

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Ecole Polytechnique d'Architecture et d'Urbanisme

epau

Laboratoire Architecture et Environnement



Mémoire

Pour l'obtention du diplôme de
MASTER EN ARCHITECTURE

Thème

**Proposition d'un didacticiel pour architectes et usagers comme outil
d'aide à la décision dans les stratégies de climatisation.**

Cas d'étude : Logements AADL Mahelma.

Présenté et soutenu par :

GHOUALEM Amira.

Mémoire dirigé par : Dr N. S. DAOUDI.

Devant le jury composé de :

Président : Dr. A. BOUSSOUALIM.

Examineur : Dr. N. BENDANI.

Examineur : Mlle K. LAMALI.

Février 2016

Résumé

L'intérêt de plus en plus grandissant, pour les économies d'énergie dans le bâtiment et la protection de l'environnement qui en découle, ont conduit beaucoup de chercheurs à s'intéresser aux différentes stratégies de climatisation. Toutefois, la majorité de ces études, penchées sur un recours vers les énergies renouvelables, s'inscrivent dans un ordre technique.

En l'absence d'une intégration totale de cette dimension dans la conception mais aussi dans la réalisation de nos projets, nous nous trouvons face aujourd'hui à une généralisation de systèmes split partout sur nos façades, altérant ainsi notre paysage urbain. Etant par ailleurs inquiets pour notre environnement, nous venons dans cette recherche proposer un didacticiel pour architectes et usagers afin d'offrir des alternatives décisionnelles.

Notre recherche vient subséquentement d'abord élaborer un répertoire des différentes stratégies afin d'aboutir le confort thermique, notamment les systèmes de climatisation. Ensuite, elle présentera une méthodologie de simulation avec le logiciel Ecotect Analysis 2011 en aide au choix du système adéquat. Et enfin, elle expérimentera sur un cas d'étude réalisé le confort thermique des usagers, et leurs besoins en termes de climatisation. Pour cela, nous suivrons une double approche, d'une part physique via des simulations et des calculs informatiques, et d'autre part sensible, à travers une enquête in-situ auprès des usagers. Un bilan final viendra croiser les résultats de chaque expérimentation ainsi qu'un recours au répertoire effectué au départ, pour arriver au choix du système de climatisation adéquat.

L'aboutissement de notre recherche verra la réalisation d'un didacticiel, sous la forme d'une application en exécution automatique (Autorun), jointe sur CD et qui expliquera toutes les étapes à suivre que ce soit par les professionnels de l'acte bâtir ou par les usagers, vers un choix adéquat d'une stratégie de climatisation.

Mots clés :

Stratégies de climatisation, confort thermique, didacticiel, architectes, usagers, simulation informatique, Ecotect Analysis 2011, enquête in situ.

Abstract

There is an increasing interest, for energy saving in buildings and the environmental protection generated from it. These led many researchers to get interested in the various strategies of air conditioning. However, the majority of these studies are mainly technical and therefore hard for architects, and users to understand.

The choice of the method for cooling a home is an important factor to ensure the comfort of the inhabitants as well as reducing cooling needs, which in turn helps reduce greenhouse gas emissions. In the absence of a total integration of this dimension in the conception but also in the realization of our projects, we are today in a complete generalization of split systems everywhere on our buildings.

Therefore, the aim of our research is to propose educational software for architects and users that will offer several alternatives to achieve active comfort.

Several steps will be followed; the first deals with the presentation of a list of various strategies of active cooling and air conditioning systems; the second elaborates the calculation of the cooling loads, using Ecotect Analysis software. The main objective of this work is the evaluation of thermal comfort; added to the simulations, an investigation in situ, in order to have the inhabitant's willing and satisfaction.

The outcome of our search will take the form of an educational software, under format of an application in automatic execution (Autorun), joined on CD to the written piece, which will explain all the stages towards an adequate choice of strategies of air conditioning for both architects and users.

Keywords:

Strategies of air conditioning, thermal comfort, educational software, architects, users, simulation, Ecotect Analysis on 2011, investigation in situ.

إن الحرص على توفير الطاقة في المباني وحماية البيئة متزايد، وقد أدى هذا العديد من العلماء إلى الاهتمام باستراتيجيات التبريد المختلفة. ومع ذلك، فإن معظم هذه الدراسات تدور حول اللجوء إلى الطاقات المتجددة، في إطار تقني، صعب على المهندس المعماري وكذلك على السكان الفهم.

في غياب دمج عامل التبريد إلى الصورة العامة للمشاريع وكذلك إلى التصميم، نحن اليوم في تعميم نظام "سبليت" على الواجهات، ما أدى إلى تشويه المنظر الحضري. بالإضافة إلى ذلك بينتنا في خطر. نحن في هذا البحث نأتي باقتراح برنامج تعليمي للمهندسين المعماريين وللمستخدمين لتقديم بدائل ولكن أيضا لتبسيط الفهم على هذين.

هذا البحث يأتي إذا بقائمة تضم استراتيجيات مختلفة لتحقيق الراحة الحرارية، ولا سيما نظم تكييف الهواء. وكذلك، كشف أسلوب المحاكاة الحاسوبية بـ "Ecotect" 2011، واختيار نظام التبريد الملائم. وأخيرا، تحقيق دراسة على مشروع سكن، حول الراحة الحرارية للسكان واحتياجاتهم في تكييف الهواء. لهذا الغرض، قمنا باتباع طريقة ذي شقين، المادي عبر المحاكاة الحاسوبية والنفساني أو الحساس عبر الدراسة الاستقصائية في الموقع. في الأخير، وعبر النتائج المتحصل عليها من كل تجربة نأتي باختيار نظام تكييف الهواء الملائم.

نتائج البحث تجسد برنامج تعليمي، على شكل تطبيق تلقائي Autorun، الذي نضمه في قرص مضغوط الى البحث. هذا البرنامج يبين جميع مراحل اختيار استراتيجية التكييف المناسبة.

الكلمات الرئيسية:

برنامج تعليمي، استراتيجيات التكييف، الراحة الحرارية، المستخدمين، المحاكاة الحاسوبية وتحليل Ecotect 2011، دراسة استقصائية في الموقع، المهندس المعماري، السكان، التقييم.

Remerciements

Cette recherche a été comme une course longue et épuisante mais surtout passionnante. A plusieurs reprises j'ai senti que je n'y arriverai jamais, mais si ce document est aujourd'hui entre vos mains, c'est que j'y suis, mais pas toute seule. Je remercie ainsi en premier plan mon encadreur DAOUDI Nadia, d'avoir cru en moi, et surtout de m'avoir encouragée d'aller au-delà de mes capacités.

Je remercie aussi tous les membres du jury d'avoir accepté d'évaluer ce mémoire, et pour l'intérêt qu'ils ont porté pour cette recherche, et ce depuis son départ. Très spécialement je remercie madame BOUSSOUALIM Aicha de m'avoir inspiré depuis ma première année à l'EPAU.

On dit que la vie commence là où prend fin notre zone de confort, et la fin de cette dernière était le début de ma recherche. J'ai dû comprendre un lexique qui m'est étranger, prendre un café autour d'un questionnaire avec des gens que je venais de rencontrer, et utiliser un logiciel que je ne maîtrisais point. J'ai passé ainsi beaucoup de moments d'angoisse, d'incertitude et de stress, et je ne l'ai surmonté qu'à l'aide de ma famille, notamment ma chère maman et ma petite sœur Malak, ainsi que mon meilleur ami AZZOUG Walid. Ces personnes-là sont de grand impact de tout ce que je fais et tout ce que je produis parce qu'ils font de moi ce que je suis, et pour cela je les remercie du fond du cœur.

Je remercie aussi tous mes amis qui m'ont aidé, avec leurs mots, leurs efforts, et leur écoute, très spécialement BAILICHE Oussama, REBZANI Esma, AIT-HAMOUDA Amel, et HAMOUDI Hamza.

Ainsi, je reste reconnaissante aux chercheurs qui m'ont aidée, notamment, monsieur HAMITI Yassine, monsieur CHENAK Abdelkrim, et monsieur AIT KACI Zohir.

Enfin, je remercie mes voisins, de m'avoir accueilli chez eux avec grand cœur, cette recherche n'aurait jamais été possible sans leur grand apport.

Table des matières

Résumé	ii
Abstract	iii
ملخص.....	iv
Remerciements	v
Table des matières	vi
Listes.....	x
<i>Liste des figures.....</i>	<i>x</i>
<i>Liste des graphes.....</i>	<i>xiii</i>
<i>Liste des tableaux.....</i>	<i>xv</i>
<i>Liste des photographies.....</i>	<i>xvii</i>
Introduction générale.....	1
1. <i>Contexte de la recherche.....</i>	<i>1</i>
2. <i>Problématique de la recherche</i>	<i>3</i>
3. <i>Hypothèses</i>	<i>5</i>
4. <i>Objectifs</i>	<i>6</i>
5. <i>Méthodologie.....</i>	<i>6</i>
6. <i>Structure du mémoire</i>	<i>7</i>
7. <i>Etat des savoirs</i>	<i>8</i>
Première partie : Etat des connaissances des stratégies de confort thermique.....	10
<i>Introduction</i>	<i>10</i>
<i>Chapitre premier : Le confort thermique</i>	<i>11</i>

1. Introduction : qu'est-ce que le confort thermique ?	11
2. Les différents aspects du confort thermique	11
3. Les indices du confort thermique :	14
4. Le contexte règlementaire du confort thermique:	15
5. Conclusion : quelles mesures pour atteindre un confort thermique ?	16
Chapitre second : Les mesures passives, architecturales et constructives	17
1. Introduction : définition des traitements passifs entre stratégie d'été et d'hiver	17
2. Les effets thermiques des matériaux de construction.....	17
3. L'orientation et ses effets sur le confort thermique.....	18
5. La ventilation naturelle.....	20
6. Conclusion : Et si ces systèmes passifs s'avèrent insuffisants ?	20
Troisième Chapitre :Les mesures actives de confort thermique.....	21
1. Introduction : pourquoi ce recours au mesures actives ?	21
2. La ventilation mécanique	22
3. Le conditionnement de l'air	22
4. La climatisation	23
5. Conclusion : quel apport de la climatisation ?	23
Quatrième chapitre : La climatisation comme dispositif de confort thermique	24
1. Introduction : Pourquoi climatiser ?.....	24
2. Règlementation thermique et climatisation.....	24
4. La climatisation vue par les habitants	26
5. Conclusion : quel système choisir ?	26
Cinquième Chapitre :Les différents systèmes de climatisation	27
1. Introduction : Classement et répertorie	27
2. Les systèmes de climatisation classiques	28
3. La Climatisation solaire	37

4. Conclusion : Comment choisir ?	39
<i>Sixième Chapitre : Le didacticiel</i>	40
1. Introduction : qu'est-ce qu'un didacticiel ?.....	40
2. Objectifs du didacticiel et personnes ciblées.....	40
3. Faisabilité du didacticiel.....	41
4. Conclusion : quelle structure pour ce didacticiel ?	41
<i>Conclusion de la première partie</i>	41
Deuxième partie : Présentation du cas d'étude et des protocoles d'expérimentation.	42
<i>Introduction</i>	42
<i>Chapitre 01 : Présentation du cas d'étude</i>	43
1. Introduction : Pourquoi l'habitat ?	43
2. Présentation du cas d'études, AADL Mahelma	43
3. Conclusion : Quels protocoles d'étude ?.....	46
<i>Chapitre 02 : Présentation du logiciel de simulation Ecotect Analysis 2011</i>	47
1. Introduction : Apport de la simulation informatique, du confort à l'étude	47
2. Les principaux logiciels existants dans le domaine de la climatisation	47
3. Choix du logiciel	48
4. Méthodologie de modélisation	48
2. Méthodologie de simulation.....	50
6. Méthodologie de calcul de la charge de climatisation	53
7. Conclusion : Quel autre outil d'expérimentation ?	54
<i>Chapitre 03 : Présentation de l'enquête in situ</i>	55
1. Introduction : Apport de l'enquête in situ à l'étude	55
2. Méthodologie adoptée	55
3. Présentation de l'enquête	56
<i>Conclusion de la deuxième partie</i>	57

Troisième partie : Résultats des expérimentations	58
<i>Introduction</i>	58
<i>Chapitre 01 : Simulation informatique via Ecotect</i>	59
1. Introduction	59
2. Simulation du confort thermique d'été sur les différents appartements et besoins de climatisation	59
3. Synthèse : Confort thermique et stratégies de climatisation	72
4. Conclusion : Quel complément pour cette simulation informatique ?.....	72
<i>Chapitre 02 : Enquête in situ :.....</i>	73
1. Introduction : Impact de l'enquête sur l'étude	73
2. Résultats du questionnaire.....	73
3. Synthèse des résultats.....	84
4. Conclusion : Quelle stratégie adopter ?.....	86
<i>Synthèse des expérimentations: Croisement des deux protocoles d'expérimentation et choix du système de climatisation</i>	87
Conclusion générale: Recommandations et perspectives de la recherche	92
Bibliographie.....	94
Annexe 01 : Questionnaires	101
1. Questionnaire pré-test.....	101
2. Questionnaire final.....	103
Annexe 02 : Management de projet de master	105
1. Note de cadrage du projet.....	105
2. Planning et phasage.....	109

Listes

Liste des figures

Figure 1: Schéma méthodologique. Source : Auteure.....	7
Figure 2: Structure de la première partie. Source: Auteure.....	10
Figure 3: Diagramme bioclimatique de Givoni. Source: Web.....	13
Figure 4: Interface du logiciel CT-BAT. Source: Auteure.....	15
Figure 5: Interface du logiciel RETA. Source: Web.....	15
Figure 6: Stratégie du froid (Eté). Source: Web.....	17
Figure 7: Stratégie du chaud (Hiver). Source: Web.....	17
Figure 8: Orientation préférentielle pour un meilleur gain. Source: ADEME.....	19
Figure 9: Diagramme de Givoni, zone de refroidissement. Source: Web.....	21
Figure 10: Etiquette énergétique. Union Européenne. Source: Web.	25
Figure 11: Etiquette énergétique d'un climatiseur mono-split. Source: Condor.	25
Figure 12: Schéma méthodologique, systèmes de climatisation. Source: Auteure.....	27
Figure 13: Ratio d'efficacité énergétique en mode froid (EER). Source: Web.	28
Figure 14: Type mural. Source: Web.	29
Figure 15: Type console. Source: Web.	29
Figure 16: Type Cassette. Source: Web.	29
Figure 17: Type plafonnier. Source: Web.	29
Figure 18: Type gainable. Source: Web.....	29
Figure 19: Mono-bloc mural. Source: Web.	29
Figure 20: Schéma de climatisation mono-split. Source: Web.	30
Figure 21: Schéma de climatisation multi-split. Source: Web.....	31
Figure 22: Schéma de climatisation mono-bloc mobile. Source: Web.....	32
Figure 23: Schéma de climatisation mono-bloc fixe. Source: Web.....	32

Listes

Figure 24; Pompe à chaleur réversible air-eau. Source: Web.....	33
Figure 25: Groupe d'eau glacée. Source: Web.....	33
Figure 26: Schéma d'installation d'un groupe d'eau glacée, immeuble collectif. Source: Web.	34
Figure 27: Capteur vertical, géothermie. Source: Web.....	35
Figure 28: Capteur horizontal, géothermie. Source: Web.....	35
Figure 29: Capteur elliptique, géothermie. Source: Web.....	35
Figure 30: Installation d'une PAC géothermique dans un immeuble d'habitation. Source: Web.	36
Figure 31: Schéma d'une climatisation solaire. Source: Web.....	38
Figure 32: Interface du logiciel AutoRun Entreprise. Source: Web.....	41
Figure 33: Structure du didacticiel. Source: Auteure.....	41
Figure 34: Démarche méthodologique de la deuxième partie. Source: Auteure.....	42
Figure 35: Carte de situation de Mahelma par rapport à Alger Centre. Source: GoogleMap 2015.....	43
Figure 36: Situation du site AADL de Mahelma. Source: GoogleMap 2015.....	43
Figure 37: Plan masse du projet, échantillon de l'enquête in situ. Source: Auteur, fond de carte Google Earth 2015.....	44
Figure 38: Plan masse du projet, échantillon de la simulation. Source: Auteur, fond de carte Google Earth 2015.....	44
Figure 39: Plan 1er niveau, bâtiments B6, B7. Source: Auteure.....	45
Figure 40: Plan 1er niveau, bâtiment A04. Source: Auteure.....	46
Figure 41: Plan dernier niveau, bâtiment A04. Source: Auteur.....	46
Figure 42: Interface du logiciel Ecotect Analysis 2011. Source: Web.....	48
Figure 43: Démarche méthodologique de l'enquête in situ. Source: Auteure.....	55
Figure 44: Plan masse du projet étudié, bâtiments de l'enquête. Source: Auteure, fond de carte Google Earth 2015.....	57

Listes

Figure 45: Démarche méthodologique de la troisième partie. Source: Auteure.	58
Figure 46: Confort d'été de l'appartement du 5e niveau, Bât. A04, via Ecotect, bâtiment B07. Source: Auteure.	70
Figure 47: Plan type, cas 01 et 02. Source: Auteure.	82
Figure 48: Plan type, cas 02 et 03. Source: Auteure.	82
Figure 49: Schéma d'installation d'une climatisation solaire dans le bâtiment A04. Source: Auteure.	90
Figure 50: Schéma d'installation d'une climatisation solaire dans les bâtiments B06 ET B07. Source: Auteure.	91

Liste des graphes

Graphe 1: Données météo de l'enquête in situ, Juillet 2015. Source: AccuWeather 2015.	56
Graphe 2: Classement de l'échantillon par tranche d'âge. Source: Auteure.	56
Graphe 3: Classement de l'échantillon par fonction. Source: Auteure.	56
Graphe 4: Confort d'été de l'appartement du 1er niveau, Bât. A04, via Ecotect, bâtiment A04. Source: Auteure.	60
Graphe 5: Besoins de climatisation, appartement du 1er niveau, bât. A04, via Ecotect. Source: Auteure.	62
Graphe 6: Confort d'été de l'appartement du 5e niveau, Bât. A04, via Ecotect, bâtiment A04. Source: Auteure.	63
Graphe 7: Besoins de climatisation, appartement du 5e niveau, bât. A04, via Ecotect. Source: Auteure.	65
Graphe 8: Confort d'été de l'appartement du 1er niveau, Bât. A04, via Ecotect, bâtiment B06. Source: Auteure.	67
Graphe 9: Besoins de climatisation, appartement du 1er niveau, bât. B06, via Ecotect. Source: Auteure.	68
Graphe 10: Besoins de climatisation, appartement du dernier niveau, bât. B07, via Ecotect. Source: Auteure.	71
Graphe 11: Appréciation du confort thermique par rapport au niveau d'occupation. Source: Auteure.	74
Graphe 12: Appréciation du confort thermique des espaces orientés Nord-Est/Sud-Ouest, cas d'un bâtiment d'angle. Source: Auteure.	75
Graphe 13: Appréciation du confort thermique des espaces orientés Nord-Est/Sud-Ouest, cas d'un bâtiment intermédiaire. Source: Auteure.	76
Graphe 14: Appréciation du confort thermique des espaces orientés Est/Ouest, bâtiments intermédiaires. Source: Auteure.	76
Graphe 15: Taux de climatisation. Source: Auteure.	78
Graphe 16: Date d'emplacement des climatiseurs. Source: Auteure.	78

Listes

Graphe 17: Provenance des climatiseurs installés. Source: Auteure.	79
Graphe 18: Puissance du climatiseur [BTU]. Source: Auteure.....	79
Graphe 19: Raisons d'installation du climatiseur. Source: Auteure.....	79
Graphe 20: Etiquette énergétique des appareils installés. Source: Auteure.....	80
Graphe 21: Satisfaction vis-à-vis de la climatisation installée. Source: Auteure.....	81
Graphe 22: Emplacement de la climatisation (Bâtiments orientés Nord-Est/ Sud-Ouest avec une seule mitoyenneté). Source: Auteure.....	82
Graphe 23: Emplacement de la climatisation (Bâtiments intermédiaires orientés Nord-Est/ Sud-Ouest). Source: Auteure.....	82
Graphe 24: Emplacement de la climatisation (Bâtiments orientés Est/ Ouest). Source: Auteure.....	82
Graphe 25: Fréquence d'utilisation du climatiseur entré été et hiver et jour et nuit. Source: Auteure.....	84
Graphe 26: Volume horaire de l'utilisation du climatiseur. Source: Auteure.	84

Liste des tableaux

Tableau 1: Métabolisme quantifié selon l'activité. Source: Web.	12
Tableau 2: Echanges thermiques de l'homme avec son environnement. Source: Web.....	12
Tableau 3: Valeurs de l'indice PMV et sensation thermique. Source: Web.....	14
Tableau 4: Fiche synthèse type d'un système de climatisation. Source: Auteure.	28
Tableau 5: Fiche synthèse du système mono-split. Source: Auteure.	30
Tableau 6: Fiche synthèse du système multi-split. Source: Auteure.....	31
Tableau 7: Fiche synthèse du système mono-bloc. Source: Auteure.	32
Tableau 8: Fiche synthèse du groupe d'eau glacée. Source: Auteure.....	34
Tableau 9: Fiche synthèse, système géothermique. Source : Auteure.	36
Tableau 10: Fiche synthèse, climatisation solaire. Source: Auteure.....	38
Tableau 11: Classification des zones à modéliser. Source : Auteure.....	49
Tableau 12: Données thermiques introduites dans Ecotect (In Put). Source: Auteure.	52
Tableau 13: Liste des matériaux introduits. Source: Auteure.	53
Tableau 14: Méthodologie de calcul du besoin de climatisation selon le type choisi (Classique ou solaire). Source: Auteure.....	54
Tableau 15: Présentation de l'appartement du 1er niveau, bâtiment A04. Source: Auteure. ...	60
Tableau 16: Synthèse des simulations de confort d'été, appartement du 1er niveau, bâtiment A04. Source: Auteure.....	61
Tableau 17: Présentation de l'appartement du dernier niveau, bâtiment A04. Source: Auteure.	63
Tableau 18: Synthèse des simulations de confort d'été, appartement du dernier niveau, bâtiment A04. Source: Auteure.....	64
Tableau 19: Présentation de l'appartement du 1er niveau, bâtiment B06. Source: Auteure. ...	66
Tableau 20: Synthèse des simulations de confort d'été, appartement du 1er niveau, bâtiment B06. Source: Auteure.	67

Listes

Tableau 21: Présentation de l'appartement du dernier niveau, bâtiment B07. Source: Auteure.	69
Tableau 22: Synthèse des simulations de confort d'été, appartement du dernier niveau, bâtiment B07. Source: Auteure.	70
Tableau 23: Synthèse des simulations via Ecotect. Source: Auteure.....	72
Tableau 24: Synthèse de l'enquête in situ pour les appartements simulés sur Ecotect. Source: Auteure.	86
Tableau 25: Synthèse des expérimentations et croisements des résultats. Source: Auteure....	88

Liste des photographies

Photo 1: Base de vie de Debdeb, Bloc B3(A), installation des climatiseurs mono-split. Auteur: AZZOUG Walid.....	3
Photo 2: Base de vie de Debdeb, Bloc B3 (A), installation des climatiseurs mono-split, vue d'intérieure. Auteur: AZZOUG Walid.	3
Photo 3: Ministère des finances, Alger centre. Installation des climatisations mono-split sur l'ensemble des espaces. Source: Auteure.	3
Photo 4: Ecole supérieure de commerce à Alger centre. Installation des climatiseurs mono-split. Source : Auteure.....	3
Photo 5: Citadelle d'Alger, vue d'en haut. Installation des climatiseurs mono-split au quartier des janissaires. Auteur: HAMOUDI Hamza	4
Photo 6: Salle polyvalente de la citadelle d'Alger. Climatisation mono-split. Source: HAMOUDI Hamza.	4
Photo 7: Citadelle d'Alger, quartier des janissaires. Installation des climatiseurs mono-split. Auteur: HAMOUDI Hamza.....	4
Photo 8: Dar Khdawedj El Amia, Casbah d'Alger. Climatiseurs mono-split en terrasse. Auteur: HAMOUDI Hamza.....	4
Photo 9: Climatisation mono-split sur une habitation individuelle à Sidi Belabbess. Auteur: inconnu.....	5
Photo 10: Immeuble d'habitation à Alger Centre. Source : Web.....	5
Photo 11: Vue de la cité. Source: Auteure.	43
Photo 12: Bâtiment A04. Source : Auteure.....	75
Photo 13: Bâtiment B12. Source: Auteure.....	76
Photo 14: Bâtiment B06. Source: Auteure.....	76
Photo 15: Bâtiment A05. Source: Auteure.....	82
Photo 16: Entrée du bâtiment B07. Source: Auteure.	82

Introduction générale

1. Contexte de la recherche

Devant l'évolution dramatique du réchauffement climatique, le monde fait face à des périodes de surchauffe très importantes. L'habitat, parmi d'autres secteurs, devient ainsi le secteur le plus énergivore après le transport par son utilisation de la climatisation mécanique dans la recherche d'un confort thermique.

L'Histoire montre la volonté de l'homme pour harmoniser la température. Pour cela, on trouve depuis les premières civilisations des techniques de climatisation. En effet, à Rome on utilisait des tunnels souterrains qui rafraichissaient l'air à 10-12°C. De plus, au troisième siècle, l'empereur Elagabalus ordonne de mettre en place une montagne de neige dans le jardin de sa villa afin d'atténuer la chaleur de l'été. En Egypte, c'est par le ruissèlement d'eau sur des cannes de roseaux placées à travers les fenêtres qu'on atténuait la chaleur à l'intérieur. Ces systèmes passifs qui ne nécessitent pas des mesures mécaniques pour atteindre le confort, se sont montrés insuffisants et parfois même très coûteux. Pendant l'ère industrielle, on commence donc à penser à d'autres moyens de climatiser.

En 1851, James Harrison utilise le gaz d'éther circulant dans des tuyaux afin de refroidir un bâtiment. Par son meilleur rendement, l'ammoniac remplaça ensuite l'éther. Mais ce n'est qu'en 1920 que le monde connaît le premier système de climatisation moderne (Un système mécanique air-eau), inventé par un ingénieur new-yorkais, Willis Carrier. Il y rajoute par la suite un compresseur central et remplace l'ammoniac par un fluide plus efficace et moins dangereux, le dichloroéthylène (C₂H₂Cl₂) (Le groupe MASTER, experts de la climatisation, du chauffage, de la qualité de l'air et de la géothermie dans l'est du Canada, 2015). Ce système fut utilisé en 1925, au Rivoli Theater à Times Square. On raconte que les salles climatisées étaient au cœur de l'augmentation de la population urbaine, en quête de fraîcheur, s'intéressant au 7^e art. Les technologies ne cessent d'évoluer avec le temps. De notre ère, on réfléchit à d'autres critères de la climatisation, l'énergie étant au centre de notre préoccupation.

Le monde vit aujourd'hui une crise énergétique et des changements climatiques, dus principalement aux émissions de gaz à effet de serre, le développement durable est venu opter pour les énergies renouvelables et une efficacité énergétique. La Méditerranée, en particulier les

deux rives : Sud et Est, est et sera plus touchée par le changement climatique que la plupart des autres régions du monde (Banque européenne d'investissement, 2008) d'où l'intérêt de notre recherche.

En Algérie, les énergies fossiles sont la principale source d'énergie consommée. Aujourd'hui nous faisons face à une réalité amère avec la baisse des prix du pétrole et l'orientation vers le gaz de schiste.

Le parc de climatisation représente une bonne partie de cette demande d'énergie. L'été 2012, la Sonelgaz enregistre un appel de puissance record avec 9 233 MW, atteint à 13h45 le 12 juillet, suite à la hausse des températures observée à travers tout le pays. Cette climatisation couvre tout le secteur du bâtiment qu'il soit résidentiel ou tertiaire.

Le secteur résidentiel représente 26 % de la consommation globale d'énergie, deuxième position après les transports au niveau national (APRUE, 2011) et 41% de la consommation électrique faisant de lui le secteur le plus énergivore.

Cette forte demande de l'électricité est une conséquence directe des changements climatiques, rendant les mesures passives de confort thermique insuffisantes dans les périodes de surchauffe et rendant donc l'utilisation des climatiseurs nécessaire. Selon la CREG (Commission de régulation électricité et gaz), entre 2011 et 2012, les ventes de climatiseurs ont connu un développement extraordinaire suite à l'accroissement substantiel des revenus des ménages, due aux augmentations de salaires. Par exemple, en 2011 le CNIS (Centre national de l'informatique et des statistiques des douanes algériennes), recense plus de 5,6 millions d'appareils de conditionnement d'air ont été importés, soit plus du double qu'en 2010, et pour les cinq premiers mois de l'année 2012, près de 3 millions de ces appareils ont été mis sur le marché national. Un père de famille sur le journal el Moudjahid dit : *«A présent, c'est devenu une nécessité. Franchement, il est aujourd'hui difficile de s'en passer, d'autant plus que la canicule est de plus en plus insupportable »* (El Moudjahid, 2012).

2. Problématique de la recherche

Nous nous trouvons donc face à deux situations contradictoires : une forte consommation énergétique et des changements climatiques. Un besoin de climatisation semble être confirmé mais le choix du système reste pourtant identique. La climatisation mono-split est ainsi le choix du secteur tertiaire quel que soit la situation, le climat (Nord ou Sud) ou même la fonction de l'édifice (administration, banque école, etc.). On donne exemple des nouvelles bases de vie au désert algérien, comme celle de Debdeb, à la willaya d'Illizi, aux frontières libyennes, où ce type de climatiseurs ont été placés.



Photo 1: Base de vie de Debdeb, Bloc B3(A), installation des climatiseurs mono-split. Auteur: AZZOUG Walid.



Photo 2: Base de vie de Debdeb, Bloc B3 (A), installation des climatiseurs mono-split, vue d'intérieure. Auteur: AZZOUG Walid.



Photo 3: Ministère des finances, Alger centre. Installation des climatisations mono-split sur l'ensemble des espaces. Source: Auteure.



Photo 4: Ecole supérieure de commerce à Alger centre. Installation des climatiseurs mono-split. Source : Auteure.

Introduction générale

On retrouve ce système même au niveau de notre patrimoine restauré. Au projet de la Citadelle d'Alger par exemple, des climatiseurs mono-split de 24000 BTU ont été placés au quartier des Janissaires. Comme il est présent malheureusement, à d'autres niveaux de la Casbah d'Alger, comme Dar Khdawedj El Amia.



Photo 5: Citadelle d'Alger, vue d'en haut. Installation des climatiseurs mono-split au quartier des janissaires. Auteur: HAMOUDI Hamza



Photo 6: Salle polyvalente de la citadelle d'Alger. Climatisation mono-split. Source: HAMOUDI Hamza.



Photo 7: Citadelle d'Alger, quartier des janissaires. Installation des climatiseurs mono-split. Auteur: HAMOUDI Hamza.



Photo 8: Dar Khdawedj El Amia, Casbah d'Alger. Climatiseurs mono-split en terrasse. Auteur: HAMOUDI Hamza.

Cependant le secteur qui reste le plus énergivore, non pas seulement par le choix de système mais par sa quantité de production en continu, est l'habitat. La négligence de cette dimension de climatisation lors de la conception et la réalisation du bâtiment conduit les habitants à installer eux même des systèmes pour leur confort. Cette anarchie a des impacts négatifs sur notre environnement mais aussi sur notre paysage urbain et sur le confort induit.



Photo 9: Climatisation mono-split sur une habitation individuelle à Sidi Belabbess. Auteurs: inconnu.



Photo 10: Immeuble d'habitation à Alger Centre. Source : Web.

Dans cette perspective, et avec la production continue du logement en Algérie (AADL, LPP, LPA, social, promotionnel etc...), la recherche que nous proposons de mener voit sa problématique s'inscrire dans deux strates différentes mais complémentaires, deux questions sont ainsi posées :

1. Quels besoins de climatisation pouvons-nous prétendre aboutir dans le cas d'un bâtiment d'habitation soumis à une vulnérabilité environnementale dans la recherche d'un confort thermique?
2. Et de quelle manière pouvons-nous élaborer un outil d'aide à la décision pour architectes et usagers dans les stratégies de climatisation ?

3. Hypothèses

Comme tout travail de recherche, nous élaborons des hypothèses de travail afin de pouvoir tester le travail de recherche engagé ; elles en demeurent le garant de son opérationnalité. Ainsi, trois hypothèses se déclinent :

1. Eu égard à la tendance de réchauffement climatique prévalent, un besoin accru d'une climatisation mécanique est confirmé devant une insuffisance des dispositifs d'une architecture passive, voire une inefficacité dans certaines saisons.
2. Les systèmes de climatisation mono-split généralisés sont une solution de facilité qui certes peut procurer un certain confort thermique mais se retrouve souvent inadapté au contexte environnemental et esthétique.

3. La faisabilité d'un didacticiel comme guide numérique, mis à la disposition des architectes et des aussi usagers peut prétendre aider les architectes et les usagers dans le choix du système de climatisation.

4. Objectifs

Au terme du développé précédent, les objectifs de la recherche se révèlent par eux-mêmes en quatre points comme suit :

1. Cerner, de manière générale, les systèmes de climatisation (passifs et actifs) et leur apport au confort des usagers.
2. Identifier le choix des usagers dans le domaine de l'habitat.
3. Déterminer les besoins en climatisation d'un bâtiment d'habitation à l'aide d'un logiciel de simulation (Ecotect Analysis 2011).
4. Elaborer un didacticiel comme outil d'aide à la décision pour les architectes, mais aussi pour les usagers.

5. Méthodologie

Pour répondre à la problématique de la recherche nous avons adopté une démarche développée en deux approches comme suit:

1. Une première approche théorique consiste en une recherche bibliographique et documentaire dans le but de comprendre les différentes mesures passives et actives, ainsi la climatisation comme dispositif de confort thermique.
2. La seconde approche pratique se base sur une méthode mixte, qualitative et quantitative. Cette approche nous permet de présenter l'objet d'étude relevé sur terrain, en premier lieu soit les logements AADL, Mahelma, afin de choisir par la suite un échantillon d'appartements qui sera de base à la simulation. Cette dernière est croisée par la suite à l'enquête in situ auprès des usagers. Il s'agit donc d'essayer de comprendre le besoin de confort sur ses deux aspects : physiologique et sensoriel.
3. Le travail aboutira ensuite sur un didacticiel pour architectes et usagers comme outil d'aide à la décision dans les stratégies de climatisation.

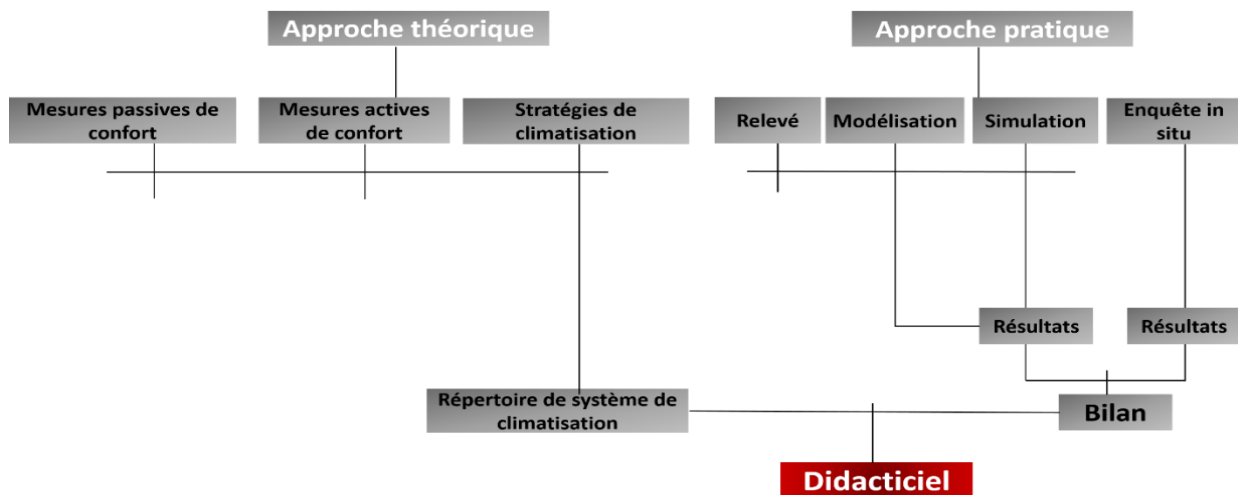


Figure 1: Schéma méthodologique. Source : Auteur.

6. Structure du mémoire

Le travail est structuré en quatre parties comme suit :

1. Une partie introductive qui comportera le contexte de la recherche, la problématique, les hypothèses, les objectifs et la méthodologie ainsi la structure du travail.
2. Une partie théorique développant l'état des connaissances concernant les différents traitements thermiques existants, leur apport au confort thermique entre besoin des habitants et réglementation. Ainsi une partie de répertoire de tous les systèmes de climatisation existants dans les deux familles (classiques et à base d'énergies renouvelables) en forme de fiches synthétiques de chaque système qui serviront de base à la simulation et l'enquête in situ, ainsi du didacticiel qui forme l'objet de la recherche.
3. La partie pratique présentera le cas d'étude relevé dans son contexte programmatique et les différents échantillons d'étude. Un deuxième volet sera consacré aux protocoles d'expérimentation, à savoir : la simulation via Ecotect et l'enquête in situ. Un dernier point présentera les résultats des deux outils d'expérimentation, d'abord du confort thermique dans une approche physique, donnera une évaluation thermique de l'échantillon, et sa charge de climatisation. Ensuite, dans une approche psychologique et sensible, nous présentons une évaluation du confort thermique comme ressenti par les habitants, ainsi que leurs besoins en climatisation.
4. La conclusion présentera aussi le didacticiel, comme aboutissement mais aussi croisement des deux parties théoriques et pratiques afin de répondre à la problématique de recherche et (in)valider les hypothèses fixées.

