

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université 8 Mai 1945 Guelma



Faculté Sciences et technologie
Département d'architecture
Laboratoire de génie civile et d'hydraulique –LGCH–

THÈSE

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE DOCTORAT LMD

Domaine : Architecture, urbanisme, et métiers de la ville
Filière : Architecture
Spécialité : Architecture

Présentée par

MOKHNACHE Nardjesse

Intitulé

IMPACT DE L'ENVELOPPE DU BATIMENT SUR SON EFFICIENCE ENERGETIQUE – CAS DES
LOTISSEMENTS- GUELMA –
IMPACT OF BUILDING ENVELOPPE ON ENERGY EFFICIENCY ON THE BUILDING – CASE OF
STUDY – ALLOTMENTS- GUELMA-

Soutenue le : 23-02-2023

Devant le Jury composé de :

Nom et Prénom

Grade

| | | | |
|------------------------|------------|------------------------|--------------|
| Mr LAZRI Youcef | Professeur | Univ. de Guelma | Président |
| Mr ALKAMA Djamel | Professeur | Univ. de Guelma | Rapporteur |
| Mme BENHASSINE Nassira | Professeur | Univ. de Constantine 3 | Examineur |
| Mme HARIDI Fatma Zohra | Professeur | Univ. de Guelma | Examinatrice |
| Mme SALAH SALAH Hana | M.C.A | Univ. de Guelma | Examinatrice |

Année Universitaire : 2022/2023

*A mes parents pour leurs soutien et encouragements...qu'ALLAH vous protège et
garde pour moi, vous êtes ma bénédiction.*

Remerciement

Tout d'abord nous remercions le bon Dieu de nous avoir donné la force et la volonté de débiter et de terminer ce modeste travail, tout en espérant qu'il soit bon et acceptable.

*Mes plus vifs remerciements à mon directeur de thèse **Pr ALKAMA Djamel** qui m'a encouragé et soutenu tout au long de ce travail, pour sa disponibilité, ses précieuses orientations, et surtout ses conseils qui m'ont été d'un précieux secours. La pleine confiance qu'il m'a accordée m'a permis d'élaborer un travail de recherche propre à mes aspirations.*

*Mes remerciements les plus distinguées vont aussi à : **Dr HARIDI Fatima Zohra, Dr SALAH SALAH Hana** et au **BENHASSINE Nassira** , **Pr LAZRI Youcef** pour avoir accepté d'évaluer ce modeste travail.*

Mon profond respect et reconnaissance vont à mes chers et tendres parents Ouarda, et Djamel, ma sœur Meriem, mes frères Wassim et Nabil, de m'avoir encouragé pour mener à bien ce travail de recherche et de m'avoir aidé de tous les moyens dont ils disposaient.

A mon époux Med Ali, pour sa présence, son soutien et son aide inestimable, merci d'avoir cru en moi, et encourager à aller de l'avant.

Ma gratitude va à mon fils Yanis ainsi qu'à mes neveux, Jade et Layane votre présence et vos sourires ont égayé les moments les plus dure de cette recherche.

Au final, je remercie mon beau père Ahmed, pour son soutien et sa gentillesse. Ainsi que toute ma belle-famille, et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

RESUME

Depuis l'aube de l'histoire l'être humain cherche à s'abriter pour se protéger des aléas de la nature, l'habitat humain a énormément évolué sans prendre en considération l'environnement qui l'entoure ce qui a engendré une empreinte écologique croissante au fil des années causant le déséquilibre des écosystèmes, et la détérioration de l'environnement par les émissions de gaz à effet de serre, et le réchauffement climatique.

Dans sa recherche de bien être l'homme édifie des constructions souvent qualifiées d'énergivores à fin d'assouvir ses besoins et ses caprices. En effet la consommation énergétique propre n'est que de 5% en énergies renouvelable pour 95% d'énergie fossile à laquelle le monde est devenu dépendant malgré les répercussions hideuses qu'elle cause sur l'environnement par l'accoisement des émissions de gaz à effet de serre.

Les émissions de gaz à effet de serre du au parc immobilier à l'échelle mondiale est la plus élevée par rapport aux autres secteurs, ce qui conduit à une prise de conscience mondiale sous laquelle le monde entier a entrepris un nouveau combat : diminuer la consommation énergétique.

L'Algérie a l'instar des autres pays du monde s'est engagé dans cette voie, pour diminuer la consommation énergétique le cheval de bataille semble être le secteur résidentiel qui est le consommateur majeur de l'énergie au niveau national.

La ville de Guelma est caractérisée par un climat semi-aride qui cause des situations d'inconfort thermique à l'intérieur des espaces habitables suite aux quelles les habitants cherchent à améliorer les conditions thermiques intérieur par le biais de moyens mécaniques de chauffage et de climatisation sans se soucier de la consommation énergétique.

Comme remède à cette situation l'enveloppe performante du bâtiment semble être la meilleure solution dans le but de diminuer la consommation énergétique et rehausser l'efficience énergétique de l'habitation individuelle à Guelma.

Pour se faire dans cette recherche nous avons effectué une étude porté sur le climat, le bâtiment, et le cadre résidentiel à Guelma, et ce dans le but de déterminer les caractéristiques de l'enveloppe du bâtiment propice à l'efficience énergétique et au confort thermique intérieur.

