre, [Prieur J. 1981, p 11].

La couleur des surfaces internes affecte la perception des couleurs et le niveau d'éclairage de l'ambiance causé par « l'effet écho » [Prieur J. 1981, p 14], de la surface éclairée qui réfléchit la fraction de lumière de même couleur. Résultant une ambiance lumineuse composée de lumière réfléchie et directe, que nous pouvons maîtriser par la couleur du revêtement. Ce dernier, en teinte claire, renvoie plus de lumière sans tomber dans l'excès du blanc et éviter les teintes sombres, absorbantes de lumière, créant ainsi un déséquilibre lumineux dans la pièce.

En fin, dans les habitations, il y a une recherche d'être bien chez soi, que d'avoir un rendu de couleur acceptable. Selon Prieur J. (1981, p 13) « une ambiance chaude » est plus acceptable par les occupants de la pièce, dont le niveau d'éclairage est usuel, plutôt qu'avec « l'état psychologique » de l'individu en fin d'après-midi.

## **II.2 Conditions de confort visuel**

### **II.2.1 Niveaux d'éclairage domestique**

L'éclairage dans le logement doit s'adapter aux différentes activités qui se déroulent dans une même pièce, contrairement aux bâtiments publics (établissements scolaires et bureaux) où l'uniformité de l'éclairage est une qualité primordiale.

Une ambiance lumineuse générale dans une pièce est à créer par des valeurs ponctuelles, correspondantes à chaque tâche domestique, pour éviter les contrastes (transition entre zone

éclairée et zone sombre) qui engendre la fatigue visuelle. Sans pour autant, mettre le reste de la pièce dans la pénombre. Dans les pièces techniques (salles d'eau et cuisine), une recherche d'éclairage uniforme et élevé est plus souhaitable sans se soucier du facteur décoratif.

L'association française de l'éclairage (AFE)<sup>18</sup> ainsi que d'autres associations d'éclairage international (ASE, CIBSE, CIE)<sup>19</sup> recommandent dans leur normes, des valeurs de niveaux d'éclairage intérieur des locaux en fonction de l'usage auquel il est destiné ; loin du décalage entre les richesses nationales et les cultures (voir le tableau ci-après). En revanche, un éclairage trop important génère un sentiment d'inconfort et d'éblouissement.

Espaces	E (Lux)	Espaces	E (Lux)
circulation	100 à 150	Rangement	100
Salle à manger (sur la table)	200	Vitrine, tableau, sculpture	150
Séjour :		Chambre à coucher :	
coin d'écriture	300	éclairage générale	150
coin lecture	300	tête de lit pour lecture	300
coin couture ou tricot	500	table de travail de l'écolier	300
Cuisine :		Salle de bains :	
éclairage générale	200	éclairage générale	100
plan de travail	300	au niveau du miroir	300

**Tableau 5** : les valeurs d'éclairage extrait des recommandations de AFE.

(Source : Prieur J. 1981, p 25)

Ces valeurs varient en fonction du contraste **C** entre l'objet et son entourage, donné par la formule suivante :

$$C = (L_O - L_F) / L_F,$$

Avec :  $L_O$  est la luminance de l'objet et  $L_F$  celle de l'entourage.

Une impression d'éclairage trop fort ou trop faible est appréciée qu'après adaptation à l'ambiance interne car l'œil humain présente des adaptations par variation du diamètre pupillaire.

<sup>18</sup> AFE, association française de l'éclairage (52, bd Maleherbs, 75008 Paris), fondée en 1930 sous le nom d'Association des ingénieurs de l'éclairage, constitue des groupes de travail pluridisciplinaires qui élaborent les recommandations françaises en harmonie avec les textes internationaux. Depuis 1962, elle a créé des cours par correspondance en matière de lumière.

<sup>19</sup> ASE, l'Association Suisse de l'éclairage, CIE, la commission internationale de l'Eclairage, CIBSE : the Chartered Institution of Building Service Engineers.

### II.2.2 Répartition spectrale lumineuse dans un espace

La distribution de la lumière naturelle dans un local ne doit pas trop varier dans le temps, permet ainsi une bonne perception des objets et des couleurs dans une ambiance agréable. Les plans de travail seront situés de préférence près des sources de lumière (ouverture, fenêtre, baie vitrée,...) là où la lumière est bien reçue.

Dans le champ visuel nous distinguons : [Bouvier F. 1988]

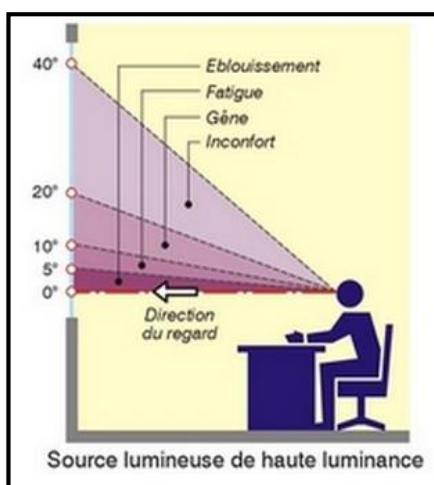
- ❖ **Le champ central**, une ouverture de  $1^\circ$  centré sur l'axe de vision, permet de distinguer les détails ;
- ❖ **L'ergorama**, champ de  $60^\circ$  d'ouverture, qui est utilisé pour le travail ;
- ❖ **Le panorama**, champ de  $120^\circ$  d'ouverture dans lequel seuls les mouvements sont détectés.

La répartition de la lumière doit tenir compte des quatre critères suivants :

- ✓ Equilibre harmonieux des luminances et des couleurs ;
- ✓ Les rapports de luminance présents dans le local, entre la plus élevée et la plus basse, ne doit pas excéder à 3 dans l'ergorama et 10 dans le panorama ;
- ✓ Absence d'ombres gênantes ;
- ✓ La mise en valeur du relief et du modelé des objets

### II.2.3 Eblouissement

L'éblouissement place l'individu dans de forte condition d'inconfort visuel, provoqué par une forte luminosité importante due au soleil ou à de la neige ensoleillée. Plus fréquemment il est causé par un contraste entre la luminance trop élevée d'une surface par rapport au milieu à qui elle se rattache. Un fort éblouissement engendre de cligner des yeux, mais un léger éblouissement nécessite juste une gymnastique de l'œil, entraînant fatigue des yeux et une baisse des capacités visuelles à percevoir les objets.



**Figure 27** : L'éblouissement et l'inconfort visuel.  
(Source : L'ECLAIRAGE NATUREL DES BÂTIMENTS)

✚ Suivant l'origine de l'éblouissement, on lui distingue deux types : [Daich S. 2011, p 75]

### a) L'éblouissement direct

L'éblouissement direct constitue en une luminosité intense d'une source lumineuse directement dans le champ de vision. La maximale admissible des valeurs de luminance dépend de l'angle de vision (angle formé par l'horizontale et la droite qui relie l'œil à la source) et lorsque cet angle augmente, la sensation d'éblouissement diminue.

### b) L'éblouissement indirect

L'éblouissement indirect constitue en une réflexion lumineuse sur des surfaces spéculaires ou brillantes exposées à une source de lumière vers l'œil de l'observateur. Il est créé aussi lorsque la lumière est réfléchiée par des petites surfaces de la tâche visuelle qui provoque une réduction du contraste entre la tâche visuelle et son environnement immédiat.

✚ L'éblouissement est classé en deux types, selon son intensité :

### a) L'éblouissement perturbateur (ou d'inconfort)

Ce type d'éblouissement diminue la capacité de l'œil à distinguer les détails des objets éclairés entraînant une fatigue à la longue, car l'observateur doit régulièrement ajuster son œil avec la luminance de l'objet lumineux et celle de la tâche visuelle à accomplir, en négligeant les détails.

### b) L'éblouissement invalidant (ou aveuglant)

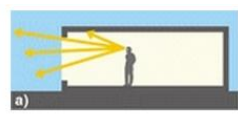
Dans l'éblouissement aveuglant, avant le moment d'adaptation de l'œil, l'observateur ne peut plus discerner aucun objet car l'intensité est tellement forte.

La sensation d'éblouissement est plus aggravée lorsqu'elle est provoquée soudainement par une luminosité dans une ambiance lumineuse sombre et ce, par des anomalies oculaires (myopie) ou par des facteurs temporaires (absorption d'alcool).

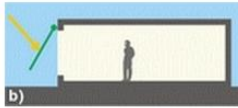
✚ Les causes d'éblouissement en éclairage naturelle sont :

- La vision directe du soleil ou du ciel, vus par derrière d'une baie vitrée ;
- La réflexion du soleil ou du ciel sur les bâtiments voisins ;
- Un contraste de luminance intense entre une fenêtre et le mur qui la porte, ou avec son châssis ;
- Une surface trop éclairée par rapport aux surfaces avoisinantes.

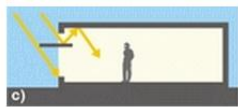
En éclairage naturelle la limitation de l'éblouissement peut être établie par différentes manières, qui sont résumées dans le tableau suivant :



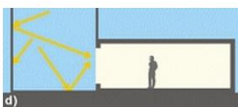
a) Prévoir une grande baie vitrée au lieu de plusieurs de petites dimension ; car elle augmente le niveau d'adaptation des yeux et diminue le contraste de luminance, donc diminution de la sensation d'éblouissement ;



b) L'utilisation d'une protection solaire mobile afin de voiler le ciel ;



c) Utilisation d'éléments déflecteurs pour assombrissant la fenêtre ;



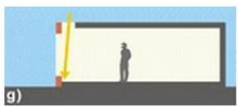
d) Prévoir des éléments à l'extérieur de la fenêtre, moins lumineux ;



e) Limité l'éblouissement directe par des ouvertures en hauteur (éclairage zénithales), puisque les tâches visuelles nécessitent une vue horizontale ou vers le bas ;



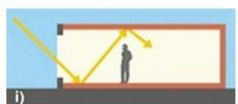
f) Augmenter le facteur de réflexion du châssis (teinte claire et mates) afin de diminuer le contraste fenêtre-châssis ;



g) Eclairer le mur qui porte l'ouverture pour diminuer le contraste entre fenêtre-mur ;



h) Augmenter le facteur de réflexion du mur qui porte la fenêtre pour diminuer le contraste mur-fenêtre ;



i) Augmenter l'éclairage naturel indirect par le moyen de parois très claires, pour diminuer le contraste mur-fenêtre ;



j) Privilégier la diffusion de la lumière dans le local par des revêtements mats.

**Tableau 6 :** Les différentes manières pour la limitation de l'éblouissement. (Source : L'ECLAIRAGE NATUREL DES BÂTIMENTS)

### II.3 Dispositifs architecturaux pour un éclairage sans surchauffe

En période d'été l'architecte est confronté à assurer un éclairage naturel suffisant sans causé de surchauffe dans l'espace de vie ; en évitant la pénétration du rayonnement solaire direct et les empêcher à atteindre les murs opaques.

Izard J-L. (1993, p 44), propose ces deux solutions pour répondre à cette problématique :

#### Les petites ouvertures

Afin de réduire l'insolation dans la pièce à vivre, des ouvertures de petites dimensions sont très appréciées dans l'architecture vernaculaire et Méditerranéenne et doivent être associées à des enduits intérieurs de couleur claire pour permettre une émission de la lumière homogène. Ces baies sont protégées le plus souvent par des masques peint en couleur claire pour capter plus de lumière tout en se protégeant des rayons solaire direct.

#### Eclairage indirect

Pour assurer un éclairage naturel uniforme sans atteinte au confort thermique en empêchant les radiations direct de traverser la baie, générant le plus souvent des gains d'énergie désagréable, des solutions sont proposées tels que les baies placées en toiture (éclairage zénithal) ou/et impostes périphérique avec une couleur de paroi interne qui permet de diffuser la lumière dans la pièce.

En outre, une bonne utilisation de la lumière naturelle, dépend de trois critères qui sont :

- 1) Améliorer la qualité spatiale, l'agrément et le confort d'utilisation ;
- 2) Eviter les problèmes d'inconfort visuel, d'éblouissement et de surchauffe estivale ;
- 3) Diminuer l'utilisation d'éclairage électrique en améliorant la pénétration de la lumière dans la profondeur des bâtiments. [Golay Yves, 1994, p 18]

L'adaptation de l'éclairage naturel suivant l'utilisation des occupants permet d'optimiser le confort visuel et d'éviter les surchauffes ou production de froid à l'intérieur de l'espace de vie. La prise en compte de la disponibilité de l'éclairage naturel, permet de faire des économies d'énergies appréciables quelle que soit l'orientation des baies vitrées.

### II.4 Qualités de l'éclairage domestique

L'éclairage domestique est fait de variation, de ponctuations lumineuses, de contrastes en zones claires et zones moyennement sombres autant que les activités changent d'un point à un autre, en fonction des heures et des jours. Un autre facteur affecte les besoins en lumière de l'occupant suivant son humeur et son mouvement qui varie au cours des heures.

Selon Prieur J, (1981, p 9-10) l'éclairage domestique journalier doit être « *souple, flexible et adaptable, tant dans sa quantité que sa qualité et sa couleur* » et « *doit répondre à deux facteurs principaux : physiologique et psychologique* ».

#### II.4.1 Facteur physiologique

Ce facteur est lié aux caractéristiques d'adaptations visuelles qui varient avec l'intensité lumineuse. Une bonne luminance augmente l'aptitude à discerner les petits détails par l'œil ainsi que la vitesse de perception de l'objet observé. Mais une luminance trop élevée peut entraîner une gêne, qui engendre une baisse des facultés visuelles.

Le malaise causé par l'éblouissement est en générale provoqué par la vision d'une source (soleil dans notre cas) vue directement ou par réflexion. Ou bien, par un contraste trop important entre une zone trop éclairée et son environnement immédiat moins éclairé. Parallèlement, la vue diminue avec l'âge, ce qui conduit à augmenter l'éclairement pour une même activité.

#### II.4.2 Facteur psychologique

Influe de ce facteur dépend du niveau d'éclairement, de l'homogénéité et l'uniformité de l'éclairement. Une lumière faible, unie est souvent perçu comme triste, monotone et crée une ambiance de détente, généralement inconfortable pour exercer une activité. Par contre, une ambiance lumineuse contractée, entre deux zones de niveau d'éclairement différent (plus au moins éclairé), donne plus de dynamisme à l'espace et une sensation de chaleur.

Le jeu de la couleur de la lumière, à celle des enduits intérieurs modifient amplement l'ambiance psychologique. Les lumières chaudes (jaune et rouge) créent une sensation de sécurité et de sérénité, que Prieur J. (1981, p 10), l'associe au souvenir antérieur de la lueur de la flamme et du feu dans le foyer, [Djemoui Rezig. 2013]. Inversement pour les ambiances de couleur froide (vert et bleu). Pour une sensation de confort, l'ambiance doit être plus chaude là où l'éclairement est plus faible.

### II.5 Confort et Ambiance lumineuse

#### II.5.1 Ambiance lumineuse

La lumière est un élément vital, nous permet de percevoir et de sentir le monde qui nous entoure. Elle est caractérisée par l'éclairement, la luminance et le contraste. L'ensemble réuni crée l'ambiance du lieu. L'ICEB<sup>20</sup> (2004, p 19), définit l'ambiance d'un lieu en décrivant une personne dans son environnement (thermique, sonore, olfactif, lumineux, ...) et la manière dont ce dernier affecte l'individu et crée chez lui une réaction.

De ce fait, l'ambiance lumineuse, c'est la façon « *dont l'ensemble des aspects de l'environnement lumineux affecte un sujet* » [ICEB. 2004, p 19]. Elle constitue en trois variantes : lumière, objet architectural (forment l'environnement lumineux) et sujet.

La Norme EN 12464-1 : 2011 (éclairage des lieux de travail intérieurs) définit l'ambiance lumineuse comme étant la satisfaction de trois besoins humains importants :

- 1) Le confort visuel : sensation de bien-être ressentie par les occupants.
- 2) La performance visuelle : l'exécution des tâches par les usagers de l'espace sans présenter aucune gêne ou fatigue visuelle.
- 3) La sécurité.

L'ambiance lumineuse d'un lieu, n'est pas seulement le produit de la lumière ; même lorsqu'elle est involontaire elle engendre toujours une ou d'autre type d'ambiances (thermique, sonore, olfactive...etc).

Selon le degré de luminosité, une ambiance lumineuse est classée en trois catégories fondamentales, qui sont : [Reiter S. et DE Herde A. 2004]

- 1) La pénombre, considérée comme un dialogue entre l'ombre et la lumière, devenue depuis quelques décennies comme un langage de séduction.
- 2) La luminescente, est une clarté ambiante qui tend à disparaître.
- 3) L'inondée, est une lumière envahissante et parfois écrasante.

---

<sup>20</sup> ICEB, (l'institut pour la conception écoresponsable du bâti), est une association regroupant aujourd'hui une soixantaine de professionnels de l'architecture, du bâtiment, de l'urbanisme, de la santé et de l'environnement qui, au quotidien, déploient sur le terrain leur expertise de la construction et de l'aménagement durables et responsables, au service de l'utilisateur et de son environnement.

### II.5.2 Confort d'une Ambiance lumineuse

L'ICEB, (2004, p 21), définit une ambiance lumineuse confortable en absence d'éblouissement et d'inconfort. Selon CIE (2011), l'éblouissement est le moment où la vision des détails de l'objet observé est troublée, l'observateur ressent une gêne par suite d'une mal répartition lumineuse ou d'un contraste excessif.

Un environnement lumineux non confortable, qui ne répond pas aux normes fondées, peut être considéré comme satisfaisant, car la satisfaction visuelle est déterminée par des préférences individuelles. Et la sensation de confort diffère d'une personne à une autre ; certains préfèrent un éclairage naturel, même inconfortable, à un éclairage artificiel performant.

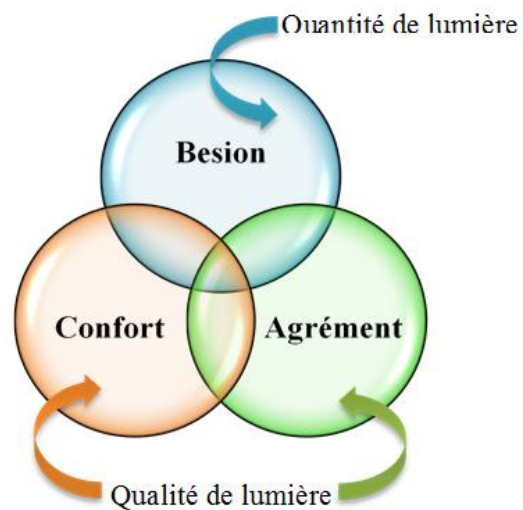
### II.5.3 Caractéristique d'une Ambiance lumineuse

L'environnement lumineux est composé de deux paramètres principaux, qui sont la quantité de lumière, nécessaire pour effectuer une activité dans de bonnes conditions lumineuses et la qualité de la lumière, qu'est la notion de confort et d'agrément. [Dirahoui M. A. 2014]

Le sujet, constitue l'appréciation subjective selon trois phases de la vision : enregistrement, traitement et réaction au stimulus.

En outre, le recours à la lumière artificiel devient nécessaire dès que l'ambiance lumineuse sera peu ou pas satisfaisante quand un de ces paramètres est privilégié par rapport à l'autre.

Ces paramètres dépendent à l'intérieur d'un espace de la conception architecturale, caractéristique de l'ouverture, forme et dimension du local, revêtements intérieurs ainsi que le milieu extérieur et les conditions atmosphériques du lieu.



**Figure 59** : Schématisation de l'ambiance lumineuse. (Source : auteur)

Les paramètres fondamentaux qui déterminent une ambiance lumineuse sont :

- ✓ La distribution de la lumière ;
- ✓ L'éclairement ;
- ✓ La direction de la lumière dans l'espace intérieur ;
- ✓ La variabilité de la lumière ;
- ✓ Le rendu des couleurs et la couleur apparente de la lumière ;
- ✓ L'éblouissement ;
- ✓ Le papillotement.

Les paramètres d'ergonomie visuelle affectant la vision même dans un éclairage satisfaisant sont :

- ✓ Les caractéristiques essentielles de la tâche visuelle et du fond ;
- ✓ La capacité ophtalmique de l'observateur ;

C'est ainsi que l'intérêt porté à l'éclairage naturel dans les habitations est justifié par le fait que la lumière est pensée par le décorateur en termes d'installations électriques que fonctionnelles, et ce la nécessité de maîtriser les phénomènes physiques de l'éclairage et de maître en moyens des techniques pour tirer le meilleur profil de la lumière solaire.

### III. Système de contrôle de l'ensoleillement

Les bâtiments contemporains sont des récepteurs d'intenses rayonnements solaires, qui devraient être contrôlé selon l'usage de l'espace et l'orientation. Ces rayons sont souhaitables en période hivernale ; mais provoquent le plus souvent des éblouissements et surchauffe, en période estivale, dont on doit se protégé.

De ce fait, le contrôle de l'ensoleillement par des dispositifs architecturaux permet une amélioration du confort thermique et visuel. Par le contrôle non seulement de l'éclairage naturel mais aussi des gains de chaleur solaire (été comme hiver) et ce, selon les besoins réels qui sont variables.

Ces dispositifs d'occultations peuvent être mobiles/fixes et internes/externes et leurs performance est en fonction de l'orientation, la latitude et leurs géométries.

### III.1 Types d'occultations

#### III.1.1 Les Masques solaires immobiles/fixes

Dans un milieu urbain, les bâtiments voisins sont généralement d'importants masques. A la différence d'un site naturel, il est provoqué par un contour apparent résultant principalement par des droites verticales et horizontales.

Le masque architectural est une surface qui atténue l'énergie solaire globale incidente sur une surface réceptrice pour lui porter ombre. Cet effet est indésirable en saison froide, du moment où le gain d'énergie gratuite est affaiblit mais peut être recherché par les concepteurs dans les climats chaud, essentiellement en été. Il se mesure d'après Izard J-L. (1993, p 28) par un facteur sans dimension ( $ft$ ) qu'est donné comme suit :

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

Ce facteur est influencé par :

- ✓ L'orientation du masque ;
- ✓ L'angle solaire incident ;
- ✓ L'énergie reçue suivant le site ;
- ✓ Type et dimension du masque : auvent, flanc, loggia, ...

##### III.1.1.1 Protection des parois horizontales

Les parois horizontales reçoivent le plus d'insolation et leur protection devient nécessaire. Dans les modèles architecturaux antérieures ces protections étaient sous forme de comble : un espace tampon entre l'espace habité et l'enveloppe de l'édifice.

Suite à l'apparition des toitures terrasses dans l'architecture contemporaine, le Corbusier et bien d'autres après, développe des protections de types « parasol » [Izard J-L. 1993, p 30], qui ont pour fonction la journée, d'empêcher les radiations solaires d'atteindre la surface externe de l'édifice et d'éviter le retour vers le ciel pendant la nuit sans oublier la création d'une ventilation naturelle diurne.

### III.1.1.2 Protection des parois verticales

La protection des parois verticales est plus riche et leur efficacité dépend de leur orientation, dimensions ainsi que la latitude. Dans ce qui suit nous allons démontrée les différentes configurations.

#### a) Auvent

L'auvent ou l'avant-toit, offre la meilleure protection en été pour l'orientation sud. Il est constitué d'une corniche horizontale placée au-dessus de la paroi verticale réceptrice (ou la baie), produisant un effet d'ombre. Cette surface prend forme en architecture sous des toitures débordantes de Frank Loyd Wright ou débords de dalle de Mies Van der Rohe. De même que les balcons, encorbellements et les écrans à lames horizontales produisent le même effet, [Izard J-L. 1993, p 34].

#### c) Flanc

Le flanc est un plan vertical, adjacent au plan de la baie ou de la façade. L'ombre portée est en fonction de l'azimut du soleil par rapport au plan de la façade. La famille des flancs comprend : décrochements en plan, les écrans à lames verticales, tableaux de fenêtre, les flancs de loggia..., [Izard J-L. 1993, p 36]. Cette configuration n'offre pas une protection solaire efficace en été quel que soit l'orientation sauf entre 10h et 14h au moment où le soleil est plus chaud sur les façades Est et Ouest sans protection contre le soleil levant et couchant.

#### d) Loggia

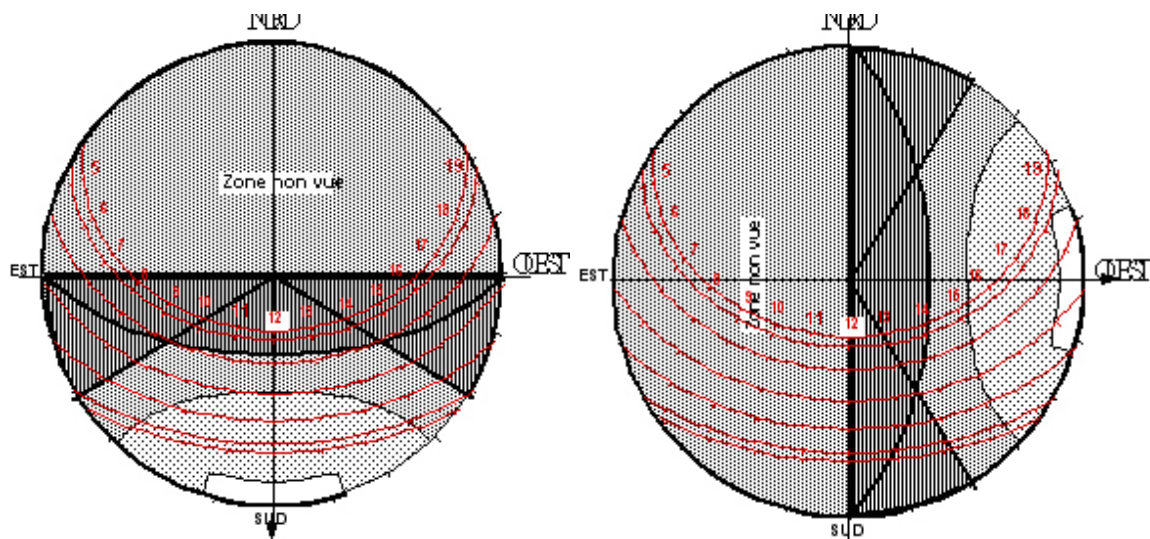
La loggia est la combinaison des deux cas précédents, constituée d'un auvent et deux flancs. L'ensemble tableaux et linteau d'une fenêtre, des écrans à lames croisées travaillent comme des loggias. Cette forme architecturale est très efficace en été sur des façades orientées proche du Sud mais réduit fortement l'éclairage naturel et apporte de l'ombre en hiver, [Izard J-L. 1993, p 116].

Dans l'étude d'une loggia orientée au sud, de Izard J-L. (2006, p 21) la baie est (voir figure 60) :

- ✓ ombragée toute la journée tous les mois de Mai, Juin et Juillet, partiellement en Avril et Août ;
- ✓ ombragée à plus de 50% en Septembre et Mars et à moins de 50% les autres mois de l'année.

Sur l'orientation Ouest le bilan d'éclairage est différent d'après Izard J-L. (2006, p 22) comme suit :

- ✓ Entre 12h à 14h, la baie est totalement à l'ombre sur toute l'année ;
- ✓ Entre 14h à 15h, la baie est ombragée à plus de 50% sur toute l'année ;
- ✓ Entre 15h à 17h, la baie est ombragée à moins de 50% en été mais le reste de l'année jusqu'au coucher de soleil ;
- ✓ En été, de 17h au coucher de soleil, la baie est entièrement éclairée.



**Figure 29** : Bilan d'éclairage solaire annuel de la baie en fond de la loggia orientée Sud et Ouest respectivement. (Source : Izard J-L. 2006)

### III.1.2 Protections solaires Mobiles

Les volets classiques, persiennes, rideaux, stores en toile ou en lamelles de bois ou de plastique et stores à lamelles orientables sont des protections solaires mobiles, qui participent à réduire l'insolation causée par la pénétration des rayons solaires traversant la baie vitrée.

Ces derniers, placés du côté extérieur du vitrage, sont plus efficace avec une réduction d'échauffement sur la surface d'occultation dans le cas où cette surface réémis l'insolation interceptée. Particulièrement, les lamelles orientables qui sont mieux adaptées pour contrôler l'éclairage naturel et la chaleur, mais ils sont exposées aux intempéries ce qui réduit leurs durabilité. Par contre ceux placer du côté intérieur de la fenêtre, travaillent comme un capteur solaire à air ce qui rend l'effet de serre alors possible, [Izard J-L. 1993, p 39].

Les réalisations architecturales antérieures utilisent largement les volets et les persiennes qui sont repris dans d'autre forme plus ingénieuses comme les diaphragmes de J. Nouvel dans l'Institut du Monde Arabe avec un type de verre simple ou double selon ces performances. [Izard J-L. 1993]

Les protections mobiles s'avèrent plus efficace pour un éclairage suffisant même à ciel couvert tout en évitant l'éblouissement, contrairement aux systèmes fixes, qui réduisent l'éclairage naturel, sans permettre aucune adaptation et ne corrigent que partiellement les variations saisonnières.

Les systèmes d'occultation horizontaux et les avancées de façade sont plus efficaces sur les parois Sud. Dans les régions chaudes, les protections horizontales mobiles sont bien adaptées pour les latitudes basses ; par contre dans les latitudes moyennes, les avancées devraient être plus profondes. Aux latitudes plus importantes les protections mobiles sont avantageux pour la ventilation naturelle et le contrôle de la lumière mais les avancées solides arrivent jusqu'à l'horizon, en piétinant sur le champ de vision, [B. Givoni, 1978, p 222].

En fin, ces systèmes sont choisis en fonction de l'orientation de la paroi à occulter, [Izard J-L & Kaçala O]. Certaines orientations sont faciles à ombrer, par rapport à d'autre, qui sont plus difficile. Le tableau 7, qu'on va présenter nous indique le type le plus adapté pour chaque orientation dans l'hémisphère Nord.

<b>Orientations</b>	<b>Occultation efficace</b>
Nord (face au pôle Nord)	Non exigés
Est	Brise-soleil vertical, volets mobiles
Sud (face à l'équateur)	Brise-soleil fixe horizontal
Ouest	Brise-soleil vertical, volets mobiles

**Tableau 7** : Forme de la protection solaire selon l'orientation.

(Source : Bellara M. 2005, p 105)

### III.2 Calcul des occultations

Le dimensionnement des dispositifs de protections est basé sur la course du soleil tout au long de l'année pour une latitude donnée. La méthode de la projection stéréographique (voir annexe A.1.a), est la plus utilisée pour déterminer l'occultation et l'ombre portée.

✚ les angles d'ombre horizontaux et verticaux

L'angle d'ombre horizontal **HSA** correspond à la différence en azimut entre la position du soleil et l'orientation de la façade ( $HSA = \text{azimut} - \text{orientation}$ ). Il permet d'évaluer la performance d'un système de protection solaire vertical. Il est représenté sur le diagramme solaire par les rayons.

a) Dimensionnement de la protection verticale (flanc) :

$$d = h / \tan HSA$$

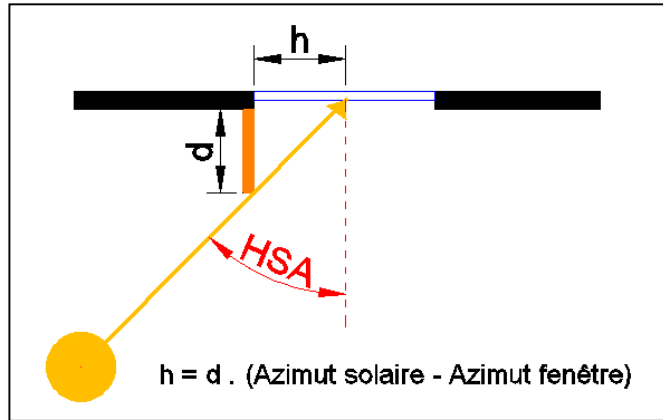


Figure 30: Shématisation en plan du flanc.  
(Source : auteur)

L'angle d'ombre vertical **VSA** est mesuré sur le plan perpendiculaire à la façade du bâtiment et nous informe de la performance d'un système de protection solaire horizontal. Il est représenté sur le diagramme solaire sous forme d'arc.

Il est donnée par :  $\tan VSA = \tan \text{de l'angle d'élévation du soleil} / \cos HSA$

b) Dimensionnement de la protection horizontale (auvent) :

$$L = H / \tan VSA$$

(avec : VSA1 et VSA2 sont les angles d'ombre vertical à partir de laquelle nous souhaitons stopper totalement les rayons solaires).

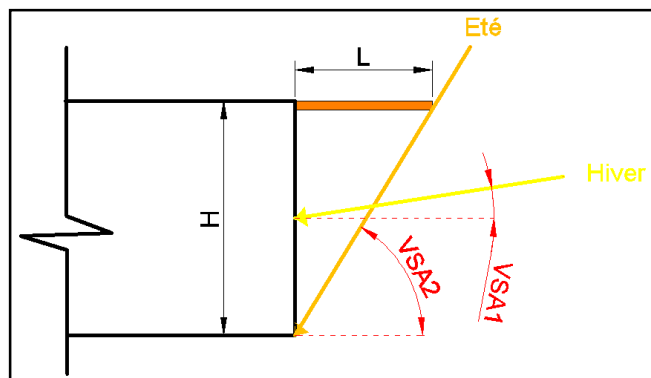


Figure 31 : Shématisation en plan de l'auvent.  
(Source : auteur)

NB : Par convention, le point de référence d'une fenêtre est en général pris au milieu de la base de la partie vitrée.

### Conclusion

La lumière naturelle émise par le soleil est composée de l'éclairement énergétique et lumineux. Elle varie en intensité au cours des heures et des jours de l'année, selon la position du soleil ainsi que l'épaisseur de la couche atmosphérique traversée par les rayonnements. Toutes fois les émulsions photographiques « lumière du jour », sont considérées comme étant stables et équilibrées à partir d'environ deux heures après que le soleil se lève et deux heures avant la tombée de la nuit.

En architecture, l'influence du soleil sur les ambiances intérieures est très grande, d'où la nécessité d'identifier les conditions climatiques qui caractérisent notre cas d'étude pour nous permettre de mieux comprendre leurs impacts sur le confort thermique et visuel. Il est aussi important de comprendre les phénomènes géométriques et énergétiques de l'ensoleillement de la région étudiée, favorable en hiver (gains thermique) mais provoque surchauffe et éblouissement l'été. Ces gains sont contrôlés à l'aide de protections solaires, qui devraient être intégrées au sien du bâtiment comment élément architectural réfléchi au préalable, en fonction de l'orientation de l'espace et l'enveloppe du bâtiment.

La qualité des ambiances intérieures, doit s'intéresser à l'espace vécu par ses utilisateurs et l'ensemble des ambiances thermiques et lumineuses qui modulent la perception du lieu et affectent les attitudes comportementales de l'individu ainsi que le sentiment de confort lors du déroulement des activités attachées à cet espace.


Pour évaluer la qualité de ces ambiances dans nos cas d'étude, il convient de mettre en place des méthodes d'évaluation des ambiances intérieures du logement à travers une approche subjective (enquête par questionnaire et interviewe) et une approche objective, expérimentale, par des prises de mesures des paramètres climatiques in situ ; afin d'étayer les résultat d'enquête.

Cette corrélation, entre l'homme et son environnement fera sujet de la partie expérimentale.



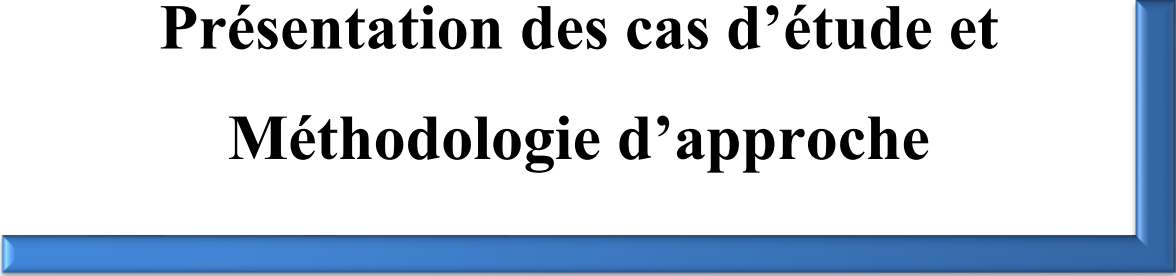
# DEUXIEME PARTIE

*Investigation subjective et objective  
de la qualité des ambiances dans  
l'habitat contemporain Tizi-Ouzien*



## Chapitre III

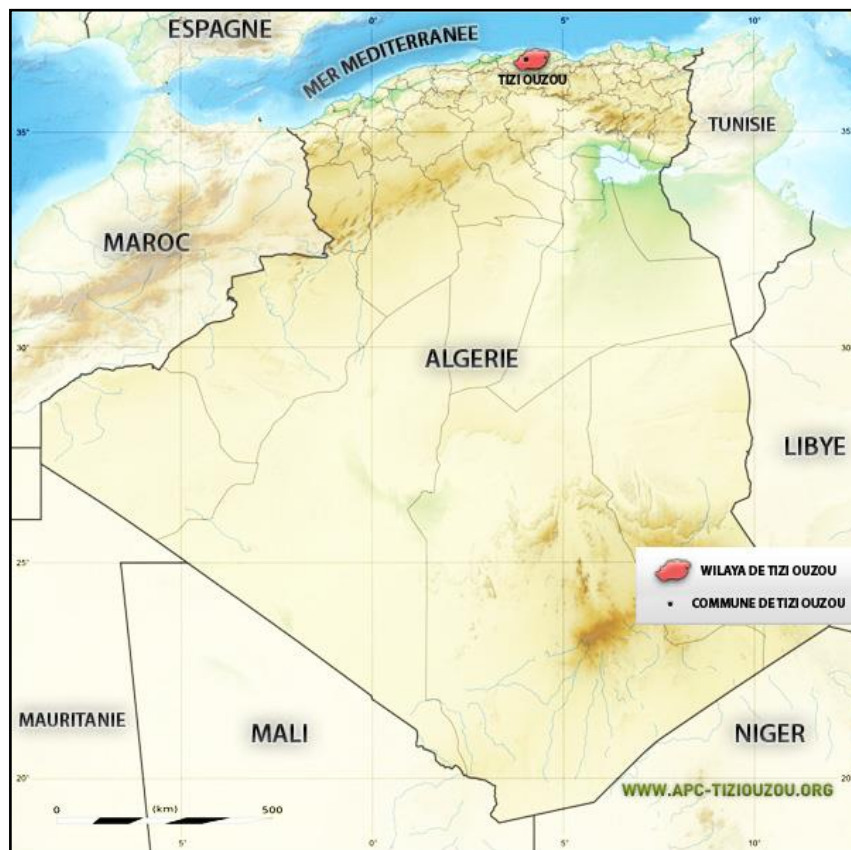
**Présentation des cas d'étude et  
Méthodologie d'approche**



## Introduction

La wilaya de Tizi-Ouzou, est située à 100 km à l'est d'Alger, en plein cœur du massif du Djurdjura, dans la région de la grande Kabylie, son nom signifie « col des genêts ». Elle s'étend sur une superficie de 2 957.93 km<sup>2</sup> avec une population estimée à 1 139 593 (selon le RGPH 2008) et présente une densité de 385 habitants/ km<sup>2</sup>.

Mais dans ce qui suit, nous présentons le territoire de notre investigation qui a pour objet de comprendre le développement de la ville et vise à déterminer les caractéristiques géographiques, démographiques et climatiques de la ville ; tout en accordant une importance particulière à la ZHUN, grands ensembles.



**Figure 32 :** Situation de la wilaya de Tizi-Ouzou. (Source : la commune de Tizi Ouzou)

Afin de cerner la qualité des ambiances hygrothermiques et lumineuses à l'intérieur de ces logements, nous avons choisis un cas d'étude représentatif du parc immobilier Tizi-Ouzien. Il s'agit au juste, de recueillir en plus des conditions climatiques de la ville, les techniques de contrôle par une étude bioclimatique et en fin, définir l'approche méthodologique à suivre dans le travail expérimental.

## I. Présentation de la ville de Tizi-Ouzou

La commune de Tizi-Ouzou, présente une situation stratégique, entre plaine et montagne, définit le seuil de la Kabylie, s'étend sur une superficie de 102.36 km<sup>2</sup>. Elle est limitée au Nord par les communes de Sidi Naâmane et Ait Aissa Mimoun, au Sud par les communes d'Iredjen, Beni Aissi, Beni Zeenzer et Maatkas, à l'Est par les communes d'Ouaguenoune et Tizi Rached, et en fin à l'Ouest par les communes de Draa Ben Khedda et Tirmatine.

En 2010, la ville concentre près de 80% de la population de la commune et pas moins de 12% de celle de la wilaya, [Agharmiou-Rahmoun N.].

### I.1 Analyses climatiques du site d'investigation

#### I.1.1 Situation géographique

Le territoire de la ville de Tizi-Ouzou est localisé à 36°42 de latitude au Nord et 04°03 de longitude à l'Est [M. Mazari, 2012, p 78], et s'élève à une altitude de 188 mètres. Elle est limitée au Nord par les monts de Sidi-Belloua (à 650 m d'altitude) et le vieux massif de Hassnaoua (à plus de 600 m d'altitude) au Sud. A l'Est, on trouve la vallée du Sébaou (100m d'altitude) et à l'Ouest, la commune de Boukhalfa.

De par sa configuration de mamelon, la ville occupe une position de transition et marque l'accès à l'espace montagnard voisinant.

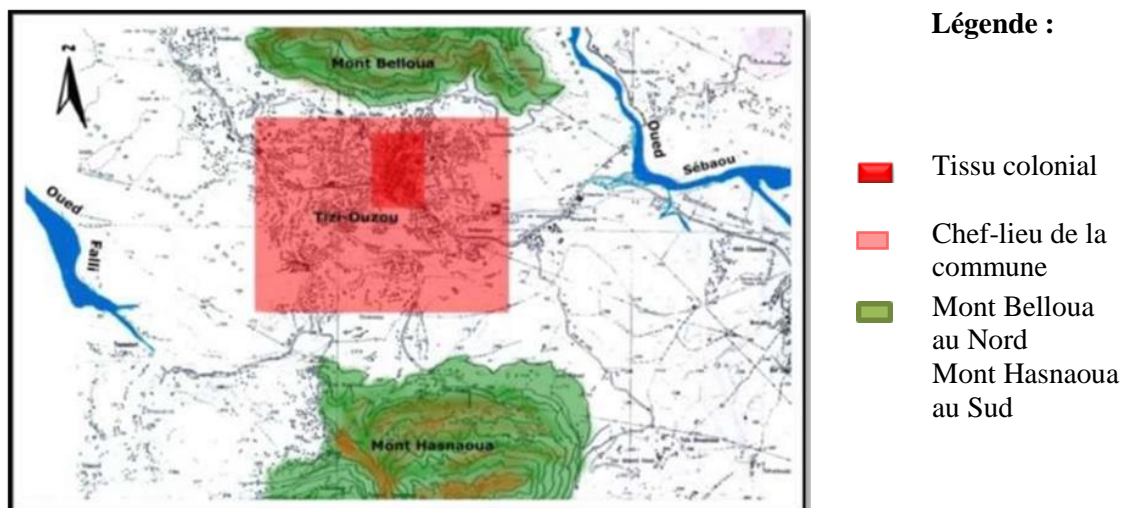


Figure 33 : Situation de la ville de Tizi-Ouzou. (Source : DUAC de Tizi-Ouzou, p 9)

## I.1.2 Caractéristiques du site

### I.1.2.1 Relief

Le relief de la wilaya de Tizi-Ouzou comme ça commune est un relief montagneux, caractérisé par 59 % de montagnes, 35 % de collines et 6 % de vallées. Ce relief est escarpé et squelettique, reliant les plaines aux montagnes du Djurdjura, [Dahmani M. 1990, p 11].

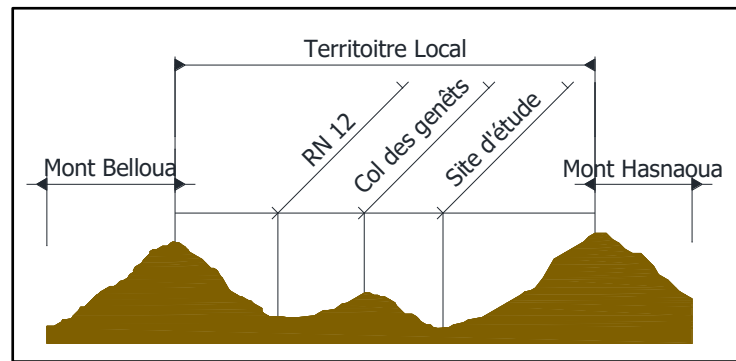


Figure 34 : Coupe schématique à l'échelle du territoire local. (Source : auteur)

### I.1.2.2 Caractéristiques démographiques

Au jour d'aujourd'hui, la distinction de la population de Tizi-Ouzou se fait difficile car beaucoup de citoyens venus s'y installer, de tous les coins de la Kabylie. Parfois même de différents abords du pays.

D'après l'annuaire statistique de la wilaya de Tizi-Ouzou de 2010, la population de l'ACL (Agglomération Chef-Lieu) est en permanence en accroissement. Le tableau 8, nous donne cette évolution chaque dix an depuis 1977.

RGPH	1977	1987	1998	2008
Population ACL	38 979	58 810	75 024	104 312
Population Communale	67 225	92 412	117 259	135 088

Tableau 8 : Evolution de la population de Tizi-Ouzou.

(Source : Annuaire statistique de la wilaya de Tizi-Ouzou, 2010)

Cette évolution massive, résulte de trois facteurs principaux :

- ✓ L'exode rurale et migration interne ;
- ✓ L'accroissement démographique naturel ;
- ✓ La traction urbaine qu'offre la ville (activités structurantes, emplois et commerces, due aux plans de développement de la wilaya).

La Commune de Tizi-Ouzou											
2004		2005		2006		2007		2008		2009	
Nais*	Décès	Nais	Décès	Nais	Décès	Nais	Décès	Nais	Décès	Nais	Décès
6 151	1 453	7 191	1 554	7 312	1 463	7 321	1419	9 232	1 575	10 545	1 721

Nais\* : l'abréviation de naissance.

**Tableau 9** : Mouvement naturels de la population de la commune de Tizi-Ouzou.  
(Source : Annuaire statistique de la wilaya de Tizi-Ouzou, 2010)

Désignation	Population		
	Féminine	masculine	totale
Commune de Tizi-Ouzou	69 645	69 526	139 171

**Tableau 10** : Structure de la population de la commune de Tizi-Ouzou.  
(Source : Annuaire statistique de la wilaya de Tizi-Ouzou, 2010)

Le premier tableau, nous renseigne sur le mouvement de la population où nous remarquons une croissance considérable de 4 394, qui s'explique par une légère augmentation en taux de natalité et une baisse remarquable du taux de mortalité. Dans le second tableau, de l'examen de la structure de la population par sexe, nous constatons un écart de 0.09 % de plus pour la population féminine par rapport à la population masculine.

Cette population est répartie comme suit : [Boukerma C.]

- 77.22 %, population urbaine ;
- 22.78 % population rurale.

### **I.1.2.3 Caractéristiques socio-culturelles**

La ville de Tizi-Ouzou fait objet d'un massif exode rural suite au départ des Européens vers 1962 à 1967. Elle est vue comme un lieu de promotion sociale et économique qui fournit emplois, logement et services appropriés à une vie moderne, [Doumane S. 2011, p 13-29]. Contrairement aux villages, qui manquent complètement des nécessités de la vie dite, normale : misère, indigence, pauvreté,... Ce n'est qu'à partir de 1968, comme d'autres wilayas montagneuses, que la ville de Tizi-Ouzou, va subir de profondes transformations dans sa structure urbaine. [Laiche M. & Sadoudi M. 2011, p 49-62]

De ce fait, vers la fin des années 70, Tizi-Ouzou connaîtra une vraie métamorphose. Une importante zone d'habitat urbain nouvelle (Z.H.U.N) voit le jour au sud de la ville, pour faire face aux besoins pressants et croissants. Elle est composée 11.8 % de grands ensembles d'architectures fonctionnalistes, de la surface totale et 2 % de surface commerciale, [Laiche

M. & Sadoudi M, 2011, p 49-62]. Cette opération s'inscrit dans le cadre de l'intégration des programmes déjà lancées auparavant et d'importantes opérations de construction de logements collectifs, d'équipements d'accompagnement et de services.

#### I.1.2.4 Caractéristiques physiques (Structure urbaine)

Le passage de ville moyenne vers la phase de grande ville a été très rapide et ce, grâce à l'introduction de programmes volontaristes de l'Etat, passant antérieurement, de village à celui de bourge colonial. Sa population s'est accélérée grâce à l'exode rural.

Selon Agharmiou-Rahmoun N.<sup>21</sup>, la ville de Tizi-Ouzou présente un caractère spécifique d'une « métropole ». Elle est le produit d'un « cas atypique d'une nouvelle ville algérienne ayant prospéré très vite dans un hinterland rural, des plus denses de la Méditerranée... une somme d'espaces, des morceaux de l'histoire qui vont s'enchevêtrer disputant les mêmes contraintes, un col étroit, une topographie accidentée, la rareté du foncier urbain... fruit des vicissitudes de l'histoire, son rôle de passage obligé, porte vers toute la Kabylie, a en quelque sorte « **imposé** » son essor. ».

La formation de la ville s'est faite sans planification urbaine cohérente, par des greffes successives, qui traduisent un parcours troublant, tumultueux. Elle se présente comme un « espace urbain » qui « illustre la dominance du cachet rural mais surtout l'absence d'une vision harmonieuse de la ville. Une croissance physique de la ville dans un désordre dans la production urbaine et une absence criante d'équipements adéquats d'aires de détente, de jardins, de places publiques, de parcs, ... », [Agharmiou-Rahmoun N.].

La figure 35, sont des prises de vue dans le paysage de la ville. Une première observation de ces photos nous remarquons que la structure urbaine est essentiellement composée de bâtiment collectif.

---

<sup>21</sup> Maître de conférences (MCA), Faculté des Sciences Economiques, Commerciales et des Sciences de Gestion. Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou.



Vue des 600 logements



Vue de la cité Tassedra



Vue du Boulevard Krim Belkacem



Vue des 60 logements

**Figure 35** : Structure urbaine de la ville de Tizi-Ouzou.  
(Source : auteur, 2014)

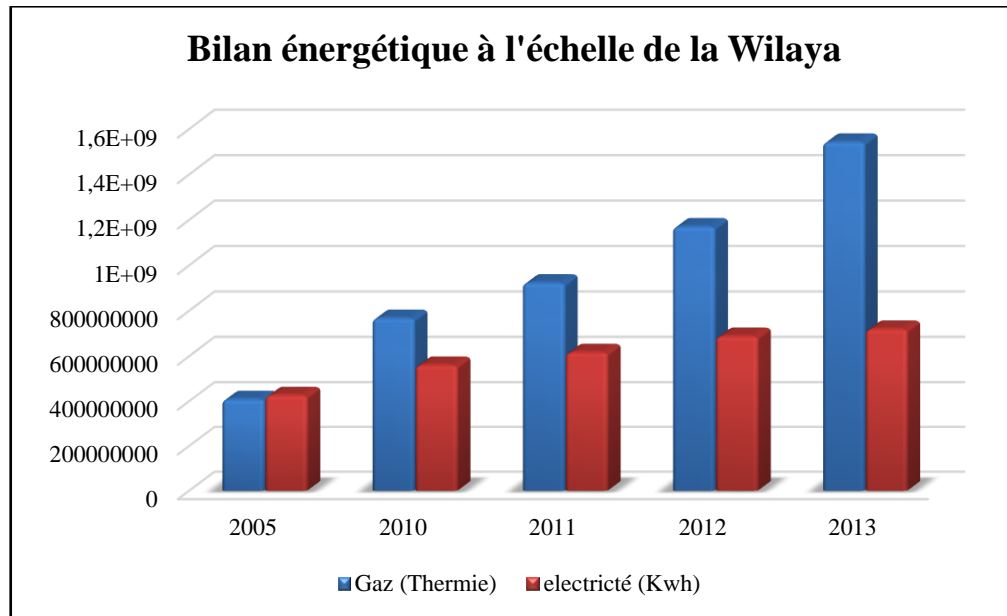
### I.1.2.5 Consommation énergétique à Tizi-Ouzou

Le potentiel énergétique au niveau de toute la wilaya de Tizi-Ouzou est assuré par deux réseaux. Le premier est le réseau électrique de 6 826.605 km avec 4171.346 km des lignes base Tension et 2 655.259 km des lignes Haute Tension. Le second réseau est celui du gaz naturel de 3376.040 km. [Sonelgaz de Tizi-Ouzou, 2013]

#### ✚ La consommation énergétique à l'échelle de la wilaya

D'après les données recueillies auprès de la Direction de la Sonelgaz de la ville, la consommation énergétique au niveau de tout le territoire de Tizi-Ouzou est en perpétuelle croissance exprimée par les histogrammes dans la figure 36.

- a. La consommation annuelle du gaz naturel passant de 408 229 625 Thermie en 2005 à 1 542 992 109 Thermie en 2013. Soit une augmentation de 1 137 762 484 Thermie en dix ans.
- b. La consommation annuelle de l'électricité est de 426 145 925 Kwh en 2005 arrivant à 719 018 963 Kwh en 2013. Soit une augmentation de 292 873 038 Kwh en dix ans.



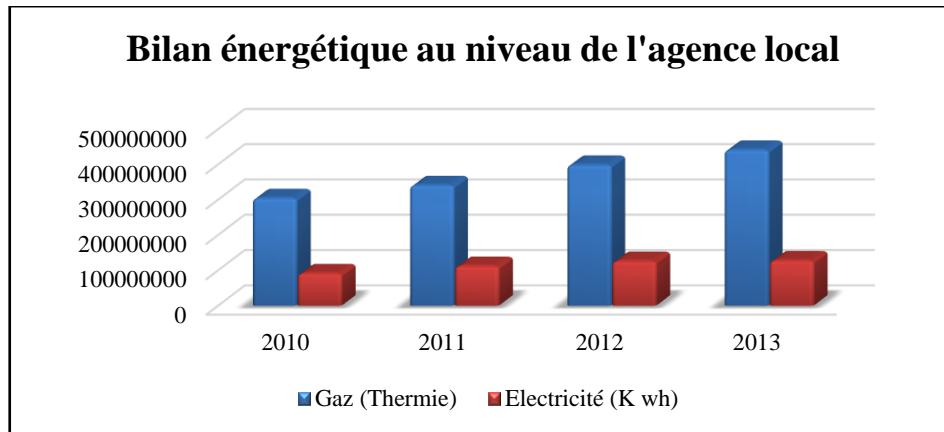
**Figure 36** : Consommation énergétique (gaz de ville et électricité) à la wilaya Tizi-Ouzou.

(Source : Sonelgaz de Tizi-Ouzou, 2014)

#### ✚ Consommation énergétique recueillies par l'Agence de Tizi-Ouzou

D'après les données recueillies auprès de l'Agence de Tizi-Ouzou, qui comprend : la ville, Rejouana, Ihasnaouène, Ouade Aissi, Boukhalpha et Lazib Ahmed ; la consommation énergétique est en croissance sans cesse, exprimée par les histogrammes de la figure 37.

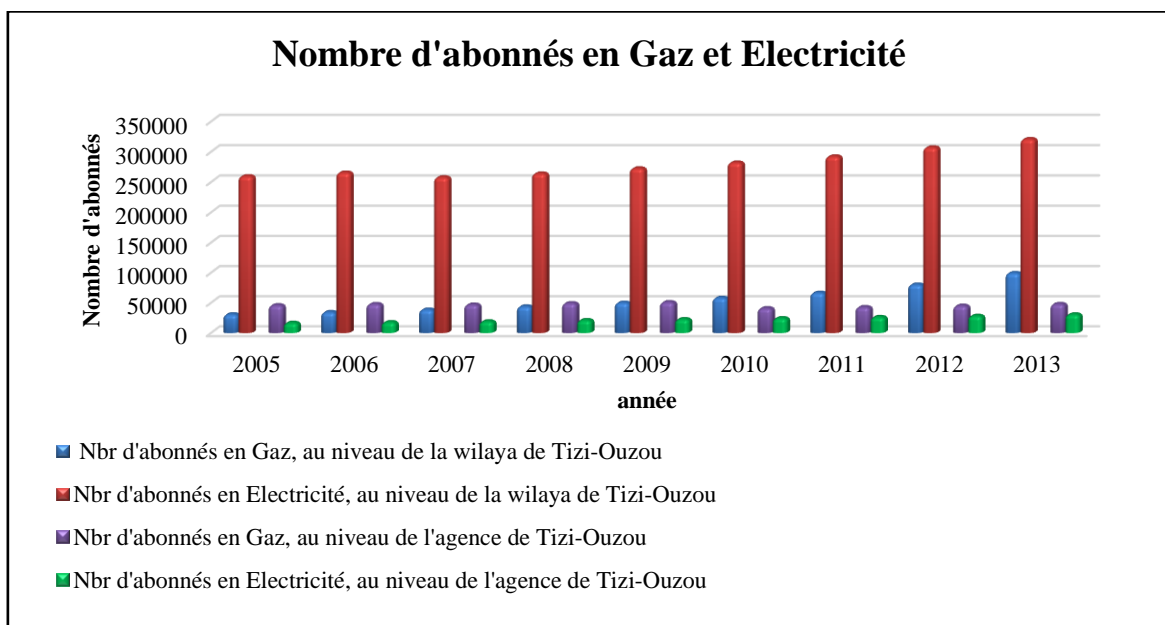
- a. La consommation annuelle du gaz naturel passant de 304 107 099 Thermie en 2010 à 441 183 394 Thermie en 2013. Soit une augmentation de 137 076 295 Thermie en trois ans.
- b. La consommation annuelle de l'électricité est de 91 481 126 Kwh en 2010 arrivant à 127 841 360 Kwh en 2013. Soit une augmentation de 36 360 234 Kwh en trois ans.



**Figure 37** : Consommation énergétique (gaz de ville et électricité) à Tizi-Ouzou.  
(Source : Sonelgaz de Tizi-Ouzou, 2014)

A savoir que cette consommation concerne uniquement le gaz de ville, vu que l'alimentation en gaz butane (bouteille) n'est pas recensée.

L'augmentation annuelle enregistrée du gaz naturel ou de l'électricité à Tizi-Ouzou est due essentiellement à l'évolution du nombre d'abonnés ; arrivant en 2013 à 321031 abonnés en électricité contre 99 313 abonnés en réseau du gaz de ville (voir figure 38). Cette forte différence s'explique par certain agglomérations qui ne sont pas encore alimentées en Gaz de ville.



**Figure 38** : Evolution du nombre d'abonnés en gaz et en électricité à Tizi-Ouzou : période 2005-2013. (Source : Sonelgaz de Tizi-Ouzou, 2014)

### I.1.3 Le climat de la ville de Tizi-Ouzou

Le climat de la ville de Tizi-Ouzou est de type méditerranéen tempéré. Selon le contexte climatique<sup>22</sup> elle appartient à la zone climatique **E<sub>1</sub>** littoral d'été, caractérisée par un été chaud et humide avec une température diurne faible et **H<sub>1A</sub>** littoral-mer d'hiver, caractérisé par un hiver doux, pluvieux avec des amplitudes faibles et rarement de la neige. (voir annexe A.2.b)

Toutefois, en raison des massifs montagneux entourant la ville qui empêchent l'air marin de l'atteindre, la saison estivale est suffocante le plus souvent. Notamment, la réalisation du barrage de Taksebt dans la wilaya a augmenté considérablement le taux d'humidité ces dernières années.

#### I.1.3.1 Données climatiques

Afin de mieux saisir le climat de notre cas d'étude, il est primordial d'analyser ces différents paramètres à partir des données météorologiques sur une période de dix ans (2005 à 2014).

##### a) Rayonnement solaire et durée d'insolation

Le rayonnement solaire est défini comme étant le déplacement de l'énergie sous forme de vecteur solaire, c'est le spectre solaire. Cette radiation transmet la chaleur et la lumière blanche sous forme d'ondes électromagnétiques. (voir annexe A.1.a)

La moyenne mensuelle de l'irradiation globale inclinée dans la zone 1, selon latitude du lieu est au minimum de 4600 KWh/m<sup>2</sup> en hiver, 5850 KWh/m<sup>2</sup> au printemps, 6000 KWh/m<sup>2</sup> en été et 4000 KWh/m<sup>2</sup> en automne, [Yaiche M-R. & Bouhanik A. 2002]. (voir annexe A.2.c)

L'analyse des valeurs de l'irradiation globale journalière, sur un plan horizontal et un autre normal pour les mois de Juillet et Décembre sur le littoral du pays montrent que l'intensité des rayons solaires est plus importante en saison estivale et diminue pendant la saison hivernale. (voir annexe A.2.d)

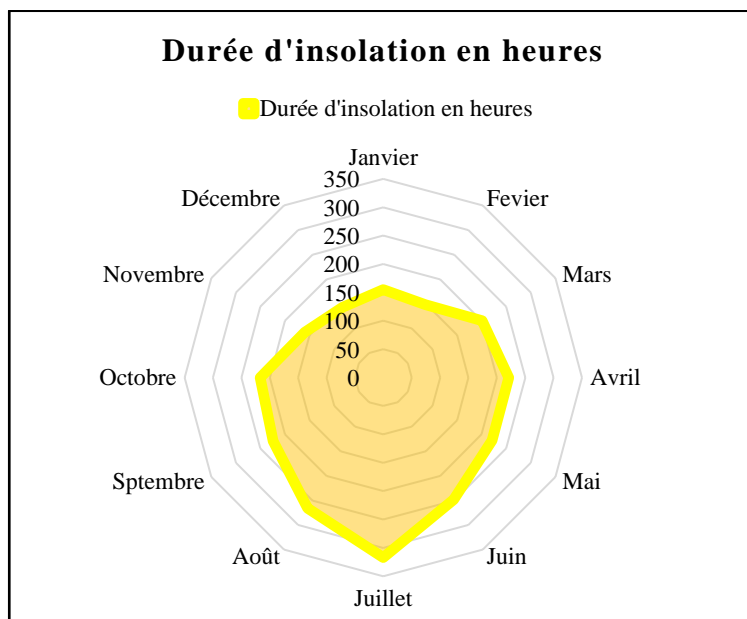
---

<sup>22</sup> Classification donnée par Recommandation Architecturale, établie par le Ministère de l'Habitat en 1993.

L'ensoleillement joue un rôle important sur la variation annuelle de température. L'intensité des radiations solaires varie en fonction de la durée d'insolation, de la hauteur du soleil et de l'angle d'incidence que ces rayons font sur une surface.

La moyenne mensuelle de la durée d'insolation mesurée dans la zone 1 (nord du pays), est au minimum de l'ordre de 5.8 heures en hiver, de 9 heures au printemps, de 9.4 heures en été et 5.2 heures en automne, [Yaiche M-R. & Bouhanik A. 2002]. A partir des données de ONM<sup>23</sup> de Tizi-Ouzou (voir figure 39), nous constatons que :

- ✓ La durée d'ensoleillement est de moins importance avec 143 heures en mois de Décembre, tandis que le mois le plus ensoleillé de l'année avec 317 heures est le mois de Juillet.
- ✓ Nous constatons aussi que le nombre d'heures est très important au cours de l'année, près de 2521 heures par an, soit 105 jours par an ce qui présente en moyenne le tiers de l'année.



**Figure 39 :** Moyennes mensuelles de la durée d'insolation (en heure), pour la période de 2005-2014, à Tizi-Ouzou.

(Source : ONM, 2015.  
Réinterprété par l'auteur)

A la lumière de ce qu'il a été dit, la présence d'un tel potentiel énergétique, doit être prise en considération dès la conception d'un projet architectural tout en évitant les surchauffes d'été et profitant des apports solaires d'hiver. Effectivement, le soleil peut contribuer au chauffage passif des bâtiments, soit par effet de serre résultant des parois vitrées, soit par réchauffement des parois opaques.

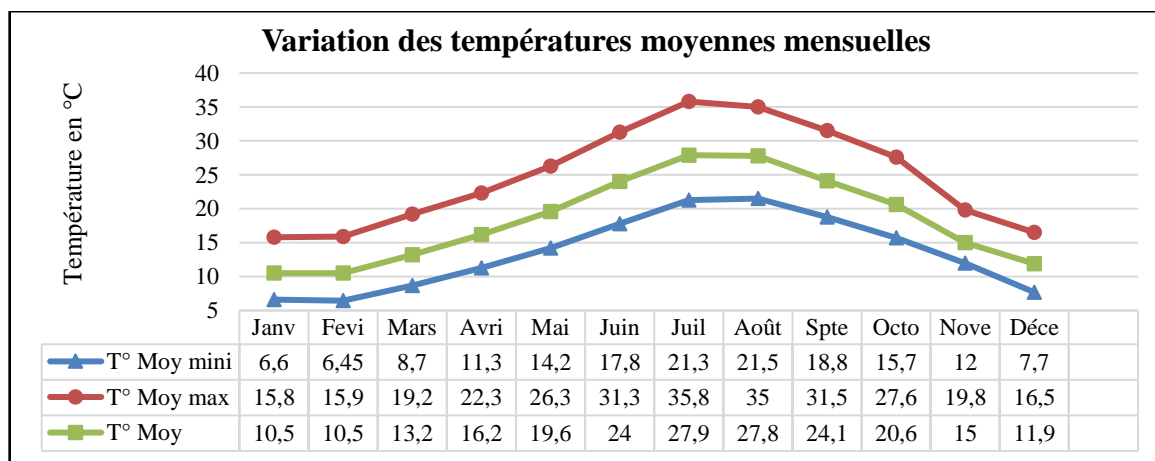
<sup>23</sup> Office Nationale Météorologique (O.N.M), station de Boukhalfa, Tizi-Ouzou.

**b) Les températures**

La température de l'aire, est une grandeur physique, qui nous renseigne sur l'état d'échauffement et de refroidissement d'une surface. Elle dépend essentiellement des apports solaires, ainsi que de l'altitude.

Les données recueillies de la Station Métrologique de Boukhalfa sont représentées sous forme des graphes de températures moyennes mensuelles (sur une période de 2005 à 2014). L'analyse du présent histogramme nous déduisons que :

- ✓ La température moyenne annuelle est de 18,4°C ;
- ✓ Une décroissance rapide de 27,9°C en Juillet à 11,9°C en Décembre ;
- ✓ Une croissance plutôt régulière de 10,5°C en Janvier à 27,9°C en Juillet ;
- ✓ Les mois les plus froids sont Janvier et Février avec des températures moyennes mensuelles minimales de 6,45°C ;
- ✓ Les mois les plus chauds sont Juillet et Août avec des températures moyennes mensuelles maximales de 35,8°C ;
- ✓ Les écarts sont peu contrastés et plus importants avec une amplitude moyenne annuelle de 18,44°C.



**Figure 40 :** Valeur des températures moyennes mensuelles, minimales et maximales, pour la période de 2005-2014. (Source : ONM, 2015. Réinterprété par l'auteur)

En outre, la ville de Tizi-Ouzou est donc caractérisée par deux saisons :

- Une saison douce allant du mois de Novembre au mois d'Avril où les températures moyennes varient entre 12°C avec une minimale de 8,7 °C et une maximale de 18,2°C.
- Une saison chaude allant du mois de Mai au moins d'Octobre où les températures moyennes varient entre 24°C, avec une minimale de 18,2°C et une maximale de 31,2°C.

c) L'humidité relative

L'humidité de l'air s'exprime de plusieurs manières, tension de vapeur Pv, humidité absolue Ha, humidité relative Hr. Cette dernière (Hr), représente la distance entre l'état actuel de l'air et son point de saturation [Badeche M. 2008, p 133]. Elle est relative à la teneur de l'atmosphère en vapeur d'eau, exprime en pourcentage le degré hygrométrique du rapport entre la quantité de vapeur d'eau dans l'air que ce dernier peut contenir pour la même température.

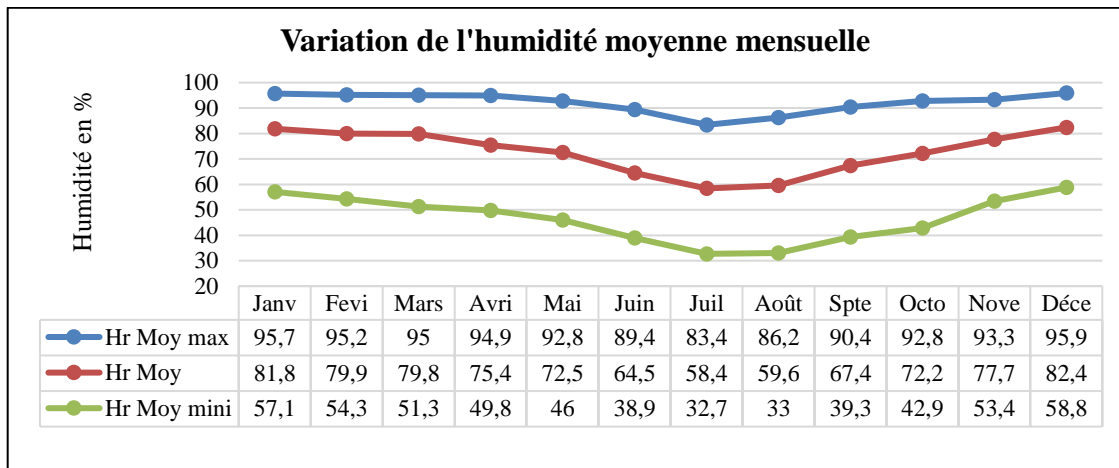


Figure 41 : Valeur de l'humidité relative de l'air moyenne, minimale et maximale, pour la période de 2005-2014. (Source : ONM, 2015. Réinterprété par l'auteur)

La lecture des courbes de l'humidité moyenne mensuelle indique que :

- ✓ l'humidité augmente en saison humide pour diminuer sensiblement en saison sèche ;
- ✓ la valeur minimale de 32.7 % est enregistrée au mois d'Juillet ;
- ✓ la valeur maximale de 95.9 % est enregistrée au mois de Décembre ;
- ✓ la valeur moyenne annuelle est de 73 %, varie de 82.4 % en mois de Décembre et 58.4 % en mois de Juillet.