7. Etat des savoirs

Il existe différents travaux et publications sur la thématique de climatisation. On trouve d'abord des exemples internationaux comme :

1. CHEILAN, R. (2004). *La climatisation solaire, projet de fin d'étude*. SAINT-ETIENNE: ECOLE NATIONALE D'INGENIEURS DE SAINT-ETIENNE. L'objectif de cette étude était de réaliser un état des lieux technologique, mais également environnemental et économique des systèmes permettant de climatiser des locaux à l'aide d'énergie solaire.
2. DUNN, G., & KNIGHT, I. (s.d.). *Carbon and cooling in uk office environments (Carbone et rafraîchissant dans l'environnement de bureau en grande bretagne)*. Grande Bretagne: L'Association des Ingénieurs, Lutyens Maison, Weston Favell, l'École galloise d'Architecture, Université de Cardiff. Cette recherche traite la climatisation des bureaux et son impact sur l'environnement (émission de carbone). Les résultats de cette recherche contribuent aussi au projet 'Field Benchmarking and Market Development for Audit methods in Air Conditioning' (AUDITAC) project (Analyse comparative de champ et développement du marché pour méthodes d'audit dans la climatisation).
3. En outre, l'Institut National de Recherche Scientifique et Technique à Tunis, ou l'université Cheikh Anta Diop De Dakar, Sénégal et beaucoup d'autres, qui tournent tous autour de la problématique de l'énergie.

Aussi de nombreuses études internationales se sont effectuées sur le confort thermique simulé via le logiciel Ecotect Analysis tel que :

4. Alinaghizadeh Noora; Aarnes Sofie; Bihli Marthe; Lavina Alise; Heide Vegard; Langerock Charleen; Severinsen Andreas, (2011). « *ZE+Hytte* ». Trondheim: Université norvégienne de sciences et de technologie. Cette recherche est le fruit de travail d'une équipe d'étudiant Master dans l'objectif de trouver des moyens pour rendre une maison énergie plus. La simulation s'est effectuée via le logiciel Ecotect, développant le calcul des différentes charges de climatisation.

Comme on retrouve des exemples nationaux, qui traitent principalement les mêmes thématiques de climatisation dans une démarche de développement durable, comme :

1. Le mémoire de magister de M. AMZIANE Mohamed Amziane, (2014) : « *Etude Comparative Entre Les Systèmes De Climatisation Classiques Et Solaires : Application A La Climatisation D'un Immeuble* ».
2. Ou encore : Mr GUENDOOUZ Bouhelal, (2012), « *L'utilisation De L'énergie Solaire Pour Les Besoins De La Climatisation* ».
3. Aussi : d'Ahmed BELLAGI, Radhouane BEN JEMAA, (2011), « *Etude d'une installation de climatisation solaire* ».

Ces travaux représentent un système très intéressant à base d'énergie solaire mais qui peut ne pas être adapté sur tous les projets pour des raisons économiques, d'entretien, climatiques etc... Ainsi on reste dans une optique figée et des solutions théoriques à des problèmes réels sur terrain.

4. Un autre travail s'avère très intéressant par son traitement du volet quantitative du confort thermique à l'aide de l'outil informatique (logiciel de simulation TRNSYS), de Mr. BOURSAS Abderrahmane (2013), en mémoire de magister : « *Etude De L'efficacité Energétique D'un Bâtiment D'habitation A L'aide D'un Logiciel De Simulation* ». TRNSYS, tout comme Ecotect, est un logiciel qui a l'avantage d'inclure le taux d'occupation d'un local, la puissance de l'éclairage et des équipements divers et les consignes de températures et du fonctionnement du système chauffage et climatisation.

5. Il existe d'autres recherches aussi où on voit un développement personnel d'un logiciel comme pour le cas de Mohamed Aziz HACHEMI, (2011), en mémoire de magister : « *Exploitation et programmation informatique des documents techniques réglementaires relatifs aux déperditions thermiques de ventilation des bâtiments* ». M. HACHEMI développe ici un logiciel qu'il appelle « Eco-Bâtiment » et qui intègre les données climatiques algériennes en premier lieu et les données réglementaires thermiques (DTR C3-4Climatisation, DTR C 3-2 Déperdition, DTR C 3.31 Ventilation) dans un second lieu.

En conclusion, ces travaux ont en commun un premier intérêt pour l'environnement, aussi l'utilisation d'un logiciel de simulation. Dans ce travail, on se base sur les mêmes points, tout en rajoutant une dimension sensible à travers une enquête sur terrain. L'objectif est de créer un didacticiel de climatisation pour architectes et usagers afin de sortir du secteur énergivore dans lequel on se trouve.

Première partie : Etat des connaissances des stratégies de confort thermique.

Introduction

Nombreux sont les travaux ayant traité la thématique de la climatisation, et ses différentes stratégies. Ils ont en commun un intérêt environnemental particulièrement le confort. Seulement, ceci ne peut être achevé qu'après compréhension des différentes stratégies, et des besoins de l'utilisateur. Dans cette recherche nous allons tenter d'allier les deux, pour aboutir à un didacticiel pour architectes et pour usagers.

Point n'est notre prétention de développer un essai exhaustif sur un didacticiel d'aide à la décision dans les stratégies de climatisation, mais seulement d'élaborer un état des connaissances qui permettra d'installer les jalons de notre recherche et ainsi de définir les principaux concepts de cette dernière.

Cette partie est structurée ainsi en six chapitres. Allant de la macro au micro, nous commencerons notre état des connaissances par une tentative de définition du confort thermique et de ses différents aspects. Pour déterminer ensuite les différentes mesures, ou stratégies, de son obtention, passives et actives. De ces dernières, nous focalisons notre attention sur la climatisation, étant l'objet de notre recherche. Nous allons ainsi la définir, afin d'arriver ensuite à classer les différents systèmes en forme de fiches de synthèse. Nous finirons cette partie par la définition du didacticiel, ses objectifs et sa faisabilité.

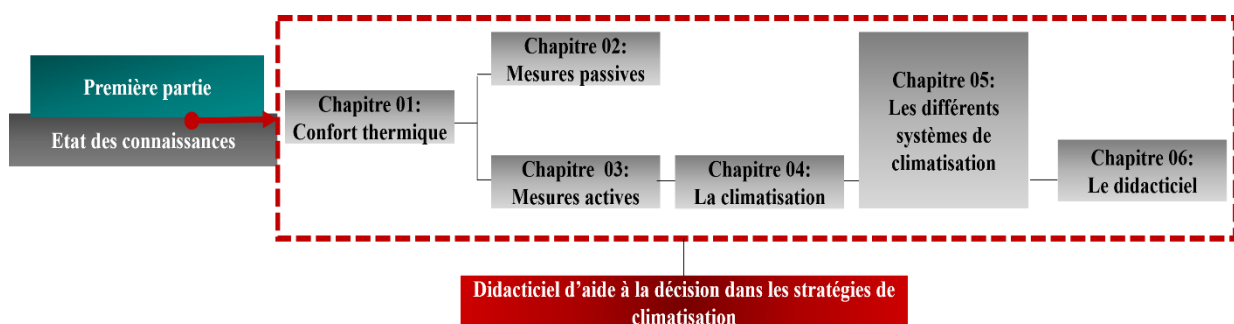


Figure 2: Structure de la première partie. Source: Auteure.

Chapitre premier : Le confort thermique

1. Introduction : qu'est-ce que le confort thermique ?

Le confort thermique est une thématique très riche et interdisciplinaire, nous allons tenter dans ce chapitre de l'introduire par rapport aux à nos objectifs, mais cela restera qu'une goutte d'un océan.

A l'origine, le mot confort n'avait pas le sens de bien-être ou de satisfaction. Pendant des siècles, conforter voulait dire renforcer, consolider ou reconforter, au 16ème siècle: « confortable » signifiait, acceptable ou suffisant, au 18ème siècle, bien-être physique et satisfaction.¹

B. Givoni le définit comme *une sensation complexe produite par un système de facteurs physiques, physiologiques et psychologiques, conduisant l'individu à exprimer le bien être de son état. Le maintien de l'équilibre thermique entre le corps humain et son environnement est l'une des principales exigences pour la santé, le bien-être et le confort.*

Le confort thermique peut être aussi abordé sous plusieurs aspects ; notamment l'aspect physiologique, physique, sensoriel et psychologique ; ce que nous allons développer ci-après.

2. Les différents aspects du confort thermique

2.1. L'aspect physiologique: « *Les conditions pour lesquelles les mécanismes d'autorégulation du corps sont un niveau d'activité minimum* » (Givoni, 1978).

L'être humain comme tous les mammifères est homéotherme², ce qui signifie qu'il dispose d'un système dynamique de régulation de sa propre température par des échanges de chaleur interne et externe de son corps. Les processus de thermorégulation qui permettent de maintenir la température interne sont de deux types, (Jung, 2009, p. 36):

- La thermorégulation « chimique » (par la production interne de chaleur).
- La thermorégulation « physique » (par la modification des paramètres d'ambiances ou de vêtements).

¹Gamal, N. (2010, Décembre 03). Confort thermique. Consulté le Mai 09, 2015, sur Ecole Nationale Supérieur d'Architecture de Grenoble: <http://www.grenoble.archi.fr/cours-en-ligne/said/confort-thermique.pdf>. 60p.

²Homéotherme : dont la température centrale est constante et reste indépendante de celle du milieu extérieur.

2.2. L'aspect physique : qui lui est lié à huit points qui sont :

2.2.1. **Le métabolisme** qui est la production de chaleur interne au corps humain permettant de maintenir celui-ci autour de 36,7°Cⁱ (DGO4 · Architecture et Climat, 2015). Ce facteur est ainsi lié directement à l'activité exercée dans le bâtiment comme indiqué sur le tableau qui suit.

Activité	W/m ²	met
Repos, couché	45	0,8
Repos, assis	58	1
Activité légère, assis (bureau, école)	70	1,2
Activité légère, debout (laboratoire, industrie légère)	95	1,6
Activité moyenne, debout (travail sur machine)	115	2,0
Activité soutenue (travail lourd sur machine)	175	3,0

Tableau 1: Métabolisme quantifié selon l'activité. Source: Web.

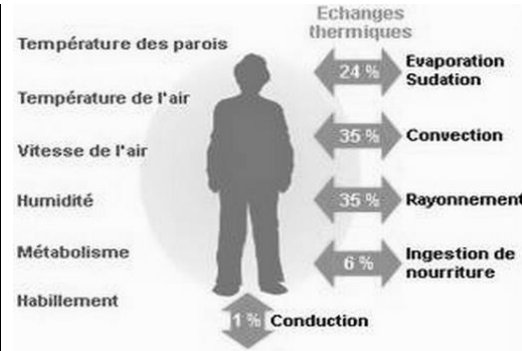


Tableau 2: Echanges thermiques de l'homme avec son environnement. Source: Web.

On compte six types d'échanges thermiques entre le corps et l'ambiance: la convection de surface du corps, le rayonnement, la convection respiratoire, le rejet d'humidité respiratoire, la conduction, la sudation et la perspiration comme on le voit sur la figure ci-dessus.

2.2.3. **L'habillement**, qui représente une résistance thermique aux échanges de chaleur entre la surface de la peau et l'environnement.

2.2.4. **La température ambiante de l'air T_{air}**: se fait à l'aide d'un thermomètre protégé du rayonnement solaire et du rayonnement des parois du local.

2.2.5. **La température moyenne des parois T_{parois}** : se fait à l'aide d'une sonde de contact ou onde à rayonnement infrarouge. $T_{confort} = (T_{air} + T_{parois}) / 2$.

2.2.6. **La température radiante** : $= \Sigma (Des T^{\circ}C \text{ de parois} \times \text{angle solide fait avec chacune d'elle}) / 4 \pi$. Cette donnée émane du fait qu'une personne dans une pièce est en échange avec la T°C de l'air mais aussi avec les parois, qui dépendent de la T°C des parois et des angles solides que l'on fait avec chacune d'elle. Quand les écarts entre les T°C de parois et d'air ne sont pas trop grands on peut établir une T°C résultante : $T^{\circ}C_{résultante} = (T^{\circ}C_{radiante} + T^{\circ}C_{air}) /$

2.2.7. **L'humidité relative de l'air (HR)**, qui est le rapport exprimé en pourcentage entre la quantité d'eau contenue dans l'air à la température ta et la quantité maximale d'eau contenue à la même température (DGO4 · Architecture et Climat, 2015). L'inconfort n'apparaît que lorsque : L'humidité relative est inférieure à 30 %, l'humidité relative est supérieure à 70 %

2.2.8. **La vitesse de l'air**, qui influence les échanges de chaleur par convection. Généralement, les vitesses de l'air ne dépassent généralement pas 0,2 m/s. Ce paramètre influence les échanges de chaleur par convection et augmente l'évaporation à la surface de la peau. Le mouvement de l'air abaisse la température du corps, facteur recherché en été, mais pouvant être gênant en hiver (courants d'air) (DGO4 · Architecture et Climat, 2015).

A partir de ces paramètres, la plage de confort température-humidité est reprise dans plusieurs méthodes comme celle des frères Olgyay, de Vogt e Miller-Chagas, ou de B. Givoni. De ces dernières sont dégagés des diagrammes bioclimatiques qui définissent selon le climat, la zone de confort et celles d'inconfort par rapport à l'homme et à son environnement.

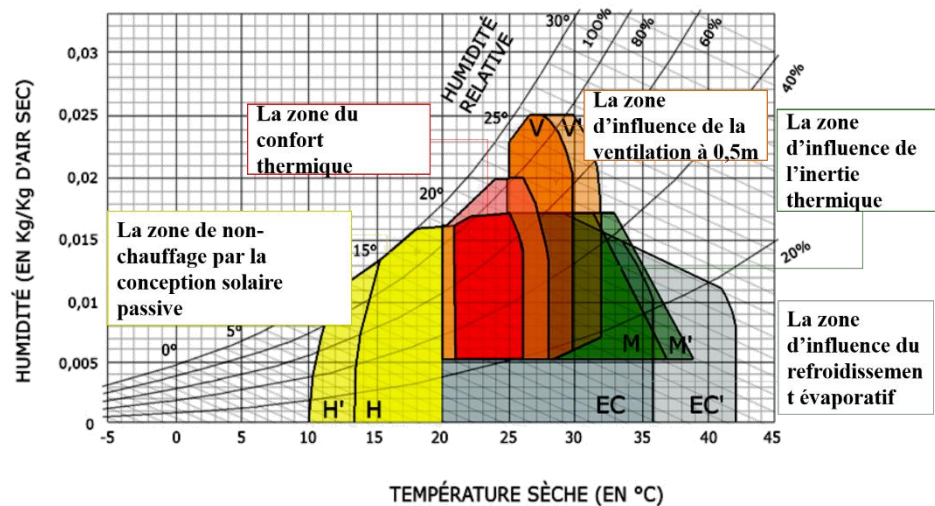


Figure 3: Diagramme bioclimatique de Givoni. Source: Web.

Le diagramme de Givoni, nous situe donc le projet dans une zone précise, faisant de lui un outil de détection, voire d'une première compréhension du confort thermique du projet dans son site, permettant déterminer les besoins thermiques d'un bâtiment par rapport à son climat, ainsi de la mise en œuvre appropriée comme l'inertie thermique, la ventilation généralisée, le refroidissement évaporatif, puis le chauffage ou la climatisation.

3. L'aspect sensoriel: « État d'esprit exprimant la satisfaction de son environnement. L'individu ne peut pas dire s'il veut avoir plus froid ou plus chaud » (ISO 7730, 1994).

4. L'aspect psychologique: « Sensation de bien-être physique et mental total » (European Commission, 1986). La sensation que chacun peut avoir du confort dépend de nombreux paramètres intrinsèques à l'individu tels que l'âge, le sexe, le poids, la fatigue et l'état de santé,

auxquelles s'ajoutent les facteurs socioculturels (Courgey & Oliva, 2010, p. 31). D'autres paramètres liés davantage à l'ambiance générale dans le local où se situe l'individu, comme la couleur par exemple, peut également influencer la perception du confort (Cordier, 2007).

Dans un espace donné, le corps humain réagit par une interaction dynamique lui permettant de contrôler les échanges thermiques avec son environnement afin de satisfaire les exigences de l'homéothermie. Selon l'intensité des échanges thermiques et des réactions mis en jeu dans un environnement donné, le corps peut éprouver une sensation de neutralité thermique, de tiédeur ou de fraîcheur.

A l'opposé, l'inconfort thermique est défini comme une expression de l'insatisfaction ou du désagrément perçue de façon continue ou répétitive dans un environnement physique donné ; les caractéristiques climatiques de cet environnement ne permettent pas à la nuisance de s'estomper ou de se faire oublier, (CANDAS, 2003, p 13).

L'inconfort naît ainsi dans l'absence du confort, pour cela W. Rybczynski dit : «*Il est plus simples d'évaluer le manque de confort que le confort*». Mais si nous venons à l'évaluer, quels indices prendre ?

3. Les indices du confort thermique :

De nombreuses recherches, aux laboratoires, sous des conditions expérimentales parfaitement contrôlées, ont recensé les principales causes d'inconfort et ont permis d'établir un certain nombre d'indices, nommés « indices de confort thermique ». C'est ainsi que Fanger (1970) a défini les indices synthétiques PMV (Predicted Mean Vote – Vote Moyen Prévisible) et PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied – Pourcentage Prévisible d'Insatisfaits), qui sont encore aujourd'hui les plus utilisés pour étudier le confort thermique global comme le montre la figure qui suit. Le PMV donne l'avis moyen d'un groupe de personnes exprimant un vote de sensation thermique se référant à l'échelle de sensation thermique suivante :

Valeurs de l'indice PMV	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
Sensation thermique	Froid	Frais	Légèrement frais	Neutre	Légèrement chaud	Moyennement chaud	Chaud

Tableau 3: Valeurs de l'indice PMV et sensation thermique. Source: Web.

La norme ISO 7730 stipule que pour se situer dans la zone de confort thermique, il faut que :

$$-0,5 < PMV < 0,5 \text{ soit } PPD < 10 \%$$

4. Le contexte réglementaire du confort thermique:

Comme tous les lots du bâtiment, le confort thermique est régi par une réglementation. Cette dernière est généralement suivie d'un organisme qui s'occupe de la vérification de son application, ce qui n'est pas le cas pour notre pays. Cependant, il existe :

4.1. Le DTR algérien

Il est composé de documents techniques réglementaires de conception : DTR-C, documents techniques réglementaires d'exécution : DTR-E et des recommandations techniques. L'objectif est de développer un code de calcul qui permet d'intégrer les exigences de la réglementation thermique algérienne (DTR C3-2 pour le chauffage, DTR C3.31 pour la ventilation et C3-4 pour la climatisation). Etant donné la difficulté de son application, il existe des logiciels en ligne pour le faire comme CT-BAT ou même RETA.



Figure 4: Interface du logiciel CT-BAT. Source: Auteure.



Figure 5: Interface du logiciel RETA. Source: Web.

Ces DTR préconisent l'utilisation des matériaux localement disponibles tels que le Béton de Terre Stabilisée (BTS), la pierre et le plâtre, l'orientation adéquate des bâtiments, l'isolation de l'enveloppe et des planchers pour limiter les déperditions énergétiques en hiver et les apports calorifiques en été, la ventilation naturelle, l'éclairage et l'ombrage naturels, permettent aux maîtres d'œuvre, maîtres d'ouvrages et entreprises de réalisation de concevoir et d'exécuter des ouvrages à haute performance énergétique tout en garantissant les exigences requises en matière de stabilité, de résistance aux aléas naturels et de confort.

L'application de cette réglementation permet de réduire, en principe, de 30 à 40% la consommation d'énergie, hors poste cuisson ; ce qui contribuerait à réduire fortement la facture énergétique et les émissions des GES.

En terme d'efficacité énergétique, essentiellement dans le secteur du bâtiment se traduit par les actions de quelques entités : l'APRUE soutenu par son bras financier le Fonds National pour la Maîtrise de l'Energie (FNME) et le Programme National de Maîtrise de l'Energie (PNME). A cela il faudra ajouter la collaboration des centres de recherches liés au domaine des bâtiments comme le centre du développement des énergies renouvelables (CDER) et le Centre National d'Etudes et de Recherches Intégrées du Bâtiment (CNERIB) et bien évidemment le ministère de l'Energie et des Mines (Boursas, 2012-2013, p. 26).

Sur une échelle internationale, il existe différentes réglementation, on cite à titre d'exemple la RT 2012 française que nous définissons ci-dessous.

2.3. La réglementation thermique (RT) 2012

Conformément à l'article 4 de la loi Grenelle 1, la RT 2012 a pour objectif de limiter la consommation d'énergie primaire des bâtiments neufs à un maximum de 50 KWhEP/ (m².an) en moyenne, tout en suscitant :

- Une évolution technologique et industrielle significative pour toutes les filières du bâti et des équipements.
- Un très bon niveau de qualité énergétique du bâti, indépendamment du choix de système énergétique.
- Un équilibre aussi bien technique qu'économique entre les énergies utilisées pour le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire.

5. Conclusion : quelles mesures pour atteindre un confort thermique ?

L'architecture est une discipline qui unie plusieurs dimensions. Parmi ces dernières, le confort thermique. Ce dernier pourrait être atteint par des mesures passives ou actives. Dans un souci énergétique d'abord, mais surtout environnemental. Notre responsabilité dans cette discipline est de comprendre, le contenu, le fonctionnement, et l'adaptabilité de chaque mesure au contexte architectural, environnemental économique et social. Afin d'arriver à cela, il s'agit en premier plan de déterminer ces mesures et de comprendre comment atteindre un confort thermique avec ?

Chapitre second : Les mesures passives, architecturales et constructives

1. Introduction : définition des traitements passifs entre stratégie d'été et d'hiver

L'objectif primaire étant d'atteindre un confort thermique, il s'agit en premier plan de comprendre les mesures passives qu'utilisaient nos ancêtres avant nous. Ces dernières sont des mesures architecturales et constructives qui permettent d'assurer un bon confort thermique, sans, ou avec très peu d'apport d'énergie (Roulet, 2008, p. 123). Dans une démarche environnementale, qui est aussi celle de notre recherche, nous essayons tout d'abord de comprendre ces mesures-là, afin de leur donner la priorité dans la démarche conceptuelle.

Ainsi, il existe deux stratégies de confort, de l'été et de l'hiver. Au confort de l'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 (Lierbard & Deherde, 2005, p. 32). A l'inverse, au confort de l'hiver répond la stratégie du chaud : capter la chaleur du rayonnement solaire, la stocker dans la masse, la conserver par l'isolation et la distribuer dans le bâtiment (Lierbard & Deherde, 2005, p. 31).

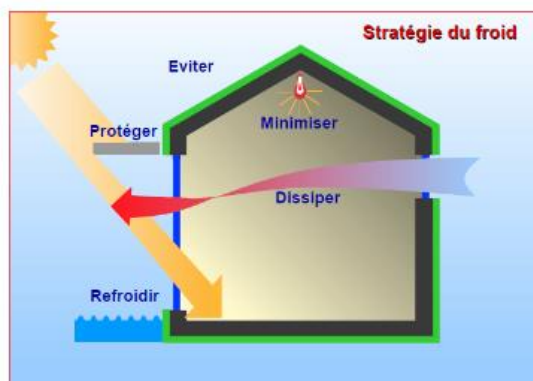


Figure 6: Stratégie du froid (Eté). Source: Web.

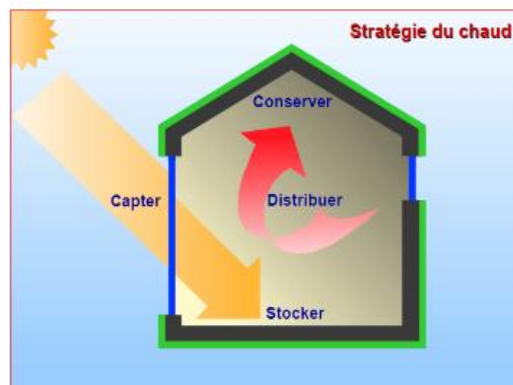


Figure 7: Stratégie du chaud (Hiver). Source: Web.

2. Les effets thermiques des matériaux de construction.

2.1. L'isolation thermique

L'isolation thermique désigne l'ensemble des techniques mises en œuvre pour limiter les transferts de la chaleur entre un milieu chaud et un milieu froid. Les matériaux d'isolation empêchent donc les pertes de chaleurs et nous aident à maintenir les conditions de confort à

l'intérieur. Etant donné l'importance de leur utilisation et leur apport au confort thermique ainsi qu'à l'économie d'énergie, Nous traitons cette thématique en détail sur le didacticiel. Nous détaillerons ainsi les matériaux isolants, les dispositifs de protection solaire et les différents types de dalles et toitures.

En Algérie, les actions de maîtrise de l'énergie proposées portent notamment sur l'introduction de l'isolation thermique des bâtiments qui permettront de réduire la consommation d'énergie liée au chauffage et la climatisation d'un logement d'environ 40% (APRUE, 2011).

2.2. L'inertie thermique

Les bâtiments anciens, en parois homogènes de maçonnerie à la chaux, de torchis, pierre de taille etc. n'assurent pas une isolation thermique suffisante mais leur épaisseur, souvent importante, leur assure une inertie thermique importante et donc le confort thermique reste agréable (Roulet, 2008, p. 158).

L'inertie thermique est la capacité d'une pièce ou d'un bâtiment à amortir les variations de température intérieure. Un bâtiment à forte inertie thermique aura une température intérieure naturellement stable. L'inertie dépend de plusieurs facteurs :

2.2.1. La capacité d'accumulation de chaleur des matériaux en contact avec l'ambiance intérieure. Cette dernière est en fonction de l'effusivité thermique (la capacité à échanger de l'énergie thermique avec son environnement).

2.2.2. La possibilité d'échange thermique de ces matériaux avec l'ambiance intérieure.

2.2.3. L'isolation thermique du bâtiment

3. L'orientation et ses effets sur le confort thermique

L'orientation est un facteur important dans le confort thermique d'un édifice. L'architecte peut jouer avec, selon la fonction du bâtiment mais aussi son emplacement. Ainsi, on oriente différemment selon les besoins en lumière naturelle, la recherche du rayonnement solaire pour chauffer le bâtiment ou, au contraire, la nécessité de s'en protéger pour éviter la surchauffe. Aussi, l'existence de vents pouvant refroidir le bâtiment en hiver ou le rafraîchir en été, sont autant de paramètres importants dans le choix de l'orientation (Lierbard & Deherde, 2005, p. 65).

KAOULA D., LEHTIHET M. C. précisent dans leur ouvrage les bienfaits et les inconvénients de chaque orientation, résumés comme suit :

4.2. **Au nord :** Nous bénéficions toute l'année d'une lumière égale et du rayonnement solaire diffus. Il est judicieux de placer des ouvertures vers le Nord lorsque l'espace nécessite une lumière homogène, peu variable ou diffuse, et les apports internes sont élevés.

4.3. **L'Est :** Nous profitons du soleil le matin mais le rayonnement solaire est alors difficile à maîtriser car les rayons sont bas sur l'horizon. L'exposition solaire y est faible en hiver mais elle permet d'apporter des gains solaires au moment où le bâtiment en a le plus besoin. Par contre, en été, l'orientation Est présente une exposition solaire supérieure à l'orientation Sud, ce qui est peu intéressant.

4.4. **L'orientation Ouest** présente un risque réel d'éblouissement et les gains solaires ont tendance à induire des surchauffes. En effet, les vitrages tournés vers l'Ouest apportent des gains solaires L'après-midi, au moment où le bâtiment est depuis longtemps en régime.

4.5. **Une orientation Sud** entraîne un éclairage important. De plus, les pièces orientées au Sud bénéficient d'une lumière plus facile à contrôler. En effet, en hiver, le soleil bas (environ 17°) pénètre profondément dans le bâtiment, tandis qu'en été, la hauteur solaire est plus élevée (60°) et la pénétration du soleil est donc moins profonde. En été, les apports solaires sur une surface verticale sont également nettement inférieurs au Sud qu'à l'Est ou à l'Ouest car ils sont diminués par un facteur égal au cosinus de l'angle d'incidence.

En conclusion, l'orientation préférentielle est donc celle Nord/ Sud, car nous bénéficions d'un taux d'éclairage important, tout en préservant les façades de la surchauffe.

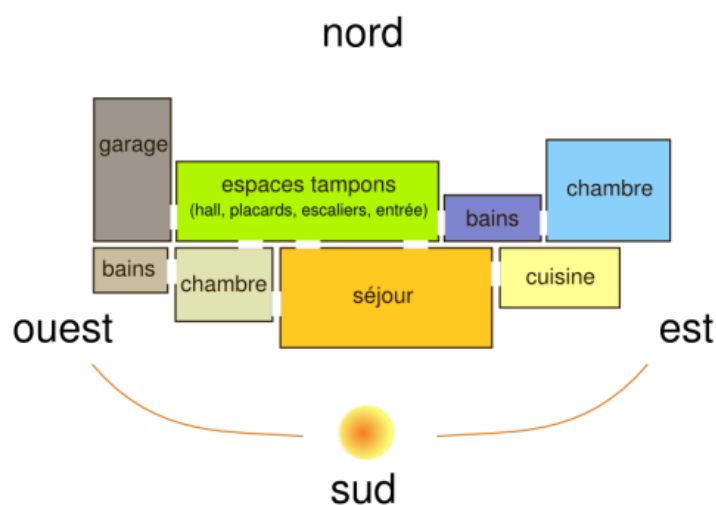


Figure 8: Orientation préférentielle pour un meilleur gain. Source: ADEME.

5. La ventilation naturelle

La ventilation naturelle consiste à créer des courants d'air dans l'espace en utilisant des mécanismes simples tels que le vent ou le tirage thermique³. Le débit est toutefois très mal contrôlé et dépend de plusieurs facteurs : vent, conditions climatiques, saison, etc. Il existe différents types, de ventilation naturelle, qui sont:

- 5.1. **Ouverture des fenêtres** : un procédé d'aération le plus simple. C'était d'ailleurs le seul principe de ventilation pendant longtemps.
- 5.2. **Ventilation traversante** : des entrées d'air sont placées face au vent dominant (les sorties à l'opposé). L'organisation des pièces se doit d'être adaptée en situant les pièces de vie côté vent dominant.
- 5.3. **Tirage thermique** : le principe est que l'air chaud monte car il est plus léger que l'air froid. Ce dernier se réchauffe à son tour et ainsi de suite. Des entrées d'air sont placées en bas des murs. Des bouches et un conduit vertical évacuent l'air par le toit. Ce mécanisme se retrouve dans les maisons équipées d'une cheminée dont le conduit est ouvert.
- 5.4. **Vent et tirage thermique associés** : l'effet de tirage du conduit vertical est renforcé par un extracteur qui crée une dépression supplémentaire en tournant sous l'impact du vent. C'est un système de ventilation naturelle très répandu.
- 5.5. **Mur Trombe (ou Trombe-Michel)** : il vise à créer une dépression localisée, sous l'effet du soleil.

En conclusion, la ventilation naturelle a de nombreux avantages ; notamment économiques, environnementaux, et acoustiques. Cependant, ce n'est pas un moyen sur lequel on peut compter toute l'année, car il dépend en premier plan des conditions climatiques. En été, la température extérieure est généralement supérieure à la température intérieure, ce qui rend la ventilation inutile devant un besoin de rafraîchissement.

6. Conclusion : Et si ces systèmes passifs s'avèrent insuffisants ?

Dans les périodes de surchauffe, les systèmes passifs peuvent s'avérer insuffisants, notamment en Algérie. Face à ces conditions et parallèlement à un souci énergétique à double volets :

³Le tirage thermique, ou effet cheminée, est le mouvement de l'air (dans les bâtiments, cheminées, conduites...) sous l'effet de la poussée d'Archimède.

d'efficacité et d'économie, très important, quelles mesures actives prendre ? Et pourquoi ? Ce que nous allons développer ci-après.

Troisième Chapitre : Les mesures actives de confort thermique

1. Introduction : pourquoi ce recours aux mesures actives ?

Comme nous le montre, le diagramme bioclimatique de Givoni (Figure ci-dessous), il est parfois nécessaire de faire recours à des mesures actives pour un confort thermique. Avec le réchauffement climatique, nous nous trouvons de plus en plus dans une sphère de surchauffe, ce qui conduit d'ailleurs à un usage anarchique des mesures mécaniques par les habitants. Un premier rôle de l'architecte est d'essayer de diminuer l'usage de ces moyens, mais devant une telle nécessité, sa mission est aussi de maîtriser ces mesures actives dans la recherche d'une enveloppe confortable et agréable à vivre pour ces usagers.

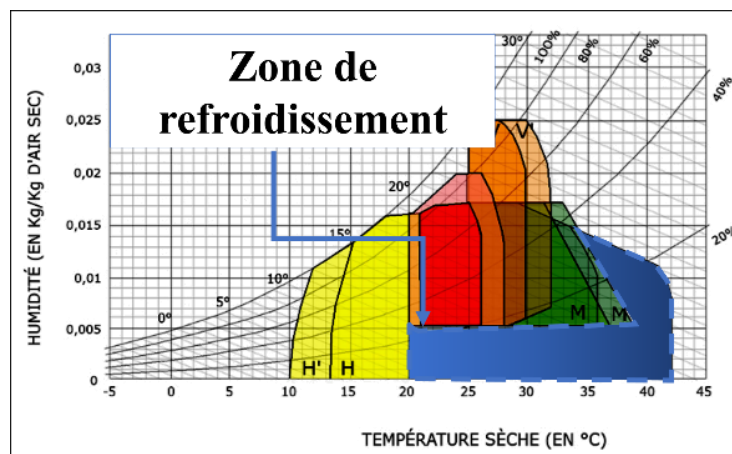


Figure 9: Diagramme de Givoni, zone de refroidissement. Source: Web.

Le souci primaire de ces mesures étant l'énergie, leur choix doit relever d'une bonne compréhension de ces derniers et d'un bon dimensionnement, ce que nous allons développer pas à pas dans les points suivants.

Il existe différentes mesures mécaniques de rafraîchissement, on explique ainsi les trois plus importants, qui sont : la ventilation mécanique, le conditionnement de l'air, et la climatisation, qui est l'objet de notre recherche.

2. La ventilation mécanique

La ventilation mécanique est apparue comme le moyen par excellence d'accroître la ventilation de façon contrôlée et, de ce fait, améliorer la qualité de l'air dans les bâtiments, sans toutefois sacrifier les autres avantages que présente une enveloppe plus étanche⁴.

- La première étape de la ventilation mécanique consistait à extraire l'air vicié des locaux humides (cuisines, salles de bain...) Ou à concentration d'odeurs (w.-c.) Et à l'évacuer vers l'extérieur: installation de ventilation mécanique à simple flux.
- Le pas suivant était, en plus de l'extraction mécanique, de pulser l'air neuf dans les locaux dits "secs" (séjours, chambres, etc.) : c'est l'installation de ventilation mécanique à double flux.
- La reconnaissance du rôle de la ventilation sur la qualité de l'air a également attiré l'attention sur les possibilités de récupérer la chaleur de l'air extrait, de façon à favoriser les économies d'énergie : c'est l'installation de ventilation mécanique à double flux avec récupération de chaleur sur l'air extrait.

Cependant, c'est une solution qui peut s'avérer très coûteuse dans le cas d'une habitation. Comme, une installation d'un coût assez élevé au départ peut se révéler, à long terme, moins chère qu'une autre. Une analyse spécifique doit être faite dans chaque cas (type de bâtiment, type d'occupation, type de climat, durée de fonctionnement de l'installation, etc.). Ainsi, une installation de ventilation avec récupération de chaleur, par exemple, malgré son coût initial élevé, devient de plus en plus rentable lorsque la sévérité du climat augmente.

3. Le conditionnement de l'air

L'objectif de cette mesure est de créer un microclimat bien défini à l'intérieur d'un local. Il prend donc en compte plusieurs paramètres avec une approche précise de chaque valeur : la T° de l'air, l'humidité de l'air, la qualité de l'air (teneur en poussières et en impuretés), les tolérances admises autour des différents paramètres, les variations possibles des paramètres dans un temps donné (variation de climat artificiel...), etc. (Pauchet, Décembre 2007, p. 11).

Tout comme la ventilation mécanique, l'installation d'un conditionnement d'air peut coûter très chère. Cependant, il n'est appliqué qu'aux espaces nécessitant des conditions thermiques précises

⁴Anonyme. (s.d.). La ventilation et l'énergie - Guide pratique pour les architectes. Consulté le Juin 26, 2015, sur http://energie.wallonie.be/servlet/Repository/ventilation_acro4.pdf?ID=350. 107p. p10-15.

comme les salles informatiques, les salles dites « blanches » utilisées dans l'industrie de précision, les blocs opératoires dans les hôpitaux et cliniques, etc.