La méthodologie de travail retenue est basée sur la combinaison de deux approches, la première est qualitative fondé sur la construction d'un soubassement théorique au quel vient s'ajouter une analyse de cadre résidentiel autoproduit dans les lotissements planifiés à Guelma projeter sur un ensemble d'habitations dans trois lotissements planifiés.

La deuxième approche est quantitative, ça nous a servis à quantifier les besoins énergétiques suivant une campagne de mesure insitu, une interprétation des résultats de cette campagne de mesure, qui était comparer au référentiel théorique sur le logiciel TRNSYS pour effectuer une série de simulation dans le but de déterminer les besoins énergétiques dans les habitations étudiées pour par la suite proposer des solutions d'amélioration de la performance de l'enveloppe.

Cette recherche nous a permis de déterminer une stratégie d'amélioration de la performance de l'enveloppe du bâtiment par le biais de procédés bioclimatiques innovants pour améliorer l'efficacité énergétique, et assurer le confort thermique intérieur dans l'habitation individuelle à Guelma.

MOTS CLES

Enveloppe performante, efficacité énergétique, habitation, consommation énergétique, procédés bioclimatiques, Guelma, Algérie.

ABSTRACT

Since the dawn of history, human beings have sought shelter to protect themselves from the hazards of nature. The human habitat has evolved enormously without taking into consideration the environment that surrounds it, which has led to a growing ecological footprint over the years, causing the imbalance of ecosystems and the deterioration of the environment through greenhouse gas emissions and global warming.

In his search for well-being, man builds constructions that are often qualified as energy consuming in order to satisfy his needs and whims. Indeed, the clean energy consumption is only 5% in renewable energies for 95% of fossil energy to which the world has become dependent despite the hideous repercussions that it causes on the environment by the accoissement of greenhouse gas emissions.

Greenhouse gas emissions from the real estate sector are the highest in the world compared to other sectors, which leads to a global awareness under which the whole world has undertaken a new fight: to reduce energy consumption.

Algeria, like other countries in the world, is committed to this path, to reduce energy consumption the battle horse seems to be the residential sector which is the major consumer of energy at national level.

The city of Guelma is characterized by a semi-arid climate which causes situations of thermal discomfort inside the dwelling spaces as a result of which the inhabitants seek to improve the thermal conditions inside by the ticket of mechanical means of heating and air conditioning without worrying about energy consumption.

As a remedy to this situation the performing envelope of the building seems to be the best solution in order to decrease the energy consumption and to raise the energy efficiency of the individual dwelling in Guelma.

To do this in this research we have conducted a study on the climate, the building, and the residential setting in Guelma in order to determine the characteristics of the building envelope conducive to energy efficiency and indoor thermal comfort.

The methodology of work retained is based on the combination of two approaches, the first and qualitative based on the construction of a theoretical base to which comes to be added an analysis of residential framework self-produced in the planned subdivision in Guelma projected on a set of dwellings in three planned subdivision.

The second approach is quantitative, it served to quantify the energy needs following a measurement campaign in-situ, an interpretation of the results of this measurement campaign,

which was confronted with the TRNSYS software to perform a series of simulation in order to determine the energy needs in the dwellings studied for subsequently proposing solutions for improving the performance of the envelope.

This research has allowed us to determine a strategy for improving the performance of the building envelope by the ticket of bioclimatic processes to improve energy efficiency, and ensure indoor thermal comfort in the individual dwelling in Guelma.

KEY WORDS

Performing envelope, energy efficiency, dwelling, energy consumption, bioclimatic processes, Guelma, Algeria.

ملخص

منذ فجر التاريخ، لجأ البشر إلى المأوى من تقلبات الطبيعة، وتغير الموئل البشري بشكل كبير دون مراعاة البيئة المحيطة به، مما خلق بصمة بيئية متزايدة على مر السنين مما تسبب في عدم توازن النظم البيئية، والتدهور البيئي من خلال انبعاثات غازات الاحتباس الحراري والاحتباس العالمي.

في بحثه عن الرفاهية، يبني الإنسان المباني التي غالبًا ما توصف بأنها تستهلك الطاقة من أجل تلبية احتياجاته وأهواءه. في الواقع، يمثل استهلاك الطاقة النظيفة 5% فقط من الطاقة المتجددة لـ 95% من الطاقة الأحفورية التي أصبح العالم يعتمد عليها على الرغم من التداعيات البشعة التي يسببها على البيئة من خلال تراكم انبعاثات غازات الاحتباس الحراري.

انبعاثات غازات الاحتباس الحراري من مخزون الإسكان العالمي هي الأعلى مقارنة بالقطاعات الأخرى، مما يؤدي إلى وعي عالمي خاض العالم بأسره في ظل معركة جديدة: للحد من استهلاك الطاقة.

وشرعت الجزائر، شأنها شأن بلدان العالم الأخرى، في السير على هذا الطريق، من أجل الحد من استهلاك الطاقة، يبدو أن حصان القتال هو القطاع السكني الذي يعد المستهلك الرئيسي للطاقة على المستوى الوطني.