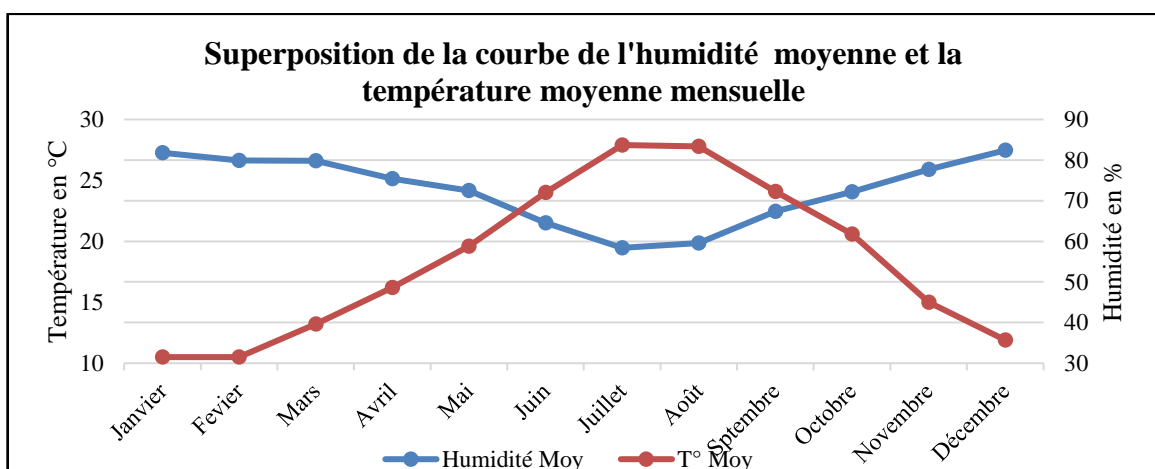
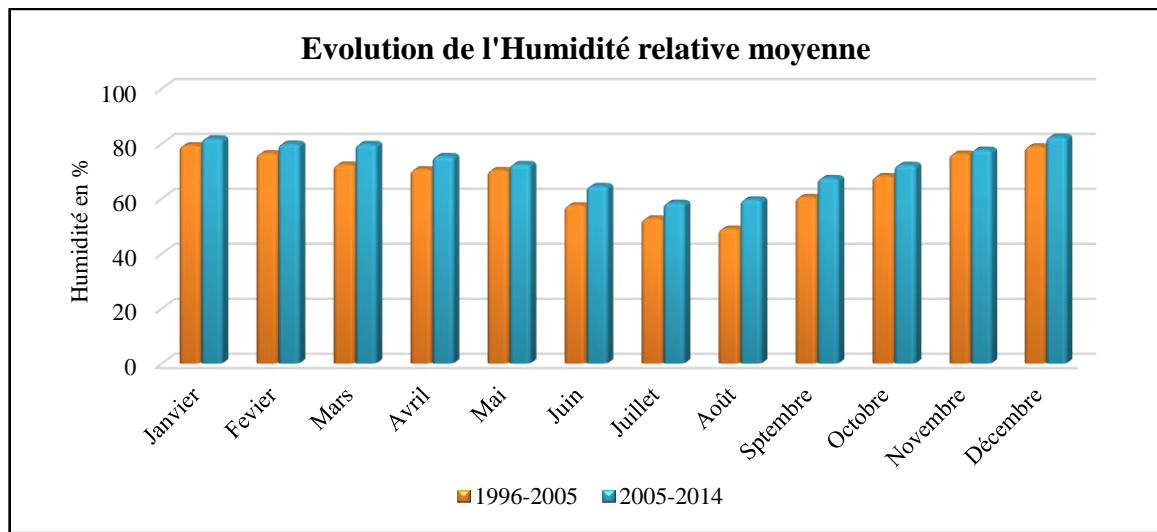


Figure 42 : Comparaison des valeurs moyennes mensuelles d'humidité et de température. (Source : auteur)

L'humidité est en fonction de la température de l'air et la pression atmosphérique, déterminant pour la situation de confort de l'individu. La superposition des deux courbes, humidité et température dans la figure 42, indique une évolution régulière mais inversée. Elle s'explique par l'augmentation de l'humidité lorsque les valeurs de température sont basses. Ce phénomène est observé pendant le matin et la nuit ainsi entre les mois chauds et froids de l'année.

La figure 43, indique l'évolution de l'humidité relative moyenne de 1996-2005 et 2005-2014.



**Figure 43 :** Comparaison des valeurs moyennes de l'humidité relative de l'air entre deux périodes : 1996-2005 et 2005-2014. (Source : Auteur)

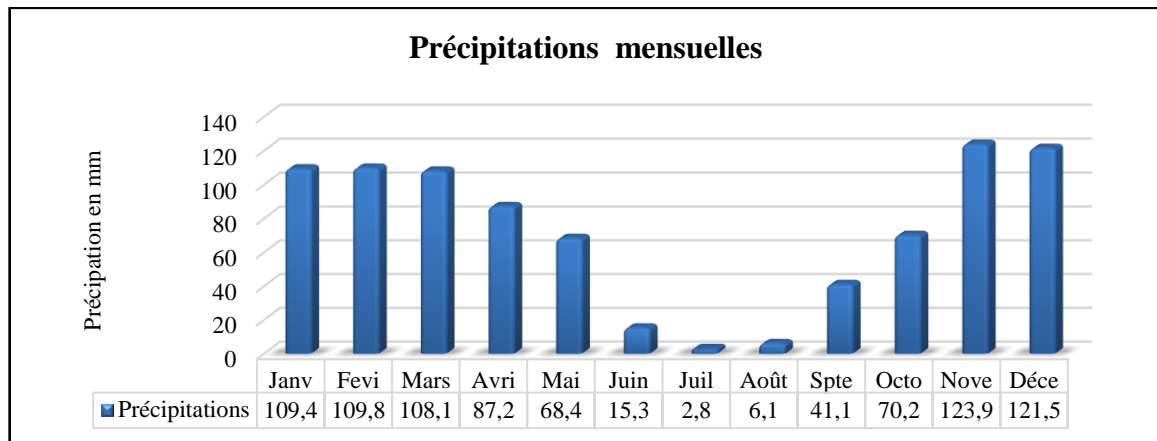
La comparaison entre les valeurs de l'humidité relative de l'air des deux périodes 1996-2005 et 2005-2014, montre une hausse sensible de Hr, de 67.7 % à 73 % qui peut être expliquée par l'évaporation d'eau à la surface du barrage de Taksebt, qui se trouve à 10 Km à l'Est de la ville de Tizi-Ouzou et le transport de la vapeur d'eau vers la ville, dans l'air.

#### d) Les précipitations

Les précipitations sont le résultat du refroidissement adiabatique de grandes masses d'air et varient en fonction de la stabilité verticale de l'air, [Zermout R. 2011, p 184].

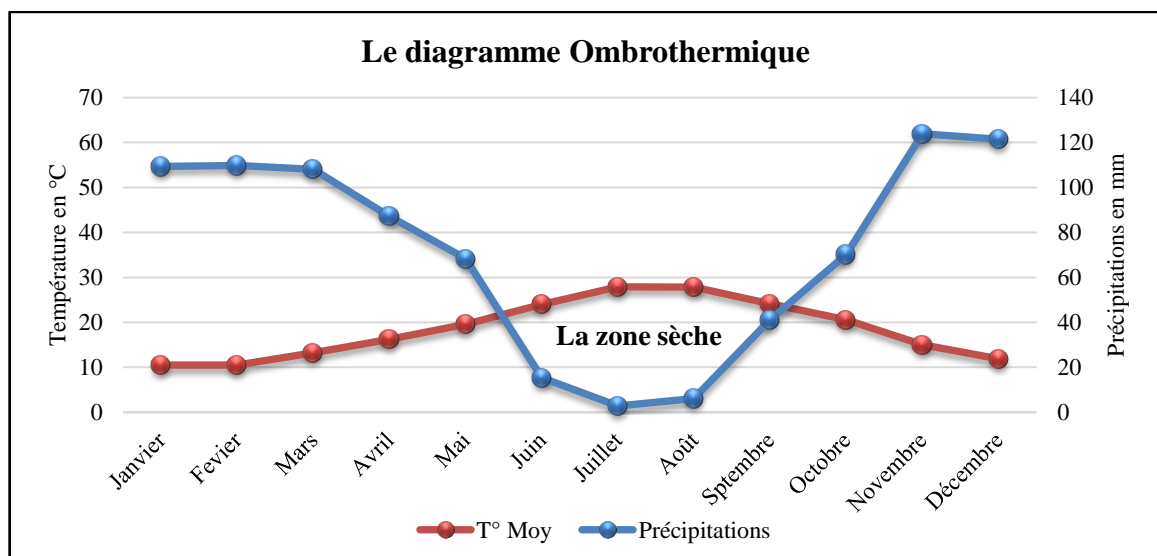
Dans le cas de notre ville la période pluvieuse s'étend du mois de Novembre au moins d'Avril. Le mois de Novembre est le mois le plus pluvieux avec des valeurs moyennes de 123.9 millimètres (mm) et le mois de Juillet est le plus sec avec des valeurs moyennes de

2.8mm. L'interprétation du graphe fait ressortir une courte période de sécheresse dans le mois de Juillet et Aout, présentant des précipitations très faible, sous forme d'orage le plus souvent. Le total des précipitations annuelles est de 863.8mm.



**Figure 44 :** Précipitations mensuelles, pour la période de 2005-2014. (Source : ONM, 2015. Réinterprété par l'auteur)

D'après le climagramme d'Emberger<sup>24</sup>, la ville de Tizi-Ouzou est située dans l'étage bioclimatique sub-humide à variante tempérée et le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Goussen<sup>25</sup> en figure 45, nous permet de situer la zone sèche entre mi-juin jusqu'à la fin du mois de septembre.



**Figure 45 :** Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Goussen de la ville de Tizi-Ouzou, pour la période de 2005-2014. (Source : auteur)

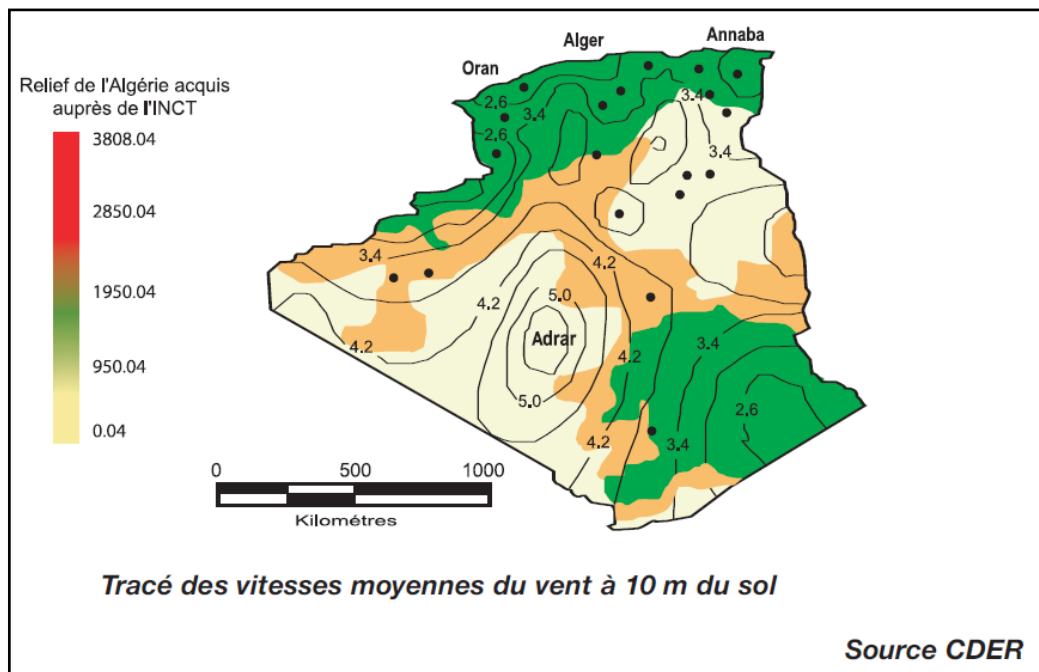
<sup>24</sup> Le climagramme d'EMBERGER permet de déterminer l'étage bioclimatique d'une station donnée.

<sup>25</sup> Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Goussen permet de comparer au cours de l'année la température et la pluviométrie sur un seul graphe.

#### e) La vitesse de l'air

Le vent est un mouvement atmosphérique directionnel, défini par ces deux paramètres : la direction et la vitesse moyenne. Il est un facteur important dans les échanges par évaporation et par convection.

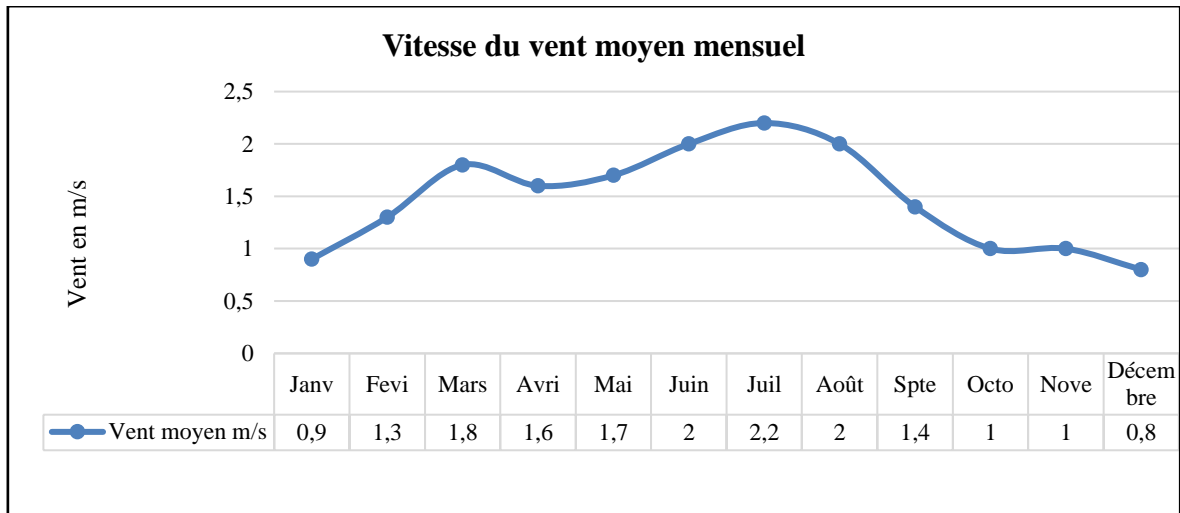
A Tizi-Ouzou, les vents dominants sont de direction Ouest, en hiver, caractérisés par des masses d'air arctique et en été les vents proviennent du littoral de direction Ouest-Nord-Ouest, ainsi que des vents de Sud-Est, connus sous le nom du SIROCCO (vents très chauds et secs). Pour les vents locaux, ils sont faibles : mousson de barrage, la brise de terre coté forêt Rejaouna, [Zermout R. 2011, p 183].



**Figure 46 :** Tracé des vitesses moyennes du vent à 10 m du sol. (Source : CDER. 2007, p 41)

La vitesse du vent est plus élevée durant les mois chauds que durant les mois froids. La moyenne maximale est enregistrée durant le mois le plus chauds avec 2.2 m/s en mois de Juillet, et la moyenne minimale est enregistrée en mois de Décembre de l'ordre de 0.8 m/s. la moyenne annuelle est de 1.5 m/s, considérée comme étant faible. (voir figure 46 et 47)

Le vent ayant un impact important sur le microclimat et sur la consommation énergétique des bâtiments, peut être utilisé comme moyen de rafraîchissement passif des espaces intérieurs, par une ventilation naturelle le jour comme la nuit (ventilation nocturne).



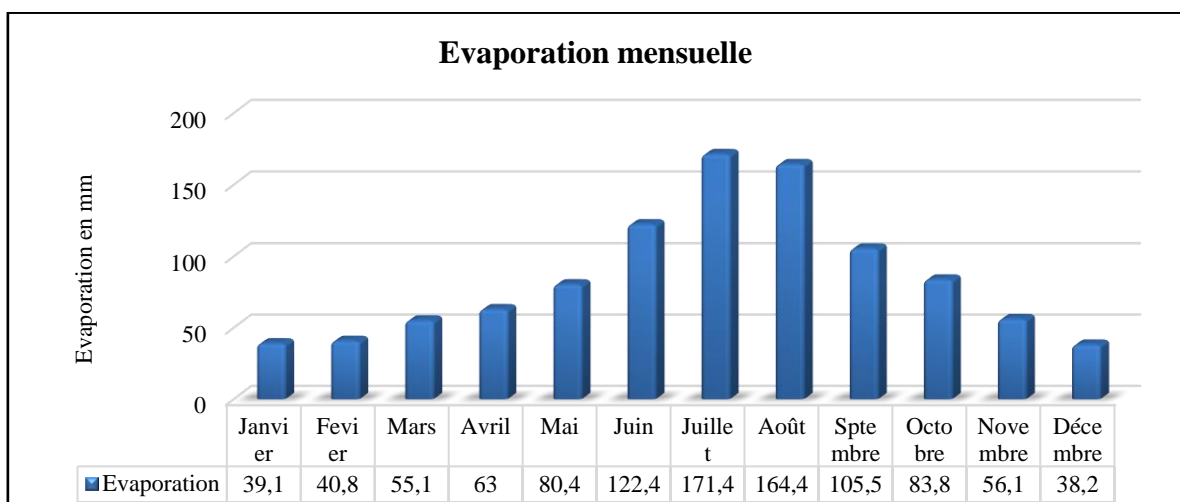
**Figure 47 :** Vitesse des vents moyens mensuels, pour la période de 2005-2014.

(Source : ONM, 2015. Réinterprété par l'auteur)

### f) Evaporation

Le taux d'évaporation augmente progressivement de plus en plus qu'on se rapproche du mois le plus chaud. Ce mois de Juillet présente un taux d'évaporation maximale et l'insolation y est maximale. Le taux d'évaporation enregistré en mois de Décembre, est le plus bas ; car c'est le plus froid des mois de l'année et les irradiances solaires y sont minimales.

La figure ci-après, (figure 48), est une représentation des taux d'évaporation mensuelle enregistrée pendant une période de dix ans allant de 2005 à 2014.



**Figure 48 :** Taux d'évaporation mensuelle, pour la période de 2005-2014.

(Source : ONM, 2015. Réinterprété par l'auteur)

## I.2 Analyse bioclimatique de la ville de Tizi-Ouzou

### I.2.1 La température neutre et la zone de confort

La température neutre est donnée par l'équation suivante : (voir chapitre II/ I.4.1)

$$T_n - \text{Auliciens} = 0.31 T_{\text{ext/moy}} + 17.6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

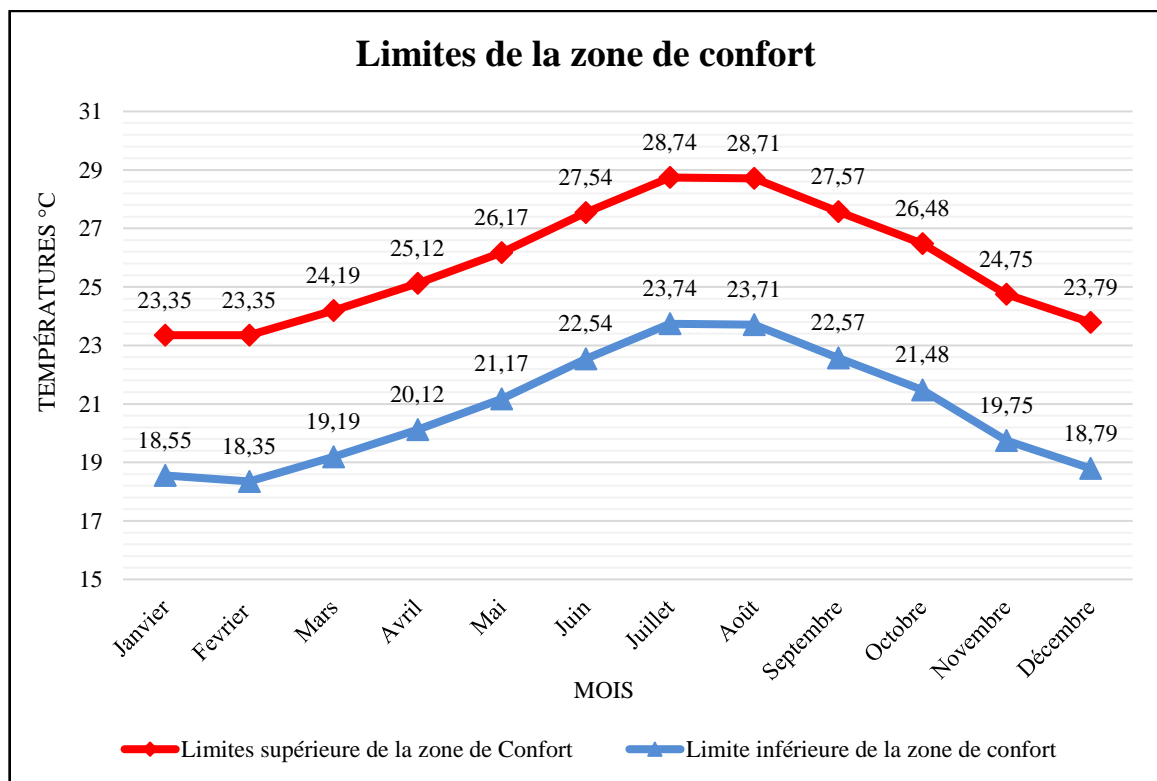
Avec :

$T_n$  : température neutre en  $^\circ\text{C}$  ;

$T_{\text{ext/moy}}$  : température extérieure moyenne d'un mois donné en  $^\circ\text{C}$ .

- **Mois de Juin** :  $T_n = 25.04 \text{ } ^\circ\text{C}$ , avec  $T_{\text{ext/moy}} = 24^\circ\text{C}$ 
  - ✓ La limite supérieure de la zone de confort :  $27.54 \text{ } ^\circ\text{C}$
  - ✓ La limite inférieure de la zone de confort :  $22.54 \text{ } ^\circ\text{C}$
- **Mois de Décembre** :  $T_n = 21.29 \text{ } ^\circ\text{C}$ , avec  $T_{\text{ext/moy}} = 11.9 \text{ } ^\circ\text{C}$ 
  - ✓ La limite supérieure de la zone de confort :  $23.79 \text{ } ^\circ\text{C}$
  - ✓ La limite inférieure de la zone de confort :  $18.79 \text{ } ^\circ\text{C}$

Les autres mois de l'année sont résumés dans le graphe suivant :



**Figure 49** : Les limites de la zone confort, pour la période de 2005-2014.

(Source : auteur)

## I.2.2 Méthodes graphique

### I.2.2.1 Diagramme solaire : relever les masques solaires

#### a) Position du soleil à Tizi-Ouzou

Afin de connaître la trajectoire annuelle apparente du soleil dans la ville de Tizi-Ouzou nous avons tracé le diagramme polaire de cette ville, présenté en figure 50.

De la lecture du présent diagramme, nous remarquons que les trajectoires solaires du mois de Décembre, Novembre et Janvier sont très rapprochées et le soleil se lève à 07 h 52 mn 22' le 21 décembre (solstice d'hiver : la plus courte journée de l'année). Par contre, il se couche à 17 h 31 mn 18'. Il prend une position de  $29^{\circ}06'$  hauteur et azimut ( $-10^{\circ}98'$ ) à midi et atteint son maximum azimut de ( $56^{\circ}18'$ ) à 17 h.

Au 21 Juin, le soleil atteint une hauteur maximale de  $76^{\circ}38'$  à 13 h. L'azimut atteint son maximum de  $119^{\circ}58'$  à 20 h. Le lever de soleil est à 5 h 25 mn 17' (solstice d'été : la plus longue journée de l'année) et le coucher est à 20 h 05 mn 53'. La trajectoire de ce mois est très rapprochée avec les mois de Juillet et Mai. Aux équinoxes de printemps (21 Mars) et d'automne (21 Septembre) le soleil prend une position médiane entre les deux trajectoires précédemment décrites, avec une hauteur angulaire de  $53^{\circ}56'$  à 13h. L'azimut atteint son maximum de  $82^{\circ}63'$  à 18h

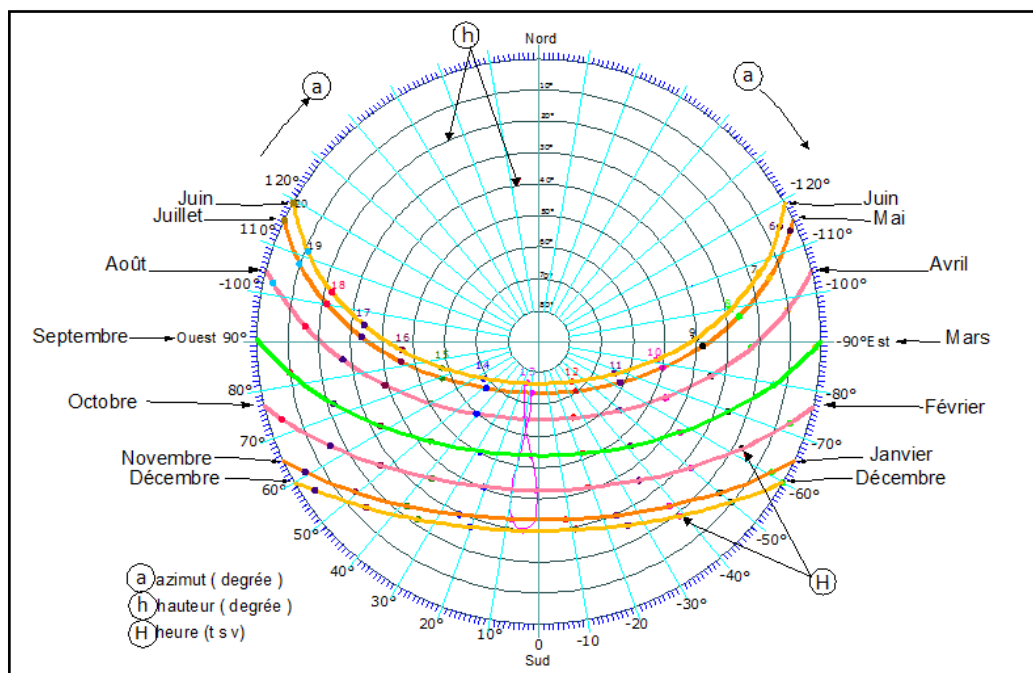


Figure 50 : Stéréographiquesspécifiques de la ville de Tizi-Ouzou  $32^{\circ} 42' N$ .

(Source : auteur)

**b) Zone de surchauffe par heures**

La méthode la plus simple pour déterminer la zone de surchauffe est celle de **Novell**. Elle nous donne une estimation approximative de la température journalière d'un site donné pour un intervalle de deux heures par l'équation suivante :

$$T_h = T_{\min} + (\Delta \times C_{\text{const}}) \quad [\text{Haj Hussein M. 2012, p 317}]$$

Avec :

$T_h$  : la température horaire (à chaque 2 heures) ;

$T_{\min}$  : la température moyenne journalière minimale ;

$\Delta$  : l'écart journalière ( $T_{\max} + T_{\min}$ ) ;

$C_{\text{const}}$  : une constante correspond à une heure précise de la journée.

Les températures horaires calculées sont représentées sous formes de tableau thermique (tableau 11). A partir de ce dernier, nous pouvons tracer la zone de confort et définir la période nécessitant chauffage et refroidissement, en fonction des heures de la journée.

Par ailleurs, Novell a déterminé une plage de température entre 21.1°C et 26.7°C pour la zone de confort. Donc à partir de 26.7°C le refroidissement devient nécessaire et quand la température chute à moins 21.1°C le besoin en chauffage se manifeste. La nécessité d'occultation représente la somme des périodes de confort et de refroidissement.

Heures	Const	Mois											
		Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Octo	Nove	Déce
0	0,222	8,6	8,5	11,0	13,7	16,9	20,8	24,5	24,5	21,6	18,3	13,7	9,7
2	0,138	7,9	7,8	10,1	12,8	15,9	19,7	23,3	23,4	20,6	17,3	13,1	8,9
4	0,056	7,1	7,0	9,3	11,9	14,9	18,6	22,1	22,3	19,5	16,4	12,4	8,2
6	0	6,6	6,5	8,7	11,3	14,2	17,8	21,3	21,5	18,8	15,7	12,0	7,7
8	0,111	7,6	7,5	9,9	12,5	15,5	19,3	22,9	23,0	20,2	17,0	12,9	8,7
10	0,583	12,0	12,0	14,8	17,7	21,3	23,0	29,8	29,4	26,2	22,6	16,5	12,8
12	0,861	14,5	14,6	17,7	20,8	24,6	28,5	33,8	33,1	29,7	25,9	18,7	15,3
14	1	15,8	15,9	19,2	22,3	26,3	31,3	35,8	35,0	31,5	27,6	19,8	16,5
16	0,917	15,0	15,1	18,3	21,4	25,3	29,6	34,6	33,9	30,4	26,6	19,2	15,8
18	0,694	13,0	13,0	16,0	18,9	22,6	25,2	31,4	30,9	27,6	24,0	17,4	13,8
20	0,444	10,7	10,6	13,4	16,2	19,6	20,2	27,7	27,5	24,4	21,0	15,5	11,6
22	0,306	9,4	9,3	11,9	14,7	17,9	17,4	25,7	25,6	22,7	19,3	14,4	10,4

**Tableau 11** : Les températures horaires mensuelles, (Source : auteur).

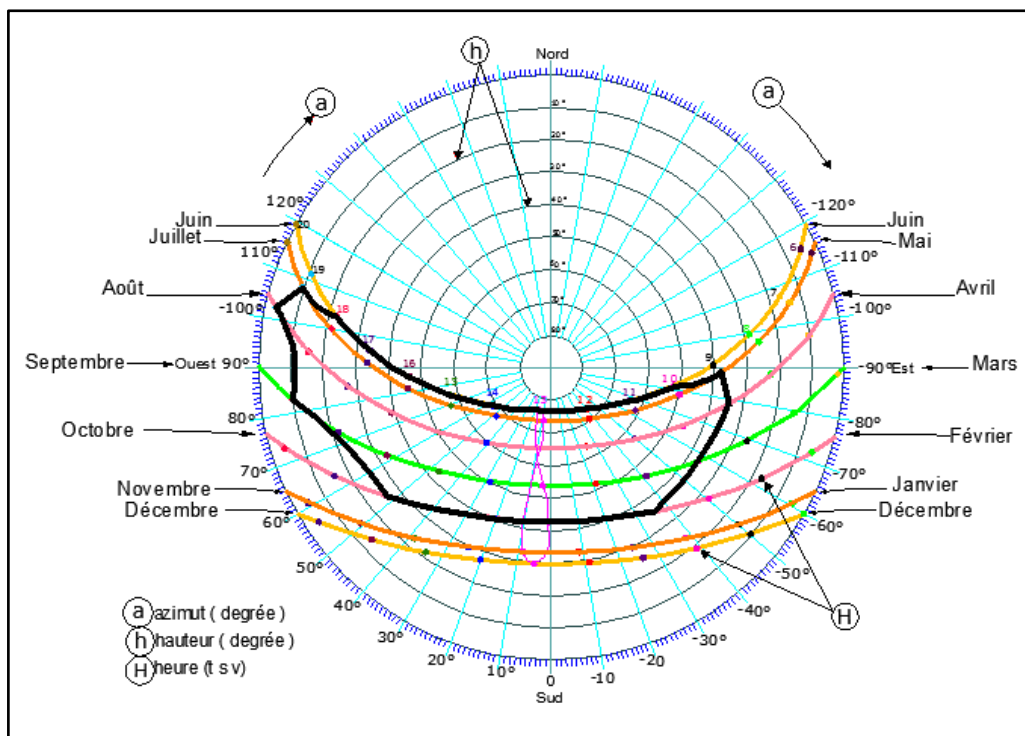
Les pourcentages des différentes nécessités thermiques calculées à Tizi-Ouzou sont :

Nécessité de chauffage = 65.3%	Confort = 20.8%	Nécessité de refroidissement = 13.9%	Nécessité d'ombrage = 34.7%
-----------------------------------	--------------------	---	--------------------------------

c) **Présentation graphique de la zone de surchauffe**

L'application de la méthode graphique est une reproduction de la zone de surchauffe (température supérieure à 21°C) sur le diagramme polaire (figure 51). Elle nous permettra de déterminer les durées et les types d'occultation en période chaude maximisant les gains solaires pour le chauffage passif, en période froide.

Par exemple, dans un souci d'emmagasinage de la chaleur pour la période de sous chauffe, un ombrage partiel de l'ouverture durant les mois d'hiver essentiellement en mois de Janvier et Février le matin, est tolérable car en été les températures de l'air sont encore fraîches à ces heures-là.



**Figure 51** : Présentation de la zone de surchauffe (en noir), sur le diagramme polaire de Tizi-Ouzou. (Source : auteur)

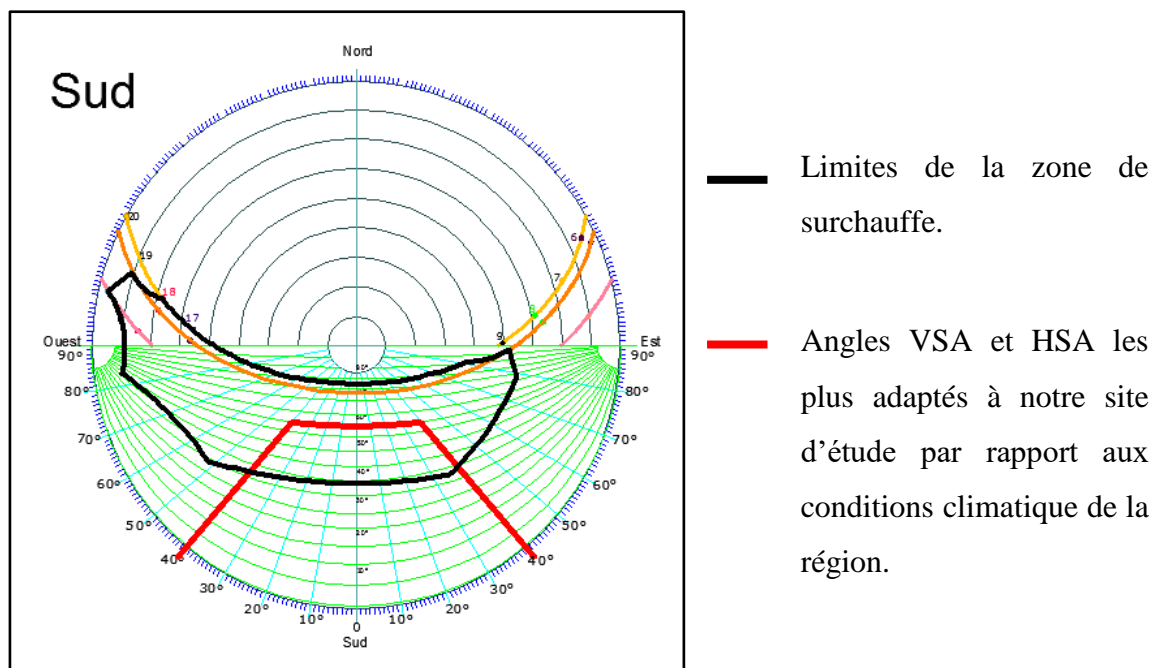
### d) Limite des angles d'occultation

A partir de la superposition de l'abaque des angles d'ombre sur la zone de surchauffe (température supérieure à 21°C) reportée sur le stéréographique, nous déduisons les angles HSA (angle d'ombre horizontal) et VSA (angle d'ombre vertical), qui définissent la forme et la dimension de la protection solaire.

Les figures 52 et 53 tracent graphiquement ces angles d'occultation optimale pour les trois orientations (Sud, Est et Ouest). Toutefois, pour l'orientation Nord, l'occultation n'est pas nécessaire.

La lecture du diagramme stéréographique avec la représentation de la zone de surchauffe nous permet d'évaluer VSA et HSA comme suit :

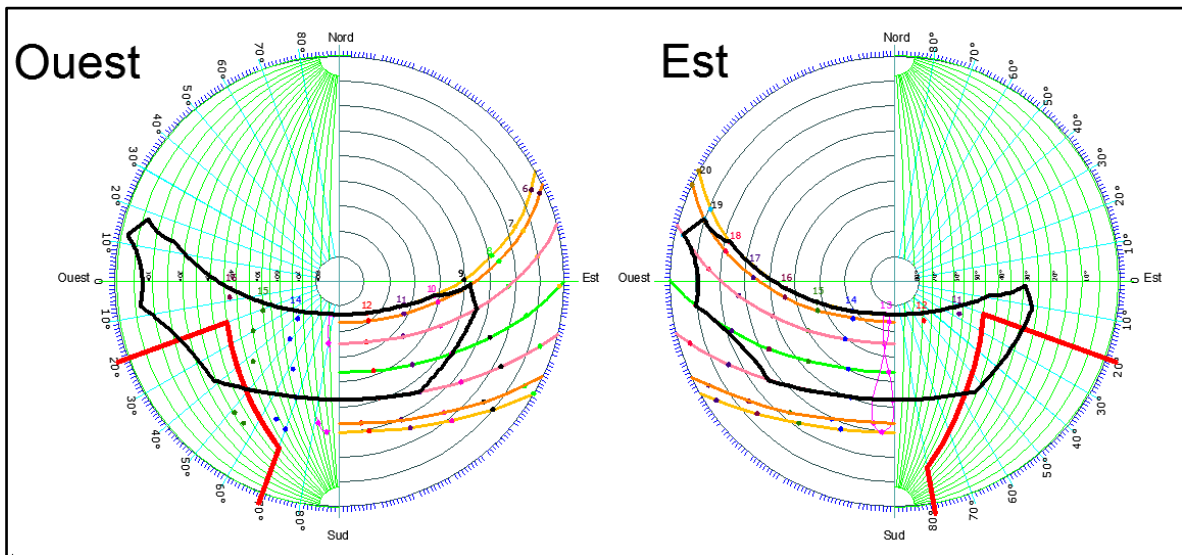
- **Orientation Sud**, l'effet d'auvent est le plus adéquat pour ombrer une façade sur cette orientation car une paroi verticale sud, reçoit le maximum d'irradiation solaire en hiver et beaucoup moins en été.



**Figure 52 :** Protection solaire favorable (en rouge) au Sud.

(Source : auteur)

- **Orientation Est :** une paroi verticale orientée Est, reçoit le maximum d'irradiation solaire en été pendant la matinée, de ce fait, une protection verticale est l'idéal pour intercepter le rayonnement solaire qui est encore bas.
- **Orientation Ouest :** l'occultation d'une paroi verticale à cette orientation, est difficile à réaliser, car celle reçoit le maximum d'insolation à partir de l'après-midi, qui coïncide avec des températures d'air les plus élevées de la journée.



**Figure 53 :** Protection solaire (en rouge) favorable à l'Ouest et à l'Est. (Source : auteur)

Comme il a été déjà énoncé, il est plus facile de contrôler l'ensoleillement au Sud, car à cette orientation le soleil se trouve dans sa position la plus élevée. Contrairement à l'Est ou l'Ouest, le soleil est bas au lever et au coucher accédant ainsi plus facilement à l'intérieur du bâtiment engendrant des risque de surchauffe et/ou d'éblouissement dès le matin où en fin de journée.

De ce qui a été dit, nous retiendrons pour le calcul des masques solaires les angles d'ombre vertical VSA et horizontal HSA, conformément au tableau suivant :

Orientations	Angle VSA (°)	Angle HSA (°)
<b>Sud</b>	55	40
<b>Est</b>	45	20
<b>Ouest</b>	35	20

**Tableau 12 :** Angles d'occultations optimales pour les différentes orientations.

(Source : auteur)

### I.2.2.2 Diagramme psychrométrique de Givoni : déterminer la zone de confort thermique

Comme nous l'avons développé au deuxième chapitre, le diagramme psychrométrique de Givoni consiste à évaluer les exigences physiologiques du confort. Le principe d'élaboration de ce diagramme repose sur une représentation graphique d'un segment, qui est défini par deux points du climat. Le point de gauche du segment (Température minimale et humidité maximale) représente la nuit et le point de droite (température maximale et humidité minimale) représente le jour. (voir figure 54)

D'après le diagramme qu'on a tracé en remarque que :

- ✚ Une partie du mois d'Avril (jour), une partie des mois de (1/2) Mai jour et (1/3) de Septembre, ainsi que (2/3) du mois d'Octobre, est située dans la zone de confort. Nous constatons aussi que les mois d'été traversent la zone de confort par les points de nuit (1/3 Août, 1/3 de Juin et 1/3 Juillet).
- ✚ Une partie des mois de (2/3) Juin, (2/3) de Septembre, (1/3) d'Octobre (nuit), est située dans la zone de ventilation des espaces intérieurs en permanence. (une recherche de la vitesse de l'air et un rafraîchissement par évaporation).
- ✚ Les mois les plus chauds de l'année (Juillet et Août) s'étalent sur deux zones, dont les stratégies consistent en une ventilation nocturne avec une forte inertie thermique et un contrôle solaire, ainsi qu'un rafraîchissement par évaporation.
- ✚ Les mois d'Avril, Novembre et 2/3 du mois de Mars, sont situés dans la zone de chauffage passif qui consiste en un captage solaire et une augmentation de l'inertie thermique pour emmagasiner les gains internes.
- ✚ Les mois de Janvier, Février et Décembre, sont partagés entre deux zone, la partie nuit dans la zone : chauffage active et la partie jour dans la zone : système passif.

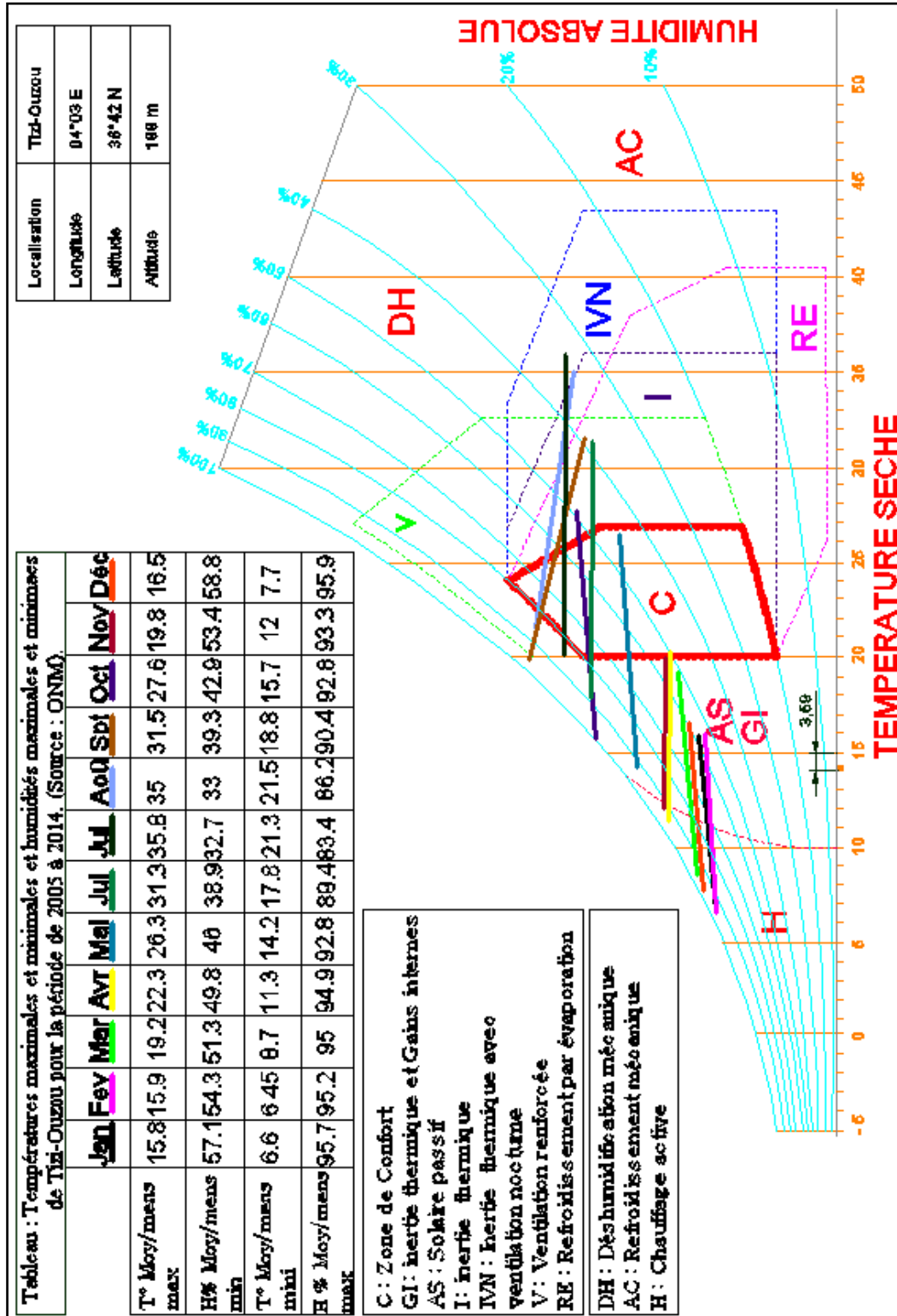


Figure 54 : Diagramme psychométrique de de Givoni. (Source : Auteur)

### I.2.3 Tableau de Mahoney

Le concept d'analyse du climat développé par Carl Mahoney en 1968, est une méthode très simple de traitement des données climatiques, qui fournit une série de Tableaux utilisés comme guide pour obtenir des bâtiments confortables. Ces tables ont été développées plus tard par Koenigsberger, Mahoney et Evans en 1970, qui proposent un ordre d'analyse du climat basé sur des températures mensuelles, la température moyenne annuelle, les humidités relatives et la pluviométrie de la région considérée ; nécessaires à la réalisation du confort hygrothermique.

#### I.2.3.1 Synthèse des recommandations

D'après l'application de la méthode de Mahoney sur la ville de Tizi-Ouzou sous la latitude 36° 42 Nord (voir annexe A.2.g), nous avons abouti à certain nombre de recommandations variant selon deux catégories :

##### Synthèse des recommandations spécifiques

- ✓ Favoriser l'orientation Nord-Sud, pour réduire l'exposition des façades Est et Ouest aux rayons solaire bas, dont ils sont difficiles de se protéger ;
- ✓ Compacité du plan de masse et du volume, pour diminuer les échanges thermiques avec l'environnement extérieur ;
- ✓ Les mouvements d'air doivent être temporaire, d'où l'alignement des pièces de part et d'autre ;
- ✓ Prévoir des ouvertures moyennes avec des dimensions de 20 % à 40 % de la surface de la façade ;
- ✓ Prévoir des murs extérieurs et intérieurs massiques dans le but d'augmenter l'inertie thermique des parois ;
- ✓ Opter pour des toitures moyennement isolés.

##### Synthèse des recommandations de détails

- ✓ Prévoir des ouvertures de 20 % à 40 % de la surface totale de la façade ;
- ✓ Les ouvertures doivent être positionnées au Nord et au Sud à hauteur d'homme, du côté du vent, en ajoutant des ouvertures au niveau des murs intérieurs ;
- ✓ Murs et planchers lourds avec un temps de déphasage au-delà de 8h ;
- ✓ Toitures légères et bien isolées ;
- ✓ Prévoir un drainage adéquat des eaux pluviales.

Ces recommandations à satisfaire dans l'espace intérieur, s'avèrent conforme à une région climatique interne où les éléments principaux à prendre en considération sont le rayonnement solaire et la température de l'air.

## **II. Descriptif du cas d'étude et méthodologie**

### **II.1 Critère du choix de l'échantillon**

#### **II.1.1 Typologie de l'habitation**

Le choix du cas d'étude se porte sur une typologie d'habitat la plus répandue sur le territoire national. Notamment, ce style architectural contemporain de logement collectif permet une étude comparative et analytique de plusieurs échantillons ayant initialement les mêmes caractéristiques architecturales avec une occupation différentes.

Particulièrement, l'immeuble collectif à grande hauteur, qui nous permet une double analyse, horizontale et verticale de la qualité ambiante de ces logements dans la deuxième partie de notre investigation.

#### **II.1.2 Situation de l'échantillon**

Nous avons choisi un site d'étude urbain, ayant une structure contemporaine éclatée selon les nouvelles réglementations urbaines (densification urbaine). Ceci favorise la mise en place d'îlots de chaleur qui résulte des surfaces goudronnées (effet d'un corps noir). Ces dernières restituent la chaleur emmagasinée la journée dans l'air pendant la nuit. [Haj Hussein M. 2012, p 241]

Les échantillons d'étude sont pris dans ce site, situés à l'Est de la ville de Tizi-Ouzou, au cœur de la ZHUN, sur la voie mécanique qui mène vers la commune d'Oued Aissi. Il s'agit d'immeubles polyfonctionnels à grande hauteur, construits dès 1990 pour des raisons économiques. Ils distribuent des appartements d'angle, de quatre à six logements par étages et généralement, donnant sur deux orientations. La surface des appartements est variée, de types F3 ou F4.

Ces derniers, sont construits selon un procédé importé de pays socialistes, basé sur une industrie lourde de préfabrication de panneaux de façades et un revêtement au sol en Placoplatre. Les appartements sont réalisés par un coffrage tunnel, qui permet une rapidité d'exécution. Il nous permet aussi, de couler en même temps les voiles et dalle et fournit aussi une structure porteuse sur une partie des murs intérieurs : dalles pleines et refends porteurs.

La structure urbaine du site étudié est représentée par la figure ci-après (figure 55).



**Figure 55 :** Choix du cas d'étude. (Source : auteur, cartographie extraite de GOOGLE EARTH)

Du point de vue paysage urbain, nous avons constaté, le plus souvent, que les balcons (sujet d'étude) sont des espaces de rangement, avec une protection en ferronnerie ou/et un rideau opaque, contre l'environnement extérieur. Dans de nombreux cas, la fermeture est quasi totale par un vitrage, monté sur une structure en aluminium et ce malgré l'interdiction par l'agence (GENIE Cider et EPLF) dans le contrat d'achat.

### II.1.2.1 Choix du premier cas d'étude

La résidence se compose de 142 appartements, répartis sur deux immeubles polyfonctionnels (marqué en bleu dans la figure précédente et la suivante). Ils sont réalisés sur des fondations en pieux par Génie Sider, en 1990 à 1995 date de livraison de la T2 et la T1 jusqu'à 1999. Ils sont décrits comme suit :

- Chaque immeuble comporte un rez-de-chaussée commercial dédié à l'urbain, deux niveaux de services et douze (12) étages à usage d'habitation ;
- Chaque étage d'habitation se compose de quatre (04) à six (06) appartements ;
- Chaque appartement comprend deux (02) à trois (03) chambres, une salle de séjour, une cuisine, une salle d'eau, un W.C, un balcon et/ou une loggia (figure 58).

L'implantation des bâtiments s'est faite au long de deux axes importants, axe Nord « Krim Belkacem » et Axe Ouest « Frères Beggaz », définit comme suit :

- **El Vaz**, nommé aussi Tour 1 ou CAAT 1, (voie Krim Belkacem).
- **Thamila**, nommé aussi Tour 2 ou CAAT 2, (voie Frères Beggaz).

L'organisation du plan de masse du site étudié est représentée par la figure (56),

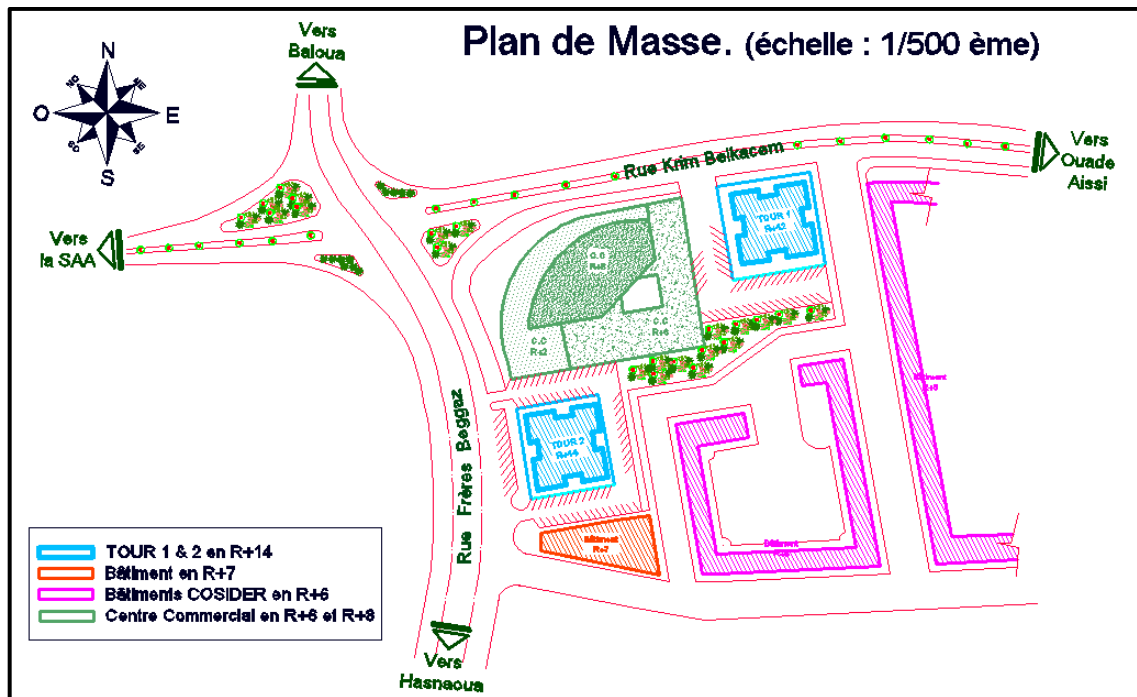


Figure 56 : Plan de masse du premier cas d'étude. (Source : auteur, d'après les archives de Génie Sider de Tizi-Ouzou, 2014 et GOOGLE EARTH, 2015)



Figures 57 : Résidences Thamila (à gauche) et El Vaz (à droite). (Source : auteur, mai 2015)

#### ✚ Typologies des appartements

La répartition spatiale de ces immeubles à Tour est une organisation centrale, de quatre à six logements par paliers de type (F2, F3, F4) et l'ensemble de ces logements ont en maximum deux orientations.

De l'analyse des plans d'aménagement nous constatons que les appartements ont une superficie variée, comme c'est indiqué dans ce tableau :

Types d'appartement	Tour 1			Tour 2		
	Surface m <sup>2</sup>	Balcon	Loggia	Surface m <sup>2</sup>	Les pièces adjacentes à l'espace extérieur	
					Balcon	Loggia
F4A	95.95	Séjour/cuisine				
F4B				137.31	Chambre/séjour	Cuisine
F4C				136.96	Chambre/séjour /salle à manger	Cuisine
F3A	92.81	Séjour/chambre		93.92	Séjour/chambre	
F3B	107.32	Séjour	cuisine			
F3C				60.96		Séjour/Cuisine

Tableau 13 : Tableau surfacique des appartements du premier cas d'étude. (Source : auteur)

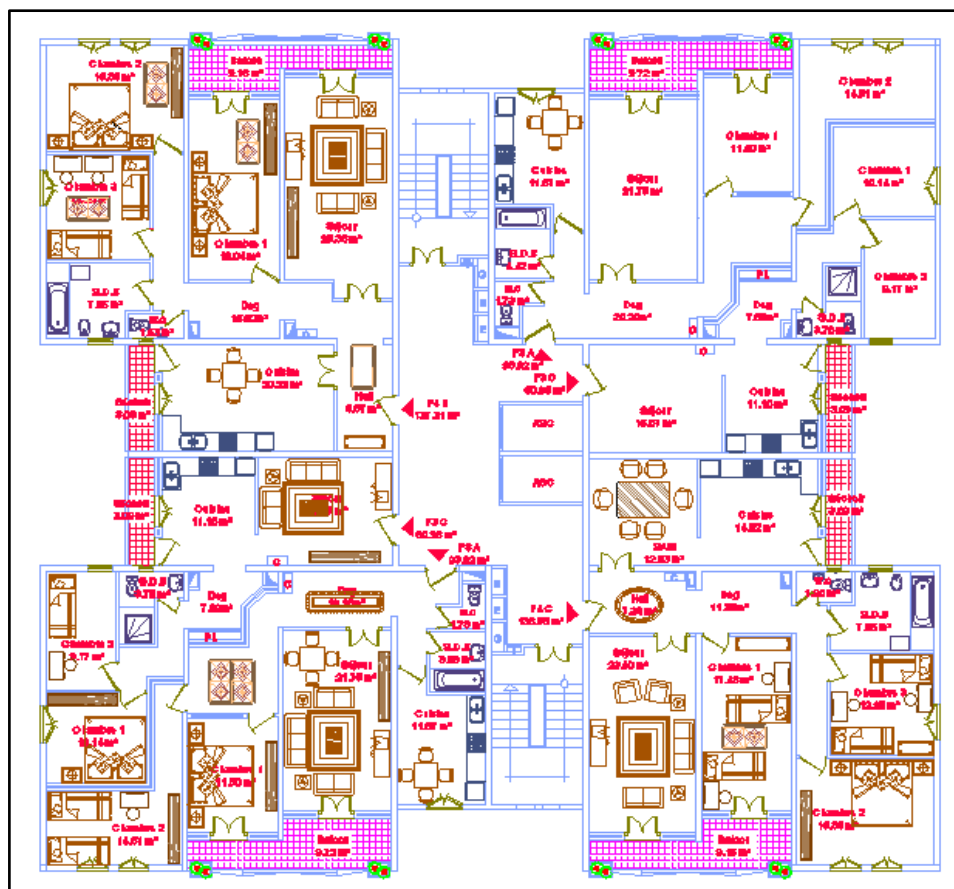
D'après ce tableau, chaque appartement possède au minimum un espace extérieur privé, soit un balcon et loggia (séchoir) dans les appartements de type : « F4B, F4C et F3B », qui

sont directement liée à deux espaces mitoyens (séjour et chambre) et la cuisine avec la loggia. Dans le type F4A, F3A, nous constatons juste un balcon tout au long de la salle de séjour et de la cuisine (F4A) ou au long de la chambre (F3A).

La liaison entre intérieur/extérieur est assurée par des baies vitrées garantissant le passage de l'air et de lumière. Le concept du plan ouvert est adopté dans logement de type F3C où la salle de séjour et la cuisine communiquent avec la loggia par une porte fenêtre.

Pour notre investigation sur la qualité des ambiances hygrothermiques et lumineuses, le choix du séjour comme objet d'étude, revient à son utilisation comme étant un espace jour et commun. Ainsi que pour des raisons techniques, car la liaison avec le balcon se fait par une seule baie vitrée sur sa paroi la plus large.

En effet, cette disposition nous permet de prendre des relevés des paramètres climatiques dans le séjour et le balcon sans bouleversement comportementale ou environnementale et le passage vers le balcon se fera par la seconde pièce communicante avec le balcon.



**Figure 58** : Plan original du bâtiment présentant l'organisation intérieure des six appartements, étages courant Tour 1. (Source : auteur)

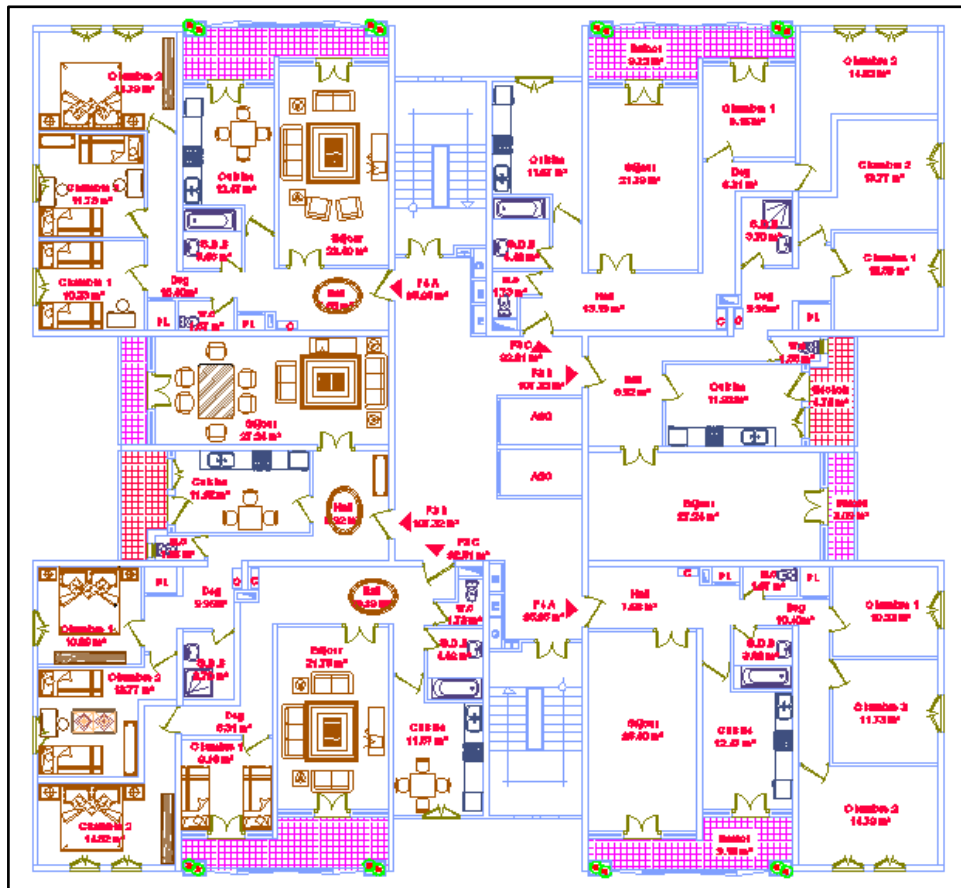


Figure 59 : Plan original du bâtiment présentant l'organisation intérieure des six appartements, 5<sup>ème</sup>, 6<sup>ème</sup> et 7<sup>ème</sup> étages Tour 2. (Source : auteur)



Figure 60 : vue des façades de la Tour 1 (à gauche) et la Tour 2 (à droite). (Source : auteur, mai 2015)

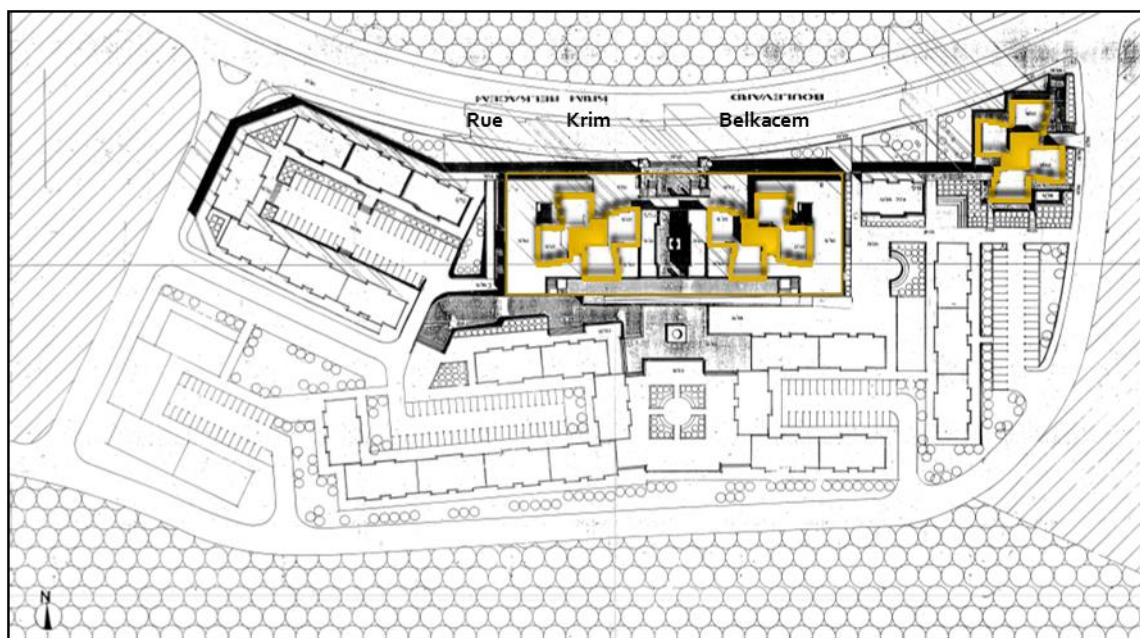
### II.1.2.2 Choix du deuxième cas d'étude

Ce deuxième cas d'étude, est la résidence EPLF, qui se compose de 184 appartements, répartis sur trois immeubles à Tour, où deux sont attachés par un socle attribué à l'urbain. Ces bâtiments polyfonctionnels (marqué en couleur dans la figure 61) sont réalisés par COSIDER, entre 1992 et 1997, sur des fondations en radier.

Le premier bâtiment T1, comporte un rez-de-chaussée avec deux sous-sols à usage commerciale et 16 étages habitables (64 logements). Par contre, dans les deux autres T2 et T3, l'ensemble se compose de deux immeubles de 15 niveaux d'habitation (120 logements) posées sur un soubassement à deux niveaux : Commerces et Services.

Chaque étage se compose de quatre (04) appartements et chaque appartement comprend trois (03) chambres, une salle de séjour, une cuisine, une salle d'eau, un W.C, un balcon et une loggia (figure 63 et 64). L'implantation des bâtiments s'est faite au long de l'axes de « Krim Belkacem ».

L'organisation du plan de masse du deuxième site étudié est représentée par cette figure (figure 61).



**Figure 61** : Plan de masse du deuxième cas d'étude.

(Source : Agence EPLF de Tizi-Ouzou, 2014)



**Figure 62** : Résidence EPLF, à droite T1, à gauche T2 & T3. (Source : auteur, 2014)

### ✚ Typologies des appartements

De la figure 63, nous avons constaté que l'organisation spatiale est centralisée par l'ascenseur, distribuant quatre (04) logements par paliers, de type F4 et l'ensemble de ces logements ont un aménagement intérieur identique (figure 64), d'une superficie de 121.77 m<sup>2</sup> pour les F4a et 123.81 m<sup>2</sup> pour les F4b (un écart de 3 m<sup>2</sup> environ de plus dans le hall d'entrée des logements de type F4b).

L'espace extérieur domestique se présente sous forme de deux configurations distinguées, le premier est le balcon, lié directement à deux espaces limitrophes (séjour et chambre 01) et une loggia (séchoir) liée à la cuisine.

La liaison entre intérieur/extérieur est assurée par des baies vitrées, garantissant ainsi le passage de l'air et de la lumière naturelle à l'intérieur des pièces internes.

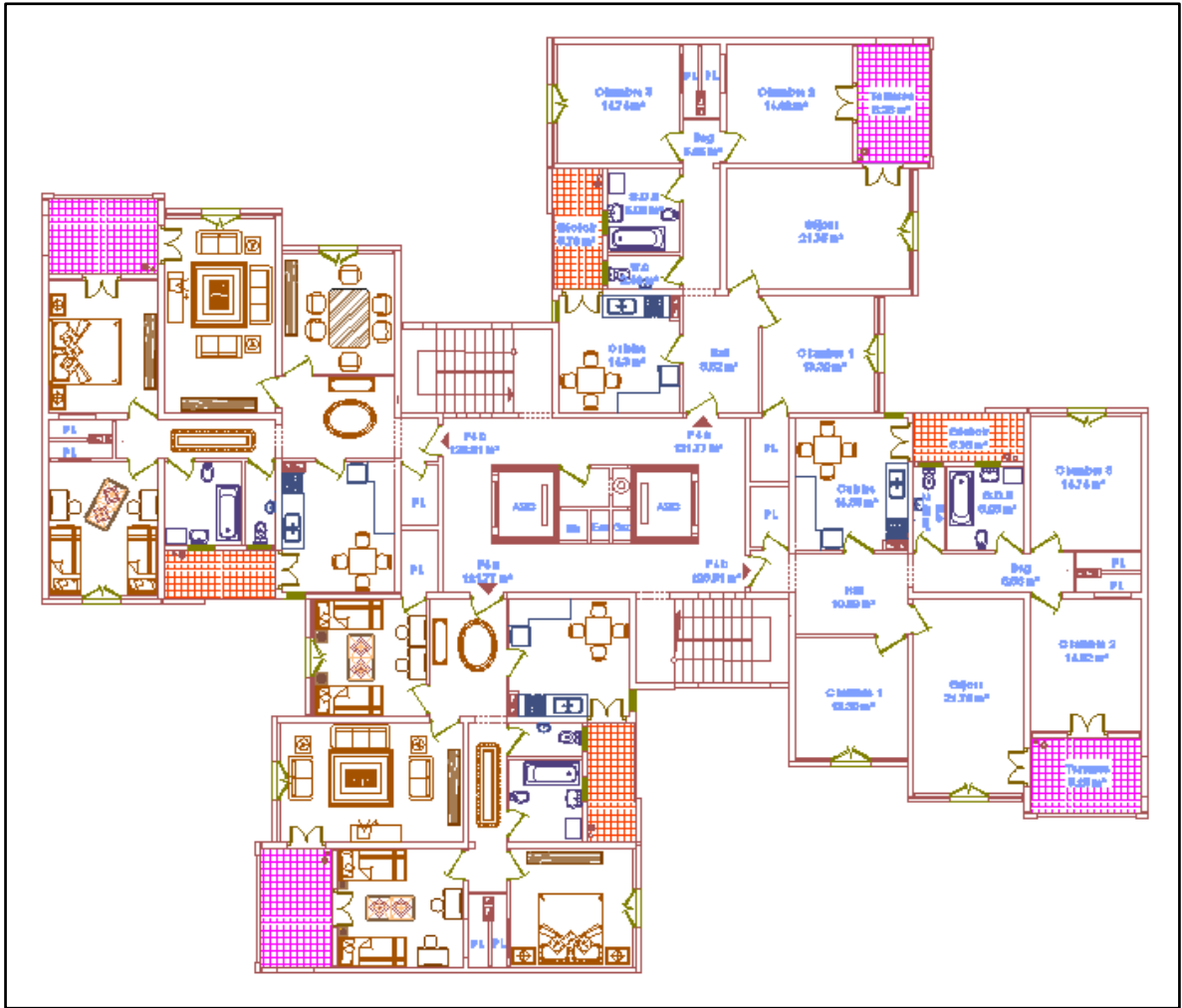


Figure 63 : Plan de l'étage courant. (Source : auteur)

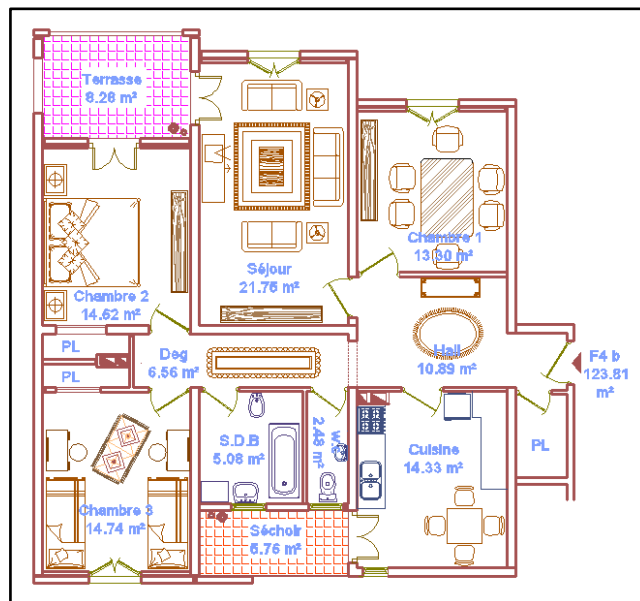


Figure 64 : Distribution spatiale du logement. (Source : auteur)

## II.2 Méthodologie de l'investigation

Notre souci majeur est d'évaluer la qualité du logement, affectant l'épanouissement des occupants ainsi que le bon déroulement des tâches prévues dans ces espaces. Dans ce contexte, plusieurs méthodes ont été développées et la plus répandue de ces approches est l'évaluation post occupationnelle (Post-occupancy evaluation / POE).

### II.2.1 Evaluation post occupationnelle

Cette approche est une évaluation des bâtiments, construits et occupés pendant plusieurs années avec des niveaux d'adaptations différents, d'une manière systématique et rigoureuse. Elle nous permet une collecte d'informations qualitatives concernant la performance conceptuelle et la production architecturale future de qualité selon des directives définies au préalable en vue d'une amélioration continue, [ARHAB F. 2014, p 83].

- ✚ Les domaines techniques concernés par l'évaluation post occupationnelle sont résumés dans le tableau suivant :

Domaines	Paramètres concernés
Paramètres physiques	Lumière, ventilation, chaleur, acoustique
Paramètres environnementaux	Consommation énergétique, consommation d'eau, émissions CO2
Flexibilité	Possibilité de s'adapter aux changements
Durabilité	Le besoin d'établir une maintenance permanente

**Tableau 14 :** Domaines Techniques de la POE. (Source : ARHAB F. 2014, p 85)

- ✚ La POE, a pour objectif de :
  - Evaluer les besoins des usagers en fonction de l'espace utile ;
  - Evaluer les applications normalisées et les ajuster ;
  - Evaluer le processus organisationnel, de conception et de gestion ;
  - Evaluer les systèmes d'ingénierie ;
  - Evaluer les critères de qualité, sécurité, santé, prévention des infections.

Ces différents objectifs permettent d'identifier les problèmes et proposer des solutions, puis de les appliquer sur des conceptions nouvelles et enfin, de formuler une base de données allant du générale, jusqu'au spécifique à partir des comparaisons entre les résultats.

### ✚ Les Outils d'une évaluation post occupationnelle

Plusieurs méthodes peuvent être utilisées dans les études d'évaluations environnementales : questionnaire, instrument de mesures, qui sont adoptées pour obtenir des réponses relatives aux dimensions environnementales et culturelles dans l'habitat contemporain. Le choix de l'outil est en fonction des objectifs recherchés et la possibilité d'associer deux ou plusieurs moyens selon la complexité de ces objectifs.

#### ❖ **La photographie**

Considérée comme le premier outil de collecte des données et peut-être associée avec d'autres outils, applicables sur des éléments fonctionnelles.