4. La climatisation

La climatisation est une technique ancienne, qui date même de l'antiquité, mais qui a beaucoup évolué dans le temps pour signifier aujourd'hui rafraîchissement avec moyen mécanique. Robinet M. la définissait dans son ouvrage en 1970, comme étant le rafraîchissement des locaux pendant la saison chaude appelée climatisation ou conditionnement de l'air par les spécialistes. Ce concept a ensuite évolué dans deux aspects : dans la recherche du confort, la climatisation, et pour des objectifs industriels ou scientifiques il s'agit du conditionnement de l'air, comme vu précédemment.

La climatisation a pour but principal de maintenir dans les locaux une ambiance thermique adaptée au confort et au bien-être de l'occupant. A cet effet sont contrôlés : la température sèche de l'air, parfois l'hygrométrie (avec des tolérances acceptables dans les limites normalement admises pour le confort), le renouvellement de l'air, les vitesses d'air, la filtration, les nuisances sonores (Pauchet, Décembre 2007, p. 11).

Elle concerne principalement les immeubles du tertiaires tels que : les bureaux, les complexes de restauration (salles de restaurant, cafétérias...), les bâtiments à usages culturel ou de spectacle (auditoriums, salles de congrès, salles de spectacles, salles d'exposition...), les hôtels (chambres, salons, halls d'accueil...), les bâtiments à usage sanitaire et de soin. Aussi, le secteur résidentiel, notamment l'habitat collectif, à l'échelle du bâtiment ou même urbaine comme dans le cas de la géothermie, ce que nous allons développer dans le chapitre suivant.

5. Conclusion : quel apport de la climatisation ?

Face à un besoin de rafraîchissement, et une insuffisance des mesures passives, plusieurs dispositifs ont été mis en place au fil du temps. La climatisation retrouve ses racines aux états unis avec l'ingénieur Willis Carrier en 1902. L'avancement des technologies, parallèlement à un souci environnemental important a développé d'autres dimensions à ce concept, l'énergie étant au centre de notre préoccupation. Entre une recherche d'un confort thermique, et une efficacité énergétique, quel apport alors de la climatisation ?

Quatrième chapitre : La climatisation comme dispositif de confort thermique

1. Introduction : Pourquoi climatiser ?

Dans une recherche d'intimité, l'architecture traditionnelle, de forme introvertie, minimisait les ouvertures à l'extérieur, et ainsi les déperditions thermiques et le réchauffement par rayonnement solaire. Aujourd'hui, l'architecture des façades recherche le maximum d'éclairage naturel, avec de grandes surfaces vitrées, où la protection solaire est limitée pour une transmission lumineuse optimale. Nous nous trouvons aussi face à des matériaux différents et des épaisseurs inférieures et donc moins d'inertie thermique. Ainsi, des apports internes plus importants avec l'éclairage artificiel et les équipements informatiques que nous utilisons.

Devant ces facteurs, et une augmentation de la température moyenne mondiale, conséquence, du réchauffement climatique, l'architecture doit répondre à un nouveau besoin imposé, qui est la climatisation. Comment introduire donc la climatisation dans le bâtiment d'aujourd'hui ? Et quelle prise en charge de la dimension environnementale ?

2. Règlementation thermique et climatisation

En Algérie, la climatisation est régit par le DTR C3.4 du 18/08/98 élaboré par le Centre National d'Etudes et Recherches Intégrées du Bâtiment (CNERIB) et promulgués par arrêtés ministériels. L'objectif de ce document est de fixer :

- La méthode de détermination des apports calorifiques des bâtiments,
- La méthode de vérification de la conformité à la réglementation thermique d'été des bâtiments.

Par son utilisation difficile, il existe des logiciels en ligne pour l'élaboration des calculs, ainsi que la vérification de la conformité, comme expliqué précédemment (Première partie, Chapitre I, 4.Contexte règlementaire du confort).

3. L'énergie et la climatisation

Dans une démarche de développement durable, les différents systèmes de climatisation, contiennent des étiquettes énergétiques qui révèlent leur consommation en premier plan. L'étiquette énergie est apparue en 1994. Elle fut d'abord consacrée au matériel électroménager

Première partie : Etat des connaissances des stratégies de confort thermique.

(réfrigérateurs et congélateurs, lave-linge, lave-vaisselle...), elle s’est diversifiée depuis, tant par les biens de consommation qui doivent l’afficher (lampes, téléviseurs, climatiseurs, mais aussi logements, véhicules, pneumatiques...) que par les indications qu’elle fournit (bruit, consommation d’eau...) (ADEME, 2015).

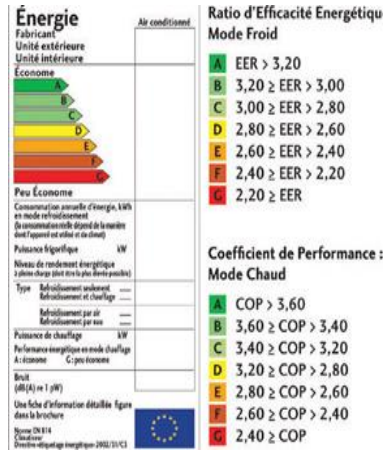


Figure 10: Etiquette énergétique. Union Européenne.
Source: Web.

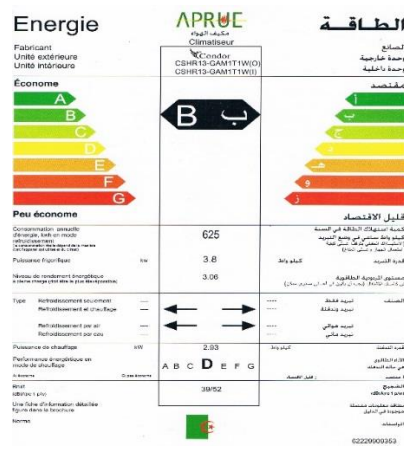


Figure 11: Etiquette énergétique d'un climatiseur mono-split. Source: Condor.

L’étiquette énergétique pour les climatiseurs est obligatoire depuis 2004. Les sept classes (De A+++ à D) indiquent, à l’aide de flèches de couleur verte, orange ou rouge, s’il s’agit d’un appareil à consommation d’énergie faible, moyenne ou élevée, les flèches vertes signalant des appareils particulièrement efficaces énergétiquement. La consommation électrique à pleine charge pendant 60 minutes est indiquée en kilowattheures (kWh), bien que la consommation réelle dépende toutefois de la manière dont l’appareil est utilisé et des conditions climatiques.

Outre la consommation d’énergie, l’étiquette-énergie indique le rendement énergétique, c’est-à-dire le rapport entre la puissance frigorifique (EER⁵) ou de chauffage (COP⁶) et la consommation électrique. Plus le rendement énergétique est élevé, meilleure est l’efficacité énergétique de l’appareil (SuisseEnergie, 2015). En conclusion, l’étiquette énergétique est un élément important lors de l’achat d’un climatiseur. Un simple coup d’œil sur l’étiquette permet de connaître son rendement énergétique.

⁵ EER : L’Energy Efficiency Rating ou le ratio d’efficacité énergétique est le rapport entre le froid produit et l’énergie consommée.

⁶Le coefficient de performance, ou COP (parfois CP), d'une pompe à chaleur est le quotient de la chaleur produite par le travail fourni.

4. La climatisation vue par les habitants

L'homme dans son habitat est soumis à plusieurs facteurs qui influencent son bien-être aussi bien physique que psychologique. L'ambiance confortable issue des besoins physiologiques abordés dans le premier chapitre (cf. définition du confort thermique) qu'on peut appeler sensation thermique n'est pas à confondre avec le jugement affectif qui dépend des préférences et l'adaptabilité des personnes.

En effet la sensation thermique correspond à une évaluation qualitative (froid ou chaud) et quantitative (intensité) d'un espace donné à travers des thermorécepteurs. Alors que le jugement affectif dépendra de l'interprétation de cette donnée par le cerveau à travers les réactions chimiques et électriques qui changent d'individus en individu. Par exemple si on rentre dans un espace climatisé après une longue exposition à la chaleur, la perception signalera un espace frais ou froid mais la sensation thermique sera toujours chaude vu l'exposition au préalable. Ainsi l'ambiance est confortable mais pas le sujet.

L'adaptabilité rentre aussi en compte pour la climatisation surtout lors de l'utilisation des dispositifs qui nécessitent un ventilateur fonctionnant en permanence. Ici même si l'ambiance est thermiquement confortable, pour les personnes qui ne peuvent s'adapter au bruit produit, elle en reste néanmoins globalement inconfortable. La climatisation vue par l'habitant n'est pas juste une combinaison de température et d'humidité mais plutôt un amalgame de sensations affectives et de besoins physiologique, couplés à des prérogatives financières liées à la consommation énergétique.

5. Conclusion : quel système choisir ?

Devant ce besoin confirmé de climatisation, l'architecte doit prévoir et intégrer cette dimension dans tout le processus conceptuel. Il est donc de sa responsabilité de diminuer en premier plan la charge de climatisation (orientations, ventilation naturelle, isolation thermique, îlots de fraîcheur etc...) et de prévoir des installations de climatisation, réfléchies parallèlement à son enveloppe globale. Suite à cela, il doit donc réfléchir à un système de climatisation conjointement à son apport au confort thermique mais aussi à son contexte (architectural, environnemental et économique). Quel système choisir alors ? Et quels critères utiliser ?

Cinquième Chapitre : Les différents systèmes de climatisation

1. Introduction : Classement et répertorie

Il existe différents types de systèmes de climatisation, nous allons essayer dans cette recherche d'aborder les plus importants. Le classement se fait ainsi sur deux types : classique, et solaire. Afin de faciliter la lecture ainsi que l'exploitation des informations, nous élaborons des tableaux, voire des fiches synthèses pour chaque système.

Ces fiches synthèses sont élaborées afin de nous aider au choix de système dans chaque situation (Besoin de climatisation, fonction du bâtiment, etc.) Ceci rentre dans le cadre du didacticiel final, comme l'explique le schéma méthodologique qui suit.

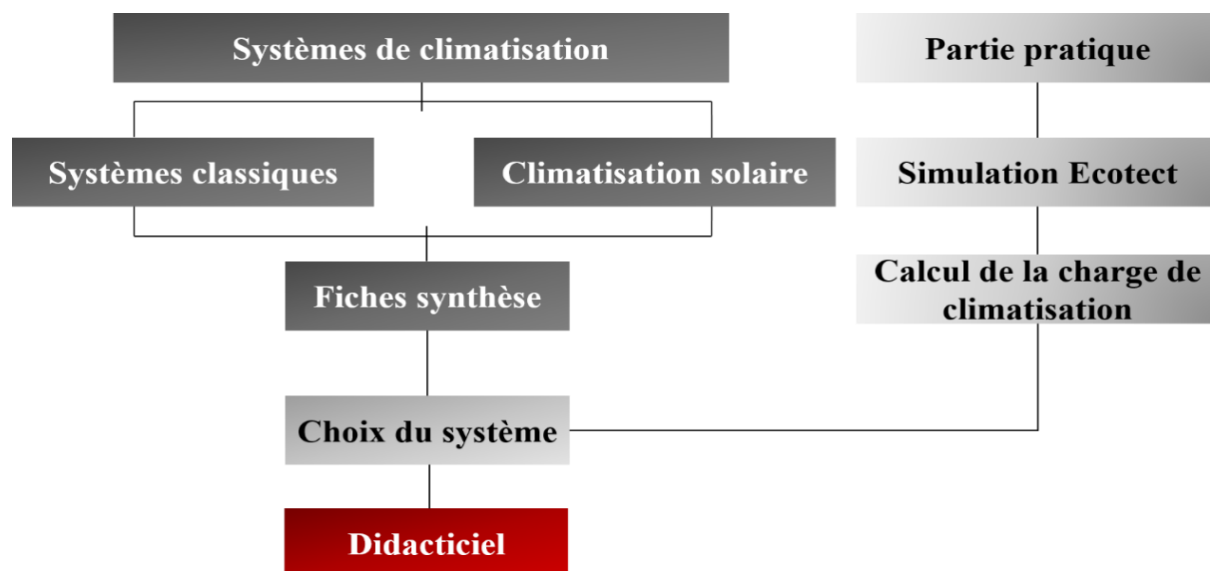


Figure 12: Schéma méthodologique, systèmes de climatisation. Source: Auteure.

Sur ces fiches synthèse, il s'agit de :

- Définir le système.
- Schématiser son installation.
- Sa puissance frigorifique [BTU/h⁷] et son prix moyen en dinar Algérien [DA] de la marque la plus utiliséeⁱⁱ.
- Ses avantages et ses inconvénients.

⁷Le British Thermal Unit ou BTU est une unité d'énergie frigorifique très utilisée. 1 BTU/h = 0,298 W soit 1 W = 3,415 BTU/h.

- Ses applications.
- Son contexte en Algérie : marques, perspectives, etc.

Note : d'autres caractéristiques tel que la performance énergétique d'un climatiseur, sont déterminées en fonction du produit acheté. La fiche technique fournie, nous les révèle comme sur la figure qui suit, et ne seront donc pas abordées dans les fiches synthèses de cette recherche.

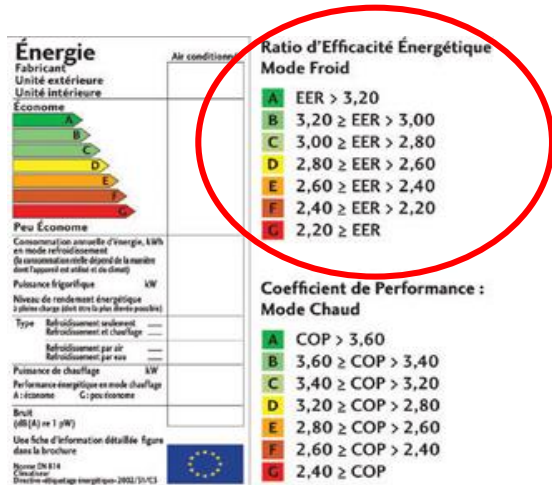


Figure 13: Ratio d'efficacité énergétique en mode froid (EER). Source: Web.

Nom du système	
Définition du système	Schéma d'installation
Puissance frigorifique [BTU]	Application
Prix moyen [DA]	
Avantages	Inconvénients
Contexte Algérien	

Tableau 4: Fiche synthèse type d'un système de climatisation. Source: Auteure.

L'aperçu final des fiches suit ainsi le tableau ci-dessus.

2. Les systèmes de climatisation classiques

Les systèmes de climatisation classiques sont assez nombreux, mais si nous venons à les simplifier, ils représentent principalement les pompes à chaleur réversibles (PAC). Ces dernières, sont conçues pour produire, selon le besoin, la chaleur et le froid au même temps, d'où le nom réversible. Suivant la source de chaleur, on a deux familles de systèmes: *aérothermiques* (source: l'air), et *géothermiques* (source : le sol ou les nappes phréatiques) comme suit :

2.1. Les systèmes aérothermiques : C'est les systèmes les plus utilisés, De ces derniers on a les systèmes air-air ou bien air-eau.

2.1.1. Systèmes Air-air : Le milieu source de chaleur de ces systèmes c'est l'air extérieur et le milieu de restitution de chaleur est l'air intérieur. La chaleur est puisée dans l'air extérieur. Le fluide frigorigène transporte ses calories jusqu'à une unité intérieure. Dans cette unité, de l'air est

soufflé sur un échangeur (le condenseur)⁸ ; il se réchauffe ou se refroidisse (selon le besoin), et est insufflé dans la pièce. De ce type, on a :

- Le mono-split système.
- Le multi-split système.

Les systèmes split intègre plusieurs formes d'unités intérieures. On a la forme murale, la console, la cassette, le plafonnier, ou gainable (gainés de climatisation) comme suit :



Figure 14: Type mural. Source: Web. Figure 15: Type console. Source: Web. Figure 16: Type Cassette. Source: Web.



Figure 17: Type plafonnier. Source: Web. Figure 18: Type gainable. Source: Web. Figure 19: Mono-bloc mural. Source: Web.

Des systèmes air-air, on a aussi le mono-bloc système, composé d'une seule unité comme son nom l'indique. Ce système vient sous deux formes :

- Le mono-bloc mobile.
- Le mono-bloc mural.

Nous allons développer sur les fiches suivantes chaque système.

⁸ D'autres explications techniques sont disponibles sur la série techniques de l'ingénieur, ouvrage : PAUCHET, W. (Décembre 2007). La climatisation. France: Techniques de l'ingénieur. 204p.

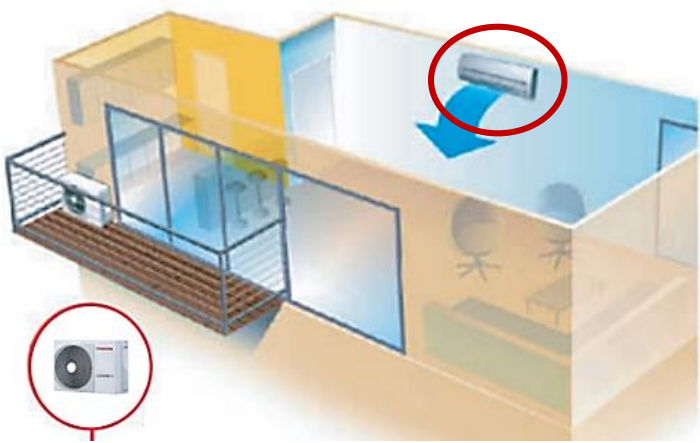
Fiche N°01 : Le système mono-split	
<p>Définition</p> <p>Le système de climatisation, dit Mono-split, combine une unité placée à l'extérieur avec une unité intérieure en différentes formes : mural, console, plafonnier, cassette ou gainable.</p>	<p>Schéma d'installation</p>  <p>Figure 20: Schéma de climatisation mono-split. Source: Web.</p>
<p>Puissance frigorifique [BTU/h] et Prix moyen (WebStar Electro, 2015) [DA]</p> <ul style="list-style-type: none"> - 9000 : 25.000 DA. - 12000 : 35.000 DA. - 13000 : 40.000 DA. - 18000 : 55.000 DA. - 24000 : 65.000 DA. - 36000 : 130.000 DA. 	<p>Application</p> <p>Le mono-split est un système conçu pour climatiser une seule pièce. Il peut cependant couvrir de surfaces importantes, si bien utilisé. Pour 7 000 BTU par exemple on peut couvrir de 7 à 15 m², et pour 24000 BTU on a 50 à 70 m² de surface climatisée (Espace d'une hauteur moyenne de 2.5m) (Avenue des spécialistes, 2005-2015).</p>
<p>Avantages</p> <ul style="list-style-type: none"> - Une efficacité thermique qui justifie sa popularité - Une installation rapide, Un appareil qui ne prend pas de place 	<p>Inconvénients</p> <p>Ce type de climatisation est très bruyant. Il peut être nécessaire d'installer des dispositifs pour limiter la nuisance (écran anti-bruit, pose sur des plots anti-vibratiles, etc.).</p>
<p>Contexte Algérien</p> <p>Le mono-split est le système le plus utilisé en Algérie. Il existe ainsi différentes marques, nationales (Condor, ENIEM etc.)et internationales (Samsung, LG etc.).</p>	

Tableau 5: Fiche synthèse du système mono-split. Source: Auteure.

Avec le même principe de climatisation, on a le multi-split système. Ce système permet de climatiser jusqu'à 9 pièces (unités intérieurs) avec une seule unité extérieure, comme suit :


Fiche N°02 : Le système multi-split	
<p>Définition</p> <p>Le multi-split permet de combiner une unité extérieure avec plusieurs unités intérieures de différents modèles tels que les muraux, les gainables ou les cassettes.</p> <p>On peut aussi varier les puissances des unités. Par exemple pour une puissance totale de 24000 Btu, on peut avoir un de 9000 Btu, et un de 15000 Btu (Bi-split).</p>	<p>Schéma d'installation</p>  <p>Figure 21: Schéma de climatisation multi-split. Source: Web.</p>
<p>Puissance frigorifique [BTU/h/Unité] : Varie entre 9000 et 24000 Btu/h/Unité.</p> <p>Prix moyen [DA]</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bi-Split (9000 BTU): 75.000 DA - Bi-Split (24000 BTU): 150.000 DA. - 3 unités (24000 BTU): 180.000 DA. - 4 unités (24000 BTU): 270.000 DA. 	<p>Application</p> <p>Le mono-split est un système qui permet d'alimenter jusqu'à 9 espaces (9unités intérieures) pour une seule unité extérieure.</p>
<p>Avantages</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gain de place sur l'extérieur. - Installation simple et rapide. - Consommation réduite de 30% ou plus, selon les marques, comparant à des plusieurs mono-split séparés. 	<p>Inconvénients</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le bruit, comme tous les systèmes air-air. - Le coût, qui peut parfois s'avérer supérieur à plusieurs mono-split à part.
<p>Contexte Algérien</p> <p>Appelé localement système centralisé, le multi-split reste un système peu répandu en Algérie, mis à part pour quelques équipements et administrations. Cependant il existe différentes marques sur marché, locales telles que Condor et Carrera et internationales telles que Toshiba et Mitsubishi.</p>	

Tableau 6: Fiche synthèse du système multi-split. Source: Auteure.

Le dernier système air-air est le monobloc, on développe sur la fiche suivante, ses deux formes : fixe (mural) et mobile.

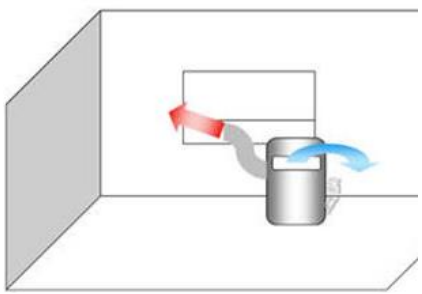
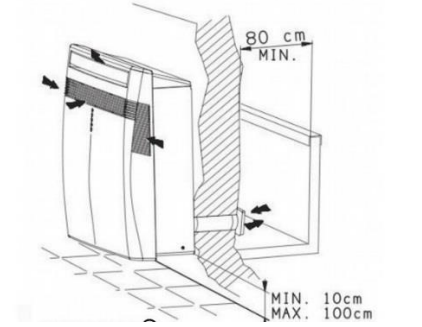
Fiche N°03 : Le système monobloc	
<p>Définition</p> <p>Comme son nom l'indique, le monobloc est un système qui a une seule unité. Ces appareils assurent généralement les fonctions de réfrigération, de réchauffage si réversible, de ventilation et de soufflage, ainsi que de déshumidification partielle de l'air.</p> <p>Le monobloc mobile : il est généralement pourvu de roulettes et peut suivre les habitants de la maison au gré de leur déplacement successif au sein des pièces. Par conséquent, un bac de recueil des condensats est nécessaire et s'évacue généralement librement vers l'extérieur (figure à droite).</p> <p>Le monobloc fixe : cet appareil est installé directement dans le bâti le plus souvent en imposte sous une fenêtre ou au-dessus d'une porte à proximité d'une prise électrique. L'évacuation des calories est ménagée à l'arrière de l'appareil vers l'extérieur.</p>	<p>Schéma d'installation</p>  <p>Figure 22: Schéma de climatisation mono-bloc mobile. Source: Web.</p>
<p>Puissance frigorifique [BTU/h] : Varie entre 10 et 18000 Btu/h.</p> <p>Prix moyen [DA] pour type mobile: Varie entre 10.000 DA et 50.000 DA.</p> <p>Prix moyen [DA] pour type fixe: Varie entre 10.000 DA et 180.000 DA.</p>	 <p>Figure 23: Schéma de climatisation mono-bloc fixe. Source: Web.</p>
<p>Application</p> <p>Le mono-bloc est un système conçu pour une seule pièce, et d'une surface < 30 m².</p>	<p>Avantages</p> <ul style="list-style-type: none"> - Installation simple et rapide. - Faible consommation d'énergie. - Prix réduit.
<p>Inconvénients</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le bruit, comme tous les systèmes air-air. - L'apport thermique réduit pour les petits modèles. 	<p>Contexte Algérien : Ce système est bien accessible aux clients par son prix, mais son apport thermique réduit, fait de lui un choix rare. Il existe cependant sur le marché différentes marques locales telles que Condor, Carrera, ENIEM, BEKO etc.</p>

Tableau 7: Fiche synthèse du système mono-bloc. Source: Auteure.

Par leur aspect bruyant, les systèmes air-air représentent une solution de facilité. Il existe cependant d'autres systèmes moins bruyants, qui sont les systèmes air-eau que nous développons ci-après.

2.1.2. Les systèmes air-eau :

Le milieu source de chaleur pour ces systèmes est l'air extérieur et le milieu de restitution de chaleur/ fraîcheur est l'eau (chaude en hiver, froide en été), d'où le nom « air-eau ».

Ce système peut être sous forme de *pompe à chaleur réversible air-eau*, ou *groupe d'eau glacée air-eau* lié à une chaudière. Le principe reste pour autant le même, on extrait de l'air pour le restituer en chaleur ou fraîcheur sur l'eau des conduits, comme le montrent les schémas ci-dessous.

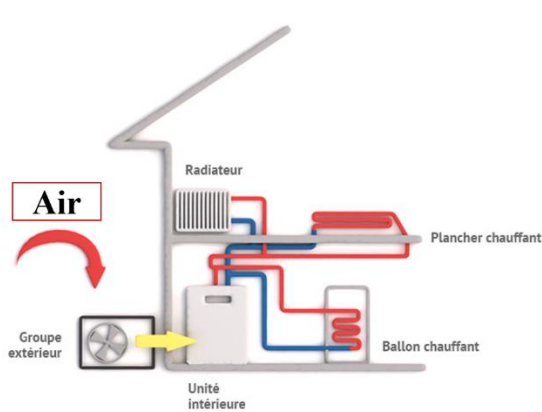


Figure 24; Pompe à chaleur réversible air-eau. Source: Web.

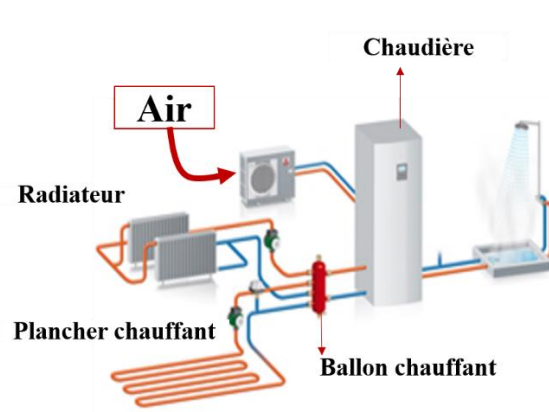


Figure 25: Groupe d'eau glacée. Source: Web.

Cependant, vu l'apport thermique en froid des pompe à chaleur, relativement réduit et inférieur à celui du chaud⁹, nous allons nous intéresser particulièrement aux groupes d'eau glacée. Ces systèmes sont composés d'une unité extérieure et d'un émetteur de chaleur/ fraîcheur intérieur. Ces derniers, peuvent être sous forme de plancher chauffant/ rafraichissant (Réversible), des ventilo-convecteurs, et/ou des radiateurs basse température, comme on le voit sur les figures suivantes. Cette solution peut s'avérer très économique parce qu'elle intègre chauffage,

⁹ En Chauffage environ 100 W/m² (341.2 Btu/m²/h) alors qu'en rafraichissement 40W/ m² (136.4Btu/m²/h).

climatisation et eau sanitaire. Nous allons ainsi simplifier l'ensemble sur la fiche synthèse suivante.

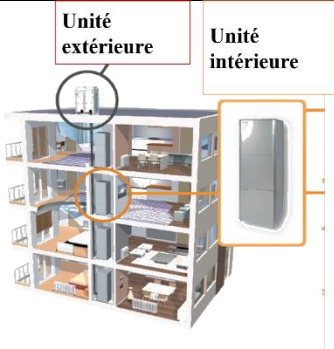
Fiche N°04 : Le groupe d'eau glacée (air-eau).	
<p>Définition</p> <p>Les systèmes de climatisation à eau glacée utilisent simplement de l'eau (glycolée pour éviter le gel) pour acheminer les frigories vers les unités intérieures depuis le groupe frigorifique (ClimaMaison, 2015).</p>	 <p>Figure 26: Schéma d'installation d'un groupe d'eau glacée, immeuble collectif. Source: Web.</p>
<p>Puissance frigorifique [BTU/h] : Varie entre 30 et 300 KW et donc entre environ 28.000 et 1.000.000 BTU.</p> <p>Prix moyen (CYPE Ingenieros, S.A, 2015) [DA]: varie entre 300.000 DA et 2.600.000 DA, sans frais d'entretien annuel.</p>	<p>Application</p> <p>Les groupes d'eau glacée servent au conditionnement d'air (climatisation) des bâtiments : on les rencontre surtout dans le tertiaire et l'habitat collectif (Comprendre Choisir, 2015).</p>
<p>Avantages</p> <ul style="list-style-type: none"> - Confort total en toute saison : chaleur l'hiver, fraîcheur l'été - Système hautement performant (107%), - Silencieux. - Rentable (10 à 15% d'économies réalisées sur la facture énergétique globale), - Longue durée de vie. - Solution globale pour le collectif. - Limitation des rejets polluants. 	<p>Inconvénients</p> <ul style="list-style-type: none"> - Prix assez élevé. - Machine extérieure : contraintes architecturales - Performances en chute quand la température extérieure augmente (35°C et plus).
<p>Contexte Algérien</p> <p>Les groupes d'eau glacée sont des systèmes existants principalement au tertiaire en Algérie. Il existe différentes marques (internationales) sur le marché tel que : CIAT, HITESCA, etc.</p>	

Tableau 8: Fiche synthèse du groupe d'eau glacée. Source: Auteure.

Un autre système de climatisation s'avère très prometteur, surtout pour l'Algérie, la géothermie, ce que nous allons développer sur le point suivant.

2.2. Les systèmes géothermiques

Même si la géothermie est utilisée depuis longtemps par les hommes (avec la pratique des bains thermaux pendant l'Antiquité), l'exploitation industrielle pour se chauffer date du XXe siècle. C'est en 1930 à Reykjavik (Islande) que l'on voit apparaître le premier réseau de chauffage urbain. Plus tard, à la fin des années 2000, on développe ce système sur un volet de réversibilité, pour pouvoir garantir le chaud et le froid dans un bâtiment.

La pompe à chaleur géothermique prélève l'énergie contenue dans le sol pour l'utiliser sous forme de chauffage ou de rafraîchissement. C'est un système composé de capteurs enterrés à l'extérieur de la maison, et d'une unité d'émission à l'intérieur, généralement en plancher chauffant/rafraichissant. Il existe différents types de capteurs, on a :

- Les capteurs verticaux (profondeur 50 à 100m).
- Les capteurs horizontaux (entre 60 et 120 cm sous le sol).
- Les capteurs elliptiques (De forme spirale, disposés dans des trous de 5 mètres).



Figure 27: Capteur vertical, géothermie. Source: Web.



Figure 28: Capteur horizontal, géothermie. Source: Web.

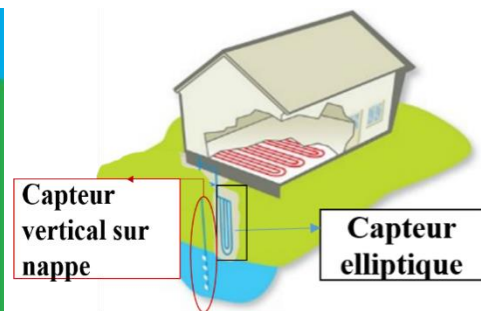


Figure 29: Capteur elliptique, géothermie. Source: Web.

Ces systèmes sont du type *sol-eau*, c'est-à-dire qu'ils la chaleur du sol (énergie) pour pouvoir la restituer ensuite sur les conduites d'eau (plancher, radiateur, etc.). Comme il existe un captage vertical sur nappe phréatique, ou système hydrothermique, comme la figure ci-dessus, à droite.

Nous allons tenter ainsi de synthétiser ce système, si riche, sur la fiche qui suit.

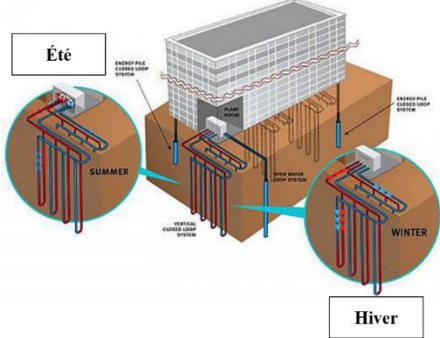
Fiche N°05 : La géothermie	
<p>Définition</p> <p>La pompe à chaleur (PAC) géothermique prélève l'énergie contenue dans le sol pour l'utiliser sous forme de chauffage ou de rafraîchissement. Elle peut prendre ensuite différentes formes comme des planchers chauffants/rafraichissants, des radiateurs, ou/ et des ventilo-convecteurs.</p>	 <p>Figure 30: Installation d'une PAC géothermique dans un immeuble d'habitation. Source: Web.</p>
<p>Puissance frigorifique [BTU/h] :</p> <p>Entre 22.4KW(76.431,9808BTU/h) et 28 KW (95.539,976 BTU/h) (DAIKIN, p. 18).</p> <p>Prix moyen [DA]:</p> <p>Entre 3 millions et 4.5 millions DA.</p>	<p>Application</p> <p>La géothermie est une solution adoptée sur une échelle urbaine ou du bâtiment. Dans le cas d'une présence de nappe phréatique ou d'une rivière ou un lac à côté, on peut aussi l'utiliser comme source d'énergie (Système hydrothermique).</p>
<p>Avantages</p> <ul style="list-style-type: none"> - Respect de l'environnement (Energie renouvelable et aucune émission toxique). - Production de chauffage ou de climatisation indépendamment des conditions atmosphériques, ni du coût des énergies souvent sujets à fluctuation (électricité, gaz naturel, gaz propane, mazout et huile de chauffage). - Très discret et peu bruyant. - Chauffe l'eau sanitaire et, avec un entretien approprié, peut durer jusqu'à 50 ans. 	<p>Inconvénients</p> <ul style="list-style-type: none"> - Son installation nécessite une étude préalable par des spécialistes. - Coût très important. - Le forage n'est pas toujours sans conséquence et peut amener des affaissements de terrain. - Elle nécessite un générateur, donc de l'électricité.
<p>Contexte Algérien : Selon une recherche effectuée par Bendaïkha Wahiba (2010), la climatisation géothermique est une solution très bien adaptée pour l'Algérie, vu l'existence de plusieurs sources géothermales comme le montre la figure ci-dessous. Il existe différentes marques pour ce système, toutes internationales, comme DAIKEN, TRAN, etc.</p>	

Tableau 9: Fiche synthèse, système géothermique. Source : Auteur.

3. La Climatisation solaire

En période de chaleurs estivales (voire d'épisodes caniculaires), la climatisation classique, très énergivore, bat son plein dans bureaux, voitures, habitats ou commerces..., entraînant avec elle une surconsommation d'électricité (estimée à 500 kWh) et par conséquent une augmentation des rejets de gaz à effet de serre dans l'atmosphère.

Depuis plus d'une dizaine d'années, une alternative s'offre à la clim' traditionnelle pour produire du froid grâce à l'énergie inépuisable du soleil. Il s'agit du rafraîchissement ou climatisation solaire. Une technique qui permet de consommer 20 fois moins d'électricité qu'un système traditionnel (Actu-Environnement, 2010).

Il existe théoriquement 4 moyens de produire du froid à partir de l'énergie solaire :

- Utiliser le solaire photovoltaïque pour alimenter un climatiseur traditionnel en électricité
- Convertir l'énergie solaire thermique en énergie mécanique couplée avec un climatiseur à compression
- Utiliser l'énergie solaire thermique pour alimenter une machine à froid dite "à sorption" (absorption ou adsorption)
- Utiliser l'énergie solaire thermique pour alimenter un système de conditionnement d'air par évaporation ou DEC.

Nous allons nous intéresser principalement au premier moyen, par sa flexibilité et son adaptation avec une climatisation classique déjà existante. Sur la fiche synthèse ci-dessous, nous allons donner plus d'informations sur ce système.

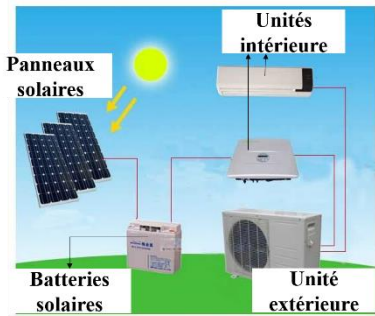
Fiche N°06 : La climatisation solaire	
<p>Définition</p> <p>La climatisation solaire est en fait une pompe à chaleur réversible, couplée à des panneaux solaires. Les panneaux solaires alimentent une climatisation classique ou gaz et remplacent alors l'électricité et le gaz naturel qui n'interviennent seulement lorsque les panneaux solaires ne suffisent pas.</p>	 <p>Figure 31: Schéma d'une climatisation solaire. Source: Web.</p>
<p>Puissance frigorifique [BTU/h] : Varie selon la pompe à chaleur réversible choisie. Nous choisirons ainsi la surface nécessaire de panneaux ainsi que le nombre de batteries solaires selon le besoin de climatisation calculé.</p> <p>Prix moyen [DA]: Nous nous intéressons ici au prix des panneaux photovoltaïques vu que le prix des différentes pompes à chaleur a été discuté en amont. La marque Condor produit plusieurs types de panneaux photovoltaïques dont les prix varient entre 10.003,50 DA (Panneau Monocristallin, 36 cellules, 90W, 0.6636 m²) et 29.484 DA (Panneau polycristallin, 72 cellules, 280 W, 1.94m²).</p>	<p>Application</p> <p>La climatisation solaire est adaptée à plusieurs bâtiments de fonction diverses : habitat (collectif ou individuelle), bureaux, hôpitaux etc.</p> <p>Comme elle peut être intégrée à un système de climatisation classique déjà installé.</p>
<p>Avantages</p> <ul style="list-style-type: none"> - En plus d'être économique (Consommer 20 fois moins), c'est un système écologique, ne fait appel à aucun gaz polluant, ne dégradant ainsi pas la couche d'ozone. - Fournir le plus de froid quand il fait le plus chaud, dans les périodes où le soleil est le plus disponible. - Efficace et silencieux. 	<p>Inconvénients</p> <ul style="list-style-type: none"> -Coût important.
<p>Contexte Algérien : L'apport solaire très important en Algérie (Taux d'ensoleillement moyen en été sur Alger 7h/jour, assure un très bon fonctionnement de ce système. Aussi, une subvention de l'APRUE de 45% (APRUE, 2011) pour toute utilisation d'énergie solaire, encourage son emplacement. Il existe ainsi différentes marques de panneaux solaires, nationales telle que Condor, et internationales telle que BOSCH, LG, JA Solar, etc.</p>	

Tableau 10: Fiche synthèse, climatisation solaire. Source: Auteure.