تتميز مدينة قالمة بمناخ شبه قاحل يسبب انزعاجًا حراريًا داخل مساحات المعيشة، ونتيجة لذلك يسعى السكان إلى تحسين الظروف الحرارية الداخلية من خلال الوسائل الميكانيكية للتدفئة وتكييف الهواء دون القلق بشأن استهلاك الطاقة. كعلاج لهذه الحالة، يبدو أن غلاف المبنى الفعال هو أفضل حل من أجل تقليل استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة الطاقة في المنزل الفردي في قالمة.

في هذا البحث أجرينا دراسة حول المناخ والبناء والأماكن السكنية في قالمة بهدف تحديد خصائص غلاف المبنى المواتي لكفاءة الطاقة والراحة الحرارية الداخلية.

تستند منهجية العمل المختارة إلى الجمع بين نهجين، الأول والنوعي القائم على بناء قاعدة نظرية يضاف إليها تحليل للإطار السكني المنتج ذاتيًا في التقسيمات الفرعية المخطط لها لمشروع قالمة على مجموعة من المنازل في ثلاث تقسيمات فرعية مخطط لها.

النهج الثاني هو كمي، الذي خدمنا لتحديد كمية احتياجات الطاقة وفقا لمرافق قياس في الموقع، تفسير لنتائج رقيق القياس هذا، وهو استخدام برنامج TRNSYS لإجراء سلسلة من عمليات المحاكاة من أجل تحديد متطلبات الطاقة في المنازل المدروسة ثم اقتراح حلول لتحسين أداء الظرف.

سمح لنا هذا البحث بتحديد استراتيجيات لتحسين أداء غلاف المبنى من خلال استخدام العمليات المناخية الحيوية لتحسين كفاءة الطاقة، وضمان الراحة الحرارية الداخلية في المنزل الفردي في قالمة.

الكلمات المفتاحية

أداء غلاف المبنى ، كفاءة الطاقة، المنزل الفردي ، استهلاك الطاقة، العمليات المناخية الحيوية ، قالمة الجزائر.

*A mes parents pour leurs soutien et encouragements...qu'ALLAH vous protège et
garde pour moi, vous êtes ma bénédiction.*

Remerciement

Tout d'abord nous remercions le bon Dieu de nous avoir donné la force et la volonté de débiter et de terminer ce modeste travail, tout en espérant qu'il soit bon et acceptable.

*Mes plus vifs remerciements à mon directeur de thèse **Pr ALKAMA Djamel** qui m'a encouragé et soutenu tout au long de ce travail, pour sa disponibilité, ses précieuses orientations, et surtout ses conseils qui m'ont été d'un précieux secours. La pleine confiance qu'il m'a accordée m'a permis d'élaborer un travail de recherche propre à mes aspirations.*

*Mes remerciements les plus distinguées vont aussi à : **Dr HARIDI Fatima Zohra, Dr SALAH SALAH Hana** et au **BENHASSINE Nassira** , **Pr LAZRI Youcef** pour avoir accepté d'évaluer ce modeste travail.*

Mon profond respect et reconnaissance vont à mes chers et tendres parents Ouarda, et Djamel, ma sœur Meriem, mes frères Wassim et Nabil, de m'avoir encouragé pour mener à bien ce travail de recherche et de m'avoir aidé de tous les moyens dont ils disposaient.

A mon époux Med Ali, pour sa présence, son soutien et son aide inestimable, merci d'avoir cru en moi, et encourager à aller de l'avant.

Ma gratitude va à mon fils Yanis ainsi qu'à mes neveux, Jade et Layane votre présence et vos sourires ont égayé les moments les plus dure de cette recherche.

Au final, je remercie mon beau père Ahmed, pour son soutien et sa gentillesse. Ainsi que toute ma belle-famille, et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

RESUME

Depuis l'aube de l'histoire l'être humain cherche à s'abriter pour se protéger des aléas de la nature, l'habitat humain a énormément évolué sans prendre en considération l'environnement qui l'entoure ce qui a engendré une empreinte écologique croissante au fil des années causant le déséquilibre des écosystèmes, et la détérioration de l'environnement par les émissions de gaz à effet de serre, et le réchauffement climatique.

Dans sa recherche de bien être l'homme édifie des constructions souvent qualifiées d'énergivores à fin d'assouvir ses besoins et ses caprices. En effet la consommation énergétique propre n'est que de 5% en énergies renouvelable pour 95% d'énergie fossile à laquelle le monde est devenu dépendant malgré les répercussions hideuses qu'elle cause sur l'environnement par l'accoisement des émissions de gaz à effet de serre.

Les émissions de gaz à effet de serre du au parc immobilier à l'échelle mondiale est la plus élevée par rapport aux autres secteurs, ce qui conduit à une prise de conscience mondiale sous laquelle le monde entier a entrepris un nouveau combat : diminuer la consommation énergétique.

L'Algérie a l'instar des autres pays du monde s'est engagé dans cette voie, pour diminuer la consommation énergétique le cheval de bataille semble être le secteur résidentiel qui est le consommateur majeur de l'énergie au niveau national.