#### ❖ **La bande vidéo**

L'utilisation de la bande vidéo est une technique d'observation des enregistrements, permettant le visionnement des séquences (objet observé) plusieurs fois sans présence physique de l'observateur. Le désavantage de cette méthode, réside dans le fait que le champ de l'observateur est restreint et nécessite d'introduire d'autres caméras au même moment, qui sont placées dans des points différents du même champ.

#### ❖ **L'observation**

L'observation a pour objet de récolter des données sur l'attitude et aptitude comportementale des individus et groupes d'individus. Elle est adoptée particulièrement dans les sciences sociales et psychologiques.

#### ❖ **Groupe de discussion**

Cet outil est utilisé pour l'évaluation des questionnaires en statistique. C'est un débat qui vise à examiner des points de vue différents d'un même sujet.

#### ❖ **Les interviews**

L'interview est un entretien réalisé par l'enquêteur qui vise à connaître un sujet posé au préalable. Cette interaction entre deux personnes en contact direct est essentiellement verbale.

### ❖ L'enquête par questionnaires

Le questionnaire est une source d'information soumise à la discussion et étude ; rédigé à la base pour atteindre l'objectif tracé par l'étude, qu'est exprimé en termes de concept et traduit en mesures.

### ❖ Les mesures in-situ

Cette technique expérimentale nous permet de qualifier les paramètres physiques d'un environnement (lumineux, thermique, sonore, ...etc) par le biais d'appareils de mesures. Elle nous permet aussi de recueillir des données réelles qualifiables suivant la performance de l'instrument de mesure. Par contre, son seul désavantage réside dans l'importance du travail de terrain nécessaire pour le bon déroulement de la campagne de mesure.

## II.2.2 Evaluation des ambiances à l'intérieur du logement

Pour déterminer le rôle du balcon sur la sensation de confort des occupants, nous avons procédé par deux campagnes qui se sont déroulées dans le courant de l'année 2014.

- **Approche subjective** : la première campagne consiste en une enquête publique, psychosociale, auprès des habitants des deux cas d'étude, sur le niveau de satisfaction du confort.
- **Approche objective** : la deuxième campagne, est une prise de mesures effectuée seulement dans des ménages du 1<sup>er</sup> cas d'étude (résidence CAAT). Les propriétaires ayant donné leur accord pour ce type de campagne ont déjà été enquêtés dans l'approche subjective à partir des mêmes échantillons.

La température, l'humidité relative et l'éclairage naturel ont fait l'objet de ces campagnes de mesures.

### II.2.2.1 Les indicateurs subjectifs de l'étude

#### a) Enquêtes

Notre enquête se déroule autour des deux cités d'habitat choisies, pour identifier les dimensions environnementales et culturelles dans la conception de leurs habitats. Nous nous sommes basés sur l'habitat contemporain proche du centre-ville, sans prendre en considération les caractéristiques urbaines et socioéconomiques particulières de ces zones, qui sont aperçus comme des inconvénients par les habitants dans des recherches antérieures.

En effet, le bruit, la pollution, la mixité d'usage et la densité urbaine,... [Haj Hussein M. 2012, p 179] influent considérablement sur la qualité du logement et affectent ainsi les résultats de notre enquête.

Pour une évaluation précise de la satisfaction des individus par rapport à l'espace occupé, des méthodologistes de SurveyMonkey<sup>26</sup>, recommandent l'utilisation d'une échelle unipolaire de cinq (5) points, car des études ont démontré que les personnes interrogées avaient du mal à définir leur point de vue sur une échelle supérieure à 7. Ce qui veut dire, dans une question de plus de sept choix, les enquêtés auront tendance à choisir une réponse au hasard, rendant nos résultats inutilisables.

En outre, les échelles numérotées, sont aussi une source de confusion pour les personnes interrogées, car ils ne peuvent pas immédiatement savoir quelle extrémité du spectre est positive et laquelle est négative. De ce fait, vaudrait mieux utiliser des mots pour les définir, comme par exemple « Pas » à « Très » dans une échelle graduelle.

Enfin, pour exclure toute forme d'ambiguïté dans nos résultats nous proposons une échelle de quatre degrés où le degré neutre est exclu de cette échelle ; comme indiqué dans le tableau 15.

La satisfaction subjective			
Pas satisfait	Moyennement satisfait	satisfait	Très satisfait

**Tableau 15** : Echelle de l'évaluation de la satisfaction subjective des ambiances intérieures adoptées pour cette étude. (Source : auteur)

Au total, 97 questionnaires ont été distribués, complétés et rendus ; soit 48 ménages à la cité CAAT et 49 ménages à la résidence EPLF. Par contre, 93 ménages se sont déclinés, car à notre retour pour récupérer les questionnaires, les ménages ont été absents ou se sont excusés par manque de temps, fatigue ou par méconnaissances à les remplir.

Nous avons été confrontés à l'ignorance et l'insouciance de certains habitants, exprimées par un rejet systématique du questionnaire ; même après leur avoir expliqué l'importance de leur participation dans notre étude d'évaluation.

---

<sup>26</sup> SurveyMonkey, un logiciel de sondages. Outil d'analyse par des professionnels disponible sur le site : <https://fr.surveymonkey.com/mp/likert-scale/>.

### **b) Le questionnaire**

Par ce questionnaire, nous souhaitons relever le maximum d'informations sur l'habitat contemporain (espace intérieur/extérieur). Comme notre questionnaire est prévu pour une population de catégorie sociale différente, une pré-enquête a été réalisée auprès des résidents des deux cas d'études (10 personnes). Par la suite des modifications ont été apportées au questionnaire, dont les résultats n'ont pas été quantifiés dans l'analyse.

Notre document se compose de :

- ✓ Caractéristiques personnelles des habitants, (sexe, âge, nombre d'occupant dans le logement).
- ✓ Caractéristiques architecturales du logement.
- ✓ Caractéristiques architecturales sur le balcon.
- ✓ Evaluation de la satisfaction environnementale (énergétique).
- ✓ Perspectives future, pour une meilleur qualité des ambiances solaires.

### **c) Déroulement de l'enquête**

Pour mettre les habitants en confiance et nous garantir la qualité des réponses avec un nombre important de participants, nous avons associé une lettre d'information à notre questionnaire et nous l'avons accompagné d'une présentation orale des objectifs de cette investigation. Aussi pour expliquer l'objet et le but de notre recherche, ainsi que l'importance de leurs réponses et participation.

Nous avons aussi expliqué aux sujets enquêtés, quand et comment les questionnaires une fois remplis seront récupérés. Dans certains cas, les questionnaires ont été remplis sur place (comme une interview ou discussion).

La bonne période de distribution du questionnaire est le week-end, pour s'assurer de la présence du chef de famille (père ou mère). Les questionnaires ont été récupérés au domicile des participants ou de chez le gardien d'immeuble quelques jours (deux à trois jours) après la distribution ; ou jusqu'au week-end d'après pour les travailleurs.

L'enquête nous a pris plus de deux mois, de mi-février à fin avril 2014, environ.

### d) Traitement des données

Après avoir recueillies les données de l'enquête, elles seront analysées et traitées sur deux phases, qui sont :

1. Dans la première phase, nous allons présenter les résultats de chaque item pour la population des deux résidences.
2. Dans la deuxième phase, en fonction de certaines strates, nous avons jugé nécessaire de faire des croisements entre certains items, liés au niveau de satisfaction et à la qualité du confort qu'offre le balcon à la pièce qui lui est adjacent.

En fin, nous nous sommes basés dans cette enquête sur une population habitants dans les mêmes conditions urbaines et afin de garantir le maximum des réponses au questionnaire, des précautions ont été nécessaires (lettre d'information, pré-test, assistance pour ceux qui ont accepté de répondre au questionnaire en notre présence,...etc). Par ailleurs, nous avons constaté des non-réponses pour certains items et questions (fermées ou ouvertes), cela pourrait s'expliquer du faite de la complexité de notre sujet ; mais aussi à notre avis, pour des raisons plus personnels (culturelles, éducatives et désintéressement).

### II.2.2.2 Les indicateurs objectifs de l'étude : campagne de mesures

Cette approche objective, consiste en une évaluation hygrothermique et lumineuse en prenant en compte les comportements quotidiens des habitants vis-à-vis de leur espace balcon.

#### a) Description des instruments de mesures

Les mesures de température, ont été faites à l'aide d'un Thermomètre à sonde de marque HANNA, de série HI 93510 et un assortiment varie de HI 762 sondes. L'écran LCD affiche le plus haut, le plus bas dans un cycle et des lectures de température actuelles ; avec une haute précision  $\pm 0.4^{\circ}\text{C}$  ( $0.8^{\circ}\text{F}$ ).




Pour les mesures de l'humidité, nous avons utilisé un Thermo-Hygro mètre, de marque « In & Out Max-Min », série TH-439, de dimension (135x71x20) mm. Mesure la température extérieur/intérieur en  $^{\circ}\text{C}$  et l'humidité intérieur /extérieur en %.

- Plage de mesure des températures : Intérieur  $-10^{\circ}\text{C}$  à  $+50^{\circ}\text{C}$  ( $14^{\circ}\text{F}$  ~  $+122^{\circ}\text{F}$ )  
Extérieure de  $-50^{\circ}\text{C}$  à  $+70^{\circ}\text{C}$  ( $-58^{\circ}\text{F}$  ~  $+158^{\circ}\text{F}$ )

- Plage de mesure d'humidité : 10% ~ 99% RH
- Précision : Température  $\pm 1$  ° C (1,8 ° F)  
Humidité  $\pm 5\%$  HR
- Résolution : Température 0,1 ° C (0,2 ° F)  
Humidité 1% RH

Les mesures de la lumière naturelle sont faites à l'aide d'un Luxmètre numérique, de série MT-4007, de marque Proskit ; ayant pour dimension (152x48x26) mm et une résolution de 0.01 lx. Son afficheur LCD exprime le chiffre maximale de 1999, cela sur une plage de mesures des gammes 20 lx, 200lx, 2000lx, 20000lx.

Le tableau 16 résume les appareils utilisés pour mesurer les paramètres du climat.

Types d'appareils	Types de mesures	Illustrations
Thermomètre à sonde HI 93510	Permet de mesurer la Température T, donnée par °C ou °F	
Thermo-hygromètre	Permet de mesurer le taux d'humidité H en %	
Luxmètre MT-4007	Permet de mesurer l'éclairement (E), exprimé en Lux (lx)	

**Tableau 16 :** Matériel utilisé lors de la campagne de mesure. (Source : auteur)

#### b) Période de l'investigation

L'accès au logement a été une grande difficulté dans notre étude. Pour des raisons techniques, pratiques et d'accessibilité aux logements, les mesures se sont déroulées pendant le 21 du mois de Juin et Décembre de l'année 2014 (l'autorisation a été accordée pour une seule journée). Le choix du solstice d'été (21 Juin)<sup>27</sup> et le solstice d'hiver (21 Décembre)<sup>28</sup>, est due à la hauteur du soleil par rapport à la terre.

En effet, selon la disponibilité des occupants et leur collaboration, nous avons pu relever jusqu'à cinq prises de mesures (entre 08h00 et 18h00), des trois données climatiques au centre de la salle de séjour (M<sub>1</sub>), du balcon (M<sub>2</sub>) et une troisième prise de l'éclairage (M<sub>3</sub>) devant la source de lumière (baie vitré) ; à une hauteur d'un homme assis (1-1.5 m).

Cette campagne de mesures s'est concentrée juste sur la pièce commune, salle de séjour qu'est attachée à un balcon (objet d'étude : Séjour/balcon). Les températures extérieures avec l'humidité pour références sont celles données par la station météorologique de Boukhalfa.

En raison d'imprévus des familles, certaines ont préféré que les mesures soient le 22 au lieu du 21 du mois investigué. D'autres échantillons n'ont pas peut-être investigués, à cause du déclinement des familles le jour des prises de mesures. Toutefois, dans la mesure du possible nous avons essayé de réunir le même espace pour les différentes orientations et hauteur. Ce qui explique la différence de l'aménagement spatiale du plan de l'appartement et la profondeur du balcon sans pour autant altérer nos recherches sur les ambiances intérieures.

La figure 65, est une configuration des pièces annexes aux balcons, en fonction de chaque orientation, hauteur et date des prises de mesures.

---

<sup>27</sup> Le 21 Juin, le soleil atteint sa hauteur la plus haute de l'année à midi et cela correspond au jour le plus long.

<sup>28</sup> Le 21 Décembre, correspond à la hauteur du soleil à midi la plus basse de l'année et au jour le plus court.

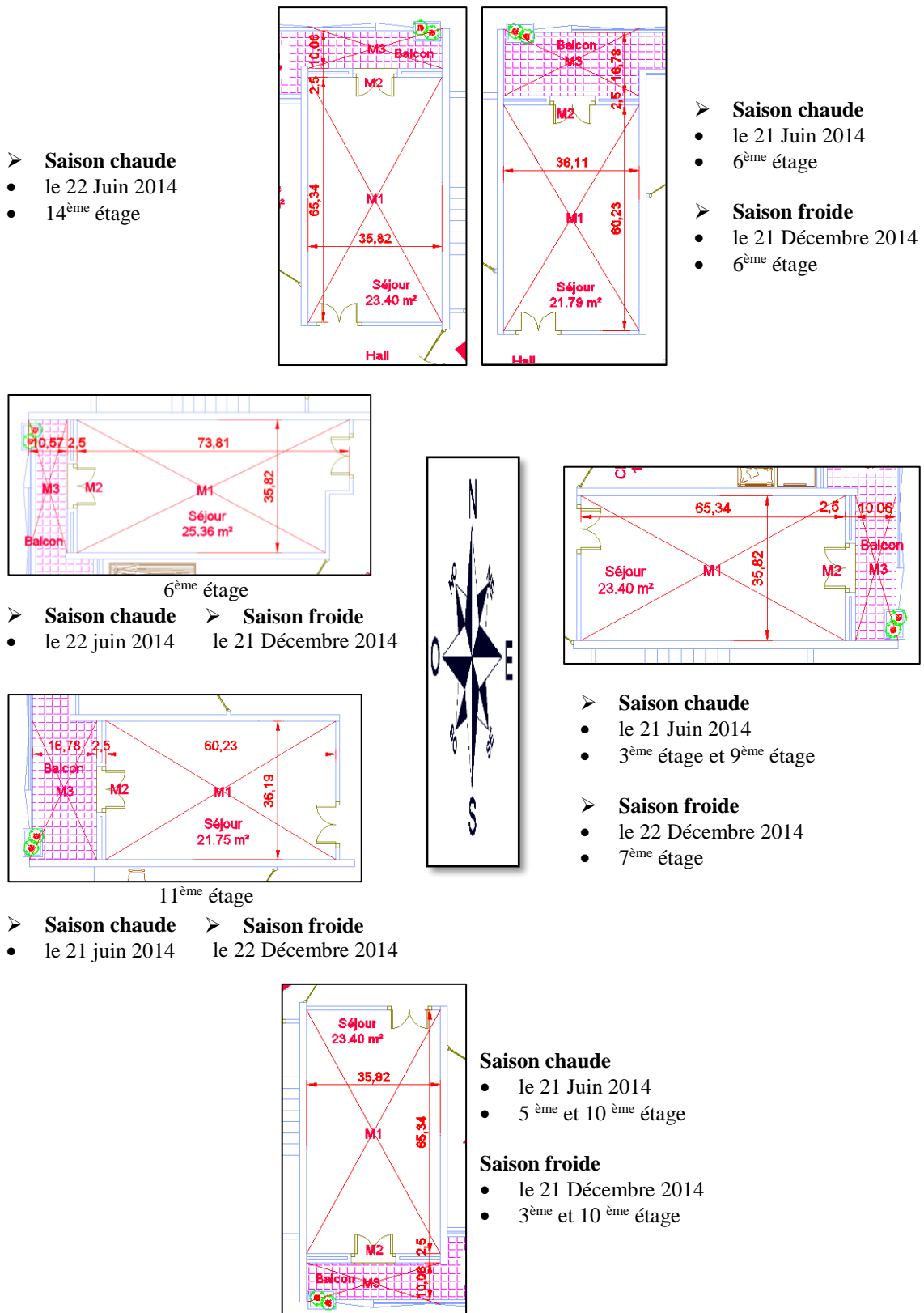


Figure 65 : Les dimensions des espèces envisagées, avec points de prises des paramètres climatiques (température, humidité et éclairage) dans les pièces testées.

(Source : auteur)

### Conclusion

De ce chapitre, après une présentation de la ville de Tizi-Ouzou (situation, relief, ...), il ressort trois parties principales, développé comme suit :

1. L'analyse des paramètres climatiques de la ville de Tizi-Ouzou, nous a permis de définir deux longues périodes d'inconfort fortement ressentis. La première est la période de surchauffe où les radiations solaires sont très importantes et la température de l'air est extrêmement élevée au milieu de la journée. La seconde période, est la saison froide, moins agressive, mais présente d'importantes fluctuations de température ; posant ainsi la problématique du confort thermique et lumineux dans les habitations.

2. De l'analyse bioclimatique, nous avons pu déduire les techniques de contrôles microclimatiques, définir les deux stratégies pour les deux saisons contrastées, définir la zone de confort thermique pour la ville de Tizi-Ouzou ainsi que le dimensionnement du masque architecturale à partir du diagramme solaire ; capable de créer des conditions de confort sur des périodes de l'année plus longues.

3. En fin, dans la partie descriptive du cas d'étude et méthodologie, nous avons justifié notre choix du cas d'étude, de la typologie et de la cellule afin d'évaluer le degré de satisfaction des usagers par rapport à la qualité des ambiances intérieures (hygrothermiques et lumineuses). La méthodologie suivie dans l'investigation objective et subjective est également décrite dans ce chapitre.

Ces conclusions peuvent être considérées comme une base de données pour l'étude des ambiances solaires dans le bâtiment contemporain et fera l'objet du chapitre suivant. Ce dernier consiste en une évaluation subjective et objective des ambiances hygrothermiques et lumineuses en fonction de l'espace balcon.



# DEUXIEME PARTIE

*Investigation subjective et objective  
de la qualité des ambiances dans  
l'habitat contemporain Tizi-Ouzien*

---

## Chapitre IV

### Interprétation et analyse des résultats de l'investigation



### Introduction

Ce chapitre est structuré en deux parties, la première partie consiste en une analyse des résultats d'enquête psycho-social, effectuée auprès des habitants des cas d'étude choisis. L'objectif de cette dernière, était de déterminer leurs degrés de satisfaction dans l'espace habitable ainsi que dans l'espace extérieur, par rapport aux ambiances intérieures. Aussi, afin de connaître leur sentiment envers le balcon et quelle relation entretiennent-ils avec cet espace de transition et l'environnement extérieur.

La deuxième partie du travail de terrain, est une prise de mesures des paramètres du climat, entrepris dans des cellules annexes au balcon, pour chaque orientation sur deux niveaux différents. C'est ainsi que nous pouvons déterminer l'orientation la plus favorable et évaluer l'impact du balcon des différentes orientations sur la qualité des ambiances hygrothermiques et lumineuses.

Pour atteindre cet objectif, les cellules choisies présentent les mêmes caractéristiques constructives et géométriques, mais se différencient en termes d'orientation, hauteur, l'attitude des habitants envers la porte de liaison avec le balcon et l'occultation amovible.

## I. Interprétation des résultats d'enquête

### I.1 Présentation de l'échantillon enquêté

#### I.1.1 Les caractéristiques des habitants

##### I.1.1.1 Le sexe

Dans le présent tableau, nous avons classé l'échantillon enquêté selon le sexe. Nous constatons que le pourcentage entre les deux sexes dans les deux cités est quasiment égal.

Cas d'étude	Féminin	Masculin	Total
La cité CAAT	47.9% (23)	52.1% (25)	100% (48)
La cité EPLF	59.2% (29)	40.8% (20)	100% (49)
Total	53.6% (52)	46.4% (45)	100% (97)

**Tableau 17 :** Le sexe de l'échantillon en fonction de chaque cité enquêtée. (Source : auteur)

##### I.1.1.2 L'âge

La catégorie d'âge la plus prédominante est de 41 ans et plus dans les deux cas enquêtés ; celle-ci représente un pourcentage de 64.2%, suivis de la catégorie d'âge de 21-40 ans avec

un pourcentage de 32.6%. La catégorie d'âge de moins de 20 ans, ne représente que 3.1%, du fait que le questionnaire était destiné au chef de famille.

Cas d'étude	Inférieur à 20 ans	Entre 21 ans à 40ans	41 ans et plus	Total
La cité CAAT	4.3% (2)	37% (17)	58.7% (27)	100% (46)
La cité EPLF	2% (1)	28.6% (14)	69.4% (34)	100% (49)
Total	3.1% (3)	32.6% (31)	64.2% (61)	100% (95)

**Tableau 18 :** Catégories d'âge de l'échantillon en fonction de chaque cité enquêtée.

(Source : auteur)

Au total, les non-réponses sont de 2 à la cité CAAT.

### I.1.1.3 Nombre d'occupants par logement

La taille des ménages enquêtés dans les deux cas d'étude est faible. Nous constatons que les ménages qui se composent de 1 à 5 personnes sont les plus nombreux et représentent 60% des personnes participants au questionnaire.

Cas d'étude	1-5 personnes	6-9 personnes	10 personnes et plus	Total
La cité CAAT	69.8% (30)	30.2% (13)	0	100% (43)
La cité EPLF	51.1% (24)	44.7% (21)	4.2% (2)	100% (47)
Total	60% (54)	37.8% (34)	2.2% (2)	100% (90)

**Tableau 19 :** Taille des ménages de l'échantillon en fonction de chaque cité enquêtée.

(Source : auteur)

Au total, les non-réponses sont de 5 à la cité CAAT et 2 à la cité EPLF.

## I.1.2 Les caractéristiques des logements

### I.1.2.1 Durée et statut d'occupation

Nous avons demandé aux habitants d'identifier la période d'occupation du logement pour bien comprendre l'appropriation de l'espace aux files du temps. Nous observons sur le tableau 20, que la majorité des familles (55.7%) occupent les lieux depuis plus de 10 ans. La catégorie la plus faible avec 15.5%, vivent dans leurs appartements depuis 5 ans et moins ; généralement se sont des nouveaux locataires qui présentent des pratiques spatiales encore restreintes.

Cas d'étude	Moins de 5 ans	6-10 ans	11 ans et plus	Total
La cité CAAT	14.6% (7)	37.5% (18)	47.9% (23)	100% (48)
La cité EPLF	16.3% (8)	20.4% (10)	63.3% (31)	100% (49)
Total	15.5% (15)	28.8% (28)	55.7% (54)	100% (97)

**Tableau 20 :** Période d'occupation des logements en fonction de chaque cité enquêtée.

(Source : auteur)

## Chapitre IV : Interprétation et analyse des résultats de l'investigation

Du tableau ci-après, nous observons que la majorité des participants au questionnaire, dans les deux cas d'étude enquêtés sont propriétaires de leurs logements, soit 72.3% du totale.

Cas d'étude	Propriétaire	Locataire	Total
La cité CAAT	65.2% (30)	34.8% (16)	100% (46)
La cité EPLF	79.2% (38)	20.8% (10)	100% (48)
Total	72.3% (68)	27.7% (26)	100% (94)

**Tableau 21 :** Statut d'occupation des appartements, en fonction de chaque cité enquêtée.

(Source : auteur)

Au total, les non-réponses sont de 2 à la cité CAAT et 1 à la cité EPLF ; où les habitants avaient précisé qu'ils occupent des logements de fonction.

### I.1.2.2 Niveau et Type d'appartement enquêté

Les appartements enquêtés présentent 25.5% niveaux inférieurs au 5<sup>ème</sup> étage, 33% du 6<sup>ème</sup> au 10<sup>ème</sup> étage et 41.5% des niveaux au-delà du 11<sup>ème</sup> étage. Comme indiqué dans le tableau :

Cas d'étude	Moins de 5 étages	6-10 étages	11 étages et plus	Total
La cité CAAT	10.6% (5)	51.1% (24)	38.3% (18)	100% (47)
La cité EPLF	38.3% (18)	17% (8)	44.7% (21)	100% (47)
Total	24.5% (23)	34% (32)	41.5% (39)	100% (94)

**Tableau 22 :** Niveaux des appartements, en fonction de chaque cité enquêtée. (Source : auteur)

Au total, les non-réponses sont de 1 à la cité CAAT et 2 à la cité EPLF ;

Dans la cité EPLF le logement est de type F4, confirmé par les réponses des habitants enquêtés. Par contre à la cité CAAT, 39.6% sont des F4 et 60.4% sont des F3.

### I.1.2.3 Origine géographique des familles

54.7% de la population enquêtée est originaire des villages avoisinants et 46.3% occupée auparavant des maisons traditionnelles à cours contre 53.7% habités des appartements dans un bâtiment.

Cas d'étude	Maison individuelle	Appartement dans un bâtiment	Total
La cité CAAT	46.8% (22)	53.2% (25)	100% (47)
La cité EPLF	45.8% (22)	54.2% (26)	100% (48)
Total	46.3% (44)	53.7% (51)	100% (95)

**Tableau 23 :** Types de logement occupé auparavant, en fonction de chaque cité enquêtée.

(Source : auteur)

Cas d'étude	Ville	Rural	Total
La cité CAAT	31.9% (15)	68.1% (32)	100% (47)
La cité EPLF	58.3% (28)	41.7% (20)	100% (48)
Total	45.3% (43)	54.7% (52)	100% (95)

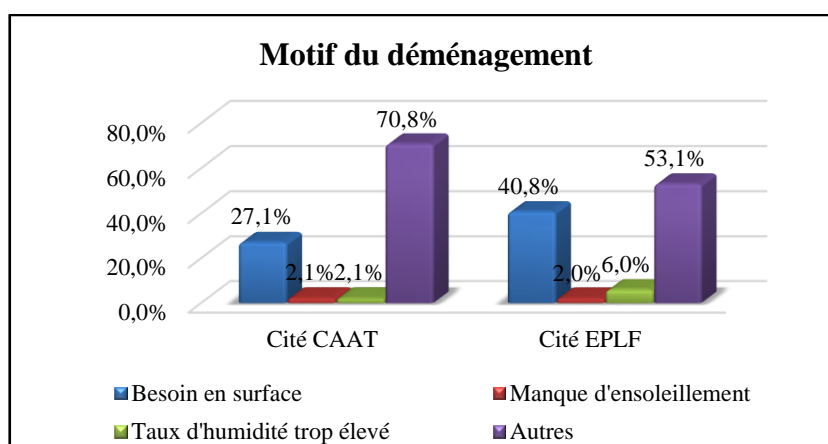
**Tableau 24** : Originaire de la population enquêtée, en fonction de chaque cité enquêtée.

(Source : auteur)

Au total, les non-réponses sont de 1 à la cité CAAT et 1 à la cité EPLF.

### **Motif du déménagement**

Le besoin en surface est le premier critère du déménagement avec un taux de réponses très importants de 27.1% et 40.8% à la cité CAAT et EPLF, respectivement. Alors que les critères climatiques n'ont été soulevés que par très peu d'habitants. Les réponses étaient plus d'ordre professionnelles, sociales. Soit 70.8% à la cité CAAT et 53.1% à la cité EPLF des habitants enquêtés ont justifié leur déménagement par le besoin de se rapprocher d'une ville (une vie de citadin, moyen de transport disponible, proximité du travail et école des enfants), la sécurité, être propriétaire et autonomie du couple.



**Figure 66** : Motif du déménagement, en fonction de chaque cité enquêtée. (Source : auteur)

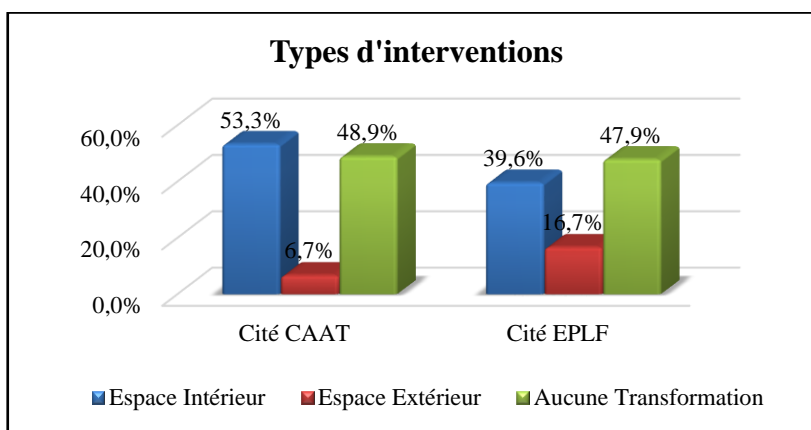
#### **I.1.2.4 Interventions des habitants dans le logement**

Les interventions sur le logement par ces occupants ne représentent que ½ en moyenne des habitants enquêtés. Ces pourcentages sont de l'ordre de 59.7% à la cité CAAT et 56.3% à la cité EPLF.

Ces derniers sont partagés entre des travaux de gros œuvre comme la suppression d'un mur (le plus souvent de la cuisine ou du séjour pour créer un espace ouvert), séparation entre W.C et salle de bain par un mur en maçonnerie (dans le cas de la résidence CAAT) ou encore

la création d'une chambre à partir de la salle de séjour ou la salle de bain. Ainsi que des travaux de rénovation, tels que revêtement au sol, pose de la faïence, enduit des murs et peinture ; y compris la rénovation des tuyauteries et réseaux électriques défectueux.

Dans l'espace extérieur les transformations apportées sont la pose de protection métallique, l'intégration du balcon avec le séjour ou l'aménagement de la loggia comme cuisine ; soit 6.7% et 16.7% à la résidence CAAT et EPLF, respectivement.



**Figure 67 :** Interventions des habitants dans leur logement, en fonction de chaque cité enquêtée.  
(Source : auteur)

Au total, les non-réponses sont de 3 à la cité CAAT et 1 à la cité EPLF.

### I.1.3 Les caractéristiques de l'espace extérieur domestique

#### I.1.3.1 Nombre et Type d'espace extérieur

Les appartements dans la cité EPLF disposent de balcon et de loggia, conformément aux réponses de l'enquête. Contrairement à la cité CAAT, où 95.8% des personnes enquêtées possèdent un espace extérieur privé dans leur appartement ; contre seulement 4.2% des sujets ayant répondu ne pas l'avoir. Nous concluons que initialement ces appartements avaient un seul espace extérieur, utilisé pour l'agrandissement de la pièce qu'il lui est adjacente.

La forme la plus répandue à la cité CAAT est le balcon avec 54.3% contre 13.1% loggia et 32.6% possédant les deux : balcon et loggia. La différenciation entre loggia et balcon est d'ordre fonctionnel.

#### I.1.3.2 Importance de l'espace extérieur

Par cette question, nous avons voulu connaître l'importance et la signification de l'espace extérieur chez les habitants. Ces derniers doivent indiquer si l'espace extérieur est un espace

indispensable dans la conception des logements pour ensuite justifier leur réponse lorsqu'elle est positive.

Pratiquement la totalité (85.4% à la cité CAAT et 85.7% à la cité EPLF) des habitants enquêtés ont indiqué l'importance d'un tel espace dans leur logement, (avec une moyenne des non réponses de 8.2% de non réponses à la cité EPLF). Toutefois, les justifications données sont :

✓ **Espace socioculturel** : peu de sujets interrogés à la CAAT, à savoir 19.5% contre 42.8% à la cité EPLF considèrent cet espace comme étant un lieu de récréation, de repos et de détente.

✓ **Espace climatique** : inversement, 63.4% des sujets interrogés à la CAAT contre 30.9% à la cité EPLF, trouvent que ce lieu, leur offre un espace extérieur ombré et ventilé naturellement en été. Il est aussi considéré comme un espace tampon et crée une protection contre les agressions d'hiver.

Soit 17.1% et 40.5% des sujets interrogés à la cité CAAT et EPLF, respectivement trouvent que l'espace extérieur privé remplit un double rôle : social et environnemental. Tandis que très peu de sujets à la cité CAAT et EPLF, avec 7.3% et 9.5%, attribuent à cet espace un rôle psychologique et esthétique de la façade par son utilisation comme un jardin domestique privé pour les enfants.

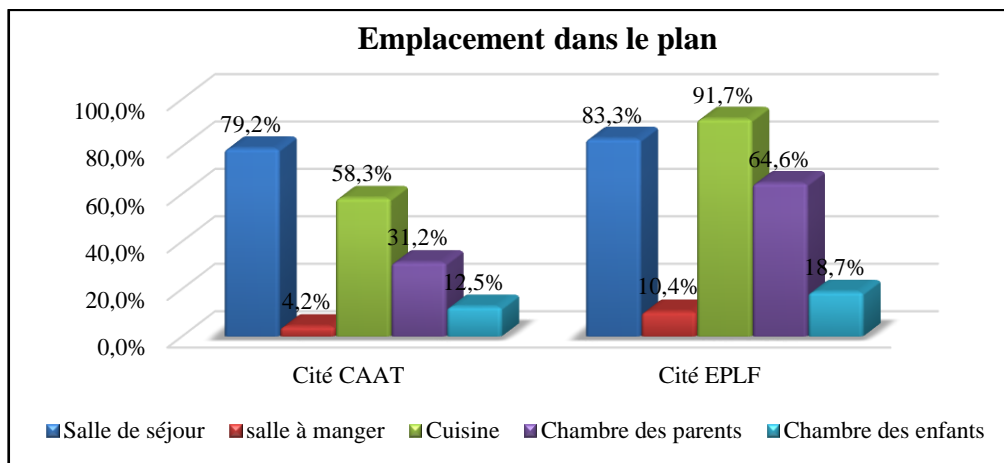
### I.1.3.3 Emplacement dans le plan d'aménagement

L'histogramme en figure 68, présente la fréquence des pièces attachées à l'espace extérieur. A la cité CAAT, nous relevons que la salle de séjour, considérée comme le cœur de l'appartement, est la pièce la plus reliée à ce lieu suivie de la cuisine ; soit 79.2% et 58.3%, respectivement. La chambre des enfants (12.5%) vient en quatrième position après la chambre des parents (31.2%).

En revanche, à la cité EPLF, c'est la cuisine (91.7%) qui se trouve en tête, suivie de la salle de séjour (83.3%). Ensuite vient la chambre des parents (64.6%) et enfin, la chambre des enfants (17.7%).

La salle à manger est la pièce la moins communicante avec l'espace extérieur privé à la cité CAAT comme à la cité EPLF, soit 4.2% et 10.4%, respectivement. Généralement elle représente la même pièce que la salle de séjour.

Enfin, dans les deux cas étudiés, le balcon est relié à une zone intime (chambre des parents dans la plus part des cas) en même temps à une salle commune (salle de séjour), ce qui rend l'usage du lieu trop difficile.



**Figure 68 :** Emplacement dans le plan de l'appartement, en fonction de chaque cité enquêtée.  
(Source : auteur)

Au total, les non-réponses sont de 1 à la cité EPLF.

### I.1.3.4 Périodes d'usage de l'espace

L'usage de ce lieu, est affecté par des caractéristiques physiques et sociales. Nous avons demandé aux occupants de préciser les périodes de son utilisation pour les deux saisons principales. A la cité CAAT, 79.2% des habitants préfèrent être dehors en été, pendant la soirée. Alors que pendant l'hiver, nous constatons un relatif équilibre entre les différentes périodes de la journée, à l'exception du soir, qui représente que 16.7% des habitants interrogés.

Les habitants de la cité EPLF, en été, profitent aussi de la fraîcheur du soir (89.8%) et seulement 24.5% à midi, évitant ainsi les fortes chaleurs. Par contre en hiver l'utilisation est très faible que ce soit à midi, l'après-midi ou le soir, qui présente que 14.3%, 18.4%, 14.3% des habitants interrogés. Les 4.1% des sujets n'ayant pas répondu sont de sexe masculin.

Nous remarquons aussi que plus de 50% de ces sujets préfèrent utiliser ces espaces le matin en été comme en hiver, ce moment coïncide avec les tâches ménagères et de cuisson.

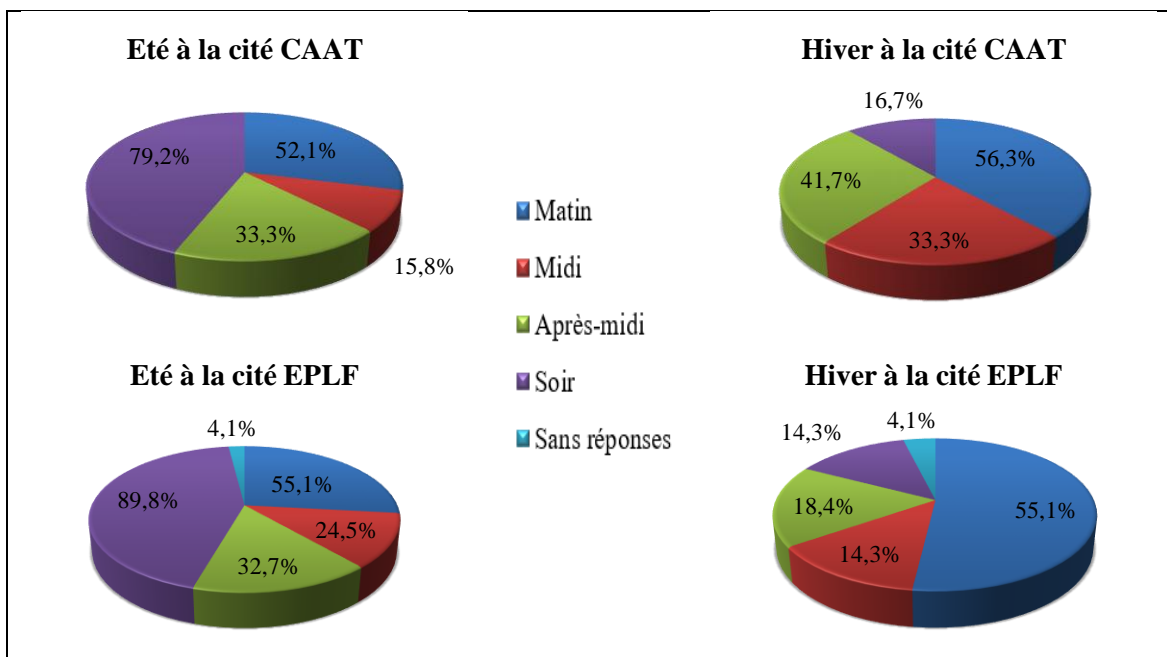


Figure 69 : Répartition des périodes d'usage pour les balcons par saisons, en fonction de chaque cité enquêtée. (Source : auteur)

### I.1.3.5 Appropriation de l'espace balcon

#### a) Les fonctions de l'espace balcon

Le dysfonctionnement observés hors du logement nous a amené à poser cette question de la fonction, afin de déterminer les usages et les pratiques quotidiens les plus fréquents dans un espace extérieur privé, (figure 70).

L'étalage du linge est l'activité la plus fréquente dans les deux résidences, avec plus de 70% des sujets interrogés (avec 77.1% et 73.5% à la cité CAAT et EPLF, respectivement), reflète bien l'image de nos façades et la défaillance du plan spatial. Quant au stockage, il est plus répandu à la cité CAAT (31.4%) plus que la cité EPLF (18.4%), par manque d'espaces de rangement dans l'appartement.

Le prolongement de l'espace intérieur vers l'extérieur vient en deuxième position à la résidence EPLF (65.3%), contrairement à la résidence CAAT (29.2%) qui occupe la quatrième place. Cela peut être dû à l'importance de la surface du balcon des appartements dans la résidence EPLF, qui offre plus de possibilité de l'aménager et de s'y installer en famille. Le balcon jardin, ou jardin suspendu est en troisième position dans le classement des activités dans les deux cités enquêtés, l'embellissement de la façade et son esthétique ne font pas parti des prérogatives des sujets interrogés.

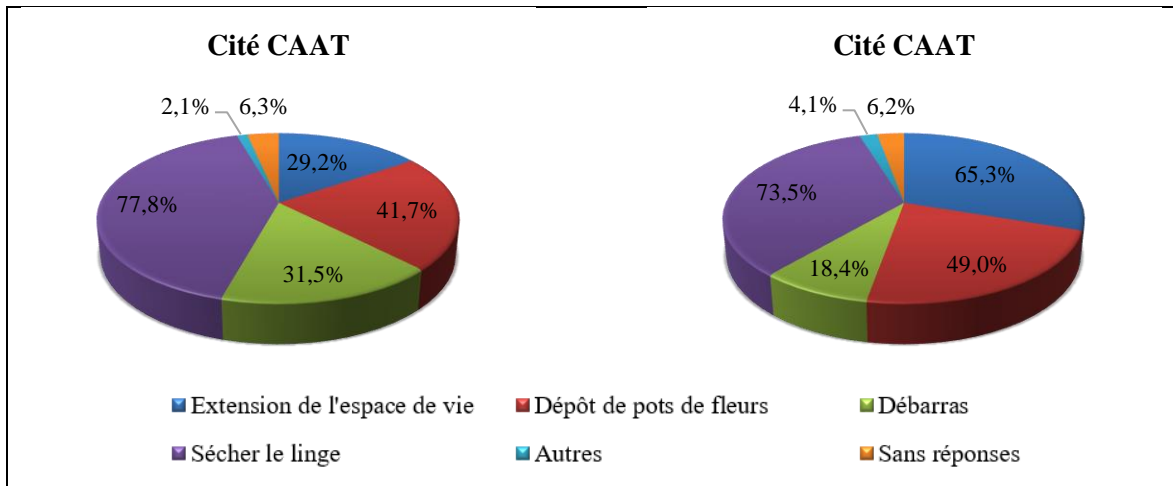


Figure 70 : Répartition des fonctions préférées pour les balcons. (Source : auteur)

Les non réponses, parviennent uniquement des hommes, nous déduisons que l'espace balcon est réservé aux femmes chargées des tâches domestiques à la maison.

Finalement, le balcon remplis des activités pour lesquelles il n'a pas été conçu et compense ainsi l'insuffisance ou l'absence des espaces de prolongement prescrits. En effet, ce n'est pas par exhibition que les habitants transfèrent des activités internes du logement sur le balcon, mais parce que les exigences de l'utilité priment sur celles de l'apparence.

### b) Les modifications individuelles sur l'espace balcon

Afin de connaître les types de transformations effectués sur le balcon, la question posée à l'échantillon enquêté été de préciser la nature et le motif de cette intervention lors qu'elle est positive.

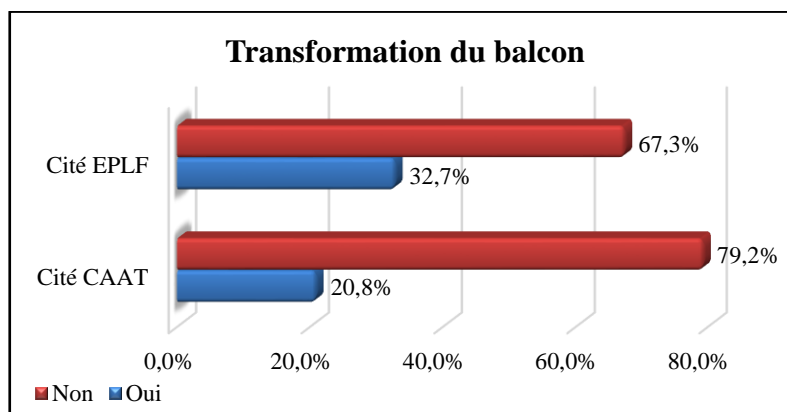
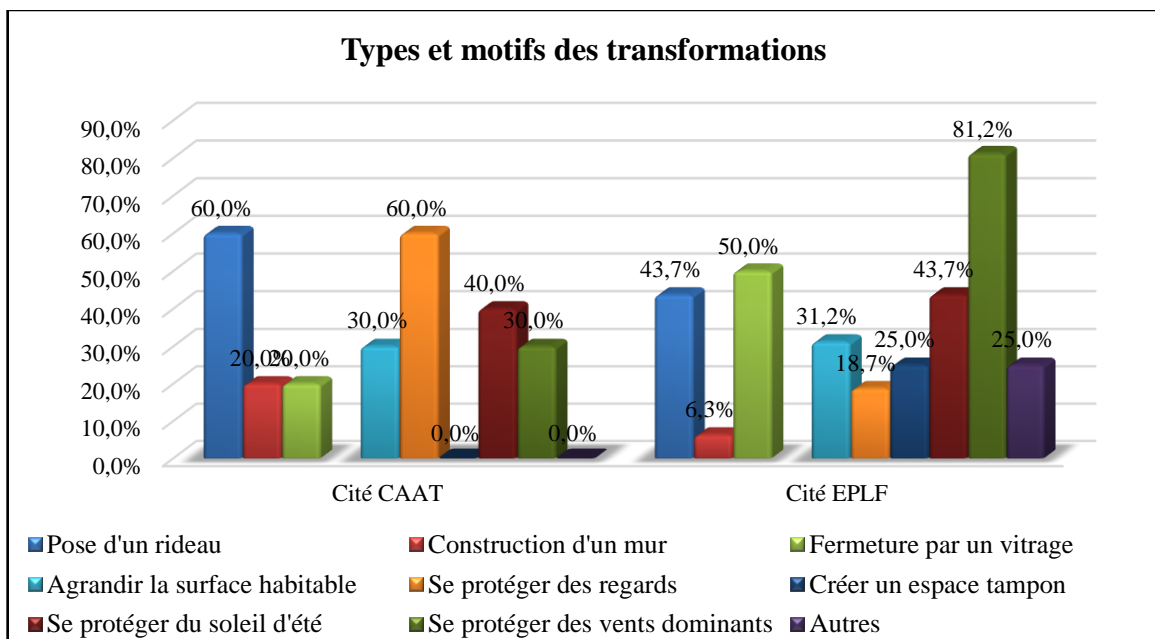


Figure 71 : Transformation du balcon, en fonction de chaque cité enquêtée. (Source : auteur)

Seulement un tiers des sujets questionnés, ont mené des transformations dans leur balcon, soit 20.8% et 32.7% à la résidence CAAT et EPLF, respectivement.

Tout en sachant que 68.1% des sujets à la résidence CAAT sont d'origine rurale, 60% se protègent des regards par la pose d'un voilage au niveau du balcon. Par contre à la résidence EPLF où 58.3% sont originaires de la ville la fermeture est totale ou partielle contre les vents dominants. Soit 50% ferme l'espace par un vitrage monté sur une structure en aluminium et 43.7% utilisent un rideau en toile.

L'ensemble des résultats de cette question sont résumés dans la figure 72.



**Figure 72 :** Marquage du balcon, en fonction de chaque cité enquêtée. (Source : auteur)

## I.2 Proposition d'amélioration du confort hygrothermique

### I.2.1 Facture énergétique

Les histogrammes présentés dans les figures 73 et 74, nous informent sur la perception des habitants par rapport a leur facteur énergétique. En été, la facteur de gaz est acceptable pour les habitants des deux cas d'étude, 63.8% et 60.4% à la cité CAAT et EPLF ; contre une facteur d'électricité lourde et très lourde, respectivement, 36.2% et 43.8%.

En revanche, en hiver, la consommation de gaz est acceptable à la cité CAAT et très lourde dans la cité EPLF, soit 40.4% et 43.8%. Tandis qu'en électricité, elle est lourde dans les deux réidences, soit 34% et 37.5%.

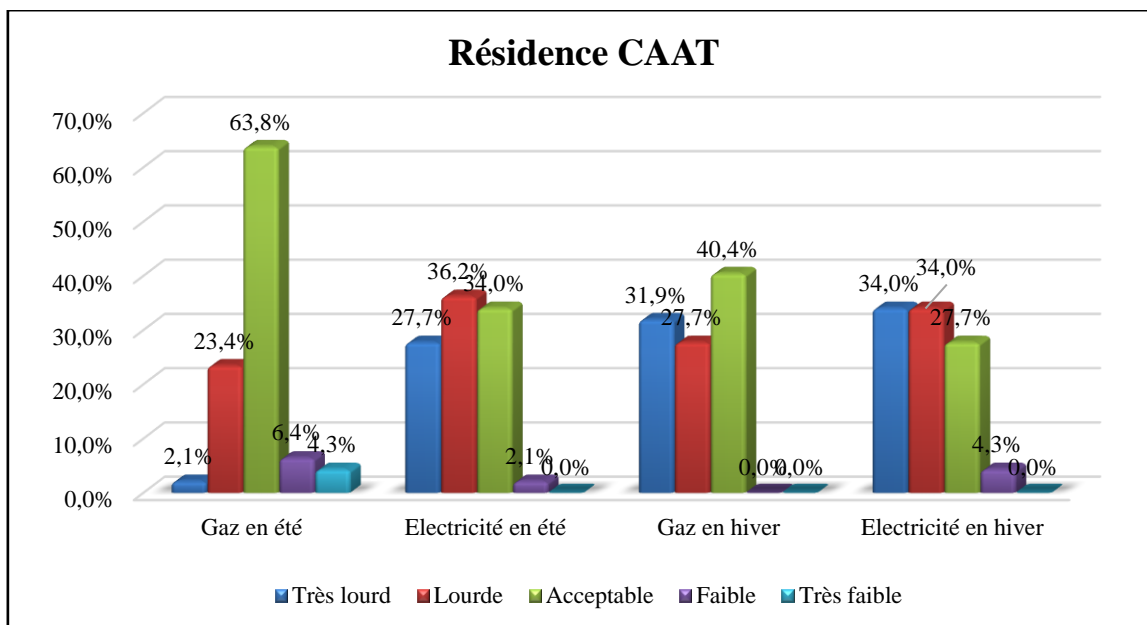


Figure 73 : Perception de la facture énergétique par les habitants, dans la cité CAAT.

(Source : auteur)

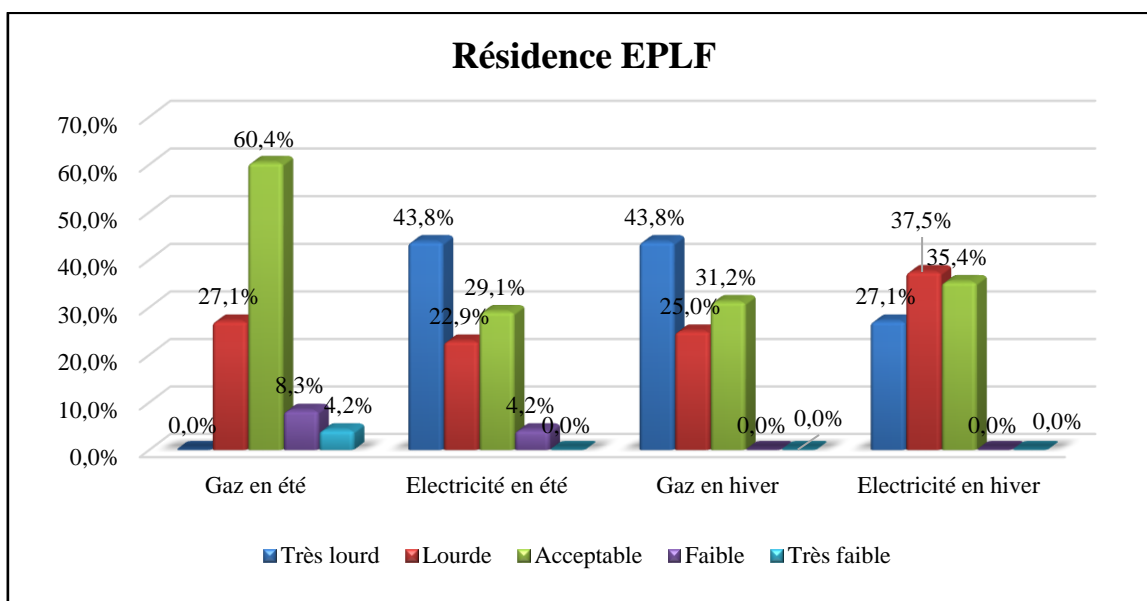


Figure 74 : Perception de la facture énergétique par les habitants, dans la cité EPLF.

(Source : auteur)

Au total, les non-réponses sont de 2 à la cité CAAT et 1 à la cité EPLF.

## I.2.2 Amélioration du confort été/hiver

Cette perception de la consommation énergétique n'empêche pas les habitants à avoir recours le plus souvent à la ventilation mécanique en été, et au chauffage à gaz en hiver, soit 74.2% et 96.9% respectivement, résumé dans le tableau ci-dessous :

Saison	Eté			Hiver		
items	A	B	C	A'	B'	C'
La cité CAAT	35.4% (17)	35.4% (17)	72.9% (35)	14.6% (7)	4.2% (2)	95.8% (46)
La cité EPLF	57.1% (28)	53.1% (26)	75.5% (37)	20.4% (10)	16.32% (8)	97.9% (48)
Total	46.4% (45)	44.3% (43)	74.2% (72)	34.7% (17)	10.3% (10)	96.9% (94)

A : Créez un courant d'air par les ouvrants.

B : Baissez les stores ou tirez les rideaux.

C : Allumer un ventilateur ou un climatiseur.

A' : Profitez des rayons solaires.

B' : Portez plus d'habits.

C' : Allumez le chauffage.

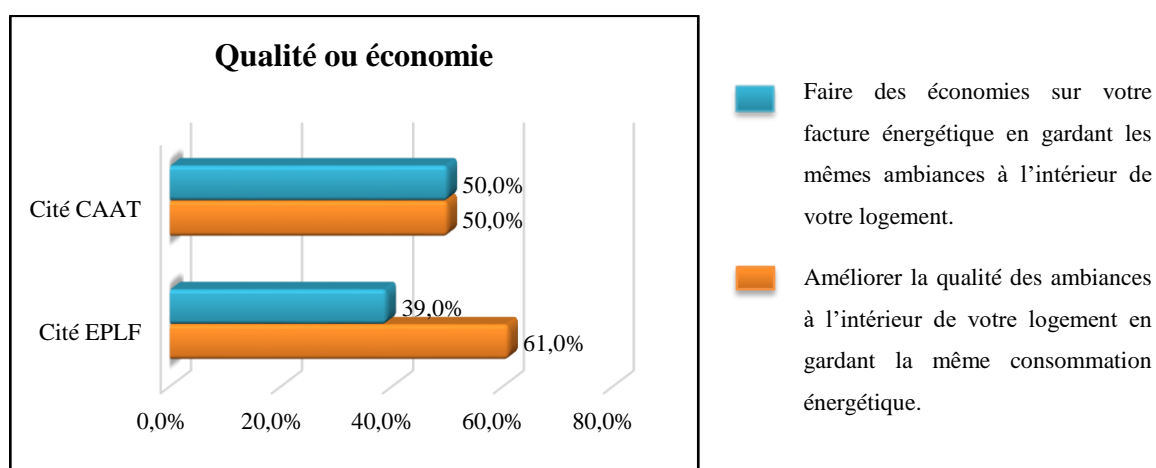
**Tableau 25** : Les techniques utilisées pour améliorer le confort thermique. (Source : auteur)

Nous concluons que les habitants en plus tendance à utiliser des appareils énergivores pour atteindre leurs confort hygrothermique et lumineux.

### I.2.3 Qualité ou économie

La figure ci-dessous, nous indique les pourcentages des priorités vues par les habitants. Dans le premier cas d'étude, nous constatons un équilibre entre les deux propositions faites aux habitants, tout en signalant que 62.5% des femmes avaient choisi l'amélioration des ambiances, contre 64% des hommes avoir choisis de faire baisser la facture énergétique.

Par contre dans le deuxième cas d'étude (EPLF), 61% des habitants enquêtés préfèrent améliorer la qualité des ambiances à l'intérieur du logement en gardant la même consommation énergétique.



**Figure 75** : Appréciation de la qualité des ambiances intérieure par rapport à la facture énergétique. (Source : auteur)

## I.2.4 Vulgarisation de l'énergie solaire

Pour connaître la diffusion du concept de l'énergie solaire dans l'environnement populaire, comme gain passif pour améliorer le confort on a conclu notre questionnaire par la question de savoir si les individus entendaient parler du rôle de l'ensoleillement dans l'économie d'énergie par des techniques passives en chauffage et éclairage naturel. Les résultats sont identiques dans les deux cités, soit 81% des habitants ont répondu par un oui.

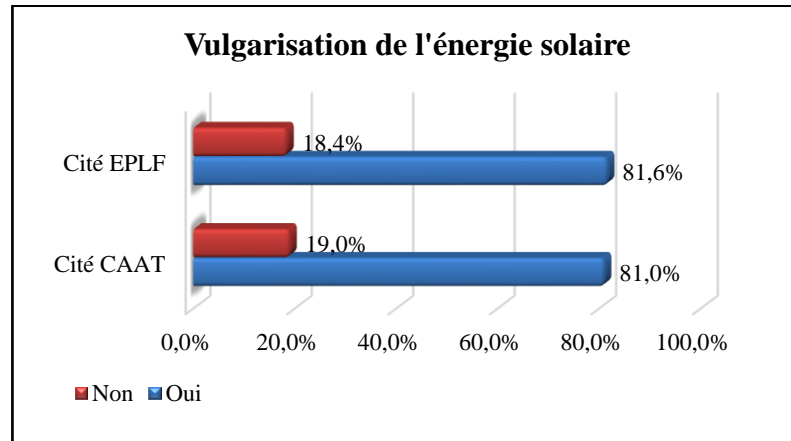


Figure 76 : La vulgarisation de l'énergie solaire, en fonction de chaque cité enquêtée.

(Source : auteur)

## I.3 Niveau de satisfaction des habitants

### I.3.1 La satisfaction à l'égard des ambiances intérieures

#### I.3.1.1 Satisfaction globale

Les habitants dans les deux résidences, expriment satisfaction par rapport aux différents items, (surface, orientation, confort d'été, courant d'air et éclairage naturel). A l'exception de 36.7% des habitants enquêtés à la cité EPLF, ont exprimé l'insatisfaction du confort thermique en saison froide.

Le niveau d'éclairage naturel est satisfaisant dans le deuxième cas d'étude (EPLF), soit 24.5% contre 22.9% des habitants de la cité CAAT qui sont très satisfaits. Ceci s'explique par la clarté de l'organisation spatiale des appartements dans la cité EPLF.

NB : Le chiffre marqué correspond au pourcentage le plus élevé, chaque couleur correspond à une cité enquêtée.

Satisfaction globale								
Items	Pas satisfait		Moyennement satisfait		Satisfait		Très satisfait	
	Cité CAAT	Cité EPLF	Cité CAAT	Cité EPLF	Cité CAAT	Cité EPLF	Cité CAAT	Cité EPLF
<b>Surface</b>	10.4% (5)	0	29.2% (14)	10.2% (5)	39.6% (19)	51% (25)	20.8% (10)	38.8% (19)
<b>Orientation</b>	29.2% (14)	12.2% (6)	22.9% (11)	10.2% (5)	39.6% (19)	51% (25)	8.3% (4)	14.2% (7)
<b>Confort thermique en hiver</b>	12.5% (6)	36.7% (18)	29.2% (14)	26.5% (13)	56.25% (27)	32.6% (16)	2.1% (1)	8.1% (4)
<b>Confort thermique en été</b>	12.5% (6)	22.4% (11)	31.2% (15)	26.5% (13)	47.91% (23)	51% (25)	8.3% (4)	4.1% (2)
<b>Courant d'air</b>	27.1% (13)	26.5% (13)	29.2% (14)	28.6% (14)	39.6% (19)	38.8% (19)	4.16% (2)	12.2% (6)
<b>Niveau d'éclairage naturel</b>	14.6% (7)	8.2% (4)	25% (12)	26.5% (13)	39.6% (19)	44.9% (22)	22.9% (11)	24.5% (12)

**Tableau 26 :** Niveau de satisfaction des habitants de leur logement. (Source : auteur)

### I.3.1.2 Appréciation du confort hygrothermique

La perception du confort thermique est satisfaisante dans les différentes pièces des logements interrogés, (tableau 26). Soit 56.25% et 47.91% des habitants de la cité CAAT, sont satisfaits du confort thermique à l'intérieur de leur logement pendant les deux saisons (hiver/été). Par contre, à la cité EPLF, 51% sont satisfaits de l'ambiance thermique estivale et 36.7% ne le sont pas en hiver.

Ventilation naturelle								
Items	Pas satisfait		Moyennement satisfait		Satisfait		Très satisfait	
	Cité CAAT	Cité EPLF	Cité CAAT	Cité EPLF	Cité CAAT	Cité EPLF	Cité CAAT	Cité EPLF
<b>Salle de séjour</b>	13.6% (6)	2% (1)	18.2% (8)	12.2% (6)	45.5% (20)	69.4% (34)	22.7% (10)	16.3% (8)
<b>Salle à manger</b>	15.9% (7)	4.1% (2)	27% (13)	10.2% (5)	43.2% (19)	75.5% (37)	11.4% (5)	10.2% (5)
<b>Cuisine</b>	25% (11)	12.2% (6)	25% (11)	16.3% (8)	29.5% (13)	65.3% (32)	20.5% (9)	6.1% (3)
<b>Chambre des parents</b>	9.1% (4)	0	20.5% (9)	12.2% (6)	47.7% (21)	73.5% (36)	22.7% (10)	14.3% (7)
<b>Chambre des enfants</b>	13.6% (6)	0	25% (11)	14.3% (7)	47.7% (21)	75.5% (37)	13.6% (6)	10.2% (5)

**Tableau 27 :** Niveau de satisfaction des habitants par rapport à la ventilation naturelle dans les espaces intérieurs. (Source : auteur)

Au total, les non-réponses sont de 4 à la cité CAAT.

De l'observation du tableau 27, nous constatons en premier lieu, que les pièces des appartements sont bien ventilées et le niveau de satisfaction des habitants est important.

À la cité CAAT, juste 45.5% sont satisfaits de la salle du séjour contre 69.4% à la cité EPLF. Pratiquement les mêmes pourcentages sont calculés dans l'ensemble des pièces de l'appartement sauf pour la cuisine avec un taux de 29.5% et 65.3%, respectivement dans la cité CAAT et cité EPLF, de personnes satisfaites.

Nous remarquons aussi, que les habitants à la résidence CAAT sont beaucoup moins satisfaits du mouvement d'air dans leur logement (42.7%) contrairement à la résidence EPLF (71.8%); sous l'effet de la ventilation transversale<sup>29</sup> qu'est favorisée par le plan d'aménagement des appartements (voir figure 63 dans le chapitre III). En revanche, à la cité CAAT, pour faire circuler plus efficacement l'air en été à l'intérieur de l'appartement, les habitants (essentiellement les appartements de type F3c) ont pris l'habitude d'ouvrir la porte d'entrée et la porte fenêtre du balcon, (voir figure 59 dans le chapitre III).

Par ailleurs, l'insatisfaction des personnes interrogées à la cité CAAT, en termes de ventilation naturel dans la cuisine (responsable des taux élevés d'humidité et condensations, essentiellement en hiver), est due à la dimension et positionnement de l'ouverture. Par contre, à la cité EPLF elle est reliée à l'espace loggia par une porte fenêtre.

### I.3.1.3 Appréciation de l'éclairage naturel

La perception obtenue pour la lumière naturelle dans les deux cas étudiés, est similaire en sensation. Toutefois, les habitants de la cité EPLF sont plus nombreux (74.5%) à exprimer leur satisfaction pour l'éclairage de la salle de séjour, que ceux de la cité CAAT (39.5%). Étant donné que cet espace, possède en plus de la baie vitrée assurant la liaison avec le balcon, une fenêtre donnant directement sur l'extérieur.

La non satisfaction des habitants enquêtés est très faible, mais ils ont été plus nombreux (20.9% et 17%, respectivement CAAT et EPLF) à juger que la cuisine est la moins satisfaisante en éclairage naturel dû à la dimension de la fenêtre et son positionnement.

---

<sup>29</sup> La ventilation transversale recouvre les conditions où un espace donné est mis en contact au moyen d'ouverture à la fois avec une zone de suppression et une zone de dépression extérieures et l'intervention de cette ventilation fait plus que doubler les vitesses moyennes que maximales, [Givoni B. 1978, p 307].

Eclairage naturel								
Items	Pas satisfait		Moyennement satisfait		Satisfait		Très satisfait	
	Cité CAAT	Cité EPLF	Cité CAAT	Cité EPLF	Cité CAAT	Cité EPLF	Cité CAAT	Cité EPLF
Salle de séjour	16.3% (7)	2.1% (1)	25.6% (11)	8.5% (4)	39.5% (17)	74.5% (35)	18.6% (8)	14.9% (7)
Salle à manger	18.6% (8)	2.1% (1)	20.9% (9)	10.6% (5)	44.2% (19)	78.7% (37)	16.3% (7)	8.5% (4)
Cuisine	20.9% (9)	17% (8)	27.9% (12)	19.1% (9)	39.5% (17)	57.4% (27)	11.6% (5)	6.4% (3)
Chambre des parents	7% (3)	2.1% (1)	34.9% (15)	10.6% (5)	46.5% (20)	78.7% (37)	11.6% (5)	8.5% (4)
Chambre des enfants	4.7% (2)	0	30.2% (13)	17% (8)	46.5% (20)	80.9% (38)	18.6% (8)	2.1% (1)

**Tableau 28 :** Niveau de satisfaction des habitants par rapport à l'éclairage naturel dans les espaces intérieurs. (Source : auteur)

Au total, les non-réponses sont de 5 à la cité CAAT et 2 à la cité EPLF.

### I.3.2 La satisfaction à l'égard de l'espace balcon

Pour cette évaluation subjective à l'égard de l'espace balcon, nous avons déterminé des items caractérisant ce lieu, présentés dans le tableau ci-dessous.

La première observation que nous pouvons en tirer de ce tableau, c'est que le niveau de satisfaction des habitants de la cité EPLF est meilleur que ceux de la cité CAAT.

Satisfaction par rapport au balcon								
Items	Pas satisfait		Moyennement satisfait		Satisfait		Très satisfait	
	Cité CAAT	Cité EPLF	Cité CAAT	Cité EPLF	Cité CAAT	Cité EPLF	Cité CAAT	Cité EPLF
Sa superficie	29.8% (14)	2.1% (1)	42.5% (20)	8.3% (4)	19.2% (9)	50% (24)	8.5% (4)	39.6% (19)
Sa situation dans le logement	8.5% (4)	8.3% (4)	31.9% (15)	8.3% (4)	46.8% (22)	62.5% (30)	12.8% (6)	20.8% (10)
Sa situation par rapport au soleil	19.2% (9)	16.7% (8)	29.8% (14)	14.6% (7)	34% (16)	56.2% (27)	17% (8)	12.5% (6)
Sa situation par rapport aux vents dominants	29.8% (14)	29.2% (14)	29.8% (14)	29.2% (14)	23.4% (11)	39.6% (19)	17% (8)	2.1% (1)
La possibilité de l'aménager	38.3% (18)	4.2% (2)	34% (16)	18.7% (9)	19.2% (9)	37.5% (18)	8.5% (4)	39.6% (19)
Sa situation vis-à-vis des voisins	21.3% (10)	8.3% (4)	14.9% (7)	6.3% (3)	42.5% (20)	47.9% (23)	21.3% (10)	37.5% (18)
La beauté de la vue qu'il offre	34% (16)	27.1% (13)	21.3% (10)	27.1% (13)	23.4% (11)	18.7% (9)	21.3% (10)	27.1% (13)

**Tableau 29 :** Niveau de satisfaction des habitants à l'égard espace extérieur privé. (Source : auteur)

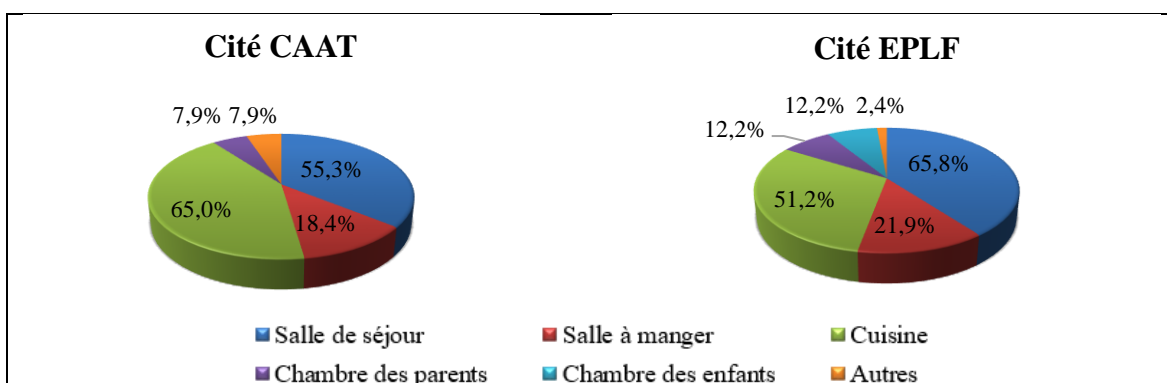
Au total les sans réponses sont de 1 à la cité CAAT et 1 à la cité EPLF.

### I.3.2.1 Dimensions de l'espace

Seulement 19.2% des habitants à la CAAT sont satisfaits de la surface de leur balcon et de la possibilité de l'aménager. Par contre, les habitants à la cité EPLF sont beaucoup plus nombreux à être satisfaits de sa dimension et la possibilité qu'il offre pour s'y installer en famille, soit 50% et 37.5%, respectivement. (voir tableau 29)

### I.3.2.2 Situation de l'espace dans le plan spatial

La satisfaction des habitants à l'égard de la situation du balcon dans le plan spatial de l'appartement est de 46.8% et 62.5% à la cité CAAT et EPLF. Nous avons demandé aux habitants de choisir les pièces à mettre de préférence en relation directe avec cet espace pour un futur logement plus confortable et de le justifier.



**Figure 77** : La préférence des pièces attachées directement à l'espace extérieur. (Source : auteur)

Ces résultats nous indiquent que 65% des habitants de la CAAT préfèrent la cuisine comme première pièce, pour des raisons socioculturelles (traditions culinaires) ; suivis de la salle de séjour avec 55.3%. Inversement à la cité EPLF, où 65.8% des sujets questionnés préfèrent la salle de séjour, espace commun qui offre plus de liberté de déplacement pour les membres de la famille et aux invités ; ensuite vient la cuisine avec 51.2%. En troisième, la salle à manger avec une préférence quasiment identique dans les deux cités, pour profiter de l'extérieur au moment des repas.

Par ailleurs, pour plus de sécurité des enfants et intimités des parents, 7.9% et 12.2% des habitants, respectivement à la résidence CAAT et EPLF, préfèrent que cet espace soit juxtaposé à la chambre des parents et seulement 12.2%, de la cité EPLF, trouvent que le balcon est un espace de jeu extérieur pour leurs enfants. Ce qui indique la faible attention portée à cet espace lorsque la fréquence d'usage est individuelle.

Ces résultats sont inversés par rapport à la réalité, confortent le niveau de satisfaction moyen et la recommandation proposée pour un futur logement, qui sont fortement affectées par l'usage des pièces intérieurs qui lui sont rattachés.

### I.3.2.3 Caractéristiques environnementales de l'espace

Les habitants questionnés à la cité EPLF, sont satisfaits de l'orientation de leur balcon par rapport au soleil et aux vents dominants, soit 56.2% et 39.6 respectivement. 50% des sujets satisfaits de l'ensoleillement habitent les niveaux supérieurs (au-delà de 10<sup>ème</sup> étage) et 42.2% des personnes satisfaits de la ventilation naturelle occupent les niveaux inférieurs (moins du 5<sup>ème</sup> étage).

Par contre, à la cité CAAT, seulement 34% sont satisfaits de l'ensoleillement et 68.7% de ces habitants occupent les étages compris entre le 6<sup>ème</sup> et 11<sup>ème</sup> étage. Aussi 29.8% ne sont pas satisfaits par rapport aux vents dominants et 53.8% de ces habitants occupent des logements supérieurs au 10<sup>ème</sup> étage.

### I.3.2.4 Paysage extérieur et vis-à-vis

Les habitants ont été 42.5% à la cité CAAT et 47.9% à la cité EPLF à être satisfaits de la situation de l'espace balcon vis-à-vis des voisins. 95% de ces derniers à la cité CAAT occupent les niveaux supérieurs 5<sup>ème</sup> étage. Cependant, 100% des habitants insatisfaits à la cité EPLF, occupent les niveaux inférieurs au 6<sup>ème</sup> étage et 72.2% des sujets très satisfaits habitent les appartements au-delà du 10<sup>ème</sup> étage.