4. Conclusion : Comment choisir ?

Que ça soit pour usagers ou pour architectes, une large gamme de produits et de technologies concerne la climatisation. Mais le choix d'un système adéquat reste cependant difficile devant une recherche de confort thermique avec des critères économiques, écologiques et esthétiques. Ainsi, une complexité de la thématique et une diversification des besoins.

Etant donné que nous vivons dans une aire où l'outil informatique est le meilleur moyen d'apprentissage, notre objectif dans cette recherche de créer un didacticiel. Ce dernier fait pour architectes et usagers, vient aider à faire ce choix dans plusieurs situations (architecturales, climatiques et économiques). Nous allons ainsi essayer de développer ce didacticiel comme une plateforme d'aide à la décision dans les stratégies de climatisation par rapport à un besoin prédéterminé, ce qui sera expliqué ci-après.

Sixième Chapitre : Le didacticiel

1. Introduction : qu'est-ce qu'un didacticiel ?

Un didacticiel (contraction de « *didactique* » et « *logiciel* ») est un logiciel éducatif relevant de l'enseignement assisté par ordinateur (EAO). Plus précisément, il s'agit d'un logiciel interactif destiné à l'apprentissage d'une discipline, d'une méthode, ou de certaines connaissances sur un thème précis. Il peut aussi prendre un format document (papier ou numérique) visant à former à l'utilisation d'un logiciel ou autre, ce qu'on appelle « tutoriel ».

Etant donné que nous visons une plateforme d'aide à la décision dans la thématique de climatisation nous allons nous intéresser à la première forme du didacticiel, qui est la création d'un logiciel EAO, ce que nous allons détailler ci-après.

2. Objectifs du didacticiel et personnes ciblées

Comme expliqué en amont, notre essai de didacticiel concerne les architectes mais aussi les usagers, car dans une démarche de participation citoyenne mais aussi d'application sur terrain, la thématique de climatisation concerne les deux acteurs. Elle touche en premier plan, l'architecte, concepteur de l'espace, par sa compréhension du besoin et son interprétation en objet architectural ; mais aussi l'utilisateur, par une recherche simple d'un confort thermique dans son espace de vie. Les objectifs de notre didacticiel sont ainsi présentés comme suit :

2.1. Pour architectes

- Présentation des différentes mesures ou stratégies passives de confort thermique.
- Présentation des différentes mesures ou stratégies actives de confort thermique.
- Répertoire des systèmes de climatisation (Classique et solaire).
- Méthodologie de calcul du besoin de climatisation via Ecotect Analysis et choix du système.

2.2. Pour usagers

- Astuces d'isolation de la maison
- Techniques de ventilations
- Estimation d'un besoin de climatisation et choix du système de climatisation adéquat.

3. Faisabilité du didacticiel

Il existe différents logiciels qui permettent la création d'un didacticiel. On cite par exemple : *Quick Menu Builder*, qui est un logiciel de création de menus exécutables, ou *AutoRun Express* qui est un logiciel gratuit et simple d'utilisation qui permet de créer des menus (Autorun).

Nous avons choisi par contre d'utiliser le logiciel *AutoRun Enterprise*, dans sa dernière version 14.5.0.380, pour plusieurs raisons qui sont :

- C'est un logiciel professionnel dans la création de didacticiel.
- C'est un logiciel déjà utilisé, lors d'un travail d'atelier en 3^e année, en version 4, et donc un gain de temps dans sa maîtrise.
- C'est un logiciel qui facilite l'exploitation et la lecture de données pour son utilisateur et donc un apprentissage rapide.



Figure 32: Interface du logiciel AutoRun Enterprise. Source: Web.

5. Conclusion : quelle structure pour ce didacticiel ?

L'objectif principal du didacticiel étant de créer une plateforme d'aide à la décision dans les stratégies de climatisation, sa forme devrait être simplifiée. Suivant une logique arborescente, il vient donner en synthèse les principaux points cités en amont.

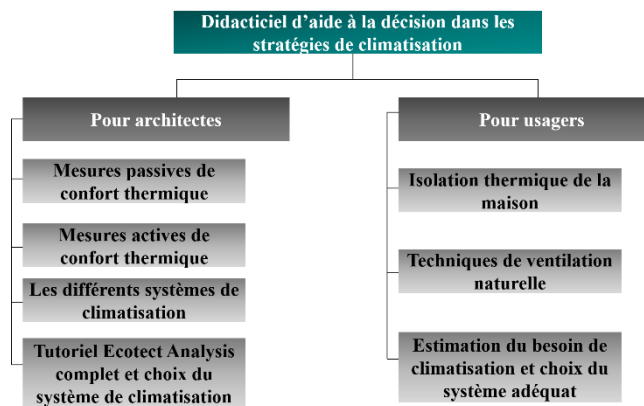


Figure 33: Structure du didacticiel. Source: Auteure.

Conclusion de la première partie

Il ressort de ce qui précède que les stratégies de climatisation sont très diverses et souvent complémentaires entre passif et actif. Cette diversité des procédés est parallèle à des besoins, des climats, et des architectures distincts. L'objectif étant d'atteindre un confort thermique, il s'agira en premier plan de comprendre ce besoin et de le quantifier.

Deuxième partie : Présentation du cas d'étude et des protocoles d'expérimentation.

Introduction

Après avoir développé dans l'état de l'art l'ensemble des stratégies de confort thermique en focalisant sur la thématique de notre recherche qui est la climatisation, nous venons dans cette partie présenter le cas d'étude, qui est les logements AADL de Mahelma, ainsi que les protocoles d'expérimentation, qui sont la simulation informatique via Ecotect et l'enquête in-situ.

Dans un premier temps, nous allons présenter le site d'étude et le relevé effectué sur terrain. Ce dernier touche en forme de plan masse l'ensemble des bâtiments étudiés, et leurs mitoyennetés, pour arriver à un dessin en plan, effectué sur le logiciel Archicad 18, des différents appartements de notre cas d'étude.

Pour la simulation il s'agira de présenter le logiciel et de développer la méthodologie des simulations et de calcul de charge de climatisation. Enfin, nous présentons l'enquête, son déroulement et son échantillon.

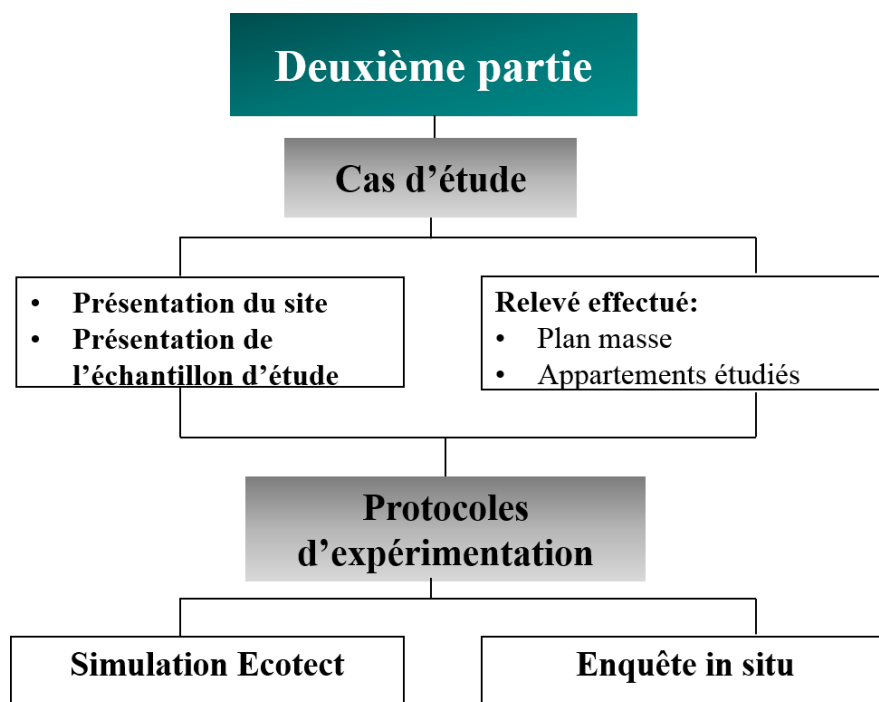


Figure 34: Démarche méthodologique de la deuxième partie. Source: Auteure.

Chapitre 01 : Présentation du cas d'étude

1. Introduction : Pourquoi l'habitat ?

La climatisation anarchique touche malheureusement les deux secteurs résidentiel et tertiaire. Notre choix de focaliser l'attention sur le premier émane de deux raisons. D'abord, en Algérie, le secteur le plus énergivore après le transport est l'habitat avec 26% de la consommation finale en 2009. Aussi, Aussi, nous produisons de plus en plus de l'habitat, et ceci selon différents programmes tels que AADL, LPP, social, etc. Nous allons focaliser notre attention sur un projet AADL, se situant à Mahelma, que nous présentons ci-après.

2. Présentation du cas d'études, AADL Mahelma

Mahelma est une ville qui se situe sur la périphérie ouest de la wilaya d'Alger à 35.9 Km du centre. Le site AADL Mahelma se trouve dans le centre de la ville, sur la route nationale N°63, en face la nouvelle mosquée Oqba Ibn Nafiee. Il accueille une totalité de 2196 logements dont 1010 de type F3 et 1186 de type F4.

L'étude concerne quelques bâtiments choisis selon les critères suivants :

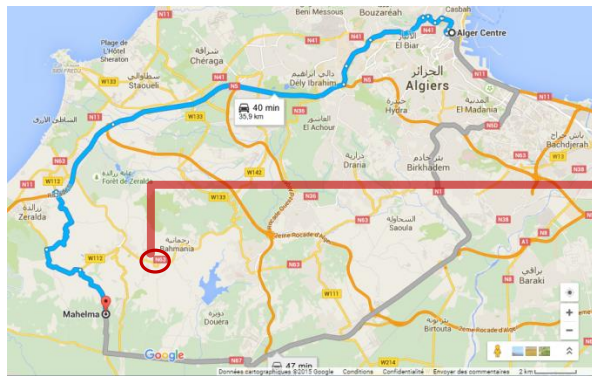


Figure 35: Carte de situation de Mahelma par rapport à Alger Centre. Source: GoogleMap 2015.



Figure 36: Situation du site AADL de Mahelma. Source: GoogleMap 2015.

- Différentes orientations, Différentes mitoyennetés.
- Disponibilité des personnes pour l'enquête in-situ.

L'enquête englobera ainsi 5 bâtiments comme suit : 3 bâtiments orientés Est-Ouest (A01, B06, et B07) ; et deux bâtiments orientés Nord-Est/Sud-Ouest (A04 et B12) comme sur la figure à gauche ci-dessous.



Photo 11: Vue de la cité. Source: Auteure.

Deuxième partie : Présentation du cas d'étude et des protocoles d'expérimentation.

Pour la modélisation, on prend ainsi deux bâtiments orientés Est/ Ouest (orientation défavorable et majoritaire dans le projet) avec une double mitoyenneté (nord et sud) : bâtiments B6 et B7, et un bâtiment orienté Nord-Est/ Sud-Ouest avec une seule mitoyenneté : bâtiment A04.

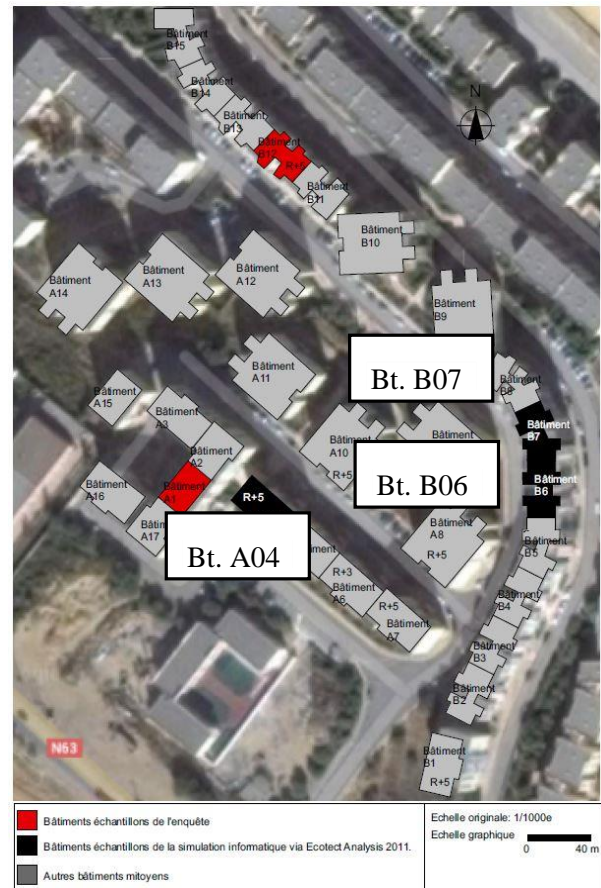
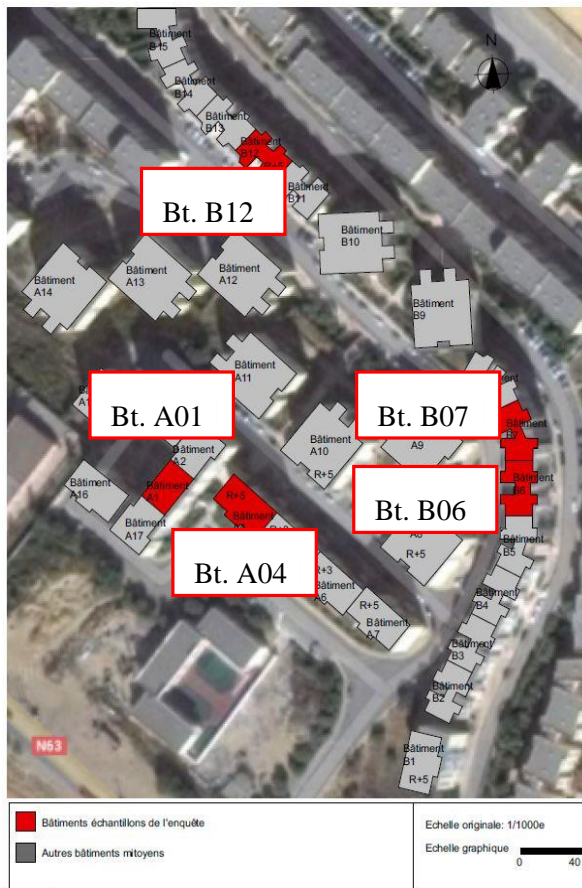


Figure 37: Plan masse du projet, échantillon de l'enquête in situ. Source: Auteur, fond de carte Google Earth 2015.

Figure 38: Plan masse du projet, échantillon de la simulation. Source: Auteur, fond de carte Google Earth 2015.

Les appartements étudiés seront ainsi choisis dans l'objectif d'avoir en premier lieu une comparaison entre les deux orientations et dispositions différentes, et en second lieu afin d'avoir des niveaux différents (étage intermédiaire et étage sous terrasse). On choisit alors d'avoir 2 appartements, type F3, un au premier étage, et un autre au dernier, au bâtiment B6, comme sur les plans ci-dessous :

Deuxième partie : Présentation du cas d'étude et des protocoles d'expérimentation.

Puis 2 appartements de type F4 dans le bâtiment A04, un appartement au premier niveau avec double mitoyenneté mais là orientation différente, et un dernier au niveau supérieur avec une trois façades libres.

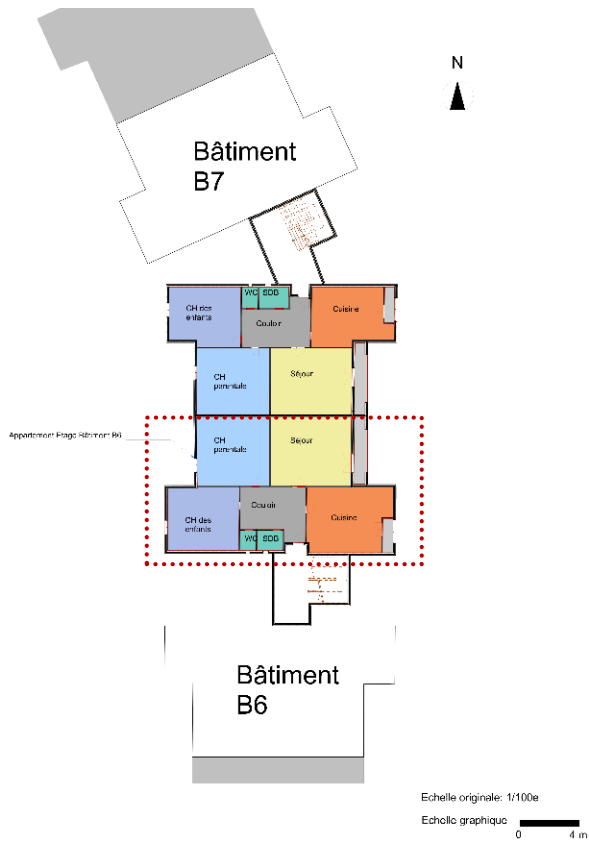


Figure 39: Plan 1er niveau, bâtiments B6, B7. Source: Auteure.

Occupation : famille composée de 4 personnes (Les parents et deux enfants)

Climatisation : au séjour, système mono-split, 12000 Btu, installé en 2012, de marque Condor.



Figure 4: Plan dernier niveau, bâtiments B6, B7. Source: Auteure.

Occupation : famille composée de 4 personnes (Les parents et deux enfants).

Climatisation : au séjour, système mono-split, 12000 Btu, installé en 2009, de marque Kiowa

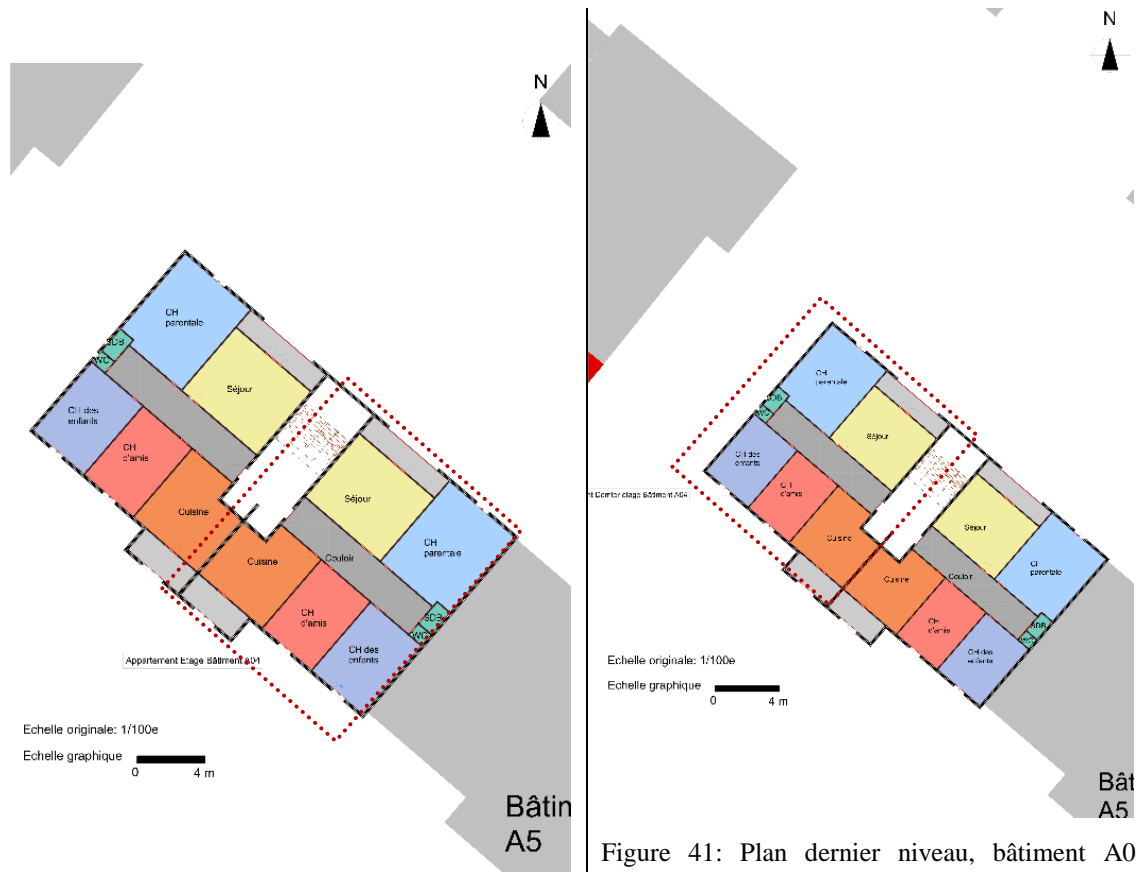


Figure 40: Plan 1er niveau, bâtiment A04. Source: Auteur.

Figure 41: Plan dernier niveau, bâtiment A04. Source: Auteur.

Occupation : famille composée de 5 personnes (Les parents, la grand-mère et deux enfants).

Occupation : famille composée de 5 personnes (Les parents, la grand-mère et deux enfants).

Climatisation : au séjour, système mono-split, 12000 Btu, installé en 2010, de marque Everest.

Climatisation : absente.

3. Conclusion : Quels protocoles d'étude ?

Le confort thermique englobe un double aspect physique et physiologique mais aussi psychologique et sensoriel. Sa compréhension n'est donc pas seulement quantitative mais aussi qualitative et surtout sociale. Dans notre recherche, nous allons essayer d'allier deux protocoles d'expérimentation. D'un côté des simulations via Ecotect Analysis et d'un autre une enquête in-situ qui visera à confirmer ou non les résultats des calculs, et ainsi comprendre mieux le besoin de confort thermique des usagers.

Chapitre 02 : Présentation du logiciel de simulation Ecotect Analysis 2011

1. Introduction : Apport de la simulation informatique, du confort à l'étude

Aujourd'hui, l'outil informatique prend de plus en place dans toutes les disciplines. En architecture, nous utilisons différents logiciels à plusieurs étapes : esquisse, avant-projet et dossier d'exécution. L'étude de confort thermique apparaît dès la première étape conceptuelle ; avec les orientations, le choix des matériaux, le taux d'ouvertures etc. Les différentes simulations nous permettent ainsi de modifier notre objet architectural en fonction d'un besoin essentiel qui est le confort. Nous allons ainsi développer ci-après cette thématique de simulation, et la méthodologie à suivre pour le logiciel Ecotect Analysis 2011.

2. Les principaux logiciels existants dans le domaine de la climatisation

Il existe différents logiciels dans les simulations et les calculs thermiques, nous citons :

2.1. Le logiciel TRNSYS

TRNSYS permet la simulation thermique dynamique appliquée au bâtiment. Le logiciel permet d'intégrer toutes les caractéristiques d'un bâtiment et de son équipement (les systèmes de chauffage et la climatisation) pour l'étude détaillée du comportement thermique de ce bâtiment, en fonction de son *emplacement*, des *matériaux de construction utilisés*, de *l'architecture globale*, du *concept énergétique choisi*, etc. Principalement destiné aux bureaux d'étude, aux fabricants et aux fournisseurs de gaz et électricité, le logiciel TRNSYS est également fortement plébiscité par les universités (CSTB, 2015).

2.2. Eco-bâtim

Eco-bâtim est un logiciel développé en mémoire de magister : « Exploitation et programmation informatique des documents techniques réglementaires relatifs aux déperditions thermiques de ventilation des bâtiments » par M. HACHEMI. Ce logiciel intègre les données climatiques algériennes en premier lieu et les données réglementaires thermiques (DTR C3-4 Climatisation, DTR C 3-2 Déperdition, DTR C 3.31 Ventilation) dans un second lieu, donnant ainsi une simulation globale, à la fois quantitative et réglementaire.

2.3. Ecotect Analysis 2011

Le logiciel d'analyse de conception HQE Autodesk® Ecotect™ Analysis est un outil complet de conception et de simulation. Ecotect Analysis offre un large éventail de fonctionnalité de simulation et d'analyse de l'énergie des bâtiments qui peut améliorer les performances des bâtiments et des nouveaux projets de bâtiments. Les fonctionnalités d'analyse de consommation d'énergie, d'eau et d'émission de carbone

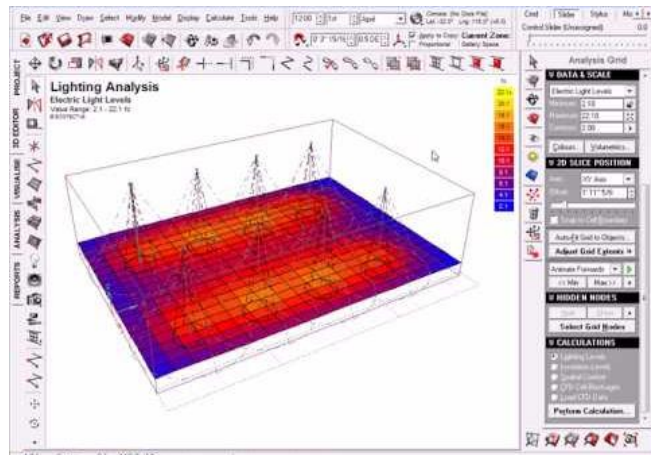


Figure 42: Interface du logiciel Ecotect Analysis 2011.
Source: Web.

intègrent des outils qui nous permettent de visualiser et de simuler les performances d'un bâtiment de son environnement (Autodesk, 2015). Tout comme TRNSYS, il prend en compte dans ses calculs toutes les caractéristiques de l'espace : occupation, matériaux, orientations, ouvertures, etc.

3. Choix du logiciel

Pour la modélisation ainsi que la simulation nous avons choisi le logiciel Ecotect Analysis. Ce choix est expliqué par le fait qu'il a été présenté au niveau de l'atelier de projet, en S8 option Architecture et Environnement. Ce fait nous a permis de construire des connaissances sur le mode de fonctionnement du logiciel. Au niveau de ce travail de recherche, nous voulons approfondir cette initiation sur l'expérimentation de ce logiciel. Et aussi, offrir une plateforme méthodologique pour son utilisation.

4. Méthodologie de modélisation

Il s'agit dans cette partie de dessiner le modèle pour pouvoir étudier dans le logiciel Ecotect. Le principe étant de dessiner par zone, la modélisation comportera en détails les zones des appartements étudiés, présentés ci-dessus. Pour les autres appartements, niveaux ou bâtiments mitoyens il s'agira de zones entières. Afin de faciliter la lecture et ainsi la détection des zones par la suite, la dénomination suit la codification suivante : Niveau-Bâtiment- Espace (Exemple : 1er A04 Séjour). On aura ainsi un ensemble de 56 zones présentées comme le tableau suivant.

Deuxième partie : Présentation du cas d'étude et des protocoles d'expérimentation.

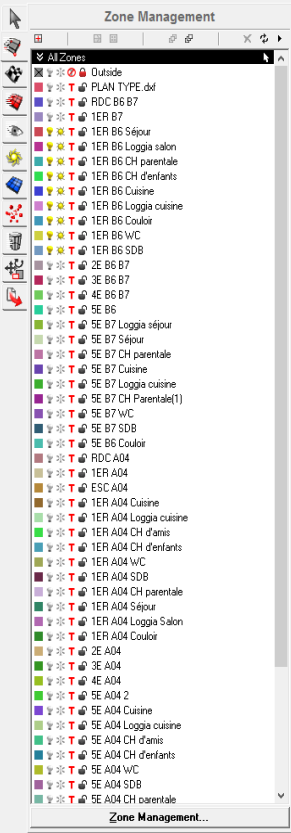
Bâtiments	Niveaux	Zones	Vue sur Ecotect
A 04 (27 zones)	RDC	RDC A04	
	1 ^{ER}	1 ^{er} A04 (appartement non étudié).	
		1 ^{er} A04 Séjour, Loggia Séjour, Cuisine, Loggia cuisine, CH parentale, CH d'enfants, CH d'amis, SDB, WC, Couloir.	
	2 ^E	2 ^e A04	
	3 ^E	3 ^e A04	
	4 ^E	4 ^e A04	
	5 ^E	5 ^e A04 (appartement non étudié).	
		5 ^e A04 Séjour, Loggia Séjour, Cuisine, Loggia cuisine, CH parentale, CH d'enfants, CH d'amis, SDB, WC, Couloir.	
Escalier A04			
B 06- B07 (24 zones)	RDC	RDC B06 B07	
	1 ^{ER}	1 ^{er} B07 (appartement non étudié).	
		1 ^{er} B06 Séjour, Loggia Séjour, Cuisine, Loggia cuisine, CH parentale, CH d'enfants, SDB, WC, Couloir.	
	2 ^E	2 ^e B06 B07	
	3 ^E	3 ^e B06 B07	
	4 ^E	4 ^e B06 B07	
5 ^E	5 ^e B06 (appartement non étudié).		
	5 ^e B07 Séjour, Loggia Séjour, Cuisine, Loggia cuisine, CH parentale, CH d'enfants, SDB, WC, Couloir.		
Mitoyennetés (5 zones)	Bâtiment A05	BAT A05	
	Bâtiment B06	BAT B06	
		ESC B06	
	Bâtiment B07	BAT B07	
		ESC B07	

Tableau 11: Classification des zones à modéliser. Source : Auteure.

Afin de modéliser l'ensemble sur Ecotect, on suit un ensemble d'étapes que nous détaillons sur le didacticiel. Nous allons ainsi donner les principales étapes uniquement sur le contenu qui suit.

4.1. Introduction des données météorologiques et géographiques du site

Les données météorologiques sont intégrées dans le logiciel en format fichier Weather(Climat)¹⁰. L'introduction des données géographiques est comprises dans le fichier weather (Climat) mais pour Alger centre, faudra ensuite l'ajuster par rapport au site étudié, ici Mahelma. De même pour le nord et la vocation du site.

4.2. Choix des préférences d'utilisation et importation du plan

Il s'agit dans ce point de choisir la hauteur de zone par défaut, l'unité de dessin (dans notre cas en mètre), et d'importer ensuite un plan de base, dessiné préalablement sur un logiciel comme Autocad, Archicad, etc. et converti sous forme de fichier DXF.

4.3. Le dessin des zones

Le dessin des zones est l'étape la plus importante lorsqu'on fait la modélisation sur Ecotect. Elle nécessite une précision dans le dessin pour avoir des résultats corrects à la fin. Nous avons développé en amont l'ensemble des zones à modéliser.

4.4. Dessin des ouvertures

Le dessin des ouvertures est la dernière étape de la modélisation. Il existe trois types: *Window* pour fenêtre, *Void* pour baie et *Door* pour porte.

2. Méthodologie de simulation

5.1. Introduction des propriétés de l'espace (In Put)

Dans cette étape, il s'agit d'introduire les propriétés thermiques de chaque ensemble de zone. Vu la complexité de l'objet modélisé, nous avons choisi d'introduire d'abord toutes les donnée

¹⁰ Le logiciel Ecotect Analysis intègre une extension du logiciel Weather outil, qu'utilisent les climatologues. Cette extension permet ainsi la lecture et l'exploitation de ce type de fichier (WEA). On peut soit les télécharger, soit les réaliser avec le logiciel weather outil en ayant les données climatiques (Weather Data). Ces dernières sont soit obtenue de l'office national de météorologie, soit téléchargeable depuis la base US Department of Energy. Sur Weather Data (Données climatiques): http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/cfm/weather_data3.cfm/region=1_africa_wmo_region_1/country=DZA/cname=Algiers.

Deuxième partie : Présentation du cas d'étude et des protocoles d'expérimentation.

communes, c'est-à-dire qu'on sélectionne toutes les zones. Ensuite, on introduit les données thermiques spécifiques à chaque type d'espace : cuisine, séjour, etc.

D'abord les propriétés communes, qui sont :

Propriétés communes		
Les conditions intérieures de l'espace.	Taux d'occupation et activité.	Chauffage, ventilation et climatisation.
1. Facteur d'habillement (Clothing): <i>0.6 clo. (l'été)</i> . 2. Humidité (humidity) : <i>60.0 %</i> . 3. Vitesse d'air (air Speed): <i>0.50 m/s</i> . 4. Niveau d'éclairage (Lighting Level) : <i>300 lux</i> .	1. Les gains sensibles (Sensible Gain): <i>5 w/m²</i> . 2. Les gains latents (Latent Gain): <i>2 W/m²</i> . 3. Taux de changement d'air (Air Change Rate) : <i>0.50 air changes/hr</i> . 4. Sensibilité à l'air (Wind Sensitivity): <i>0.25 Air changes/hr</i> .	1. Type de système (Type of system) : Climatisation (Cooling only) pour les appartements à étudier. 2. Efficacité (Efficiency) : <i>95%</i> . 3. Plage du confort (Lower Band et Upper Band) : entre <i>18.0 C et 26.0 C</i> .

Ensuite, les données spécifiques sont présentées comme suit :

Zones	Propriétés spécifiques			
	Nombre des personnes	Activité	Profil	Les heures d'utilisation
Les différents niveaux de chaque bloc.	<i>10</i>	Sédentaire (Sedentary) <i>70 W</i> .	Pas de profil (No profil)	<i>24 h sur 24 h</i> .
Séjour	<i>5</i>	Repos (resting) <i>45 W</i> .	Séjour (Dining room)	<i>De 15h à 23 tous les jours</i> .
Cuisine	<i>5</i>	Cuisiner (cooking) <i>95 W</i> .	Cuisine (Kitchen)	<i>De 09h à 20 toute la semaine</i> .

Deuxième partie : Présentation du cas d'étude et des protocoles d'expérimentation.

Chambres	2	Dormir (sleeping) 40 W.	Chambre (Bedroom).	De 16h à 8h tous les jours.
Loggias	5.	Repos (resting) 45 W.	Loggia.	De 17h à 23h toute la semaine.
Salle de bain et WC	1.	Se nettoyer (cleaning) 115 W.	Salle de bain (bathroom)	- de 7h à 20h toute la semaine.
Couloir	5.	Se déplacer (walking) 80 W.	Circulation (circulation aerea).	De 7h à 22h.
Bâtiments mitoyens	36 pour le B06 et B07, 18 pour l'A04.	Sédentaire (sedentary)	Pas de profil (no profile)	- 24h sur 24h.

Tableau 12: Données thermiques introduites dans Ecotect (In Put). Source: Auteure.

Tout comme la modélisation, l'ensemble des étapes à suivre sont dans le contenu du didacticiel.

5.2. Attribution des matériaux de construction

L'introduction des matériaux dans le logiciel respecte les matériaux relevés sur terrain comme indique le tableau suivant :

Matériaux		Epaisseur [m]	Densité [kg/m ³]	Chal. Spécifique [J/kg. °C]	Conductibilité [W/m·K]
Murs extérieurs	Double brique creuse + plâtre	0.260	5251.3	3765.6	7.413
Murs intérieurs	Paroi en brique creuse + plâtre	0.110	3250	1924.8	1.142
Sol	Dalle béton creuse + revêtement granito + plâtre	0.280	6431.3	5133.9	6.953
Toiture	Dalle béton + gravier	0.170	3100	3710.9	0.728
Fenêtres	Fenêtre en aluminium	0.060	2300	836.8	1.046

	Fenêtre en bois	0.031	3010	3137.8	1.222
Porte	Porte en bois	0.050	530	1400	0.140

Tableau 13: Liste des matériaux introduits. Source: Auteurs.

Les étapes à suivre pour l'introduction des matériaux, et la création de nouveaux matériaux, absents sur la bibliothèque d'Ecotect, sont détaillées également sur le didacticiel.

Une fois toutes les données, notamment celles relatives de manière directe au confort thermique intégrées, on commence les calculs sur le logiciel en fonction de nos objectifs : confort thermique des espaces, charge de climatisation etc..., ce que nous allons développer ci-après.

5.3. Simulation du confort thermique

Etant donné que nous traitons de la climatisation, nous allons nous intéresser dans ce point au confort de l'été. Nous expliquons ainsi les étapes à suivre pour passer directement à l'analyse des résultats et leur croisement avec l'enquête effectuée sur terrain.

La simulation du confort se fait suivant plusieurs étapes, détaillées sur le didacticiel. Il s'agit d'abord de choisir un appartement (activer les zones qui le concernent), et ensuite suivant une date, ici on prend la journée la plus chaude de l'année, déterminée par le logiciel comme étant le 03 Août 2015, et on lance le calcul pour obtenir un graphique que nous allons lire et comparer à nos résultats de l'enquête in situ.