La ville de Guelma est caractérisée par un climat semi-aride qui cause des situations d'inconfort thermique à l'intérieur des espaces habitables suite aux quelles les habitants cherchent à améliorer les conditions thermiques intérieur par le biais de moyens mécaniques de chauffage et de climatisation sans se soucier de la consommation énergétique.

Comme remède à cette situation l'enveloppe performante du bâtiment semble être la meilleure solution dans le but de diminuer la consommation énergétique et rehausser l'efficience énergétique de l'habitation individuelle à Guelma.

Pour se faire dans cette recherche nous avons effectué une étude porté sur le climat, le bâtiment, et le cadre résidentiel à Guelma, et ce dans le but de déterminer les caractéristiques de l'enveloppe du bâtiment propice à l'efficience énergétique et au confort thermique intérieur.

La méthodologie de travail retenue est basée sur la combinaison de deux approches, la première est qualitative fondé sur la construction d'un soubassement théorique au quel vient s'ajouter une analyse de cadre résidentiel autoproduit dans les lotissements planifiés à Guelma projeter sur un ensemble d'habitations dans trois lotissements planifiés.

La deuxième approche est quantitative, ça nous a servis à quantifier les besoins énergétiques suivant une campagne de mesure insitu, une interprétation des résultats de cette campagne de mesure, qui était comparer au référentiel théorique sur le logiciel TRNSYS pour effectuer une série de simulation dans le but de déterminer les besoins énergétiques dans les habitations étudiées pour par la suite proposer des solutions d'amélioration de la performance de l'enveloppe.

Cette recherche nous a permis de déterminer une stratégie d'amélioration de la performance de l'enveloppe du bâtiment par le biais de procédés bioclimatiques innovants pour améliorer l'efficacité énergétique, et assurer le confort thermique intérieur dans l'habitation individuelle à Guelma.

MOTS CLES

Enveloppe performante, efficacité énergétique, habitation, consommation énergétique, procédés bioclimatiques, Guelma, Algérie.

ABSTRACT

Since the dawn of history, human beings have sought shelter to protect themselves from the hazards of nature. The human habitat has evolved enormously without taking into consideration the environment that surrounds it, which has led to a growing ecological footprint over the years, causing the imbalance of ecosystems and the deterioration of the environment through greenhouse gas emissions and global warming.

In his search for well-being, man builds constructions that are often qualified as energy consuming in order to satisfy his needs and whims. Indeed, the clean energy consumption is only 5% in renewable energies for 95% of fossil energy to which the world has become dependent despite the hideous repercussions that it causes on the environment by the accoissement of greenhouse gas emissions.

Greenhouse gas emissions from the real estate sector are the highest in the world compared to other sectors, which leads to a global awareness under which the whole world has undertaken a new fight: to reduce energy consumption.

Algeria, like other countries in the world, is committed to this path, to reduce energy consumption the battle horse seems to be the residential sector which is the major consumer of energy at national level.

The city of Guelma is characterized by a semi-arid climate which causes situations of thermal discomfort inside the dwelling spaces as a result of which the inhabitants seek to improve the thermal conditions inside by the ticket of mechanical means of heating and air conditioning without worrying about energy consumption.

As a remedy to this situation the performing envelope of the building seems to be the best solution in order to decrease the energy consumption and to raise the energy efficiency of the individual dwelling in Guelma.

To do this in this research we have conducted a study on the climate, the building, and the residential setting in Guelma in order to determine the characteristics of the building envelope conducive to energy efficiency and indoor thermal comfort.

The methodology of work retained is based on the combination of two approaches, the first and qualitative based on the construction of a theoretical base to which comes to be added an analysis of residential framework self-produced in the planned subdivision in Guelma projected on a set of dwellings in three planned subdivision.

The second approach is quantitative, it served to quantify the energy needs following a measurement campaign in-situ, an interpretation of the results of this measurement campaign,

which was confronted with the TRNSYS software to perform a series of simulation in order to determine the energy needs in the dwellings studied for subsequently proposing solutions for improving the performance of the envelope.

This research has allowed us to determine a strategy for improving the performance of the building envelope by the ticket of bioclimatic processes to improve energy efficiency, and ensure indoor thermal comfort in the individual dwelling in Guelma.

KEY WORDS

Performing envelope, energy efficiency, dwelling, energy consumption, bioclimatic processes, Guelma, Algeria.

ملخص

منذ فجر التاريخ، لجأ البشر إلى المأوى من تقلبات الطبيعة، وتغير الموثل البشري بشكل كبير دون مراعاة البيئة المحيطة به، مما خلق بصمة بيئية متزايدة على مر السنين مما تسبب في عدم توازن النظم البيئية، والتدهور البيئي من خلال انبعاثات غازات الاحتباس الحراري والاحتزاز العالمي.

في بحثه عن الرفاهية، يبني الإنسان المباني التي غالبًا ما توصف بأنها تستهلك الطاقة من أجل تلبية احتياجاته وأهواءه. في الواقع، يمثل استهلاك الطاقة النظيفة 5% فقط من الطاقة المتجددة لـ 95% من الطاقة الأحفورية التي أصبح العالم يعتمد عليها على الرغم من التداعيات البشعة التي يسببها على البيئة من خلال تراكم انبعاثات غازات الاحتباس الحراري.