Par ailleurs, 34% des sujets interrogés à la cité CAAT ont jugé le paysage vu depuis leur balcon insatisfaisant et 56.2% de ces derniers occupent des logements du 6<sup>ème</sup> au 10<sup>ème</sup>. Par contre, à la cité EPLF, 100% des habitants très satisfaits du paysage (27.1%) occupent les niveaux supérieurs au 10<sup>ème</sup> étage.

### I.3.3 Aspects prioritaires pour une éventuelle qualité ambiante

Dans une dernière partie de notre questionnaire, nous avons demandé aux habitants de classer par ordre décroissant les concepts à revoir dans leurs logis, à fin d'améliorer la qualité de leurs confort. De l'analyse des tableaux (30 et 31) nous constatons que les habitants considèrent que la température intérieure est un facteur primordial à revoir en été, comme

## Chapitre IV : Interprétation et analyse des résultats de l'investigation

en hiver. Par contre en hiver, les habitants mettent l'humidité en avant comme la température, juste après on trouve l'éclairage naturel.

Résidence CAAT										
Saisons	Eté					Hiver				
Classement	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Aménagement intérieur	45.5% (15)	9.1% (3)	12.1% (4)	27.2% (9)	6.1% (2)	27.3% (9)	9.1% (3)	9.1% (3)	12.1% (4)	42.4% (14)
Température ambiante	48.8% (16)	27.3% (9)	21.2% (7)	3% (1)	0	39.4% (13)	18.2% (6)	18.2% (6)	21.2% (7)	3% (1)
Humidité	6.1% (2)	15.1% (5)	30.3% (10)	48.5% (16)	0	36.3% (12)	33.3% (11)	12.1% (4)	12.1% (4)	6.1% (2)
Courant d'air	15.1% (5)	39.4% (13)	27.3% (9)	12.1% (4)	6.1% (2)	3% (1)	12.1% (4)	39.4% (13)	27.3% (9)	12.5% (6)
Eclairage naturel	0	6.1% (2)	0	18.2% (6)	75.7% (25)	21.2% (7)	48.5% (16)	12.1% (4)	9.1% (3)	9.1% (3)

**Tableau 30 :** Le classement des priorités à revoir dans les logements, en fonction de la saison.  
(Source : auteur)

Résidence EPLF										
Saisons	Eté					Hiver				
Classement	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Aménagement intérieur	13.1% (5)	10.5% (4)	7.9% (3)	39.8% (15)	28.9% (11)	10.5% (4)	5.3% (2)	2.6% (1)	18.4% (7)	63.1% (24)
Température ambiante	50% (19)	23.7% (9)	15.8% (6)	10.5% (4)	0	47.4% (18)	26.3% (10)	10.5% (4)	13.1% (5)	2.6% (1)
Humidité	26.3% (10)	23.7% (9)	18.4% (7)	13.1% (5)	18.4% (7)	31.6% (12)	21.1% (8)	23.7% (9)	13.1% (5)	10.5% (4)
Courant d'air	23.7% (9)	31.6% (12)	28.9% (11)	7.9% (3)	7.9% (3)	7.9% (3)	18.4% (7)	39.8% (15)	28.9% (11)	5.3% (2)
Eclairage naturel	2.6% (1)	10.5% (4)	13.1% (5)	28.9% (11)	44.7% (17)	21.1% (8)	34.2% (13)	15.8% (6)	21.1% (8)	7.9% (3)

**Tableau 31 :** Le classement des priorités à revoir dans les logements, en fonction de la saison.  
(Source : auteur)

Au total, les non-réponses sont de 15 à la cité CAAT et 11 à la cité EPLF.

### I.4 Synthèse

Dans cette première partie, nous avons essayé, par le biais d'une enquête psycho-social par questionnaire, d'approcher les dimensions socio-environnementales des espaces extérieures domestiques dans le logement collectif. Nous disposons pour cette enquête d'une population de la même ville, possédant des caractéristiques socioculturelles et climatiques similaires et occupants une même typologie pour un objectif comparatif. Toutefois, l'étude des caractéristiques personnelles de l'échantillon montre une homogénéité entre les deux cité enquêtées tant au niveau du sexe, l'âge et la taille des familles.

En moyennes les sujets interrogés ont été principalement des femmes dépassants les 40 ans et vivants dans des ménages composés en maximum de 5 personnes. Ces familles sont propriétaires de leur logement depuis plus de 10 ans, qui habitées auparavant des

appartements dans des zones rurales. Néanmoins, la différence est au niveau de l'aménagement spatial des appartements et du nombre de pièces intérieures.

La recherche sur les caractéristiques des espaces intérieurs dans l'habitat contemporain, montre que l'organisation spatiale est très importante dans la détermination de la qualité du logis. Les sujets de l'échantillon interrogés à EPLF sont plus satisfaits de leur logement que ceux de la cité CAAT dû à la fluidité des espaces intérieurs dans l'aménagement spatial de ces appartements (forme, surface et fonction). De même, une attention particulière est ressentie dans les réponses des habitants pour la cuisine, ce qui montre la place importante de la culture culinaire dans la société algérienne et le temps passé dans cet espace.

Cette satisfaction globale est contradictoire du moment où les habitants questionnés en recours à des moyens mécaniques pour atteindre leur confort thermique dans les deux saisons extrêmes. Soit 74.2% des sujets utilisent, pour le refroidissement en été, des climatiseurs ou ventilateurs et 96.9% utilisent des chauffages en hiver. De même, ils ont été plus de 55% à chercher l'amélioration de la qualité des ambiances à l'intérieur de leur logement.

Quant à l'espace extérieur, les résultats obtenus dans cette enquête montre l'importance symbolique que revêt cet espace dans l'imaginaire des individus. Celui-ci, est considéré par l'individu algérien comme étant un espace indispensable dans son appartement et la présence d'un tel espace matérialise la possibilité d'étalement et d'ouverture sur l'environnement extérieur ; contrairement à son absence qui marque la fermeture.

Il est fortement recommandé de relier le balcon aux pièces de vie à usage semi-privé (salle de séjour), pour des activités de détente et de prévoir une loggia reliée à la cuisine et/ou salles de bains, pour le déroulement des tâches domestiques.

Bien que l'usage du balcon soit conditionné par le niveau d'intimité et de sécurité de celui-ci, la négligence des paramètres climatiques dans sa conception peut conduire à leur sous-performance. Nous pouvons nous poser la question de l'influence de cet espace sur les autres éléments de confort (hygrothermique et lumineux) dans les pièces qui lui sont adjacentes ; en termes d'apports solaires passifs et de refroidissement, ils pourront avoir un rôle important dans la qualité des ambiances intérieures.

Cela sera vérifié dans la deuxième partie de ce chapitre.

## **II. Interprétation des résultats expérimentaux**

### **II.1 Analyse du masque solaire**

#### **II.1.1 Evaluation de la performance du balcon comme moyen d'occultation dans l'échantillon étudié.**

Le balcon de notre cas d'étude est une combinaison d'avancées horizontales et verticales, assurant un contrôle de l'ensoleillement en été, ainsi que les vents dominant en saison froide.

L'application de la méthode de calcul des occultations développée en chapitre II, nous permet d'évaluer la performance du balcon comme moyen d'occultation de l'espace qui lui est adjacent. Dans un premier temps, nous avons déterminé les casquettes architecturales les plus adaptées pour la géométrie du balcon. Puis, évalué l'échantillon d'étude (balcon) sur différentes orientations comme moyen d'occultation de l'espace qui lui est contigu (séjour) et la possibilité du passage des rayons solaires en période froide.

La paroi du séjour abritée par le balcon est de 3.60 m de longueur et de 2.75 m de hauteur. Nous souhaitons stopper le soleil de l'été entre 11 h et 16 h dès le 21 juin.

##### **a) Calcul des occultations (cas d'étude)**

- Détermination de l'auvent L :  $L = 2.75 / \text{tang (VSA)}$
- Détermination du flanc h :  $h = 1.80 / \text{tang (HSA)}$ . (voir tableau 32)

Orientations	Angle VSA (°)	Angle HSA (°)	Auvent L <sup>30</sup> (m)	Flanc h <sup>31</sup> (m)
Nord	-	-	-	-
Sud	55	40	1.92	2.14
Est	45	20	2.75	4.94
Ouest	35	20	3.92	4.94

**Tableau 32** : Dimensionnement des auvents et flancs pour les différentes orientations.

(Source : auteur)

La lecture de ce tableau nous permet de constater que la largeur du flanc est plus importante lorsqu'il s'agit d'orientations Est et Ouest de ce fait, la difficulté d'occulter une

---

<sup>30</sup> Longueur de la protection Horizontale avec  $L = H / \text{tang VSA}$ .

<sup>31</sup> Longueur de la protection Verticale avec  $d = h / \text{tang HSA}$ .

paroi de telle largeur (3.60 m). Toutefois, il est recommandé de la réaliser en lamelles verticales (une division du masque architectural).

### b) Calcul des angles VSA et HSA dans (cas d'étude)

Pour notre cas d'étude, on constate deux types de balcon, pour des profondeurs de 1.7 m et 1.10 m, sur les différentes orientations. Tel que c'est résumé dans ce tableau :

Types balcon	Profondeur du balcon	Angle HSA (°)	Angle VSA (°)	Observations
Types 01	1.70 m	46.66	58.78	La conception du balcon (dimension et géométrie) est indépendante de l'orientation
Types 02	1.10 m	58.62	68.51	

**Tableau 33** : Angles de HSA et VSA correspondants à la taille du balcon de notre cas d'étude.

(Source : auteur).

**II.1.2 Etude comparative**

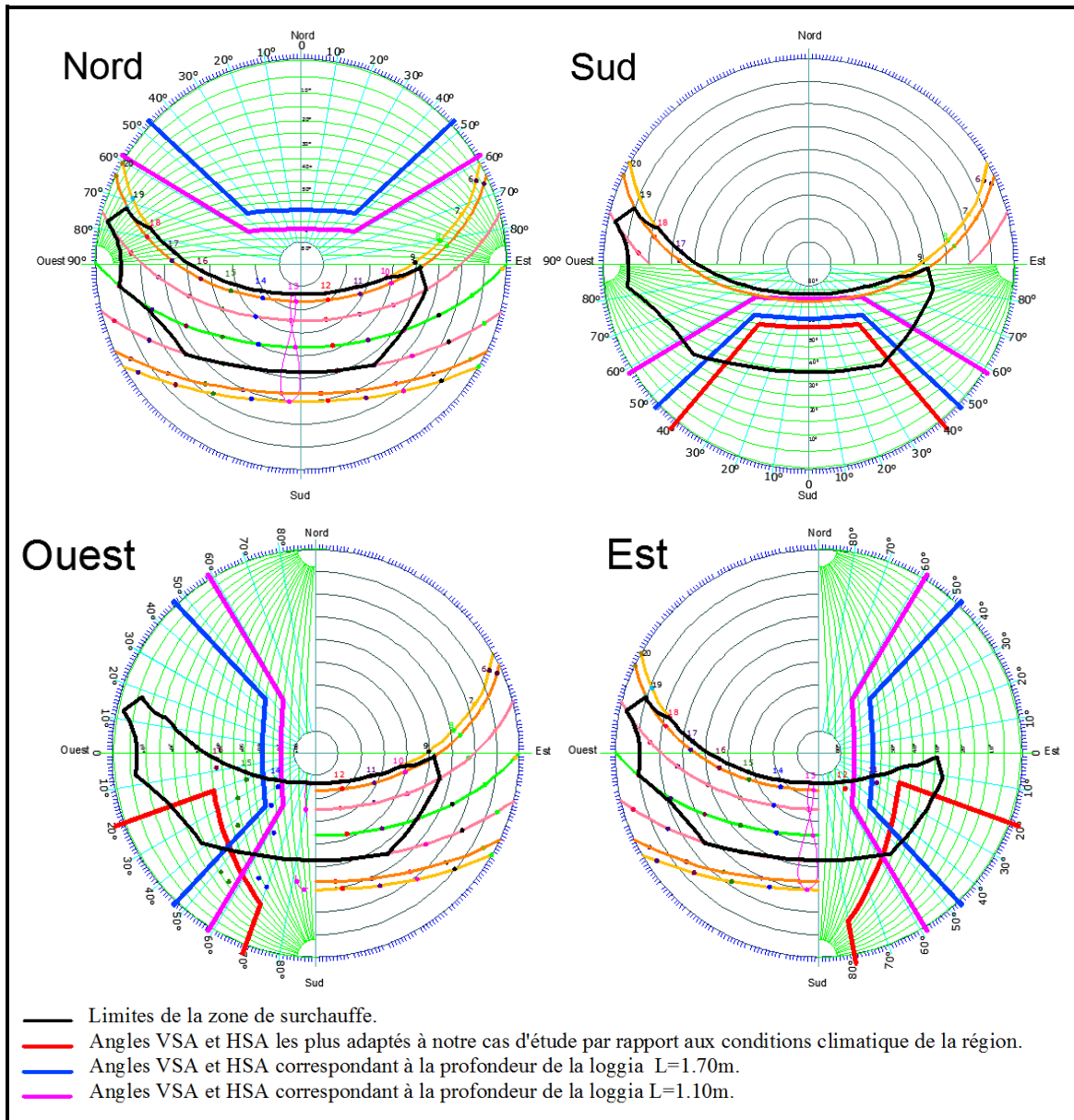
L'étude comparative entre les angles correspondants à la taille réelle du balcon de la résidence CAAT et les angles les plus adaptés aux conditions climatiques de la région pour une meilleure performance en tant que protection solaire fixe, est présentée sous forme du tableau suivant :

Orientations	Angles correspondants à la taille réelle du balcon (°).		Angles les plus adaptés aux conditions climatiques de la région (°).	Etude de la performance de l'occultation
	L=d=1.70 m	L=d=1.10 m		
Nord	VSA = 58.78	VSA = 68.51	-	Sur cette orientation, qui est à la base ensoleillée uniquement l'été, en début de matinée et fin d'après-midi la protection solaire n'est pas recherchée. Cependant le balcon est considéré comme un espace tampon, permet la transition entre intérieur/extérieur surtout en hiver, contre les vents dominant. (diminuant de sa vitesse et l'échange thermique avec l'environnement).
	HSA = 46.66	HSA = 58.62		
Sud	VSA = 58.78	VSA = 68.51	VSA = 55	La taille du balcon d'étude est sous dimensionnée. Offre à la paroi une plus large exposition au rayonnement solaire en hiver. réduisant ainsi la période d'occultation en une journée d'été.
	HSA = 46.66	HSA = 58.62	HSA = 40	
Est	VSA = 58.78	VSA = 68.51	VSA = 45	Ces angles d'ombre réduisent considérablement la période d'occultation en été (occultation en début de matinée). Mais permettent une meilleure exposition de la paroi en hiver, (sous dimensionnée).
	HSA = 46.66	HSA = 58.62	HSA = 20	
ouest	VSA = 58.78	VSA = 68.51	VSA = 35	Balcon sous dimensionné, facilite le passage des rayons solaires en hiver, paroi exposée au risque d'éblouissement et surchauffe dès le début d'après-midi en été.
	HSA = 46.66	HSA = 58.62	HSA = 20	

**Tableau 34** : Evaluation de la performance du balcon, comme moyen d'occultation de l'espace de l'espace séjour. (Source : auteur).

Du ce tableau de comparaison, nous concluons que le balcon dans notre cas d'étude (déroulement des mesures), sur les différentes orientations, ne procure qu'une protection partielle à la paroi du séjour. L'ensoleillement intercepté est transmis au séjour à travers la paroi transparente, ou absorbé par la partie opaque.

Le problème des espaces accolés à un balcon sur la façade Nord, est qu'ils ne recevront pas les rayons solaires (directe et/ou diffus), ni même atteindront les portes fenêtres. Par conséquent, la qualité d'ambiance intérieure est inadaptée.

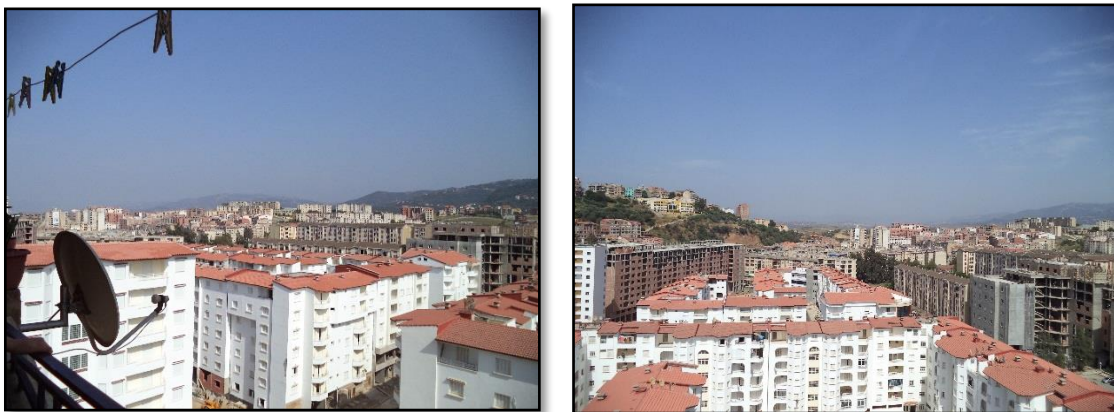


**Figure 78 :** Bilan d'éclairage solaire annuel de la paroi du séjour au fond du balcon et la protection favorable pour les orientations cardinales. (Source : Auteur).

## II.2 Analyse des ambiances hygrothermiques

D'après l'enquête menée dans ce cas d'étude, nous avons constaté que l'ensemble des pièces investiguées ont une superficie de 21 m<sup>2</sup> et 23m<sup>2</sup>, une hauteur sous plafond de 2.75 m. La communication avec l'espace balcon se fait par une porte fenêtre de (1.20x2.50) m<sup>2</sup>, habillée d'un voilage et protégée par des persiennes en bois de couleur claire, pliables sur quatre de l'extérieur de la pièce.

Pour des raisons d'accès (absence ou refus des propriétaires), les mesures n'ont pas pu se faire dans des logements ayant la même distribution spatiale des pièces, ni la même profondeur du balcon pour les quatre orientations cardinales (Nord, Sud, Est et Ouest) et hauteurs. De ce fait, les espaces extérieurs, possèdent une profondeur qui varie entre 1.10 m et 1.70 m. La figure (65), présente les dimensions architecturales des pièces choisies pour notre campagne de mesures.



**Figure 79** : A gauche : prise de vue à partir du balcon orienté Sud : état du ciel à 15h30 le 21 juin  
A droite : Prise de vue à partir du balcon orienté Est : état du ciel à 15h15 le 22 Juin.



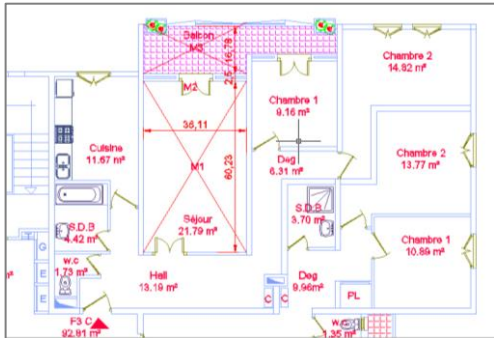


**Figure 80** : A gauche : état du ciel à 11h30 le 21 Décembre  
A droite : Prise de vue à partir du balcon orienté Est : état du ciel à 10h30 le 22 décembre.

(Source : Auteur).

## II.2.1 Scénario d'occupation et utilisation des espaces extérieurs

L'interaction entre les habitants et leur espace balcon se déroule principalement sur deux temps pendant la journée, été et hiver, comme suit :

### Descriptif des appartements investigués en mois de Juin et Décembre

Présentation des Cellules Orientées Nord	
Plan du logement	Illustrations
<b>6<sup>ème</sup> Etage</b>	
<p><b>Descriptif de la cellule</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Type de logement : F3, avec une seule façade</li> <li>Type de balcon : fermé avec du vitrage et percé d'une ouverture de (80x120) cm<sup>2</sup>.</li> <li>Balcon : surface 06.12 m<sup>2</sup> et 1.70 m de profondeur.</li> <li>Séjour : surface 21.79 m<sup>2</sup></li> <li>Porte-fenêtre : surface (2.50x1.20) cm<sup>2</sup>, 75% vitrage simple et 25% bois teinté en blanc.</li> </ul> <p><b>Appareillages</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Télévision</li> </ul> <p><b>Déroulement de l'investigation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Période chaude : le 21 juin 2014                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Etat du ciel : Clair</li> </ul> </li> <li>Période froide : le 21 Décembre 2014                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Etat du ciel : très nuageux, à peu nuageux puis clair</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Scénario d'occupation</b> Nombre d'occupants : 02</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Période chaude :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Ouverture du balcon donnant sur l'extérieur ouverte.</li> <li>Ouverture ½ de la fenêtre pour la ventilation hygiénique de 09h à 11h.</li> <li>Les persiennes sont ouverts longueur de journée pour des raisons de luminosité, dès le réveil.</li> <li>Télévision allumée dès 15h (moment de détente de la conjointe).</li> </ul> </li> <li>Période froide :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Ouverture du balcon donnant sur l'extérieur fermée</li> <li>Ouverture ½ de la fenêtre pour la ventilation hygiénique entre 09h et 11h</li> <li>Persiennes ouvertes à longueur de journée pour des raisons de luminosité, dès le réveil.</li> </ul> </li> </ul>	 <p style="text-align: center;">Situation de la cellule dans le plan d'aménagement du logement.</p>  <p style="text-align: center;">Vue sur la salle de séjour</p>  <p style="text-align: center;">Vue sur le balcon</p>

- Télévision allumée toute la journée.
- Chauffage à thermostat 03 jour et nuit.

### 14<sup>ème</sup> Etage

#### Descriptif de la cellule

- Type de logement : F4, avec deux façades.
- Balcon : surface 03.79 m<sup>2</sup> et 1.10 m de profondeur, (fermé par une protection métallique noir).
- Séjour : surface 23.40 m<sup>2</sup>
- Porte-fenêtre : surface (2.50x1.20) cm<sup>2</sup>, 75% vitrage simple et 25% bois teinté en blanc.

#### Appareillages

- Télévision
- Ordinateur de bureau
- Climatiseur
- Congélateur (non allumé le jour des mesures)

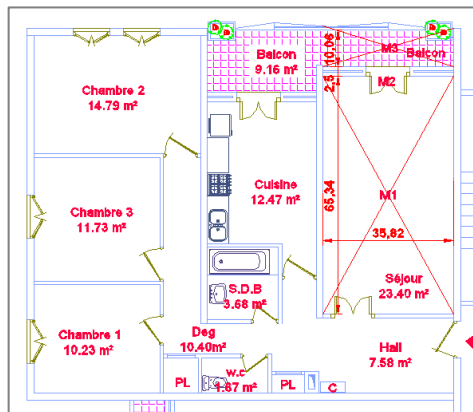
#### Déroulement de l'investigation

- Période chaude : le 21 juin 2014
  - Etat du ciel : Clair

#### Scénario d'occupation

Nombre d'occupants : 05

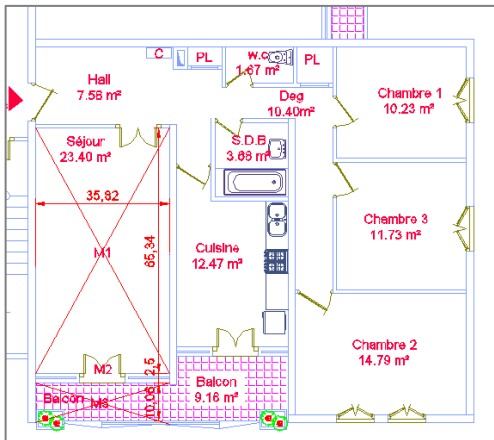

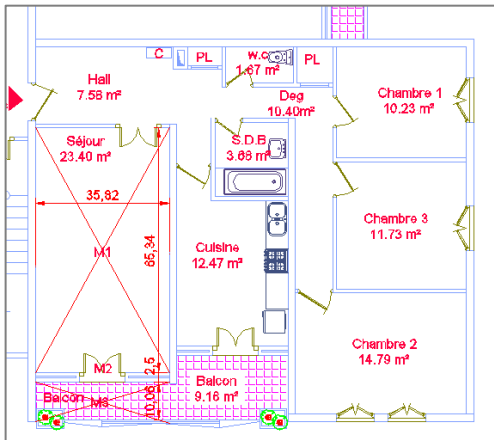
- Période chaude :
  - Porte-fenêtre : deux vantaux verticaux fermés, seul le vantail du haut ouvert à 45° pour une ventilation hygiénique minimal de 09h à 11h.
  - Persiennes sont fermées à moitié la matinée et sur la totalité en après-midi.
  - Télévision allumée dès 10h (réveille des enfants).



Situation de la cellule dans le plan d'aménagement du logement.



Vue sur la salle de séjour

<b>Présentation des Cellules Orientées Sud</b>	
<b>Plan du logement</b>	<b>Illustrations</b>
<b>5<sup>ème</sup> Etage</b>	
<p><b>Descriptif de la cellule</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Type de logement : F4, avec une seule façade</li> <li>• Balcon : surface 03.79 m<sup>2</sup> et 1.10 m de profondeur.</li> <li>• Séjour : surface 23.40 m<sup>2</sup></li> <li>• Porte-fenêtre : surface (2.50x1.20) cm<sup>2</sup>, 75% vitrage simple et 25% bois teinté en blanc.</li> </ul> <p><b>Appareillages</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Télévision</li> <li>• Climatiseur</li> </ul> <p><b>Déroulement de l'investigation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Période chaude : le 21 juin 2014                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Etat du ciel : Clair</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Scénario d'occupation</b> Nombre d'occupants : 08</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Période chaude :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ouverture ½ de la porte-fenêtre pour la ventilation hygiénique et moment du ménage de 08h à 11h.</li> <li>○ Persiennes sont complètement ouvertes au moment du ménage puis fermées à moitié la journée pour des raisons d'occultation.</li> </ul> </li> </ul>	 <p style="text-align: center;">Situation de la cellule dans le plan d'aménagement du logement.</p>  <p style="text-align: center;">Vue sur la salle de séjour</p>
<b>3<sup>ème</sup> Etage</b>	
<p><b>Descriptif de la cellule</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Type de logement : F4, avec deux façades.</li> <li>• Balcon : surface 03.79 m<sup>2</sup> et 1.10 m de profondeur.</li> <li>• Séjour : surface 23.40 m<sup>2</sup></li> <li>• Porte-fenêtre : surface (2.50x1.20) cm<sup>2</sup>, 75% vitrage simple et 25% bois teinté en blanc.</li> </ul> <p><b>Appareillages</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Télévision</li> </ul> <p><b>Déroulement de l'investigation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Période froide : le 21 Décembre 2014                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Etat du ciel : très nuageux, à peu nuageux puis clair</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Scénario d'occupation</b> Nombre d'occupants : 05</p>	 <p style="text-align: center;">Situation de la cellule dans le plan d'aménagement du logement.</p>

- Période froide :
  - Porte-fenêtre et rideau fermés 24h sur 24h en hiver sauf exception.
  - Persiennes complètement ouvertes.
  - chauffage thermostat 04, allumé jour et nuit.

### 10<sup>ème</sup> Etage

#### Descriptif de la cellule

- Type de logement : F4, avec deux façades.
- Balcon : surface 03.79 m<sup>2</sup> et 1.10 m de profondeur.
- Séjour : surface 23.40 m<sup>2</sup>
- Porte-fenêtre : surface (2.50x1.20) cm<sup>2</sup>, 75% vitrage simple et 25% bois teinté en blanc.

#### Appareillages

- Télévision
- Climatiseur
- Réfrigérateur

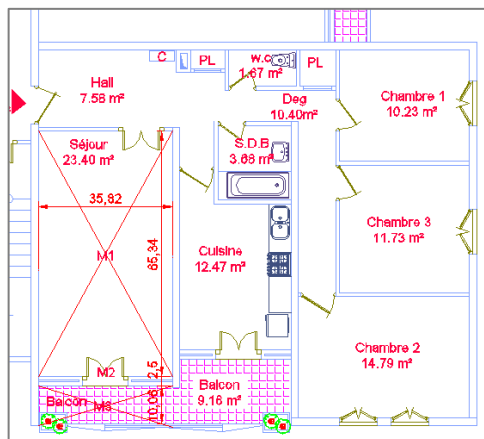
#### Déroulement de l'investigation

- Période chaude : le 21 juin 2014
  - Etat du ciel : Clair
- Période froide : le 21 Décembre 2014
  - Etat du ciel : très nuageux, à peu nuageux puis clair

#### Scénario d'occupation

Nombre d'occupants : 07

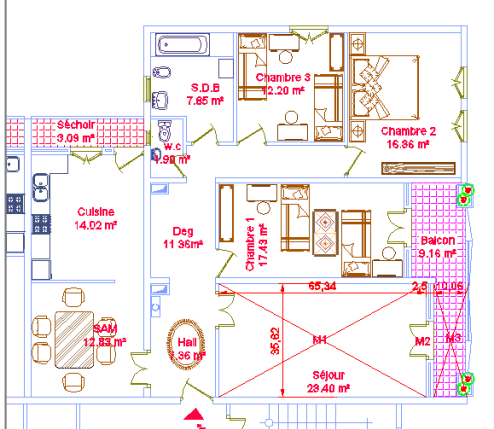

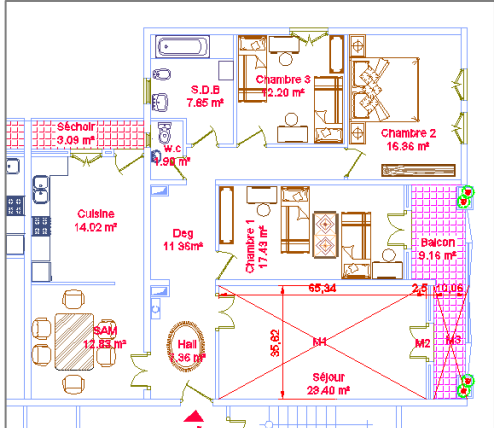
- Période chaude :
  - Porte-fenêtre et stores fermés jour et nuit.
  - Persiennes complètement fermées.
  - Télévision allumée en début d'après-midi.
  - Climatiseur en période de grande chaleur.
- Période froide :
  - Porte-fenêtre et stores fermés jour et nuit.
  - ¼ des persiennes ouvertes pour des raisons d'éclairément.
  - Télévision allumée en début d'après-midi.
  - Chauffage à thermostat automatique allumé à maximum (07) la nuit et éteint le jour.



Situation de la cellule dans le plan d'aménagement du logement.



Vue sur la salle de séjour

Présentation des Cellules Orientées Est	
Plan du logement	Illustrations
<b>3<sup>ème</sup> Etage</b>	
<p><b>Descriptif de la cellule</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Type de logement : F4, avec une seule façade</li> <li>• Balcon : surface 03.79 m<sup>2</sup> et 1.10 m de profondeur.</li> <li>• Séjour : surface 23.40 m<sup>2</sup></li> <li>• Porte-fenêtre : surface (2.50x1.20) cm<sup>2</sup>, 75% vitrage simple et 25% bois teinté en saumon.</li> </ul> <p><b>Appareillages</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Télévision</li> <li>• Climatiseur</li> </ul> <p><b>Déroulement de l'investigation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Période chaude : le 21 juin 2014 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Etat du ciel : Clair</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Scénario d'occupation</b> Nombre d'occupants : 04</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Période chaude : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Porte-fenêtre ouvertes à sa moitié pour la ventilation hygiénique de 08h à 11h.</li> <li>○ Persiennes sont ouvertes à moitié puis complètement fermées la journée pour des raisons d'occultation.</li> </ul> </li> </ul>	 <p style="text-align: center;">Situation de la cellule dans le plan d'aménagement du logement.</p>  <p style="text-align: center;">Vue sur la salle de séjour</p>
<b>7<sup>ème</sup> Etage</b>	
<p><b>Descriptif de la cellule</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Type de logement : F4, avec deux façades.</li> <li>• Balcon : surface 03.79 m<sup>2</sup> et 1.10 m de profondeur.</li> <li>• Séjour : surface 23.40 m<sup>2</sup> (en blanc).</li> <li>• Porte-fenêtre : surface (2.50x1.20) cm<sup>2</sup>, 75% vitrage simple et 25% bois teinté en blanc.</li> </ul> <p><b>Appareillages</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Télévision</li> </ul> <p><b>Déroulement de l'investigation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Période froide : le 22 Décembre 2014 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Etat du ciel : ciel invisible sous brouillard jusqu'à 11h puis clair.</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Scénario d'occupation</b> Nombre d'occupants : 04</p>	 <p style="text-align: center;">Situation de la cellule dans le plan d'aménagement du logement.</p>

- Période froide :
  - Porte-fenêtre et rideau (léger et clair) fermés 24h sur 24h en hiver sauf exception.
  - Persiennes complètement ouvertes.
  - chauffage thermostat 04, allumé jour et nuit.

### 9<sup>ème</sup> Etage

#### Descriptif de la cellule

- Type de logement : F4, avec deux façades.
- Balcon : surface 03.79 m<sup>2</sup> et 1.10 m de profondeur.
- Séjour : surface 23.40 m<sup>2</sup>
- Porte-fenêtre : surface (2.50x1.20) cm<sup>2</sup>, 75% vitrage simple et 25% bois teinté en blanc.

#### Appareillages (aucun)

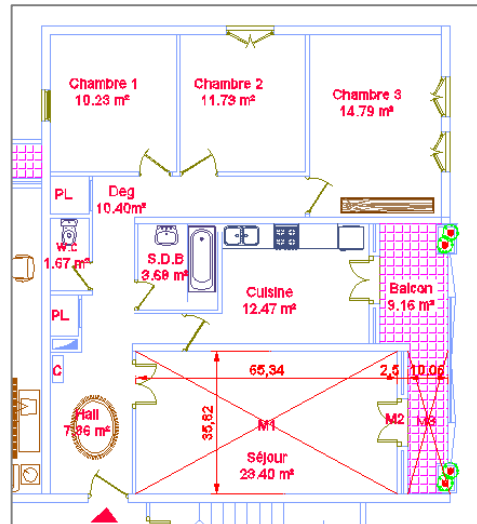
#### Déroulement de l'investigation

- Période chaude : le 21 juin 2014
  - Etat du ciel : Clair

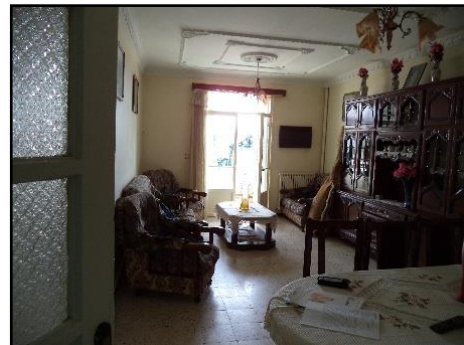
#### Scénario d'occupation

Nombre d'occupants : 07

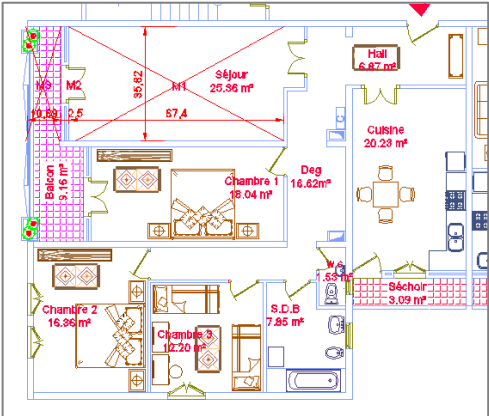


- Période chaude :
  - Porte-fenêtre et stores ouverts entre 8h et 10h, puis fermés.
  - Persiennes complètement ouvertes du réveil à environ 11h.



Situation de la cellule dans le plan d'aménagement du logement.



Vue sur la salle de séjour

Présentation des Cellules Orientées Ouest	
Plan du logement	Illustrations
<b>6<sup>ème</sup> Etage</b>	
<p><b>Descriptif de la cellule</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Type de logement : F4, à deux façades.</li> <li>• Balcon : surface 0.79 m<sup>2</sup> et 1.10 m de profondeur.</li> <li>• Séjour : surface 25.36 m<sup>2</sup>.</li> <li>• Porte-fenêtre : surface (2.50x1.20) cm<sup>2</sup>, 75% vitrage simple et 25% bois de couleur clair.</li> </ul> <p><b>Appareillages</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Télévision</li> <li>• Climatiseur</li> <li>• Congélateur</li> </ul> <p><b>Déroulement de l'investigation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Période chaude : le 22 juin 2014 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Etat du ciel : Clair</li> </ul> </li> <li>• Période froide : le 21 Décembre 2014 <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Etat du ciel : très nuageux, à peu nuageux puis clair</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Scénario d'occupation</b> Nombre d'occupants : 08</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Période chaude : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Porte- fenêtre et rideau ouverts pour la ventilation hygiénique de 09h à 11h.</li> <li>○ Persiennes ouvertes de 8h à 11h.</li> </ul> </li> <li>• Période froide : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Porte-fenêtre et rideau tirés pour la ventilation hygiénique entre 09h et 11h</li> <li>○ Persiennes complètement ouvertes au réveil puis à moitié jusqu'au soir.</li> <li>○ Chauffage à thermostat 04 jour et nuit.</li> </ul> </li> </ul>	 <p style="text-align: center;">Situation de la cellule dans le plan d'aménagement du logement.</p>  <p style="text-align: center;">Vue sur la salle de séjour</p>  <p style="text-align: center;">Vue sur le balcon</p>

### 10<sup>ème</sup> Etage

#### Descriptif de la cellule

- Type de logement : F3, avec une seule façade
- Balcon : surface 06.12 m<sup>2</sup> et 1.70 m de profondeur.
- Séjour : surface 21.75 m<sup>2</sup>
- Porte-fenêtre : surface (2.50x1.20) cm<sup>2</sup>, 75% vitrage simple et 25% bois de couleur clair.

#### Appareillages

- Télévision

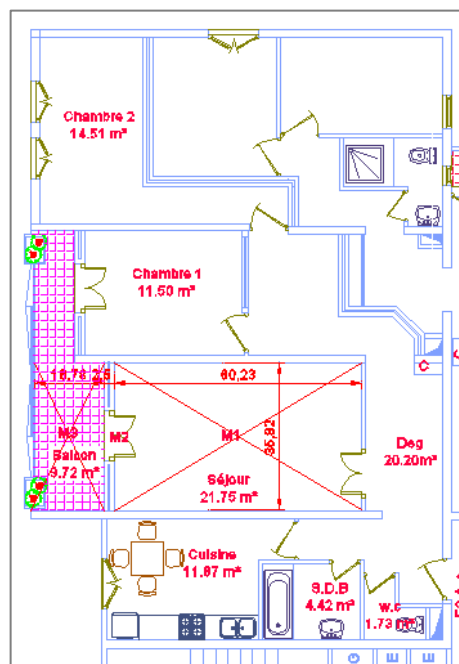
#### Déroulement de l'investigation

- Période chaude : le 21 juin 2014
  - Etat du ciel : Clair
- Période froide : le 22 Décembre 2014
  - Etat du ciel : ciel invisible sous brouillard jusqu'à 11h puis clair.

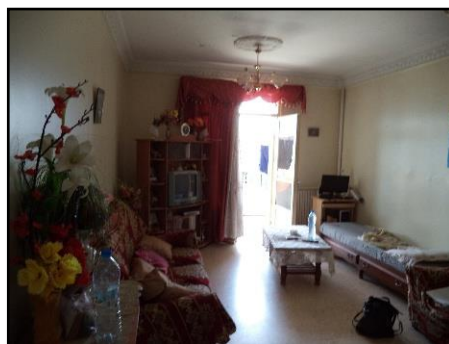
#### Scénario d'occupation

Nombre d'occupants : 05

- Période chaude :
  - Ouverture ½ de la fenêtre pour la ventilation hygiénique de 9h jusqu'à la nuit tombé.
  - Les persiennes sont ouvertes à longueur de journée.
  - Utilisation d'un double voilage intérieur comme moyen d'occultation.
- Période froide :
  - Porte-fenêtre et rideau ouverte à sa moitié depuis le réveille, pour la ventilation hygiénique ; ne s'est pas fermé jusqu'en fin d'après-midi.
  - Persiennes ouvertes à longueur de journée.
  - Chauffage à thermostat automatique jour et nuit.



Situation de la cellule dans le plan d'aménagement du logement.



Vue sur la salle de séjour



Vue sur le balcon

### II.2.2 Evaluation de l'impact du balcon sur le confort hygrothermique

#### II.2.2.1 Interprétation des résultats : Saison Chaude

##### a) Etude des températures intérieures/extérieures et la zone de confort

##### ✚ Orientation Nord

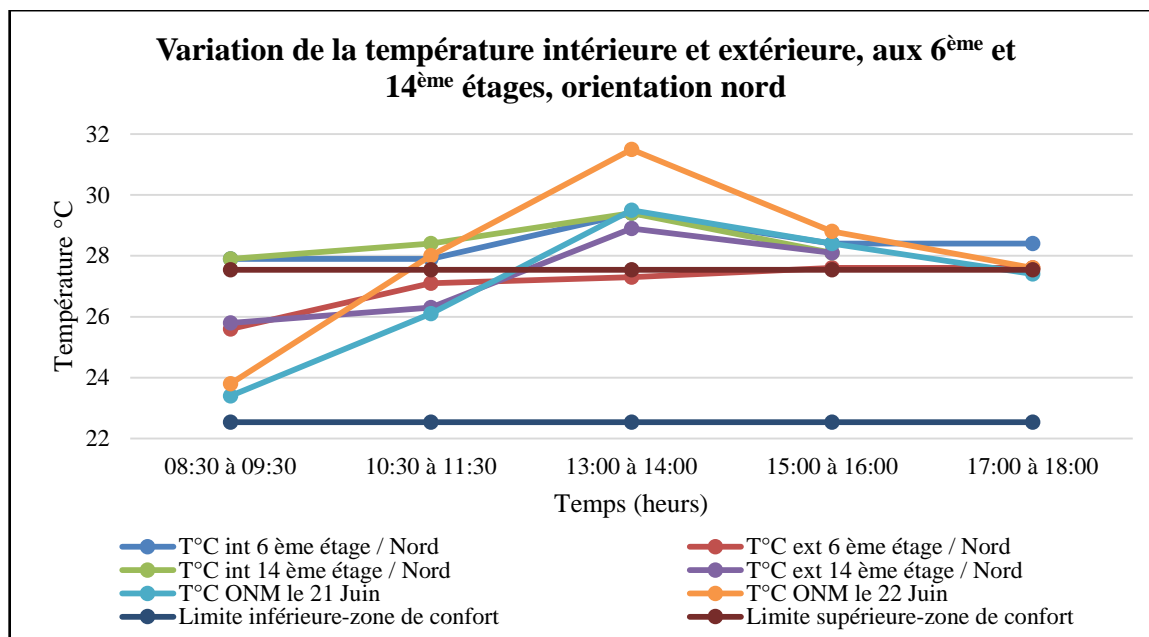
Le graphe de la figure 81, présente les températures intérieures/extérieures mesurées comme prévu aux 6<sup>ème</sup> étage et 14<sup>ème</sup> étage. Nous constatons que les températures des deux séjours se situent dans la limite supérieure du confort thermique déterminée pour le mois de Juin, en début de matinée et fin d'après-midi. Par contre dès 11h les températures mesurées sont en dehors de la zone de confort.

La valeur moyenne de température mesurée à l'intérieure des salles de séjours, aux 6<sup>ème</sup> et 14<sup>ème</sup> est de 28.4°C et 28.5°C, respectivement est supérieures à celles mesurées au centre du balcon 27°C et 27.3°C et à la moyenne donnée par la station météo pour le 21 et le 22 Juin (26.9°C et 27.94°C).

Au environ de 9h, les températures intérieures au 14<sup>ème</sup> étage sont plus supérieures qu'au 6<sup>ème</sup> étage, car la fenêtre de liaison séjour/balcon, était ouverte au moment du ménage. Ce n'est qu'en fin de journée que les températures atteignent les mêmes valeurs avec celles mesurées par la station de Boukhalfa, avec la limite supérieure de la zone de confort.

A 13h, les températures du séjour au 6<sup>ème</sup> étage sont supérieures à celles du balcon, car ce dernier est fermé par un vitrage simple, percé d'une ouverture de (80x120) cm<sup>2</sup> diminuant ainsi le renouvellement d'air. Tandis qu'au 14<sup>ème</sup> étage, les températures du balcon et celles du séjour sont presque identiques dès que les températures extérieures (ONM) augmentent, car ce dernier, est exposé directement au soleil par son toit et comme il a été déjà dit, une surface horizontale absorbe le maximum de radiation solaire en été.

En outre, la corrélation entre les valeurs mesurées de températures sur cette orientation et la différence de hauteur entre-elles, montre que les températures au centre du balcon et du séjour dans les deux appartements, sont plus proches de ( $\pm 1^\circ\text{C}$ ) et plus basses, jusqu'à 3°C, que celles mesurées par ONM entre 11h et 16h.



**Figure 81** : Variation de la température intérieure et extérieure, 6<sup>ème</sup> et 14<sup>ème</sup> étages, orientation Nord. (Source : auteur).

#### Orientation Sud

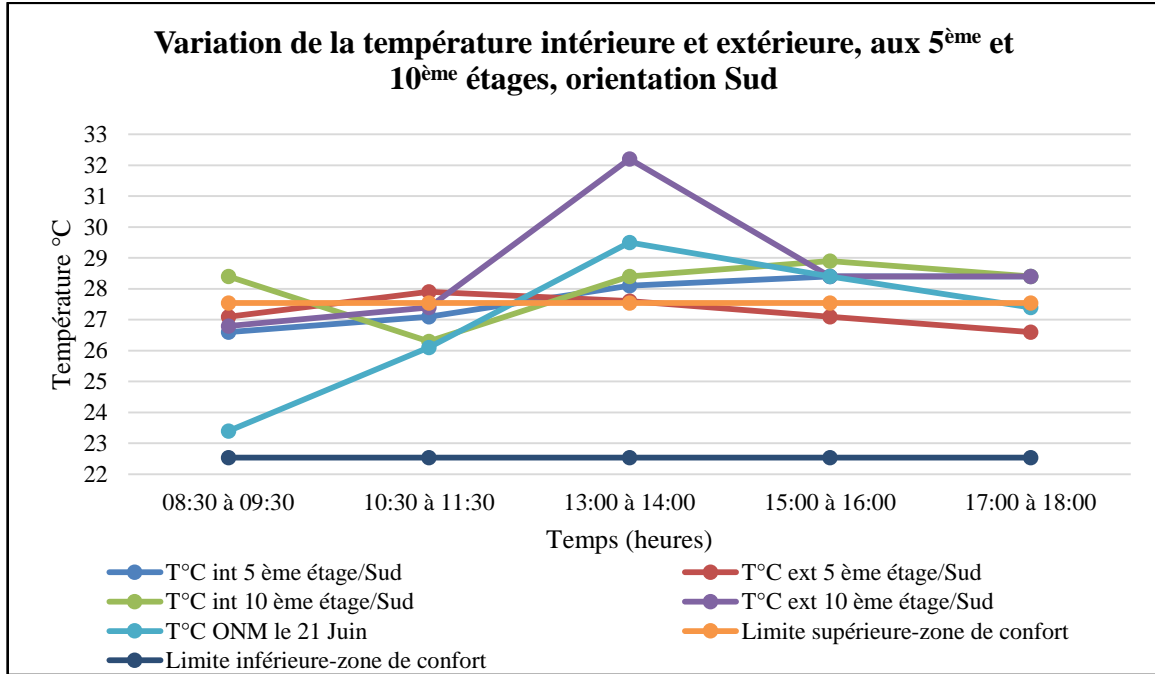
La représentation de la température intérieure et extérieure de chaque pièce sur cette orientation est tracée dans le graphe ci-après. Nous constatons que la courbe représentative de la température extérieure se situe en dehors de la zone de confort thermique prédéfini pour le mois de juin, plus proche de la limite supérieure.

La moyenne de la température intérieure, aux 5<sup>ème</sup> et 10<sup>ème</sup> est respectivement de 27.7°C et 28.1°C ; généralement supérieures à celles mesurées au centre du balcon 27.2°C et 28.6°C et à la température journalière de la station météo (26.9°C).

La température interne au 5<sup>ème</sup> étage, est inférieure à celle enregistrée au centre du balcon en matinée, avec  $T_{int}=26.6^{\circ}\text{C}$  et  $T_{ext}=27.1^{\circ}\text{C}$  à 9h30, inversement à partir de midi ; le maximum atteint est de  $T_{int}=28.4^{\circ}\text{C}$  vers 16h (avec  $T_{ext}=27.1^{\circ}\text{C}$ ).

Au 10<sup>ème</sup> étage, les températures extérieures sont supérieures aux températures intérieures et aux températures données par l'ONM, le maximal atteint à 13h40, est de  $T_{ext}=32.2^{\circ}\text{C}$  et  $T_{int}=28.4^{\circ}\text{C}$ . La valeur minimal enregistrée dans le séjour est de  $T_{int}=26.3^{\circ}\text{C}$  à 11h10 (où le climatiseur en marche à 25°C) ; par contre  $T_{ext}=27.4^{\circ}\text{C}$ .

Les courbes de température au 5<sup>ème</sup> et 10<sup>ème</sup> étages varient presque de manière harmonieuse avec la température de la station météo, mais les fluctuations sont plus importantes entre 12h et 16h et plus remarquables au niveau supérieur.



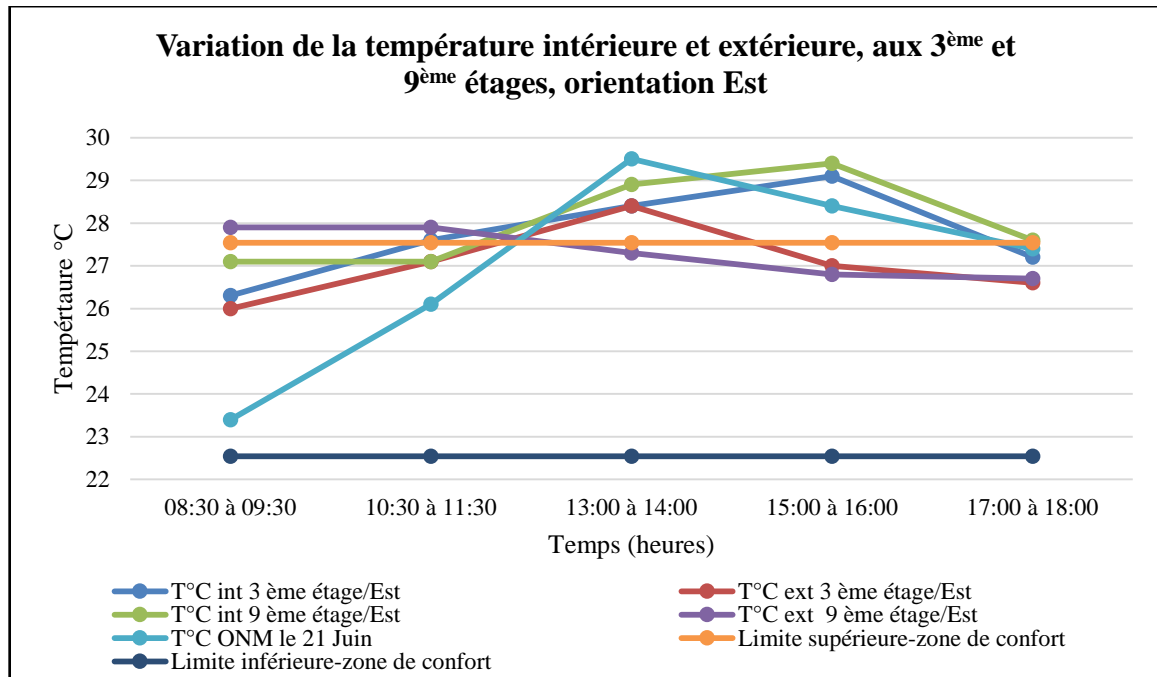
**Figure 82 :** Variation de la température intérieure et extérieure, 5<sup>ème</sup> et 10<sup>ème</sup> étages, orientation Sud. (Source : auteur).

**Orientation Est :**

L'analyse des courbes sur cette orientation, nous révèle que les températures internes accroissent en permanence. En début de matinée, ces températures se situent dans les limites du confort thermique et dès 11h elles se retrouvent en dehors de la zone de confort.

La moyenne de la température intérieure, aux 3<sup>ème</sup> et 9<sup>ème</sup> étages, est respectivement de 27.7°C et 28°C ; généralement supérieure à celle mesurée au centre du balcon 27°C et 27.3°C et à la température donnée par la station météo (26.9°C).

Respectivement, aux 3<sup>ème</sup> et 9<sup>ème</sup> étages, la valeur maximale enregistrée à l'intérieur des séjours est de 29.1°C et 29.4°C à environ 15h20 et 15h10 ; alors que sa valeur minimale est de 26.3°C et 27.1°C à 8h50 et 8h40. Ces dernières sont supérieures à celles enregistrées au niveau du balcon au même moment et en début de matinée ( $T_{ext} = 26^{\circ}C$  et  $T_{ext} = 27.9^{\circ}C$ ).



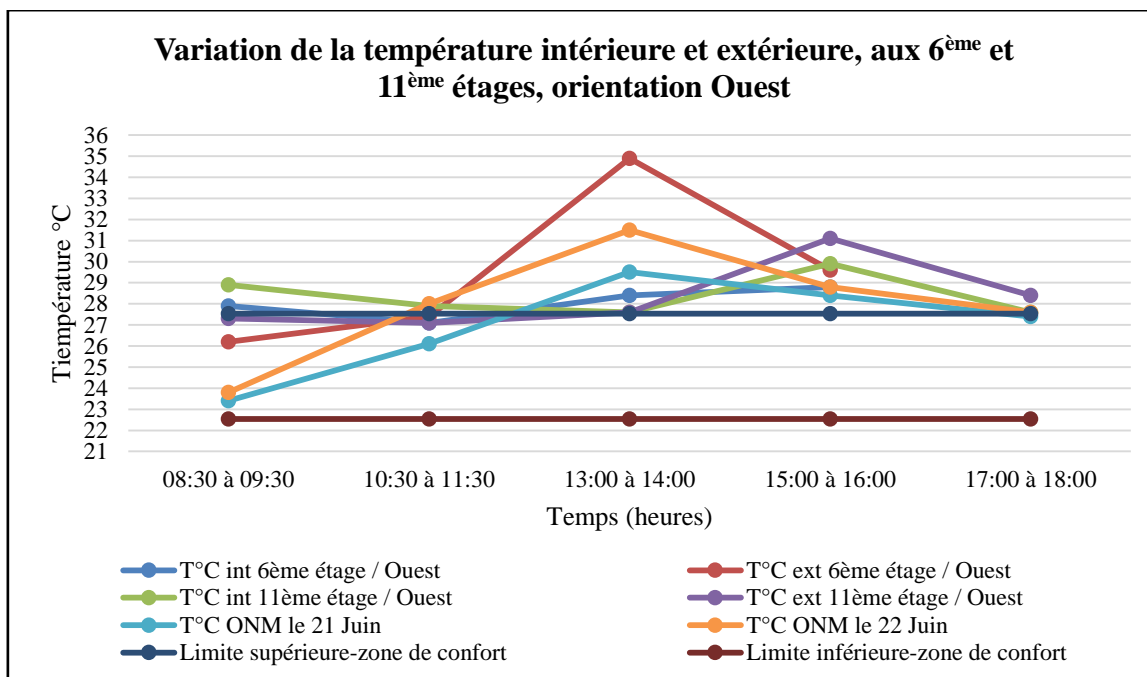
**Figure 83 :** Variation de la température intérieure et extérieure, 3<sup>ème</sup> et 9<sup>ème</sup> étages, orientation Est. (Source : auteur).

**Orientation Ouest :**

Comparée à la moyenne journalière (période de prise des mesure) de l'air donnée par l'ONM le 21 Juin est de 26.9°C, la moyenne des valeurs mesurées au centre du balcon au 11<sup>ème</sup> étage est plus élevée ( $T_{ext}=28.3^{\circ}C$ ) ainsi qu'à celle mesurée au centre de la salle du séjour ( $T_{int}= 28.2^{\circ}C$ ). Parallèlement, le 22 Juin, la moyenne journalière de l'air (27.9°C), est inférieure à  $T_{int}= 27.9^{\circ}C$  et  $T_{ext}=29.5^{\circ}C$ .

Pendant la période de l'investigation, nous observons que la température minimale à l'intérieur du séjour au 6<sup>ème</sup> étage, est de 27.1°C à 9h et de 27.6°C au 11<sup>ème</sup> étage à 8h30 ainsi qu'à 17h. Tandis que la valeur maximale est respectivement de 28.8°C et 29.9°C à 15h, c'est-à-dire un déphasage d'environ deux heures par rapport à la valeur maximale de l'air extérieur (29.5°C et 31.1°C).

Les températures au centre du séjour au 6<sup>ème</sup> étage et 11<sup>ème</sup> étages se situent à l'extérieures de la zone de confort thermique. Au centre du balcon, de 8h30 à 11h30, les valeurs enregistrées au 6<sup>ème</sup> étage sont inférieures à celles enregistrées au 11<sup>ème</sup> étage et elles augmentent rapidement, laissant un grand écart entre l'intérieur/extérieur, essentiellement aux niveaux inférieurs. Cette croissance commence à se sentir généralement à partir de midi.



**Figure 84 :** Variation de la température intérieure et extérieure, 6<sup>ème</sup> et 11<sup>ème</sup> étages, orientation Ouest. (Source : auteur).

### b) Etude de l'humidité intérieure et extérieure

#### Orientation Nord

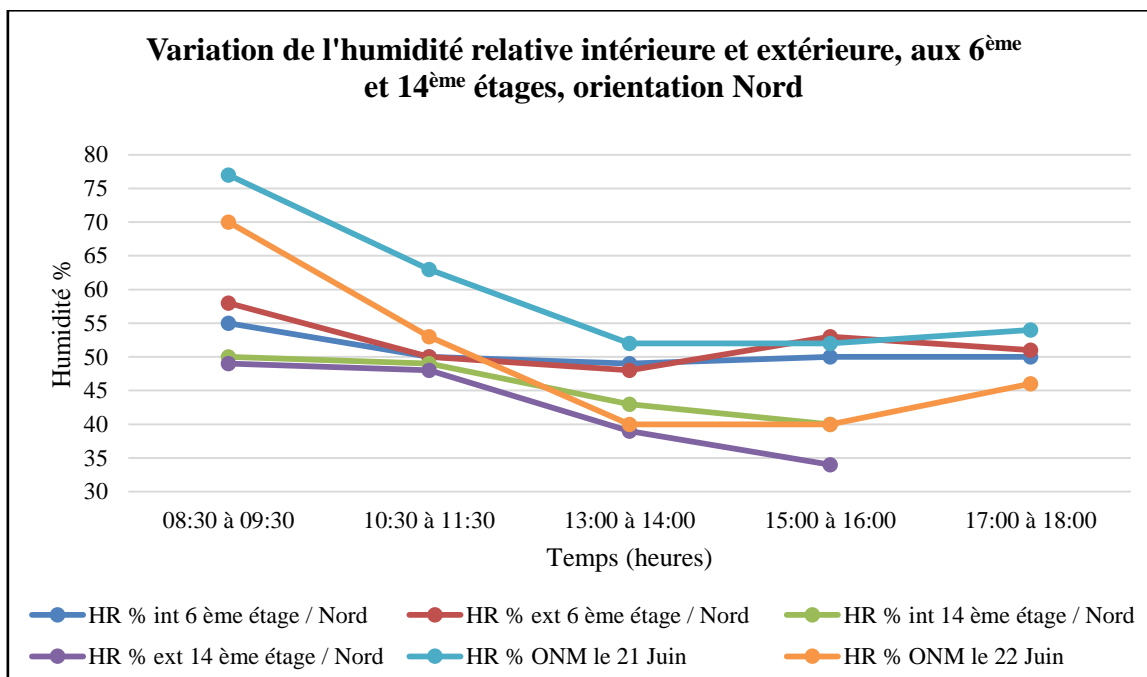
L'analyse du niveau d'humidité relative (HR) des espaces à usage commun, orientés vers le Nord dans les deux étages investigués, révèle que l'humidité évolue inversement que la température. De plus, nous constatons que les courbes d'humidité relative intérieures tendent à rester concordantes avec celles de l'extérieur. Toutefois, dans l'espace extérieur l'HR est plus importante qu'à l'intérieur de la pièce du 6<sup>ème</sup> étage ; alors qu'au 14<sup>ème</sup> étage, le phénomène est inversé.

L'écart intérieur enregistré au 6<sup>ème</sup> étage, est de 6% pour un maximum de 55% (à 9h20) et 49% (à 13h50). Quant à la l'écart extérieur, aux mêmes heures, il est plus élevé (10%) avec un maximum de 58% et un minimum de 48%.

Contrairement à l'humidité relative (HR) enregistrée à l'intérieur du séjour au 14<sup>ème</sup> étage, L'écart entre la maximale 50% (à 9h30) et la minimale de 40% (à 15h30), est de 10%. Contre 15% à l'extérieur ; avec l'HR maximale 49% et la minimale 34% aux mêmes heures.

Dans ce cas, l'humidité relative (HR) intérieure évolue de la même manière que celle de l'extérieure. Au 6<sup>ème</sup> étage, le minimum atteint de l'HR correspond à sa température

intérieure maximale et la maximale de l'HR concorde avec sa température minimale, ce moment consiste à la période du ménage (9h à 11h) avec ventilation hygiénique (rafraichissement par évaporation). Par contre, au 14<sup>ème</sup> étage, ce n'est pas le cas, l'humidité et la température évoluent parallèlement, qu'est expliqué par le fait que la pièce soit occupée par des personnes (production d'humidité par le métabolisme).



**Figure 85 :** Variation de l'humidité relative intérieure et extérieure, 6<sup>ème</sup> et 14<sup>ème</sup> étages, orientation Nord. (Source : auteur).

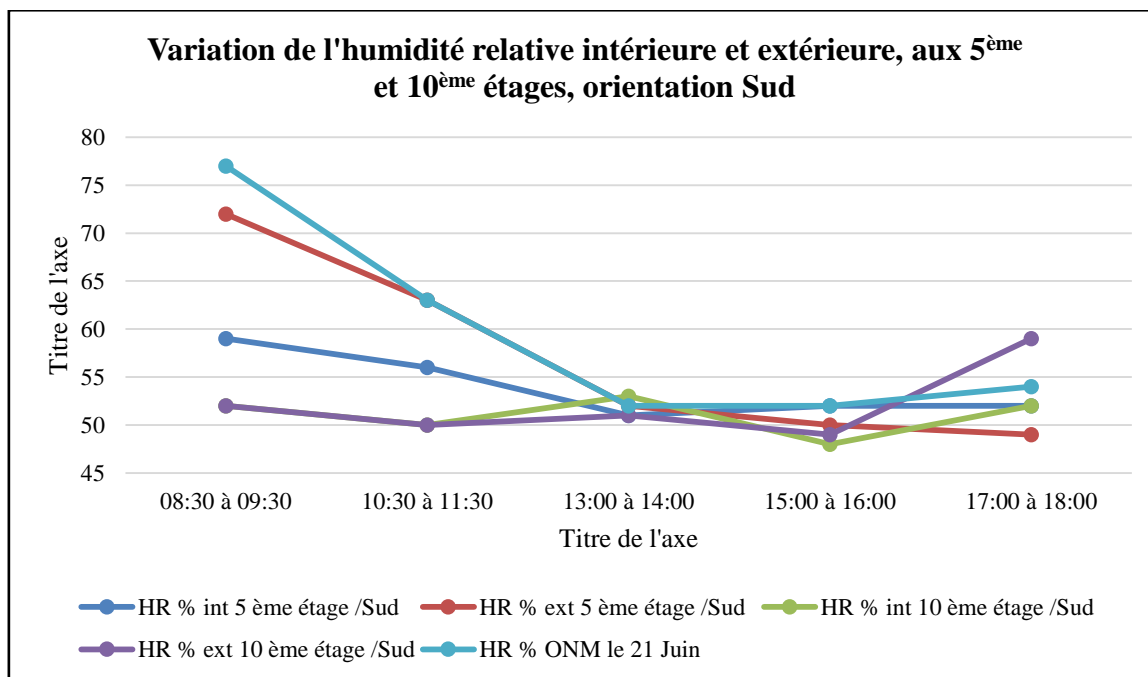
### Orientation Sud

De la lecture du graphe représentatif de l'humidité relative intérieure et extérieure des espaces orientés Sud, ressort que l'HR enregistrée au 5<sup>ème</sup> étage est beaucoup plus importante que celle enregistrée au 10<sup>ème</sup> étage, elle est plus proche des données de l'ONM.

L'HR intérieure au 5<sup>ème</sup> étage, attient la valeur maximale à 9h30 (59%) et la minimale à 16h (51%), avec un écart de 8% supérieur par rapport au niveau 10<sup>ème</sup>, qu'est de 5% entre la maximale (53%) enregistrée à 11h10 et la minimale (48%), à 15h40. Cette différence est expliquée par le fait qu'au 5<sup>ème</sup> étage, la salle du séjour a été exposée à la ventilation en début de matinée, engendrant l'accélération de l'assèchement de l'air intérieur.

Ce mouvement présente un décalage entre la maximale enregistrée pour l'HR et les températures minimales. L'humidité extérieure maximale est de 72% à 9h30 au 5<sup>ème</sup> étage

et 59% à 17h40 au 10<sup>ème</sup> étage. Par contre, l'HR intérieure ne représente pas la relation proportionnelle au niveau du 5<sup>ème</sup> étage. Toutefois, l'HR maximale correspond à la température minimale intérieure mais la minimale ne correspond pas à la température maximale. Au 10<sup>ème</sup> étage, la maximale et la minimale sont inversées par rapport aux températures, l'espace n'a pas été ventilé de la journée.

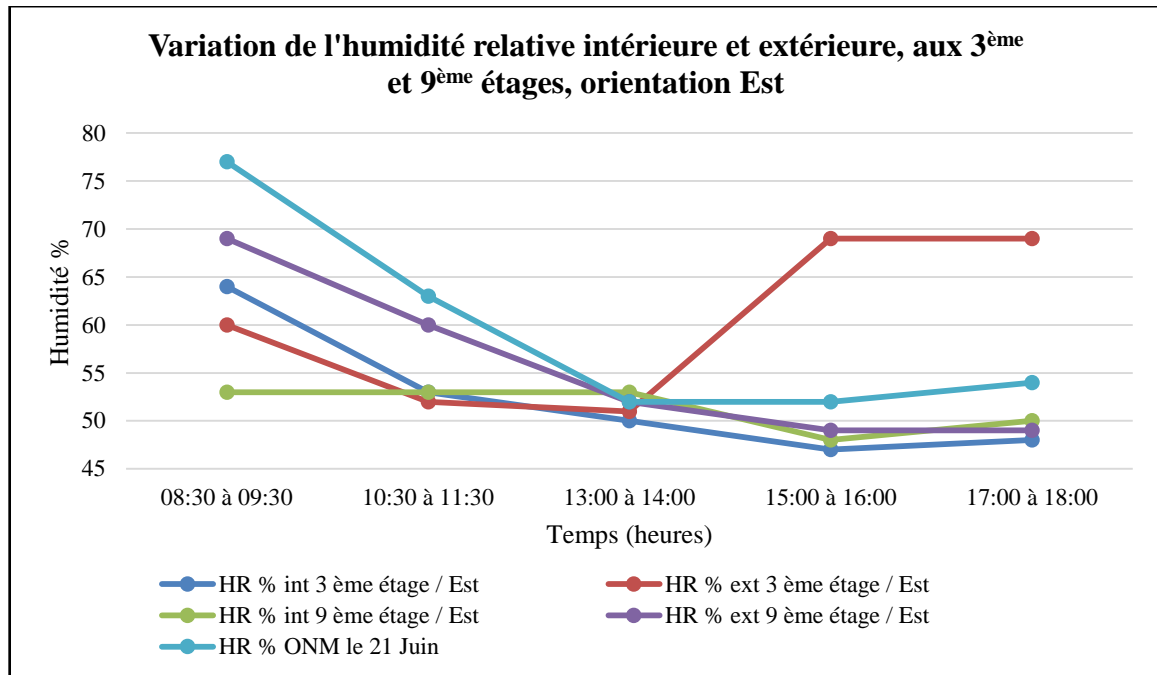


**Figure 86 :** Variation de l'humidité relative intérieure et extérieure, 5<sup>ème</sup> et 10<sup>ème</sup> étages, orientation Sud. (Source : auteur).

### **Orientation Est**

L'étude de l'humidité relative intérieure et extérieure, mesurées à cette orientation nous révèle que les courbes représentatives ont tendance à se rapprocher. Seul le séjour du 3<sup>ème</sup> étage est inversement proportionnel à la courbe des températures intérieures ; atteint sa maximale de 64% et minimale de 48% à 8h50 et 15h20, respectivement. Il s'agit ici d'un écart de 16% à l'intérieur du séjour et 19% dans le balcon (25% donnée par l'ONM).

Contrairement à l'HR du 3<sup>ème</sup> étage, la courbe représentative de l'HR au 9<sup>ème</sup> étage ne représente pas la relation inversée avec la température intérieure. L'écart intérieur entre la maximale et la minimale est de 5% et l'écart entre l'intérieur et l'extérieur est de 16% en début de matinée et de 1% en fin d'après-midi. Cela s'explique par la ventilation matinale.



**Figure 87 :** Variation de l'humidité relative intérieure et extérieure, 3<sup>ème</sup> et 9<sup>ème</sup> étages, orientation Est. (Source : auteur).

#### ✚ Orientation Ouest

Durant la période investiguée, nous constatons que l'humidité relative au 6<sup>ème</sup> est presque identique à l'intérieure et à l'extérieure du balcon, avant 12h, puis l'écart s'accroît atteignant 20% à 15h. Par contre, au 11<sup>ème</sup> l'écart est moins important pour les différentes valeurs enregistrées sauf à 15h, qu'est de 11%.

Les valeurs maximales intérieures de l'HR est de 58% à 17h et 58% à 8h30 au 6<sup>ème</sup> et 11<sup>ème</sup> étages, respectivement. Ces valeurs sont décalées par rapport à des températures minimales intérieures enregistrées au même moment ; sous l'effet de l'occupation de la pièce sans ventilation au 6<sup>ème</sup> et l'accélération du mouvement d'aire au 11<sup>ème</sup> étage.

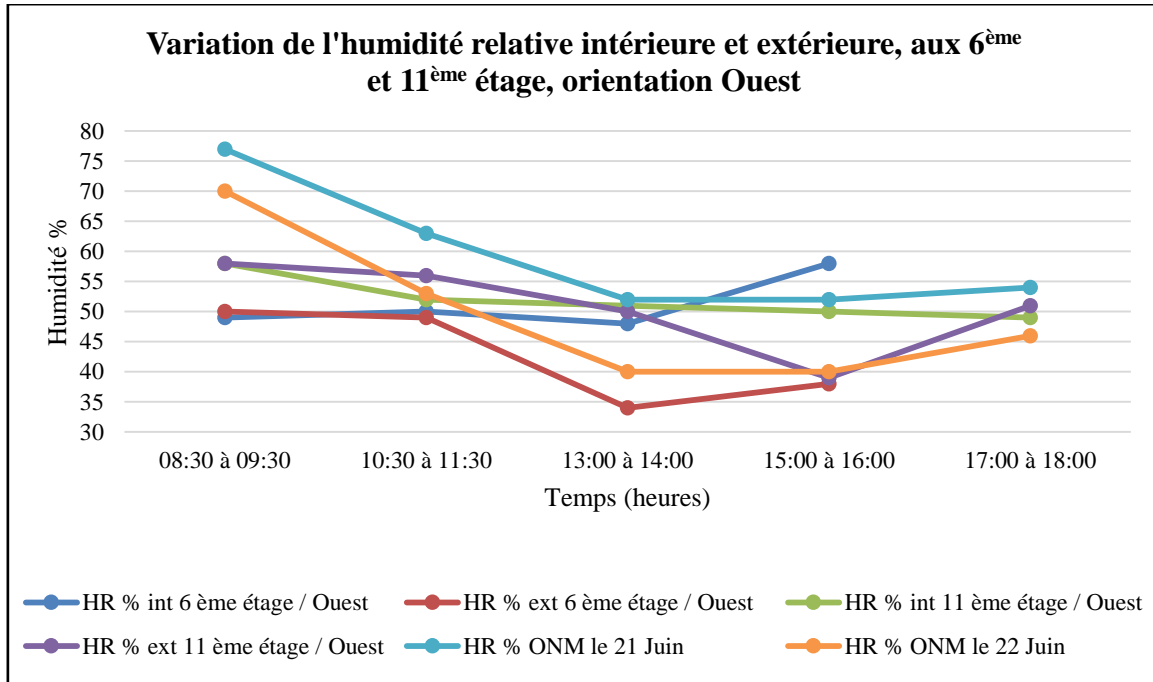


Figure 88 : Variation de l'humidité relative intérieure et extérieure, 6<sup>ème</sup> et 11<sup>ème</sup> étages, orientation Ouest. (Source : auteur).