6. Méthodologie de calcul de la charge de climatisation

Une fois un inconfort détecté, un besoin de climatisation est confirmé. Notre rôle comme architecte est de connaître ce besoin et d'y répondre en termes d'espaces. La charge de climatisation, exprimé en [Wh/m²], est fournie par le logiciel Ecotect sous forme de graphes et de tableaux. Afin de pouvoir l'obtenir nous suivons plusieurs étapes que nous détaillons au niveau du didacticiel. Le résultat que nous donne Ecotect est sous forme d'un graphique sur la fenêtre principale et un tableau sur la fenêtre du bas décrivant :

- La sensation thermique selon la valeur PMV (Predicted Mean Vote – Vote Moyen Prévisible).

Deuxième partie : Présentation du cas d'étude et des protocoles d'expérimentation.

- Le besoin de climatisation instantané (le pic), aussi appelé la puissance sensible¹¹ en W
- Le besoin de climatisation par mois et par Wh : Une donnée importante si on opte pour une climatisation solaire.

Afin de choisir un système de climatisation par la suite, nous devons convertir ce besoin de climatisation en puissance frigorifique pour les systèmes classiques et en m² de panneaux photovoltaïques pour la climatisation solaire. Nous proposons alors une méthode de calcul de simplifiée comme suit :

Climatisation classique :	Climatisation solaire :
<p>Pour un système classique, et un rendement énergétique supposé pour classe A, et donc EER : 3.2,</p> <p><u>La puissance frigorifique [BTU] = EER (3.2) x Puissance sensible [W].</u></p>	<p>Soit 1 panneau = 0.5 m², le nombre de panneaux = Bj/ Ppj avec :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bj [Wh/jour] : Besoin journalier de climatisation, donné par Ecotect. ▪ Ppj [Wh/jour] : Puissance journalière d'un panneau solaire en prenant en compte les pertes (20%): Ppj= Pc x T x 0.8, donc Ppj= 560 Wh/jour, avec <ul style="list-style-type: none"> • Pc [Wc] : puissance du panneau photovoltaïques : Pc = 100Wc. • Taux d'ensoleillement : T sur Alger [h/jour]=7h. <p><u>S_panneaux= (Bj /560) x 0.5 [m²].</u></p>

Tableau 14: Méthodologie de calcul du besoin de climatisation selon le type choisi (Classique ou solaire). Source: Auteure.

7. Conclusion : Quel autre outil d'expérimentation ?

La simulation informatique nous révèle donc un besoin énergétique moyen pour atteindre le confort thermique. Cependant, ce dernier ne peut pas être appréhendé que sur un volet quantitatif. Une enquête in-situ est donc nécessaire pour mieux comprendre le besoin de confort thermique des usagers.

¹¹ Cette donnée est obtenue par Ecotect, comme on peut l'avoir dans le cas de calcul détaillé, effectué par un thermicien à travers le DTR. Le résultat donne une note de calcul du lot Climatisation, mais ceci ne se fait pas par l'architecte. Voir annexe 05 : Notes de calcul de climatisation, pour des exemples d'un projet.

Chapitre 03 : Présentation de l'enquête in situ

1. Introduction : Apport de l'enquête in situ à l'étude

Comme nous l'avons vu, l'homme dans son habitat est influencé par de nombreux facteurs qui modifient son bien-être physique et psychologique. La simulation informatique nous aide à détecter et donc à quantifier l'inconfort dans un espace donné, mais sa qualité reste difficile à mesurer. Nous avons ainsi choisi de compléter cet outil, qui est le logiciel de simulation, par une enquête in-situ, afin de mieux comprendre l'aspect psychologique et sensible du confort thermique, ce que nous allons développer ci-après.

2. Méthodologie adoptée

Afin de vérifier la validité des besoins de confort thermique obtenus par Ecotect, et aussi mieux les comprendre, nous aurons à évaluer dans notre recherche la perception des habitants du confort thermique dans leurs appartements. Cette évaluation se fera sur la base d'une méthode d'investigation et d'analyse statistique. Nous fixons alors comme outil d'investigation « le questionnaire ». La démarche méthodologique suivie pour la conception du questionnaire, la réalisation de l'enquête et le traitement des données sont résumés dans la figure 43 ci-dessous :

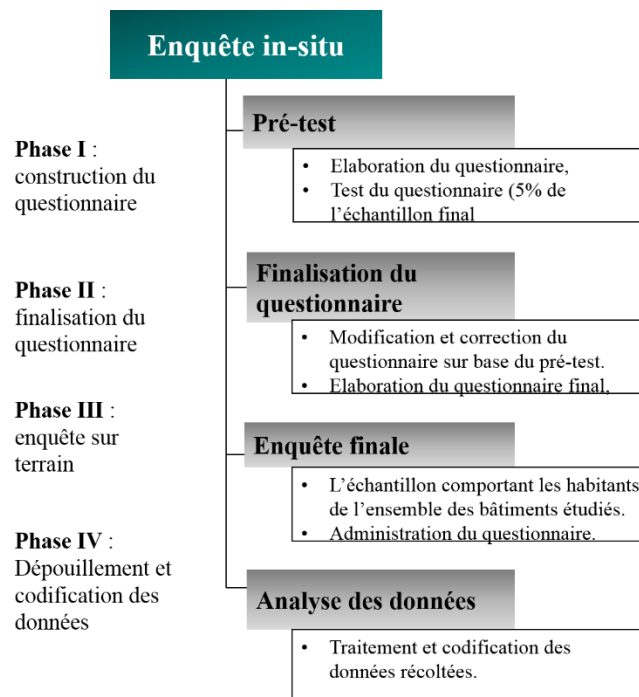
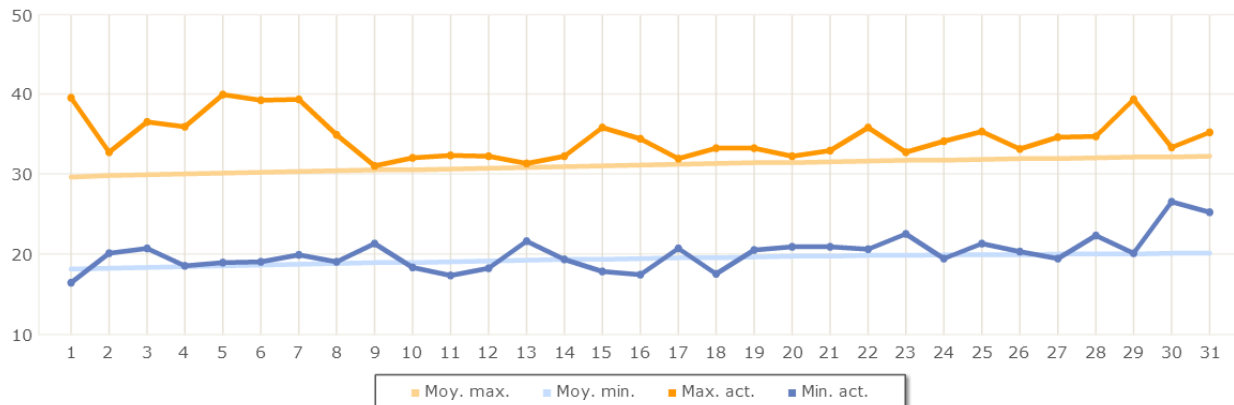


Figure 43: Démarche méthodologique de l'enquête in situ. Source: Auteure.

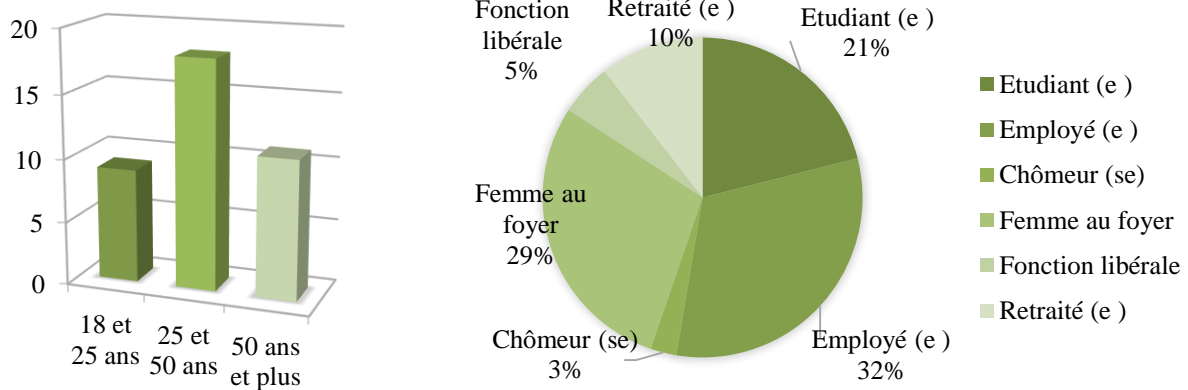
3. Présentation de l'enquête

L'enquête s'est déroulée pendant le mois de juillet, qui coïncidait avec le mois de Ramadan. La visite des appartements ainsi que l'interrogation des personnes se sont faites principalement le soir. Les températures variaient entre 16 et 27°C, selon les données météo d'AccuWeather du site de Mahelma (en bleu sur le graphe 1 qui suit).



Graph 1: Données météo de l'enquête in situ, Juillet 2015. Source: AccuWeather 2015.

L'échantillon de l'enquête représente 38 personnes comme suit, graphe 2 :



Graph 2: Classement de l'échantillon par tranche d'âge. Source: Auteure. Graph 3: Classement de l'échantillon par fonction. Source: Auteure.

L'enquête a touché ainsi 5 bâtiments et 19 appartements comme sur la carte et le tableau ci-dessus. L'intérêt étant de couvrir en premier plan les appartements étudiés sur Ecotect, et aussi avoir différentes mitoyennetés, orientations, et dispositions de l'appartement (RDC, intermédiaire ou dernier niveau).



Bâtiment	Appartements	Niveaux
Bâtiment A01	3 appartements	- 1er - 2e - 4e étage
Bâtiment A04	3 appartements	- RDC - 1er - 5e étage
Bâtiment B06	6 appartements	- 1er - 2e - 3e - 4e étage
Bâtiment B07	4 appartements	- 1er - 4e - 5e étage
Bâtiment B12	3 appartements	- RDC - 1er - 4e étage

Figure 44: Plan masse du projet étudié, bâtiments de l'enquête.
Source: Auteure, fond de carte Google Earth 2015.

Conclusion de la deuxième partie

L'intérêt de cette double approche physique et sensible est d'arriver à des résultats quantitatifs en premier plan mais aussi qualitatifs. L'enquête vient confirmer ou non les résultats que nous obtiendrons avec Ecotect. On effectuera ensuite des croisements des deux résultats : simulations et enquête, afin d'arriver à un bilan final de confort thermique, ce que nous allons développer ci-après.

Troisième partie : Résultats des expérimentations

Introduction

Après avoir expliqué les deux protocoles d'expérimentation, nous allons dans cette partie révéler les résultats de chacun. Ces derniers vont être aussi analysés pour arriver à un croisement des deux. Enfin, nous élaborons un bilan, fruit des simulations et de l'enquête in situ, qui sera de base au choix de système de climatisation adéquat.

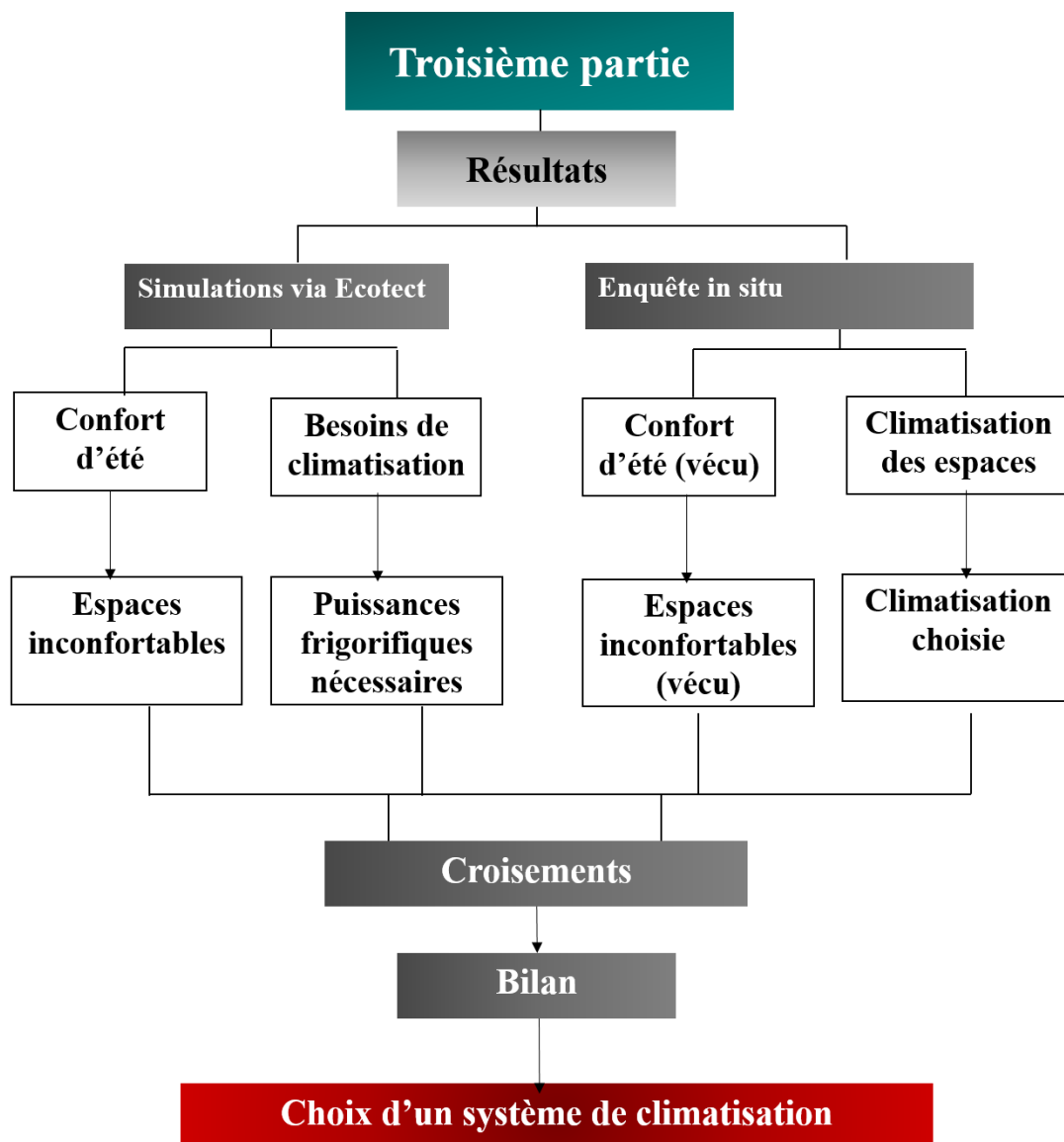


Figure 45: Démarche méthodologique de la troisième partie. Source: Auteure.

Chapitre 01 : Simulation informatique via Ecotect

1. Introduction

Pour un architecte, la maîtrise de l'outil informatique est devenue nécessaire. La simulation numérique le guide dans sa conception, pour un projet en phase esquisse ou même en avant-projet, car elle lui donne une réalité future de son objet. L'inconfort thermique est ainsi mesuré selon différents critères du projet : matériaux, orientations, etc. Nous avons vu dans la partie précédente les différentes étapes d'introduction de ces données. Il s'agira dans celle-ci, de donner les résultats et de les discuter.

2. Simulation du confort thermique d'été sur les différents appartements et besoins de climatisation

Nous effectuons dans cette étape des simulations de confort des différents appartements par rapport à la journée la plus chaude de l'année (03 Aout 2015¹²). L'intérêt de cette étude est de :

- Déterminer les espaces inconfortables et donc dans une plage d'inconfort, définie entre 18°C de 26°C pour 60% d'humidité de moyenne en été¹³. Et une vitesse de l'air de 0.50 m/s.
- Aussi, nous tentons de définir le besoin de climatisation annuel et instantané de chaque appartement.

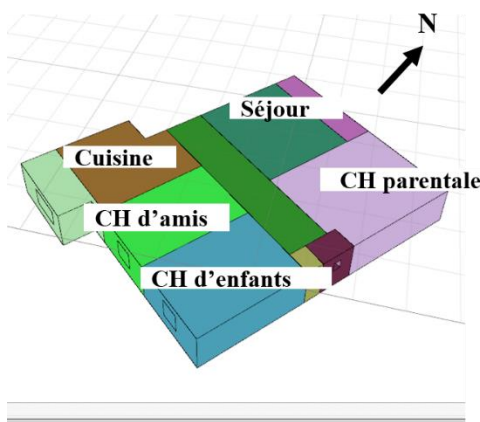
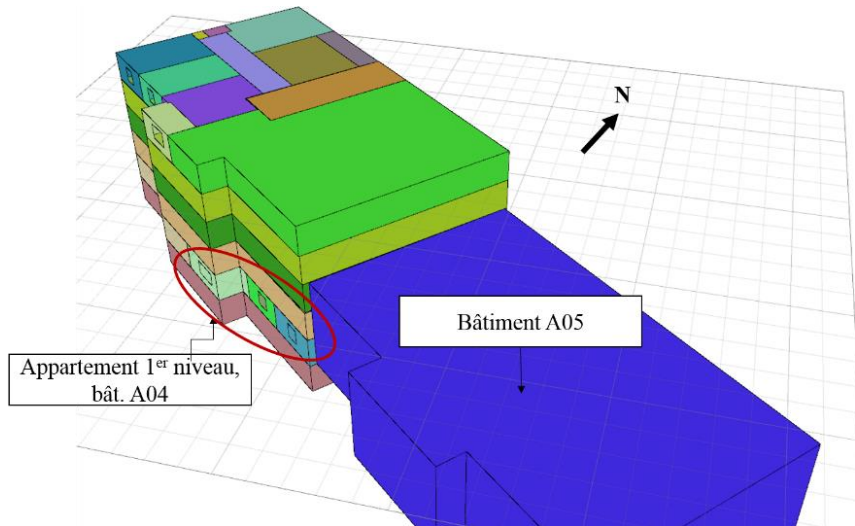
2.1.Appartement du 1er niveau, bâtiment A04

Cet appartement de type F4 présente une double mitoyenneté (Côté bâtiment A05, et côté déplacement) avec deux façades libres, et une orientation Nord-Est/ Sud-Ouest. La modélisation effectuée par le logiciel donne la 3D suivante.

¹²Cette journée est déterminée en fonction des données climatiques introduite sur Ecotect.

¹³La plage de confort est déterminée par défaut sur le logiciel en fonction de l'humidité dans notre site. On peut cependant la confirmer, si nécessaire, sur le diagramme de Givoni. Elle est fixée pour 60% d'humidité à plus de 18°C et moins de 26°C.

Troisième partie : Résultats des expérimentations



Orientation : Nord-Est/Sud-Ouest

Type : F4.

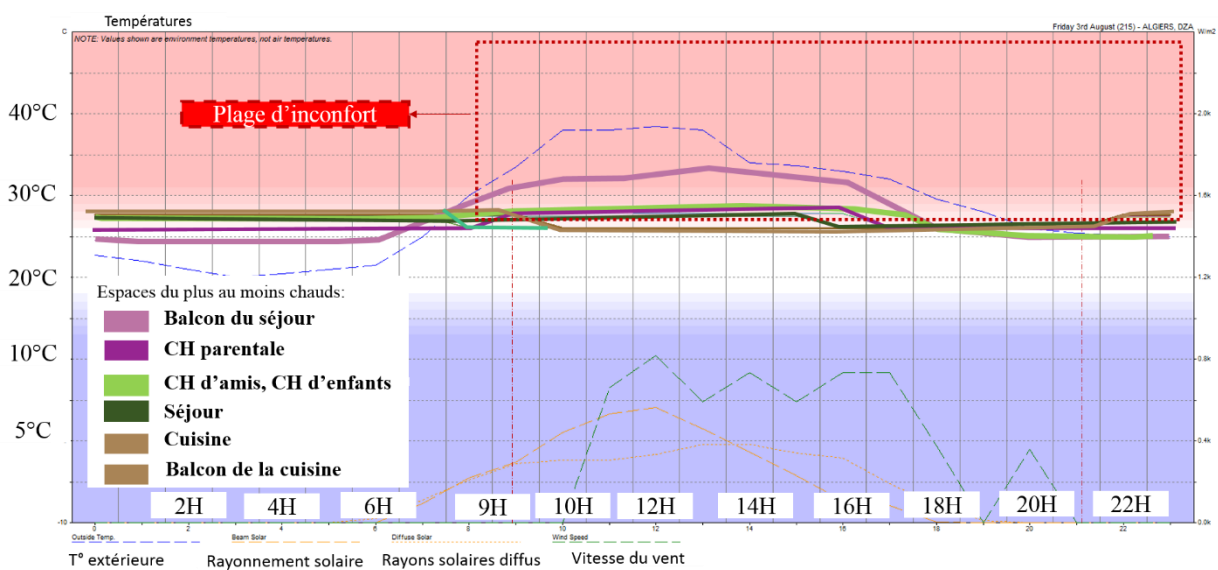
Superficie : 110m².

Façades libres : 2.

Occupation : 4 personnes.

Tableau 15: Présentation de l'appartement du 1er niveau, bâtiment A04. Source: Auteure.

L'analyse thermique de la journée la plus chaude dans cet appartement donne le graphique suivant :



Grphe 4: Confort d'été de l'appartement du 1er niveau, Bât. A04, via Ecotect, bâtiment A04. Source: Auteure.

Troisième partie : Résultats des expérimentations

On arrive à lire sur ce graphe que la plage d'inconfort thermique concerne principalement le balcon du séjour avec un pic à 13h45 de 34°C ensuite le séjour et les chambres avec une température de 28°C plus ou moins stable de 9h à 18h. Quant à la cuisine, un espace orienté sud/ouest, elle présente des inconforts principalement pendant les horaires de cuisson, et donc le matin et le soir.

Si on vient donc à synthétiser ces résultats en tableau ça donnerai la grille suivante :

Espace	Orientation	Plage d'inconfort	Pic de température	Horaires
Séjour	Nord/ Est	0-18h	28°C	14h30
Balcon du séjour	Nord/Est	8-18h30	34°C	13h00
Chambre parentale	Nord/Est	8h-17h45	28°C	16h15
Cuisine	Sud/Ouest	0-8h et 21h-22h30	27°C	9h00 et 22h00
Balcon de la cuisine	Sud/Ouest	0-8h	28°C	9h00 et 22h00
Chambre d'amis, ch. d'enfants	Sud/Ouest	8h30-17h30	28°C	16h

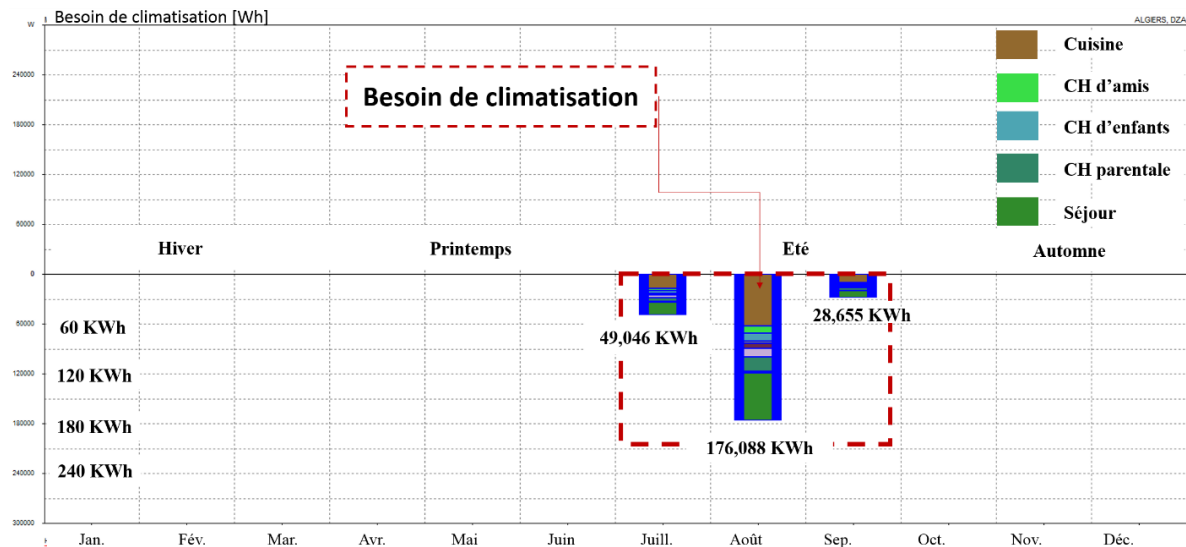
Tableau 16: Synthèse des simulations de confort d'été, appartement du 1er niveau, bâtiment A04. Source: Auteure.

En conclusion, l'ensemble des espaces se trouvent dans l'inconfort l'été, avec des températures supérieures à 26°. L'espace le plus inconfortable reste le balcon du séjour, étant exposé à un rayonnement solaire important du côté Est, avec 10h d'insolation: [De 6h à 16h]. Dans la même logique, en plus de la mitoyenneté partagée avec le bâtiment A05, la chambre parentale souffre, elle aussi, d'un inconfort l'été. La cuisine enfin reste un espace inconfortable pas seulement par son orientation mais aussi par sa fonction, qui a un gain interne de chaleur important en été.

Cet inconfort des espaces en été conduit à besoin de climatisation inévitable. Ce dernier est déterminé avec le logiciel comme suit :

- Sensation thermique selon la valeur PMV : +1.75.
- Puissance sensible (besoin de climatisation instantané) : 5914W à 17h, le 02 Août.

- Besoin de climatisation par mois, comme sur le graphe 5 suivant :



Graphe 5: Besoins de climatisation, appartement du 1er niveau, bât. A04, via Ecotect. Source: Auteure.

Le besoin de climatisation dans cet appartement s'exprime en majorité au niveau de la cuisine et du séjour, avec un pic au mois d'août de 176.088 KWh. La totalité du besoin de climatisation est donc de 253,789KWh/an, voire un besoin journalier de 695.31 Wh/jour.

Ces données nous donnent déjà, grâce à un calcul simple des puissances frigorifiques pour un système de climatisation classique ou une superficie de panneaux photovoltaïques pour une climatisation solaire comme expliqué ci-après.

- **Pour une climatisation classique :** la puissance frigorifique nécessaire est de :

Rappelons que la puissance frigorifique [BTU] = EER (3.2) x Puissance sensible [W].

La puissance frigorifique [BTU] = 18924,8 BTU.

- **Pour la climatisation solaire :** la surface de panneaux photovoltaïques nécessaires est :

Rappelons que : $S_{\text{panneaux}} = (B_j / 560) \times 0.5 \text{ [m}^2\text{]}$.

$S_{\text{panneaux}} = (695.31/560) \times 0.5 = 0.62 \text{ m}^2 \text{ de panneaux solaires.}$

2.2.Appartement 5e niveau, bâtiment A04

Cet appartement de type F4 présente une seule mitoyenneté (Côté déplacement) et une orientation Nord-Est/ Sud-Ouest. Cet appartement profite aussi de trois façades libres comme le montrent les 3D suivantes, obtenues par Ecotect :

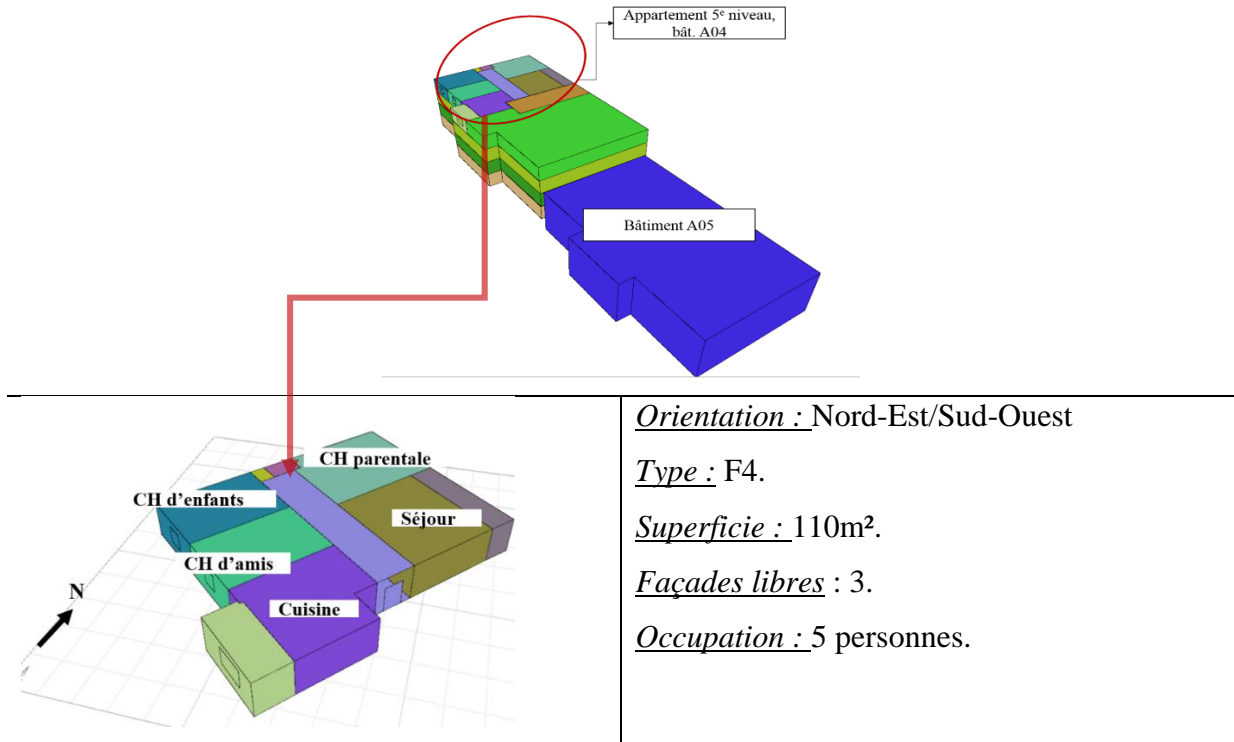
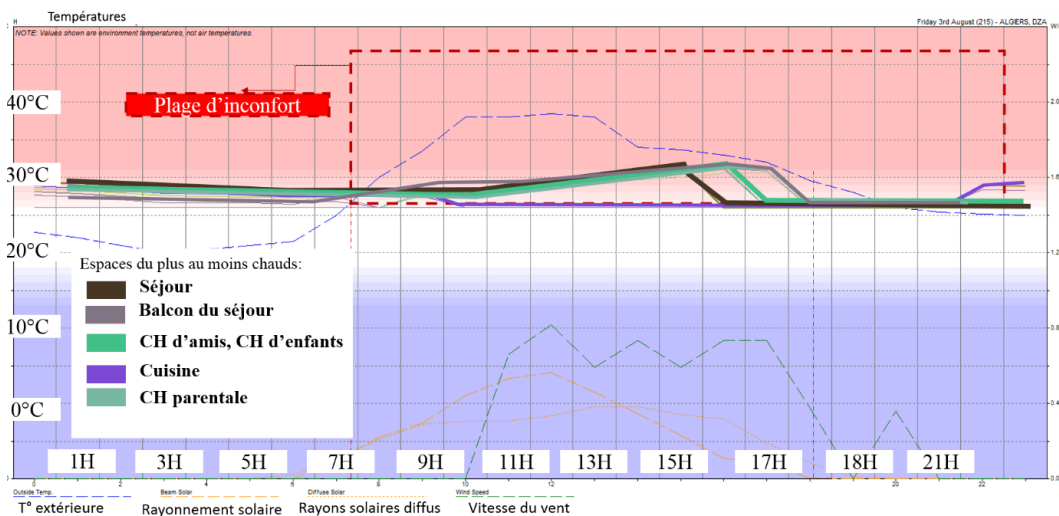


Tableau 17: Présentation de l'appartement du dernier niveau, bâtiment A04. Source: Auteure.

L'analyse thermique de la journée la plus chaude de l'année dans cet appartement donne le graphique suivant :



Graphe 6: Confort d'été de l'appartement du 5e niveau, Bât. A04, via Ecotect, bâtiment A04. Source: Auteure.

Troisième partie : Résultats des expérimentations

Etant le dernier niveau, la majorité des espaces dans cet appartement se trouvent dans une plage d'inconfort thermique. Le séjour, orienté Nord-est, et ne présentant qu'une seule mitoyenneté côté déplacement reçoit un rayonnement solaire important, de 10h [7h à 17h], et de ce fait est l'espace le plus inconfortable.

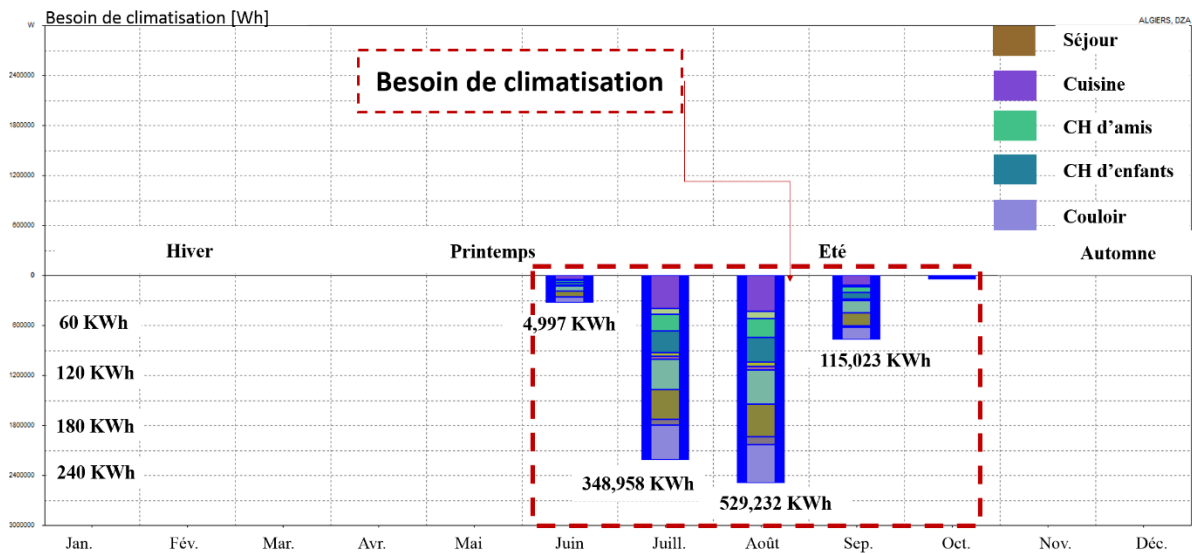
Si on vient donc à synthétiser ces résultats en tableau ça donnerai la grille suivante :

Espace	Orientation	Plage d'inconfort	Pic de température	Horaires
Séjour	Nord/ Est	0-18h	32°C	15h10
Balcon du séjour	Nord/Est	8-18h30	34°C	17h00
Chambre parentale	Nord/Est	8h-17h45	32°C	16h45
Cuisine	Sud/Ouest	0-8h et 21h-22h30	28°C	22h00
Balcon de la cuisine	Sud/Ouest	0-8h	28°C	22h00
Chambre d'amis, ch. d'enfants	Sud/Ouest	8h30-17h30	31°C	16h45

Tableau 18: Synthèse des simulations de confort d'été, appartement du dernier niveau, bâtiment A04. Source: Auteure.

Cet inconfort des espaces en été conduit à besoin de climatisation inévitable. Ce dernier est déterminé avec le logiciel en 3 données clés :

- Sensation thermique selon la valeur PMV : +1.75.
- Puissance sensible (besoin de climatisation instantané) : 6988W à 18h, le 02 Août.
- Besoin de climatisation par mois, comme sur le graphe suivant :



Graph 7: Besoins de climatisation, appartement du 5e niveau, bât. A04, via Ecotect. Source: Auteure.

Arrivé au dernier niveau, le besoin de climatisation augmente de manière remarquable principalement par l'effet de surchauffe du toit en l'absence d'un bon isolant de ce dernier. Cette charge de climatisation s'exprime au niveau de l'ensemble des espaces, principalement le séjour, le couloir et la cuisine, avec une totalité de 998,21 KWh/an, voire un besoin journalier B_j de 2734.82W/jour. Ce dernier fait presque 4 fois celui du premier niveau, qui lui est de 695.31W/ jour, conséquence de la surchauffe de toiture, face à l'absence d'un isolant efficace.

Ces données nous donnent déjà, grâce à un calcul simple des puissances frigorifiques pour un système de climatisation classique ou une superficie de panneaux photovoltaïques pour une climatisation solaire comme expliqué ci-après.

- **Pour une climatisation classique :** la puissance frigorifique nécessaire est de :

Rappelons que la puissance frigorifique [BTU] = EER (3.2) x Puissance sensible [W].

La puissance frigorifique [BTU] = 22361,6BTU.

- **Pour la climatisation solaire :** la surface de panneaux photovoltaïques nécessaires est :

Rappelons que : $S_{\text{panneaux}} = (B_j / 560) \times 0.5 \text{ [m}^2\text{]}$.