انبعاثات غازات الاحتباس الحراري من مخزون الإسكان العالمي هي الأعلى مقارنة بالقطاعات الأخرى، مما يؤدي إلى وعي عالمي خاض العالم بأسره في ظل معركة جديدة: للحد من استهلاك الطاقة.

وشرعت الجزائر، شأنها شأن بلدان العالم الأخرى، في السير على هذا الطريق، من أجل الحد من استهلاك الطاقة، يبدو أن حصان القتال هو القطاع السكني الذي يعد المستهلك الرئيسي للطاقة على المستوى الوطني.

تتميز مدينة قالمة بمناخ شبه قاحل يسبب انزعاجًا حراريًا داخل مساحات المعيشة، ونتيجة لذلك يسعى السكان إلى تحسين الظروف الحرارية الداخلية من خلال الوسائل الميكانيكية للتدفئة وتكييف الهواء دون القلق بشأن استهلاك الطاقة. كعلاج لهذه الحالة، يبدو أن غلاف المبنى الفعال هو أفضل حل من أجل تقليل استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة الطاقة في المنزل الفردي في قالمة.

في هذا البحث أجرينا دراسة حول المناخ والبناء والأماكن السكنية في قالمة بهدف تحديد خصائص غلاف المبنى المواتي لكفاءة الطاقة والراحة الحرارية الداخلية.

تستند منهجية العمل المختارة إلى الجمع بين نهجين، الأول والنوعي القائم على بناء قاعدة نظرية يضاف إليها تحليل للإطار السكني المنتج ذاتيًا في التقسيمات الفرعية المخطط لها لمشروع قالمة على مجموعة من المنازل في ثلاث تقسيمات فرعية مخطط لها.

النهج الثاني هو كمي، الذي خدمنا لتحديد كمية احتياجات الطاقة وفقا لمرافق قياس في الموقع، تفسير لنتائج رقيق القياس هذا، وهو استخدام برنامج TRNSYS لإجراء سلسلة من عمليات المحاكاة من أجل تحديد متطلبات الطاقة في المنازل المدروسة ثم اقتراح حلول لتحسين أداء الظرف.

سمح لنا هذا البحث بتحديد استراتيجيات لتحسين أداء غلاف المبنى من خلال استخدام العمليات المناخية الحيوية لتحسين كفاءة الطاقة، وضمان الراحة الحرارية الداخلية في المنزل الفردي في قالمة.

الكلمات المفتاحية

أداء غلاف المبنى ، كفاءة الطاقة، المنزل الفردي ، استهلاك الطاقة، العمليات المناخية الحيوية ، قالمة الجزائر.

Table des matières

Introduction générale

Problématique

Hypothèse de travail

Objectifs de la recherche

Etat de l'Art

Contextualisation de l'objectif de recherche

Méthodologie de la recherche

Structure de la thèse

CHAPITRE I

LE BATIMENT ET LE CLIMAT

| | |
|---|----|
| Introduction | 16 |
| I. LE CLIMAT | 17 |
| I.1 rappel des notions de base a propos du climat | 17 |
| I.2. Les éléments du climat | 17 |
| I.2.1. Le soleil | 17 |
| I.2.1.1. Le rayonnement solaire | 18 |
| I.2.1.2. La température de l'air | 18 |
| I.2.1.3. L'humidité relative | 19 |
| I.2.1.4. L'évaporation | 19 |
| I.2.1.5. Les précipitations | 19 |
| I.2.1.6. Le vent | 20 |
| I.2.1.7. La végétation | 20 |

| | | |
|---------|---|----|
| I.3. | Classification du climat dans le monde | 20 |
| I.4. | La classification climatique à partir des indices | 25 |
| I.4.1. | Classification à partir de l'indice d'aridité | 25 |
| I.5. | Impact de l'homme sur le climat | 27 |
| I.6. | Classification climatique en Algérie | 28 |
| I.7. | Le bâtiment | 31 |
| I.8. | L'habitat et l'habitation | 31 |
| I.9. | L'habitat durable | 32 |
| I.10. | L'architecture bioclimatique | 32 |
| I.10.1. | Le bâtiment bioclimatique | 34 |
| I.10.2. | La maison bioclimatique | 35 |
| I.11. | Le bâtiment adapté à son climat | 36 |
| I.12. | L'architecture bioclimatique un concept nouveau pour un savoir-faire ancestral | 37 |
| I.12.1. | Des exemples durant la préhistoire et l'antiquité | 37 |
| I.12.2. | Les troglodytes | 37 |
| I.12.3. | L'habitat Laos | 37 |
| I.12.4. | Le DHajji | 38 |
| I.12.5. | L'habitat à colombage du moyen âge jusqu'au XIXème siècle | 39 |
| I.12.6. | Exemples du XIXème siècle | 39 |
| I.12.7. | Du XIXème siècle jusqu'au choc pétrolier | 40 |
| I.12.8. | Depuis les années 1960-1970 jusqu'à 2000 | 40 |
| I.12.9. | L'architecture bioclimatique et le retour au source | 41 |
| | Conclusion | 42 |