### II.2.2.2 Interprétation des résultats : Saison Froide

#### a) Etude des températures intérieures/extérieures et la zone de confort

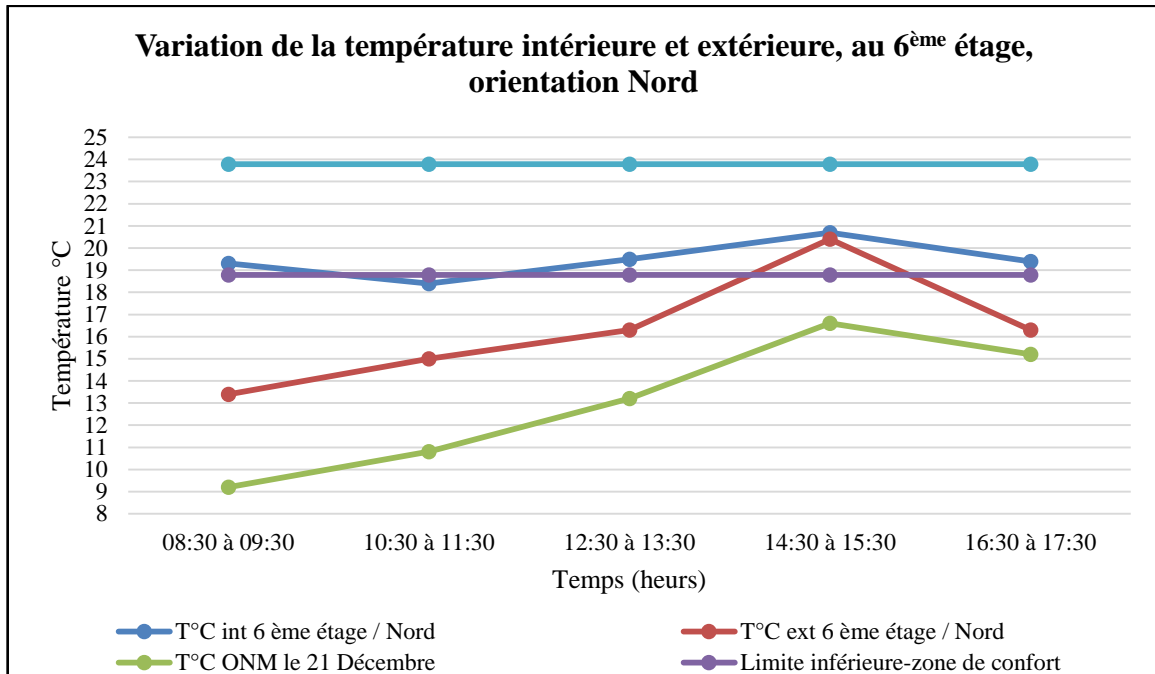
##### Orientation Nord

Les courbes présentées sur le graphe ci-après, décrivent les variations des températures intérieures/extérieures enregistrées au 6<sup>ème</sup> étage, ainsi que celles données par la station météo la plus proche. Les températures intérieures se situent dans la zone de confort thermique déterminées pour le mois de Décembre, plus proche de la limite inférieure, essentiellement en matinée.

D'une part, la valeur moyenne de température mesurée à l'intérieure de la salle de séjour est de 19.5°C, supérieure à celles mesurée au centre du balcon 16.3°C et à la température journalière donnée par la station météo (13°C). D'autre part, les fluctuations intérieures sont très faibles 2.3°C, décrivant une courbe quasiment stable et vis-à-vis de l'extérieur, l'amplitude est de 7°C dans le balcon et 7.4°C dans l'environnement immédiat.

Le balcon, qu'est fermé avec du vitrage, joue le rôle d'un espace tampon (serre solaire) diminuant les échanges de chaleur avec l'extérieur. Par ailleurs, l'attitude des occupants d'ouvrir la porte fenêtre pour une ventilation hygiénique en matinée et de laisser les persiennes ouvertes, la journée, favorise les déperditions calorifiques vers le balcon ; d'où

la même valeur de température enregistrée à 15h15 et un déphasage thermique quasiment nul car les températures maximale dans les différents environnements sont atteints à environ la même heure.



**Figure 89 :** Variation de la température intérieure et extérieure, 6<sup>ème</sup> étage, orientation Nord.  
(Source : auteur).

### Orientation Sud

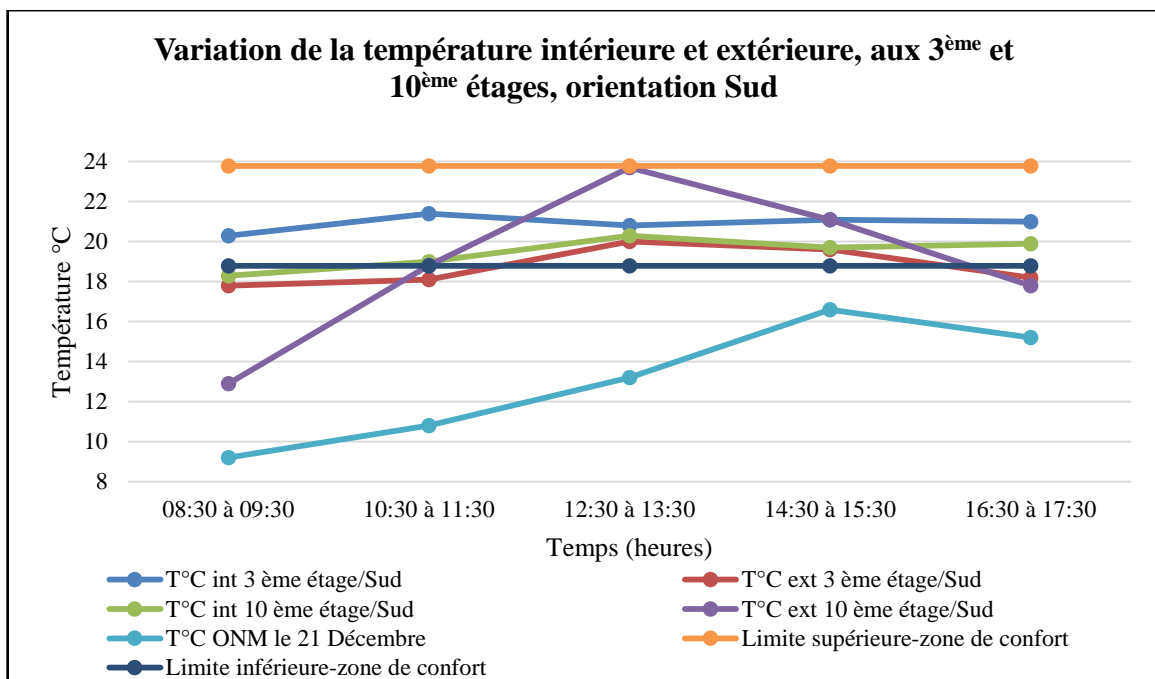
L'analyse des courbes des températures intérieures se situent à l'intérieure de la zone de confort thermique, à l'exception du matin au 10<sup>ème</sup> étage elle se trouve en dehors de la zone de confort. Ces occupants, éteignent le chauffage la journée jusqu'à environ 16h et profitent ainsi du rayons solaires. En revanche au 3<sup>ème</sup> étage, le chauffage à gaz est allumé jour et nuit.

La moyenne de la température intérieure, aux 3<sup>ème</sup> et 10<sup>ème</sup> est respectivement de 20.9°C et 19.4°C ; généralement supérieures à celles mesurée au centre du balcon 18.7 °C et 18.9°C et à la température journalière de la station météo (13°C).

L'amplitude de température au 3<sup>ème</sup> et 10<sup>ème</sup> étages sont insignifiantes (de 1.1°C et 2°C) par rapport à l'écart de température entre l'intérieur et l'extérieur. Les valeurs maximale et minimale enregistrées à l'intérieur du séjour sont de 21.4°C à 11h30 et 20.3°C à 9h30 au 3<sup>ème</sup> étage ; ainsi que 20.3°C à 13h et 18.3°C à 9h au 10<sup>ème</sup> étage.

Les températures de l'air dans le balcon du 10<sup>ème</sup> étage, sont supérieures aux températures intérieures entre 12h et 16h, atteignent leur maximum à 13h00, de  $T_{ext}=23.7^{\circ}C$  ; heure à laquelle la station météo enregistre une valeur beaucoup plus inférieure ( $13.2^{\circ}C$ ). Nous déduisons de ce constat que la stabilité de la température intérieure en fin d'après-midi (gain passif) est due à la restitution de la chaleur stockée pendant les heures ensoleillées.

Contrairement au 3<sup>ème</sup> étage, où la valeur maximale de température dans le balcon s'élève vers  $T_{ext\ max}=20^{\circ}C$  à 13h30, est inférieure à celles du séjour et aux valeurs enregistrées avant midi. En déduit que les valeurs enregistrées dans le séjour sont le résultat, essentiellement de l'utilisation du chauffage mécanique.



**Figure 90** : Variation de la température intérieure et extérieure, 3<sup>ème</sup> et 10<sup>ème</sup> étages, orientation Sud. (Source : auteur).

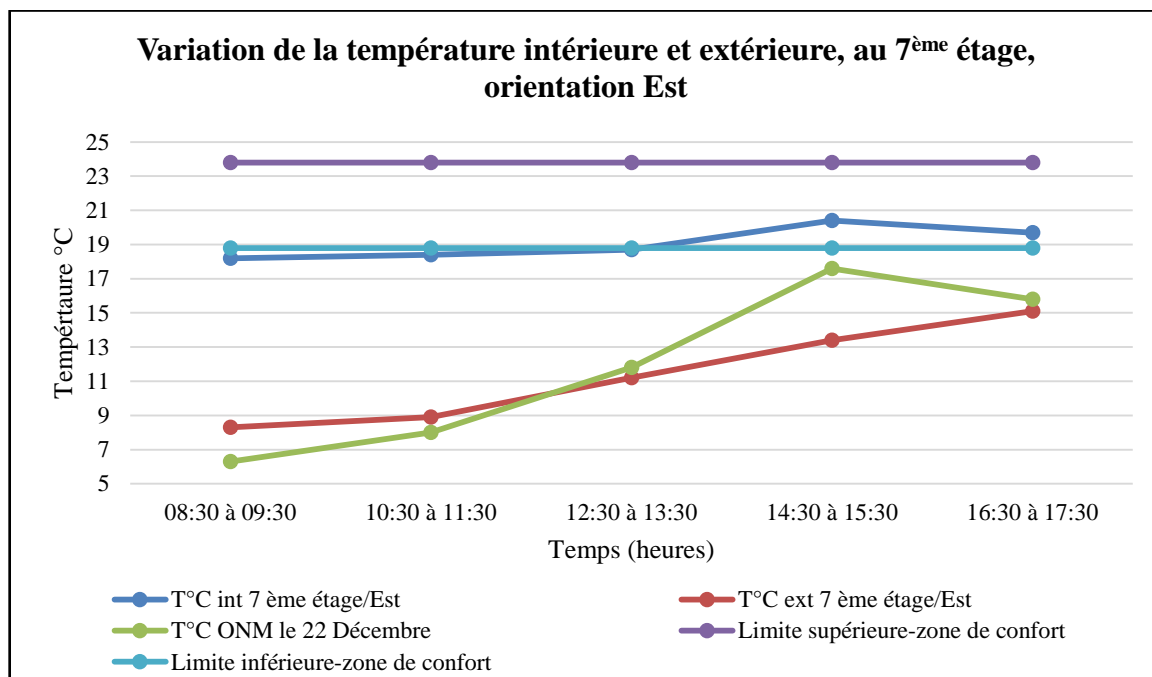
**Orientation Est :**

A l'interprétation des courbes représentatives des températures internes, nous remarquons que les températures internes sont stables avec de faibles amplitudes de  $2.2^{\circ}C$ , et se situent dans les limites du confort thermique vers l'après-midi.

La moyenne de la température intérieure et extérieure, au 7<sup>ème</sup> étage est respectivement de  $19.1^{\circ}C$  et  $11.4^{\circ}C$ . En remarque que la moyenne au centre du balcon est inférieure à la température journalière de la station météo ( $11.9^{\circ}C$ ). Car cette orientation n'est exposée au

soleil qu'en début de matinée et le jour des prises de mesures le ciel était invisible sous brouillard.

Bien que l'utilisation du chauffage mécanique par les habitants, nous remarquons des températures en-dessus de la limite inférieure de la zone de confort causées par la fermeture de la porte de la salle du séjour la journée et les déperditions thermiques par la surface vitrée de la porte-fenêtre.



**Figure 91** : Variation de la température intérieure et extérieure, 7<sup>ème</sup> étage, orientation Est.

(Source : auteur).

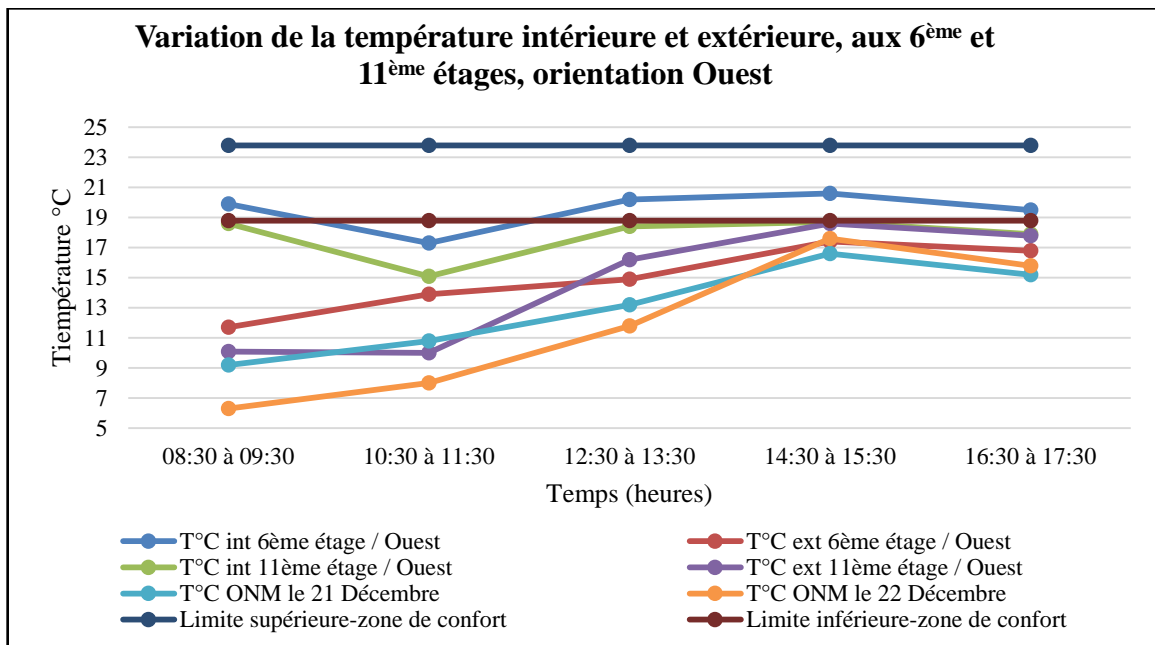
### Orientation Ouest :

Le graphe ci-après, représente les courbes des valeurs de températures enregistrées pendant la séquence expérimentale. Nous constatons que la moyenne des températures internes et externes est inférieure aux limites de la zone de confort thermique, dans les deux étages investigués. A l'exception des températures intérieures enregistrées pendant l'après-midi, qui se situent à l'intérieur de cette zone ou à la limite inférieure de la zone.

La température maximale à l'intérieur du séjour au 6<sup>ème</sup> étage, est de 20.6°C à 14h30 et de 18.7°C au 11<sup>ème</sup> étage à 15h et la valeur minimale est respectivement de 17.3°C et 15.1°C à 10h30 et 11h. Alors qu'au niveau du balcon, du 6<sup>ème</sup> et 11<sup>ème</sup> étages, respectivement, la maximale est de 17.4°C à 14h30 et 18.6°C à 15h00 et la minimale est de 11.7°C à 8h30 et

10°C à 11h. Un écart d'environ 2.5°C et 2°C par rapport aux températures enregistrées par la station météo à la même heure.

Les températures intérieures sont plus élevées à l'étage inférieur comparé à l'étage supérieur, alors que les pièces présentent les mêmes conditions d'occupation (occupées la nuit par une personne) et les habitants ont recours au chauffage à gaz, jour et nuit. L'explication à cette amplitude (la différence entre la maximale du séjour et l'environnement extérieur est de 4°C et 1.1°C aux 6<sup>ème</sup> et 11<sup>ème</sup> étages) est la différence comportementale envers l'environnement extérieur. Les habitants du 6<sup>ème</sup> étage ferment la porte-fenêtre juste après la ventilation matinale, qui ne dure qu'une heure environ ; alors que au 11<sup>ème</sup> étage, la porte-fenêtre reste ouverte à sa moitié dès le réveil.



**Figure 92 :** Variation de la température intérieure et extérieure, 6<sup>ème</sup> et 11<sup>ème</sup> étages, orientation Ouest. (Source : auteur)

**b) Etude de l'humidité moyenne intérieure et extérieure**

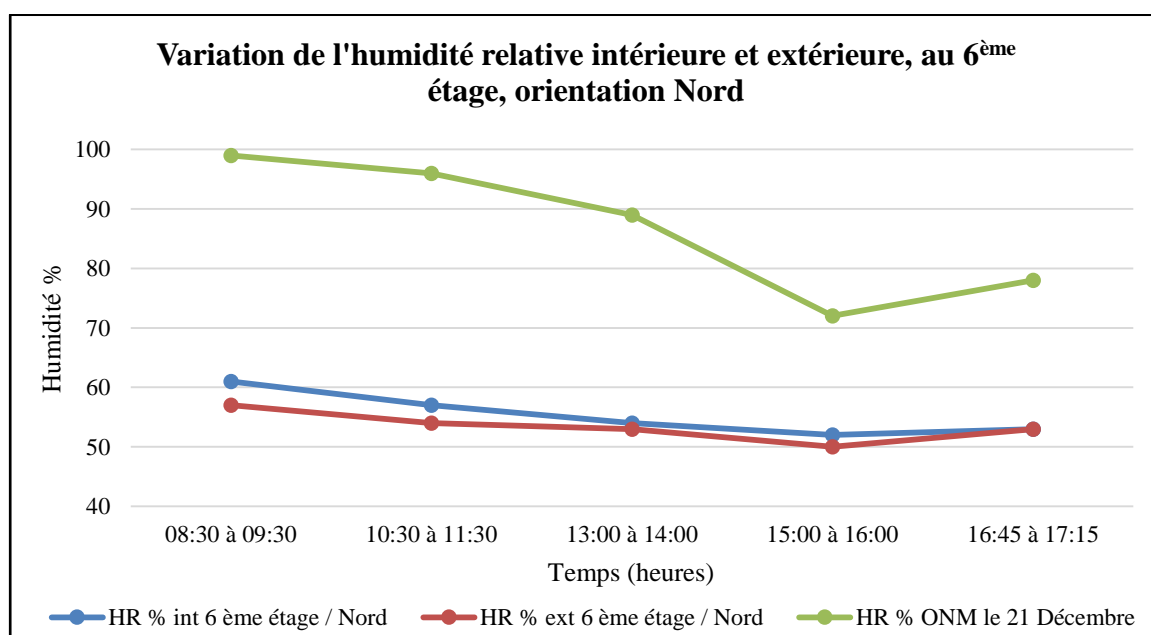
**✚ Orientation Nord**

Au 6<sup>ème</sup> étage, nous enregistrons respectivement, l'humidité maximale intérieure et extérieure à 9h15, de 61% et 57% ; l'humidité minimale de 52% et 50% à 15h15. L'écart entre la maximale et la minimale est de 9% à l'intérieur et 7% à l'extérieur.

Dans ce cas, les courbes d'humidité relative (HR) intérieures tendent à évoluer presque à l'identique avec celles de l'extérieurs, sans relation proportionnellement inversée

proprement dite, par rapport à la température intérieure. Mais l'HR intérieure et extérieure ont tendance à diminuer au milieu de journée, jusqu'à 52% et 50% à 15h15, respectivement ; moment où la température est maximale.

Les valeurs de l'humidité relative enregistrées dans l'appartement sont faibles (55 % dans le séjour et 53% dans le balcon) par rapport aux données de l'ONM, avec une moyenne de 87% et un écart de 39% entre l'intérieur et l'extérieur à 9h15. Cela, s'explique par le fait que le balcon soit fermé par un vitrage (espace tampon) réduisant ainsi le mouvement d'air.



**Figure 93 :** Variation de l'humidité relative intérieure et extérieure, 6<sup>ème</sup> étage, orientation Nord. (Source : auteur).

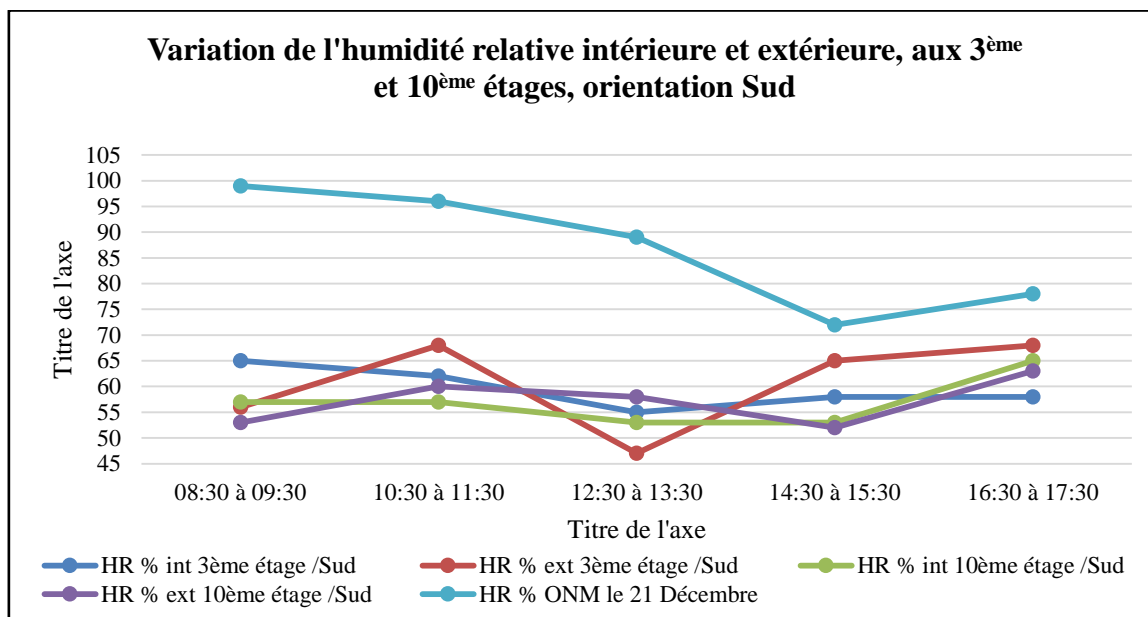
### Orientation Sud

L'analyse des courbes représentatives de l'humidité relative intérieure et extérieure des espaces orientés Sud, ressort que les valeurs enregistrées dans les appartements sont plus rapprochées et beaucoup plus faibles que celles données par la station météo. Ce mouvement présente un décalage entre la maximale enregistrée pour l'HR et la température minimale au 3<sup>ème</sup> étage ; mais une relation proportionnelle inversée au 10<sup>ème</sup> étage est constatée.

Au 3<sup>ème</sup> étage, la valeur maximale de l'HR est de 65% à 9h30 et la valeur minimale est de 55% à 13h30 avec un écart de 8%. Alors qu'au 10<sup>ème</sup> étage, pour un même écart, la valeur maximale est de 65% à 16h30 et la minimale enregistrée est de 53% entre 13h et 15h. Cette similitude est expliquée par le fait qu'aux deux ménages, la porte-fenêtre ne s'est pas ouverte

de la journée diminuant ainsi le mouvement d'air dans la pièce. Aussi aux températures trop élevées résultantes de l'apport passif et l'utilisation du chauffage mécanique.

Nous remarquons que l'humidité au 3<sup>ème</sup> étage dans l'espace extérieur a diminué de 21% à 13h30, heure à laquelle la température atteint sa valeur maximale dans le balcon. Par contre au 10<sup>ème</sup> étage, la maximale en température ne correspond pas à la minimale en humidité car à ce moment-là, la maitresse de maison venait juste de faire le parterre (sol encore humide).



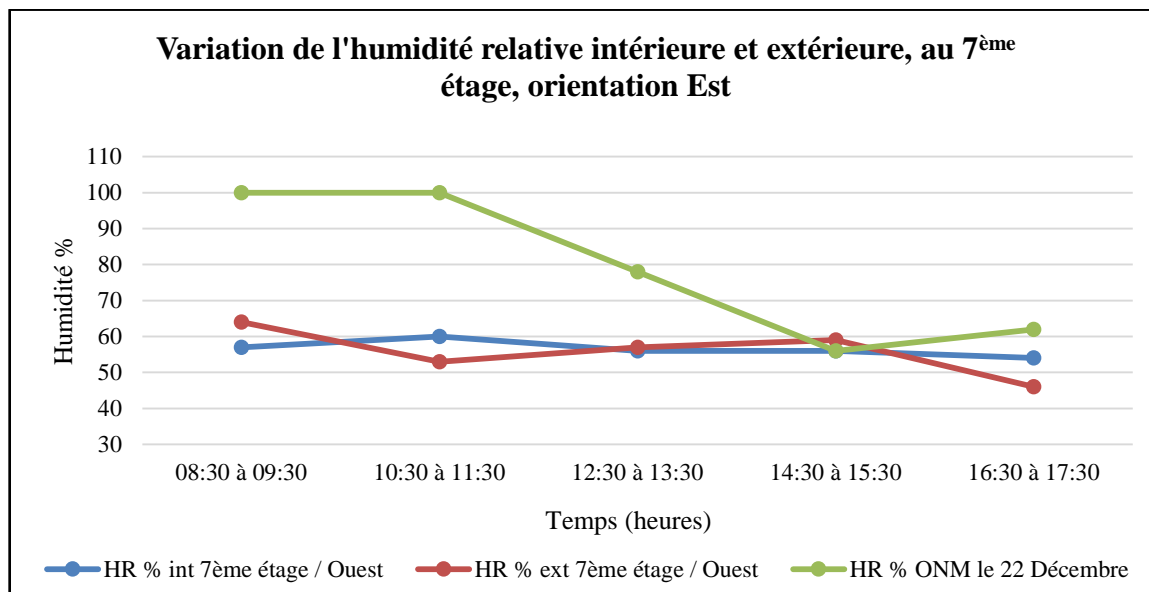
**Figure 94 :** Variation de l'humidité relative intérieure et extérieure, 3<sup>ème</sup> et 10<sup>ème</sup> étages, orientation Sud. (Source : auteur).

### Orientation Est

Les courbes représentatives de l'humidité relative intérieure et extérieure, mesurées à cette orientation nous révèlent que les valeurs se rapprochent et s'inversent ; sans relation proportionnelle aux courbes des températures. L'HR atteint son maximale de 60% et un minimale de 54% à 10h30 et 17h15, respectivement. Il s'agit ici d'un écart de 8% à l'intérieur du séjour et 18% dans le balcon (38% donné par l'ONM).

Il est à noter que les valeurs de l'humidité à l'intérieur de l'appartement (séjour/balcon) sont très faibles comparées à celles enregistrées par la station météo, or il est important de rappeler que le ciel était sous brouillard (température de point de rosé = température de l'air) et l'observation comportementale montre que les habitants ont tendance à laisser

l'occultation mobile extérieure ouverte ; provoquant d'important déperditions du séjour vers le balcon. En effet cet écart est fortement lié à la température de l'air extérieur.



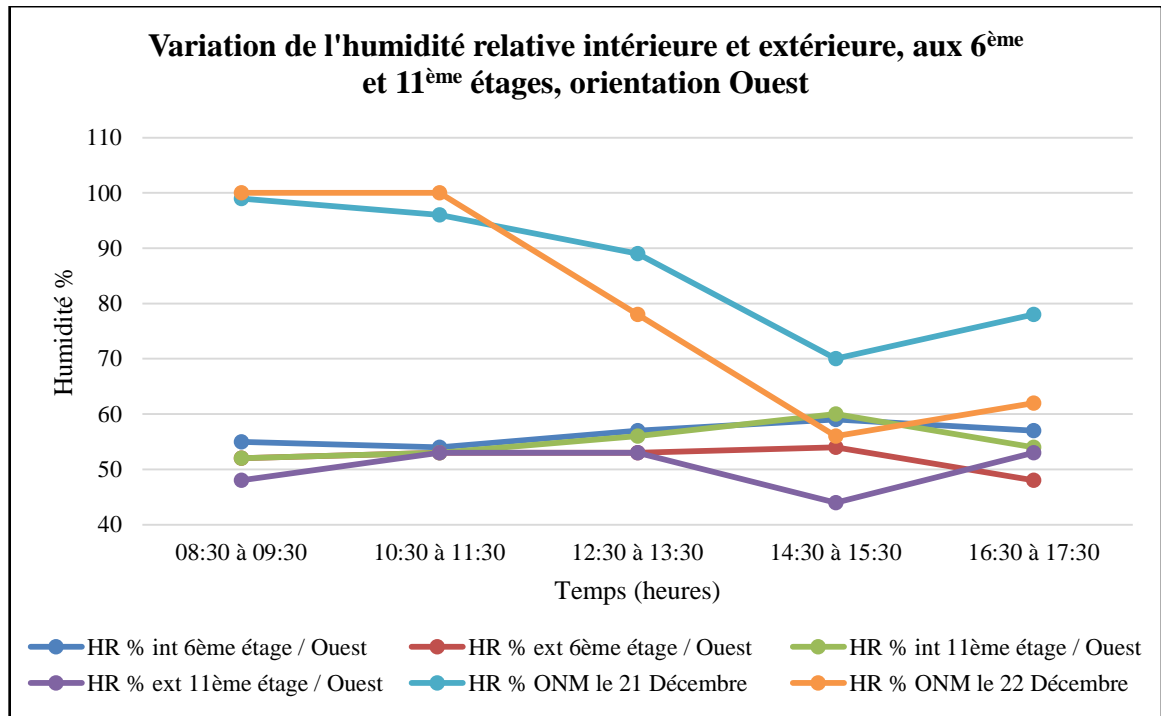
**Figure 95** : Variation de l'humidité relative intérieure et extérieure, 7<sup>ème</sup> étage, orientation Est. (Source : auteur).

### Orientation Ouest

Durant la séquence choisie pour le suivi expérimental, nous constatons que l'humidité relative présente de faible variation au 6<sup>ème</sup> étage, avec une maximale intérieure de 60% à 16h30 et une minimale de 54% à 10h30. Par contre, au 11<sup>ème</sup> étage, l'écart s'accroît dès l'après-midi, jusqu'à 8% entre la maximale intérieure enregistrée à 15h00, qu'est de 60% et la minimale de 52% à 9h00. Ces valeurs sont décalées par rapport aux températures maximales et minimales intérieures enregistrées au même moment.

La comparaison des valeurs de l'HR intérieures et extérieures mesurées aux 6<sup>ème</sup> et 11<sup>ème</sup> étages, aux valeurs enregistrées par la station météo la plus proche, nous révèle un large écart dépassant les 40% au 11<sup>ème</sup> étage.

Il faut savoir que cette orientation est la plus exposée au vent dominant qui favorise la ventilation par convection et la pénétration de l'air extérieur, induisant ainsi le refroidissement du logement, y compris l'attitude de l'occupant du 11<sup>ème</sup> étage, laissant la porte-fenêtre ouverte à sa moitié pendant la séquence expérimentale.



**Figure 96 :** Variation de l'humidité relative intérieure et extérieure, 6<sup>ème</sup> et 11<sup>ème</sup> étages, orientation Ouest. (Source : auteur).

## II.2.3 Evaluation du confort hygrothermique dans les différentes orientations

### II.2.3.1 Saison chaude

L'analyse de l'hydrothermie intérieure et extérieure dans la section précédente fait ressortir que :

- ✓ La performance thermique est sensible au Sud et à l'Est, par un effet de serre moindre engendré par les occultations mobiles ; accompagner d'une ventilation naturelle dans certains cas. La corrélation intérieure/extérieure est plus élevée au Sud, du fait du masque architectural (balcon).
- ✓ Sur l'orientation Nord, l'écart moyen entre l'intérieur et l'extérieur est aussi important car le balcon du 6<sup>ème</sup> étage est fermé par un vitrage (effet de serre) et au 4<sup>ème</sup> étage le plancher est exposé aux rayons solaires directs.
- ✓ les séjours orientés Ouest, particulièrement au niveau du 6<sup>ème</sup> étage, présentent des fluctuations plus importantes (2.07°C), par rapport à la température moyenne enregistrée au centre du balcon. Nous déduisons que le rôle du balcon en tant que protection solaire sur cette orientation n'est pas efficace.

Les valeurs des températures intérieures sont plus élevées dans les étages supérieurs comparées aux étages inférieurs, sans pour autant présenter des fluctuations importantes entre l'intérieur et l'extérieur (station météo). Cela est dû à l'attitude des occupants des étages supérieurs qui ont tendance à laisser la baie vitrée ouverte sur une grande durée, favorisant ainsi la pénétration de l'air chaud et des radiations solaires, particulièrement à l'Ouest. Dans d'autres cas, (Sud et Nord) la fermeture de la fenêtre de liaison séjour/balcon diminue le renouvellement d'air dans la pièce.

Le balcon attaché à la salle de séjour offre plus de liberté aux occupants entre l'espace intérieur et l'environnement extérieur. La perception du confort hygrothermique diffère d'une personne à une autre selon l'habitus comportemental. Du présent tableau 35, nous observons que les interviewées dans plusieurs situations expriment pour une même température de l'air ambiant et humidité relative, des sensations différentes, et contrastées. L'explication à cette variation est due à la différence d'âge et le sexe ainsi que l'activité effectuée à ce moment-là.

## Chapitre IV : Interprétation et analyse des résultats de l'investigation

N° d'habitat		08:30 à 09:30	10:30 à 11:30	13:00 à 13:30	14:30 à 15:30	17:00 à 18:00	
Nord	6 <sup>ème</sup> étage	T°C intérieur	27.9	27.9	29.4	28.4	28.4
		HR% intérieur	55	50	49	50	50
		Perception	neutre	Légèrement chaud	chaud	légèrement chaud	Neutre
	14 <sup>ème</sup> étage	T°C intérieur	27.9	28.4	29.4	28.1	Non mesuré
		HR% intérieur	50	49	43	40	
		Perception	légèrement chaud	chaud	chaud	neutre	
Sud	5 <sup>ème</sup> étage	T°C intérieur	26.6	27.1	28.8	28	28.4
		HR% intérieur	59	56	51	52	52
		Perception	neutre	légèrement chaud	légèrement chaud	chaud	neutre
	10 <sup>ème</sup> étage	T°C intérieur	28.4	26.3	29.1	28.3	28.2
		HR% intérieur	52	50	51	49	59
		Perception	chaud	chaud	très chaud	légèrement chaud	légèrement chaud
Est	3 <sup>ème</sup> étage	T°C intérieur	26.3	27.6	28	29.1	27.2
		HR% intérieur	64	53	50	47	48
		Perception	neutre	légèrement chaud	neutre	froid	froid
	9 <sup>ème</sup> étage	T°C intérieur	27.5	27.1	28.9	29.4	27.6
		HR% intérieur	53	53	53	48	50
		Perception	très chaud	chaud	chaud	chaud	neutre
Ouest	6 <sup>ème</sup> étage	T°C intérieur	26.7	27.1	28	28	Non mesuré
		HR% intérieur	49	50	48	58	
		Perception	neutre	légèrement chaud	légèrement chaud	neutre	
	11 <sup>ème</sup> étage	T°C intérieur	28.9	27.9	27.6	28.5	27.1
		HR% intérieur	58	52	51	50	49
		Perception	neutre	neutre	légèrement chaud	légèrement chaud	neutre

**Tableau 35** : Niveau mesuré et perception de l'hydrothermie intérieure pour différentes orientations, en saison chaude. (Source : auteur).

### II.2.3.2 Saison froide

Pour comprendre la nature des conditions intérieures susmentionnées, une analyse des attitudes des occupants envers l'élément de liaison entre la salle de séjour et l'espace balcon, est indispensable ainsi que l'usage de la pièce. La différence de hauteur entre les étages investigués ne justifie pas l'écart des températures moyennes, ni l'humidité ; cela est dû à l'attitude des habitants de la pièce ainsi que de l'orientation comme il a été déjà expliqué par le diagramme solaire de la ville de Tizi-Ouzou.

- ✓ L'écart de la température moyenne entre l'intérieur et l'extérieur sur l'orientation Sud est le plus faible ( $2.18^{\circ}\text{C}$  et  $0.58^{\circ}\text{C}$  au 3<sup>ème</sup> et 10<sup>ème</sup> étage). En effet cette façade est la plus exposée aux radiations solaire, y compris la chaleur transmise par le chauffage et la fermeture de la porte-fenêtre qui favorise la diminution des déperditions (réduction des pertes calorifiques par infiltration et convection). Mais aussi car au 3<sup>ème</sup> étage la salle du séjour n'est pas utilisée et fermée ; sans pour autant négliger la perte de chaleur vers le balcon, à travers le vitrage de la baie non occultée de jour comme de nuit.
- ✓ Au Nord, comme à l'Ouest la corrélation entre les deux espaces est plus importante, ( $3.18^{\circ}\text{C}$  au 6<sup>ème</sup> étage N et  $4.56^{\circ}\text{C}$  et  $3.2^{\circ}\text{C}$  au 6<sup>ème</sup> et 11<sup>ème</sup> étages O, respectivement), car les usagers de l'espace ont tendance à ouvrir la porte-fenêtre depuis le réveil pour une ventilation matinale (hygiénique), occultent l'ouverture à moitié la journée et pendant la nuit, ce qui réduit les échanges thermiques avec l'extérieur.
- ✓ Par contre à l'Est, l'écart moyen est de  $7.7^{\circ}\text{C}$ , car la pièce est occupée pendant la journée par plusieurs personnes (chaleur du métabolisme) ainsi qu'une utilisation excessive du chauffage (jour et nuit), chaleur résultante de la cuisson, de la télévision et la fermeture de la porte-fenêtre (réduit le renouvellement de l'air), font que l'hygro-thermie intérieure de l'air augmente.

L'utilisation du balcon en hiver, est trop réduite, sauf pour les tâches ménagères. Généralement l'accès s'effectue par la cuisine, quand l'organisation spatiale le permet ; dans le cas contraire, l'ouverture de la baie vitrée se fait au moment de la ventilation hygiénique. Les occupants expriment une satisfaction dans les différentes orientations et la différence de sensation perçue par ces derniers, de ces ambiances s'explique par le facteur psychologique propre à l'individu. L'interviewée au 11<sup>ème</sup> étage, à l'Ouest (femme de 54 ans) considère que  $27.6^{\circ}\text{C}$  est légèrement chaud, alors qu'elle était légèrement habillée et laissait la porte-

## Chapitre IV : Interprétation et analyse des résultats de l'investigation

fenêtre ouverte toute la journée. En outre, l'interviewée du 7<sup>ème</sup> étage à l'Est, considère que 27.6°C est légèrement chaud (femme en mouvement) et 29.1°C froid (femme assise), dû à la production de la chaleur par le métabolisme au moment du ménage.

N° d'habitat		08:30 à 09:30	10:30 à 11:30	12:30 à 13:30	14:30 à 15:30	16:30 à 17:30
Nord	6 <sup>ème</sup> étage	T°C intérieur 26.3 HR% intérieur 55 Perception neutre	27.5 50 Légèrement chaud	28.7 49 chaud	28 50 légèrement chaud	27.3 50 Neutre
	14 <sup>ème</sup> étage	Non mesuré				
Sud	3 <sup>ème</sup> étage	T°C intérieur 26.6 HR% intérieur 59 Perception neutre	27.1 56 légèrement chaud	28.8 51 légèrement chaud	28 52 chaud	28.4 52 neutre
	10 <sup>ème</sup> étage	T°C intérieur 28.4 HR% intérieur 52 Perception chaud	26.3 50 chaud	29.1 51 très chaud	28.3 49 légèrement chaud	28.2 59 légèrement chaud
Est	7 <sup>ème</sup> étage	T°C intérieur 26.3 HR% intérieur 64 Perception neutre	27.6 53 légèrement chaud	28 50 neutre	29.1 47 froid	27.2 48 froid
	9 <sup>ème</sup> étage	Non mesuré				
Ouest	6 <sup>ème</sup> étage	T°C intérieur 26.7 HR% intérieur 49 Perception neutre	27.1 50 légèrement chaud	28 48 légèrement chaud	28 58 neutre	Non mesuré
	11 <sup>ème</sup> étage	T°C intérieur 28.9 HR% intérieur 58 Perception neutre	27.9 52 neutre	27.6 51 légèrement chaud	28.5 50 légèrement chaud	27.1 49 neutre

**Tableau 36 :** Niveau mesuré et perception de l'hydrothermie intérieure pour différentes orientations, en saison froide. (Source : auteur).

## II.3 Analyse des ambiances lumineuses

### II.3.1 Evaluation de l'impact du balcon sur les ambiances lumineuses intérieures

L'étude du balcon, tant qu'un masque solaire (figure 78), nous permis de constater que les espaces qui lui sont annexes, sont :

- ✓ Sur l'orientation Nord sont dépourvues de composantes solaires directes pendant la journée, toute au long de l'année.
- ✓ Tandis, qu'au Sud, il ouvre l'accès aux rayons solaires directs pendant toute la journée en mois de Décembre et l'occulte complètement en mois de Juin.
- ✓ Une vue directe de la voûte céleste de l'intérieur de la pièce annexe au balcon s'offre sur les orientations Est et Ouest, respectivement : entre le lever et 11h00 du matin en Décembre (10h00 pour une profondeur de balcon égale à 1.70m) et 12h00 en Juin (11h00 pour une profondeur de balcon égale à 1.70m) ; de 14h00 au coucher du soleil en Juin (14h30 pour une profondeur de balcon égale à 1.70m) et de 15h00 en Décembre (16h00 pour une profondeur de balcon égale à 1.70m).

#### II.3.1.1 Saison chaude

##### a) Effet de l'orientation

##### ✚ Orientation Nord

Au 6<sup>ème</sup> étage, l'éclairage minimal enregistré au centre du séjour à 9h20, ( $M_1=54$  lux) où le rideau et persiennes sont fermés, est supérieure à celui de la source ( $M_2= 51$  lux), engendré par la lumière diffus et réfléchi par les murs ainsi que la couleur blanche du plafond. La valeur maximale enregistrée à 13h50 ( $M_1=223$  lux) où la porte-fenêtre et le rideau (léger et claire) sont fermés et les persiennes ainsi que la percée du balcon (balcon fermé avec du vitrage simple) sont ouverts.

Au 14<sup>ème</sup> étage, la valeur minimale enregistrée est de  $M_1=88$  lux à 9h30 avec porte-fenêtre, rideau fermés et persiennes à moitié ouvert. La valeur maximale s'élève à  $M_1=108$  lux à 13h30 où la porte-fenêtre, le rideau et les persiennes sont fermées.

Ces valeurs sont très faibles même avec les persiennes ouvertes, le séjour sur cette orientation présente un mauvais confort lumineux. Nous pouvons conclure, que le

balcon occulte la baie vitrée et empêche la pénétration du rayonnement solaire car la façade Nord est complètement masquée en milieu de la journée. En effet, l'origine de la lumière naturelle dans ces pièces est le résultat d'addition des rayons réfléchis externes et internes.

### Orientation Sud

Le niveau d'éclairement naturel au 5<sup>ème</sup> étage est de  $M_1=244$  lux (valeur maximal enregistré) avec  $M_3=230$  lux à 09h30 ; à ce moment-là, la porte-fenêtre et les protections mobiles sont ouvertes pour les tâches ménagères et le renouvellement d'air. Le reste de la journée, uniquement les persiennes qui sont à moitié ouvert (porte-fenêtre et rideau tirés) et l'éclairement minimal est de  $M_1=68$  lux à 18h00 et atteint son maximal à 11h30 avec une valeur de  $M_1=162$  lux.

Au 10<sup>ème</sup> étage, au moment de notre première prise de mesure la porte-fenêtre, le rideau et les persiennes sont encore tirés depuis la veille. Nous avons peut enregistrée  $M_1=91$  lux avec  $M_3=289$  lux à 09h10 et  $M_1=109$  lux avec  $M_3=123$  lux à 11h10. Cette forte différence entre l'intérieur et l'extérieur s'explique par l'attitude des habitants envers leur ouvrant. Ces derniers, ont tendance à occulter la pièce pendant toute la journée pour des raisons thermiques et la pose des meubles qui diminue la surface transparente. Au moment de la deuxième prise de mesure, la valeur de  $M_3$  a fortement baissée, car le linge étendu sur le balcon pour le faire sécher joué le rôle d'un masque pour le passage de la lumière.

Sur cette orientation, les pièces sont bien éclairées mais les valeurs restent inférieures aux normes internationales admises pour la salle de séjour. Toutefois, les habitants n'expriment aucun mécontentement et trouvent la pièce assez éclairée pour l'exécution de la tâche visuelle (regarder la télévision). La source de lumière dans cette pièce est essentiellement de nature lumière réfléchiée par les parois internes et externes.

### Orientation Est

Sur cette orientation la profondeur du balcon, qu'est de 1.10m, occulte le mur du séjour dès l'après-midi et ce, le séjour est exposé au soleil du lever du soleil jusqu'à 13h30. De ce fait, dès l'après-midi, le séjour est privé de la vue de la voûte céleste et son éclairage est une composante des rayons réfléchis (internes/externes).

Au 3<sup>ème</sup> étage, l'éclairement naturel maximal enregistré à 8h50 est de  $M_1=110$  lux et  $M_3=141$  lux à l'extérieur (à ce moment la porte fenêtre et les persiennes étaient semi-ouvert et le rideau complètement ouvert). Ce niveau diminue considérablement la journée (porte-fenêtre fermée, occultée par le rideau et les persiennes, qui ne seront ouverts quand début de soirée, pour une ventilation nocturne) et le minimum enregistré est de  $M_1=18$  lux à 17h20.

Au 9<sup>ème</sup> étage, Le niveau d'éclairement maximal est de  $M_1=199$  lux à 8h40 avec une porte-fenêtre et protections mobiles complètement ouvertes. A 17h10, lorsque la porte-fenêtre, le rideau et les persiennes sont tirés, l'éclairement atteint son minimal avec une valeur de  $M_1= 20$  lux.

### Orientation Ouest

Au 6<sup>ème</sup> étage, le niveau d'éclairement minimal est enregistré à 9h00 est de  $M_1=127$  lux et  $M_3= 183$  lux (seul  $\frac{1}{4}$  des persiennes qu'est fermé, en revanche le rideau et la porte-fenêtre sont complètement ouverts). Les usagers préfèrent tout fermer pour des raisons thermiques et poussières juste après avoir effectué le ménage. Le maximum enregistré est de  $M_1=152$  lux et  $M_3= 338$  à 15h00, ce qui confirme l'analyse des masques solaires qui stipule que la porte-fenêtre est exposée au soleil dès 14h00.

Au 11<sup>ème</sup> étage, l'éclairement naturel est à son minimum avec  $M_1=39$  lux et  $M_3= 84$  lux à 8h30, fenêtre et rideau épais, de couleur sombre (rouge), sont fermés depuis la vielle. D'après l'abaque des masques solaires déduit pour ce type de balcon, la porte fenêtre est totalement ensoleillée à 14h30 et le maximum atteint est de  $M_1=283$  lux et  $M_3= 328$  lux à 15h00 avec rideau, porte-fenêtre et persiennes  $\frac{1}{2}$  ouverts.

Nous concluons que l'inefficacité du masque solaire, expose la façade à des rayons solaires proches de l'horizon, provoque l'inconfort visuel et pousse les occupants à utiliser des protections supplémentaires mobiles ; tel que la pose d'un double voilage plus épais et de couleur sombre.

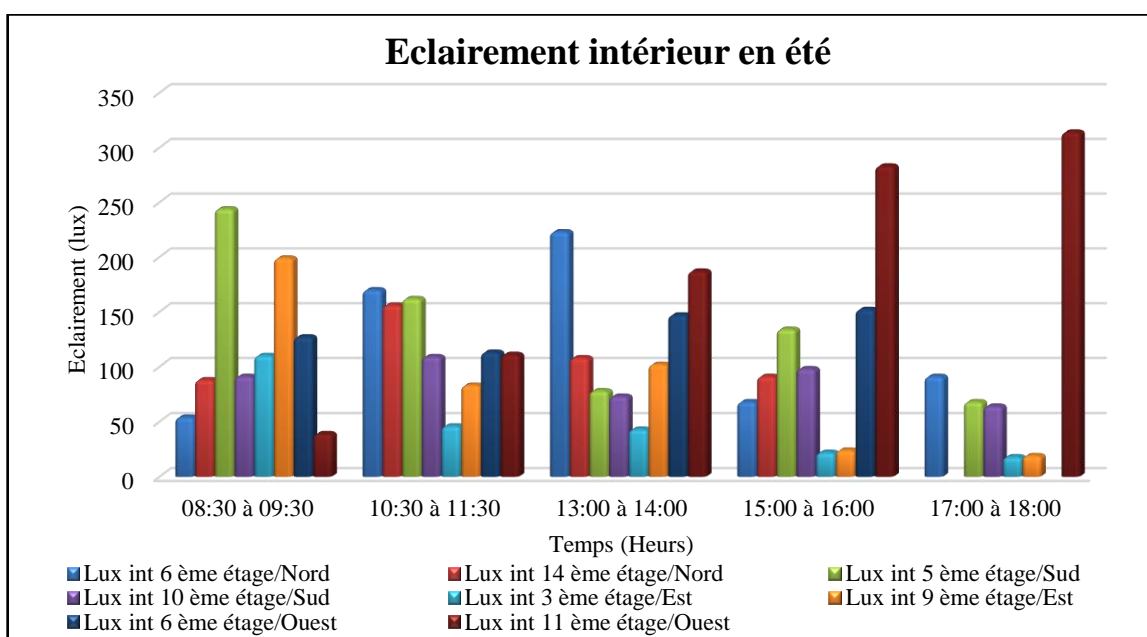
Toutefois, le balcon exerce le rôle de masque solaire du moment où la valeur de l'éclairement enregistrée au milieu du balcon ( $M_3$ ) est supérieure à celle relevée au centre du séjour ( $M_1$ ). Les mesures de  $M_2$  varient selon l'attitude des usagers, plus proches de  $M_3$  quand les occultations mobiles sont entièrement ouvertes. Lorsque, ces dernières sont fermées à 100%, la valeur de  $M_2$  diminue et  $M_1$  prend le dessus grâce à la composante de la

lumière réfléchi par les parois internes du séjour (mur, plafond et objets présents dans la pièce).

**b) Effet de la hauteur**

L'analyse de l'histogramme présenté en figure 97, fait ressortir en premier lieu que les valeurs d'éclairage extérieur évoluent avec la progression des courbes de température extérieure. Par ailleurs, l'inexistence de masque urbain (entourage dégagé), fait que les éclairages des salles de séjour dans les niveaux inférieurs et supérieurs sont indépendants de la hauteur, mais du degré d'ouverture sur l'environnement extérieur.

En outre, l'attitude des habitants envers leur espace extérieur varie selon les besoins en lumière et le contrôle de l'ambiance thermique intérieure. En effet, le niveau de luminosité est plus important aux étages inférieurs sur les orientations Nord et Sud, cela s'explique par l'ouverture de la porte fenêtre sur l'extérieur et l'occultation partielle offerte par les protections mobiles. Contrairement à l'éclairage enregistré dans la pièce annexe au balcon à l'Est et l'Ouest, sont de moindres importances dans les étages inférieurs à ceux des étages supérieurs ; bien que le balcon Ouest au 11<sup>ème</sup> étage soit plus profond.



**Figure 97 :** Les éclairages intérieurs ( $M_1$ ) dans le Séjour, pour différentes orientations et niveaux, (saison chaude). (Source : auteur).

### II.3.1.2 Saison froide

#### a) Effet de l'orientation

##### Orientation Nord

Au 6<sup>ème</sup> étage, à 09h15, heure à laquelle la porte-fenêtre et le rideau sont ouverts, nous avons enregistré la valeur d'éclairement de  $M_1=23$  lux (avec  $M_2=26$  lux et  $M_3=27$  lux). Le niveau minimal enregistré est de  $M_1=11$  lux à 17h00 (soleil proche de l'horizon) avec persiennes ouverts ( $M_2= 14$  lux et  $M_3= 10$  lux). La valeur maximale enregistrée est de  $M_1=43$ lux à 13h15 avec les mêmes conditions de prise de mesures. Ce déficit lumineux, est expliqué par l'origine de l'éclairement dans cette pièce (lumière réfléchie interne et externe) et à la qualité du ciel le jour des prises de mesures.

##### Orientation Sud

Au 3<sup>ème</sup> étage, où les persiennes sont ouvertes sur la totalité et fenêtre avec rideau complètement fermés, la valeur minimale enregistrée est de  $M_1=45$  lux à 09h30, (avec  $M_2=99$  lux et  $M_3=30$ lux) et la valeur maximale est de  $M_1=348$  lux à 15h30. Contre  $M_2$  et  $M_3$  respectivement (103 lux et 158 lux). Toutefois, le confort visuel dans la pièce n'est atteint qu'avec la participation de la lumière artificielle (trois lampes de 75 W).

Au 10<sup>ème</sup> étage, l'éclairement minimal est de  $M_1=33$  lux à 16h45 ( $M_1=39$  lux à 9h00) ; seul  $\frac{1}{4}$  des persiennes ouvertes pour laisser passer la lumière naturelle. Ce niveau augmente jusqu'à 90 lux au milieu de la journée et atteint son maximum à 15h00 avec  $M_1=99$  lux.

Sur cette orientation, la paroi du balcon est complètement exposée au soleil entre 10h00 et 16h00, rien n'empêche les habitants en recours à la lumière artificielle dès que le niveau de luminosité diminue.

##### Orientation Est

L'analyse du bilan d'éclairement de la paroi séparant le séjour du balcon sur le diagramme polaire, nous révèle que la porte fenêtre est exposée à la lumière directe du lever du soleil jusqu'à environ 10h30 et le reste de la journée, la pièce ne voit presque rien du ciel. Elle est essentiellement éclairée par les composantes de la lumière réfléchie interne et externe.

La valeur maximal de luminosité enregistrée à l'intérieur de la salle de séjour au 7<sup>ème</sup> étage, (le 22 Décembre), est de  $M_1=77$  lux ( $M_2=131$  lux et  $M_3= 113$  lux) à 10h30 avec porte-fenêtre et rideau tirés, par contre les persiennes sont complètement ouvertes. L'éclairement diminue considérablement en fin de journée, le minimum atteint est de  $M_1=9$  lux à 17h15 ( $M_2=11$  lux et  $M_3=14$  lux), avec la même attitude vis-à-vis de l'espace extérieur.

### Orientation Ouest

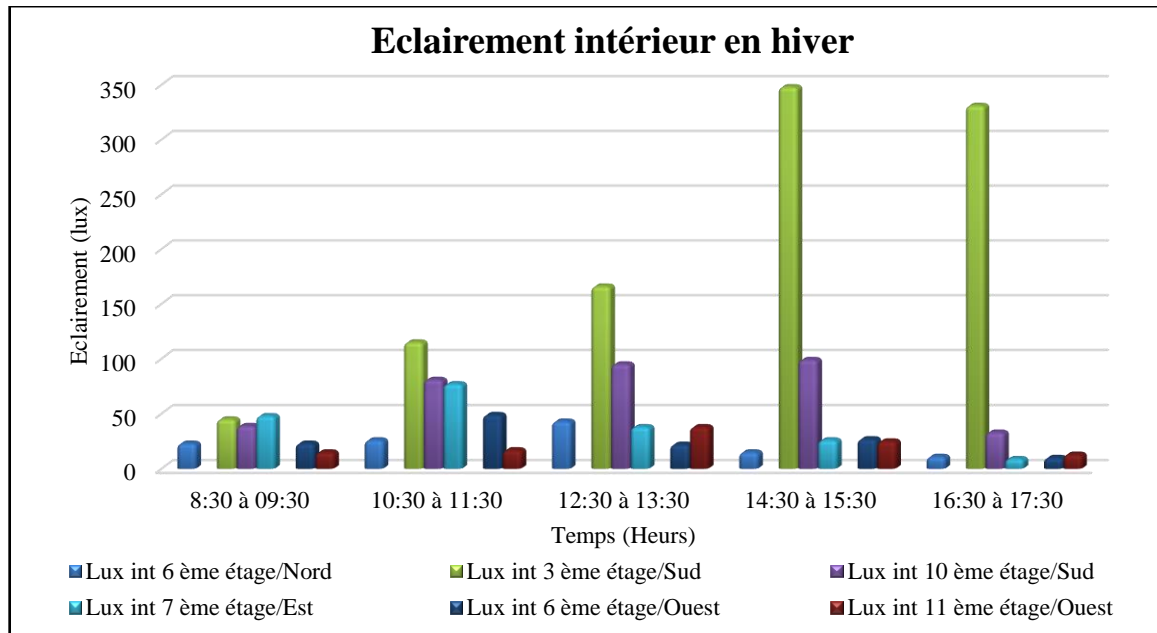
Sur cette orientation, les séjours bénéficient d'un éclairage direct très réduit qu'en fin de journée, à environ 15h00 au 6<sup>ème</sup> étage et 16h au 11<sup>ème</sup> étage, indépendamment de la hauteur de l'étage mais des angles d'ombre VSA et HSA (déduit du diagramme solaire pour chaque profondeur du balcon propre au type de logement).

A l'étage inférieur, l'éclairement minimal est de  $M_1=10$  lux à 16h30 (seul  $\frac{1}{2}$  des persiennes ouverts), et le maximal atteint est de  $M_1=49$  lux, au moment du ménage, à 10h30 où le rideau, porte-fenêtre et le masque mobile sont ouverts.

Au niveau de l'étage supérieur, nous observons le même comportement envers l'environnement extérieur quand été, exigé par le choix de l'aménagement du mobilier qui condamne la moitié de la porte-fenêtre (1/4 de la baie vitrée ne s'est pas fermé de la journée, rideau et persiennes tirées à moitié). L'éclairement minimal est de  $M_1=10$  lux à 17h00 et  $M_1=15$  lux à 09h00, atteint son maximum de  $M_1=38$  lux à 13h00.

### b) Effet de la hauteur

D'après l'histogramme présenté ci-après, donnant les valeurs de luminosité au centre de la salle de séjour, nous constatons que les éclairages sont très médiocres par rapport aux recommandations définies par les normes internationales ( $\geq 300$  lux). Aucun bouleversement sur la qualité des ambiances lumineuses n'a été engendré par la différence de niveau du balcon, sur une même orientation ; sauf celui produit par l'attitude des usagers de l'espace. Ces valeurs évoluent, généralement, avec la température de la journée. La luminosité est plus élevée au milieu de la journée, lorsque le soleil prend la position la plus haute dans le ciel et azimut nul.



**Figure 98 :** Les éclairagements intérieurs ( $M_1$ ) dans le Séjour, pour différentes orientations et niveaux, (saison froide). (Source : auteur).

### II.3.2 Perception des ambiances lumineuses intérieures par les habitants

L'évaluation de la qualité d'éclairage naturel dans ces appartements montre que les valeurs mesurées sont médiocres par rapport aux valeurs recommandées par les différentes normes internationales d'éclairage. En revanche, malgré ces modestes valeurs mesurées, les habitants ont jugé l'ambiance lumineuse dans ces pièces communes, comme étant suffisamment bonne. L'explication est en rapport avec le facteur psychologique qui influence sur la satisfaction environnementale des usagers, bien que les valeurs d'éclairage soient en-dessous des besoins visuels pour une bonne perception de la tâche.

#### II.3.2.1 En saison chaude

En se basant sur les valeurs d'éclairage indiquées dans le présent tableau 37, nous constatons que les habitants ont perçu la qualité d'éclairage de leur salle de séjour comme non satisfaisante sur les orientations Nord et Est pendant la matinée et fin d'après-midi. Les maitresses de maison, font part, dans certain cas, d'une même sensation pour évaluées deux prises de mesures divergentes.

Les séjours orientés Sud, au 5<sup>ème</sup> étage, sont perçus comme étant très claire entre 11h et 15h, coïncidant avec le moment où l'azimut soleil est plus proche du Sud. Les valeurs

## Chapitre IV : Interprétation et analyse des résultats de l'investigation

d'éclairage mesurées au 10<sup>ème</sup> étage sont moins importantes qu'aux précédentes car, pour des raisons d'occultation, les persiennes étaient fermées et le rideau tiré. Les usagers de l'espace ont perçu la qualité de l'ambiance lumineuse comme étant neutre.

Comme pour les conditions thermique, l'orientation Ouest affecte aussi la qualité de l'ambiance lumineuse dans les pièces trouvées sur son côté. Elles sont les plus éclairées à cette période de l'année dès le début d'après-midi. Les usagers de l'espace sont très satisfaits et le qualifient de très éclairé, surtout au 11<sup>ème</sup> étage ; jusqu'à prévoir un cache rideau opaque de couleur foncé pour diminuer l'éclairage, source de gêne visuelle dans certains cas (l'éblouissement).

N° d'habitat	Eclairage	08:30 à 09:30	10:30 à 11:30	13:00 à 14:00	15:00 à 16:00	17:00 à 18:00
Nord	6 <sup>ème</sup> étage	Lux 54	170	223	68	91
	Perception	sombre	Légèrement claire	neutre	sombre	sombre
Nord	14 <sup>ème</sup> étage	Lux 88	156	108	91	Non mesuré
	Perception	neutre	neutre	Légèrement sombre	Légèrement sombre	
Sud	5 <sup>ème</sup> étage	Lux 244	162	78	134	68
	Perception	neutre	Très clair	Très clair	clair	Légèrement sombre
Sud	10 <sup>ème</sup> étage	Lux 91	109	73	98	64
	Perception	neutre	neutre	neutre	neutre	neutre
Est	3 <sup>ème</sup> étage	Lux 110	46	43	22	18
	Perception	sombre	Légèrement sombre	neutre	neutre	sombre
Est	9 <sup>ème</sup> étage	Lux 199	83	102	24	19
	Perception	sombre	Légèrement sombre	neutre	neutre	neutre
Ouest	6 <sup>ème</sup> étage	Lux 127	143	147	152	Non mesuré
	Perception	claire	neutre	neutre	Très clair	
Ouest	11 <sup>ème</sup> étage	Lux 39	111	187	283	414
	Perception	neutre	clair	Très clair	Très clair	Très clair

**Tableau 37 :** Niveau mesuré et perception d'éclairage intérieur, pour différentes orientations, en mois de Juin. (Source : auteur).

### II.3.2.2 En saison froide

L'étude de l'éclairage naturel dans ces différents appartements en mois de Décembre (résumée dans le tableau 38), montre des valeurs très faibles par rapport aux normes d'éclairage ( $\geq 300$  lux). En particulier, dans le cas des séjours orientés Nord. Notamment, la qualité du ciel le jour des prises de mesures a aussi bouleversé les résultats (le 21 Décembre le ciel était très nuageux en début de matinée à peu nuageux, puis clair en fin de journée ; y

## Chapitre IV : Interprétation et analyse des résultats de l'investigation

compris le 22 du mois, le ciel été invisible sous brouillards, jusqu'à environ 11h30, (voir figure 80).

Néanmoins, malgré ces modestes valeurs enregistrées, les habitants sur ces orientations (Nord et Est), expriment leur satisfaction, et qualifient la situation d'éclairément dans ces pièces de neutre (15 lux). Contrairement aux habitants à l'Ouest, habitués au niveau d'éclairément élevé en été, sont moins satisfaits et jugent la situation sombre pour une même valeur enregistrée (15 lux). Nous pouvons déduire que la satisfaction en luminosité disponible est un facteur d'habitude.

A l'exception du Sud, où les valeurs enregistrées sont en moyennes plus élevées mais n'atteignent toujours pas le seuil recommandé qu'avec la participation de la lumière artificiel pour atteindre le confort visuel (3<sup>ème</sup> étage). L'interviewée (la mère) fait part de deux sensations différentes pour un éclairément avoisinant les 90 lux. Cette différence de sensation perçue, changeante avec le temps pour un même espace, nous permet de conclure que les besoins en lumière sont en fonction du devenir de l'espace (de ce que les habitants font de leur espace).

N° d'habitat		Eclairément	08:30 à 09:30	10:30 à 11:30	12:30 à 13:30	14:30 à 15:30	16:30 à 17:30
Nord	6 <sup>ème</sup> étage	Lux	23	26	43	15	11
		Perception	clair	clair	neutre	neutre	neutre
	-	Lux Perception	Non mesuré				
Sud	3 <sup>ème</sup> étage	Lux	45	115	166	348	331
		Perception	Très clair	Très clair	Légèrement sombre	neutre	neutre
	10 <sup>ème</sup> étage	Lux	39	81	95	99	33
		Perception	neutre	clair	clair	neutre	Légèrement sombre
Est	7 <sup>ème</sup> étage	Lux	48	77	38	26	09
		Perception	clair	neutre	neutre	neutre	neutre
	-	Lux Perception	Non mesuré				
Ouest	6 <sup>ème</sup> étage	Lux	23	49	22	27	10
		Perception	Très sombre	Légèrement clair	sombre	sombre	sombre
	11 <sup>ème</sup> étage	Lux	15	17	38	25	13
		Perception	sombre	Légèrement sombre	neutre	Légèrement clair	Légèrement sombre

**Tableau 38 :** Niveau mesuré et perception d'éclairément intérieur pour différentes orientations, en mois de Décembre. (Source : auteur).

### Synthèse

A travers notre investigation dans les appartements donnant sur différentes orientations et hauteurs, nous avons cherché à relever l'impact du balcon, qui pourrait y avoir sur la qualité des ambiances intérieures de l'espace qu'il lui est adjacent. Nous avons pu déduire que celui-ci est en fonction de plusieurs paramètres à savoir, la géométrie du balcon, l'orientation, le niveau par rapport au sol et l'attitude des occupants vis-à-vis de leur espace.

L'analyse du balcon entant que masque solaire (protection fixe) nous a permis de relever le sous dimensionnement de ce dernier. De ce fait, la façade n'est occultée que partiellement, avantageux pendant la période hivernale où le gain passive est recherché ; mais en été il expose l'espace annexe aux surchauffes et l'éblouissement. De ce fait, l'efficacité du rapport balcon/séjour, n'est optimale qu'en orientation Sud par rapport aux orientations Est et Ouest, par contre l'orientation Nord n'exige aucun masque solaire.

De notre étude subjective, dans ces prises de mesures, nous avons déduit qu'en générale, les habitants expriment satisfaction sur toutes les orientations (Nord, Sud et Est) indépendamment de la hauteur, que ça soit en période estivale où hivernale. A l'exception des personnes habitants sur l'orientation Ouest, ces derniers expriment une situation de gêne visuelle, engendrée par une ambiance lumineuse trop éclairée en été où très sombre en hiver.

L'observation comportementale des occupants et leur attitude envers la porte communicante nous a révélé que les habitants des niveaux inférieurs ouvrent la porte-fenêtre de leur espace extérieur (balcon) plus que ceux aux étages supérieur (une recherche de fraîcheur).

Quant à la lumière naturelle, les habitants utilisent des protections mobiles (voilages et persiennes) pour contrôler le niveau d'éclairage naturel des pièces intérieures ; du moment où le masque architectural (balcon) n'empêche pas la vue de la voûte céleste de l'intérieur du séjour. En effet, nous avons pu enregistrer des niveaux d'éclairement beaucoup moins importants que ceux formulés par les normes internationales ; n'empêchant pas les habitants à accomplir la tâche visuelle, dédiée à ce même espace, et ce pour des motifs culturels et sociaux.

### Conclusion

Par ce présent chapitre nous avons essayé, à l'aide de deux campagnes de mesures objective/subjective (enquête psycho-social et mesures physiques), d'étudier la qualité des ambiances dans l'habitat contemporain, liée aux paramètres du climat, particulièrement celle engendrée par l'ensoleillement et l'impact de l'espace balcon sur la pièce qu'il lui est adjacente tant que masque architectural, susceptible d'améliorer ces qualités : hygrothermique et lumineuses.

- ✓ Dans l'investigation subjective, il ressort que la sous-performance de l'habitat contemporain, est attribuée à plusieurs causes parmi lesquelles l'aménagement spatial et l'ignorance des critères conceptuels, sont les plus importants. En effet, l'étude par questionnaire nous a révélé que la conception, est inadaptée aux modes de vie locaux, exprimée par des réappropriations spatiales, principalement sur l'espace balcon, pour des raisons socio-environnementales.
- ✓ Dans l'investigation objective, les résultats obtenus des mesures hygrothermiques et lumineuses confirment l'inadaptation de l'habitat contemporain aux conditions climatiques locaux. En fait, les températures intérieures sont en dehors de la zone de confort et le niveau d'éclairage est au-dessous des normes en vigueur, perçu comme satisfaisant par les habitants dans certains cas. Ce qui montre une méconnaissance de l'impact de l'orientation par rapport à la fonction de l'espace.

Par ailleurs, la comparaison de nos résultats, confirme notre hypothèse que l'espace extérieur (balcon) peut jouer un rôle important dans l'amélioration de la qualité socio-environnementale des logements contemporains futurs, si certaines précautions et considérations seront prises en compte. Cette qualité est en fonction de son dimensionnement (surface et forme), l'organisation spatiale du plan d'aménagement de l'appartement, de son orientation par rapport à l'environnement naturel et matériel et enfin, la fonction d'usage déterminée pour cet espace extérieur.

Finalement, l'efficacité de l'espace balcon, dépend fortement de son orientation et l'incompétence conceptuelle apparaît sur la standardisation des façades, qui s'offre par une organisation spatiale similaire sur les différentes orientations ; qu'est signe de perte du savoir concernant les éléments du climat dans nos réalisations contemporaines.



# **CONCLUSION GENERALE**



## Conclusion générale

A travers cette étude, nous avons mené une réflexion sur les ambiances hygrothermiques et lumineuses dans l'habitat contemporain Tizi-Ouzien, en dégagant l'impact de l'espace extérieur intermédiaire sur la qualité de ces ambiances à l'intérieure du logement. Nous sommes restés concentrés sur un seul et même fil conducteur qui est l'espace balcon et chaque chapitre répond à une problématique précise pour une bonne maîtrise de notre thème.

Notre investigation sur la notion de l'habitat nous a permis de distinguer l'interaction qu'entretient l'individu avec celle-ci. Finalement, ce lieu ne peut exister sans la présence de son usager qui trouve ces repères dans cet espace et lui donne signification formelle par son comportement au quotidien.