$S_{\text{panneaux}} = (2734.82/560) \times 0.5 = 2.44 \text{ m}^2 \text{ de panneaux solaires.}$

2.3.Appartement 1er niveau, bâtiment B06

Cet appartement de type F3 présente une double mitoyenneté (Côté bâtiment B07, et côté déplacement en partie) avec deux façades libres, et une orientation Est/Ouest. La modélisation effectuée par le logiciel donne la 3D suivante :

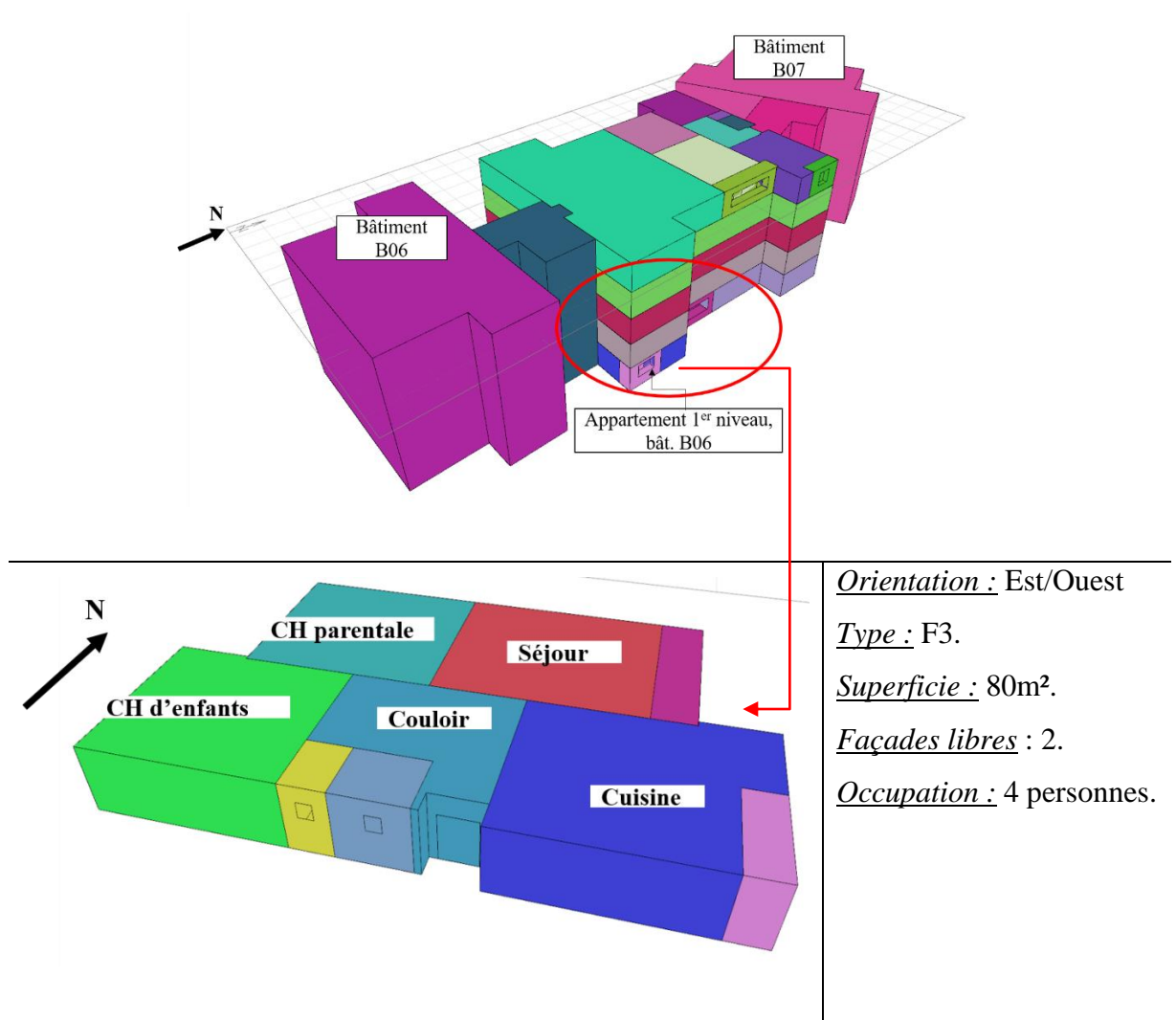
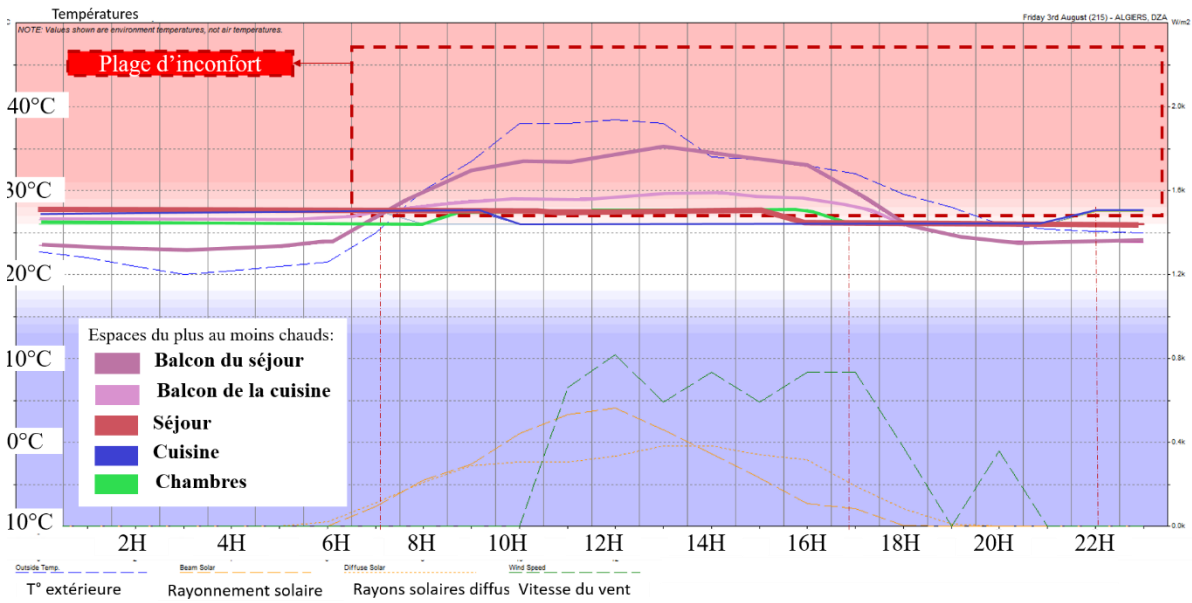


Tableau 19: Présentation de l'appartement du 1er niveau, bâtiment B06. Source: Auteur.

L'analyse thermique de la journée la plus chaude de l'année dans cet appartement donne le graphique suivant :

Troisième partie : Résultats des expérimentations



Graph 8: Confort d'été de l'appartement du 1er niveau, Bât. A04, via Ecotect, bâtiment B06. Source: Auteure.

Le graphe nous révèle que la plage d'inconfort thermique concerne principalement le balcon du séjour avec un pic à 13h45 de 35°C. Ainsi le balcon de la cuisine avec 30°C à 14h. Le séjour vient en seconde position avec des températures approximativement constante de 28°C jusqu'à 16h. Par son activité, la cuisine connaît une plage d'inconfort de 28°C pendant les horaires de cuisson, et donc le matin et le soir. Si on vient donc à synthétiser ces résultats sous forme de tableau ça donnerai la grille suivante :

Espace	Orientation	Plage d'inconfort	Pic de température	Horaires
Séjour	Est	0-19h	28°C	13h15
Balcon du séjour	Est	7-18h	35°C	13h
Cuisine	Est	0-10h et 21h-22	28°C	22h
Balcon de la cuisine	Est	7-18h	30°C	13h45
Chambre parentale	Ouest	8h30-19h15	28°C	16h
Chambre d'enfants	Ouest	8h30-19h15	28°C	16h

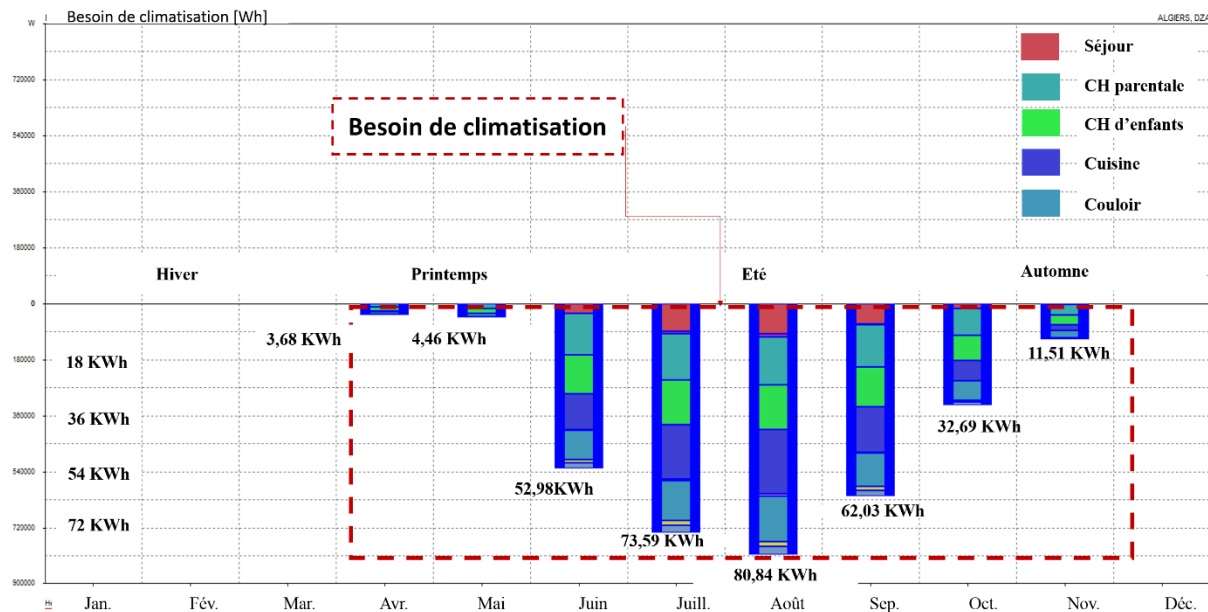
Tableau 20: Synthèse des simulations de confort d'été, appartement du 1er niveau, bâtiment B06. Source: Auteure.

En conclusion, l'ensemble des espaces présentent un inconfort durant cette journée (03 Aout 2015), avec les espaces orientés Est en premier plan. Cette façade semble être exposée à un rayonnement solaire important, avec 12h d'insolation [De 6h à 18h]. Les chambres, orientées ouest, présentent un inconfort surtout l'après-midi, avec un pic de chaleur à 16h.

Troisième partie : Résultats des expérimentations

Cet inconfort des espaces en été conduit à besoin de climatisation inévitable. Ce dernier est déterminé avec le logiciel en 3 données clés :

- Sensation thermique selon la valeur PMV : +1.75.
- Puissance sensible (besoin de climatisation instantané) : 4363 W à 17h, le 08 Juillet.
- Besoin de climatisation par mois, comme sur le graphe suivant :



Graphe 9: Besoins de climatisation, appartement du 1er niveau, bât. B06, via Ecotect. Source: Auteure.

Nous comprenons ainsi qu'un besoin de climatisation est confirmé du mois d'avril au mois de novembre avec un pic au mois d'Aout de 80.84 KWh. L'ensemble des espaces semble partager un besoin équitable de climatisation. La totalité du besoin de climatisation est donc de 321,83 KWh/an, voire 881,72 Wh/jour. Nous avons donc un besoin journalier 1.26 fois plus grand que celui du premier niveau, bâtiment A04, principalement causé par orientation Est-Ouest très mal recommandée.

Ces données nous donnent déjà, grâce à un calcul simple des puissances frigorifiques pour un système de climatisation classique ou une superficie de panneaux photovoltaïques pour une climatisation solaire comme expliqué ci-après.

- **Pour une climatisation classique** : la puissance frigorifique nécessaire est de :

Rappelons que la puissance frigorifique [BTU] = EER (3.2) x Puissance sensible [W].

La puissance frigorifique [BTU] = 13961,6BTU.

- **Pour la climatisation solaire** : la surface de panneaux photovoltaïques nécessaires est :

Rappelons que : $S_{\text{panneaux}} = (B_j / 560) \times 0.5 \text{ [m}^2\text{]}$.

$S_{\text{panneaux}} = (881.72 / 560) \times 0.5 = 0.78 \text{ m}^2 \text{ de panneaux solaires.}$

2.4.Appartement 5e niveau, bâtiment B07

Cet appartement de type F3 présente une double mitoyenneté (Côté bâtiment B06, et côté déplacement en partie) avec deux façades libres, et une orientation Est/Ouest. La modélisation effectuée par le logiciel donne la 3D suivante :

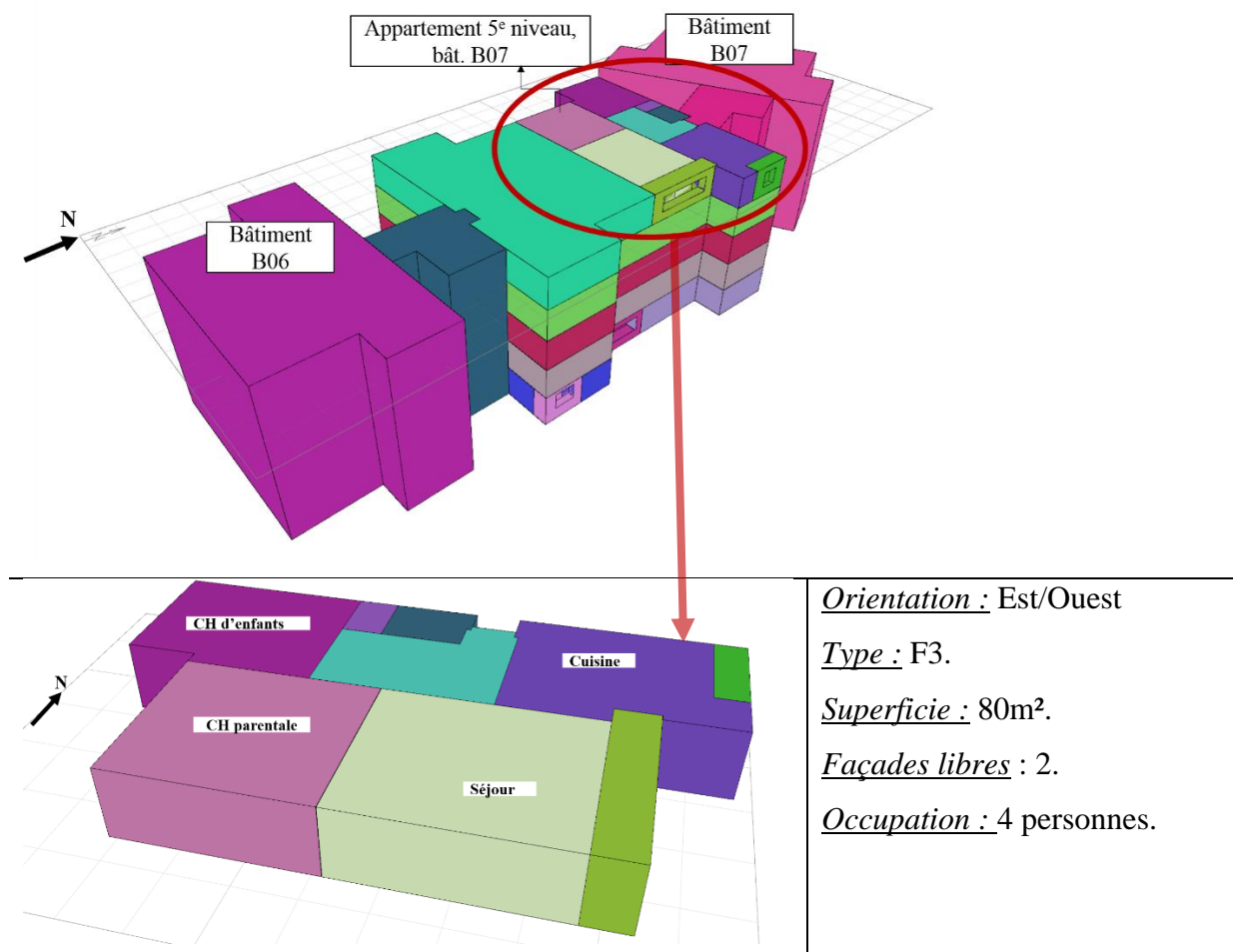


Tableau 21: Présentation de l'appartement du dernier niveau, bâtiment B07. Source: Auteure.

Troisième partie : Résultats des expérimentations

L'analyse thermique de la journée la plus chaude dans cet appartement donne le graphique suivant :

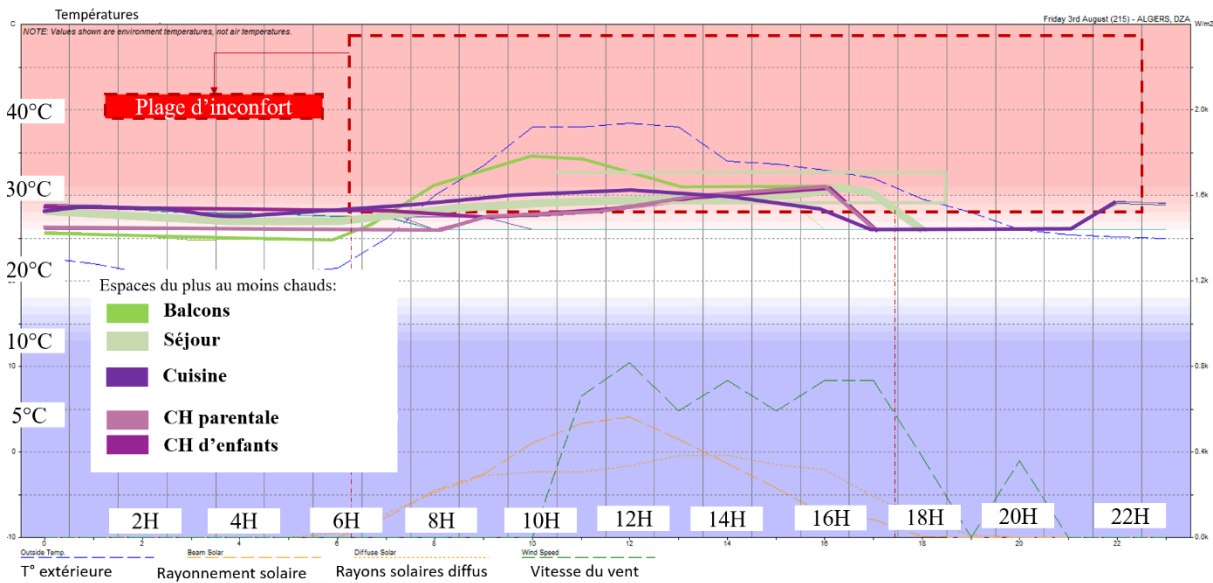


Figure 46: Confort d'été de l'appartement du 5e niveau, Bât. A04, via Ecotect, bâtiment B07. Source: Auteure.

Le graphe nous révèle que les espaces les plus inconfortables sont les balcons avec un pic à 9h45 de 35°C. Le séjour vient en seconde position, avec 30°C à 13h45. Quant aux chambres, l'inconfort est principalement l'après-midi avec un pic de 31°C à 16h.

Espace	Orientation	Plage d'inconfort	Pic de température	Horaires
Séjour	Est	0-18h	30°C	13h45
Balcon du séjour	Est	7-18h	35°C	9h45
Cuisine	Est	6h-15h45 et 21h-22	30°C	12h
Balcon de la cuisine	Est	0-18h	30°C	13h45
Chambre parentale	Ouest	6h-17h	31°C	16h
Chambre d'enfants	Ouest	6h-17h	31°C	16h

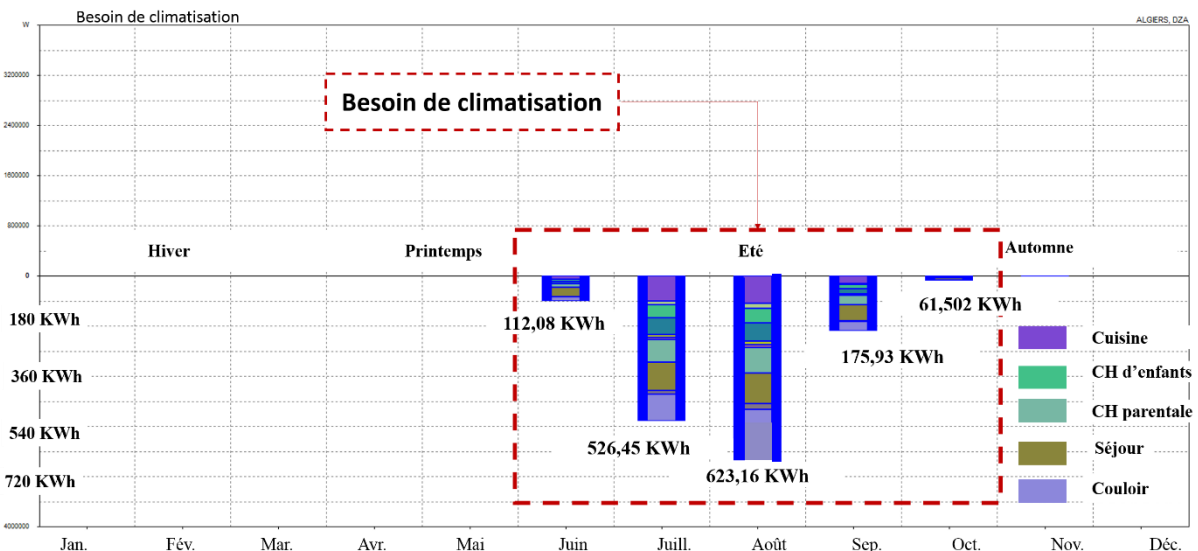
Tableau 22: Synthèse des simulations de confort d'été, appartement du dernier niveau, bâtiment B07. Source: Auteure.

De même que pour l'appartement du premier niveau, la plage d'inconfort couvre les espaces orientés Est (Cuisine, balcons et séjour) et la chambre parentale qui présente une mitoyenneté avec l'appartement du bâtiment B06, et qui lui permet un échange thermique important et donc un inconfort pendant la période estivale.

Troisième partie : Résultats des expérimentations

Cet inconfort des espaces en été conduit à besoin de climatisation inévitable. Ce dernier est déterminé avec le logiciel en 3 données clés :

- Sensation thermique selon la valeur PMV : +1.75.
- Puissance sensible (besoin de climatisation instantané) : 7186W à 18h, le 23 Août.
- Besoin de climatisation par mois, comme sur le graphe suivant :



Graphe 10: Besoins de climatisation, appartement du dernier niveau, bât. B07, via Ecotect. Source: Auteure.

Le besoin de climatisation s'accroît ici aussi au dernier niveau, avec un pic de 623,16KWh au mois d'août et couvre l'ensemble des espaces de manière plus ou moins équivalente, mis à part le séjour et la cuisine qui eux réclament une charge supérieure par leur inconfort l'été, comme l'indique les simulations dans le point précédent. La totalité du besoin de climatisation est de 1499.122 KWh/an, voire un besoin journalier de 4107.18 W/jour. Nous avons donc un besoin journalier plus grand de 1.50 fois que celui du dernier niveau du bâtiment A04, conséquence directe de l'orientation Est-Ouest.

Ces données nous donnent déjà, grâce à un calcul simple des puissances frigorifiques pour un système de climatisation classique ou une surface de panneaux photovoltaïques pour une climatisation solaire comme expliqué ci-après.

- **Pour une climatisation classique :** la puissance frigorifique nécessaire est de :

Rappelons que la puissance frigorifique [BTU] = EER (3.2) x Puissance sensible [W].

La puissance frigorifique [BTU] = 22995,2BTU.

- **Pour la climatisation solaire :** la surface de panneaux photovoltaïques nécessaires est :

Rappelons que : $S_{\text{panneaux}} = (B_j / 560) \times 0.5 \text{ [m}^2\text{]}$.

$S_{\text{panneaux}} = (4107.18/560) \times 0.5 = 3.66 \text{ m}^2 \text{ de panneaux solaires.}$

3. Synthèse : Confort thermique et stratégies de climatisation

Etant donné que les besoins changent d'un appartement à un autre, et que nous allons croiser par la suite ces résultats, nous allons synthétiser les résultats obtenus par la simulation dans le tableau qui suit.

Appartements	Espaces inconfortables	Besoins de climatisation
1 ^{er} niveau bâtiment A04	Tous les espaces, principalement le séjour et les chambres.	La puissance frigorifique [BTU] = 18924,8 BTU. $S_{\text{panneaux}} = 0.62 \text{ m}^2 \text{ de panneaux solaires.}$
		<u>Espaces</u> : cuisine et séjour.
5 ^e niveau bâtiment A04	Tous les espaces, principalement le séjour et les chambres.	La puissance frigorifique [BTU] = 22361,6 BTU. $S_{\text{panneaux}} = 2.44 \text{ m}^2 \text{ de panneaux solaires.}$
		<u>Espaces</u> : le séjour, le couloir et la cuisine.
1 ^{er} niveau bâtiments B06	Tous les espaces, principalement la cuisine et le séjour (Est).	La puissance frigorifique [BTU] = 13961,6 BTU. $S_{\text{panneaux}} = 0.78 \text{ m}^2 \text{ de panneaux solaires.}$
		<u>Espaces</u> : les chambres, le séjour, le couloir et la cuisine.
5 ^e niveau bâtiment B07	Tous les espaces, principalement la cuisine et le séjour (Est).	La puissance frigorifique [BTU] = 22995,2 BTU. $S_{\text{panneaux}} = 3.66 \text{ m}^2 \text{ de panneaux solaires.}$
		<u>Espaces</u> : les chambres, le séjour, le couloir et la cuisine.

Tableau 23: Synthèse des simulations via Ecotect. Source: Auteure.

4. Conclusion : Quel complément pour cette simulation informatique ?

La simulation via Ecotect nous révèle un inconfort important et aussi mesurable. Cette caractéristique nous permet d'identifier le besoin en climatisation et surtout de le quantifier. Cependant, l'approche reste incomplète si nous n'incluons pas des facteurs liés au vécu des personnes et à leur appréciation du confort thermique. Nous essayons ainsi, dans cette recherche, de compléter cet outil quantitatif par un autre, qualitatif, ce que nous allons développer ci-après.

Chapitre 02 : Enquête in situ :

1. Introduction : Impact de l'enquête sur l'étude

Comme il a déjà été dit précédemment, l'enquête in situ vient aborder le confort thermique sur un volet psychologique et sensible. Nous avons tenté à travers un questionnaire administré de comprendre le vécu des différents appartements, notamment l'appréciation du confort thermique pendant la période estivale et la climatisation utilisée. Nous allons ainsi donner les différents résultats obtenus.

2. Résultats du questionnaire

Nous rappelons que le questionnaire a été fait sur un échantillon de 38 personnes sur 19 appartements différents, les appartements simulés via Ecotect sont compris. Le choix de l'échantillon s'est fait par rapport à différentes orientations et dispositions.

Aussi, les conditions thermiques de l'enquête tournent principalement autour d'une température variante de 16 et 27°C (mois de Juillet 2015).

Différentes questions ont été posées, principalement autour du confort thermique des différents espaces et de la climatisation utilisée.

2.1. Appréciation du confort thermique

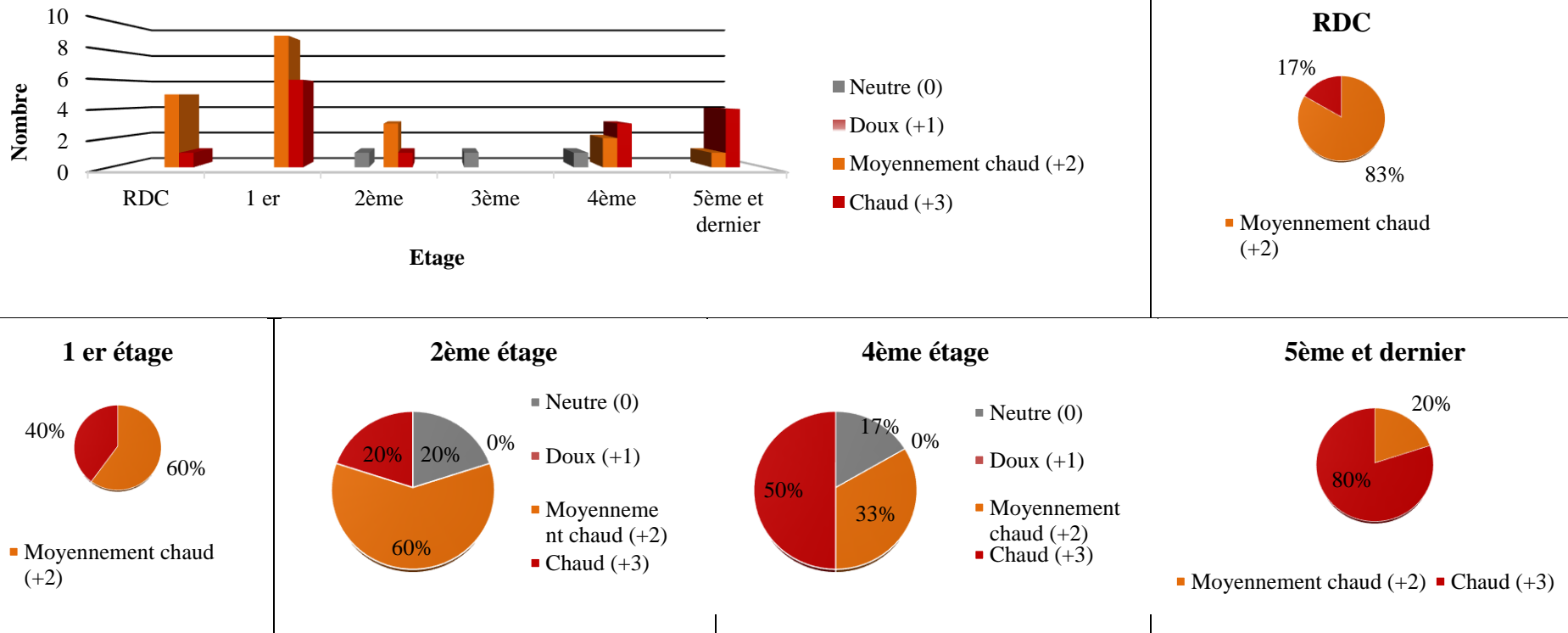
2.1.1. Confort thermique des appartements par rapport aux différents niveaux d'occupation

Afin d'évaluer le confort thermique des différents appartements par rapport à leur niveau d'occupation, nous avons décidé de croiser les résultats des deux questions suivantes :

- « Vous habitez quel étage ? (Préciser si sous la terrasse) ».
- « Sur quelle échelle de satisfaction qualifieriez-vous votre appartement sur un plan thermique (période estivale) ? »

L'objectif étant de lire le confort thermique différencié par niveaux. Nous avons choisis pour cela plusieurs dispositions : RDC, 1^{er}, 2^e, 3^e, 4^e et dernier étage.

Troisième partie : Résultats des expérimentations



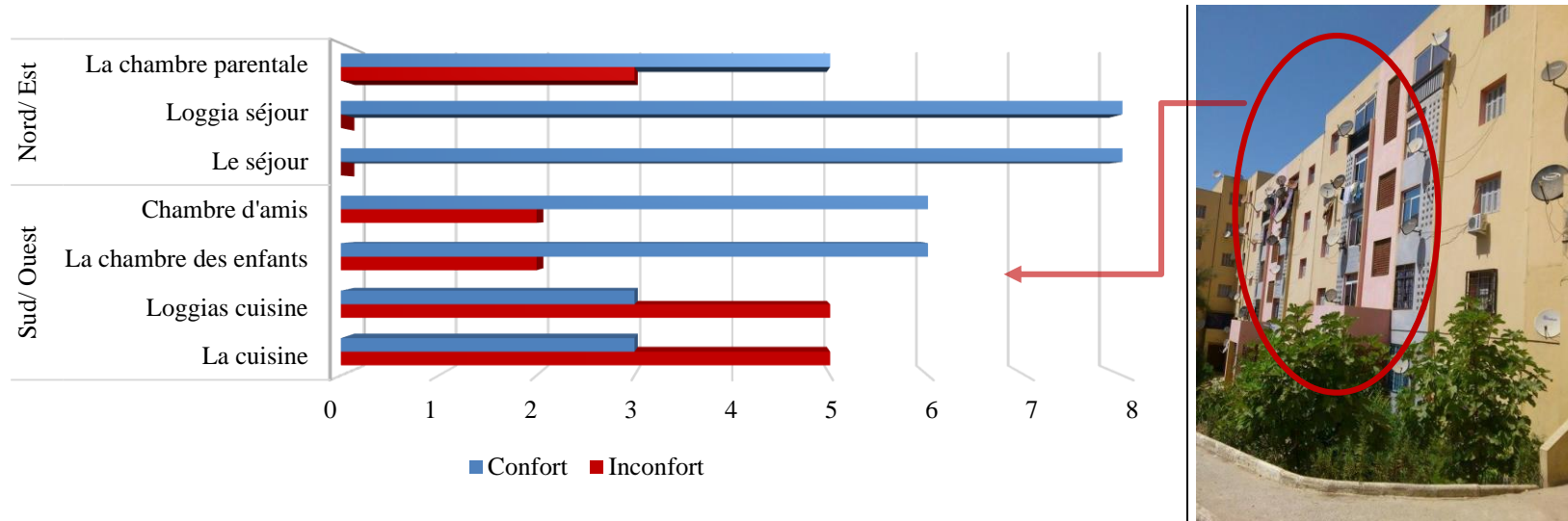
Graphe 11: Appréciation du confort thermique par rapport au niveau d'occupation. Source: Auteure.

Une lecture des données parallèlement à l'emplacement des appartements nous permet de conclure que les appartements se trouvant sur les niveaux intermédiaires se sentent en majorité dans un environnement moyennement chaud, alors que les niveaux supérieurs, notamment le dernier témoignent que leur appartement est chaud. Sur une lecture par niveau, les secteurs nous révèlent une augmentation de la sensation de chaleur (couleur rouge) parallèlement à celle des niveaux, atteignant son maximum de 80% au dernier niveau. En plus de la disposition, l'orientation de l'appartement peut influencer de manière remarquable le confort thermique des espaces, ce que nous développons dans le point suivant.

2.1.2. Confort thermique des espaces par rapport aux différentes orientations

Afin d'évaluer le confort thermique des différents appartements par rapport à leur orientation, nous avons décidé d'exploiter les résultats de la question suivante : « Selon les orientations, quels sont les espaces les moins confortables ? » parallèlement en plan masse réalisé en amont.

L'objectif étant de lire le confort thermique différencié par orientations et mitoyennetés. Nous avons choisis pour cela plusieurs dispositions : Nord-Est/ Sud-Ouest avec une seule mitoyenneté (bâtiment d'angle), Nord-Est/ Sud-Ouest avec deux mitoyennetés (bâtiment intermédiaire), et une orientation Est-Ouest de bâtiments intermédiaires, majoritaire dans le projet.

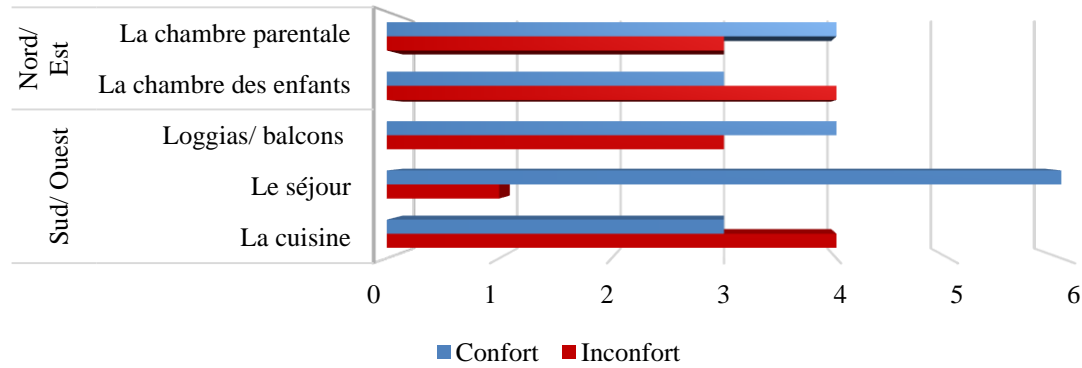


Grphe 12: Appréciation du confort thermique des espaces orientés Nord-Est/Sud-Ouest, cas d'un bâtiment d'angle.
Source: Auteure.



Photo 12: Bâtiment A04. Source : Auteure.

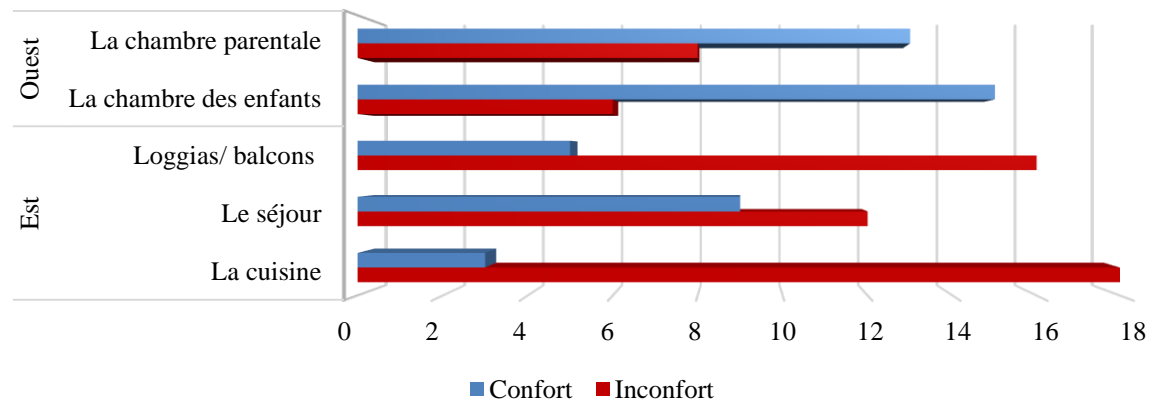
Troisième partie : Résultats des expérimentations



Graph 13: Appréciation du confort thermique des espaces orientés Nord-Est/Sud-Ouest, cas d'un bâtiment intermédiaire. Source: Auteure.