CHAPITRE II

L'ENVELOPPE DU BATIMENT ET L'EFFICIENCE ENERGETIQUE

| | |
|--|----|
| Introduction | 43 |
| II.1 Définition de l'énergie | 44 |
| II.2. Transfert thermique de l'enveloppe du bâtiment | 44 |
| II.2.1. La conduction | 46 |
| II.2.2. La convection | 46 |

| | |
|--|----|
| II.2.3. Le rayonnement | 47 |
| II.3. Propriété thermique du bâtiment | 47 |
| II.3.1. La résistance thermique | 47 |
| II.3.2. Transmission calorifique | 48 |
| II.3.3. Inertie thermique | 48 |
| II.4. Déperdition thermique dans le bâtiment | 49 |
| II.5. Le confort thermique | 50 |
| II.6 L'énergie primaire globale | 52 |
| II.7. L'énergie primaire..... | 53 |
| II. 8. L'énergie grise..... | 53 |
| II.9. La consommation énergétique | 53 |
| II.10. Le bilan de consommation énergétique | 54 |
| II.11. L'efficacité énergétique | 54 |
| II.12. La performance énergétique | 55 |
| II.13. Les concepts de bâtiments performants | 55 |
| II.14. Typologie des bâtiments performants | 56 |
| II.15. Définition d'une enveloppe d'un bâtiment | 57 |
| II.16. La conception thermique de l'enveloppe d'un bâtiment | 59 |
| II.16.1. Rapport : surface/volume : (RSV) | 59 |
| II.16.2. Rapport : surface de l'enveloppe/la surface de plancher : (RSSP) | 59 |
| II.17. Comment réduire la consommation énergétique dans un bâtiment par son enveloppe ? | 60 |
| II.18. Le facteur anthropique et la notion de confort adaptatif | 60 |
| Conclusion | 62 |

CHAPITRE III

L'HABITAT AUTOPRODUIT DANS LE CADRE DES LOTISSEMENTS

PLANIFIES A GUELMA

| | |
|---|----|
| Introduction | 63 |
| III.1. Présentation de la ville de Guelma | 64 |
| III.2. Situation de la ville de Guelma | 64 |
| III.3. Historique de la ville | 65 |
| III.3.1. La cité militaire 1836-1915 | 65 |

| | |
|---|-----------|
| III.3.2. Guelma 1918-1954 « la cité coloniale » | 65 |
| III.3.3. Guelma 1962-1966 « période de logique populaire » | 65 |
| III.3.4. Guelma 1966-1989 « période de la logique industrielle » | 66 |
| III.3.5. Guelma durant les années 80 | 67 |
| III.3.6. Guelma de 1990 jusqu'à l'époque contemporaine | 67 |
| III.4. Les potentielles durables à Guelma | 68 |
| III.4.1. L'environnement naturel | 68 |
| III.4.2. Le relief | 68 |
| III.4.3. Hydrologie de Guelma | 69 |
| III.4.4. Potentialités forestières | 71 |
| III.4.5. Potentialités agricoles | 71 |
| III.4.6. Matériaux locaux à Guelma | 72 |
| a. Le travertin Définition de la pierre | 72 |
| b. La brique réfractaire | 74 |
| III.5. La climatologie de la ville de Guelma | 75 |
| III.5.1. Température de l'air | 75 |
| III.5.2. Précipitations | 76 |
| III.5.3. Insolation | 77 |
| III.5.4. Ventilation | 77 |
| III.6. Etude Bioclimatique de la ville de Guelma | 77 |
| III.6.1. Diagramme Ombrothermique | 77 |
| III.6.2. Diagramme psychrométrique de la ville de Guelma | 78 |
| III.6.3. Détermination d'isotherme de Guelma | 79 |
| III.6.4. Indice d'aridité de la ville de Guelma | 80 |
| III.7. Typologie de l'habitat | 81 |
| III.7.1. Classification selon l'implantation | 81 |
| III.7.1.1 Habitat urbain | 81 |
| III.7.1.2 Habitat rural | 82 |
| III.7.2. Classification selon le type d'occupation | 83 |
| III.7.2.1. Habitat collectif | 83 |
| III.7.2.2. Habitat individuel | 84 |
| a. Caractéristiques de l'habitat individuel | 84 |
| b. Types de dispositions des maisons individuelles | 85 |

| | |
|--|-----------|
| III.8. Définition du lotissement | 85 |
| III.8.1. Cadre juridique et réglementaire des lotissements | 86 |
| III.8.1.1 Évolution du cadre juridique et réglementaire des lotissements avant l'indépendance | 86 |
| III.8.1.2.Évolution du cadre juridique et réglementaire des lotissements avant l'indépendance | 87 |
| III.9. Typologie de l'habitat à Guelma | 89 |
| L'habitat colonial | 89 |
| L'habitat individuel auto produit | 90 |
| L'habitat individuel planifié | 90 |
| L'habitat collectif | 90 |
| L'habitat sommaire | 91 |
| Conclusion | 92 |