Parvenu à terme de cette recherche nous sommes maintenant en mesure de répondre à notre problématique énoncée au début. L'espace extérieur joue un rôle important en ce qui concerne la préservation d'une relation dynamique entre l'intérieur et l'extérieur. En outre, l'abandon du traditionnel au profit du contemporain a permis l'apparition de nouveaux concepts résidentiels.

En effet, la forte demande en logement, et la rapidité d'exécution des projets dans le secteur résidentiel, ne peut être aujourd'hui considérée comme des raisons pour négliger la qualité des ambiances intérieures dans l'habitat contemporain. Il s'agit de l'analyser et de l'adapter aux conditions socio-environnementales locales en exploitant des savoir-faire et des expériences traditionnelles dans ce domaine. Il faut prendre en considération l'exploitation des paramètres climatiques dès la première phase de conception, permettant ainsi la diminution des besoins en chauffage et climatisation, cher et pas accessible à tous. Réalisant ainsi des économies en énergie et offrant une protection écologique.

Dans ce travail, nous nous sommes concentrés sur l'espace extérieur domestique, définissant la transition entre l'espace public et l'espace privé. La conception d'un tel espace n'obéit à aucune règle architecturale, transformée par rapport au concept antérieur. Il est aujourd'hui, orienté arbitrairement par rapport aux paramètres physiques du climat ; sans tenir compte de l'ensoleillement et des conséquences sur la quantité d'insolation reçue. Aussi sa situation spatiale dans le logement est arbitraire par rapport aux pièces internes, entre espace nuit/jour et commun/privé. C'est ainsi que des modifications individuelles, des

dispositifs particuliers, des interventions humaines, sont requis pour rendre ces espaces moins désagréables et plus efficaces que possible aux besoins des usagers.

Bien que le taux d'obstruction des balcons soit très faible, dans nos résultats d'enquête, l'observation des façades de nos cas d'étude nous permis de constater l'ampleur du phénomène de transformation individuelle, principalement sur l'espace balcon ; dû à la négligence du paramètre d'évolution des familles et l'usage des espaces intérieurs. Engendrant ainsi l'échec partiel des opérations mis en place pour pallier à ce problème.

Par ailleurs, Il ressort de l'étude bioclimatique de la ville de Tizi-Ouzou, que les variations climatologiques sont moins rudes et donc plus facilement tolérables mais toutefois nous distinguons deux grandes périodes où le balcon peut être plus efficaces en termes de masque solaire et de système de ventilation naturelle.

En effet, la ventilation transversale, dans notre cas (les pièces non qu'une seule exposition à l'extérieur et la direction des vents dominants est d'Ouest ou Nord-Ouest), peut apporter une grande amélioration dans le mouvement d'air du bâtiment en disposant des balcons conçus en même temps que les ouvertures ; afin de créer des zones de pression et de dépression sur la façade [Givoni B. 1978]. En effet, la ventilation naturelle est la stratégie la plus efficace pour restituer le confort dans les habitats contemporain. Il est aussi recommandé, en plus de la ventilation naturelle, d'augmenter l'inertie thermique de l'enveloppe (selon Givoni B. 1978 ; Izard J-L. 1979 et 1993).

Cependant, tout au long de la démarche, nous nous sommes basés sur des références bibliographiques ayant étudiées le domaine solaire pour exposer les différentes finalités des ambiances hygrothermiques et lumineuses engendrées par le soleil. Effectivement, dans l'étude expérimentale, nous avons procédé en premier lieu par approcher les dimensions socio-environnementales de l'espace balcon moyennant d'une évaluation du niveau de satisfaction des habitants à l'égard de leur logement. Puis dans un second lieu, nous nous sommes intéressés à l'interaction entre la conception des espaces extérieurs et les ressources naturelles d'énergie, le soleil en particulier.

Les mesures, des valeurs physiques relevées dans les foyers sont liées à la qualité des ambiances hygrothermiques et lumineuses, ont été effectuées en faisant varier l'orientation et le niveau des hauteurs des espaces extérieurs sans oublier l'analyse des comportements

quotidiens des habitants à l'égard de ces espaces privés. Grace à des indices quantifiables tels que la température de l'air, l'humidité relative et l'éclairage naturel nous avons pu quantifier le degré d'intégration de ces espaces extérieurs privés dans le quotidien des habitants. Pour ce faire, certaines évaluations ont été relevées, telles que :

- L'effet du masque solaire en fonction de l'orientation ;
- Une comparaison entre la variation journalière interne et externe de ces paramètres physiques ;
- L'influence de l'orientation de l'espace en fonction de ces paramètres ;
- L'influence du niveau d'étage en fonction de ces paramètres ;
- Le niveau de satisfaction des habitants quant aux besoins du confort à l'intérieur de la pièce principale et le comportement quotidien des occupants dans les espaces en question pour assurer leur satisfaction vis-à-vis de ces ambiances.

La représentation des moyennes de températures et humidités relatives mesurées dans les différents appartements sur la température neutre, montre que toutes les orientations sont en dehors de la zone de confort. En effet, la campagne de mesure montre généralement une sous performance hygrothermique de l'habitat contemporain.

Quant à la qualité lumineuse, les salles de séjour présentes de faible condition d'éclairage, les habitants craignent, outre du problème de surchauffe, le risque d'avoir un fort éblouissement dans leurs pièces s'ils ouvrent les stores pendant la journée. Cependant, ils ont fait part de leur satisfaction à l'égard de la qualité des ambiances lumineuses. Nous pouvons conclure que la seule présence d'un éclairage naturel même faible suffit à les satisfaire.

De plus, il ressort de l'étude de l'ensoleillement des balcons l'inadaptation de la configuration de celui-ci en tant que masque solaire sur les différentes orientations. Par exemple, le balcon sur l'orientation Sud, est favorable tant pour le confort hygrothermique que visuelles ; contrairement au balcon sur l'orientation Ouest, il apporte aucun confort. Ceci est le signe du manque d'intégration des éléments du climat dans la conception à référence internationale.

L'ensemble des résultats relevés dans la partie expérimentale nous permet d'affirmer le rôle crucial du balcon tant social qu'environnemental. En effet l'étude analytique selon

laquelle il apparaît nécessaire de réévaluer les réglementations architecturales et urbaines adoptées<sup>2</sup>, (prévoir des prescriptions conceptuelles et techniques applicables aux régions du Nord et définir un niveau d'éclairage domestique minimal, en fonction de l'usage).

Ainsi que la nécessité d'une révision générale à l'échelle du logement (l'aménagement intérieur spatial), pour un habitat futur de qualité ; par exemple il faut prévoir suffisamment d'espaces de rangement, séparation entre privé et commun, ... pallier entre intimité, sécurité et confort climatique tout en répondant aux exigences socio-culturelles de la région.

En outre, l'étude subjective menée sur la qualité des ambiances dans l'habitat collectif à Tizi-Ouzou nous permet de confirmer notre hypothèse selon laquelle les pratiques et comportements sont une manière d'expression de l'individu tout en s'adaptant à un mode d'habiter qu'il ne lui été pas destiné. Par exemple les différentes fonctions attribuées à un seul et même espace, le balcon qui marque la façade.

En fin, l'objectif de notre travail est multiple, mais l'essentiel a été de s'interroger sur la pertinence de la question de l'espace extérieur privé et la nécessité de devoir l'intégrer dans le logement collectif. Par cette étude, nous avons souhaité mettre un accent sur ce vide dans la façade, négligé par les concepteurs, réfléchi juste en tant qu'élément décoratif. Et ce, pour faire de lui un réel espace habité qui contribue à l'amélioration des ambiances intérieures ; tout en faisant partie du paysage urbain.

### **Limites de la recherche et perspectives**

Les résultats de cette étude ne peuvent être généralisés car l'analyse ne s'est portée que sur une population ayant les mêmes caractéristiques socioculturelles et climatiques, occupants une même typologie. Cela ne peut satisfaire la vérification de l'ensemble des paramètres intervenant dans la production de l'espace balcon. Il s'agit désormais de proposer d'autres pistes de réflexions ayant pour finalité de compléter ce travail de recherche. Ainsi il serait intéressant de :

---

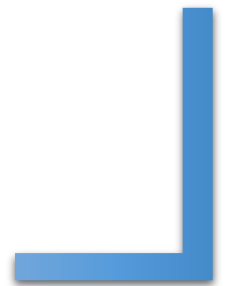
<sup>2</sup> Décret exécutif N°91-05 du 19 janvier 1991, relative aux prescriptions générales de protection applicables en matière d'hygiène et de sécurité en milieu de travail. Section 3 : les valeurs minimales d'éclairage.  
Décret exécutif n°14-27 du 1/02/2014, fixant les prescriptions urbanistiques, architecturales et techniques applicables aux constructions dans les wilayas du Sud.

- ✓ En premier lieu, pour l'enrichissement de cette étude, il serait opportun d'utiliser des moyens informatiques, pour comparer nos résultats et le calcul des dimensions du balcon ; pour une conception d'habitat future de qualité. En effet, le recours à des logiciels de calcul, de simulation et modélisation, nous aurait permis d'obtenir des résultats bien plus précis sur le plan physique.
- ✓ Pour un territoire comme l'Algérie, il est naturel de suivre la même démarche que celle suivie pour notre travail mais sur des zones climatiques différentes avec une population différente afin de contribuer à la révision des réglementations architecturales et urbaine.
- ✓ De même il semblerait intéressant de mener une étude comparative entre l'habitat contemporain et l'habitat traditionnel, pour comparer la performance du balcon et celle de la cour en tant que régulateur d'ambiances solaires ; dans les différents climats.
- ✓ Pour confirmer le rôle du balcon, nous pourrions réfléchir sur une étude socio-environnementale, des logements collectifs sans balcon. L'analyse d'un tel cas nous permettra de vérifier ce rôle de régulateur d'ambiances internes et de dégager les stratégies adoptées par les individus pour pallier l'absence d'un tel espace.
- ✓ Cette étude peut être étendue vers les zones arides afin de vérifier l'application des prescriptions urbanistiques, architecturales et techniques aux constructions, fixées par le décret exécutif n°14-27 du 1/02/2014 ; dans les wilayas du Sud. Notamment, évaluer son efficacité à répondre aux exigences socioculturelles et climatiques de la région.

Ces nombreuses perspectives qui s'offrent à nous font du bâtiment un large champ expérimental pour une conception future de qualité.



**REFERENCES**  
**BIBLIOGRAPHIQUES**



## Références bibliographiques

- Auliciems A. & Szokolay S. V. (2007)** THERMAL CONFORT. Passive and Low Energy Architecture International – DESIGN TOOLS AND TECHNIQUES, en association avec le Département d'Architecture de l'Université De Queensland. 2<sup>ème</sup> Edition : PLEA, Brisbane.
- APRUE. (2010)** Recueil de textes législatifs et réglementaires sur la maîtrise de l'énergie. Edition : Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de L'Energie.
- Arhab F. (2014)** Evaluation du confort thermique dans les établissements scolaires. Etude comparative des ambiances thermiques des salles de cours du plan type des écoles primaires « Alger et Biskra ». Mémoire de magistère. EPAU. Alger, 2014
- Badeche M. (2008)** Impact de la loggia vitrée sur le confort thermique – Dans la région de Constantine. Mémoire de magistère, Université Mentouri de Constantine.
- Bakli M.** Contribution à l'analyse de la problématique de l'habitat en Algérie. Colloque International- Alger : cinquante ans d'expériences de développement Etat- Economie- Société
- Bahlouli A. (2000)** Politique de l'habitat et processus de financement du logement social en Algérie. Mémoire de magistère. EPAU-Alger.
- Barbey G. (1990)** L'évasion domestique : essai sur les relations d'affectivité au logis. Collection d'architecture. Edition : Presses polytechniques et universitaires romandes, Laossane.
- Bedar A. (2012)** Le rôle du minéral et du végétal dans la régularisation des ambiances hygrothermiques extérieures, Mémoire de magistère, Université de Biskra.
- Bellara S. (2005)** Impact de l'orientation sur le confort thermique intérieur dans l'habitation collective. Cas de la nouvelle ville Ali Mendjeli Constantine. Mémoire de magistère. Université Mentouri - Constantine.
- Bendani Oulmane N. (2001)** Pour une requalification des espaces communautaire dans l'habitat collectif. Cas d'étude : les cités du plateau des Annassers. Mémoire de magistère. EPAU-Alger.
- Benlakehal N. (2014)** Les balcons d'Alger entre aspiration et réalité sociale : Evaluation et analyse de l'espace balcon dans le logement collectif. Mémoire de magistère. EPAU-Alger.
- Benamrane D. (1980)** Crise de l'habitat et perspectives de développement socialiste en Algérie : en annexe, textes définissant les politiques. Editeur : Centre de recherche en économie appliquée. Alger.
- Benevolo L. (1987)** Histoire de l'architecture moderne, « l'inévitable éclectisme (1960-1980), édition : Dunod. Paris, France.

- Bodart M. (2005)** La fenêtre, source de lumière et de chaleur. Chargée de recherche FNRS-architecture et climat. Université catholique de Louvain, le 22 novembre 2005
- Bodart M.** Présentation du guide d'éclairage naturel. Chargée de recherche FNRS-architecture et climat. Université catholique de Louvain.
- Bodart M. et Deneyer A.** Principes de base de l'éclairage naturel et du confort visuel. Chargée de recherche FNRS- architecture et climat. Université catholique de Louvain Architecture et Climat.
- Boukerma C.** Le tourisme urbain, illustré par la ville de Tizi-Ouzou – Chapitre 2 : présentation de la zone d'étude. Mémoire de Master II, En sciences économiques, « développement local, tourisme et valorisation du patrimoine. Université de Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou.
- Chabane L. (2010)** Contribution à la définition d'une procédure d'audit énergétique dans l'habitat en Algérie. Mémoire de magistère. EPAU. Alger.
- Chelghoum Z. & Belhamri A. (2001)** Habitat à bas profil Energétique. Rev. Energ. Ren : Journées de Thermique (2001) 59-64.
- Collectif. (2008)** Balcons, patios & terrasses. Collection : Archi/design/déco. Edition : PLACE DES VIXTOIRES.
- Courgey S. et Oliva J-p. (2006)** La conception bioclimatique : des maisons économes et confortables en neuf et en réhabilitation. Edition : Terre vivante.
- Côte M. (1988)** L'Algérie ou l'espace retourné, édition : Flammarion, Paris.
- Dahmani M. (1990)** Atlas économique et sociale de la Grande-Kabylie. Edition OPU, Alger.
- Daich S. (2011)** Simulation et optimisation du système Light Shelve sous des conditions spécifiques – Cas de la ville de Biskra. Mémoire de magistère. Université de Biskra.
- Daoudi N-S. (2013)** Bilan et perspectives de la démarche interdisciplinaire appliquée à la caractérisation des ambiances et leur rapport au vécu. Cas d'un édifice à atrium colonial d'Alger. Thèse de Doctorat en Sciences. EPAU-Alger.
- Dirahoui M. A. (2014)** Caractéristique de la qualité de l'environnement lumineux à l'intérieur des ateliers d'architecture à l'EPAU. Mémoire de magistère. EPAU. Alger, 2014
- Dubois C. (2006)** confort et diversité des ambiances lumineuses en architecture – L'influence de l'éclairage naturel sur les occupants. Mémoire de Maitrise. Université Laval, Québec.
- Givoni. B. (1978)** L'homme, l'architecture et le climat. Edition : Moniteur. Paris.
- Grolier M. (2013)** Le balcon, entre ornement et débarras. Master 2 Habitats & énergies. Ecole d'architecture de Marne la Vallée.
- Haj Hussein M. (2012)** Investigation sur la qualité des ambiances hygrothermiques et lumineuses des habitats palestiniens. La cour : contribution environnementale et socioculturelle. Thèse de Doctorat en Mécanique, Université de Bordeaux 1. Les sciences et les technologies au service de l'homme et de l'environnement.

- Haraoubia I. (2011)** La qualité du logement social en Algérie. Regard sur les ouvrages de gros-œuvre, Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Marseille.
- Heraou A. (2012)** Evolution des politiques de l'habitat en Algérie le L.S.P comme solution à la crise chronique du logement. Cas d'étude la ville de Chelghoum laid. Mémoire de magistère. Université de Sétif.
- Izard J-L. (2006)** Les diagrammes solaires, ENVIROBAT-Méditerranée, Juillet 2006.
- Izard J-L. (1993)** Architecture d'été. Construire pour le confort d'été. Edition : EDISUD, la Calade, Aix-en-Provence.
- Izard J-L & Guyot A. (1979)** Archi Bio. Edition : Parenthèses.
- Izard J-L & Kaçala O.** Les données thermo-hygro-métriques méditerranéennes. Laboratoire ABC, ENSA Marseille. ENVIROBAT-Méditerranée.
- Kesraoui N. (2010)** Intégration du concept bioclimatique et utilisation rationnelle de l'énergie dans le bâtiment tertiaire en climat méditerranéen (cas de l'Algérie). Mémoire de magistère. Université de Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, 2010.
- Lakabi M-S. (2002)** Modes d'appropriation et pratiques de l'espace – cas de la nouvelle-ville de Tizi-Ouzou. Mémoire de magistère, EPAU-Alger.
- Lavergne M. (2009)** OPPORTUNITES SOLAIRES PASSIVES : Optimisation du confort et de la consommation énergétique d'un espace séjour avec serre accolée. Thèse pour l'obtention du grade de maître en architecture. Université LAVAL. QUEBEC, 2009.
- Lavigne P. (1994)** Architecture climatique, Une contribution au développement durable. Tome 1 : Bases Physiques, Alain Chatelet, Collaboration Paul Brejon et Pierre Fernandez ; Edition : Edisud.
- Lavigne P. (2000)** Architecture climatique, Une contribution au développement durable. Tome 2 : Concepts et dispositifs, Alain Chatelet, Pierre Fernandez, Pierre Lavigne ; Ed. Edisud.
- Lefebvre H. (1970)** La révolution urbaine. Edition : Gallimard. Paris.
- Liébard A. & De Herde A. (2005)** Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques : Concevoir, édifier et aménager avec le développement durable. Edition : Observ'ER ; France.
- Mazari M. (2012)** Etude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public : cas du département d'Architecture de Tamda (Tizi-Ouzou). Mémoire de magistère, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2012.
- Mazria E. (2005)** Le guide de l'énergie solaire passive. Edition : Parenthèses, France.
- Merzeg A. (2010)** La réhabilitation thermique de l'habitat contemporain en Algérie. Mémoire de magistère. UMMTO.
- MEDDOUR S. (2008)** Impact de l'éclairage zénithal sur la présentation et la préservation des œuvres d'art dans les musées – Cas du musée Cirta de Constantine. Mémoire de magistère. Université Mentouri de Constantine.

- Medjelekh D. (2006)** Impact de l'inertie thermique sur le confort hygrothermique et la consommation énergétique du bâtiment. Car de l'habitation de l'époque coloniale à Guelma. Mémoire de magistère. Université Mentouri de Constantine, 2006.
- Mihoub S. (2010)** Commande d'héliostat plan réfléchissante le rayonnement solaire vers une cible fixe. Mémoire de magistère. Université de Tlemcen.
- Ministère de L'habitat – RECOMMANDATIONS ARCHITECTURALES – ENAG/édition, Alger 1993 p.17-20.**
- PLOUCHAR T L. (2000)** COMPRENDRE LES GRANDS ENSEMBLES, Une exploration des représentations et des perceptions, édition : L'Harmattan Villes et Entreprises.
- Prieur J. (1981)** LA LUMIERE DANS LA MAISON. Edition : MONITEUR. Paris, France.
- Rahal S. (2011)** L'impact de l'atrium sur le confort thermique dans les bâtiments publics - cas de la Maison de culture à Jijel. Mémoire de magistère. Université Mentouri Constantine. 2011.
- Reiter S. & A. DE Herde. (2004)** L'éclairage naturel des bâtiments. Edition : presses universitaires de Louvain.
- Rezig Djemoui. (2013)** Vers une référenciations des ambiances lumineuses – Cas de l'héritage architectural résidentiel du 20<sup>ème</sup> siècle. Mémoire de magistère. Université de Biskra, 2013.
- Roulet C. A. (2010)** Santé et qualité de l'environnement intérieur dans les bâtiments, 2<sup>ème</sup> édition mise à jour et complétée presse polytechnique et universitaires romandes – collection : science et ingénierie de l'environnement. 2<sup>e</sup> du 15/11/2010.
- Tebib E-H. (2008)**, “L'habitat dans le logement de type social à Constantine, Manières et stratégies d'appropriation de l'espace”, Thèse de Doctorat en ES-Sciences, Université Mentouri Constantine, Algérie.
- Tizouiari O. (2012)** Disponibilité de l'éclairage naturel en milieu urbain dense. Investigation sur les performances de puits de lumière naturelle. Mémoire de magistère. EPAU-Alger, Algérie.
- Semahi S. (2013)** Contribution méthodologique à la conception des logements à haute performance énergétique (HPE) en Algérie. Proposition d'un outil d'aide à la conception dans les zones arides et semi-arides. Mémoire de magistère. EPAU-Alger.
- Zeghichi H. (2014)** Bien être et santé dans les logements collectifs – L'exemple de quelques cités de Batna. Mémoire de magistère. Université de Biskra, Algérie.
- Zermout R. (2011)** Utilisation de l'énergie géothermique de surface pour la climatisation dans le bâtiment. Mémoire de magistère, Université de Tizi-Ouzou, Algérie.

## Publications

- Abdelatif R. (2014)** Une transition énergétique importée clés en mains et tout simplement inconcevable, econostrum.info, Octobre 2014, disponible sur le site de téléchargement : [http://www.econostrum.info/Abdelatif-Rebah-Une-transition-energetique-importee-cles-en-mains-est-tout-simplement-inconcevable\\_a19094.html](http://www.econostrum.info/Abdelatif-Rebah-Une-transition-energetique-importee-cles-en-mains-est-tout-simplement-inconcevable_a19094.html), consulté 12/2014.
- Afra H. (2010)** Réglementation thermique et performance énergétique du bâtiment, in dossier du CNERIB, Euromed Green Building, Lisbonne 13 et 14 mai 2010, disponible sur le site de téléchargement : <http://www.fil.pt/irj/go/km/docs/aip/documentos/estudos%20publicacoes/centro%20documentacao/Seminarios%20e%20Conferencias/2010/Euromed%20Green%20Building%20-%202014MAI2010/03%20-%20R%C3%A9glementation%20thermique%20et%20performance%20%C3%A9nerg%C3%A9tique%20du%20b%C3%A2timent%20-%20Hamid%20Afra%20-%20CNERIB.pdf>, consulté en avril 2015.
- Agharmiou-Rahmoun N.** « Tizi-Ouzou, la ville en mouvement. Un espace urbain en recomposition ». Maître de conférences, Faculté des sciences économiques, commerciales et des sciences de gestion, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, disponible sur le site de téléchargement : <http://www.ummo.dz/IMG/pdf/Agharmiou.pdf>, consulté le 28/03/2015.
- APRUE**, la lettre de l'Aprue, Bulletin trimestriel N°14, avril 2009, disponible sur le site de téléchargement : [http://www.aprue.org.dz/lettres/aprue\\_14.pdf](http://www.aprue.org.dz/lettres/aprue_14.pdf), consulté le 26/04/2015.
- APRUE**, la lettre de l'Aprue, Bulletin trimestriel N°15, juin 2009, disponible sur le site de téléchargement : [http://www.aprue.org.dz/lettres/aprue\\_15.pdf](http://www.aprue.org.dz/lettres/aprue_15.pdf), consulté le 26/04/2015.
- APRUE**, la lettre de l'Aprue, Bulletin trimestriel N°16, octobre 2009, disponible sur le site de téléchargement : [http://www.aprue.org.dz/lettres/aprue\\_16.pdf](http://www.aprue.org.dz/lettres/aprue_16.pdf), consulté le 26/04/2015.
- Benzaglou M. (2005)** L'éclairage des DOM sur la mise en œuvre du droit au logement en France : l'exemple du logement évolutif social. LTMU-ENPC, disponible sur le site de téléchargement : [http://resohab.univ-paris1.fr/jclh05/article.php3?id\\_article=15](http://resohab.univ-paris1.fr/jclh05/article.php3?id_article=15), consulté le 02/2014.
- Benzerfa-Guerroudj Z. (1992)** Les femmes Algériennes dans l'espace public, EPAU-Alger, revue : Arch. & Comport. / Arch. & Behav, vol 8 (1992) n° 2 p 123-136, disponible sur le site : <http://www.comportements.ch/fr/revue-architecture-comportement>, consulté en mars 2015.
- Bouvier F. (1981)** Soleil et architecture. Technique de l'ingénieur, C3 310. Novembre 1981, disponible sur le site de téléchargement : <http://www.techniques-ingenieur.fr/base->

- [documentaire/archives-th12/archives-le-second-oeuvre-et-l-equipement-du-batiment-tiacc/archive-1/soleil-et-architecture-c3310/](http://documentaire/archives-th12/archives-le-second-oeuvre-et-l-equipement-du-batiment-tiacc/archive-1/soleil-et-architecture-c3310/), consulté le 05/2015.
- Bouvier F. (1988)** Eclairage naturel. Technique de l'ingénieur, C3 315. Février 1988, disponible sur le site de téléchargement : <http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/electronique-photonique-th13/optique-instrumentale-42449210/eclairage-naturel-c3315/>, consulté le 05/2015.
- Capannini L. (2005)** Habitat collectif méditerranéen et dynamique des espaces ouverts. Cas d'étude en Europe et ne Afrique du Nord (1945-1970). Laboratoire ACS-Université de Paris VIII. Le logement et l'habitat comme objets de recherche. Actes de la Journée d'étude Jeunes chercheurs 20 mai 2005, disponible sur le site : <http://resohab.univ-paris1.fr/jclh05/>, consulté le 24/10/2014.
- CDER. (2007) Guide des Energies Renouvelables.** Ministère de l'Energie et des Mines, direction des Energies Nouvelles et Renouvelables. Edition 2007, disponible sur le site de téléchargement : [http://www.energy.gov.dz/fr/enr/Guide\\_Enr\\_fr.pdf](http://www.energy.gov.dz/fr/enr/Guide_Enr_fr.pdf), consulté l'avril 2015.
- CHADOIN O. (2010)** La notion d'ambiance, contribution à l'examen d'une invention intellectuelle postmoderne dans le monde de la recherche architecturale et urbaine. Les annales de la recherche urbaine n°106, juillet 2010, pp. 153-159 MEEDDM, Puca, disponible sur le site de téléchargement : [file:///C:/Users/Amina/Desktop/doctorat/d%C3%A9f%20ambiance%20ARU106-Chadoin\\_ST.pdf](file:///C:/Users/Amina/Desktop/doctorat/d%C3%A9f%20ambiance%20ARU106-Chadoin_ST.pdf), consulté en septembre 2016.
- Dali K. (2006)** Mise en application de la réglementation thermique des bâtiments, Extrait de la Lettre de l'APRUE, n°10, Septembre 2006, p 22, disponible sur le site de téléchargement : <http://www.cder.dz/pdf>, consulté en mars 2014.
- Debuigne B. (2008)** membre des associations 21 pour un DD, publié le 8 janvier 2008, disponible sur le site : <http://www.associations21.org/L-habitat-durable>, consulté le 04/04/2015.
- Depaule J.C et S. Noweir. (1982-1986)** Balcons au Caire. Les relations de l'intérieur et de l'extérieur dans l'habitat populaire. Ecole d'architecture et d'urbanisme de Versailles. Paris. Revue : Arch. & Comport. / Arch. & Behav, vol 2 (1982-1986) n°3&4, p 247-257, disponible sur le site de téléchargement : <http://www.iac.cnrs.fr/article1628.html>, consulté en mars 2015.
- Doumane S. (2011)** Tizi-Ouzou : histoire d'un col et son urbanisation. Revue algérienne d'anthropologie et de sciences sociales, Tizi-Ouzou et la Kabylie : mutations sociales et culturelles, N° 54 du 2011, p 13-29, disponible sur le site : <http://insaniyat.revues.org/13001>, consulté le 14/06/2015.
- DUAC** « Direction de l'Urbanisme, Architecture et de la Construction » de la wilaya de Tizi-Ouzou. Etude d'Aménagement du Nouveau Pôle Urbain d'Oued Falli, du Pôle Urbain d'Excellence de Boukhalfa et des Zones d'Urbanisations Futures, Commune de Tizi-Ouzou, disponible sur le site de téléchargement :

- [http://www.adsprogress.com/docs/etudes/ouedfalli/rapport\\_ouedfalli\\_2011.pdf](http://www.adsprogress.com/docs/etudes/ouedfalli/rapport_ouedfalli_2011.pdf), consulté le 22/04/2015.
- Flamand A. (2005)** Les espaces intermédiaires, un état des lieux raisonné, Institut d'Urbanisme de Paris- université de Paris XII Centre de Recherche sur l'Habitat – UMR LOUEST. Le logement et l'habitat comme objets de recherche. Actes de la Journée d'étude Jeunes chercheurs 20 mai 2005, disponible sur le site : <http://resohab.univ-paris1.fr/jclh05/>, consulté le 24/10/2014.
- Foura M.** Le mouvement moderne de l'architecture : naissance et déclin du concept de l'architecture autonome. Université Mentouri, Constantine, Algérie, disponible sur le site de téléchargement : [http://www.webreview.dz/IMG/pdf/\\_achitecture.pdf](http://www.webreview.dz/IMG/pdf/_achitecture.pdf), consulté le 09/2013.
- Golay Yves. (1994)** Lumière naturelle et habitation. Habitation : revue trimestrielle de la section romande de l'Association Suisse pour l'Habitat, n°66/1994, Zurich, Suisse, disponible sur le site de téléchargement : <http://www.e-periodica.ch/digbib/view?pid=hab-001:1994:66#35>, consulté le 05/02/2015.
- Hamouda C. & Malek A. (2006)** Analyse théorique et expérimentale de la consommation d'énergie d'une habitation individuelle dans la ville de Batna. Revue des Energies Renouvelables Vol. 9 N°3 (2006) 211-228, disponible sur le site de téléchargement : [http://www.cder.dz/download/Art9\\_3-10.pdf](http://www.cder.dz/download/Art9_3-10.pdf), consulté en juin 2014.
- ICEB. L'éclairage naturel.** Les guides BIO-TECH. Expertise et ressources pour un développement durable Ile de France, mars 2014, disponible sur le site de téléchargement : [file:///E:/Downloads/guide\\_bio\\_tech\\_1\\_eclairage\\_naturel1.pdf](file:///E:/Downloads/guide_bio_tech_1_eclairage_naturel1.pdf), consulté en avril 2015.
- Khelfaoui H. (2001)** La science en Algérie (1<sup>ère</sup> Partie : institutions). La science en Afrique à l'aube du 21<sup>ème</sup> siècle. Paris, 21 Décembre 2001, disponible sur le site de téléchargement : [file:///C:/Users/sg/Downloads/algerie2\\_institutions.pdf](file:///C:/Users/sg/Downloads/algerie2_institutions.pdf), consulté le 10/12/2014.
- Laiche M. et M. Sadoudi M. (2011)** L'extension de la ville de Tizi-Ouzou vers ses flancs est et ouest : quelle alternative à la contrainte foncière. Revue algérienne d'anthropologie et de sciences sociales, Tizi-Ouzou et la Kabylie : mutations sociales et culturelles, N° 54 du 2011, p 49-62, disponible sur le site : <http://insaniyat.revues.org/13019>, consulté le 22/04/2015.
- Lakabi M-S et Djelal N. (2011)** Les modes d'appropriation et d'usage des espaces urbains dans la ZHUN sud de Tizi-Ouzou. De l'improvisation aux logiques individuelles. Revue algérienne d'anthropologie et de sciences sociales, mutations sociales et culturelles, Tizi-Ouzou, N° 54, disponible sur le site : <http://insaniyat.revues.org/13250>, consulté le 22/04/2015.
- Lebois V. (2005)** Enjeux des espaces intermédiaires dans l'habitat collectif contemporain. Université de Paris 8, Ecole doctorale Ville et Environnement. Le logement et l'habitat comme objets de recherche. Actes de la Journée d'étude Jeunes chercheurs 20 mai

- 2005, disponible sur le site : <http://resohab.univ-paris1.fr/jclh05/>, consulté le 30/11/2014.
- Marc P. A. (2012)** Quel site, ce Balcon – Le Balcon et la loggia dans le logement collectif. Mémoire de Licence. Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Montpellier. France, disponible sur le site : <http://fr.calameo.com/read/001075652230f23a88977>, consulté le 04/2014.
- MEN. (2013)** Bilan énergétique national de l'année 2013. Edition 2014, disponible sur le site de téléchargement : [http://www.energy.gov.dz/fr/statistiques/Bilan\\_Energetique\\_National\\_2013\\_edition\\_2014.pdf](http://www.energy.gov.dz/fr/statistiques/Bilan_Energetique_National_2013_edition_2014.pdf), consulté le 29/04/2015.
- Norme ISO 7730. (1981)**, disponible sur le site de téléchargement : [http://cgt-lindefrance.fr/images/pdf/chsct/chsct\\_10D\\_regles%20thermiques.pdf](http://cgt-lindefrance.fr/images/pdf/chsct/chsct_10D_regles%20thermiques.pdf), consulté le 17/03/2015.
- Révision des règles parasismiques algériennes « Agir pour la réduction du risque sismique.** La revue de l'habitat, revue d'information du Ministère de l'habitat et de l'Urbanisme, N°06 janvier 2011, disponible sur le site de téléchargement : [http://www.mhuv.gov.dz/fichier\\_bulletin/24.pdf](http://www.mhuv.gov.dz/fichier_bulletin/24.pdf), consulté le 02/03/2015
- Semahi S. & Djebri B. (2013)** La conception des logements à haute performance énergétique (HPE) en Algérie – Proposition d'un outil d'aide à la conception dans les zones arides et semi-arides. EPAU, Alger. Revue des Energies Renouvelables Vol. 16 N° 3 (2013), 551-568, disponible sur le site de téléchargement : [http://www.cder.dz/download/Art16-3\\_12.pdf](http://www.cder.dz/download/Art16-3_12.pdf), consulté le 30/02/2014.
- Semmoud N.** Habitat et types d'habitat à Alger, HAL « archives-ouvertes.fr, 2014, disponible sur le site : <https://hal.archives-ouvertes.fr/search/index>, consulté le 30/11/2014.
- Sénit Carole-Anne. (2008)** l'efficacité énergétique dans le secteur résidentiel : une analyse des politiques des pays du Sud et de l'Est de la Méditerranée - changement climatique, Iddri- Idées pour le débat N°14, 2008, disponible sur le site de téléchargement : [http://www.iddri.org/Publications/Collections/Idees-pour-le-debat/Id\\_0814\\_C.A-Senit\\_efficacite-energetique-PSEM.pdf](http://www.iddri.org/Publications/Collections/Idees-pour-le-debat/Id_0814_C.A-Senit_efficacite-energetique-PSEM.pdf), consulté le 09/2013.
- Sidi Boumedine R. (1995)** l'architecture familiale en Algérie, URBAMA, Université de Tours, France, revue : Arch. & Comport. / Arch. & Behav, vol 10 (1995) n° 3 p 247-257, disponible sur le site : <http://www.comportements.ch/fr/revue-architecture-comportement>, consulté en mars 2015.
- Skelton M. & Rasseneur G. (2012)** Maison de l'habitat durable. Synthèse de la table ronde « Habitat durable » du 28 novembre 2012, disponible sur le site de téléchargement : [http://www.maisonhabitatdurable.be/IMG/pdf/121128\\_synthesetrmhd\\_final.pdf](http://www.maisonhabitatdurable.be/IMG/pdf/121128_synthesetrmhd_final.pdf), consulté le 09/2013
- Yaiche M-R et A. Bouhanik. (2002)** Atlas Solaire Algérien. CDER, disponible sur le site de téléchargement : [http://www.cder.dz/IMG/pdf/Atlas\\_solaire\\_Algerien\\_CDER.pdf](http://www.cder.dz/IMG/pdf/Atlas_solaire_Algerien_CDER.pdf), consulté le 20/11/2014.

## WEB Bibliographie

- ArchDélit, disponible sur le site : <https://archdelit.wordpress.com/category/situations/page/22/>, consulté le 26/04/2015.
- CDER, disponible sur le site : <http://portail.cder.dz/spip.php?article4445>, consulté le 24/02/2015.
- La Commune de Tizi-Ouzou, disponible sur le site : <http://apc-tiziouzou.org/accueil/la-commune-de-Tizi-Ouzou/>, consulté le 18/04/2015.
- Le logement en Algérie, le bilan, disponible sur le site : <http://actualites.lkeria.com/bilan-bouteflika-logement-en-algerie/>, consulté le 18/02/2015.
- L'ECLAIRAGE NATUREL DES BÂTIMENTS, disponible sur le site : [http://www-energie.arch.ucl.ac.be/eclairage/guide\\_strategies.htm#ancre05](http://www-energie.arch.ucl.ac.be/eclairage/guide_strategies.htm#ancre05), consulté le 28/01/2015.
- Ministère de l'Energie, disponible sur le site : <http://www.energy.gov.dz/francais/index.php?page=bilan-des-energetique>, consulté le 29/04/2015.
- Ministère de L'habitat et de L'urbanisme, disponible sur le site : <http://www.mhuv.gov.dz/>, consulté le 11/04/2015.
- Physique du bâtiment – Confort, disponible sur le site : [http://www.csbat.net/equipe/t01\\_confort.htm](http://www.csbat.net/equipe/t01_confort.htm), consulté le 22/02/2015.
- Principes du Développement Durable, disponible sur le site : <http://www.hopitaldugier.fr/developpement-durable.html>, consulté le 17/03/2015.
- SONELGAZ, 2013, disponible sur le site : <http://www.sonelgaz.dz/?page=article&id=36>, consulté le 29/04/2015.

## Autres Documents

- Annuaire statistique de la wilaya de Tizi-Ouzou, 2010
- Article 2, loi 99-09 du 28 juillet 1999, relative à la maîtrise de l'énergie.
- EPLF « Entreprise de Promotion du Logement Familial », service des archives suite à notre demande, 2014.
- Génie Sider de Tizi-Ouzou, service des archives suite à notre demande, 2014.
- O.N.M. (2015) Station météorologique de Boukhalifa. Données climatiques transmises suite à notre demande.
- SONELGAZ de Tizi-Ouzou (2014). Données énergétique transmises en Janvier 2014 enregistrée sous le n°259/DD/TO/DRH/2014 du 15.01.2014 suite à notre demande.



**LISTE DES FIGURES ET  
TABLEAUX**



## Liste des figures

<b>Figure 1</b> : Maison kabyle, au village Tagaret commune d'El Kseur à Bejaia. (Source : auteur).....	1
<b>Figure 2</b> : Immeuble de l'époque colonial, commune de Bougie à Bejaia. (Source : auteur).....	14
<b>Figure 3</b> : Cité EPLF, Ville de Tizi-Ouzou. (Source : auteur) .....	15
<b>Figure 4</b> : Appropriation des balcons à Alger, par Marie Meurillo de 2011. (Source : ArchDélit) ...	19
<b>Figure 5</b> : Difficulté d'indentification de l'aspect de la façade, dissimulé par le marquage fonctionnel. Tizi-Ouzou. (Source : auteur) .....	20
<b>Figure 6</b> : Marquage des façades à Tizi-Ouzou. (Source : auteur) .....	22
<b>Figure 7</b> : Différents modes d'appropriation du balcon en Algérie, selon des besoins climatiques de sécurité, d'intimité ou de prolongement de l'espace. Tizi-Ouzou. (Source : auteur, 2015) .....	26
<b>Figure 8</b> : Différents matériaux utilisés suivent les besoins à Tizi-Ouzou. (Source : auteur) .....	28
<b>Figure 9</b> : Aspect de la fonction de renvoi du balcon. A gauche, garde du mouton de l'Aid, (source : M-S. Lakabi, 2002, p 122). A droite, fonction technique et ménagère du balcon. (Source : auteur, 2015) .....	29
<b>Figure 10</b> : Marquage matériel de l'espace balcon pour des raisons d'intimité et de sécurité. (Source : auteur, 2015) .....	10
<b>Figure 11</b> : La consommation énergétique finale par type d'énergie en 2013. (Source : MEN, 2013) .....	32
<b>Figure 12</b> : La consommation énergétique finale par secteur d'activité en 2013. (Source : MEN, 2013) .....	32
<b>Figure 13</b> : La répartition de la consommation énergétique finale par produit et par secteur d'activité en 2013. (Source : MEN, 2013) .....	33
<b>Figure 14</b> : Répartition de la consommation énergétique dans les ménages. (Source : auteur) .....	34
<b>Figure 15</b> : Répartition de la consommation énergétique dans le secteur résidentiel. (Source : auteur) .....	34
<b>Figure 16</b> : Fondements du Développement Durable. (Source : Principes du Développement Durable) .....	41
<b>Figure 17</b> : Stratégie pour l'hiver. (Source : Liébard A. & De Herde A. 2005, p 32) .....	42
<b>Figure 18</b> : Stratégie pour l'été. (Source : Liébard A. & De Herde A. 2005, p 31) .....	43
<b>Figure 19</b> : Stratégie de la lumière naturelle. (Source : Liébard A. & De Herde A. 2005, p 49) .....	46
<b>Figure 20</b> : Température ambiante optimale en fonction de l'activité et de l'habillement. (Source : Physique du bâtiment) .....	51
<b>Figure 21</b> : Isolation de vêtement, en unités clo. (Source : Auliciems A. & Szokolay S. V. 2007, p 9) .....	52
<b>Figure 22</b> : Echange de chaleur du corps humain avec son environnement. (Source : Medjelekh D. 2006, p 55) .....	56
<b>Figure 23</b> : Indice PMV et PPD. (Source : Bedar A. 2012, p 53) .....	61
<b>Figure 24</b> : Indice Humidex. (Source : Bedar A. 2012, p 58) .....	62
<b>Figure 25</b> : Diagramme bioclimatique d'Olgay. (Source : Medjelekh D. 2006, p 57) .....	64

<b>Figure 26</b> : Diagramme bioclimatique de Givoni. (Source : Medjelekh D. 2006, p 58) .....	65
<b>Figure 27</b> : L'éblouissement et l'inconfort visuel (source : L'ECLAIRAGE NATUREL DES BÂTIMENTS) .....	75
<b>Figure 28</b> : Schématisation de l'ambiance lumineuse. (Source : auteur) .....	81
<b>Figure 29</b> : Bilan d'éclairement solaire annuel de la baie en fond de la loggia orientée Sud et Ouest respectivement (Source : Izard J. L. 2006) .....	85
<b>Figure 30</b> : Shématisation en plan du flanc. (Source : auteur) .....	87
<b>Figure 31</b> : Shématisation en plan de l'auvent. (Source : auteur) .....	87
<b>Figure 32</b> : Situation de la wilaya de Tizi-Ouzou. (Source : la commune de Tizi Ouzou) .....	89
<b>Figure 33</b> : Situation de la ville de Tizi-Ouzou. (Source : DUAC de Tizi-Ouzou, p9) .....	90
<b>Figure 34</b> : Coupe schématique à l'échelle du territoire local. (Source : Auteur) .....	91
<b>Figure 35</b> : Structure urbaine de la ville de Tizi-Ouzou. (Source : auteur, 2014) .....	94
<b>Figure 36</b> : Consommation énergétique (gaz de ville et électricité) à la wilaya Tizi-Ouzou. (Source : Sonelgaz de Tizi-Ouzou, 2014) .....	95
<b>Figure 37</b> : Consommation énergétique (gaz de ville et électricité) à Tizi-Ouzou. (Source : Sonelgaz de Tizi-Ouzou, 2014) .....	96
<b>Figure 38</b> : Evolution du nombre d'abonnés en gaz et en électricité à Tizi-Ouzou : période 2005-2013. (Source : Sonelgaz de Tizi-Ouzou, 2014) .....	96
<b>Figure 39</b> : Moyennes mensuelle de la durée d'insolation (en heure), pour la période de 2005-2014, à Tizi-Ouzou. (Source : ONM, 2015. Réinterprété par l'auteur) .....	98
<b>Figure 40</b> : Valeur des températures moyennes mensuelles, minimales et maximales, pour la période de 2005-2014. (Source : ONM, 2015. Réinterprété par l'auteur) .....	99
<b>Figure 41</b> : Valeur de l'humidité relative de l'air moyenne, minimale et maximale, pour la période de 2005-2014. (Source : ONM, 2015. Réinterprété par l'auteur) .....	100
<b>Figure 42</b> : Comparaison des valeurs moyennes mensuelles d'humidité et de température. (Source : Auteur) .....	100
<b>Figure 43</b> : Comparaison des valeurs moyennes de l'humidité relative de l'air entre deux périodes : 1996-2005 et 2005-2014, (Source : Auteur) .....	101
<b>Figure 44</b> : Précipitations mensuelles, pour la période de 2005-2014. (Source : ONM, 2015. Réinterprété par l'auteur) .....	102
<b>Figure 45</b> : Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Goussen de la ville de Tizi-Ouzou, pour la période de 2005-2014. (Source : Auteur) .....	102
<b>Figure 46</b> : Tracé des vitesses moyennes du vent à 10 m du sol, (Source : CDER. 2007, p 41) ...	103
<b>Figure 47</b> : Vitesse des vents moyens mensuels, pour la période de 2005/2014. (Source : ONM, 2015. Réinterprété par l'auteur) .....	104
<b>Figure 48</b> : Taux d'évaporation mensuelle, pour la période de 2005/2014. (Source : ONM, 2015. Réinterprété par l'auteur) .....	104
<b>Figure 49</b> : Les limites de la zone confort, pour la période de 2005/2014. (Source : Auteur) .....	105
<b>Figure 50</b> : Stéréographiques (Diagramme polaire) spécifiques de la ville Tizi-Ouzou 32° 42' N. (Source : Auteur) .....	106
<b>Figure 51</b> : Présentation de la zone de surchauffe (en noir), sur le diagramme polaire de Tizi-Ouzou. (Source : auteur) .....	108

<b>Figure 52</b> : Protection solaire favorable (en rouge) au Sud. (Source : Auteur) .....	109
<b>Figure 53</b> : Protection solaire (en rouge) favorable à l'Ouest et à l'Est. (Source : Auteur) .....	110
<b>Figure 54</b> : Diagramme psychométrique de de Givoni. (Source : Auteur) .....	112
<b>Figure 55</b> : Choix du cas d'étude. (Source : auteur, cartographie extraite de GOOGLE EARTH) ..	115
<b>Figure 56</b> : Plan de masse du premier cas d'étude. (Source : auteur, d'après les archives de Génie Sider de Tizi-Ouzou, 2014 et GOOGLE EARTH, 2015) .....	116
<b>Figures 57</b> : Résidences Thamila (à gauche) et El Vaz (à droite). (Source : auteur, mai 2015) .....	117
<b>Figure 58</b> : Plan original du bâtiment présentant l'organisation intérieure des six appartements, étages courant Tour 1. (Source : Auteur) .....	118
<b>Figure 59</b> : Plan original du bâtiment présentant l'organisation intérieure des six appartements, 5 <sup>ème</sup> , 6 <sup>ème</sup> et 7 <sup>ème</sup> étages Tour 2. (Source : Auteur) .....	119
<b>Figure 60</b> : Vue des façades de la Tour 1 (à gauche) et la Tour 2 (à droite). (Source : auteur, mai 2015) .....	119
<b>Figure 61</b> : Plan de masse du deuxième cas d'étude. (Source : Agence EPLF de Tizi-Ouzou, 2014). .....	120
<b>Figure 62</b> : Résidence EPLF, à droite T1, à gauche T2 & T3. (Source : Auteur, 2014) .....	121
<b>Figure 63</b> : Plan de l'étage courant. (Source : Auteur) .....	122
<b>Figure 64</b> : Distribution spatiale du logement. (Source : Auteur) .....	122
<b>Figure 65</b> : Les dimensions des espèces envisagées, avec points de prises des paramètres climatiques (température, humidité et éclairage) dans les pièces testées. (Source : Auteur) .....	131
<b>Figure 66</b> : Motif du déménagement, en fonction de chaque cité enquêtée. (Source : Auteur) .....	136
<b>Figure 67</b> : Interventions des habitants dans leur logement, en fonction de chaque cité enquêtée. (Source : Auteur) .....	137
<b>Figure 68</b> : Emplacement dans le plan de l'appartement, en fonction de chaque cité enquêtée. (Source : Auteur) .....	139
<b>Figure 69</b> : Répartition des périodes d'usage pour les balcons par saisons, en fonction de chaque cité enquêtée. (Source : Auteur) .....	140
<b>Figure 70</b> : Répartition des fonctions préférées pour les balcons. (Source : Auteur) .....	141
<b>Figure 71</b> : Transformation du balcon, en fonction de chaque cité enquêtée. (Source : Auteur) .....	141
<b>Figure 72</b> : Marquage du balcon, en fonction de chaque cité enquêtée. (Source : Auteur) .....	142
<b>Figure 73</b> : Perception de la facture énergétique par les habitants, dans la cité CAAT. (Source : Auteur) .....	143
<b>Figure 74</b> : Perception de la facture énergétique par les habitants, dans la cité EPLF. (Source : Auteur) .....	143
<b>Figure 75</b> : Appréciation de la qualité des ambiances intérieure par rapport à la facture énergétique. (Source : Auteur) .....	144
<b>Figure 76</b> : La vulgarisation de l'énergie solaire, en fonction de chaque cité enquêtée. (Source : Auteur) .....	145

<b>Figure 77</b> : La préférence des pièces attachées directement à l'espace extérieur. (Source : Auteur) .....	149
<b>Figure 78</b> : Bilan d'éclairement solaire annuel de la paroi du séjour au fond du balcon et la protection favorable pour les orientations cardinaux. (Source : Auteur) .....	156
<b>Figure 79</b> : A gauche : prise de vue à partir du balcon orienté Sud : état du ciel à 15h30 le 21 juin. A droite : Prise de vue à partir du balcon orienté Est : état du ciel à 15h15 le 22 Juin. (Source : auteur) .....	157
<b>Figure 80</b> : A gauche : état du ciel à 11h30 le 21 Décembre. A droite : Prise de vue à partir du balcon orienté Est : état du ciel à 10h30 le 22 décembre (Source : auteur) .....	157
<b>Figure 81</b> : Variation de la température intérieure et extérieure, 6 <sup>ème</sup> et 14 <sup>ème</sup> étages, orientation Nord. (Source : auteur) .....	167
<b>Figure 82</b> : Variation de la température intérieure et extérieure, 5 <sup>ème</sup> et 10 <sup>ème</sup> étages, orientation Sud. (Source : auteur) .....	168
<b>Figure 83</b> : Variation de la température intérieure et extérieure, 3 <sup>ème</sup> et 9 <sup>ème</sup> étages, orientation Est. (Source : auteur) .....	169
<b>Figure 84</b> : Variation de la température intérieure et extérieure, 6 <sup>ème</sup> et 11 <sup>ème</sup> étages, orientation Ouest. (Source : auteur) .....	170
<b>Figure 85</b> : Variation de l'humidité relative intérieure et extérieure, 6 <sup>ème</sup> et 14 <sup>ème</sup> étages, orientation Nord. (Source : auteur) .....	171
<b>Figure 86</b> : Variation de l'humidité relative intérieure et extérieure, 5 <sup>ème</sup> et 10 <sup>ème</sup> étages, orientation Sud. (Source : auteur) .....	172
<b>Figure 87</b> : Variation de l'humidité relative intérieure et extérieure, 3 <sup>ème</sup> et 9 <sup>ème</sup> étages, orientation Est. (Source : auteur) .....	173
<b>Figure 88</b> : Variation de l'humidité relative intérieure et extérieure, 6 <sup>ème</sup> et 11 <sup>ème</sup> étages, orientation Ouest. (Source : auteur) .....	174
<b>Figure 89</b> : Variation de la température intérieure et extérieure, 6 <sup>ème</sup> étage, orientation Nord. (Source : auteur) .....	175
<b>Figure 90</b> : Variation de la température intérieure et extérieure, 3 <sup>ème</sup> et 10 <sup>ème</sup> étages, orientation Sud. (Source : auteur) .....	176
<b>Figure 91</b> : Variation de la température intérieure et extérieure, 7 <sup>ème</sup> étage, orientation Est. (Source : auteur) .....	177
<b>Figure 92</b> : Variation de la température intérieure et extérieure, 6 <sup>ème</sup> et 11 <sup>ème</sup> étages, orientation Ouest. (Source : auteur) .....	178
<b>Figure 93</b> : Variation de l'humidité relative intérieure et extérieure, 6 <sup>ème</sup> étage, orientation Nord. (Source : auteur) .....	179
<b>Figure 94</b> : Variation de l'humidité relative intérieure et extérieure, 3 <sup>ème</sup> et 10 <sup>ème</sup> étages, orientation Sud. (Source : auteur) .....	180
<b>Figure 95</b> : Variation de l'humidité relative intérieure et extérieure, 7 <sup>ème</sup> étage, orientation Est. (Source : auteur) .....	181
<b>Figure 96</b> : Variation de l'humidité relative intérieure et extérieure, 6 <sup>ème</sup> et 11 <sup>ème</sup> étages, orientation Ouest. (Source : auteur) .....	182
<b>Figure 97</b> : Les éclairagements intérieurs ( $M_1$ ) dans le Séjour, pour différentes orientations et niveaux, (saison chaude). (Source : auteur) .....	190
<b>Figure 98</b> : Les éclairagements intérieurs ( $M_1$ ) dans le Séjour, pour différentes orientations et niveaux, (saison froide). (Source : auteur) .....	256

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1 :</b> Tableau récapitulatif des facteurs affectants le confort thermique. (Source : Auliciems A. & Szokolay S. V. 2007, p 8) .....	51
<b>Tableau 2 :</b> Effets des variations de température dans le corps humain. (Source : adapté par l’auteur) .....	55
<b>Tableau 3 :</b> Tableau des valeurs induisant la zone de confort selon ASHARE. (Source : Medjelekh D. 2006, p 55) .....	57
<b>Tableau 4 :</b> Variation du facteur d’absorption suivant la couleur du revêtement. (Source : Izar J. L. (1993, p 48) .....	73
<b>Tableau 5 :</b> Les valeurs d’éclairage extrait des recommandations de AFE. (Source : J. Prieur 1981, p 25) .....	74
<b>Tableau 6 :</b> Les différentes manières pour la limitation de l’éblouissement. (Source : L’ECLAIRAGE NATUREL DES BÂTIMENTS) .....	77
<b>Tableau 7 :</b> Forme de la protection solaire selon l’orientation. (Source : Bellara M. 2005, p 105) .....	87
<b>Tableau 8 :</b> Evolution de la population de Tizi-Ouzou. (Source : Annuaire statistique de la wilaya de Tizi-Ouzou, 2010) .....	91
<b>Tableau 9 :</b> Mouvement naturels de la population de la commune de Tizi-Ouzou. (Source : Annuaire statistique de la wilaya de Tizi-Ouzou, 2010) .....	92
<b>Tableau 10 :</b> Structure de la population de la commune de Tizi-Ouzou. (Source : Annuaire statistique de la wilaya de Tizi-Ouzou, 2010) .....	92
<b>Tableau 11 :</b> Les températures horaires mensuelles. (Source : Auteur) .....	107
<b>Tableau 12 :</b> Dimensionnement des auvents et flancs pour les différentes orientations. (Source : Auteur) .....	110
<b>Tableau 13 :</b> Tableau surfacique des appartements du premier cas d’étude. (Source : auteur) .....	117
<b>Tableau 14 :</b> Domaines Techniques de la POE, (Source : ARHAB F. 2014, p 85) .....	123
<b>Tableau 15 :</b> Echelle de l’évaluation de la satisfaction subjective des ambiances intérieures adoptées pour cette étude. (Source : Auteur) .....	126
<b>Tableau 16 :</b> Matériel utilisé lors de la campagne de mesure. (Source : Auteur) .....	129
<b>Tableau 17 :</b> Le sexe de l’échantillon en fonction de chaque cité enquêtée. (Source : auteur) .....	133
<b>Tableau 18 :</b> Catégories d’âge de l’échantillon en fonction de chaque cité enquêtée. (Source : auteur) .....	134
<b>Tableau 19 :</b> Taille des ménages de l’échantillon en fonction de chaque cité enquêtée. (Source : auteur).....	134
<b>Tableau 20 :</b> Période d’occupation des logements en fonction de chaque cité enquêtée. (Source : auteur) .....	134

<b>Tableau 21</b> : Statut d'occupation des appartements, en fonction de chaque cité enquêtée. (Source : auteur) .....	135
<b>Tableau 22</b> : Niveaux des appartements, en fonction de chaque cité enquêtée. (Source : auteur).....	135
<b>Tableau 23</b> : Type de logement occupé auparavant, en fonction de chaque cité enquêtée. (Source : auteur) .....	135
<b>Tableau 24</b> : Originaire de la population enquêtée, en fonction de chaque cité enquêtée. (Source : auteur) .....	136
<b>Tableau 25</b> : Les techniques utilisées pour améliorer le confort thermique. (Source : auteur) .....	144
<b>Tableau 26</b> : Niveau de satisfaction des habitants de leur logement. (Source : auteur) .....	145
<b>Tableau 27</b> : Niveau de satisfaction des habitants par rapport à la ventilation naturelle dans les espaces intérieurs. (Source : auteur) .....	146
<b>Tableau 28</b> : Niveau de satisfaction des habitants par rapport à l'éclairage naturel dans les espaces intérieurs. (Source : auteur) .....	148
<b>Tableau 29</b> : Niveau de satisfaction des habitants à l'égard espace extérieur privé. (Source : auteur) .....	148
<b>Tableau 30</b> : Le classement des priorités à revoir dans les logements, en fonction de la saison. (Source : auteur) .....	151
<b>Tableau 31</b> : Le classement des priorités à revoir dans les logements, en fonction de la saison. (Source : auteur) .....	151
<b>Tableau 32</b> : Dimensionnement des auvents et flancs pour les différentes orientations. (Source : auteur) .....	153
<b>Tableau 33</b> : Angles de HSA et VSA correspondant à la taille du balcon de notre cas d'étude. (Source : auteur) .....	154
<b>Tableau 34</b> : Evaluation de la performance du balcon, comme moyen d'occultation de l'espace de l'espace séjour. (Source : auteur) .....	155
<b>Tableau 35</b> : Niveau mesuré et perception de l'hydrothermie intérieure pour différentes orientations, en saison chaude. (Source : auteur) .....	184
<b>Tableau 36</b> : Niveau mesuré et perception de l'hydrothermie intérieure pour différentes orientations, en saison froide. (Source : auteur) .....	186
<b>Tableau 37</b> : Niveau mesuré et perception d'éclairage intérieur, pour différentes orientations, en mois de Juin. (Source : auteur) .....	194
<b>Tableau 38</b> : Niveau mesuré et perception d'éclairage intérieur pour différentes orientations, en mois de Décembre. (Source : auteur) .....	195



# **LES ANNEXES**



# **Annexe 1 : Principes énergétiques**

## **A.1.a Le Soleil : source d'énergie renouvelable**

1. Définition de la radiation solaire
2. Aspect géométrique du soleil
3. Aspect énergétique du soleil

## **A.1.b Source de chaleur thermique**

1. Concept et définition
2. Mécanismes d'échanges thermiques
3. Comportement thermique d'une enveloppe
4. Fonction thermique d'une enveloppe
5. Mécanismes de transfert de chaleur

## **A.1.c Source d'éclairage naturel**

1. La lumière solaire
2. Les caractéristiques physiques
3. Les grandeurs photométriques
4. Les composantes de la lumière à l'intérieur d'un espace
5. La stratégie de la lumière naturelle du jour

## A.1.a Le Soleil : source d'énergie renouvelable

Le soleil est une source de toute vie sur l'écosystème terrestre depuis plus de 5 milliards d'années, vénéré comme un dieu dans beaucoup de civilisations antérieures. Il émet de la lumière et une chaleur radiante.

A l'origine le soleil est né de l'agitation gravitationnelle de molécule d'hydrogène [Mazria E. 1981, p 13], dans un nuage composé principalement de gaz et poussières formant une gigantesque étoile, un million de fois le volume de la terre [Tissot M. 2012, p 4]. Sous l'effet de cette fusion nucléaire, quatre (04) noyaux d'hydrogène, libèrent de l'hélium et de l'énergie suivant la formule d'Einstein ( $E=mc^2$ ).

La naissance du soleil remonte à la première réaction d'équilibre entre les forces de gravitation et les forces d'érection qui a permis la transformation du nuage en étoile. Cette dernière, est de forme sphérique de 1 391 000 km de diamètre, composée essentiellement de gaz réparti comme suit : 80% d'hydrogène, 19% d'hélium et 1% de mélange d'environ 100 éléments chimiques, [Mihoub S. 2010, CH II, p 5].

Le soleil brule chaque second 600 millions de tonne d'hydrogène, sous la réaction thermonucléaire du couple hydrogène-hélium, équivalent à  $2.10^{-21}$  % de sa masse totale. Cette perte de masse de la chaudière nucléaire est très lente comparée à sa masse totale qu'est de  $2.10^{30}$  kg [Mihoub S. 2010, CH II, p 5], ce qui lui permet de rayonner encore des milliers d'années. Ce dernier est tellement intense qu'il pourra être mortel, mais la terre ne reçoit qu'une portion de ces rayonnements par sa position dans la galaxie. En effet, en moyenne  $\frac{1}{4}$  de la lumière solaire arrive sur le sol et perd prêt de  $\frac{3}{4}$  de son intensité en traversant les 150 Km de l'atmosphère terrestre.

Le soleil émit un rayonnement comparable aux corps noir rayonnant, sa température superficielle est de 5 750 °C (5762 k), sous forme de lumière et de chaleur (radiation solaire), nécessaires « *aux réactions biochimiques de la vie végétale et animale* » [Liébard A. & De Herde A. 2005, p 2]. La terre intercepte  $1,7.10^{17}$  W d'énergie répartir comme suit : « *30% de cette valeur sera réfléchi vers l'espace, 47% absorbée et réémise vers l'espace sous forme de rayonnement infrarouge, 23% utilisée par le cycle de l'eau et 0,5% sous forme de photosynthèse dans les plantes.* » [Mihoub S. 2010, CH II, p 6] ; schématisé par la figure 21.

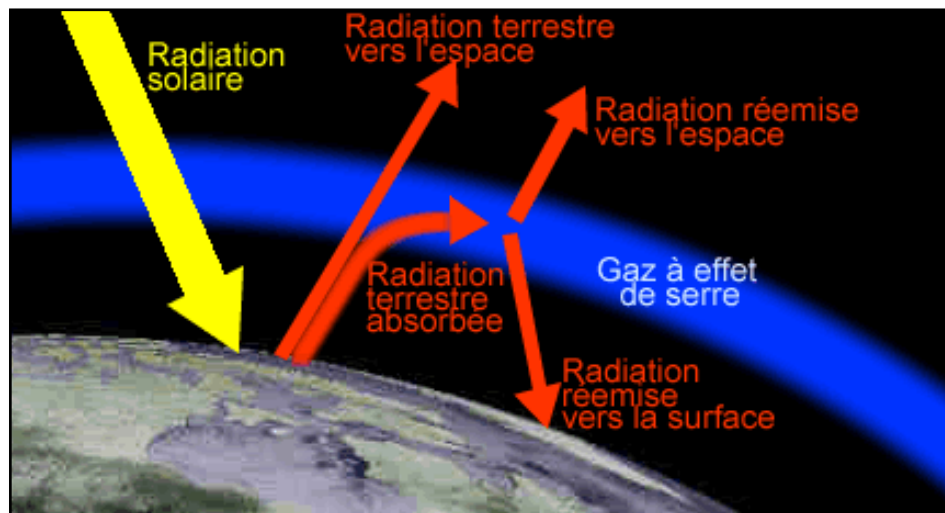


Figure 1 : Effet atmosphérique sur le rayonnement solaire. (Source : Vincent Daniel)

## 1. Définition de la radiation solaire

### 1.1 Concept et définition

La radiation solaire est le déplacement de l'énergie sous forme d'ondes électromagnétiques formant le spectre solaire. Ce dernier est très vaste, composé des « rayons cosmiques qui nous parviennent de l'espace intersidéral jusqu'aux ondes hertziennes (grandes ondes, ondes moyennes, courtes et ultracourtes utilisées en radio et télévision) en passant par l'énergie solaire et la lumière visible. » [Bellara S. 2005, p 54]. Le rayonnement recouvre un spectre qui intéresse donc à la fois les problèmes lumineux (éclairage lumineux) et les problèmes énergétiques (rayonnement solaire).

### 1.2 Constante solaire ( $I_0$ )

Le soleil transmet un rayonnement dans toutes les directions d'une puissance  $L = 41026 \text{ W}$  et celle reçue sur un mètre carré de surface, à l'extérieur de l'atmosphère est en moyenne égale à  $I_0 = 1354 \text{ w/m}^2$  équivaut  $1.94 \text{ cal/cm}^2$ , soit  $1\,164 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}$ , appelée constante solaire [Givoni B. 1978, p 202]. Si ( $d$ ) est la distance terre-soleil au cours de l'année et ( $j$ ) étant le quantième<sup>1</sup>, l'intensité  $I$  est donnée par la formule suivante :

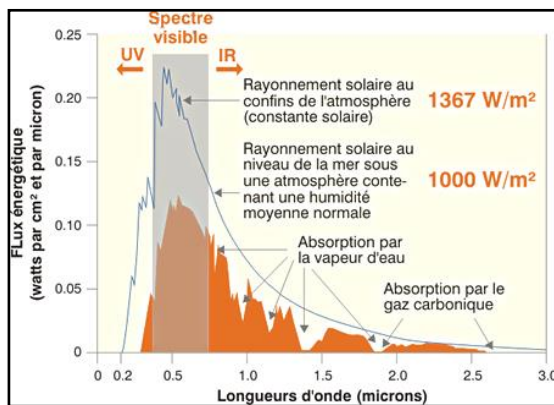
$$I = L / 4 j d^2 \text{ [Mihoube S. 2010, p 19]}$$

<sup>1</sup> Le quantième est le nombre de jours écoulés depuis le 1<sup>er</sup> janvier, selon l'année bissextile.

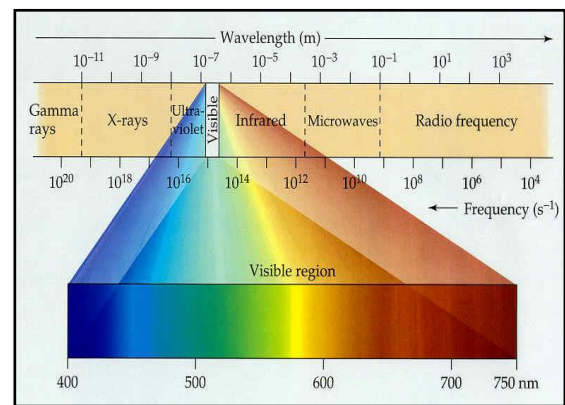
### 1.3 Classification de la radiation solaire

La composition du rayonnement électromagnétique émise par le soleil est appelée spectre solaire. Atteint la terre en peu de temps, environ 8 mn et 19 secondes, sous différentes longueurs d'ondes (figure 2), qui se déplacent en ligne droite, [Liébard A. & De Herde A. 2005, p 244]. L'ensemble constitue la lumière blanche qui s'étend sur un spectre continu (figure 3), comme suit :

- 5% de longueur d'onde supérieure à 750 nm correspond aux rayons ultra-violet (UV)
- 40% de longueur d'onde comprise entre 400 nm et 750 nm représente la lumière visible ;
- 55% longueur d'onde inférieure à 400 nm rassemble le rayonnement infra-rouge (IR) ressenti comme une onde de chaleur.



**Figure 2 : Spectre solaire.**  
(Source : Energie, Ensoleillement)



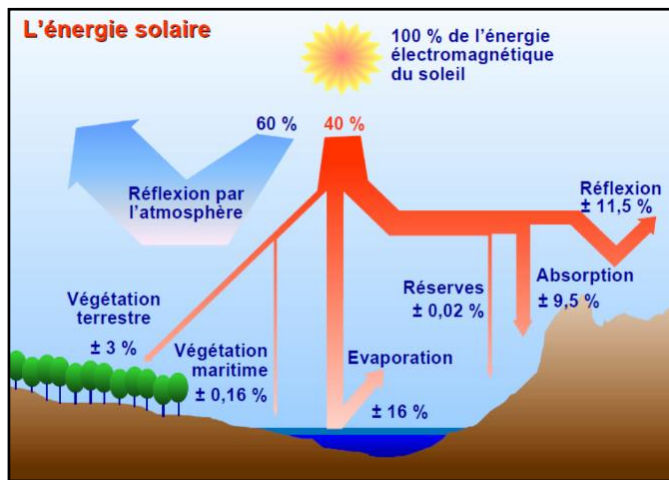
**Figure 3 : Spectre visible.**  
(Source : Le rayonnement solaire)

### 1.4 Importance des radiations solaires en architecture

Les radiations solaires sont sources d'énergie sur terre et facteur essentiel dans les phénomènes climatiques [Bellara S. 2005, p56]. C'est une énergie propre, utilisée dans le cadre de l'architecture passive : baies, serres, chauffe-eau solaire... ou bien active comme les capteurs solaires, soit pour le chauffage ou bien production d'eau chaude. Par contre le photovoltaïque, processus non durable, mais permet la production d'électricité à partir d'énergie solaire. [Liébard A. & De Herde A. 2005, p 2]

F. Bouvier dit qu' « *il y a dans l'inconscient de tout architecte, mais aussi de tout consommateur d'architecture, un esthétisme du soleil et de sa lumière* » [Bellara S. 2005, p 45] ; autrement dit, le soleil occupe une place importante dans les choix des concepteurs par ces notions culturelles et psychologique sans toutefois oublier l'aspect hygiéniste qu'il offre.

L'architecte devrait être capable de concevoir des bâtiments qui interagissent avec les rayons solaires à n'importe qu'elle heure de la journée et jours de l'année.



**Figure 4 :** La destination du rayonnement solaire sur terre source du cycle de vie.

(Source : Liébard A. & De Herde A. 2005, p 2)

## 2. Aspect géométrique du soleil

### 2.1 Le mouvement apparent du soleil

Le mouvement du soleil est purement théorique et croire qu'on est sur un globe fixe n'est pas une erreur afin de comprendre la course terrestre et le déplacement du soleil dans le ciel.

#### a) La course de la terre autour du soleil

La terre tourne autour du soleil en une année décrivant un parcours elliptique peu aplatie [Mazria E. 2005, p 19], provoqué par le centre de gravité du système terre-lune [Liébard A. & De Herde A. 2005, p 1]. Mais aussi elle tourne autour de son axe Nord-Sud (axe des pôles) en 24 heures qu'est incliné de  $23^{\circ}27'$  par rapport au plan de l'orbite sources du changement saisonnier. Cela signifie qu'en un point de l'orbite, l'axe s'éloigne du soleil et six (6) mois plus tard, au point opposé, l'axe est pointé vers le soleil, [Givoni B. 1978, p 205-206].

Dans l'hémisphère Nord, en période estivale, le soleil s'élève graduellement jusqu'à atteindre sa hauteur maximale dans le ciel et son rayonnement avoisine la verticale. Contrairement aux mois d'hiver, le temps d'insolation décroît et le soleil est plus bas proche de l'horizon, [Mazria E. 2005, p 18].