Photo 13: Bâtiment B12. Source: Auteure.



Graph 14: Appréciation du confort thermique des espaces orientés Est/Ouest, bâtiments intermédiaires. Source: Auteure.



Photo 14: Bâtiment B06. Source: Auteure.

Une lecture des données par rapport aux orientations nous révèlent qu'on est plus dans le confort en période estivale dans une orientation Nord-Est/ Sud-Ouest avec une seule mitoyenneté (moins de rapport thermique), moyennement dans une orientation nord-est/ sud-ouest et en majorité dans l'inconfort dans une orientation est-ouest (qui représente la majorité du projet).

Ceci s'explique par le rayonnement solaire que reçoivent les façades orientées Est et Ouest, qui est très important, notamment en été, créant un inconfort thermique dans ces appartements. Les appartements orientés Nord-Est/ Sud-Ouest, se trouvent dans un inconfort moins important, par leur réception inférieure de rayonnement solaire.

Les habitants, se sentant dans l'inconfort dans leur espace de vie, vont opter pour une climatisation mécanique, ce que nous allons développer ci-après.

2.2. La climatisation des appartements

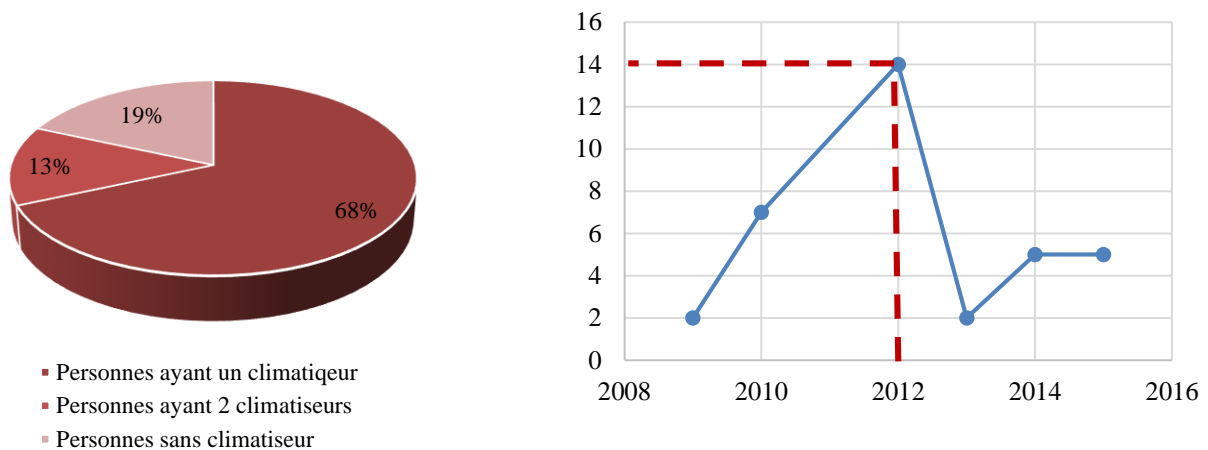
Afin de pouvoir évaluer la climatisation des appartements, nous allons essayer en premier plan d'identifier son usage. Nous avons ainsi posé la question suivante : « *Avez-vous un climatiseur chez vous ? Si oui, veuillez remplir le tableau* ». Le tableau abrite ensuite des informations clés sur :

- Les espaces équipés de climatiseurs : une donnée qui révèle le nombre mais aussi le choix d'emplacement
- La volonté de rajout : donne des informations sur des perspectives de climatisation, et une (in)satisfaction vis-à-vis du produit placé ou même de son absence.
- La puissance du climatiseur placé en BTU.
- La provenance du climatiseur (marque).
- La satisfaction vis-à-vis de la climatisation placée sur plan : thermique, acoustique et économique.
- Et enfin des observations générales révélant des facteurs liés au vécu de l'espace et aussi les visions des habitants.

Nous allons ainsi organiser ces résultats dans les points qui suivent.

2.2.1. Installation des climatiseurs

Ces données sont déduites selon les espaces/ appartements équipés d'un climatiseur et la date d'installation sur le tableau rempli. L'objectif étant de déterminer le taux d'usage de la climatisation parallèlement à sa date d'emplacement.



Graphe 16: Date d'emplacement des climatiseurs. Source: Auteure.

Graphe 15: Taux de climatisation. Source: Auteure.

L'enquête effectuée nous révèle qu'une majorité de 68% des personnes interrogées possèdent au moins un climatiseur dans son appartement. Alors que 13%, préfèrent en avoir 2 climatiseurs dans leur appartement, voire, même les gens qui n'ont pas, et qui sont de 13%, témoignent que c'est uniquement pour des raisons économiques.

Les personnes interrogées trouvent son existence tellement indispensable qu'ils disent qu'ils ne pouvaient pas rester sans ou même des choses qui peuvent nous sembler sans importance mais qui au fait renvoie à beaucoup de réflexion tel que « *L'inventeur du climatiseur mérite d'être au paradis* » ou même « *Je ne peux pas dormir ou travailler sans climatisation* » etc... Des phrases qui révèlent dans un premier plan le manque terrible de confort dans leur espace de vie et leur attachement à la climatisation dans un deuxième.

D'un autre côté, même si les logements ont été distribués en 2009, l'année 2012 semble être le pic pour l'installation des climatiseurs. Cette date coïncide avec un taux d'importation important, 5,6 millions d'appareils de conditionnement d'air ont été importés, soit plus du double qu'en 2010, selon le CNIS (Centre national de l'informatique et des statistiques des douanes algériennes). Aussi, suite à l'accroissement substantiel des revenus des ménages, du

Troisième partie : Résultats des expérimentations

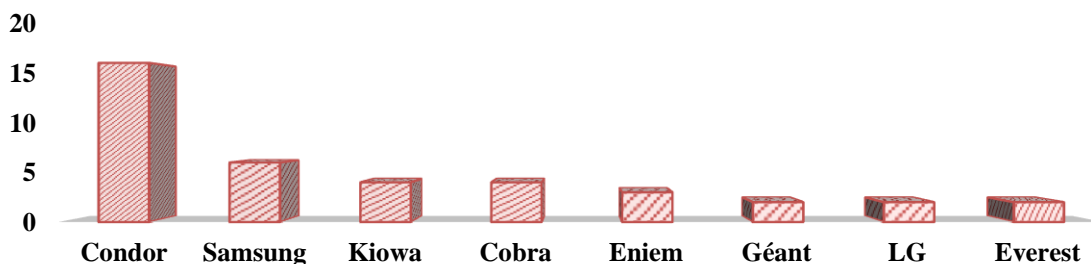
aux augmentations de salaires dans la même année, les habitants pouvaient désormais se permettre d'en acheter.

Avec un taux si important des installations de climatiseurs, nous nous interrogeant sur le choix de ces derniers. Ce point sera abordé dans ce qui suit.

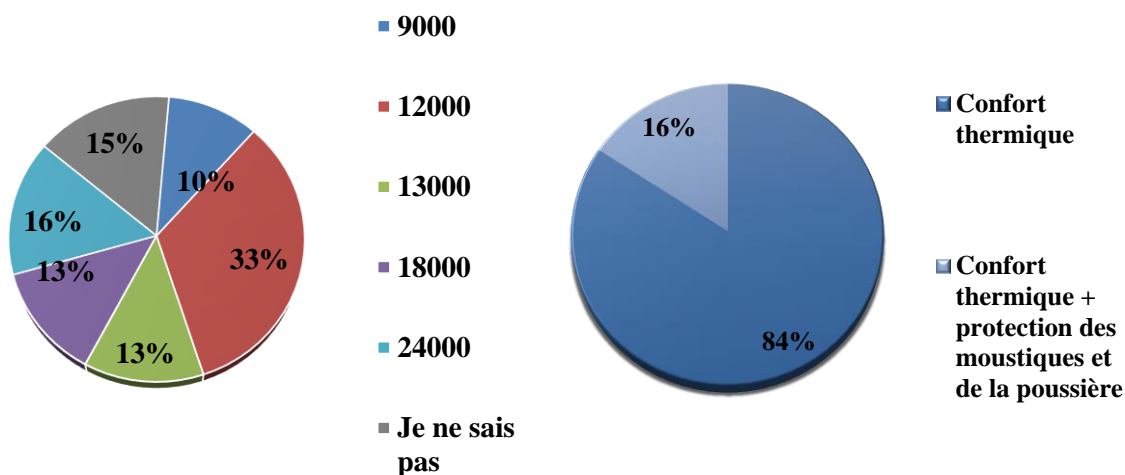
2.2.2. Choix de la climatisation

Plusieurs critères peuvent influencer le choix d'un système de climatisation, comme sa marque, les objectifs de son installation, son étiquette énergétique, et notamment sa puissance frigorifique en BTU. Plusieurs questions ont ainsi été posées dans ce sens, sous forme d'un tableau global, comme il a été expliqué en amont, croisés aux résultats des deux questions suivantes : « Pour quelle raison avez-vous placé un climatiseur ? »

« Quelle est l'étiquette énergétique de votre climatiseur ? »

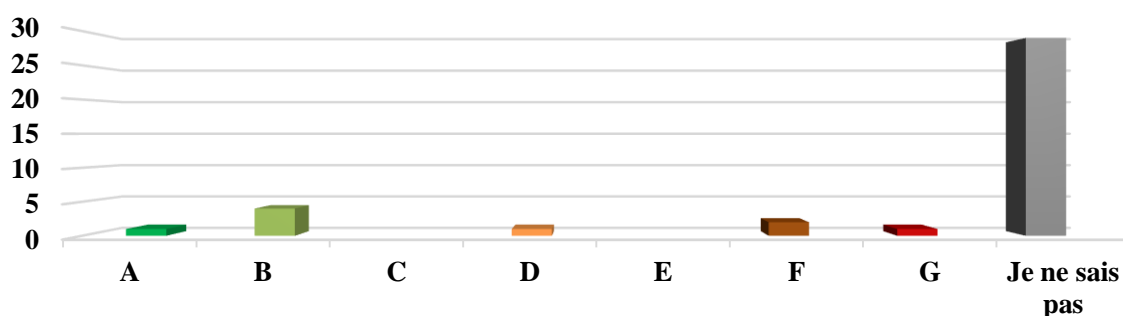


Graphe 17: Provenance des climatiseurs installés. Source: Auteure.



Graphe 18: Puissance du climatiseur [BTU]. Source: Auteure.

Graphe 19: Raisons d'installation du climatiseur. Source: Auteure.



Graphe 20: Etiquette énergétique des appareils installés. Source: Auteure.

Une majorité de climatiseurs utilisés sont de la marque « Condor ». Cette préférence est parallèle à un choix de performance ou de prix mais pas souvent énergétique car la majorité des personnes interrogées ignoraient l'étiquette énergétique de leur produit. Pour la puissance, le choix se fait souvent aléatoirement mais la majorité semble opter pour 12000 BTU, étant le produit à prix moyen en premier plan, et le plus disponible pendant l'année d'installation.

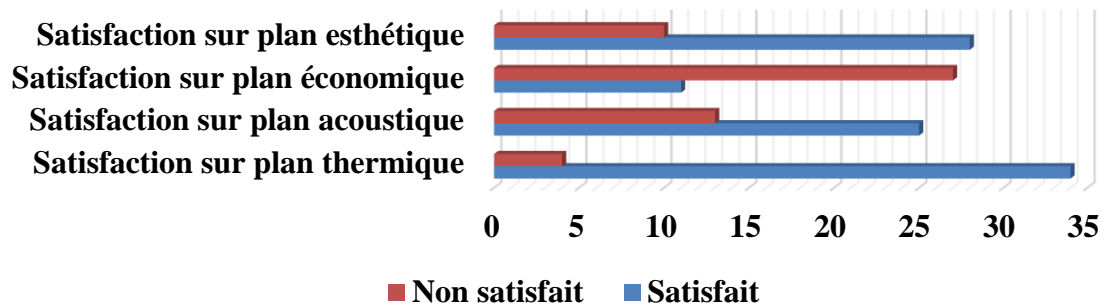
On comprend bien à travers la lecture du dernier graphe que le confort thermique vient comme point déclencheur de la climatisation. Les habitants réfèrent au climatiseur comme besoin essentiel. Le confort thermique d'un autre côté est défini comme un état d'aisance dans son espace. Quelques personnes interrogées témoignaient qu'il leur est impossible de travailler ou de même de dormir sans climatisation. D'autres préfèrent ventiler au maximum, jusqu'au besoin « forcé » de climatiser, principalement pour économiser de l'électricité. Nous allons ainsi développer sur le point suivant ce volet économique, mais aussi thermique et esthétique des climatiseurs.

2.2.3. Satisfaction vis-à-vis de la climatisation placée

Dans une logique d'évaluation des systèmes mono-split placés, nous essayons dans ce point de voir la satisfaction des habitants par rapport à leur emplacement. Cette lecture se fait ainsi sur 4 volets : thermique, acoustique, financier et esthétique. Le premier étant la raison principale de son installation, l'aspect acoustique viendra (in)valider les caractéristiques du système, comme développé en amont, ensuite l'aspect financier vient refléter deux critères sur plan économique et de consommation, et enfin esthétique, pour voir si les habitants sont gênés de la présence des unités extérieures ou même de l'aspect général de leur système. Cette question est aussi abordée dans le un même tableau en 4 colonnes d'appréciation avec « oui » ou « non »

Troisième partie : Résultats des expérimentations

pour chaque aspect, comme expliqué en amont, afin de faciliter l'enquête et aussi l'exploitation des résultats. Nous développons ci-après les résultats obtenus.



Graphe 21: Satisfaction vis-à-vis de la climatisation installée. Source: Auteure.

Les résultats de cette enquête révèlent une satisfaction vis-à-vis des climatiseurs mono-split placés sur un plan thermique, esthétique et même acoustique mais une insatisfaction sur plan financier avec plus de 70% des personnes interrogées qui s'en plaignent. Ce système se révèle énergivore pour la majorité des personnes interrogés, multipliant fois 3 la facture d'électricité pendant son usage, surtout estival.

2.2.4. Emplacement des climatiseurs

Le choix d'emplacement des climatiseurs est important sur plusieurs volets, d'abord de confort thermique, vis-à-vis de son impact différencié d'un espace à un autre. Ensuite, esthétique vu l'emplacement anarchique des unités extérieures sur les façades principales.

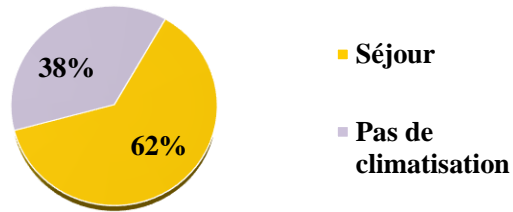
Nous essayons ainsi dans ce point de comprendre les préférences des habitants concernant l'emplacement des climatsieurs, parallèlement aux différents plans, dessinés en amont. Nous choisissons une différenciation de lecture sur 3 cas différents : *bâtiments orientés Nord-Est/Sud-Ouest avec une seule mitoyenneté, bâtiments intermédiaires orientés Nord-Est/Sud-Ouest, et bâtiments intermédiaires orientés Est/Ouest.*

Cas 01: L'architecture de ce type ne donne la possibilité que d'avoir la climatisation en séjour pour pouvoir disposer l'unité extérieure au balcon.

Cas 02 : Dépend des bâtiments, quelques-uns suivent le cas un, d'autres le cas 03.

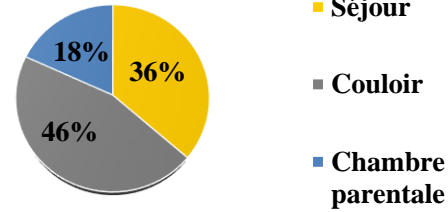
Cas 03 : L'architecture de ce type donne la possibilité d'avoir la climatisation sur le couloir pour desservir toute la maison ou en séjour pour pouvoir disposer l'unité extérieure au b

Cas 01



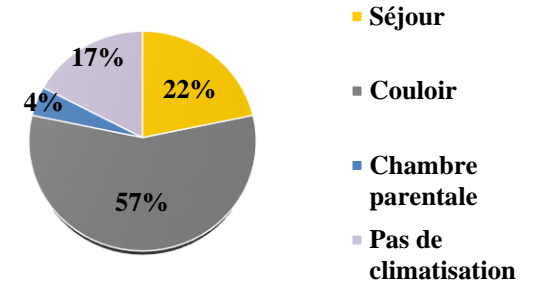
Grphe 22: Emplacement de la climatisation (Bâtiments orientés Nord-Est/ Sud-Ouest avec une seule mitoyenneté). Source: Auteure.

Cas 02



Grphe 23: Emplacement de la climatisation (Bâtiments intermédiaires orientés Nord-Est/ Sud-Ouest). Source: Auteure.

Cas 03



Grphe 24: Emplacement de la climatisation (Bâtiments orientés Est/ Ouest). Source: Auteure.

Architecture type 01 (Cas 01 et 02)

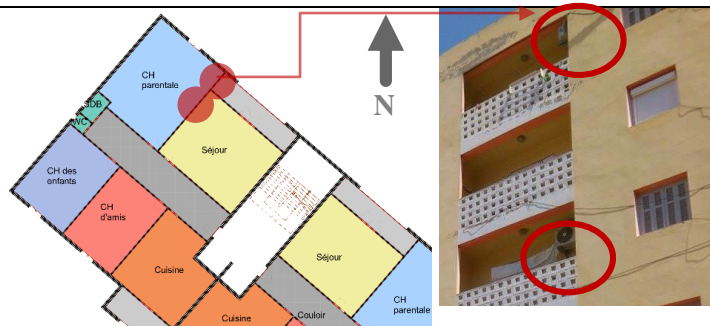


Figure 47: Plan type, cas 01 et 02. Source: Auteure.

Architecture type 02 (Cas 02 et 03)

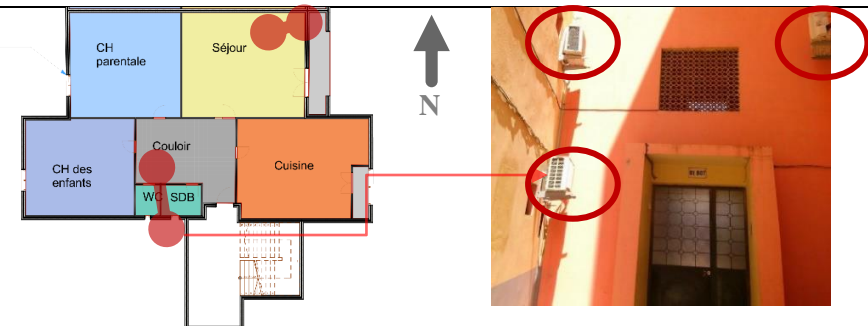


Figure 48: Plan type, cas 02 et 03. Source: Auteure.



Photo 16: Entrée du bâtiment B07. Source: Auteure.

L'enquête nous révèle que :

1. La majorité des personnes habitant les blocs orientés Nord-Est/ Sud-Ouest avec une seule mitoyenneté préfèrent le placer **au séjour**, conséquence direct d'absence d'espace pour l'unité extérieur si placé au couloir (voir le tableau ci-dessus).
2. La majorité des personnes habitant aux blocs orientés Nord-Est/ Sud-Ouest et Est/ Ouest préfèrent installer le climatiseur **au couloir** afin de pouvoir desservir toute la maison. Par recherche d'intimité ou parfois de plus de fraîcheur, certaines personnes préfèrent rajouter d'autres climatiseurs aux chambres.

En conclusion, l'emplacement du climatiseur semble être une conséquence directe de la contrainte d'installation de l'unité extérieure. Toutes les personnes interrogées témoignaient que leur préférence n°01 est le couloir afin de ne pas placer plusieurs climatiseurs dans la maison. Cependant, quelques-uns préfèrent l'installer au couloir et rajouter d'autres aux chambres, par recherche d'intimité.

2.2.5. Fréquence d'utilisation de la climatisation

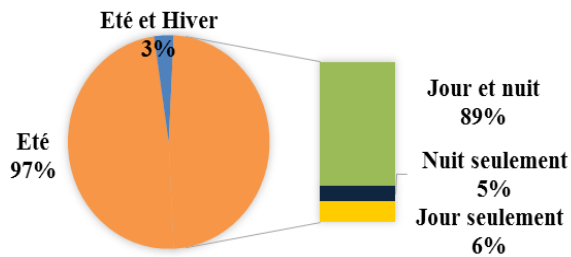
Une fois un ou plusieurs climatiseurs installés, nous nous interrogeons sur la fréquence de leur utilisation. Nous posons ainsi la question suivante :

- « *Quelle est votre fréquence d'utilisation ?* »

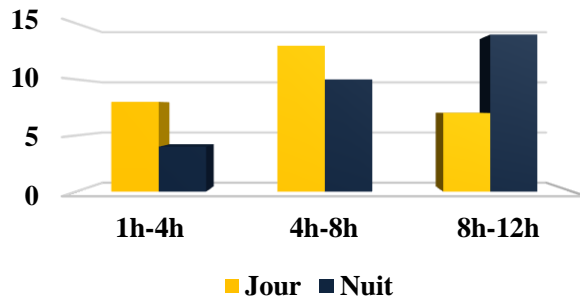
Eté		Hiver	
Journée (heurs / jour)	Nuit (heurs / nuit)	Journée (heurs / jour)	Nuit (heurs / nuit)

L'objectif étant de pouvoir déterminer en premier plan, l'intensité du besoin de climatisation, différencié entre été et hiver . Ensuite, évaluer comparativement la fréquence de son utilisation entre jour et nuit. Cette évaluation se fait ainsi d'abord par nombre d'usage en été et en hiver, parallèlement à la journée et la nuit. Ensuite par heures d'utilisation, comparativement entre jour et nuit.

Les graphes suivants nous révèlent les résultats de l'enquête.



Graph 25: Fréquence d'utilisation du climatiseur entré été et hiver et jour et nuit. Source: Auteure.



Graph 26: Volume horaire de l'utilisation du climatiseur. Source: Auteure.

Dans la recherche de fraîcheur, 97% des personnes interrogées utilisent le climatiseur pendant la période estivale uniquement et ceci en 89% des cas se fait jour et nuit. Alors que 5 % des personnes interrogées l'utilise uniquement la nuit, et 6% uniquement la journée. Le volume horaire de son utilisation semblent être plus important la nuit (Plus de 60% des personnes l'utilisent toute la nuit), alors que pendant la journée on se contente de quelques heures de fraîcheurs afin d'économiser de l'énergie, rapportent une majorité de personnes. Sachant que notre échantillon contient 29% de femmes au foyer, ces dernières préfèrent en général ventiler pendant la journée pour l'allumer à la fin des tâches ménagères avec une fréquence d'utilisation de 4h à 8h. En conclusion, l'ensemble des personnes interrogées semble se soucier du côté financier important dans leur climatisation, et économisent ainsi dans son utilisation. Quelques personnes témoignaient leur intérêt à l'isolation thermique, principalement les habitants du dernier niveau, conséquence de la surchauffe de la toiture. D'autres ont exprimé un penchant vers la ventilation naturelle et la présence de végétation. Une femme employée témoigne : « *Si c'est possible, j'aimerais avoir toute ma façade ouest végétalisée, ainsi je n'aurais plus besoin de climatiser beaucoup* ». Aussi, beaucoup de personnes s'intéressaient à la climatisation solaire, une fois qu'elle leur a été expliquée, et ont exprimé leur volonté de cotiser entre voisins pour placer des panneaux photovoltaïques sur la terrasse.

3. Synthèse des résultats

Etant donné l'importance de l'échantillon de l'enquête et le volume de résultats à croiser par la suite avec les simulations, nous tentons dans ce point de focaliser, de manière synthétique, notre attention sur les appartements simulés sur Ecotect, en amont.

Troisième partie : Résultats des expérimentations

Appart.	Confort thermique			Climatisation de l'appartement																												
	Echelle de confort selon l'indice PMV (vécu)	Confort des espaces/ orientations	Observations																													
1 ^{er} niveau bâtiment A04	+2.5 : moyennement chaud à chaud.	<table border="1"> <caption>Confort des espaces/ orientations - 1^{er} niveau</caption> <thead> <tr> <th>Orientation</th> <th>Espace</th> <th>Confort (0-2)</th> <th>Inconfort (0-2)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">Nord/Est</td> <td>La chambre parentale</td> <td>1.8</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>Loggia séjour</td> <td>1.8</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>Le séjour</td> <td>1.8</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Sud/Ouest</td> <td>Chambre d'amis</td> <td>1.8</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>La chambre des enfants</td> <td>1.8</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>Loggias cuisine</td> <td>1.8</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td></td> <td>La cuisine</td> <td>1.8</td> <td>0.1</td> </tr> </tbody> </table>	Orientation	Espace	Confort (0-2)	Inconfort (0-2)	Nord/Est	La chambre parentale	1.8	0.1	Loggia séjour	1.8	0.1	Le séjour	1.8	0.1	Sud/Ouest	Chambre d'amis	1.8	0.1	La chambre des enfants	1.8	0.1	Loggias cuisine	1.8	0.1		La cuisine	1.8	0.1	Les personnes interrogées trouvent leur appartement confortable mis à part en période de canicule.	<p><i>Climatisation</i> : au séjour, système mono-split, 12000 Btu, installé en 2010, de marque Everest.</p> <p><i>Fréquence d'utilisation du climatiseur</i> : l'après-midi, et 20h à minuit.</p> <p><i>Volonté de rajout</i> : Chambre parentale.</p>
Orientation	Espace	Confort (0-2)	Inconfort (0-2)																													
Nord/Est	La chambre parentale	1.8	0.1																													
	Loggia séjour	1.8	0.1																													
	Le séjour	1.8	0.1																													
Sud/Ouest	Chambre d'amis	1.8	0.1																													
	La chambre des enfants	1.8	0.1																													
	Loggias cuisine	1.8	0.1																													
	La cuisine	1.8	0.1																													
5 ^e niveau bâtiment A04	+2.33 : moyennement chaud à chaud).	<table border="1"> <caption>Confort des espaces/ orientations - 5^e niveau</caption> <thead> <tr> <th>Orientation</th> <th>Espace</th> <th>Confort (0-3)</th> <th>Inconfort (0-3)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">Nord/Est</td> <td>La chambre parentale</td> <td>2.8</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>Loggia séjour</td> <td>2.8</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>Le séjour</td> <td>2.8</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Sud/Ouest</td> <td>Chambre d'amis</td> <td>0.8</td> <td>2.2</td> </tr> <tr> <td>La chambre des enfants</td> <td>0.8</td> <td>0.8</td> </tr> <tr> <td>Loggias cuisine</td> <td>0.8</td> <td>1.2</td> </tr> <tr> <td></td> <td>La cuisine</td> <td>0.8</td> <td>1.2</td> </tr> </tbody> </table>	Orientation	Espace	Confort (0-3)	Inconfort (0-3)	Nord/Est	La chambre parentale	2.8	0.1	Loggia séjour	2.8	0.1	Le séjour	2.8	0.1	Sud/Ouest	Chambre d'amis	0.8	2.2	La chambre des enfants	0.8	0.8	Loggias cuisine	0.8	1.2		La cuisine	0.8	1.2	Les personnes interrogées se sentent plus dans le confort aux espaces orientés nord-est que les espaces orientés sud-ouest en période estivale.	<p><i>Climatisation</i> : absente</p> <p><i>Volonté de rajout</i> : au séjour, 24000 Btu, de marque Samsung, à partir de 2016.</p>
Orientation	Espace	Confort (0-3)	Inconfort (0-3)																													
Nord/Est	La chambre parentale	2.8	0.1																													
	Loggia séjour	2.8	0.1																													
	Le séjour	2.8	0.1																													
Sud/Ouest	Chambre d'amis	0.8	2.2																													
	La chambre des enfants	0.8	0.8																													
	Loggias cuisine	0.8	1.2																													
	La cuisine	0.8	1.2																													

1 ^{er} niveau bâtiments B06	+2 : moyenn ement chaud.	<p>Les personnes interrogées trouvent la cuisine, les balcons et la chambre parentale inconfortables.</p>	<p>Les personnes interrogées trouvent la cuisine, les balcons et la chambre parentale inconfortables.</p>	<p><i>Climatisation</i> : au séjour, système mono-split, 12000 Btu, installé en 2012, de marque Condor.</p> <p><i>Fréquence d'utilisation du climatiseur</i> : 3-4h la journée, et 8h la nuit.</p> <p><i>Volonté de rajout</i> :Chambre parentale.</p>
5 ^e niveau bâtiment B07	+3 : chaud	<p>Les personnes interrogées trouvent uniquement les espaces orientés Est inconfortables mis à part le séjour.</p>	<p>Les personnes interrogées trouvent uniquement les espaces orientés Est inconfortables mis à part le séjour.</p>	<p><i>Climatisation</i> : au séjour, système mono-split, 12000 Btu, installé en 2009, de marque Kiowa</p> <p><i>Fréquence d'utilisation du climatiseur</i> : 24h/24h.</p> <p><i>Volonté de rajout</i> :Couloir.</p>

Tableau 24: Synthèse de l'enquête in situ pour les appartements simulés sur Ecotect. Source: Auteure.

4. Conclusion : Quelle stratégie adopter ?

Devant une généralisation du système mono-split et une insuffisance, voire parfois l'absence de la climatisation, face à un besoin confirmé et une vulnérabilité environnementale, nous posons la question suivante : Quelle(s) stratégie(s) de climatisation adopter dans notre cas d'étude ? Sachant qu'il existe des systèmes mono-split déjà placés. Afin de répondre à cette question, nous allons élaborer dans le point suivant un croisement des deux résultats : simulations et enquête, afin d'allier le besoin de climatisation quantifié et celui des habitants, par rapport à leur vécu de l'espace et aussi leurs préférences d'usage.

Synthèse des expérimentations: Croisement des deux protocoles d'expérimentation et choix du système de climatisation

Etant donné la complexité de l'évaluation du confort thermique et des besoins des usagers, deux protocoles d'expérimentations ont été adoptés. En premier plan, une simulation via Ecotect, et ensuite une enquête in situ.

Le premier outil nous a révélé différentes données chiffrées référant au besoin de confort thermique dans les différents espaces. Nous avons ainsi le besoin de climatisation par rapport à une puissance frigorifique en BTU, et une superficie de panneaux photovoltaïques nécessaire pour répondre à ce besoin via une énergie solaire. Aussi cet outil, nous précise les espaces nécessitant cette climatisation, en rapport à inconfort détecté.

L'enquête d'un autre côté vient nous rapporter un vécu du confort thermique dans l'espace, et les besoins propres des usagers, mais aussi des données relatives à la climatisation placée ou à l'absence de climatisation dans un espace. L'inconfort ressenti, nous révèle ensuite les espaces à climatiser, selon le besoin de l'utilisateur.

Le croisement des deux protocoles nous révèle donc un besoin précis dans un (des) espace(s) donné(s). A travers ce besoin, exprimé en BTU pour une climatisation classique et en m² de panneaux photovoltaïques pour une climatisation solaire, nous allons choisir le système de climatisation adéquat. Ce dernier doit être:

- Suffisamment puissant pour délivrer le froid requis (ni surdimensionné, ni sous dimensionné).
- Un système efficace (qui consomme le moins d'énergie pour la même production de froid).
- Le plus écologique (par rapport à toutes les contraintes, principalement d'espace si système solaire), sinon système à compression conventionnel mais efficace (voir aussi étiquetage énergétique des systèmes de climatisation, développé en amont).

Sur le tableau qui suit, nous verrons le croisement des deux protocoles d'expérimentation.

Troisième partie : Résultats des expérimentations

Appartements Expérimentations	1 ^{er} niveau, bâtiment A04	5 ^e niveau, bâtiment A04	1 ^{er} niveau, bâtiment B06	5 ^e niveau, bâtiment B07
1. Simulations	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La puissance frigorifique [BTU] = 18924,8 BTU. ▪ $S_{\text{panneaux}} = 0.62 \text{ m}^2$ de panneaux solaires. ▪ <u>Espaces</u> : la cuisine et séjour. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La puissance frigorifique [BTU] = 22361,6 BTU. ▪ $S_{\text{panneaux}} = 2.44 \text{ m}^2$ de panneaux solaires. ▪ <u>Espaces</u> : le séjour, le couloir et la cuisine. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La puissance frigorifique [BTU] = 13961,6 BTU. ▪ $S_{\text{panneaux}} = 0.78 \text{ m}^2$ de panneaux solaires. ▪ <u>Espaces</u> : les chambres, le séjour, le couloir et la cuisine. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La puissance frigorifique [BTU] = 22995,2 BTU. ▪ $S_{\text{panneaux}} = 3.66 \text{ m}^2$ de panneaux solaires. ▪ <u>Espaces</u> : les chambres, le séjour, le couloir et la cuisine.
2. Enquête in situ	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <u>Climatisation</u> : au séjour, système mono-split, 12000 Btu, installé en 2010, de marque Everest. ▪ <u>Volonté de rajout</u> : Chambre parentale. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <u>Climatisation</u> : absente ▪ <u>Volonté de rajout</u> : au séjour, 24000 Btu, de marque Samsung, à partir de 2016. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <u>Climatisation</u> : au séjour, système mono-split, 12000 Btu, installé en 2012, de marque Condor. ▪ <u>Volonté de rajout</u> : Chambre parentale. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <u>Climatisation</u> : au séjour, système mono-split, 12000 Btu, installé en 2009, de marque Kiowa ▪ <u>Volonté de rajout</u> : Couloir.
Synthèse (Besoin de climatisation/espace)	6924,8 BTU dans la chambre parentale. $S_{\text{panneaux}} = 0.62 \text{ m}^2$.	22361,6 BTU dans le séjour. $S_{\text{panneaux}} = 2.44 \text{ m}^2$.	1961,6 BTU dans la chambre parentale. $S_{\text{panneaux}} = 0.78 \text{ m}^2$.	10995,2 BTU dans le couloir. $S_{\text{panneaux}} = 3.66 \text{ m}^2$.

Tableau 25: Synthèse des expérimentations et croisements des résultats. Source: Auteure.

Troisième partie : Résultats des expérimentations

La synthèse est ainsi en cas de climatisation classique : la résultante du besoin global de climatisation moins le besoin déjà existant, avec l'emplacement préférentiel des habitants. Et en cas de climatisation solaire, l'ensemble de panneaux solaire nécessaire pour subvenir au besoin de climatisation global. Nous choisissons dans notre cas la climatisation solaire pour les raisons suivantes :

1. Absence de contrainte surfacique pour les panneaux photovoltaïques dans le projet (surface de toiture suffisante),
2. Rayonnement solaire important dans le site (Moyennement 7h/ jour)
3. Solution écologique et à longue durée de vie.
4. Solution flexible avec les systèmes déjà existants.

Nous nous référons ainsi, à la fiche synthèse de climatisation solaire, élaborée en amont. Par conséquent, la climatisation solaire dans notre cas sera couplée à une pompe à chaleur air-air de type bi-split qui permet de combiner une unité extérieure (sur la terrasse) avec deux unités intérieures, une pour chaque appartement. Cette solution écologique et rentable mais qui a pour unique inconvénient le coût du projet. Ce dernier, sera rentabilisé avec le temps, vu l'économie d'énergie et d'électricité. Nous donnons un prix approximatif, sans inclure la subvention de l'APRUE et les batteries solaires nécessaires au fonctionnement du système, tout en supposant des panneaux de type « monocristallin 36 cellules à 90w de chez condor », à 10.003.5 DA/panneau, dans tableau qui suit.

Bâtiments	A04	B06 et B07
Prix du système : Bi-split, 240.000 BTU	150.000 DA	150.000 DA
Prix des panneaux photovoltaïques	<u>Type de panneau choisi :</u> 0.6396m ² /1panneau. <u>Surface de panneaux totale:</u> 3.06 m ² <u>Nombre de panneaux nécessaires :</u> 4.78 → 5 <u>Prix :</u> 50.017.5 DA	<u>Type de panneau choisi</u> 0.6396m ² /1 panneau. <u>Surface de panneaux totale :</u> 3.66 m ² <u>Nombre de panneaux nécessaires :</u> 5.72→6 <u>Prix :</u> 60.021 DA
Total/ bâtiment	200.017,5 DA	210.021 DA
Total de climatisation:410.038,5 DA		

Ceci dit, pour un projet réel le prix est nettement inférieur, en premier lieu parce que le besoin diminue de 50% en utilisant des matériaux d'isolation, notamment pour les étages supérieurs, qui eux consomment le plus actuellement. Aussi, un pourcentage allant de 40% à 70% de subvention est fourni par l'APRUE.