CHAPITRE IV

AMELIORATION DE L'EFFICIENCE ENERGETIQUE PAR LE BIAIS DE L'ENVELOPPE VERTICALE DU BATIMENT

| | |
|---|------------|
| Introduction | 93 |
| IV.1.La consommation énergétique | 94 |
| IV.2.La consommation énergétique dans le monde | 94 |
| IV.3.La consommation énergétique en l'Algérie | 94 |
| IV.4.Réduction de la consommation énergétique | 96 |
| IV.5.Stratégie d'amélioration de l'efficience énergétique | 96 |
| IV.5.1.Stratégie bioclimatique du froid | 97 |
| IV.5.2.Stratégie bioclimatique du chaud | 98 |
| IV.5.3.Stratégie d'amélioration de la performance énergétique de l'enveloppe du bâtiment | 99 |
| IV.5.3.1.Isolation et pont thermique | 101 |
| IV.5.3.2.Matériaux d'isolation | 102 |

| | |
|--|-----|
| a.Laine de roche | 102 |
| b.Le liège..... | 104 |
| c.Polystyrène expansé | 104 |
| d.Aérogel | 105 |
| IV.5.3.3.Ouverture et vitrage | 105 |
| a. Critères de qualité des fenêtres | 106 |
| b. Les protections solaire | 109 |
| b.1 L'ombre portée par l'environnement | 110 |
| b.2. Protection solaire des surfaces vitrées | 111 |
| Conclusion | 114 |

CHAPITRE V

INVESTIGATION ET CAS D'ETUDES

| | |
|---|-----|
| Introduction | 115 |
| V.1 Critères de choix de la ville Guelma | 116 |
| V.2 Critères de choix des cas d'étude | 116 |
| V.3 Caractéristiques architecturales des cas d'étude | 118 |
| V.3.1. Echantillon N°01 : habitat individuel (R+2) lotissement 309 n°289 Guelma, Algérie | 118 |
| V.3.2. Echantillon N°02 : habitat individuel (R+2) cité 19 juin n°321 Guelma, Algérie | 119 |
| V.3.3. Echantillon N°03 : habitat individuel (R+2) cité 19 juin extension 2 ville n°46 Guelma, Algérie | 120 |
| V.4. Méthodologie et investigation | 121 |
| V.4.1. Le Logiciel Trnsys | 121 |
| V.4.2. Technique de déroulement des mesures | 122 |
| V.4.2.1. Echantillon n°1 : lotissement 309 n°289 Guelma | 122 |
| V.4.2.2. Echantillon n°2 : Villa n° 321 19 juin 2 Guelma | 126 |
| V.4.2.3. Echantillon n°3 : Villa n° 104 19 juin 2 Guelma | 128 |
| V.5.Matériel utilisé | 133 |
| V.6. Déroulement de la campagne de mesure | 135 |
| V.6.1. Echantillon N°01 : Lotissement 309 | 135 |

| | |
|--|-----|
| V.6.2. Echantillon N°02 : cité19 juin n°321 | 136 |
| V.6.3. Echantillon N°03 : cité19 juin 2 n°46 | 137 |
| Conclusion | 139 |

CHAPITRE VI

INTERPRETATION DES RESULTATS ET SIMULATION

| | |
|--|-----|
| Introduction | 140 |
| VI.1 Interprétation des résultats obtenus par mesure in situ | 141 |
| VI.1.1 Interprétation des résultats obtenus par mesure in situ pour Echantillon N°01 | 141 |
| VI.1.2 Interprétation des résultats obtenus par mesure in situ pour Echantillon N°02 | 142 |
| VI.1.3 Interprétation des résultats obtenus par mesure in situ pour Echantillon N°03 | 143 |
| VI.2. Déroulement de la simulation | 144 |
| VI.3. Confrontation et interprétation des résultats | 144 |
| VI.3.1. Validation du modèle proposé | 145 |
| VI.3.2. Eude de l'influence des paramètres de l'enveloppe sur la performance énergétique | 148 |
| VI.3.2.1. Influence de l'isolation thermique | 148 |
| VI.3.2.2. Influence du type de vitrage | 150 |
| VI.3.2.3. Influence de l'utilisation de la protection solaire | 152 |
| VI.3.2.4. Influence de la végétation | 153 |
| VI.3.2.5. Influence du toit réfléchissant | 154 |
| VI.3.3. Cas optimisé | 156 |
| Conclusion | 158 |

Conclusion générale

Limite de la recherche scientifique

Recommandations

Bibliographie

ANNEXES

LISTE DES NOMENCLATIRES

| | |
|------------------------------|--|
| ASHRAE | American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers |
| IEA | Agence internationale de l'énergie |
| A | Surface |
| AI | Indice d'aridité |
| D | Diffusivité mètre/ seconde |
| E | Emissivité $j/m^2 KS^{1/2}$ |
| Hr | Humidité relative % |
| K | w.m² K |
| T | Température C° |
| V air | Vitesse d'écoulement de l'air |
| T° moy int | Température moyenne intérieure |
| T° moy ext | Température moyenne extérieure |
| Hr moy int | Humidité relative moyenne intérieure |
| Hr moy ext | Humidité relative moyenne extérieure |
| ΔT | Différence température |
| λ | Conductivité thermique W/mk |
| RSV | Rapport surface volume |
| RSSP | Rapport surface de l'enveloppe / surface plancher |
| HQE | Haute qualité environnementale |
| Kwh | Kilowattheure |
| Teq | Tonne équivalent pétrole |
| Mtep | Mégatonne équivalent pétrole |
| IDM | Indice d'aridité |
| GES | Gaz a effet de serre |