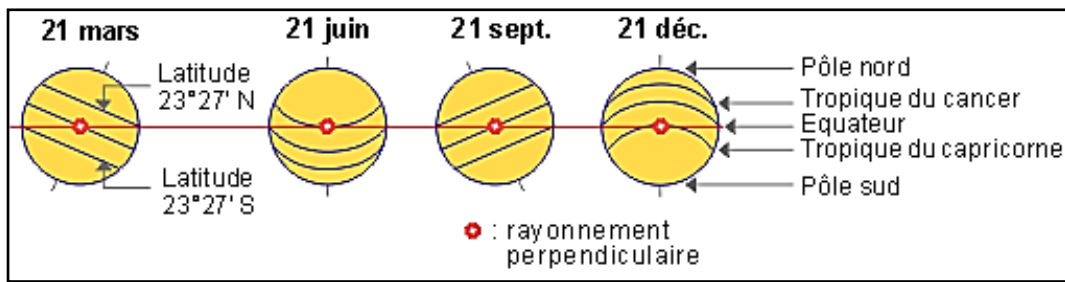


Figure 6 : La position du soleil vertical sur un point. (Source : Energie, Ensoleillement)

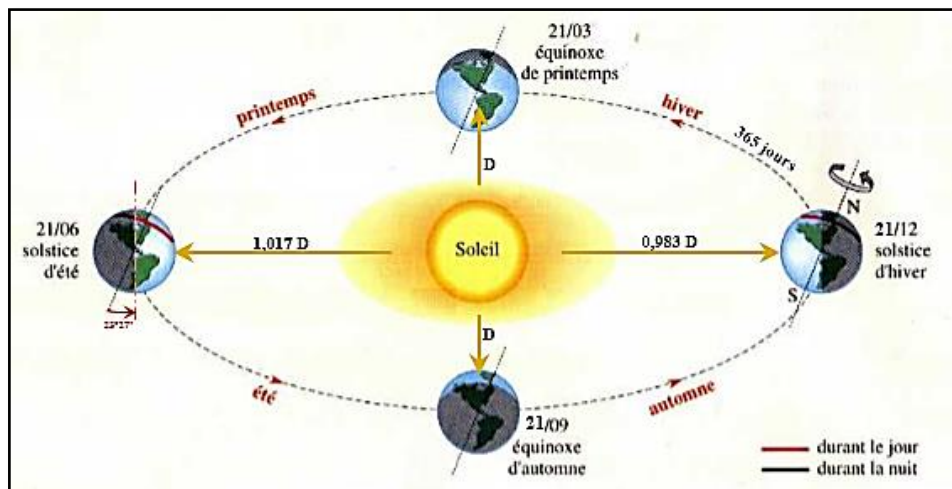


Figure 5 : La course de la terre autour du soleil. (Source : [www.bladi.net](http://www.bladi.net))

### b) Solstices d'été et d'hiver

Il signifie l'endroit où le soleil reste figé. Ce phénomène correspond au moment où la course du soleil interrompt sa montée dans le ciel et commence à redescendre graduellement du point culminant pour le solstice d'été (figure 7). Mais le solstice d'hiver (figure 8), est le moment d'arrêt et de retour de la course du soleil est au plus bas dans le ciel, [Givoni B. 1978, p 206].

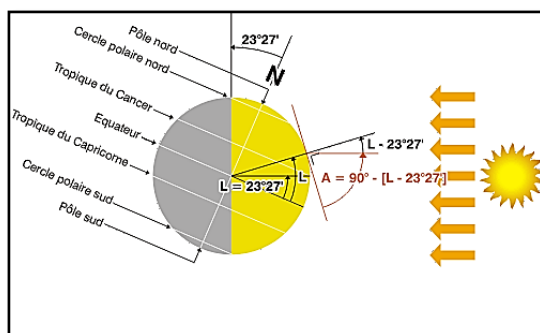


Figure 7 : Solstices d'été, hauteur du soleil à midi supérieur à celle de l'équinoxe.

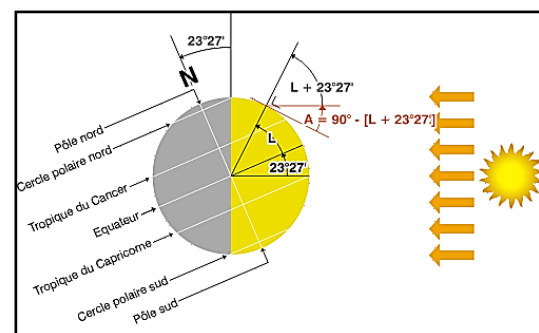


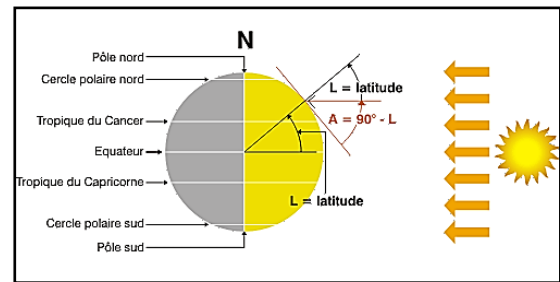
Figure 8 : Solstice d'hiver, hauteur du soleil à midi inférieur à celle de l'équinoxe.

(Source : Energie, Ensoleillement)

Dans l'hémisphère Nord, le 21 décembre correspond au solstice d'hiver équivalant à la journée la plus courte de l'année et le 21 juin le phénomène est inversé appelé solstice d'été. Au moment du solstice d'hiver dans l'hémisphère Nord, c'est le solstice d'été dans l'hémisphère Sud et inversement.

### c) Equinoxes

Lors des équinoxes le jour et la nuit ont une durée de 12 heures dans n'importe quel point du globe, du fait que l'axe de la terre est perpendiculaire aux rayons du soleil. Il rayonne verticalement à l'équateur, [P. Lavigne, 1994, p 71]. Le 21 mars correspond à l'équinoxe vernal et l'équinoxe d'automne est le 21 septembre, [Givoni B. 1978, p 206].



**Figure 9** : L'équinoxe vernal et d'automne.  
(Source : Energie, Ensoleillement)

## 2.2 Les projections solaires

### a) Coordonnées terrestres

Tout point sur terre est repérable par des coordonnées géographiques comme suit :

- **Altitude (A)** : exprimé en mètre, correspond à la distance verticale entre le point sur terre et le niveau moyen de la mer (surface de référence théorique).
- **Latitude (ℓ)** : angle mesuré par l'arc entre la perpendiculaire du lieu et l'équateur, exprimé en degré et varie de  $0^\circ$  à  $90^\circ$  et positif à l'hémisphère Nord et négatif à l'hémisphère Sud.
- **Longitude (L)** : angle mesuré par l'arc de l'équateur que fait le plan méridien d'origine ( $0^\circ$ ) et le plan méridien du lieu souhaité, varie de  $180^\circ$  à  $-180$  et permet de localiser le point de l'Est vers l'Ouest par rapport à une ligne de référence « le méridien de Greenwich ».

### b) Coordonnées horizontales du soleil

Le soleil apparaît pour un observateur sur n'importe quel point sur terre, comme étant en mouvement, décrivant de larges arcs dans le ciel. Pour établir la position du soleil il suffit de connaître selon la figure ci-après : [Mihoub S. 2010, p 20]

- **Hauteur (h)** : angle formé par la direction du soleil et l'horizon de l'observateur, compris entre  $0^\circ$  et  $90^\circ$  ; donné par la formule suivante [Givoni B. 1978, p 212] :

$$\sin h = \sin \ell \cdot \sin \delta + \cos \ell \cdot \cos \delta \cdot \cos H, \quad \text{avec : } (\ell) \text{ est la latitude du lieu ;}$$

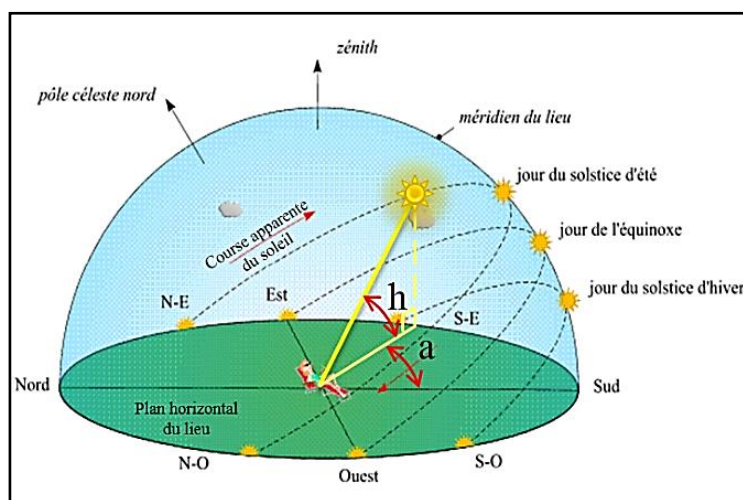
$$(\delta) \text{ est la déclinaison du soleil ;}$$

$$(H) \text{ est l'angle horaire du soleil.}$$

- **Azimut (a)** : angle que fait la projection de la direction du soleil sur le plan horizontal avec la direction du sud, il est négatif vers l'est, positif vers l'ouest et égale à 0 au sud (par convention) [Bellara S. 2005, p 50]. Cet angle est donné par la formule suivante, [Givoni B. 1978, p 212] :

$$\sin a = \cos \delta \cdot \sin H \cdot \sec h, \quad \text{avec } \sec = 1/\cos, \text{ (en astronomie elle est appelée fonction sécante, sert à évaluer l'absorbance atmosphérique).}$$

Cette figure nous renseigne sur la trajectoire apparente du soleil sous forme de spirale. En été la forme concave, monte plus vers le nord et en hiver elle descend vers le sud ; mais aux équinoxes elle se réduit à un disque, [Givoni B. 1978, p 208].



**Figure 10** : Position du soleil sur sa trajectoire spirale.

(Source : Patrick Rocher)

### c) Coordonnées équatoriales (Horaires) du soleil

Indépendamment de la position de l'observateur sur la terre deux angles permettront de repérer la position du soleil qui apparaît différemment selon la latitude de l'observateur.

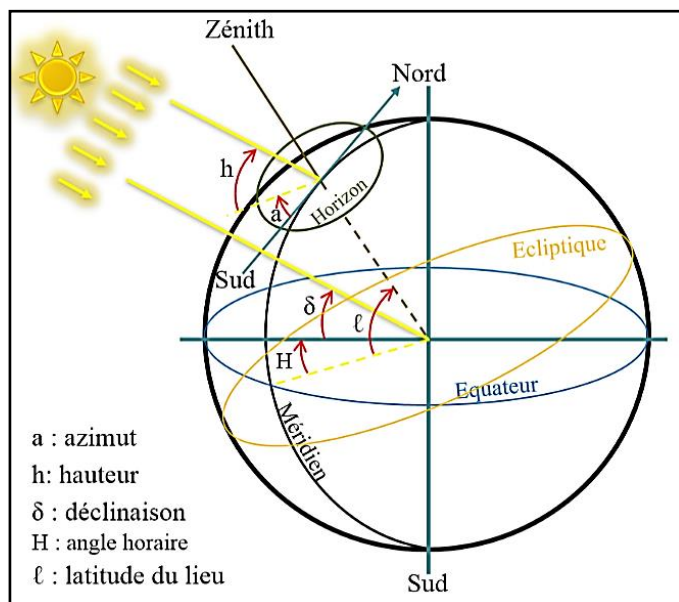
- a) **L'angle horaire (H)** : mesure en degré le mouvement du soleil par rapport au midi solaire (soleil au zénith) sur un plan perpendiculaire à l'axe du monde. Il augmente de  $15^\circ$  par heures (24 h représente  $360^\circ$  horaires), [Givoni B. 1978, p 208]. Il est positif

avant midi et négatif après-midi, sa valeur se calcule à partir de cette formule : [Yaiche R. 2007, p 344].

$$H = 15 (12 - \text{TSV}), \text{ avec (TSV) temps solaire vrai}$$

- b) **La déclinaison ( $\delta$ )** : Elle est égale à l'inclinaison de l'axe de rotation sur l'écliptique, nulle aux équinoxes et maximale aux solstices. F. Bouvier (C3 310, p 3) propose la formule suivante :  $\sin \delta = 0,4 \sin [0,986 (j - 82)]$ , avec  $j$  quantième de l'année à compter du 1er janvier.

Cette figure, est une représentation graphique des différentes coordonnées du soleil, terrestres, horizontales et équatoriales (Horaires).



**Figure 11** : Coordonnées du soleil. (Source : auteur)

## 2.3 Calcul de la position solaire

### 1) La méthode graphique

Le positionnement du soleil à n'importe quelles heures de la journée et mois de l'année peut être déterminé pour une latitude précise par une méthode graphique simple, qui permet une lecture rapide de l'azimut et l'altitude solaire. Ce diagramme solaire est une représentation plane des coordonnées solaires perçus par un observateur sur terre. [Mazria E. 2005, p 239]

### **a) Diagramme solaire stéréographique ou polaire**

Ce diagramme représente une projection de la sphère céleste locale sur un plan horizontal où l'observateur est supposé être au centre du diagramme, l'azimute est représenté par des rayons circonférence et la hauteur par des cercles concentrique. L'axe Nord-Sud indique la valeur des angles et les courbes Est-Ouest représentent la trajectoire du soleil pour chaque mois. Ce réseau nous renseigne sur le bilan énergétique annuel, temps d'ensoleillement des façades et ombre portée par un obstacle dans l'environnement. [Zermout R. 2011, p119]

### **b) Diagramme solaire cylindrique ou frontale**

La figure ci-après est un diagramme solaire cylindrique représentatif d'une projection en deux dimensions de la situation du soleil. Dans ce type de diagramme, l'axe horizontal représente l'azimute et sa hauteur angulaire est plantée verticalement. Il nous renseigne sur l'ensoleillement journalier, l'intensité des radiations solaires et la période d'insolation ou d'ombrage avec la performance des masques architecturaux. [Zermout R. 2011, p119]

## **2) La méthode manuelle**

Cette méthode permet de déterminer les angles solaires à partir de latitude et le moment précis en suivant les étapes décrites plus loin : [Bellara S. 2005, p 51]

- ✓ Détermination de la déclinaison solaire ;
- ✓ Détermination de l'angle horaire au zénith ;
- ✓ La position exacte du soleil est égale à l'angle  $90^\circ$  moins le zénith.

## **3) L'usage de l'outil informatique**

Une forme de calcul mathématique sur des logiciels conçus pour simplifier le positionnement du soleil à un lieu donné et à un moment précis. Il suffit juste de faire entrer manuellement la valeur de la longitude, la latitude et l'angle horaire de l'emplacement désiré dans le programme avec précision de la date et le temps requis, sans oublier d'appuyer sur la touche calculée, [Solar Position].

## 2.4 Calcul du temps solaire

### a) Le temps solaire moyen (TSM)

Comme la vitesse de la terre sur son orbite n'est pas constante au cours de l'année due au parcours elliptique mais aussi à l'inclinaison de l'axe de rotation, la durée du jour n'est pas égale. Cet écart est moins de millième de seconde par jour. Pour remédier à cette irrégularité, on définit donc le TSM comme étant un jour = 24heures .00mn. 00s, [Givoni B. 1978, p208].

La formule de TSM est donnée comme suit : [Zermout R. 2011, p 102]

$$\text{TSM} = \text{TU} + \text{L} / 15, \text{ avec : (L) longitude du lieu et (TU) temps universel.}$$

### b) Le temps solaire vrai (TSV)

Le temps solaire vrai en un lieu et à un moment donné, est défini comme étant l'angle horaire en ce lieu et à ce moment précis. En astronomie, il est lié non seulement au mouvement de rotation de la terre sur elle-même et son mouvement autour du soleil mais aussi l'alternance des jours et des nuits. Par contre en physique, par convention, TSV = 12h à midi pour un angle horaire nulle.

La formule de TSV est donnée comme suit : [Bellara S. 2005, p54]

$$\text{TSV} = 12 + (\text{H}/15), \quad \text{avec H : angle horaire exprimé en degré.}$$

Elle est donnée aussi par :

$$\text{TSV} = \text{TSM} + \Delta t, \quad \text{avec : } (\Delta t) \text{ est l'écart entre (TSV) et (TSM) désigné par « équation du temps ».}$$

### c) Le temps universel (TU)

Le temps universel est lié au temps solaire moyen et la longitude (L) du lieu par rapport au méridien principale qui sert de référence et qui passe par Greenwich (L = 0°).

### d) Le temps légal (TL)

Pour des raisons de commodité à l'intérieur d'un pays, l'état s'approprie un temps légal comme par exemple l'heure d'été. En France par exemple, on fait passer le temps légal (TL) au temps solaire moyen du fuseau horaire (TSM) par une correction comme suit [Bouvier F. C3 310, p 3] :

$$\text{TL} = \text{TSM} + 2 \text{ h en été}, \quad \text{TL} = \text{TSM} + 1 \text{ h en hiver}$$

### 3. Aspect énergétique du soleil

#### 3.1 Composante de la radiation solaire

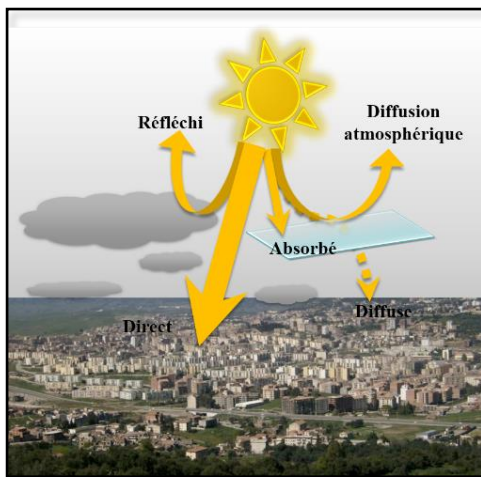
A la limite de l'atmosphère, l'intensité du rayonnement est égale à la constante solaire, soit 1 354 W/m<sup>2</sup>. Sous l'effet de la traversée de l'atmosphère, cette valeur atteint le sol à midi, par un ciel clair, une puissance de l'ordre de 1 000 w/m<sup>2</sup>, sur une surface perpendiculaire au rayonnement, [Liébard A. & De Herde A. 2005, p 2]. La terre absorbe près de la moitié des rayons du soleil incident hors atmosphère et émis un rayonnement infrarouge, du fait de sa température, vers l'atmosphère ; ce qui permis un état d'équilibre entre les rayons réémis et absorbés, [Bellara S. 2005, p 55].

La quantité totale d'énergie (I) interceptée par une surface quelconque au sol se compose de : [Mazria E, 2005 p 18-19]

- ✓ I<sub>D</sub>: radiation direct du soleil ;
- ✓ I<sub>d</sub>: radiation diffusé par le ciel ;
- ✓ I<sub>R</sub>: radiation réfléchi par l'environnement.

Sous la relation suivante :

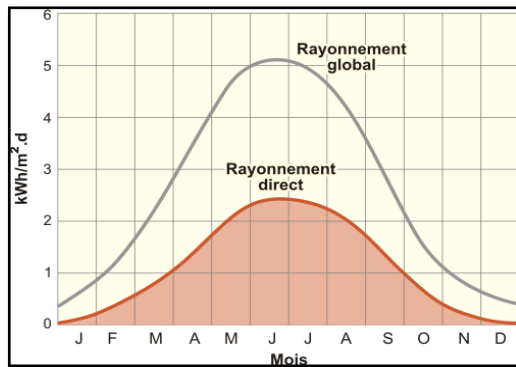
$$I = I_D + I_d + I_R$$



**Figure 12** : Composition du rayonnement solaire.

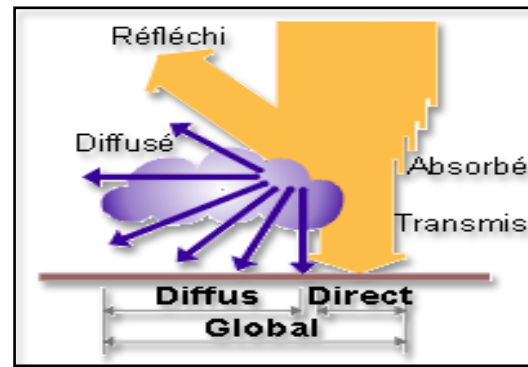
(Source : dessiner par l'auteur à partir de Mazria E. 2005, p 16)

L'ensoleillement global G, est la somme du rayonnement diffus, directe et réfléchis. [Liébard A. & De Herde A. 2005, p 149]. Il varie selon la saison, la région et type de ciel, [Meddour S. 2008]. Les figures ci-dessous (33 et 34), nous explique l'énergie reçue par une surface horizontale comme suit :



**Figure 13** : Energie moyenne reçue sur une surface horizontale.

(Source : Energie, Ensoleillement)



**Figure 14** : Composant du rayonnement solaire global G.

#### a) Rayonnement solaire directe : ( $I_D$ )

Le rayonnement direct, est dit pour les rayons en provenance directement du soleil sans dispersion, qui peut être nul en temps nuageux. [Lavigne P. 1994, p74] sa densité dépend de l'orientation de la paroi du bâtiment, de la latitude et de la déclinaison du soleil. [Liébard A. & De Herde A. 2005, p 149]. La formule de calcul du rayonnement directe normal ( $I_{DN}$ ), suggérée par Givoni B. (1978, p 202) pour une atmosphère très claire est :  $I_{DN} = I_0 / \exp(E / \sin h)$

Avec :  $I_0$  : constante solaire ( $W/m^2$ ) ;

$h$  : hauteur du soleil ;

$E$  : coefficient d'extinction atmosphérique, avec  $0.07 \leq E \leq 0.21$  ;

#### b) Rayonnement solaire diffus : ( $I_d$ )

Le rayonnement diffus n'est pas homogène, il est orienté dans toutes les directions, concentré autour du soleil et plus proche de l'horizon. C'est le résultat des multiples réflexions des rayons solaires émis par les différentes particules microscopiques de la voûte céleste, [Lavigne P. 1994, p74]. Selon Givoni B. (1978, p 203), un dixième (1/10) du rayonnement total est diffusé sous un ciel très claire, en fonction de la hauteur du soleil et de la clarté de l'atmosphère mais jamais nul.

Givoni B. (1978, p 203), donne la formule de calcul du rayonnement diffus incident sur une surface horizontale ( $I_{dH}$ ), avec ( $K$ ) la constante de proportionnalité est égal à :  $0.05 \leq K \leq 0.12$  pour ( $E$ ) coefficient d'extinction atmosphérique  $0.07 \leq E \leq 0.21$  ; comme suit :

$$I_{dH} = K \cdot I_{DN}$$

### c) Rayonnement solaire réfléchi ou albédo : ( $I_R$ )

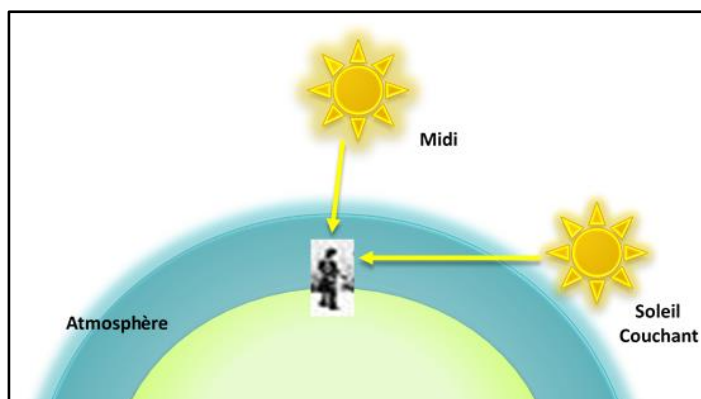
La surface de la terre et son atmosphère réfléchissent, dans toutes les directions, environ 1/3 des rayons directs et diffus, qui sont interceptés par l'environnement [Bellara S. 2005, 54]. Ce phénomène s'appelle l'« albédo » du corps. Le pourcentage de réflexion est défini en fonction du facteur de réflexion moyen de toutes les surfaces voisines, [Givoni B. 1978, p 203].

La densité énergétique reçue par une paroi correspond à l'angle d'incidence que font les rayons du soleil avec sa surface (l'angle solaire). Si le rayonnement global reçu par une surface horizontale ( $I_{TH}$ ) et facteur de réflexion moyen ( $r$ ) sont connus, Givoni B. (1978, p 204) suggère le calcul du rayonnement réfléchi incident sur une surface verticale ( $I_{RV}$ ) par la formule suivante :

$$I_{RV} = (r \cdot I_{TH}) / 2$$

### 3.2 Intensité du rayonnement solaire sur une surface

L'intensité du rayonnement solaire, diminue significativement jusqu'à s'affaiblir enfin de journée. Elle est d'autant plus forte quand l'épaisseur de la couche atmosphérique que le rayonnement solaire doit traverser, est importante. Contrairement au site de montagne l'insolation augmente de plus en plus qu'on monte en l'altitude car la couche d'air est minime. [Mazria E. 2005, p 17]



**Figure 15** : Effet de l'épaisseur d'air sur l'intensité solaire.  
(Source : dessiné par l'auteur à partir de Mazria E. 2005, p 17)

La qualité du flux solaire est en fonction des quatre facteurs essentiels comme suit :

- ✓ Le temps solaire ;
- ✓ L'angle solaire ;
- ✓ L'épaisseur de l'atmosphère traversée ;
- ✓ La qualité du ciel.

L'intensité des rayons solaires sur une paroi dépend largement de la vitesse de l'air en sa surface et de : [Givoni B. 1978, p 235]

- ✓ Les propriétés thermo-physiques des matériaux permettent de contrôler le flux de chaleur traversant le mur ;
- ✓ Le choix des couleurs permet un contrôle de l'irradiation solaire où la couleur claire est meilleure quelle que soit l'orientation, alors que la couleur foncée devrait être évitée sur les parois exposées longtemps au soleil (façades orientées Ouest et les surfaces horizontale).

Sur un plan horizontal, le facteur déterminant est la qualité du ciel (ou degré de nébulosité), mais sur une surface verticale, l'intensité du rayonnement solaire dépend de l'orientation de la paroi par rapport au soleil et du l'albédo de l'environnement. [IZARD J-L, 1993, p 13]

## 1) **Qualité du ciel**

La qualité du ciel est déterminante pour l'éclairage naturel par rapport à la thermique. Le type de ciel le plus utilisé dans le calcul de l'éclairage naturel est le ciel couvert car il réfère des conditions d'éclairement les plus défavorables et fournit un calcul plus simple. L'éclairement fourni par ce ciel est uniforme car la distribution des luminances de la voûte céleste est symétrique par rapport au zénith. Contrairement au ciel clair l'éclairement est plus important et asymétrique du au mouvement du soleil. Selon Benharkat (2006, p 51) les différents types de ciel sont :

### a) **Ciel clair serein (ou ciel bleu)**

La distribution de la lumière dans ce ciel est liée à la position du soleil qui varie suivant la latitude, l'heure de la journée et la période de l'année (d'une saison a une autre). Le calcul de l'éclairement naturel intègre des conditions réelles dans une atmosphère claire et sans nuages (diffusion et réflexion) sans tenir compte de la lumière solaire directe.

### b) **Ciel couvert**

Dans ce type de ciel le soleil est caché derrière les nuages. Il est utilisé dans le calcul du niveau d'éclairage naturel des locaux car il présente les conditions les plus défavorables. Ce ciel est partagé en deux sous-types :

- ❖ Ciel couvert uniforme : non retenu pour une normalisation internationale, correspond à un ciel très couvert et le plus anciennement utilisé car il donne des calculs simplifiés ;
- ❖ Ciel couvert C. I. E : normalisé par la Commission Internationale de l'Éclairage, appelé aussi ciel « Moon et Spencer », c'est un ciel couvert moyen caractérisé par une luminance au zénith trois fois plus supérieure à celle de l'horizon.

### c) Ciel intermédiaire

Une nouvelle classification de ciel, en plus des deux types déjà vus. Le ciel intermédiaire est partagé en :

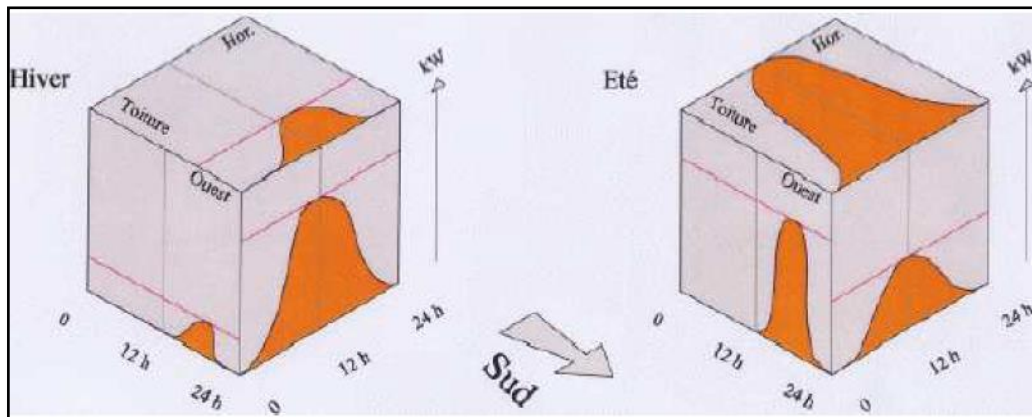
- ❖ Ciel intermédiaire bleu, soleil visible et ciel nuageux irrégulièrement ;
- ❖ Ciel intermédiaire médian, c'est un ciel qui varie très vite aux heures ;
- ❖ Ciel intermédiaire couvert, soleil non visible couvert par les nuages, répartis non uniformément sur la voûte céleste.

## 2) L'effet de l'orientation sur l'insolation

Comme le bâtiment est fixe dans le sol et le gain solaire diffère suivant l'orientation. La meilleure orientation dans l'hémisphère Nord, est l'axe Est-Ouest afin d'avoir la plus grande façade exposée au rayonnement solaire vers le sud en hiver pour capter la chaleur gratuite et à l'aide des protections bien dimensionnées le confort d'été peut être atteint.

Lorsque le ciel est clair, l'orientation de la baie affecte directement la quantité de lumière interceptée et l'idéal au Sud, une fenêtre horizontale facile à contrôler et à maximiser selon les saisons. Mais quand il est couvert, des baies verticales captent la lumière de manière homogène, car les rayons lumineux sont diffusés dans toutes les directions. Sur l'orientation Nord, la lumière est uniforme et diffusée sur toute l'année avec un risque d'éblouissement au lever et au coucher de soleil mais recommandée pour les ateliers de dessin.

Par contre une exposition Est ou Ouest en été est supérieure à l'orientation Sud, engendrant surchauffe des locaux et une ouverture latérale vers l'Est illumine juste la matinée et le rayonnement solaire est faible, difficile à maîtriser car le soleil est proche de l'horizon. Inversement, à un vitrage exposé Ouest, qui reçoit directement l'insolation au cours de l'après-midi entraînant l'éblouissement, [Benharkat S. 2006, p 42].



**Figure 16** : Effet de l'orientation sur le bilan énergétique. (Source : Medjelekh D. 2006, p 31)

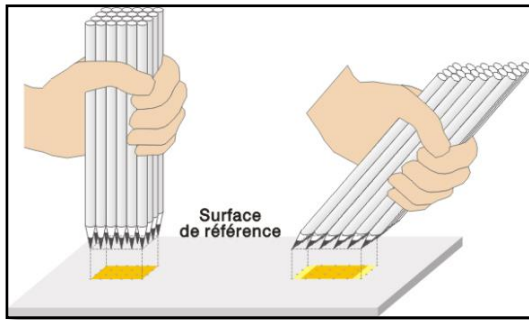
Givoni B. (1978, p 237) montre que si les vents dominants sont de secteur Ouest l'élévation sera plus importante pour des parois Est le matin comparé à une paroi Ouest l'après-midi alors que l'insolation est presque identique dans les deux cas présentés. Elle influence sur les températures externes, affectant le flux de chaleur à travers le mur et les températures de surface interne. Aussi la différence de température est plus importante pour les murs minces (de 10 cm) et l'augmentation de l'épaisseur a montré une légère différence de température avec un intervalle de températures de 2.5°C à 4.5°C.

### 3) L'angle d'incidence

La figure 17, traduit une surface perpendiculaire au faisceau solaire interceptant le maximum d'énergie. L'angle d'incidence –l'angle entre le vecteur solaire et la normale à la surface- détermine la quantité de lumière directe interceptée par une paroi. Il est plus important plus le pourcentage d'éclairement diminue. L'angle incidence ( $\beta$ ) pour différente surface est donné par S. SZOCOLAY, (avec  $\Psi$  est l'inclinaison de la surface par rapport à l'horizontal). [Bellara S. 2005, p 66]

- ❖ Pour une surface verticale, l'angle d'incidence est en fonction de l'azimut et de la hauteur du soleil, comme suit :  $\cos \beta = \cos a \times \cos h$
- ❖ Pour une surface horizontale, l'angle d'incidence est en fonction de la hauteur du soleil, c'est-à-dire :  $\beta = 90 - h$
- ❖ Pour une surface quelconque, l'angle d'incidence est donné par :

$$\cos \beta = \sin h \times \cos \psi + \cos A \times \cos h \times \sin \psi$$



**Figure 17** : Variation de l'intensité énergétique selon l'angle d'incidence.

(Source : Energie, Ensoleillement).

### 3.3 Le flux solaire intercepté par une paroi

Le rayonnement solaire incident augmente la température d'un bâtiment en deux manières, suivant la surface de captage :

- a) Quand les rayons atteignent l'enveloppe externe d'un bâtiment, la température de surface augmente et l'énergie absorbée est transmise en flux de chaleur à l'intérieur par l'intermédiaire du mur et du toit ;
- b) Par contre Lorsque l'insolation arrive sur une fenêtre, l'énergie est piégée à l'intérieur sous l'effet de serre car la quasi-totalité des rayons solaire traversent directement le verre (surface transparente) produisant un apport de chaleur considérable à l'intérieur de l'espace clos modifiant ainsi l'équilibre thermique. Cette insolation est considérée comme étant une source de chaleur gratuite en période hivernale mais qui devrait être refoulé en période estivale pour éviter les surchauffes.

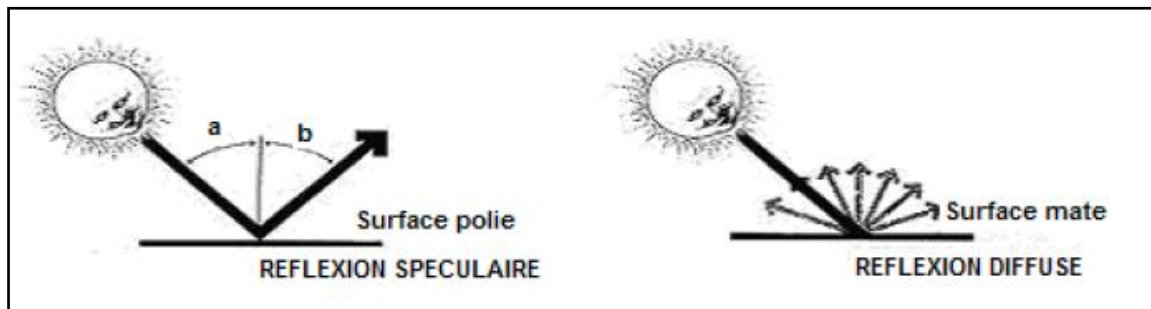
La solarisation est réfléchi et transmise une multitude de fois avant d'arriver sur terre, une grande parties est absorbée et diffusée par le globe terrestre. Une partie de cette énergie est absorbée par les matériaux opaques, le reste est réfléchi et aussi transmise quand le matériau est transparent. Pour mieux comprendre la relation entre l'énergie absorbée (a), réfléchi (r) et transmise (t), Givoni B. (1978, p 199) exprime l'énergie émise par le soleil suivant cette équation :

$$\mathbf{a + r + t = 1}$$

#### a) Le flux solaire réfléchi (r)

L'irradiation solaire intercepté par une surface peuvent être renvoyé vers l'environnement sous la même fréquence d'onde. La différence est dans la qualité de la réflexion selon le types de la surface réfléchissante. Autrement dit, l'angle de réflexion est égal à l'angle d'incidence pour une surface lisse tel que le miroir, appelé réflexion

spéculaire. Mais une surface rigoureuse, mur en maçonnerie, diffusera la lumière dans toutes les directions. [Mazria E. 2005, p 20]



**Figure 18** : Qualité de la réflexion suivant la texture de la surface. (Source : Mazria E. 2005, p 20)

### b) Le flux solaire absorbé (a)

Lorsque l'énergie est à la même longueur d'onde, le facteur d'absorption d'un matériau est égal à son émissivité. Comme le verre, un matériau piégeant l'énergie, du fait qu'il a une forte absorption aux courtes longueurs d'onde et une faible émissivité aux longueurs d'onde plus longue. De même pour le blanc de chaux, qui est l'une des surface les plus rejetant à l'insolation (chaleur et lumière) car il a un faible facteur d'absorption aux longueurs d'ondes courtes. Contrairement aux surfaces de couleur sombre.

Le moyen le plus efficace pour contrôler la quantité de chaleur et lumière atteint l'intérieur d'une enveloppe de vie est la couleur, la texture et l'orientation. [Givoni B. 1978, p 202]. La quantité de rayonnement solaire absorbée (**I<sub>a</sub>**) est le produit du rayonnement solaire (**I<sub>i</sub>**) par le facteur d'absorption surfacique (**a**), c'est-à-dire : **I<sub>a</sub> = a . I<sub>i</sub>**

### c) Le flux solaire transmis (t)

Le rayonnement solaire atteint une surface non opaque est absorbé, réfléchi ou transmis. Près de la moitié de l'énergie absorbée par cette dernière s'ajoute à l'énergie transmise à l'intérieur du bâtiment. L'autre moitié est évacuée à l'extérieur par rayonnement et convection. Dans les serres solaires, là où on désire capter le maximum de rayonnements solaires, il est préférable d'utiliser un vitrage à forte transmission et faible absorption.

## A.1.b Source de chaleur thermique

L'effet thermique du soleil, pénétrant dans la maison par les baies vitrées est utilisé pour la chauffée depuis longtemps. L'arrivée du verre comme matériau piégeant les rayonnements incidents a permis de concevoir des locaux entièrement chauffés grâce au soleil. [VALE B. & R. 1979, p 25].

En période froide, les gains d'énergie sont utilisés comme une source de chaleur gratuite (chauffage passif) et en période de surchauffe, en plus du rafraîchissement il est nécessaire d'occulté les surfaces de captages pour se protéger du soleil.

- Le contrôle de l'ensoleillement devient nécessaire, qui se fait par :
  - Un choix d'orientation du bâtiment ;
  - La couleur et la texture des surfaces externes de l'enveloppe ;
  - L'occultation des surfaces vitrées.
- L'insolation affecte les températures à l'intérieur des locaux par :
  - Les gains directs à travers les surfaces transparentes ;
  - Les gains indirects à travers les surfaces opaques extérieures.

## 1. Concept et définition

### 1.1 Notion de température

La température est une grandeur physique, renseigne sur l'état thermique d'un corps. Son unité légale est le Kelvin [K] et en degré Celsius [°C] avec  $1^{\circ}\text{C} = - 273.16$ . La température ambiante se mesure à l'ombre par des stations météorologiques, elle varie quotidiennement arrive à son maximum en milieu d'après-midi et connaît son minimum à l'aube. De plus des variations au cours de l'année et d'une année à une autre, [Izard J-L. 1993, p 12]. Lavigne P. (1994, p 67) définit les températures de chaque mois, qui sont le résultat de mesures sur une période de plusieurs années, comme suit :

- **La température moyenne** : établit à partir des moyennes de températures quotidiennes de chaque mois ;
- **La température maximale moyenne** : une moyenne des températures maximales de tous les jours du mois ;
- **La température minimale moyenne** : une moyenne des températures minimales de tous les jours du mois ;
- **La température maximale maxima** : moyenne des températures maximales du jour le plus chaud du mois ;
- **La température minimale minima** : moyenne des températures minimale du jour le plus froid du mois ;

L'étude du confort thermique doit se faire sur une durée moyenne de jours représentatifs de condition d'inconfort les plus rudes.

## 1.2 Définition de chaleur

L'agitation moléculaire des particules dans un milieu, combustible, passage de courant électrique, réaction chimique,...ou autres, dégage de la chaleur sous forme d'énergie.

**Chaleur total = chaleur sensible + chaleur latente**

### a) Chaleur sensible

La chaleur sensible modifie la température d'un corps sans changement d'état physique de la matière.

### b) Chaleur latente

La chaleur latente est la quantité d'énergie nécessaire pour passer de l'état physique initial (gazeux, liquide ou solide) à un autre état de la matière sans variation de température.

On parle de : [énergie]

- ✓ Chaleur de liquéfaction : passage de l'état solide à l'état liquide ;
- ✓ Chaleur de vaporisation : passage de l'état liquide à l'état gazeux ;
- ✓ Chaleur de condensation : passage de l'état gazeux à l'état liquide ;
- ✓ Chaleur de solidification : passage de l'état liquide à l'état solide.

## 1.3 Quantité de chaleur

C'est la chaleur  $Q$  ou énergie  $E$  nécessaire pour porter la température d'un corps de  $1^\circ\text{C}$ . Elle est exprimé en Wattheure (Wh) ou en Joule (J), avec  $1 \text{ Wh} = 3.6 \times 10^3 \text{ J}$  et  $1 \text{ J} = 0.278 \times 10^{-3} \text{ Wh}$ . Elle est donnée par la formule suivante : [changement d'états/chaleur]

$$Q = m \times C_p \times \Delta t$$

avec :  $m$  : masse du corps (kg) ;  
 $\Delta t$  : température initiale et la température finale ( $^\circ\text{C}$ ) ;  
 $C_p$  : chaleur massique de ce corps (J/kg.  $^\circ\text{C}$ ) ;

## 1.4 Flux de chaleur

Noté aussi flux thermique  $\phi$ , et exprimée en  $\text{W.m}^2$ . Elle correspond au transfert de chaleur qui s'écoule par unité de temps entre deux milieux. La transmission d'énergie se fait du corps le plus chaud vers le corps le plus froid, jusqu'à ce que la température se stabilise et elle est donnée par l'équation de Fourier : [JANNOT Y, 2012, p 3]

$$\phi = \lambda \cdot \Delta t / e$$

avec :  $\lambda$  : conductivité thermique ( $\text{W.m}^{-1}.\text{C}^{-1}$ ) ;  
 $\Delta t$  : température initiale et la température finale ( $^\circ\text{C}$ ) ;  
 $e$  : épaisseur (m).

## 2. Mécanismes d'échanges thermiques

Suite à la forte exposition d'un corps aux radiations solaires, générant son échauffement dû à l'absorption des rayons solaires, des échanges de chaleurs sont déclenchés avec le milieu environnant pour assurer l'équilibre thermique du corps ; selon quatre modes :

### 2.1 Conduction

Sous l'influence d'une variation de température, la chaleur se transmet dans un milieu opaque, sans déplacement de matière. La transmission s'effectue suivant deux mécanismes distincts : par électrons libres et vibrations des atomes ou molécules, [JANNOT Y. 2012, p 6]. La densité de flux de chaleur transmise par conduction repose sur l'hypothèse de Fourier :

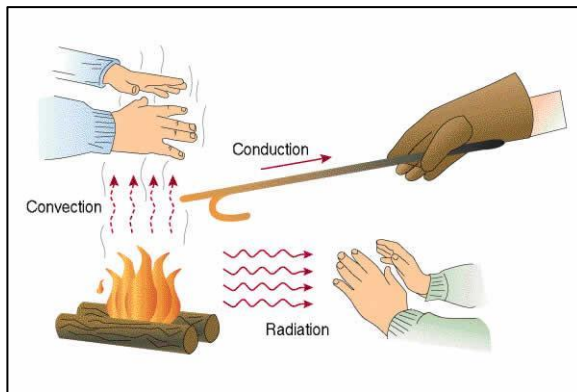
$$\phi = \lambda S \left( \frac{\partial T}{\partial x} \right)$$

Avec :  $\phi$  : flux de chaleur transmis par conduction (W) ;  
 $\lambda$  : conductivité thermique ( $\text{W.m}^{-1}.\text{°C}^{-1}$ ) ;  
 $x$  : variable d'espace dans la direction du flux (m) ;  
 $S$  : aire de la surface de contact solide/fluide ( $\text{m}^2$ ).

La figure 19 montre la propagation de la chaleur dans le morceau de métal dès le contacte de l'extrémité à une source de chaleur et le tableau suivant nous renseigne sur la valeur de la conductivité thermique  $\lambda$  de certains matériaux de construction :

Matériaux		$\lambda$ ( $\text{W.m}^{-1}.\text{°C}^{-1}$ )	
		Sec	Humide
Matériaux isolants	Polyuréthane	0.028	
	Laine minérale, liège	0.040	
	Vermiculite	0.058	
	Perlite	0.065	
Bois et dérivés	Feuillus dures	0.17	0.19
	Résineux	0.12	0.13
Maçonneries	Briques 700-100 $\text{kg/m}^2$	0.27	0.41
	Briques 1000-1600 $\text{kg/m}^2$	0.54	0.75
	Briques 1600-2100 $\text{kg/m}^2$	0.90	1.1
Verre		1.0	1.0
Béton armé		1.7	2.2
Pierres naturelles	Tuft, pierre tendre	1.40	1.69
	Granit, marbres	2.91	3.49
Métaux	Acier	45	
	Aluminium	203	
	Cuivre	384	

**Tableau 1** : Conductivité thermique de certains matériaux. (Source : Energie<sup>+</sup>)



**Figure 19** : Mécanismes d'échanges thermiques.  
(Source : chaleur et température)

## 2.2 Convection

Le transfert de chaleur se fait entre un corps solide et un fluide par déplacement de ce dernier. Ce mode de transfert peut être naturel ou forcé et régi par la loi de Newton : [JANNOT Y. 2012, p 7]

$$\phi = h \cdot S (T_p - T_\infty)$$

Avec :  $\phi$  : flux de chaleur transmis par convection (W) ;  
 $h$  : coefficient de transfert de chaleur par convection ( $W \cdot m^{-2} \cdot ^\circ C^{-1}$ ) ;  
 $T_p$  : température de surface du solide ( $^\circ C$ ) ;  
 $T_\infty$  : température du fluide loin de la surface du solide ( $^\circ C$ ) ;  
 $S$  : aire de la surface de contact solide/fluide ( $m^2$ ).

- La thermoconvection (ou convection naturelle) est due à la différence de température entre la surface et l'air ambiant, elle dépend de la grandeur de cette différence de température et de la position de la surface.
- La convection forcée est le facteur dominant en jeu lorsque la surface est exposée aux effets du vent.

## 2.3 Rayonnement

Un corps porté à  $1^\circ C$  rayonne de la chaleur vers d'autres corps moins chauds. Ce mécanisme est un transfert d'énergie électromagnétique entre deux surfaces et/ou dans le vide. Si on considère un rayonnement entre un corps solide et son environnement on obtient la relation suivante : [JANNOT Y. 2012, p 8]

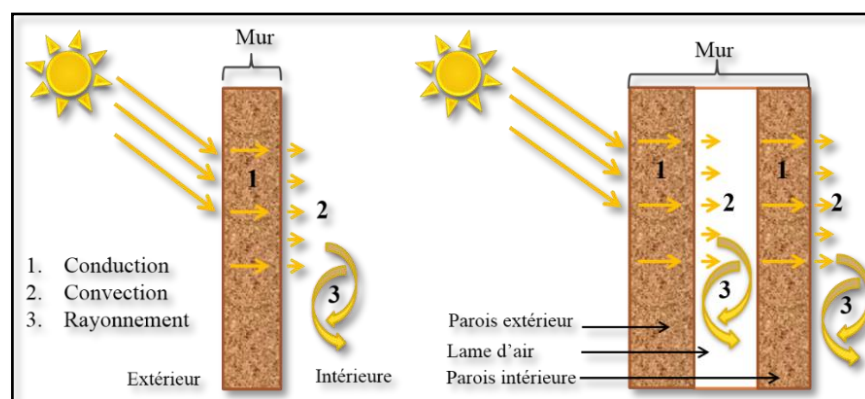
$$\phi = \sigma \epsilon_p \cdot S (T_p^4 - T_\infty^4),$$

Avec :  $\phi$  : flux de chaleur transmis par convection (W) ;  
 $\sigma$  : constant de Stefan ( $5,67 \cdot 10^{-8} W m^{-2} \cdot ^\circ C^{-4}$ ) ;  
 $\epsilon_p$  : facteur d'émission de la surface (sans unité) ;  
 $T_p$  : température de surface du solide ( $^\circ C$ ) ;  
 $T_\infty$  : température du fluide loin de la surface du solide ( $^\circ C$ ) ;  
 $S$  : aire de la surface de contact solide/fluide ( $m^2$ ).

## 2.4 Evaporation ou condensation

Ces modes impliquent des changements de phase pour les fluides (liquides ou gaz). Créent une absorption ou une propagation de chaleur.

La figure 20 résume le transfert de chaleur à travers une paroi simple, vers l'intérieur suite à l'absorption des rayons solaires sous forme d'énergie. Le flux de chaleur traversant le matériau par conduction est transmis vers l'intérieur par convection (avec l'air ambiant intérieur) et par rayonnement (avec les parois internes). Dans le cas où la paroi est composée d'un vide d'air, le flux le traverse par convection et rayonnement, puis poursuit son parcours par conduction.



**Figure 20** : Schématisation des modes de transfert de chaleur à travers une paroi simple et composite. (Source : interprétation de l'auteur)

## 3. Comportement thermique d'une enveloppe

Connaitre le comportement thermique de la coquille des bâtiments soumis à des conditions climatiques données est important, elle est la première protection contre les agressions extérieures. Le mouvement d'air et la pénétration des radiations solaires à l'intérieur interviennent dans le bilan global du bâtiment.

### 3.1 Paroi opaque

L'insolation interceptée par la peau superficielle d'une paroi est divisée en plusieurs parties :

- ✓ Une transmise à l'environnement extérieur par rayonnement et convection ;
- ✓ Une transmise à l'ambiance intérieure par rayonnement et convection après avoir traversée l'épaisseur de l'élément par conduction ;
- ✓ Une absorbée par la paroi provoque l'échauffement de la masse en question.

La quantité de flux de chaleur absorbée et stockée, dépend de la capacité calorifique du matériau composant la paroi et du déphasage (temps de transmission du flux vers

l'extérieur). Cependant, celle transmise à l'intérieur est proportionnelle à sa conductance thermique.

### **3.2 Paroi transparente**

Les parois transparentes constituent un moyen d'échange de chaleur avec l'ambiance extérieure/intérieure, caractérisée par une résistance thermique faible (échauffement l'été et refroidissement l'hiver). Les propriétés physiques du verre permettent de transmettre le rayonnement visible, [Izard J-L. & Guyot A. 1979, p 65].

La quantité d'énergie traversant une baie vitrée est influençable par :

- ✓ L'environnement extérieur ;
- ✓ L'orientation ;
- ✓ Le type de vitrage utilisé ;
- ✓ La présence ou non de masque solaire.

Le verre permet le passage de lumière et du soleil. Il est transparent aux radiations du spectre visible ainsi qu'à celles du proche infrarouge et opaque aux infrarouges de grande longueur d'onde émis par la radiation thermique des objets, [VALE B. & R. 1979, p 25].

## **4. Fonction thermique d'une enveloppe**

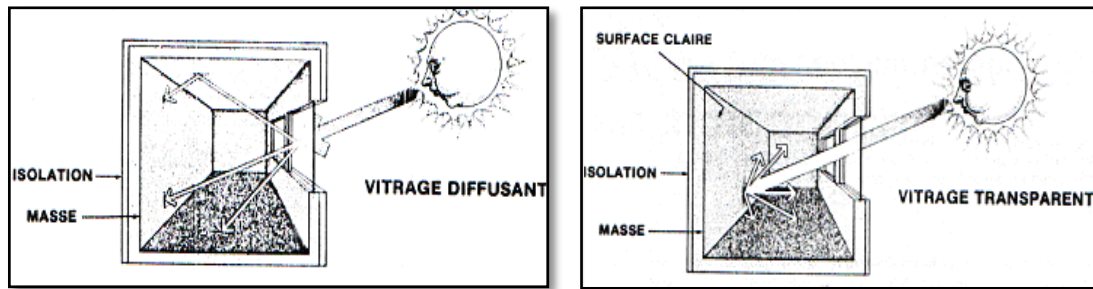
### **4.1 Fonction interne (échange thermique)**

La peau du bâtiment échange de la chaleur en permanence avec l'environnement extérieur et les milieux habités.

### **4.2 Fonction externe (captage énergétique)**

Afin de créer des ambiances hygrothermiques confortables à l'intérieur de l'espace de vie, l'enveloppe devrait être conçue de manière intelligente de sorte à économiser de l'énergie. L'effet capteur est plus important dans les parties transparentes, jusqu'à 10 à 25% d'apport gratuit grâce à l'effet de serre, [Bellara S. 2005, p 82].

Le gain est en fonction aussi des propriétés thermiques de la masse lourde, qui sont responsables du stockage d'énergie dans l'élément et atténuent les bouleversements de température avec l'extérieur. Afin d'optimiser ces apports solaires, la conception bioclimatique offre d'autres solutions intégrées dans le bâtiment ; telles que les serres, les vérandas ou les murs capteurs.



**Figure 21** : Gain thermique et apport énergétique. (Source : Mazria E. 2005, p 110)

Pour réduire les problèmes de stockage et diffusion de la chaleur le revêtement des surfaces internes doit être de : [Mazria E. 2005, p 110]

- ✓ Couleur sombre pour les planchers lourds ;
- ✓ Couleur claire pour les murs en maçonnerie et autres éléments légers ;
- ✓ Eclairage direct court sur les surfaces horizontales sombres ;
- ✓ Les moquettes sont déconseillées sur des dalles en béton.

## 5. Mécanismes de transfert de chaleur

### 5.1 Mécanisme de transfert de chaleur à travers une paroi

Le bâtiment est composé des parois opaques et des parois transparentes. Izard J-L. & Guyot A. (1979) considèrent les murs en maçonnerie et les baies vitrées comme des pièces pour agir et non pas comme des objets fixes. L'enveloppe du bâtiment doit assurer une ambiance thermique intérieure favorable, qui répond aux effets climatiques.

#### a) Transfert de chaleur à travers un mur

Le flux de chaleur traversant par conduction un mur séparant deux ambiances de températures différentes, est amorcé par l'inertie thermique. Ce dernier est proportionnel à l'épaisseur du mur, qu'est proportionnel au coefficient de conductibilité thermique du matériau composant la paroi.

Quand il atteint une surface externe opaque pleine, il est absorbé par la couche superficielle, qui augmente sa température selon les propriétés thermiques du matériau, puis transmis par convection et radiation, sur une partie. L'autre partie, est réémise sous forme de flux thermique à l'environnement extérieur, [Bellara S. 2005, p 84]. Pendant la nuit, le chemin inverse se produit avec un temps de déphasage pour une inertie thermique plus forte.

## b) Transfert de chaleur à travers un vitrage

Le flux de chaleur traversant une surface vitrée est affecté par la conception, le dimensionnement et les matériaux composant la fenêtre ainsi que l'environnement ambiant. Pour la même fenêtre, le facteur déterminant est la nature du vitrage et son orientation. Elle peut être exploitée comme source d'énergie et les effets thermiques sont en fonction des propriétés spectrales du verre et du type du masque solaire, quand il y en a. Le verre est caractérisé par une forte capacité à transmettre les rayons de grande longueur d'onde, affectant la consommation énergétique, [Bellara S. 2005, p 88].

Le tableau suivant établi par Givoni B. (1978, p 252) nous donne des valeurs des gains de chaleur en wattheure (Wh), pour différents types de verres, en distinguant les deux parties :

Types de verres	Transmission	Gain du rayonnement absorbé	Total
Verre clair	74	9	83
Verre à fenêtre	85	3	88
Verre absorbant (lumière & chaleur)	20	25	45
Verre gris	30	30	60
Verre laqué	38	17	55

**Tableau 2 :** Gain de chaleur par divers type de verre en pourcentage de rayonnement, avec une incidence normale. (Source : Givoni B. 1978, p 252)

Le rapport de la chaleur transmise sur la lumière transmise varie suivant les types de verre. Il atteint le minimum pour les verres réflecteurs infrarouges et son maximum pour des verres gris. Outre que le gain de chaleur transmis à l'intérieur, l'effet thermique du verre affecte aussi le refroidissement du bâtiment.

## 5.2 Mécanisme de stockage de chaleur

Le stockage de la chaleur dans la masse thermique du bâtiment est utilisé pour se chauffer en saison froide, quand la température extérieure baisse. En saison chaude, la masse peut réduire la pénétration de chaleur au cours de la journée jusqu'au soir. Ce temps de déphasage en architecture troglodytique peut atteindre plusieurs mois grâce à une forte capacité thermique, [Liebard A. & De Herde A. 2005, p 91].

La capacité de stockage est en fonction de la surface d'échange, l'épaisseur du mur, sa position, son orientation et essentiellement les propriétés physicochimiques des matériaux de construction qui le compose : conductivité thermique ( $\lambda$ ), la chaleur spécifique ( $c$ ) et la

densité ( $\rho$ ). Le produit de ces derniers, est proportionnel à la capacité thermique et de stockage du matériau, [Medjelekh D. 2006, p 85].

### **5.3 Mécanisme de distribution de chaleur**

La distribution de la chaleur se fait par convection (naturelle ou forcée), ou/et rayonnement de courte longueur d'onde ou/et infrarouge. Elle est conditionnée par les propriétés thermiques du matériau composant le bâtiment, et les conditions de surface de captage.

Le flux de chaleur se déplace dans les parois internes du bâtiment par conduction, de la surface chaude vers les couches avoisinantes moins chaudes. La faible capacité thermique de l'air augmente avec la diminution de la densité de la chaleur et le déplacement de l'air à la surface de la couche limite est laminaire, comme il peut y avoir un flux d'air turbulent sous d'autres conditions, [Liebard A. & De Herde A. 2005, p 83].

#### **A.1.c Source d'éclairage naturel**

La lumière constitue une source de vie sur terre, intimement liée à l'existence de l'homme et influence son vécu de point de vue physiologique et psychologique, au quotidien. L'éclairage naturel est le mode le plus : agréable, performant, économique ; contrairement à l'éclairage artificiel qu'est plus maîtrisable par les concepteurs.

Depuis l'apparition de l'électricité, le recours à l'éclairage artificiel est universel, utilisé fréquemment, dès que la lumière naturelle ne répond plus aux exigences visuelles pour la poursuite de l'activité pour la création d'une ambiance agréable et confortable à l'épanouissement familial.

Le mouvement lumineux, est difficile à évaluer. Il dépend de plusieurs facteurs, imposé à l'occupant pour s'y adapter : forme, dimension, orientation, taille des baies vitrées et des masques solaires ; y compris ceux créés par l'utilisateur pour s'approprier l'espace, comme élément décoratif et le choix de la couleur et textures du revêtement des murs internes, [Prieur J. 1981, p 6].

## **1. La lumière solaire**

### **1.1 Lumière monochromatique, lumière composée**

La lumière du soleil, ou lumière blanche dans le langage courant, est composée des rayons colorés, identiques à ceux de l'arc-en-ciel, ou ceux déduits de la décomposition de la lumière par un prisme. Ceux-ci, aucune source lumineuse ne produit un effet identique à celui de la lumière naturelle, qu'est composée de l'éclairement énergétique et lumineux.

#### **a) L'éclairement énergétique**

L'énergie solaire disponible est évaluée par l'éclairement ou exposition énergétique, Reiter S. & DE Herde A. (2004, p 53) le définissent comme étant le flux énergétique solaire reçu par une unité de surface, mesurée en ( $W/m^2$ ) et le produit de ce dernier par la durée d'irradiation nous donne l'exposition énergétique, mesurée en  $Wh/m^2$  ou  $J/cm^2$ .

#### **b) L'éclairement lumineux**

L'éclairement lumineux sur une surface verticale est donné en fonction de la réflexion lumineuse sur le sol avoisinant. Si on prend l'exemple au solstice d'hiver à midi, heure universel, par temps clair, le rapport des éclairagements d'une surface verticale et une autre horizontale avec un facteur de réflexion qui vaut 0.2, correspond à 0.06 pour une orientation Nord, 1.51 au Sud et 0.89 pour les deux orientations Est et Ouest.

### **1.2 Type de lumière**

En fonction de la qualité du ciel, Golay Yves (1994, p 17), divise la lumière naturelle en deux types,

- Une lumière calme ou homogène caractérisé par une faible intensité, de couleur plus froide et des contrastes moins affirmés ; sous un ciel couvert ou un ciel claire atténué par une protection solaire.
- Une lumière dynamique caractérisée par une intensité élevée, une couleur plus chaude et des contrastes élevés ; sous un ciel clair ensoleillé exprimant au mieux la variation du temps par heure et à travers les saisons.

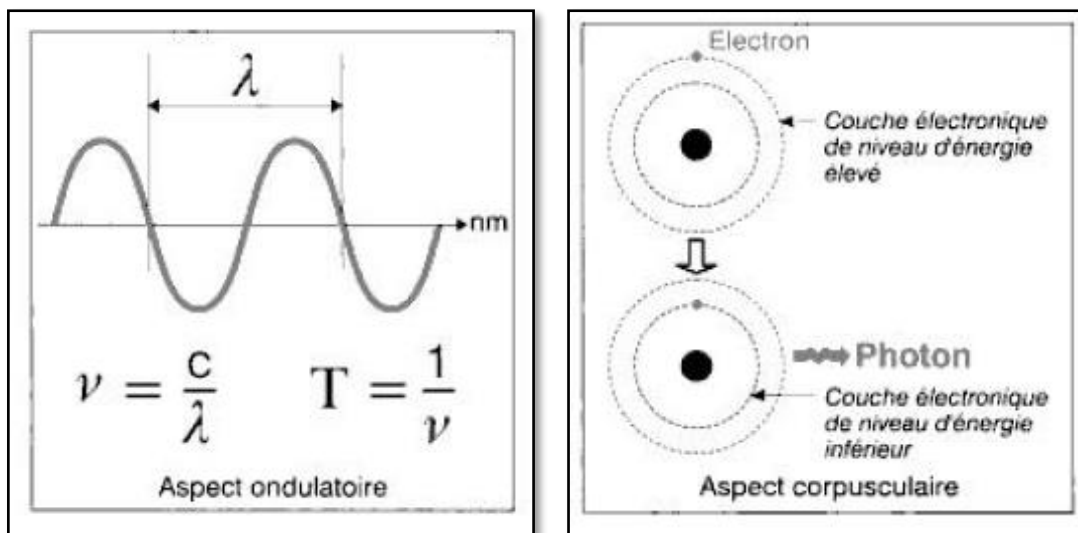
D'après Reiter S. & DE Herde A. (2004, p 55) une étude détaillée de prédétermination de l'éclairement des espaces est primordiale pour fixer l'orientation des espaces en fonction des meilleures conditions d'éclairement nécessaires.

## 2. Les caractéristiques physiques

### 2.1 Le rayonnement électromagnétique

La lumière naturelle qui nous parvient est une des formes des faisceaux électromagnétiques, formées de grains d'énergie (appelés photons en 1928), qui se propagent. Ce rayonnement, la physique moderne lui reconnaît deux aspects (figure 49) :

- **L'aspect ondulatoire**, consiste à définir la lumière par une oscillation sinusoïdale caractérisée par la longueur d'onde  $\lambda$ , reliée à la fréquence  $\nu$  par la vitesse de propagation de l'onde ( $c$ ) ; qui dépend du milieu de propagation et la période  $T$  est égale à  $\nu^{-1}$ .
- **L'aspect corpusculaire**, définit la lumière par un rayonnement composé de corpuscules (les photons) et l'émission et l'absorption de la lumière se font de manière discontinue.



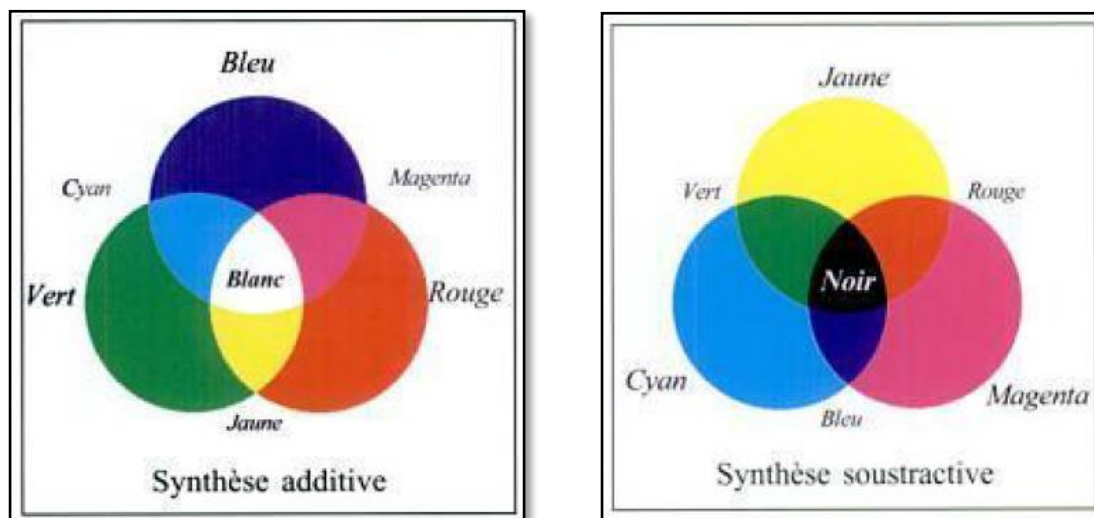
**Figure 22** : Les deux aspects de caractérisation du rayonnement électromagnétique.  
(Source : Reiter S. & DE Herde A. 2004, p 22)

### 2.2 La décomposition du spectre lumineux

La lumière naturelle est composée d'un mélange des rayons du domaine visible (figure 3), où l'énergie est la plus intense. Ces radiations colorées s'allongent des ondes violettes jusqu'aux ondes rouges, peuvent être observées à travers d'un prisme ou sous une goutte d'eau, identique au phénomène de l'arc-en-ciel.

Les couleurs primaires en optique physique sont le bleu, le rouge ainsi que le vert et en peinture se sont le bleu cyan, le jaune et le magenta ; les autres couleurs sont le résultat d'un mélange adéquat de ces couleurs primaires selon nos désirs. La synthèse additive des couleurs est donnée par la superposition de plusieurs lumières colorées. Compte à la synthèse soustractive se déroule grâce à un pigment qui enlève à la lumière ce qu'il a absorbé ; par

exemple l'addition d'un pigment jaune, absorbant les grandes longueurs d'onde, avec un pigment magenta qui absorbe les plus courtes, ne laisse passer que le rouge.



**Figure 24** : Les synthèses additive et soustractive des couleurs.  
(Source : Reiter S. & DE Herde A. 2004, p 23)

Dans le bâtiment, un mur peint en rouge absorbe toutes les radiations émises par la source lumineuse sauf le rouge qu'est réémit à l'espace. D'après Reiter S. & DE Herde A. (2004, p 24), la couleur est liée à la lumière par trois caractéristiques physiques :

- Sa longueur d'onde qui définit la teinte, la tonalité perçue est fortement affecté par la couleur de la lumière (naturelle ou artificielle) ;
- Son degré de pureté, définit par le taux de saturation en blanc ou en noir qui nous donne l'aspect clair ou foncé, dépend du flux lumineux de la source ;
- Son facteur de clarté se définit par l'intensité de lumière réfléchi par une surface de couleur donnée. Elle augmente en avoisinant le blanc et diminue de plus en plus qu'on se rapproche du noir (blanc, orange, rouge, vert, bleu, violet et noir). De plus, elle dépend de la nature de la surface : l'intensité augmente pour une surface brillante et inversement pour une surface mate.

### 2.3 La propagation de la lumière

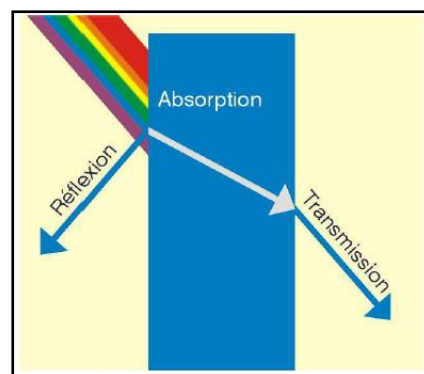
Les objets éclairés par la lumière, de n'importe qu'elle couleur, l'absorbe, la réfléchit ou la transmette, figure 25. Cet effet produit dépend de la longueur d'onde est à l'origine de la couleur des objets dans certains cas.

Dans un milieu homogène le mouvement de la lumière se fait par des lignes droites. Les images qui parviennent à l'œil sont inversées comme quand les faisceaux lumineux traversent un diaphragme. Lorsque le récepteur est opaque, la propagation de la lumière se

fait dans toutes les directions et varie en fonction de la taille de l'objet. Cet effet est observé sur une surface de revêtement brillant.

### a) L'absorption

Un corps noir absorbe toutes les composantes de la lumière et inversement pour un corps blanc. Lorsque le mur absorbe la lumière, il engendre un voile dans la pièce. La transition créée entre l'ombre portée avec la zone éclairée, est remarquable de plus en plus que la dimension de la source qui illumine la surface augmente.



**Figure 25** : Propagation de la lumière.

(Source : Bodart M. & Deneyer A. p 10).

### b) La réflexion

La réflexion de la lumière se fait par quatre modes de transfert, spéculaire (la totalité de la lumière est renvoyée sans traversée la surface), diffuse, parfaite ou quelconque, selon la distribution si elle est dans toutes les directions ou se fait de manière aléatoire. Et enfin, la réflexion mixte qui se fait de manière diffuse selon une seule direction.

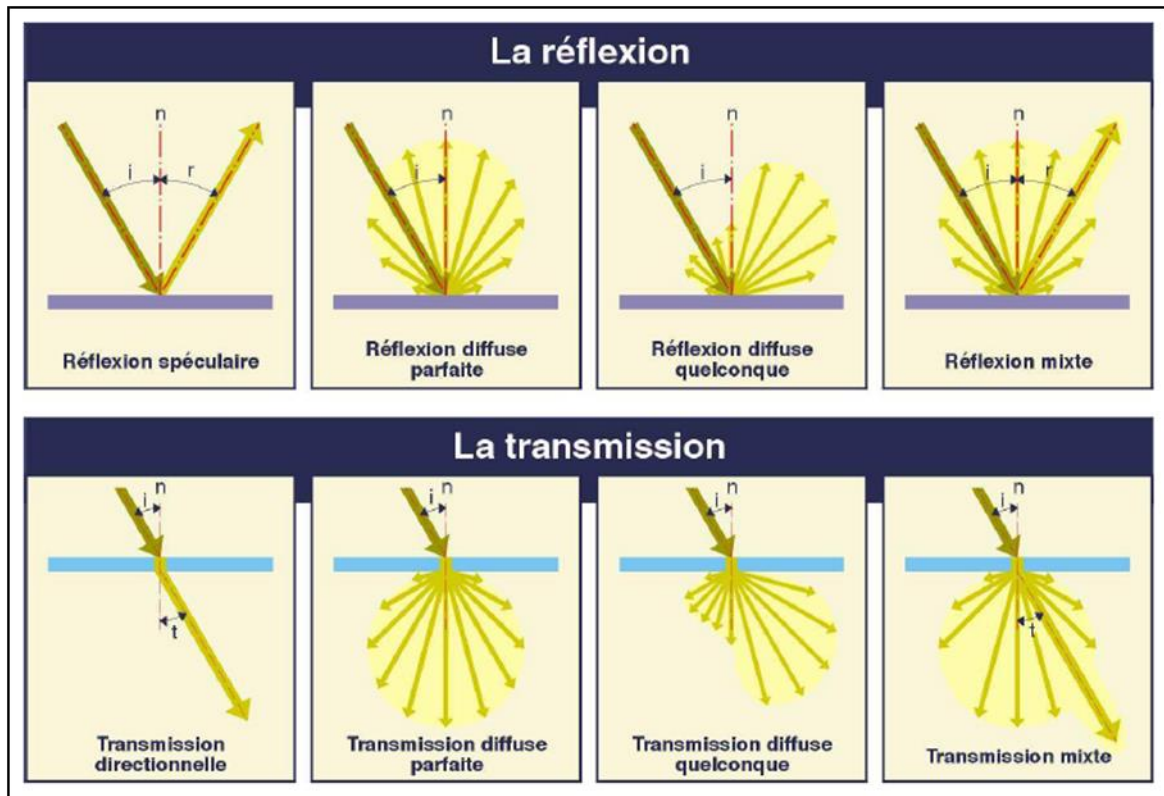
Le facteur de réflexion est la quantité de lumière réfléchiée par rapport à la quantité reçue. Pour un facteur élevé, la couleur est plus claire et réfléchiée peu de lumière tandis qu'une couleur sombre, le facteur de réflexion est plus faible. Le tableau 3, nous renseigne sur le facteur de réflexion en fonction de la couleur :

<b>Forte teneur en blanc</b>	<b>Couleurs moyennes (saturation moyenne)</b>	<b>Couleurs foncées (forte teneur en noir)</b>
<b>0.35 à 0.8</b>	0.04 à 0.7	0.05 à 0.3

**Tableau 3** : Valeurs du facteur de réflexion suivant la couleur de la surface.

(Source : Reiter S. & DE Herde A. 2004)

La réflexion de la lumière sur une surface se fait selon quatre modes suivant la nature de la surface éclairée, surface spéculaire (lisse et parfaitement réfléchissante), surface brillante (lisse et partiellement réfléchissante), surface mate (parfaitement diffusante) et enfin, surface satinée (angle d'incidence est rasant, elle travaille comme une surface brillante ; pour un angle réduit, elle avoisine une surface mate). (voir figure 26)



**Figure 26** : Différents modes de réflexions et de transmissions.

(Source : Bodart M. et Deneyer A. p 10)

### c) La transmission

La transmission de la lumière varie en fonction de l'épaisseur traversée ainsi que le type de matériaux (translucides, opaques ou transparents), suivant quatre modes : directionnelle (angle de transmission égale à l'angle d'incidence), diffuse parfaite (la lumière transmise est multidirectionnelle), diffuse quelconque (la lumière transmise est aléatoire) et transmission mixte (la lumière transmise est diffuse suivant une direction précise).