On peut donner, approximativement, avec une consommation inférieure de 50% en incluant l'isolation thermique¹⁴, et donc un prix divisé sur deux, donnant un total de 205.019,25DA.

Sur les 3D qui suivent, nous montrons de manière schématique l'installation du système de climatisation proposé.

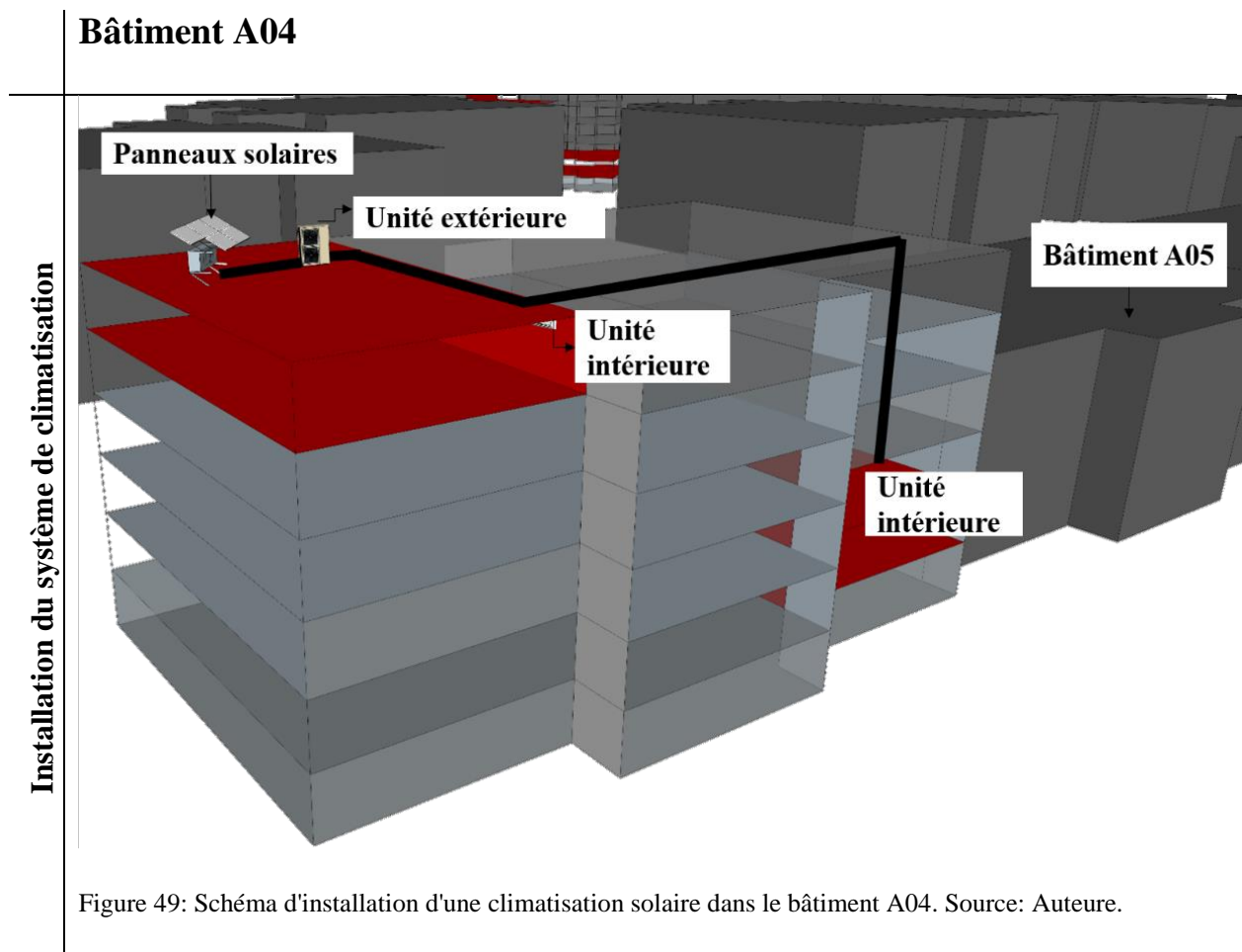


Figure 49: Schéma d'installation d'une climatisation solaire dans le bâtiment A04. Source: Auteure.

¹⁴Tous les détails concernant l'isolation thermique sont sur le didacticiel.

Bâtiment B06 et B07

Installation du système de climatisation

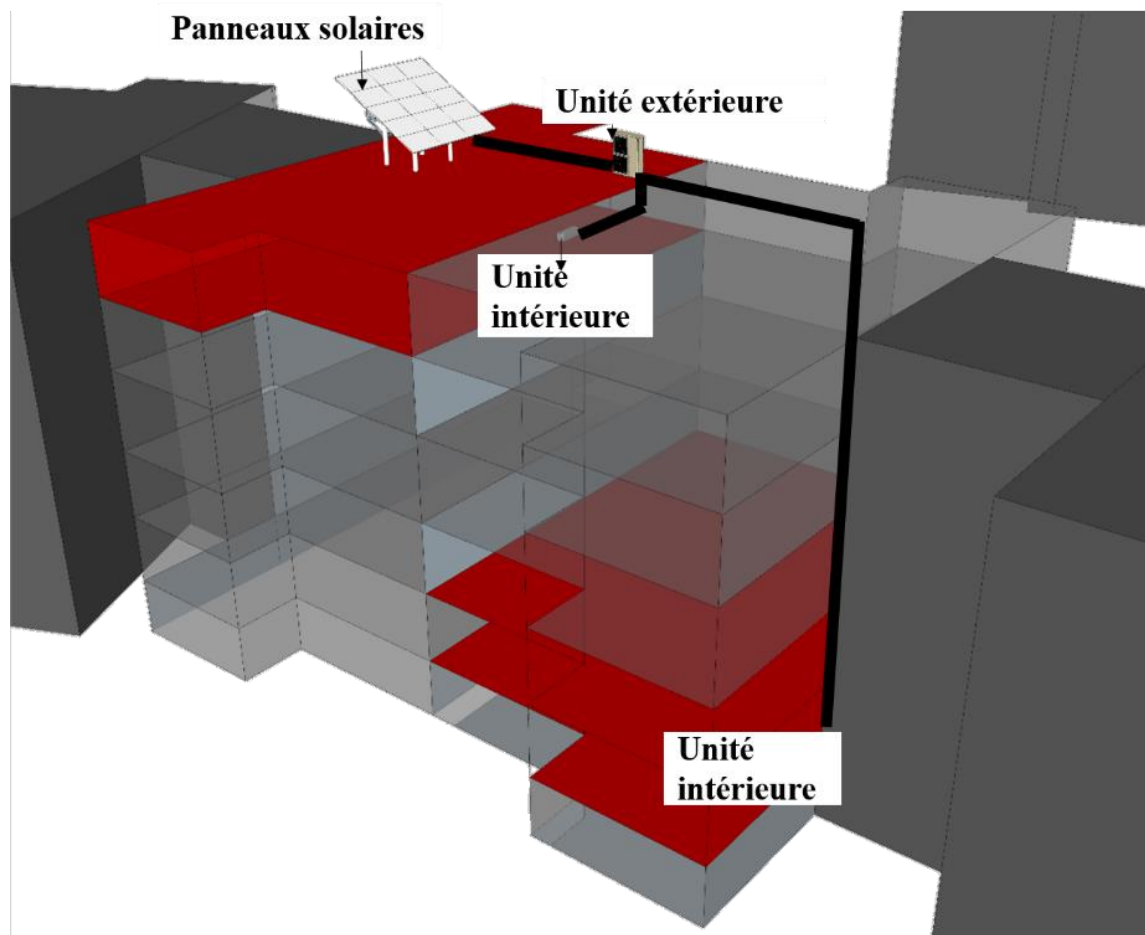


Figure 50: Schéma d'installation d'une climatisation solaire dans les bâtiments B06 ET B07. Source: Auteure.

En conclusion, la climatisation est une des stratégies du confort, mais elle n'est pas pour autant la seule. Un premier point concerne la bonne orientation du bâtiment. Nous avons bien vu que le besoin journalier de climatisation peut se multiplier fois quatre et le prix doubler. Aussi, l'isolation thermique d'un bâtiment est très importante car elle peut diminuer considérablement nos besoins de climatisation et de chauffage.

Conclusion générale: Recommandations et perspectives de la recherche

Le confort thermique est un besoin très important dans tout espace de vie, et c'est une des responsabilités de l'architecte d'y répondre. Il doit maîtriser ainsi les différentes stratégies pour l'atteindre, passives et actives. Nous avons essayé dans cette recherche de survoler l'ensemble, en forme de didacticiel d'aide à la décision, tout en focalisant notre attention sur la climatisation. Sur notre cas d'étude, nous avons élaboré des simulations via Ecotect Analysis 2011 et une enquête in situ, pour enfin croiser les deux résultats et arriver à un choix de système de climatisation adéquat.

Ainsi lors de notre recherche, nos hypothèses émises auparavant ont été confirmées. Il s'est avéré en premier plan qu'un besoin de climatisation mécanique est attesté, devant une insuffisance des dispositifs d'une architecture passive, voire inefficacité dans certaines saisons. Notamment l'absence d'une isolation thermique efficace, et les orientations Est-Ouest.

Aussi, nous avons confirmé l'existence d'alternatives plus efficaces, et surtout plus écologiques et esthétiques que les systèmes mono-split.

Et enfin, nous avons abouti à un didacticiel, conçu comme guide numérique, pour architectes et usagers, afin d'aider et orienter ces deux acteurs dans la prise de décisions vis-à-vis des stratégies de climatisation.

Les perspectives de notre recherche

Nous venons dans cette recherche par un essai de didacticiel, mais loin d'être exhaustif. Cette recherche n'a fait qu'effleurer la surface des différentes stratégies de climatisation existantes. Par conséquent, nous nous trouvons face à beaucoup de points d'interrogations et des pistes futures de développement.

- Il serait éventuellement intéressant dans une autre recherche d'aborder un côté quantitatif plus détaillé, faisant référence à une analyse thermographique, à l'aide d'une caméra thermique.
- Aussi, nous pouvons tenter une étude d'application de ce projet, en collaboration avec des techniciens spécialisés et l'Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie (APRUE).

- Nous pouvons également élargir le champ d'étude pour englober le secteur tertiaire, qui lui aussi est très énergivore en Algérie.
- Il serait en conséquence utile d'élaborer une étude comparative, entre un bâtiment traditionnel (architecture vernaculaire), un bâtiment moderne (béton armé) et un bâtiment à basse consommation énergétique.
- Une étude à grande échelle serait aussi d'un grand apport, vu les avantages économiques et environnementaux des stratégies urbaines de confort thermique.
- Enfin, concernant le didacticiel, plusieurs pistes s'ouvrent à nous. D'abord, une mise à jour et une correction continue. Aussi, nous pouvons associer le didacticiel à un site web et même à une application mobile sur Android et iOS afin de l'ouvrir son contenu à tous les usagers et faciliter sa consultation tout en garantissons son développement continu.

En mot de la fin, nous pouvons affirmer que cette recherche est une longue et passionnante quête de la connaissance, ça été ainsi le moteur qui a soutenu notre désir de finalisation. L'apport a été notamment social face à une volonté de changement et de développement de la part de l'utilisateur.

Bibliographie

La climatisation

1. Actu-Environnement. (2010, Juillet 20). *Climatisation solaire : une technologie prometteuse*. Consulté le Juillet 11, 2015, sur Actu-Environnement.com: <http://www.actu-environnement.com/ae/news/tecsol-climatisation-solaire-installations-techniques-10729.php4>
2. ADEME. (2015, Septembre). *POUR BIEN CHOISIR Les étiquettes environnementales*. Consulté le Juillet 03, 2015, sur <http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/fiche-les-etiquettes-environnementales.pdf>. 21p.
3. Agence Nationale de maitrise de l'énergie (Tunisie). (2010, Novembre). *La mise en place de la réglementation thermique et énergétique en Tunisie: Efficacité énergétique dans le bâtiment*. Consulté le Février 06, 2015, sur http://www.ffem.fr/jahia/webdav/site/ffem/shared/ELEMENTS_COMMUNS/U_ADMINISTRATEUR/5-PUBLICATIONS/Changement_climatique/Plaquette_Tunisie_ReglThermique_fr.pdf. 28p.
4. Amziane, M. (2013-2014). *Etude Comparative Entre Les Systèmes De Climatisation Classiques Et Solaires : Application A La Climatisation D'un Immeuble*. Tlemcen, UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID, Algérie, 150p.
5. Anonyme. (2012, Novembre 15). *Prix d'un plancher chauffant à eau, le guide complet*. Consulté le Juillet 08, 2015, sur Chauffage facile: <http://www.chauffagefacile.com/prix-dun-plancher-chauffant-a-eau-le-guide-complet/>
6. APRUE. (2011). *Chauffe eau solaire*. Consulté le Juillet 04, 2015, sur [aprue.org.dz: http://www.aprue.org.dz/formation%20chauffe-eau%20solaire.html](http://www.aprue.org.dz/formation%20chauffe-eau%20solaire.html)
7. Avenue des spécialistes. (2005-2015). *Guide de la climatisation*. Consulté le Juillet 25, 2015, sur Avenue des spécialistes: http://www.avenuedesspecialistes.com/guide-achat_climatisation,fr,8,18.cfm?visualiser=1

Bibliographie

8. Bellagi, A., & Ben Jemaa, R. (2011). Etude d'une installation de climatisation solaire. Monastir, Unité de Recherche en Thermique et Thermodynamique des Procédés Industriels, Ecole Nationale d'Ingénieurs, Tunisie. Consulté le Février 04, 2015, sur http://www.sft.asso.fr/Local/sft/dir/user-3775/documents/actes/congres_2011/Communications/161.pdf. 6 p.
9. Bendaïkha, W. (2010). La climatisation géothermique: une solution adaptée à l'Algérie. Centre de Développement des Energies Renouvelables. Consulté le Février 04, 2015, sur http://www.cder.dz/vlib/bulletin/pdf/bulletin_017_06.pdf. 2 p.
10. Bouamama, W. (2013). *Au sujet de la politique de l'efficacité énergétique en Algérie : Approche systémique pour un développement durable. Cas du programme ECO-BAT*. Tlemcen: Université Abou-Bakr Belkaid, 130p.
11. Cheilan, R. (2004). *La climatisation solaire, projet de fin d'étude*. Saint-Etienne: Ecole nationale d'ingénieurs de Saint-Etienne, 117p.
12. ClimaMaison. (2015). *Eau glacée*. Consulté le Juillet 28, 2015, sur [Climamaison: http://www.climamaison.com/lexique/eau-glancee.htm](http://www.climamaison.com/lexique/eau-glancee.htm)
13. Comprendre Choisir. (2015). *Plancher chauffant réversible*. Consulté le Juillet 04, 2015, sur [Comprendre Choisir: http://plancher-chauffant.comprendrechoisir.com/comprendre/plancher-chauffant-rafraichissant](http://plancher-chauffant.comprendrechoisir.com/comprendre/plancher-chauffant-rafraichissant)
14. Condor. (2014). *Catalogue des kits solaires*. Consulté le Juillet 07, 2015, sur [condor.dz: http://www.condor.dz/images/pdf/CatalogueDesKitsSolaires.pdf](http://www.condor.dz/images/pdf/CatalogueDesKitsSolaires.pdf). 18p.
15. CYPE Ingenieros, S.A. (2015). *Climatisation et ventilation*. Consulté le Juillet 28, 2015, sur [Algerie Prix: http://www.algerie.prix-construction.info/renovation/Equipements_techniques/Climatisation_et_ventilation/PAC_et_rooftop/TVP020_Unite_air-eau_pompe_a_chaleur_rever.html](http://www.algerie.prix-construction.info/renovation/Equipements_techniques/Climatisation_et_ventilation/PAC_et_rooftop/TVP020_Unite_air-eau_pompe_a_chaleur_rever.html)
16. DAIKIN. (s.d.). *Catalogue commercial*. Consulté le Juillet 06, 2015, sur [daikin.be: http://www.daikin.be/fr/binaries/ECPFR13-200A_LR_DEF_DAB_tcm482-231075.pdf](http://www.daikin.be/fr/binaries/ECPFR13-200A_LR_DEF_DAB_tcm482-231075.pdf). 168p.

Bibliographie

17. Dunn, G., & Knight, I. (s.d.). *Carbon and cooling in uk office environments (Carbone et rafraîchissant dans environnements de bureau en grande bretagne)*. Grande Bretagne: L'Association des Ingénieurs, Lutyens Maison, Weston Favell, l'École galloise d'Architecture, Université de Cardiff, 6p.
18. Green PAC. (2009). *Glossaire pompe à chaleur*. Consulté le Juillet 04, 2015, sur Greenpac: http://greenpac.fr/srub_67-Glossaire-pompe-a-chaleur.html
19. Guendouz, B. (2011-2012). *L'utilisation De L'énergie Solaire Pour Les Besoins De La Climatisation*. TLEMCEN, UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID, Algérie, 164p.
20. Le groupe MASTER, experts de la climatisation, du chauffage, de la qualité de l'air et de la géothermie dans l'est du Canada. (2015). *Petite Histoire de la Climatisation*. Consulté le Mars 29, 2015, sur http://www.master.ca/fr/consommateurs/info_confo/petite_histoire_climatisation.sn
21. Pauchet, W. (Décembre 2007). *La climatisation*. France: Techniques de l'ingénieur. 204 p.
22. Robinet, M. (1970). *La climatisation*. Paris: Presses universitaires de France. 126 pages.
23. SuisseEnergie. (2015). *L'étiquette-énergie pour les climatiseurs À l'usage domestique*. Berne: Office fédéral de l'énergie OFEN. 2p.
24. WebStar Electro. (2015). *Prix des climatiseurs en Algérie*. Consulté le Juillet 04, 2015, sur Webstar-electro.com: <http://webstar-electro.com/climatiseurs/prix-climatiseurs-algerie.ht>

Le confort thermique

1. Daoudi , N. (Le 26 Février 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*. Alger: Thèse de doctorat. EPAU. 376p.
2. Gamal, N. (2010, Décembre 03). *Confort thermique*. Consulté le Mai 09, 2015, sur Ecole Nationale Supérieur d'Architecture de Grenoble: <http://www.grenoble.archi.fr/cours-en-ligne/said/confort-thermique.pdf>. 60 p.

Bibliographie

3. Givoni, B. (1978). *L'homme, l'architecture et le climat*. Paris, France: Le Moniteur. 460 pages.
4. ISO 7730. (1994). *Ambiances thermiques modérées – Détermination des indices PMV et PPD et spécification des conditions de confort*. Paris: AFNOR.
5. Kadri, N., & Mokhtari, A. (2011). Contribution à l'étude de réhabilitation thermique. *Revue des Energies Renouvelables*, 14(2), 301-311.
6. Mazari, M. (2012). *Etude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public: Cad du département d'architecture de Temda (Tizi-Ouzou)*. Tizi-Ouzou: Université Mouloud Mammeri. 167 p.
7. Pajani, D. (2012). *Guide pratique de thermographie du bâtiment* (éd. 1ere). Paris: Eyrolles. 120 p.
8. Princeton Review. (2004-2005). *Cracking the AP Psychology Exam*. New York, p71.

Les mesures passives de confort thermique

1. Anonyme. (s.d.). *La ventilation et l'énergie - Guide pratique pour les architectes*. Récupéré sur http://energie.wallonie.be/servlet/Repository/ventilation_acro4.pdf?ID=3501. 107p. p10-15.
2. Cordier, N. (2007). *Développement et évaluation de stratégie de contrôle de ventilation appliquées aux locaux de grandes dimensions*. Lyon: Thèse de doctorat, Institut national des sciences appliquées de Lyon. 322p.
3. Courgey, S., & Oliva, J. (2010). *La conception bioclimatique, des maisons confortables et économes*. Terre vivante. 239p.
4. Jung, O. (2009). *Approche multicritère numérique et expérimentale de la ventilation et du rafraîchissement*. Lyon: Thèse de doctorat. INSA de Lyon. Unité de recherche : Laboratoire des Sciences de l'Habitat (LASH) Ecole Nationale de Travaux Publics de l'Etat (ENTPE) de Vaulx en Velin. .

Bibliographie

5. Kaoula, D., & Lehtihet, M. (2009). *Construire avec le Climat : Réflexion Sur les Outils D'architectures en Climat Méditerranéen/Cas de la Ville de Jijel, 1st International Conférence on Sustainable Built Environment Infrastructures in Developing Countries*. ENSET Oran (Algeria): SBEIDCO. 8 p.
6. Roulet, C.-A. (2008). *Santé et qualité de l'environnement dans les bâtiments* (éd. 2e édition mise à jour et complétée. Presses Polytechniques Et Universitaires Romandes.). Lausanne, Suisse.: Ingénierie de l'environnement. 362 pages.

Logiciel Ecotect et simulations

1. Aarnes, S., Alinaghizadeh, N., Bihli, M., Heide, V., Langerock, C., Plavina, A., & Severinsen, A. (2011). *ZE+Hytte*. Trondheim: Université norvégienne de sciences et de technologie, 17p.
2. Autodesk. (2015). *Autodesk Ecotect Analysis*. Consulté le Juillet 02, 2015, sur autodesk.fr: <http://www.autodesk.fr/adsk/servlet/pc/index?siteID=458335&id=15062033>
3. Bailliche , O. (Septembre 2014). *Essai d'évaluation des confort thermique et lumineux dans les espaces à patio : Cas des ateliers d'Oscar Niemeyer à l'EPAU*. Alger: Mémoire de master, EPAU. 82p.
4. Boursas, A. (2012-2013). *Etude De L'efficacité Energétique D'un Bâtiment D'habitation A L'aide D'un Logiciel De Simulation*. Constantine, Université Constantine 1 Département de génie climatique, Algérie, 156p.
5. CSTB. (2015). *Thermique TRNSYS*. Consulté le Février 03, 2015, sur logiciels.cstb.fr: <http://logiciels.cstb.fr/Thermique-TRNSYS>
6. Foura, S. (2008). *Simulation des paramètres du confort thermique d'hiver en Algérie*. Constantine: Université Mentouri. 206 p.
7. Hachemi, M. A. (2011). *Exploitation et programmation informatique des documents techniques réglementaires relatifs aux déperditions thermiques de ventilation des bâtiments*. Boumerdes: Université M'hamed BOUGARA, Boumerdes. Faculté des Sciences de

Bibliographie

l'Ingénieur. Récupéré sur dlibrary.univ-boumerdes.dz: dlibrary.univ-boumerdes.dz:8080/.../Hachemi%20Mohamed%20Aziz.pdf. 97p.

8. Parson, K. (1989). *Human thermal environments, Modélisation du comportement thermique de l'homme et de son habitat, une approche de l'étude du confort*. (c. i. Thellier, Éd.) Toulouse, Etude réalisée à l'université Paul Sabatier, France: London : 2nd édition, 2003.

Les données statistiques et climatiques

1. AccuWeather. (2015). *Mahelma*. Consulté le Juillet 01, 2015, sur [accuweather.com](http://www.accuweather.com): <http://www.accuweather.com/fr/dz/mahelma/6499/month/6499?monyr=7/01/2015>
2. APRUE. (2007). *Consommation Energétique Finale de l'Algérie: Chiffres clés Année 2005*. Consulté le Fevrier 3, 2015, sur <http://www.aprue.org.dz/documents/consommation-energetique.pdf>
3. APRUE. (2011, Décembre). *Rapport des indicateurs: Algérie*. Consulté le Février 03, 2015, sur Plan Bleu: http://planbleu.org/sites/default/files/upload/files/5-2-FR_Rapport_indicateurs_Algerie.pdf. 28p.
4. Banque européenne d'investissement. (2008, Juillet). *Etude sur le changement climatique et énergie en Méditerranée*. Consulté le Février 05, 2015, sur BEI (Banque européenne d'investissement): http://www.eib.org/attachments/country/climate_change_energy_mediterranean_fr.pdf. 582p. p 04-10.
5. DGO4 · Architecture et Climat. (2015). *énergieplus*. Consulté le Avril 09, 2015, sur <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10250>
6. Division de technologie de l'environnement et de la production. (2009, Octobre). *Publications*. Consulté le Juillet 06, 2015, sur IFPRI: <http://www.ifpri.org/sites/default/files/publications/pr21fr.pdf>. 30p.
7. El Moudjahid. (2012, Juillet 11). Les algériens et le climatiseur : Quand le luxe devient nécessité.... *El Moudjahid*.

Bibliographie

8. European Commission. (1986). *European passive solar handbook* (Vol. I). United States Air Force. 90p.
9. Frack Free Europe. (2014, Octobre). *Gaz de schiste en Algérie :un nouveau désastre pour la population,une nouvelle rente pour son gouvernement*. Consulté le Février 02, 2015, sur Algeria Watch: http://www.algeria-watch.org/pdf/pdf_fr/gdS-algerie.pdf. 4p.
10. Kitamori, K. (2012, Mars). *Indicateurs, modelisation et perspectives*. Consulté le Février 03, 2015, sur Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE): <http://www.oecd.org/fr/env/indicateurs-modelisation-perspectives/49884240.pdf>. 10 p.
11. Lkeria. (s.d.). *AADL Logement Algérie*. Consulté le Juillet 07, 2015, sur Lkeria.com: <https://www.lkeria.com/AADL-logement-Algerie.php>
12. MATE PNUD FEM. (2011, Décembre). *Seconde Communication Nationale sur les Changements Climatiques à Rio*. Consulté le Février 02, 2015, sur CNTPPDZ: <http://www.cntppdz.com/uploads/changements%20climatiques/Vulnerabilite%20du%20secteur%20de%20la%20sante.pdf>. 4p.
13. Portail Algérien des Energies Renouvelables. (2010). *L'évolution de la demande électrique en Algérie*. Consulté le Février 06, 2015, sur portail.cder: <http://portail.cder.dz/spip.php?article1727>
14. Université de Nîmes. (2012, Septembre 13). *Developpement durable, histoire et origines*. Consulté le Février 02, 2015, sur unimes: http://www.unimes.fr/fr/util/developpement_durable/histoire-et-origines.html
15. US Department of Energy. (2015). *Weather Data*. Consulté le Février 26, 2015, sur Energy.gov: http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/cfm/weather_data3.cfm/region=1_africa_wmo_region_1/country=DZA/cname=Algiers
16. Veyret, Y. (2004). *Education à l'environnement pour un développement durable*. Rouen. 235 p.

Annexe 01 : Questionnaires

1. Questionnaire pré-test

Ce questionnaire cible les habitants d'un logement collectif sur la wilaya d'Alger, en particulier la périphérie. L'objectif de ce questionnaire est d'évaluer le besoin de climatisation chez les habitants dans la recherche de leur confort thermique. Ainsi que les systèmes de climatisation choisis, leur performance, avantages et inconvénients (économiques, esthétiques, ou environnementaux).

Vous êtes âgé (e) entre

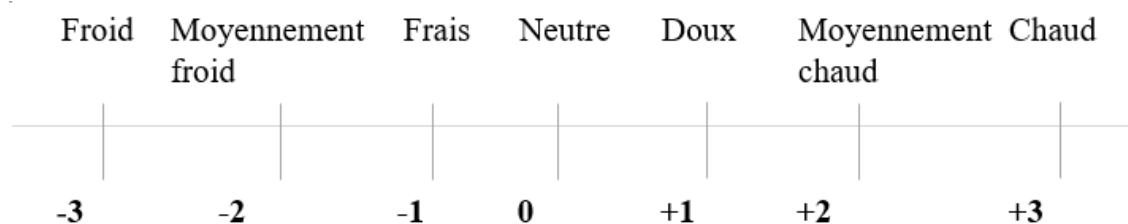
- 18 et 25 ans
- 25 et 50 ans
- 50 ans et plus

Vous êtes

- Etudiant (e)
- Employé (e)
- Chômeur (se)
- Dans la fonction libérale

Vous habitez quel étage ?

Sur quelle échelle qualifieriez-vous votre appartement sur un plan thermique ?



Selon les orientations, quels sont les espaces les moins confortables ?

Annexe 01 : Questionnaires

- La cuisine
- Le séjour
- La chambre des enfants
- La chambre parentale
- Loggias / balcons

Avez-vous un climatiseur chez vous ? Si oui, veuillez remplir le tableau

Espace	Equipé (s) d'un climatiseur	Volonté de changement, ou de rajouts	Puissance [Entre 12000 et 24000 Btu]	Provenance (marque)	Date d'installation (année)	Etiquette énergétique [Entre A et E]	Satisfaction sur plan esthétique		Satisfaction sur plan acoustique		Satisfaction sur plan économique	
							Oui	Non	Oui	Non	Oui	Non
Couloir												
Cuisine												
Séjour												
Chambre parentale												
Chambre des enfants												
Loggias / balcons												

Quelle est votre fréquence d'utilisation ?

Hiver	Eté	Journée	Nuit

D'autres commentaires, observations etc...

Espace	Equipé (s) d'un climatiseur	Volonté de rajouts		Puissance [Entre 12000 et 24000 Btu]	Provenance (marque)	Date d'installation	Satisfaction sur plan thermique		Satisfaction sur plan acoustique		Satisfaction sur plan économique		Satisfaction sur plan esthétique		Observations
		Oui	Non				Oui	Non	Oui	Non	Oui	Non			
Couloir															
Cuisine															
Séjour															
Chambre parentale															
Chambre des enfants															

7. Pour quelle raison avez-vous placé un climatiseur ?

- Recherche de confort thermique
- Eviter les moustiques et la poussière
- Autres :

8. Quelle est l'étiquette énergétique de votre climatiseur ?

- A (économe)
- B
- C
- D
- E
- F
- G (peu économe, énergivore)
- Je ne sais pas

9. Quelle est votre fréquence d'utilisation ?

Eté		Hiver	
Journée (heurs / jour)	Nuit (heurs / nuit)	Journée (heurs / jour)	Nuit (heurs / nuit)

Annexe 02 : Management de projet de master

1. Note de cadrage du projet

IDENTIFICATION DU PROJET	
<p>Identification du Projet : Elaboration d'un mémoire de recherche dans le cadre d'un master en Architecture.</p> <p>Sujet traité : « Proposition d'un guide pour architecte comme outil d'aide à la décision dans les stratégies de climatisation. Cas d'étude : Logements AADL, Mahelma ».</p> <p>Gestionnaire de Projet : GHOUALEM Amira.</p>	<p>Date : Fév.- Octobre 2015.</p> <p>Porteur du Projet : GHOUALEM Amira</p> <p>Encadreur du Projet : Dr DAOUDIN</p>
DESCRIPTION DU PROJET	
Description du Besoin :	<p>Dans ce travail, on cherche à arriver à créer un guide pour architecte ou étudiant en architecture afin de pouvoir prendre en compte le confort thermique dans le projet d'abord par des mesures passives (diminution de la demande de climatisation), et ensuite une évaluation des besoins thermiques (charge de climatisation). Il s'agit donc de donner un listing des mesures passives et actives existantes, notamment les systèmes de climatisation et ensuite une méthodologie d'utilisation d'un logiciel de simulation (Ecotect Analysis) pour le calcul de la charge de climatisation.</p>
Objectifs du projet	<ol style="list-style-type: none"> 1. Evaluer les risques de surchauffe et le potentiel de refroidissement par des mesures passives. 2. Déterminer les besoins en climatisation d'un bâtiment à l'aide d'un logiciel de simulation (Ecotect Analysis 2011). 3. Identifier les différents systèmes de climatisation existants et les critères d'évaluation dans une logique de répertoriage en fiche de chaque famille (classiques et à base d'énergie renouvelable) afin de faciliter le choix et la comparaison entre eux en premier lieu et créer une base de données pour d'éventuelles pistes de recherches dans un second lieu.

	<ol style="list-style-type: none"> 4. Tenter de déterminer les avantages et les inconvénients à chaque système et leur intégration par rapport aux caractéristiques et l'emplacement de l'espace à climatiser. 5. Etablir sur la base des différentes simulations, de l'enquête sur terrain et des résultats obtenus, des recommandations, notamment une fiche synthétique des systèmes retenus, performants sur les trois volets : énergétique, économique et esthétique afin sortir avec une matrice guide d'évaluation thermique et de choix de système de climatisation. 6. Sortir avec un didacticiel comme outil d'aide à la décision pour architectes et usagers.
<p><i>Critères de succès du projet</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Maîtrise du logiciel de simulation. 2. Connaissances en climatisation. 3. Résultats corrects/ hypothèses de recherche. 4. Respect des délais 5. Recherche documentaire et travail sur terrain.
<p><i>Ressources nécessaires</i></p>	<p><u>Ressources humaines :</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Etudiant Master (GHOUALEM Amira). 2. Personnes du domaine (thermicien, architecte thermicien, ingénieur en confort thermique, etc...) exemple de personne : M. CHENAK A, M. HAMITI Y., M. AIT KACI. <p><u>Ressources Matérielles :</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 3. Logiciel Ecotect Analysis 2011. 4. Ouvrages. 5. Ordinateur portable. 6. Papier A4 blanc. 7. Imprimante et cartouches. 8. Réseau Internet. 9. Appareil photo. 10. Déplacements.
<p><i>Contraintes</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Délais. 2. Manque d'information. 3. Difficultés de maîtrise du logiciel.

<p>Responsabilité é</p>	<p><u>Responsabilité de l'étudiant :</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Définition du sujet dans toutes ses dimensions. 2. Recherche documentaire. 3. Rédaction du corps de la recherche. 4. Questionnaires et visite in situ. 5. Formation dans le logiciel Ecotect Analysis 2011. 6. Correction et levée des réserves portées par l'encadreur. <p><u>Responsabilité de l'encadreur :</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 7. Suivi et correction du travail. 8. Orientation de l'étudiant dans le travail : sources bibliographiques, dimensions du sujet etc... 9. Signer les lettres d'introduction pour les organismes consultés. 10. Vérifier le travail par rapport aux objectifs de départ. <p><u>Responsabilité de l'école (EPAU) :</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 11. Signature des lettres d'introduction. <p>Organisation et programmation de la soutenance.</p>		
<p>Budget Alloué au Projet</p>	<p>Ressource</p>	<p>Quantité [Nombre]</p>	<p>Somme [DA]</p>
	<p>Ordinateur portable.</p>	<p>01 (Marque Asus)</p>	<p>100.000 DA</p>
	<p>Papier A4 blanc.</p>	<p>4 rames</p>	<p>400*4= 1600 DA</p>
	<p>Imprimante</p>	<p>01 (Marque Brother)</p>	<p>25.000 DA</p>
	<p>Cartouches</p>	<p>10 paquets (1 paquet : Bleu, Cyan, Noir, Magenta)</p>	<p>600*10= 6000 DA</p>
	<p>Réseau internet</p>	<p>08 mois, réseau 1Mo</p>	<p>1600*8= 12800 DA</p>
	<p>Appareil photo</p>	<p>01</p>	<p>15.000 DA</p>
	<p>Estimatif total</p>		<p>160.400 DA</p>
<p>Jalons principaux</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Collecte de la documentation sur les systèmes de climatisation. 2. Trie de la documentation. 3. Recherche de logiciels de simulation. 4. Consultation des spécialistes. 5. Rédaction du Chapitre1 6. Rédaction du Chapitre2 (Cas d'étude) 		

	<ol style="list-style-type: none"> 7. Formation Ecotect Analysis 2011. 8. Rédaction du chapitre2 9. Enquête in situ 10. Modélisation de l'échantillon d'étude sur Ecotect 11. Rédaction du Chapitre3 (Expérimentation) 12. Interprétation des résultats 13. Rédaction de la conclusion 14. Révision des chapitres 01 et 02 15. Révision du chapitre Introductif 16. Préparation de la présentation PowerPoint 17. Préparation à l'oral 18. Mise en page du mémoire 19. Impression du mémoire 20. Dépôt du mémoire 21. Soutenance.
APPROBATION DE LA NOTE DE CADRAGE DU PROJET	
<i>Nom du Porteur du projet : GHOUALEM Amira.</i>	
Action :	<i>Approuvé / Rejeté</i>
Commentaires	
Signature	<i>/ Date : Février 2015.</i>

2. Planning et phasage

Tâches/ délais	Fevrier			Mars			Avril			Mai			Juin			Juillet			Août			Septembre		Octobre	
	2ème S	3ème S	4ème S	1ère S	2ème S	3ème S	1ère S	2ème S	3ème S	4ème S	1ère S	2ème S	3ème S	4ème S	1ère S	2ème S	3ème S	4ème S	1ère S	2ème S	3ème S	4ème S	1ère S	2ème S	
Collecte de la documentation sur les systèmes de																									
Trie de la documentation																									
Recherche de logiciels de simulation																									
Consultation des spécialistes										Marge															
Formation Cibat																									
Revoir le titre, la problématique et la méthodologie de recherche																									
Rédaction du Chapitre1								Chapitre 01			Marge														
Rédaction du Chapitre2 (Cas d'étude)													Chapitre 02		Marge										
Formation Ecotect Analysis 2011																									
Modilisation de l'échantillon d'étude sur Ecotect																									
Simulations												Simulations		Marge											
Vistite sur site et questionnaires														Enquête											
Rédaction du Chapitre3 (Expérimentation)																	Chapitre 03								
Rédaction de la conclusion																									
Annexes																									
Révision des chapitres 01 et 02																									
Revision ou chapitre																									
Introductif																									
Préparation de la présentation PowerPoint																									
Préparation à l'oral																									
Mise en page du mémoire																									
Impression du mémoire																									
Dépôt du mémoire																									
Soutenance																									