### ✚ La diffusion

La diffusion de la lumière est à l'origine de la variété des couleurs du soleil et du ciel. Elle se fait grâce aux molécules d'air et aérosols ; augmente avec les longueurs d'onde de la lumière les plus courtes.

La couleur de la radiation diffuse par les aérosols varie en fonction de la taille de la particule et en fonction des conditions atmosphériques. C'est ce phénomène qui explique la couleur du soleil au coucher, la diffusion est plus intense et la couleur est l'addition de la couleur transmise orangée avec la lumière diffusée bleue.

### **La réfraction**

Elle constitue le changement de direction de la radiation lumineuse, suivant un angle de déviation, traversant un milieu transparent ce qui réduit la vitesse de déplacement. Cet angle augmente de plus en plus que la longueur d'onde est petite.

### **La polarisation**

La propagation de la lumière après réfraction, la lumière devient polarisée, perd sa symétrie de révolution et ses ondes ne vibrent plus que dans deux dimensions au lieu de trois dimensions. De ce fait, l'utilisation d'un filtre polariseur, nous permet de supprimer les réflexions lumineuses indésirables.

## **2.4 La transformation de la lumière**

La lumière absorbée par le corps élève sa température interne, produisant un effet calorifique. Son intensité est en fonction de sa répartition spectrale, dès l'onde violette jusqu'aux ondes rouges. Le rayonnement solaire provoque aussi des réactions chimiques, qui commencent avec le rayon vert, jusqu'aux rayonnements ultra-violettes ; exemple de décoloration de tissus colorés.

La lumière produit un effet mécanique sur les objets qu'elle éclaire dû à la pression de radiation et produit un effet photoélectrique sous l'influence de certains métaux.

## **3. Les grandeurs photométriques**

### **3.1 La photométrie**

La photométrie est une évaluation quantitative des grandeurs correspondantes aux rayonnements lumineux suivant la perception de l'œil humain créée. La courbe de sensibilité de l'œil permet d'évaluer le rayon solaire en fonction de l'effet produit sur l'œil humain, engendrant ainsi les différentes grandeurs photométriques, [Reiter S. & DE Herde A. 2004, p 34].

### **3.2 Les instruments de mesure**

Le meilleur moyen pour évaluer l'éclairage est de mesurer les luminances, la seule grandeur photométrique perçue par l'œil, mais qu'est difficile à évaluer. Généralement nous mesurons des valeurs de l'éclairement, avec un instrument appelé « luxmètre ».

En laboratoire, d'autres types d'instruments de mesures sont utilisés, tels que :

- Le flux lumineux d'une source est mesuré par lumen mètre ou sphère intégratrice ;
- L'intensité lumineuse se mesure à l'aide d'un récepteur photométrique ;
- La luminance se mesure à l'aide d'une luminance-mètre ;
- Le spectrophotomètre compte à lui, sert à mesurer l'absorbance d'une solution à une longueur d'onde donnée

### 3.3 Le flux lumineux $\Phi$

Le flux lumineux exprime la quantité de lumière rayonnée par une source lumineuse dans tout l'espace, elle est donnée en lumen (lm) et dépend de la sensibilité de l'œil. C'est-à-dire, le flux énergétique visible est la puissance du rayonnement visible, quantifié par l'œil sous forme de flux lumineux.

La sensibilité de l'œil est variable selon les différentes longueurs d'onde en conséquence, pour les différentes couleurs, pour une radiation monochromatique la sensibilité visuelle vaut 683lm/W, égale au flux lumineux total d'une source (spectre de la source est continue).

Chaque individu a une courbe de sensibilité visuelle qui lui est propre d'où la proposition de la Commission Internationale de l'éclairage (CIE)<sup>2</sup> d'une courbe moyenne théorique retenue à l'échelon international, [Priour J. 1981, p 18].

✚ **L'efficacité lumineuse  $\eta$**  d'une source est le rapport de son flux lumineux  $\Phi$  à sa puissance rayonnée  $P$ , exprimée en lm/W.

Le tableau suivant, nous donne l'efficacité lumineuse  $\eta$  des sources lumineuses.

Source lumineuses	Efficacité lumineuse (lm/W)
Radiation solaire directe	52 à 97
Ciel couvert	110 à 140
Ciel clair sans soleil	125 à 155
Ciel clair avec soleil	105 à 115

**Tableau 4 :** Efficacité lumineuse de différentes sources de lumière naturelle, pour des inclinaisons du soleil supérieures à 30°.

(Source : Reiter S. & DE Herde A. 2004, p 35)

✚ **Température de couleur**, est la température nécessaire à un corps noir pour rayonner une lumière de couleur presque identique à celle de la source. Ceux-ci, est un indicateur sur sa couleur apparente. Par exemple, pour une température de couleur basse, la lumière est riche en rouge et pour une température de couleur élevée, la lumière est d'abord

<sup>2</sup> CIE, (bureau central : 52, bd Maleherbes, 75008 Paris), organisation internationale fondée en 1913, a pour objet l'étude des grands problèmes techniques et scientifiques de l'éclairage. Représentée dans les trente pays membres par un comité national.

blanche puis bleue, elle est exprimée en Kelvin (K), ( $1K = 1C^{\circ} + 273$ ). [Prieur J. 1981, p 24]

Le tableau suivant nous donne la température de couleur des sources lumineuses, caractérisant l'ambiance lumineuse.

Lumière naturelle	Température de couleur (K)
Soleil levant ou couchant	1000 à 2500
Claire de lune	4000 à 4400
Soleil à midi en été	5800 à 6500
Ciel couvert	7000
Ciel clair du Nord	15 000 à 20 000

**Tableau 5 :** Température de couleur de différentes sources de lumières naturelles.  
(Source : Reiter S. & DE Herde A. 2004, p 37).

✚ **L'indice de rendu des couleurs (IRC)**, est la capacité à restituer les couleurs du spectre visible de l'objet éclairé par la source lumineuse. Il évalue quantitativement le degré d'accord entre la source testée et la source de référence, décrite par le CIE.

### 3.4 L'intensité lumineuse I

L'intensité lumineuse évalue le flux lumineux émis par unité d'angle solide dans une direction donnée, se mesure en candéla ( $1 \text{ cd} = 1 \text{ lm} / \text{sr}$ ), est donnée par la formule suivante :

$$I = \Phi / \Omega \quad [\text{Reiter S. \& DE Herde A. 2004, p 39}]$$

#### ✚ L'angle solide $\Omega$

L'angle solide d'un cône se mesure, soit par le rapport de la longueur de l'arc C sur le rayon unité ( $C/R$ ) et soit par le rapport de l'aire S de la surface sur le rayon ( $S/R^2$ ). Il intervient dans la définition de l'intensité lumineuse, mesuré en stéradian, égale aux radians carrés, ( $\text{sr} = \text{rad}^2$ ).

Comme les sources de lumière sont anisotropes<sup>3</sup>, on parle d'intensité lumineuse moyenne, donnée par la formule suivante :

$$I = \Phi / 4 \pi$$

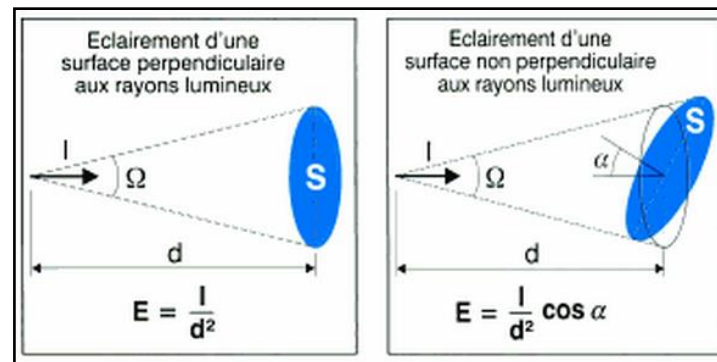
En outre, en éclairage naturel, on ne parle pas d'intensité lumineuse de la voûte céleste car elle est définie pour une source ponctuelle.

<sup>3</sup> Correspond à la même source de lumière ayant un flux lumineux réparti uniformément dans toutes les directions.

### 3.5 L'Éclairage E

L'éclairage d'une surface est le rapport du flux lumineux reçu à l'aire de cette surface, se mesure en lux (= 1 lm / m<sup>2</sup>) et donné par l'équation suivante :  $E = \Phi / S$

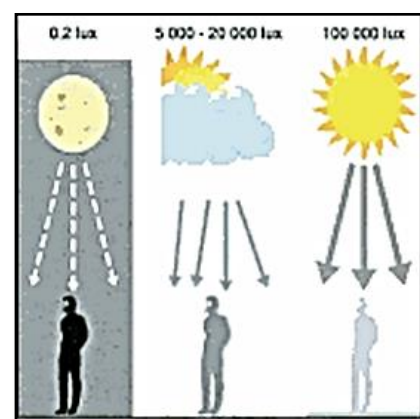
Cette formule montre que l'éclairage dépend de l'intensité de la source lumineuse, de la distance qui sépare la surface éclairée de la source et de son inclinaison par rapport aux rayons lumineux, schématisée dans la figure 27.



**Figure 27** : Schématisation de l'éclairage sur une surface perpendiculaire aux rayons lumineux et une autre inclinée. (Source : Reiter S. & DE Herde A. 2004, p 40)

De ce fait, l'éclairage définit la quantité de lumière reçue par une surface. L'œil humain est moins sensible aux grandeurs d'éclairage mais grâce à ses capacités adaptatifs, celui-ci évalue des variations d'éclairage dans l'espace ou dans le temps. Cette notion est généralement remplacée en éclairage naturel par la notion de facteur de lumière du jour.

Source lumineuse	Eclairage (lx)
Pleine lune	0.2
Ciel couvert	5 000 à 20 000
Ciel clair (sans soleil)	7 000 à 24 000
Plein soleil d'été	100 000



**Tableau 6 et figure 28** : Les valeurs d'éclairage d'une surface horizontale extérieure. (Source : Reiter S. & DE Herde A. 2004, p 40)

### 3.6 La luminance L

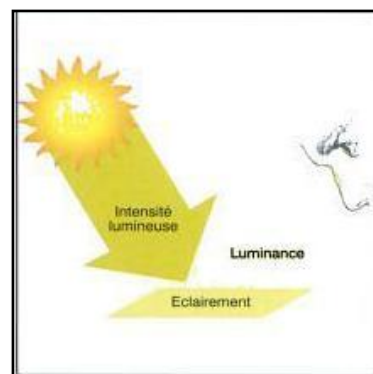
La seule grandeur photométrique réellement perçue par l'œil humain est la luminance d'une source lumineuse, qui traduit la sensation visuelle de luminosité. Elle est mesurée par le rapport entre l'intensité lumineuse émise dans une seule direction à l'aire de la surface apparente de cette source. Elle est exprimée en candélas par mètre carré ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ) et donnée par la formule suivante :

$$L = I / S_{\text{apparente}}$$

La luminance d'une surface est en fonction du niveau d'éclairement (E), position de l'observateur et la source, nature de la surface éclairée (couleur, lisse ou rugueuse), ainsi de son coefficient de réflexion ( $\rho$ ). Elle peut être donnée par la formule suivante : [Prieur J. 1981, p 19]

$$L = \rho E / \pi, \quad (\text{surface parfaitement diffusante}).$$

Environnement	Luminance ( $\text{cd}/\text{m}^2$ )
Paysage nocturne (limite de la visibilité)	$10^{-3}$
Paysage par pleine lune	$10^{-2}$ à $10^{-1}$
Papier noir mat éclairé par 100 lux	1.5
Parois intérieures éclairées	25 à 250
Papier blanc mat éclairé par 100 lux	30
Paysage par ciel couvert	300 à 5 000
Paysage par ciel clair	500 à 25 000
Lune	2500
Papier blanc au soleil	$\approx 25\,000$
Soleil	$1.5 \cdot 10^9$



**Tableau 7 et figure 29** : Grandeur de luminances de différents environnements.  
(Source : Reiter S. & DE Herde A. 2004, p 41)

La perception de la luminance par l'œil humain varie en moyenne de  $10^{-3} \text{ cd} / \text{m}^2$  à  $10^5 \text{ cd} / \text{m}^2$ . En outre, comme la sensation lumineuse est juste évaluée mais pas mesurable, l'œil est insensible pour des variations de moins 20%, [Reiter S. & DE Herde A. 2004, p 41].

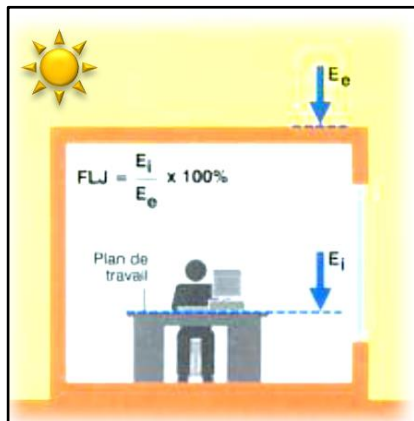
### 3.7 Le facteur de lumière du jour (FLJ)

Le FLJ, exprimé en %, est le rapport de l'éclairement naturel intérieur reçu en un point de référence (plan de travail ou le niveau du col) à l'éclairement extérieur simultané sur une surface horizontale par ciel clair. Reiter S. & DE Herde A. (2004, p 42), donnent la formule suivante, pour un même ciel en considérant la lumière solaire directe nulle :

$$FLJ = E_{\text{int}} / E_{\text{ext}}$$

Sous un ciel couvert, les valeurs de FLJ ne dépendent pas de l'orientation des ouvertures, ni du moment de l'année ou de la journée et peuvent ainsi être comparées aux valeurs du

FLJ minimum de référence ; mais dépendent de la dimension et de la position de la baies vitrées.



**Figure 30 :** La variation du coefficient de transmission et de réflexion par rapport à l'angle d'incidence.  
(Source : Reiter S. & DE Herde A. 2004, p 42)

L'exigence d'une bonne conception de système d'éclairage naturel doit tenir compte de l'environnement immédiat, de l'orientation du bâtiment, des conditions climatiques et variations d'éclairement en fonction de la période de l'année et de l'heure de la journée.

#### 4. Les composantes de la lumière à l'intérieur d'un espace

La quantité de lumière perçue dans un local est le résultat d'une composition de la lumière directe et une partie de la lumière réfléchiée par les surfaces extérieures et intérieures du local qu'est en fonction du facteur de réflexion de ces derniers.

##### 4.1 La lumière directe

La lumière directe à l'intérieur du local, provient directement de la source, soleil et voûte céleste. La quantité de lumière directe perçue est en fonction des paramètres climatiques, des caractéristiques géométriques et physiques de l'ouverture ainsi que taille, forme, et position des obstacles extérieures.

##### 4.2 La lumière réfléchiée externe

La lumière réfléchiée externe dans un local est la lumière réfléchiée par la surface des obstructions extérieures. La quantité de lumière réfléchiée externe dépend des caractéristiques géométriques, de l'angle d'incidence de ces surfaces et essentiellement du facteur de réflexion de celles-ci.

##### 4.3 La lumière réfléchiée interne

La lumière réfléchiée interne est la lumière réfléchiée à l'intérieur du local, surfaces et objets présents. Elle dépend du facteur d'absorption et de réflexion de ces surfaces.

## **5. La stratégie de la lumière naturelle du jour**

### **a) Capter**

L'éclairage naturel du bâtiment consiste à capturer la lumière du jour, son intensité et sa qualité dépendent de la latitude et de l'altitude du lieu. La quantité de lumière reçue par une construction varie en fonction de :

- Type de ciel ;
- Moment de l'année ;
- Heure de la journée ;
- Orientation du bâtiment ;
- Inclinaison du bâtiment ;
- L'environnement immédiat du bâtiment (albédo et masque urbain ou végétal).

### **b) Transmettre**

La transmission de la lumière à l'intérieur de la pièce consiste à favoriser sa pénétration, influençable par la dimension, forme et position de la baie ainsi que les caractéristiques du matériau de transmission (vitrage), qui peut être transparent ou translucide.

### **c) Distribuer**

Une bonne répartition de la lumière naturelle dans une pièce, est créée grâce à la distribution de l'éclairage, qui consiste à diriger et à transporter les rayons lumineux de manière homogène. La difficulté consiste dans la non homogénéité des éclairages par rapport à la lumière artificielle et ceci peut être favorisé par :

- Type de distribution lumineuse (direct, indirecte) ;
- Répartition des baies ;
- Distribution intérieure ;
- Le matériau des surfaces intérieures ;
- Les zones et système de distribution lumineuse.

### **d) Se protéger**

Lorsque la lumière naturelle provoque de l'inconfort dans un local, il est nécessaire de se protéger totalement ou partiellement des rayons lumineux par l'utilisation des masques solaires ou les vitrages réflecteurs. Pour éviter qu'une surface soit ensoleillée, nous pouvons jouer sur l'absorption, la réflexion, la diffusion et la dispersion.

## e) Contrôler

Le contrôle de la lumière naturelle résulte à réglementer la quantité de lumière interceptée avec une distribution homogène dans la pièce, suivant les exigences de l'espace, la variation météorologique et l'activité des usagers.

Pour une meilleure adaptation de l'ambiance lumineuse d'un espace aux besoins de ces utilisateurs, le contrôle peut se faire comme suit :

- Choisir des protections amovibles ;
- Prévoir un éclairage artificiel pour les zones mal éclairées naturellement ;
- Réguler le flux lumineux artificiel, en fonction de la quantité de lumière prévue pour l'activité des occupants et la lumière naturelle présente dans l'espace.

L'efficacité des systèmes de contrôle dépend en grande partie de la participation des usagers et de l'automatisation de ces moyens de gestion de la lumière. Aussi, du climat, de la situation du lieu, des caractéristiques des systèmes de contrôle et de la zone de contrôle.

### Bibliographie :

- Bellara S. (2005)** Impact de l'orientation sur le confort thermique intérieur dans l'habitation collective. Cas de la nouvelle ville Ali Mendjeli Constantine. Mémoire de magistère. Université Mentouri de Constantine.
- Benharkat S. (2006)** Impact de l'éclairage naturel zenithal sur le confort visuel dans les salles de classe – Cas d'étude : Bloc des lettres de l'université Mentouri Constantine. Mémoire de magistère. Université Mentouri de Constantine.
- Bodart M. et Deneyer A.** Principes de base de l'éclairage naturel et du confort visuel. Chargée de recherche FNRS- architecture et climat. Université catholique de Louvain Architecture et Climat.
- Bouvier F. (1981)** Soleil et architecture. Technique de l'ingénieur, C3 310. Novembre 1981, disponible sur le site de téléchargement : <http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/archives-th12/archives-le-second-oeuvre-et-l-equipement-du-batiment-tiacc/archive-1/soleil-et-architecture-c3310/>, consulté le 05/2015.
- Givoni. B. (1978)** L'homme, l'architecture et le climat. Edition : Moniteur. Paris.
- Golay Yves. (1994)** Lumière naturelle et habitation. Habitation : revue trimestrielle de la section romande de l'Association Suisse pour l'Habitat, n°66/1994, Zurich, Suisse, disponible sur le site de téléchargement : <http://www.e-periodica.ch/digbib/view?pid=hab-001:1994:66#35>, consulté le 05/02/2015
- Izard J-L. (1993)** Architecture d'été. Construire pour le confort d'été. Edition : EDISUD, la Calade, Aix-en-Provence.
- Izard J-L et Guyot A. (1979)** Archi Bio. Edition : Parenthèses.
- JANNOT Y. (2012)** Transferts thermiques, Ecole des Mines Nancy, disponible sur le site de téléchargement : <http://www.thermique55.com/principal/thermique.pdf>, consulté le 22/02/2015.
- Lavigne P. (1994)** Architecture climatique, Une contribution au développement durable. Tome 1 : Bases Physiques, Alain Chatelet, Collaboration Paul Brejon et Pierre Fernandez ; Edition : Edisud.

- Liébard A. et De Herde A. (2005)** Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques : Concevoir, édifier et aménager avec le développement durable. Edition : Observ'ER ; France.
- Mazria E. (2005)** Le guide de l'énergie solaire passive. Edition : Parenthèses.
- MEDDOUR S. (2008)** Impact de l'éclairage zénithal sur la présentation et la préservation des œuvres d'art dans les musées – Cas du musée Cirta de Constantine. Mémoire de magistère. Université Mentouri de Constantine.
- Medjelekh D. (2006)** Impact de l'inertie thermique sur le confort hygrothermique et la consommation énergétique du bâtiment. Car de l'habitation de l'époque coloniale à Guelma. Mémoire de magistère. Université Mentouri de Constantine.
- Mihoub S. (2010)** Commande d'héliostat plan réfléchissante le rayonnement solaire vers une cible fixe. Mémoire de magistère. Université de Tlemcen.
- Prieur J. (1981)** LA LUMIERE DANS LA MAISON. Edition : Moniteur. Paris.
- Reiter S. & A. DE Herde. (2004)** L'éclairage naturel des bâtiments. Edition : presses universitaires de Louvain.
- Tissot M. (2012)** L'ENERGIE SOLAIRE – THERMIQUE ET PHOTOVOLTAIQUE. Les Guide de l'Habitat Durable. 2<sup>ème</sup> Edition : EYROLLES.
- VALE Brenda et Robert. (1979)** La maison aux énergies douces, Edition : Moniteur. Paris.
- Yaiche R. (2007)** Logiciel de calcul des paramètres astronomiques à l'usage des installations solaires. Revue des Energies Renouvelables ICRES-07 Tlemcen (2007) 343-348. CDER, Alger.
- Zermout R.** Utilisation de l'énergie géothermique de surface pour la climatisation dans le bâtiment. Mémoire de magistère, Université de Tizi-Ouzou, 2011

## WEB Bibliographie

- Changement d'états/chaleur,** disponible sur le site : [http://fr.wikiversity.org/wiki/Changements\\_d%27%C3%A9tats/Chaleur#Quantit.C3.A9\\_de\\_chaleur](http://fr.wikiversity.org/wiki/Changements_d%27%C3%A9tats/Chaleur#Quantit.C3.A9_de_chaleur), consulté le 14/12/2014.
- Energie,** disponible sur le site : <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=11244>, consulté le 30/11/2014.
- Energie<sup>+</sup>.** Efficacité énergétique des bâtiments tertiaires, disponible sur le site : <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10254>, consulté le 30/11/2014.
- Energie, Ensoleillement,** disponible sur le site : <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16759>, consulté le 30/11/2014.
- Le rayonnement solaire,** disponible sur le site : <https://sites.google.com/site/tpesoleil2012/fayolle/composition-des-rayons>, consulté le 03/12/2014
- Rocher Patrick,** Soleil Terre Lune Phénomènes, disponible sur le site : [https://media4.obspm.fr/public/AMC/pages\\_stlp/impression.html](https://media4.obspm.fr/public/AMC/pages_stlp/impression.html), consulter le 30/11/2014.
- Solar Position, calculator,** disponible sur le site : [http://wiki.naturalfrequency.com/wiki/Solar\\_Position\\_Calculator](http://wiki.naturalfrequency.com/wiki/Solar_Position_Calculator), consulté le 08/12/2014.
- Vincent Daniel.** Cours sur le rayonnement thermique, l'effet de serre et le bilan radiatif de la terre. Planète Terre, ENS De Lyon, disponible sur le site : <http://planet-terre.ens-lyon.fr/article/bilan-radiatif-terre2.xml>, consulté le 22/11/2014.
- www.bladi.net,** disponible sur le site : <http://www.bladi.net/forum/threads/lastronomie-coran.388555/page-2>, consulté le 30/11/2014.

## **Annexe 2 : Principes climatiques**

- A.2.a. Principe de conception architecturale dans un climat méditerranéen.**
- A.2.b. Les zones climatiques.**
- A.2.c. Moyenne mensuelle de l'irradiation globale inclinée à la latitude du lieu et la moyenne mensuelle de la durée d'insolation mesurée (SS), en été et en hiver.**
- A.2.d. Irradiation globale journalière reçue.**
- A.2.e. Hauteur et Azimut du soleil à Tizi-Ouzou (latitude 36° 42'N).**
- A.2.f. Position du soleil le 21 Juin et le 21 Décembre 2014, à 12h00.**
- A.2.g. Tableau de Mahoney.**

## **A.2.a : Principe de conception architecturale dans un climat méditerranéen**

Chaque type de climat a une conception thermique appropriée. La température et l'humidité relative concourent la classification de ces régions climatiques afin de comprendre les caractéristiques de conception visant à satisfaire les exigences thermiques de l'homme et son confort physiologique. Le climat méditerranéen est caractérisé selon Givoni B<sup>1</sup>. (1978, p 351) par :

- Un été chaud à brûlant et secs ;
- Un hiver froid et une forte pluviométrie ;
- Une insolation intense, essentiellement en été.

L'importance de l'orientation par rapport au soleil dépend largement de la couleur externe des parois ainsi que la dimension des fenêtres et leurs protections. Dans le climat méditerranéen, les grandes ouvertures ne sont pas recommandées afin de se protéger des rayons solaires d'été et éviter les déperditions en hiver. L'éclairage dans ce cas peut être contrôlé par la couleur des surfaces interne. Le chauffage en hiver et la climatisation en été seront nécessaires toutes fois mais sur des périodes moins importants, suffisants pour satisfaire les exigences physiologiques avec seulement des appareils d'appoint ... Givoni B. (1978, p 364- 371), subdivise ce climat en trois sous-types comme suit :

### **a) Climat méditerranéen continental**

Localisé dans les régions proches de la mer. Caractérisée par de grandes fluctuations journalières, les températures peuvent atteindre 40°C la journée et 18°C la nuit en été avec un taux d'humidité relative partiellement faible de 30% à 40% la journée, jusqu'à 90% la nuit. Le vent est généralement sud-ouest la matinée à Nord-Ouest l'après-midi. Par contre en hiver, les températures descendent de 5°C à moins 0°C et un taux de pluviométrie variant, modérément faible de 200 à 300 mm. Le confort physiologiques dans ces régions peut être atteint en évitant les échange de chaleur entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment. A partir de la conception de l'enveloppe et du choix du matériau de construction, tout en assurant une ventilation nocturne pour le refroidissement de la structure.

---

<sup>1</sup> **Givoni. B.** L'homme, l'architecture et le climat. Edition : Moniteur. Paris, 1978.

### **b) Climat méditerranéen maritime**

Comme son nom l'indique, ces des régions situées en bord de mer. Le climat est caractérisé par un hiver doux avec des températures supérieures à 0°C et des pluies de 500 mm par an accompagné d'orage et de forte vitesse de vent. Un été pas trop chaud et une humidité relative élevée du fait de la proximité de la mer.

Les principes de conception dans ces climats se résument en assurant un refroidissement intérieur rapide par une ventilation nocturne efficace et prévenir contre la surchauffe du bâtiment par une journée d'été. En hiver, éviter l'eau de pluie et toutes formes de condensations. Contrairement au climat continental, ici la capacité calorifique n'est pas trop importante.

Selon Givoni B. (1978, p 369), les immeubles à grande hauteur augmentent grandement leurs possibilités de ventilation et permettent une meilleure ventilation que des bâtiments à un seul niveau. Les Tours, sont exposées à de fort vent et par le biais d'une distribution appropriée, elles peuvent participer à l'amélioration de la ventilation des immeubles voisins, d'étages plus inférieurs.

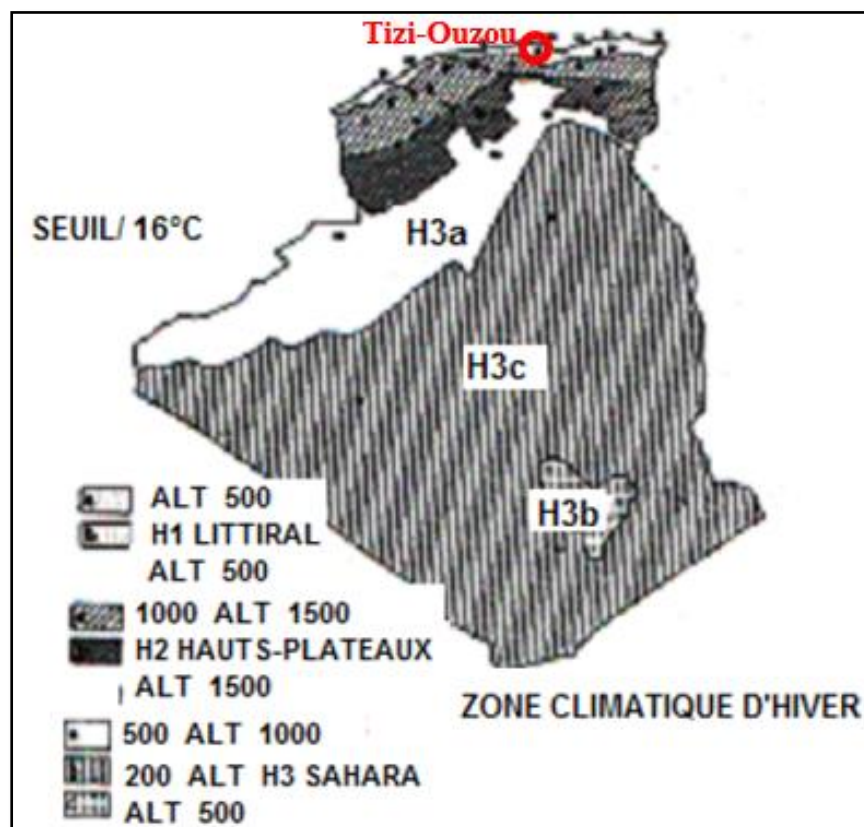
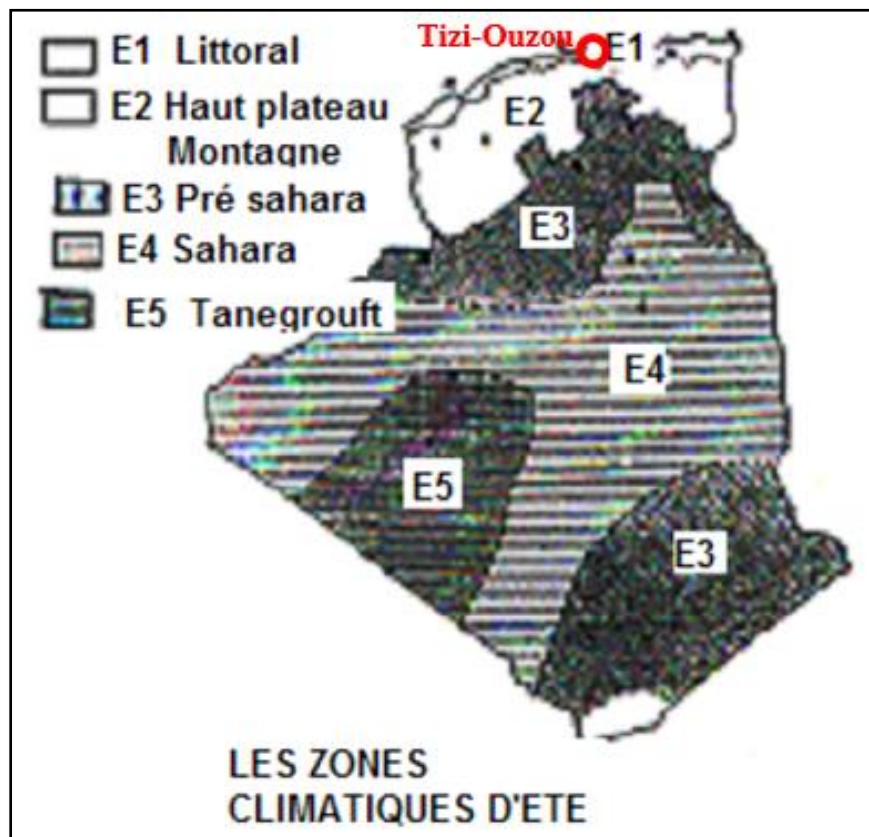
D'après lui aussi (en page 370), dans ce type de climat, le balcon est très intéressant non seulement pour créer de l'ombre sur les parois, mais aussi pour offrir aux occupants un espace extérieur conviviale, plus frais pendant la soirée d'été par rapport à l'intérieur.

### **c) Climat méditerranéen de montagne**

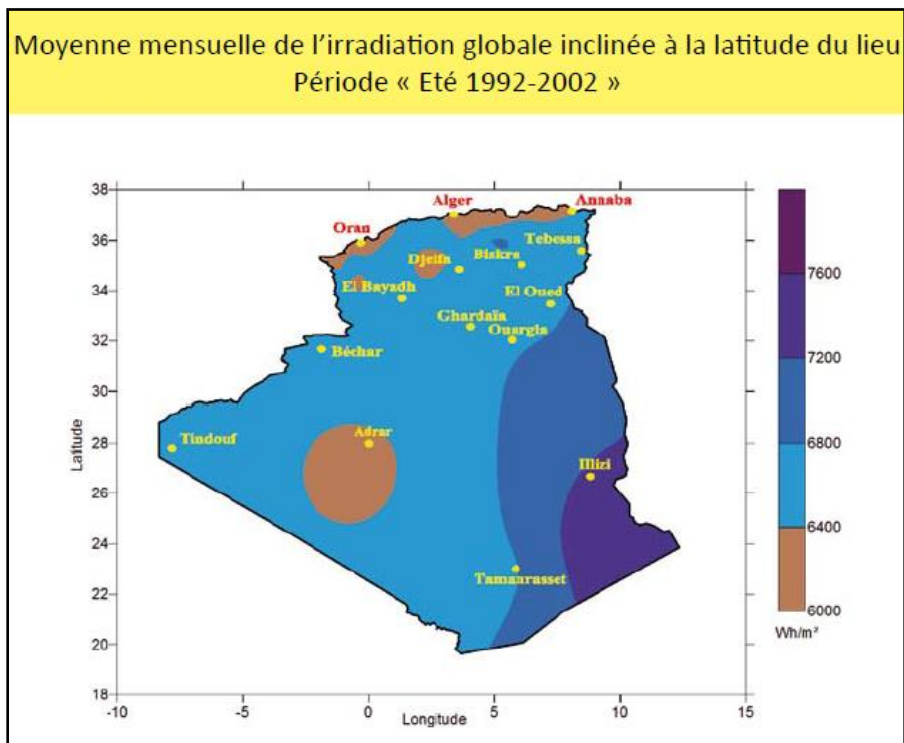
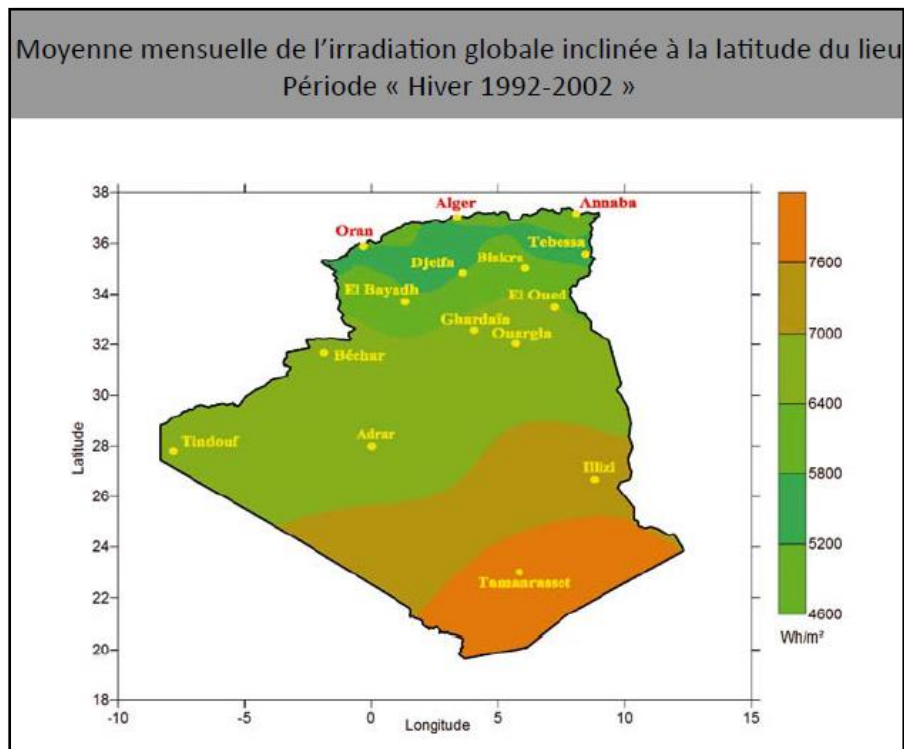
Ce climat est caractérisé par un hiver froid avec des températures à moins 0°C, un vent fort, tempête et neiges fréquents. L'été par contre, est chaud et sec causé par des vents du désert. Sous ces conditions, il est préférable de combiner entre une ventilation efficace et des températures intérieures confortables grâce au matériau choisis.

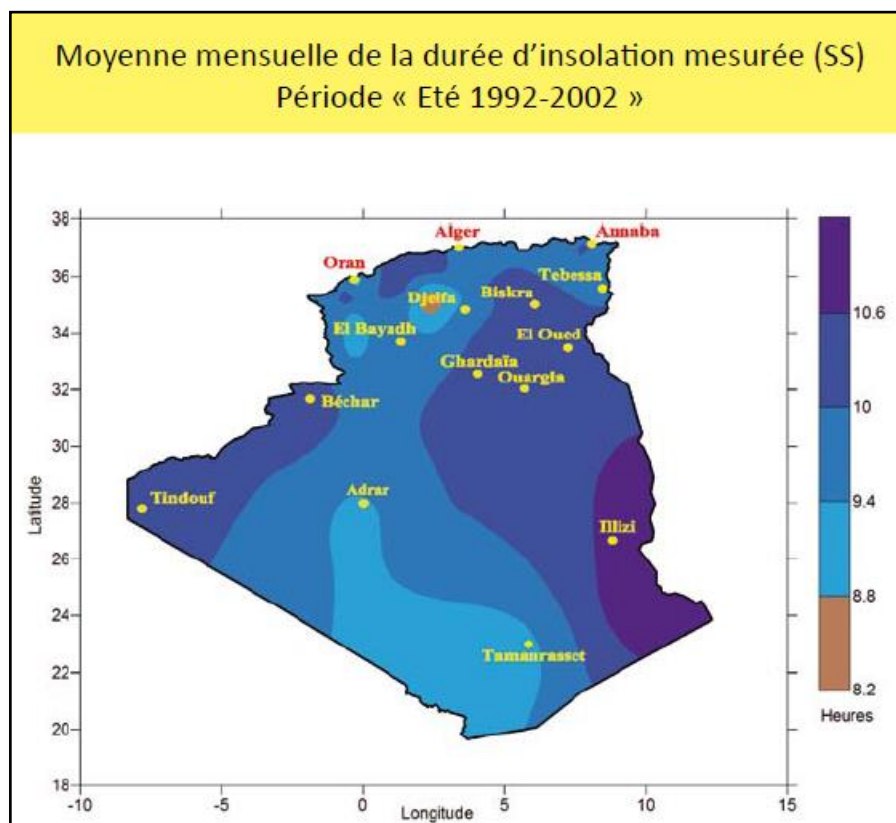
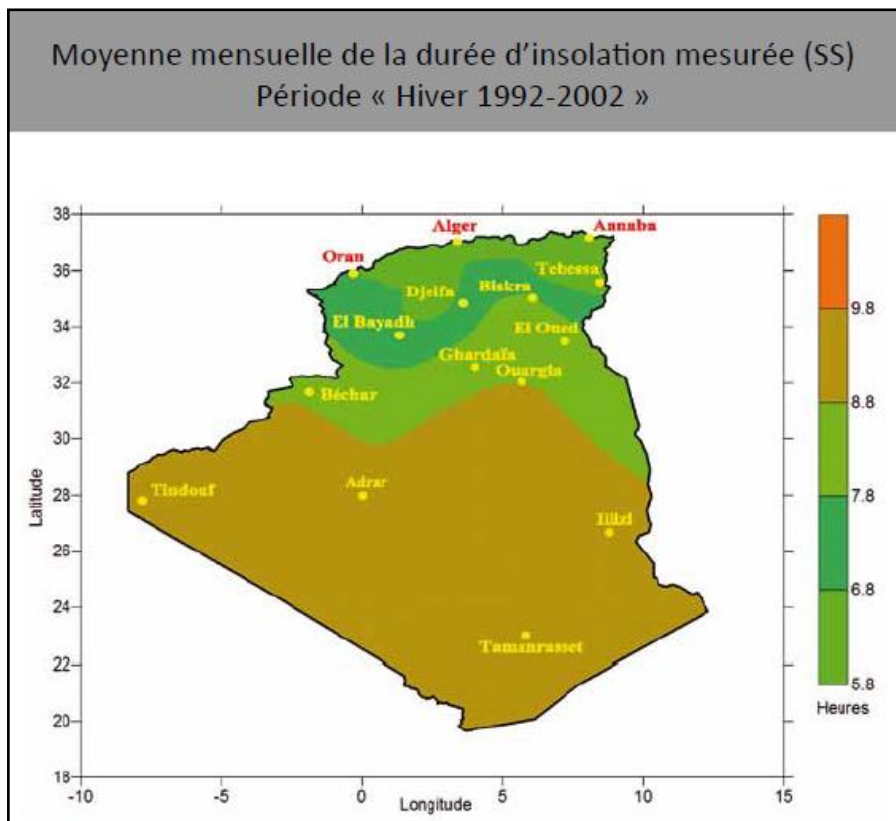
Tout comme les sous-types méditerranéen, la ventilation reste une contrainte à prendre en charge pour prévenir les condensations en hiver, ajouté à cela l'évacuation de la vapeur d'eau tout en gardant un flux d'air minimum par augmentation du débit d'air essentiellement dans les salles d'eau et cuisine.

## A.2.b Les zones climatiques



### A.2.c. Moyenne mensuelle de l'irradiation globale inclinée à la latitude du lieu et la moyenne mensuelle de la durée d'insolation mesurée (SS), en été et en hiver

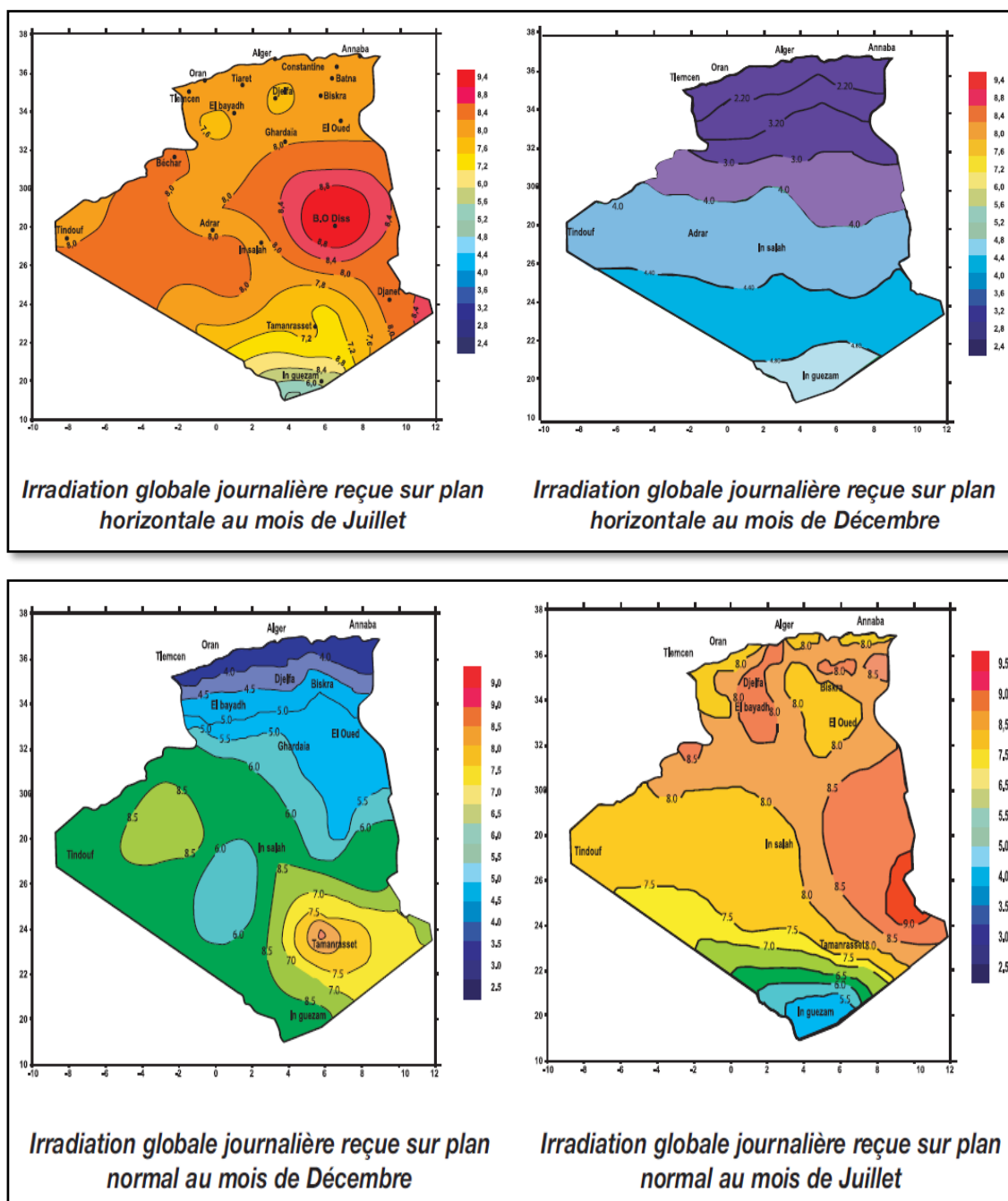




Source : Yaiche M-R et A. Bouhanik. Atlas Solaire Algérien. CDER, 2002. Disponible sur le site de téléchargement :

[http://www.cder.dz/IMG/pdf/Atlas\\_solaire\\_Algerien\\_CDER.pdf](http://www.cder.dz/IMG/pdf/Atlas_solaire_Algerien_CDER.pdf), consulté le 03/2015

### A.2.d. Irradiation globale journalière reçue sur le territoire algérien.



Source : CDER. Guide des Energies Renouvelables. Ministère de l'Énergie et des Mines, direction des Energies Nouvelles et Renouvelables. Edition 2007, p40, disponible sur le site du téléchargement : [http://www.energy.gov.dz/fr/enr/Guide\\_Enr\\_fr.pdf](http://www.energy.gov.dz/fr/enr/Guide_Enr_fr.pdf), consulté le 05/2015.

## A.2.e. Hauteur et Azimut du soleil à Tizi-Ouzou (latitude 36° 42'N)

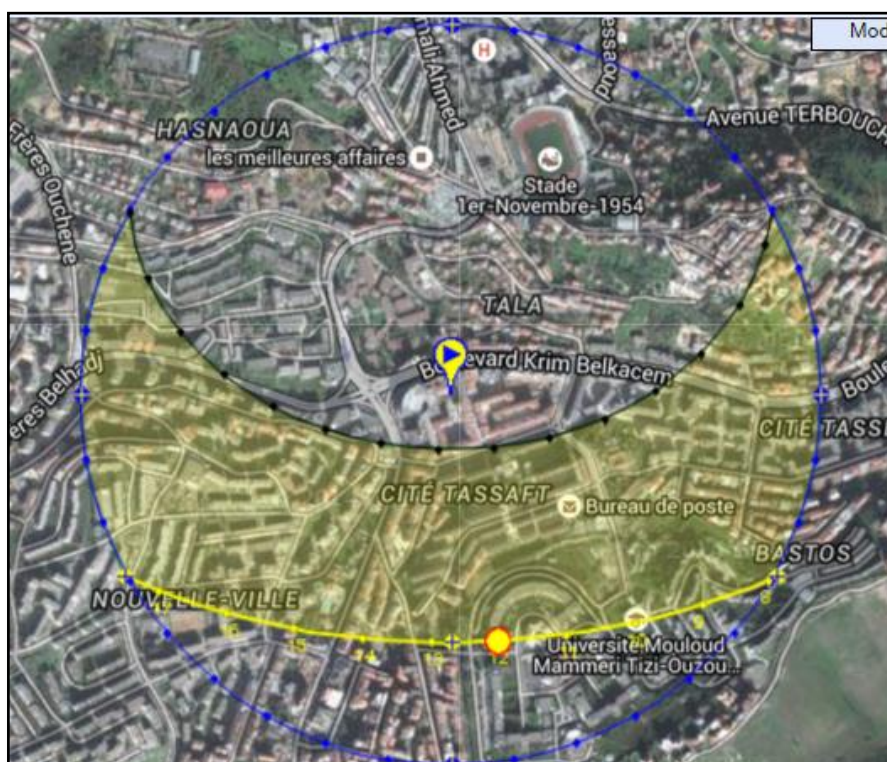
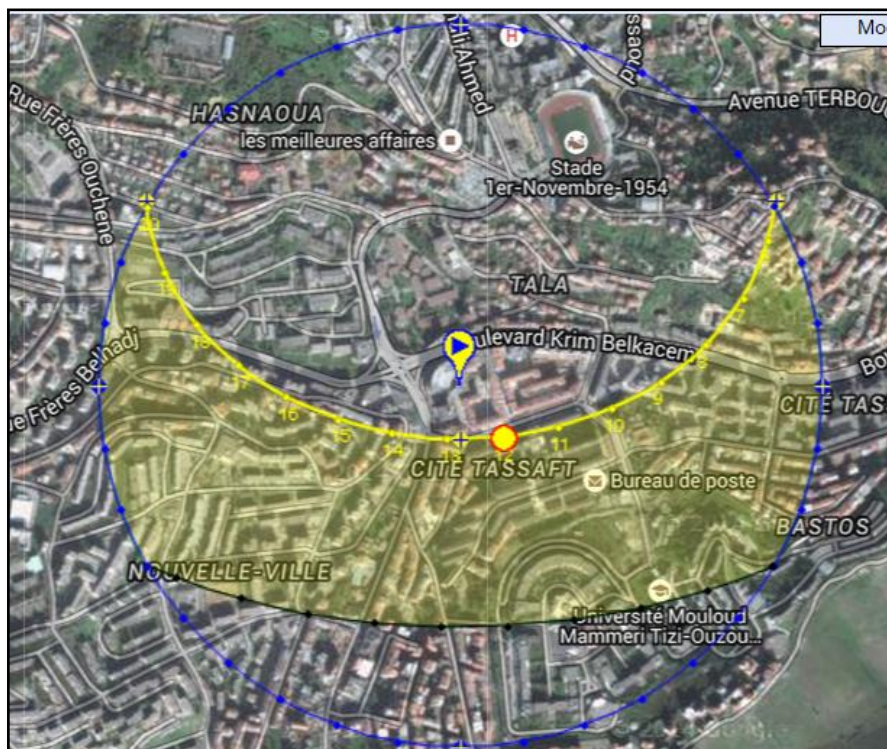
Heures (H)	Angle	21 Juin	21 Mai et 21 Juillet	21 Avril et 21 Août	21 Mars et 21 Sept	21 Fev et 21 Octo	21 Janv et 21 Nov	21 Déce
06:00	h	5°31'	4°25'					
	a	-115°4'	-112°07'					
07:00	h	16°51'	15°69'	10°50'	1°92'			
	a	-107°25'	-103°73'	-97°02'	-88°84'			
08 :00	h	28°20'	27°.54	22°51'	13°89'	5°91'	0°42'	0°49
	a	-99°4'	-95°55'	-88°2'	79°69'	-72°13'	-64°53'	-59°83'
09 :00	h	40°16'	39°56'	34°46'	25°49'	17°	10°81'	10°34'
	a	-91°15'	-86°71'	-78°45'	-69°56'	-62°19'	-54°94'	-40°18'
10 :00	h	52°15'	51°44'	45°93	36°26'	27°03'	19°95'	18°79'
	a	-98°67'	-75°87'	-66°39'	-57°35'	-50°5'	-43°79'	-38°96'
11 :00	h	63°72'	62°60'	56°15'	45°43'	35°31'	27°24'	25°4'
	a	-67°1'	-59°88'	-49°48'	-41°58'	36°21'	-30°61'	-25°85'
12 :00	h	73°50'	71°31'	63°43'	51°73'	40°91'	31°96'	29°06'
	a	-39°66'	-30°89'	-23°81'	-20°88'	18°82'	-15°3'	-10°98'
13 :00	h	76°38'	72°98'	64°92'	53°56'	42°81'	33°43'	29°71'
	a	14°17'	15°89'	10°12'	3°79'	0°87'	1°38'	4°79
14 :00	h	69°21'	66°07'	59°73	50°28'	40°59'	31°42'	27°10
	a	55°54'	51°95'	60°19'	27°65'	20°44'	17°93'	20°15'
15 :00	h	58°26'	55°46'	50°46'	42°97'	34°74'	26°24'	21°61'
	a	74°81'	71°23'	60°19'	46°84'	37°59	32°93'	34°01'
16 :00	h	46°40'	43°74'	39°40'	33°23'	26°29'	18°61'	13°88'
	a	86°36'	83°35'	73°9'	61°4'	51°66'	45°78'	45°96'
17 :00	h	34°39'	31°74'	27°60'	22°16'	16°16'	9°24'	4°52
	a	95°22'	92°68'	84°41'	72°87'	63°2'	56°65'	56°18'
18 :00	h	22°53'	19°81'	15°81'	10°42'	5°02'		
	a	103°17'	100°99'	93°51'	82°63'	73°05'		
19 :00	h	11°05'	8°22'	3°70'				
	a	111°09'	109°21'	102°24'				
20 :00	h	0°19'						
	a	119°58'						
Angle du soleil levant et couchant	H	05:25:17	05:32:12	06:02:20	06:46:16	07:27:08	07:53:05	07:52:22
	h	-0.833°	-0.833°	-0.833°	-0.833°	-0.833	-0.833	-0.833°
	a	-120°47'	-116°16'	-105°46'	-90°89'	-77°42'	-65°56'	-60°97'
	H	20:05:53	19:49:01	19:23:19	18:56:20	18:30:12	17:57:27	17:31:18
	h	-0.833°	-0.833°	-0.833°	-0.833°	-0.833	-0.833°	-0.833°
	a	120°47	116°31'	105°7'	91°14'	77°62'	65°68'	60°97

Source : auteur à partir du site : SunEarthTools

Disponible sur le site [http://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos\\_sun.php?lang=fr](http://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=fr), consulté le

03/2015

### A.2.f. Position du soleil le 21 Juin et le 21 Décembre 2014, à 12h00 à la cité CAAT à Tizi-Ouzou



Source : SunEarthTools.com

Disponible sur le site : [http://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos\\_sun.php?lang=fr](http://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=fr), consulté le 03/2015

## A.2.g Tableau de Mahoney

Location	Tizi-Ouzou
Longitude	04°03 E
Latitude	36°42 N
Altitude	188 m

 Température de l'air en °C

Température (°C)	Janv	Fev	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Octo	Nov	Déce
T° Moy max	15.8	15.9	19.2	22.3	26.3	31.3	<b>35.8</b>	35	31.5	27.6	19.8	16.5
T° Moy mini	6.6	<b>6.45</b>	8.7	11.3	14.2	17.8	21.3	21.5	18.8	15.7	12	7.7
T° Moy	10.5	10.5	13.2	16.2	19.6	24	27.9	27.8	24.1	20.6	15	11.9
L'écart mensuel	9.2	9.45	10.5	11	12.1	13.5	14.5	13.5	12.7	11.9	7.8	8.8
	AMT = (T max + T min) / 2						T max = 35.8			AMT = 21.1		
	AMR = (T max - T min)						T min = 6.45			AMR = 29.3		

 Humidité relative de l'air en %

Humidité (%)	Janv	Fev	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Octo	Nov	Déce
Hr Moy max	95.7	95.2	95	94.9	92.8	89.4	83.4	86.2	90.4	95.8	93.3	95.9
Hr Moy min	57.1	54.3	51.3	49.8	46	38.9	32.7	33	39.3	42.9	53.4	58.8
Hr Moy	81.8	79.9	79.8	75.4	72.5	64.5	58.4	59.6	67.4	72.2	77.7	82.4
Groupe d'humidité	4	4	4	4	4	3	3	3	3	4	4	4

Groupe d'humidité	Humidité relative
1	Hr < 30 %
2	Hr : 30-50 %
3	Hr : 50-70 %
4	Hr > 70 %

 Précipitations et vents

	Janv	Fev	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Octo	Nov	Déce
Précipitation (mm)	109.4	109.8	108.1	87.2	68.4	15.3	2.8	6.1	41.1	70.2	123.9	121.5
Intensité des Vents (m/s)	0.9	1.3	1.8	1.6	1.7	2	2.2	2	1.4	1	1	0.8
Direction des vents	O*	O	O	O	O	ONO**	ONO	ONO	O	O	ONO	O

O\* : abréviation de Ouest

ONO\*\* : abréviation de Ouest et Nord-Ouest

NB : L'utilisation de la couleur dans ce qui suit, est pour marquer le cas qui correspond à notre site d'étude ainsi faciliter la lecture tu tableau de Mahoney.

### ✚ Limites de confort

Groupe d'humidité	AMT > 20 °C				AMT 15-20 °C				AMT < 15 °C			
	Confort jour		Confort nuit		Confort jour		Confort nuit		Confort jour		Confort nuit	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
1	26	34	17	25	23	32	14	23	21	30	12	21
2	25	31	17	24	22	30	14	22	20	27	12	20
3	23	29	17	23	21	28	14	21	19	26	12	19
4	22	27	17	21	20	25	14	20	18	24	12	18

### ✚ Diagnostique de température en °C

	Janv	Fevr	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Octo	Nov	Déce
Groupe d'humidité	4	4	4	4	4	3	3	3	3	4	4	4
T° Moy max	15.8	15.9	19.2	22.3	26.3	31.3	35.8	35	31.5	27.6	19.8	16.5
Confort jour / T° max	27	27	27	27	27	29	29	29	29	27	27	27
Confort jour / T° min	22	22	22	22	22	23	23	23	23	22	22	22
<b>Stress du jour</b>	C	C	C	O	O	H	H	H	H	H	C	C
T° Moy mini	6.6	6.45	8.7	11.3	14.2	17.8	21.3	21.5	18.8	15.7	12	7.7
Confort nuit / T° max	21	21	21	21	21	23	23	23	23	21	21	21
Confort nuit / T° min	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
<b>Stress de nuit</b>	C	C	C	C	C	O	O	O	O	C	C	C

Avec : C : froid    O : confort    H : chaud

### ✚ Signification

	indicateur	Confort thermique		précipitation	Groupe d'humidité	Ecart mensuel
		Jour	Nuit			
Mouvement d'air essentiel	H1	H			4	
		H			2, 3	< 10 °C
Mouvement d'air désirable	H2				4	
Protection contre les pluies	H3			> 200 mm		
Capacité thermique	A1				1, 2, 3	> 10 °C
Dormir à l'extérieur	A2		H		1, 2	
		H	O		1, 2	> 10 °C
Protection contre le froid	A3	C				

### ✚ Indicateur

		Janv	Fevr	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Octo	Nov	Déce	Total
Humi-dité	H1													00
	H2	*	*	*	*							*	*	06
	H3													00
Aride	A1						*	*	*	*				04
	A2													00
	A3	*	*	*	*	*					*	*	*	08

## A.2.g.1. Recommandations suivant les saisons

## ✚ Les recommandations conceptuelles (spécifiques)

indicateurs						Recommandations	
Humidité			Aride			Partie finale des tables de Mahoney	
H1	H2	H3	A1	A2	A3	Choix	Latitude : 04°03 E Longitude : 36°42 N Altitude : 188 m
00	06	00	04	00	08	(Préférence de choix : dernier croix de H1 à A3)	
<b>1. Plan</b>							
			0-10			*	1. Bâtiment orientés Nord-Sud (long de l'axe Est-Ouest)
			11 ou 12		5-12		
					0-4		2. Organisation d'une cour intérieure compacte
<b>2. Espacement entre bâtiments</b>							
11 ou 12							3. Espacement pour une ventilation naturelle (Brise)
2-10							4. Même chose que 3, plus assurer la protection : vent C/F
0 ou 1						*	5. Conception compacte
<b>3. mouvement de l'air</b>							
3-12							6. Pièces alignées du même côté. Mouvement de l'air permanent
1 ou 2			0-5				
			6-12				
0	2-12					*	7. Pièces alignés de part et d'autre. Mouvement de l'air temporaire
	0 ou 1						8. circulation d'air inutile
<b>4. Ouvertures</b>							
			0 ou 1		0		9. Grandes ouvertures, 40-80 % des façades N et S
			11 ou 12		0 ou 1		10. Ouvertures très petites, 10-20 %
N'importe qu'elle autre condition						*	11. Ouvertures moyennes, 20-40 %
<b>5. Murs</b>							
			0-2				12. Murs légers, Déphasage court
			3-12			*	13. Murs extérieurs et intérieurs lourds

6. Toiture							
			0-5			*	14. Toits moyennement isolés
			6-12				15. Toits lourds 8 heures de déphasage
7. Dormir à l'extérieur (terrasse)							
				2-12			16. Espaces extérieurs nécessaire pour dormir
8. Protection contre la pluie							
		3-12					17. Nécessite de protection des grosses pluies

✚ Les recommandations d'éléments de conception (détails)

indicateurs						Recommandations	
Humidité			Aride			Partie finale des tables de Mahoney	
H1	H2	H3	A1	A2	A3	Choix	Latitude : 04°03 E Longitude : 36°42 N Altitude : 188 m
00	06	00	04	00	08	(Préférence de choix : dernier croix de H1 à A3)	
1. Dimensions des ouvertures							
			0 ou 1		0		1. Grandes ouvertures 40-80 % des façades N et S
						1-12	*
			2-5				
11 ou 12			6-10				3. composite 20-35 % de la surface totale de la façade
			11 ou 12		0-3		4. Petites ouvertures 15-25 % de la surface totale de la façade
						4-12	
2. Position des ouvertures							
3-12							6. Ouvertures au N et au S à hauteur d'homme, du côté du vent
1-2			0-5				
			6-12				
0	2-12					*	7. De même que 6, mais en ajoutant des ouvertures au niveau des murs intérieurs
3. Protection des fenêtres							
					0-2		8. Exclure le rayonnement solaire
		2-12					9. Créer des protections contre la pluie

4. Murs et Planchers							
			0-2				10. Légers : faible capacité thermique
			3-12			*	11. Lourd : Déphasage au-delà de 8 heures
5. Toitures							
10-12			0-2				12. Toitures légers
			3-12				*
0-9			0-5				14. Toitures lourdes, déphasage au-delà de 8 h
			6-12				
6. traitement des surfaces extérieures							
				1-12			15. Espaces extérieurs nécessaires pour dormir
			1-12			*	16. Drainage adéquat des eaux pluviales

## **Annexe 3 : Outils d'investigation**

**A.3.a Le questionnaire d'enquête et la lettre de motivation**

**A.3.b La grille d'observation**

### **A.3.a Le questionnaire d'enquête et la lettre de motivation**

**Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou**

**Faculté du Génie de la Construction**

**Département d'Architecture**

**Post-graduation 2012/2013**

**Spécialité : Architecture**

**Option : Architecture et développement durable**

## **Questionnaire sur La qualité des ambiances dans l'habitat collectif à Tizi-Ouzou**

De : M<sup>elle</sup> SELLAH Amina

Encadreur : Mr DJEBRI Boualem

Date : Février 2014

Cher(e) Madame, Monsieur,

Je viens respectueusement solliciter votre haute bienveillance de bien vouloir accepter de remplir le questionnaire joint pour nous aider dans notre travail de recherche sur la qualité de l'habitat collectif à Tizi-Ouzou.

Ce travail de recherche est un magistère, en architecture et développement durable, que je prépare au sein de l'Université de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou dans un but scientifique, pour suggérer des solutions architecturales qui permettront d'améliorer les ambiances à l'intérieur de vos espaces de vie.

Ce questionnaire, qui ne vous prendra que quelques minutes environ pour le compléter, sera rempli en tout anonymat. Votre participation reste nécessaire et indispensables pour l'aboutissement de ma recherche.

Je vous remercie d'avoir collaboré avec nous et d'avoir participé à cette enquête qui ne vise en aucun cas critiquer ou porter des jugements sur votre logement, ni sur votre mode de vie mais bien au contraire, pour connaître vos sentiments envers le logement que vous occupez.



I.11 Comment vous qualifiez l'éclairage naturel dans chacun des espaces intérieurs de votre logement ? (Une réponse par ligne)

Espaces intérieurs	Niveau d'éclairage naturel			
	Pas satisfait	Moyennement satisfait	Satisfait	Très satisfait
Salle de séjour				
Salle à manger / Chambre 01				
Cuisine				
Chambre des parents (02)				
Chambre des enfants (03)				

I.12 Etes-vous satisfait du montant de votre facture énergétique ? (Une réponse par ligne)

Saisons	Energies	Très lourd	Lourde	Acceptable	Faible	Très faible
Hiver	Gaz					
	Electricité					
Eté	Gaz					
	Electricité					

I.13 Pour améliorer votre confort thermique en été : (plusieurs réponses possibles)

- Vous créez un courant d'air par les ouvrants
- Vous baissez les stores ou vous tirez les rideaux
- Vous allumez un ventilateur ou un climatiseur
- Autres : .....

I.16 Pour améliorer votre confort thermique en hiver : (plusieurs réponses possibles)

- Vous profitez des rayons solaires
- Vous allumez le chauffage
- Vous portez plus d'habits
- Autres : .....

## II. L'espace extérieur domestique :

II.1 Disposez-vous d'un espace extérieur domestique (balcon, loggia, terrasse) dans votre appartement ?

- Oui
- Non

II.2 Si oui, précisez le nombre et la nature de cet espace ?

❖ Nombre : .....

❖ Nature :  Balcon  Loggia

II.3 Quel espace intérieur de votre logement est en communication directe avec l'espace extérieur domestique ? (plusieurs réponses possibles)

- Salle de séjour
- Cuisine
- Chambre des enfants
- Salle à manger
- Chambre des parents
- Autres : .....

II.4 Pensez-vous que cet espace est indispensable dans votre appartement ?

- Oui
- Non

II.5 Si oui, dites pourquoi ?

- Espace socioculturel
- Espace climatique
- Autres : .....

II.6 Pour plus de confort, quel espace intérieur préférez-vous qu'il soit en communication directe avec l'espace extérieur domestique ?

- Salle de séjour                       Cuisine                       Chambre des enfants  
 Salle à manger                       Chambre des parents                       Autres : .....

Justifiez votre réponse :

.....  
 .....

II.7 A quelle période de la journée utilisez-vous cet espace ? (plusieurs réponses possibles)

Temps	Matin	Midi	Après-midi	Soir
Hiver				
Eté				

II.8 Quelle est la fonction que vous lui attribuez ? (plusieurs réponses possibles)

- Extension de l'espace de vie                       Sécher le linge                       Autres : .....  
 Dépôt de pots de fleurs                       Débarras                      .....

II.9 Comment qualifiez-vous cet espace extérieur au niveau de : (Une réponse par ligne)

	Pas satisfait	Moyennement satisfait	Satisfait	Très satisfait
Sa superficie				
Sa situation dans le logement				
Sa situation par rapport au soleil				
Sa situation par rapport aux vents dominants				
La possibilité de l'aménager				
Sa situation vis-à-vis des voisins				
La beauté de la vue qu'il offre				

II.10 Cet espace a-t-il subi des transformations ?

- Oui     Non

II.11 Si oui, précisez la nature de cette transformation

- Pose d'un rideau  
 Construction d'un mur                       Fermeture par un vitrage

II.12 Pour quels motifs ? (plusieurs réponses possibles)

- Agrandir la surface habitable                       Se protéger du soleil d'été  
 Se protéger des regards                       Se protéger des vents dominants  
 Créer un espace tampon (serre solaire)                       Autres : .....

III. A votre avis, pour améliorer la qualité des ambiances à l'intérieur de votre logement, quels sont les facteurs les plus importants à revoir ? (classez les facteurs à revoir du plus importante au moins importante)

Facteurs	Été	Hiver
Aménagement intérieur		
Température ambiante		
Humidité		
Courant d'air		
Eclairage naturel		
Autres		

IV. Pour vous, laquelle de ces deux propositions vous semble la plus importantes ?

- Faire des économies sur votre facture énergétique en gardant les mêmes ambiances à l'intérieur de votre logement.
- Améliorer la qualité des ambiances à l'intérieur de votre logement en gardant la même consommation énergétique.

V. Avez-vous une idée de l'importance du gain énergétique à travers des techniques dites passives, tel que l'apport solaire dans le chauffage et l'éclairage d'un bâtiment?

- Oui  Non

**- Fin du questionnaire –  
Je vous remercie pour votre participation.**





## **Annexe 4 : Lois et décrets législatifs**

**Loi n° 90-29 du 1<sup>er</sup> décembre 1990**, relative à l'aménagement et l'urbanisme.

**Loi n° 99-09 du 28 juillet 1999**, relative à la maîtrise de l'énergie. Notamment l'article 2.

**Loi n° 01-02 du 12 décembre 2001**, relative à l'aménagement et au développement durable du territoire.

**Loi n° 03-10 du 19 janvier**, relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable.

**Loi n° 04-05 du 14 août 2004**, modifiant et complétant la loi n° 90-29 du 1<sup>er</sup> décembre 1990 relative à l'aménagement et l'urbanisme.

**Loi n° 04-20 du 25 décembre 2004**, relative à la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable.

**Loi n° 04-06 du 14 août 2004**, portant abrogation de certaines dispositions du décret législatif n° 94-07 du 18 mai 1994 relatif aux conditions de la production architecturale et à l'exercice de la profession d'architecte.

**Loi n° 06-06 du 20 février 2006**, portant loi d'orientation de la ville.

**Loi n°08-15 du 20 juillet 2008**, fixant les règles de mise en conformité des constructions et leur achèvement. Notamment l'article 12.

**Décret exécutif n° 83-666 du 12 novembre 1983**, fixant les règles relatives à la copropriété et à la gestion des immeubles collectifs.

**Décret exécutif n° 91-05 du 19 janvier 1991**, relative aux prescriptions générales de protection applicables en matière d'hygiène et de sécurité en milieu de travail. Notamment en Section 3 : les valeurs minimales d'éclairage.

**Décret exécutif n° 91-175 du 28 mai 1991**, définissant les règles générales d'aménagement d'urbanisme et de construction.

**Décret exécutif n° 94-59 du 07 mars 1994**, modifiant et complétant le décret n° 83-666 du 12 novembre 1983, fixant les règles relatives à la copropriété et à la gestion des immeubles collectifs.

**Décret législatif n° 94-07 du 18 mai 1994**, relatif aux conditions de la production architecturale et à l'exercice de la profession d'architecte.

**Décret exécutif n° 14-27 du 1<sup>er</sup> février 2014**, fixant les prescriptions urbanistiques, architecturales et techniques applicables aux constructions dans les wilayas du Sud.

**Décret exécutif n° 2000-90 du 24 avril 2000**, portant réglementation thermique dans les bâtiments neufs.