LISTE DES FIGURES

| | |
|--|-----------|
| Fig I. 1 L'énergie solaire reçu sur terre (source: Liébard & Herde, 2006; p: 12)..... | 18 |
| Fig I. 2 Le cycle de l'eau (source : Liébard & Herde, 2006 ; p17) | 19 |
| Fig I. 3 La localisation des différents types des climats . Source: (Liebard A et Deherde | 21 |
| Fig I. 4 La localisation des principales zones climatiques mondiale selon la classification le Köppen- Classement Geiger. Source : (Szokolay Steven V., 2008 , p. 33)..... | 21 |
| Fig I. 5 Diagrammes ombrothermiques (La période sèche est grisée) (source : A. Godard et M. Tabeaud, 1998) | 27 |
| Fig I. 6 modification du climat en milieu urbain par rapport au milieu hors urbain source: traité d'architecture et d'urbanisme P 6b..... | 28 |
| Fig I. 7 Classification du climat en Algérie (source : mazouz.s 2004) | 29 |
| Fig I. 8 Définition de l'habitat (source : auteur) | 31 |
| Fig I. 9 La situation d'un bâtiment adapté à son climat. (Source : Gnansounou E. , 2014, p.7.) | 36 |
| Fig I. 10 Matmata, Tunisie (source viago.ca, le 20/09/2019)..... | 37 |
| Fig I. 11 Laos (Colombie)(source viago.ca, le 20/09/2019)..... | 38 |
| Fig I. 12 Dhajji (Pakistan)(source viago.ca le 20/09/2019)..... | 38 |
| Fig I. 13 la maison colombage (source viago.ca, le 20/09/2019) | 39 |
| Fig I. 14 immeuble destiné à l'habitat(source viago.ca, le 20/09/2019)..... | 40 |
| Fig I. 15 Maison contemporaine (source viago.ca, le 20/09/2019)..... | 40 |
| Fig I. 16 la maison du M'ZAB (source viago.ca, le 20/09/2019) | 41 |
| | |
| Fig.II. 1. Mode de transfert de chaleur à travers l'enveloppe du bâtiment (Source : Salih, T. W. M., 2016) | 45 |
| Fig.II. 2. Diagramme psychrométrique Givoni 1978 | 52 |
| Fig.II. 3. Les pertes thermique du cors humain (source : traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique p 127b) | 52 |
| | |
| Fig.III. 1 situation de la ville de Guelma (source google earth, fr.depositphotos.com, réadaptée par auteur..... | 64 |
| Fig.III. 2 carte de la ville de guelma 1848 (source: archive de APC guelma)..... | 65 |
| Fig.III. 3 carte de Guelma en 1963 (source : archive de l'APC) | 66 |
| Fig.III. 4 carte de Guelma en 1977 (source: archive de l'APC) | 66 |
| Fig.III. 5 carte de Guelma en 1987 (source: archive de l'APC) | 67 |
| Fig.III. 6 carte de la ville de Guelma : limites actuel (source APC Guelma)..... | 68 |
| Fig.III. 7 composition du relief de Guelma (Source : auteur) | 68 |
| Fig.III. 8 les plateaux (source: andi invest in Algéria,wilaya Guelma) | 69 |
| Fig.III. 9 les collines (source: source: andi invest in Algéria,wilaya Guelma)..... | 69 |
| Fig.III. 10 montagne(source: : andi invest in Algéria,wilaya Guelma | 69 |
| Fig.III. 11 carte hydraulique Guelma (source APC Guelma) | 70 |
| Fig.III. 12 barrage bouhemdene (source LIBERTE-algerir.com)..... | 70 |

| | |
|---|-----------|
| Fig.III. 13 Forêt de Beni Salah (Source: D.P.A.T Guelma) | 71 |
| Fig.III. 14 Carte géologique de Guelma (source:Source: J.M.Villa, 1993, et réadapté par Medjilkh dalel) | 72 |
| Fig.III. 15 Echantillon du travertin (source : Medjelakh D, Abdou S ; 2010) | 73 |
| Fig.III. 16 Tracé du gradient thermique (source: par Dalel MEDJELEKH | 74 |
| Fig.III. 17 Montage des moellons lit par lit laissant un vide sur toute la hauteur du mur ((DALEL, 2006)) | 74 |
| Fig.III. 18 Moyennes mensuelles des températures de l'air pour la décennie 2008 a 2017 selon climat tool box (Source : auteur 2022) | 76 |
| Fig.III. 19 Moyennes mensuelles des précipitations pour la décennie 2008 a 2017 selon climat tool box (Source : auteur 2022) | 76 |
| Fig.III. 20 Vitesse moyenne du vent m/s pour la décennie 2008 a 2017 selon climat tool box (Source : auteur 2022) | 77 |
| Fig.III. 21 diagramme ombrothermique la décennie 2008 a 2017 selon climat tool box (Source : auteur 2022) | 78 |
| Fig.III. 22 diagramme psychrométrique de la ville de Guelma traité par auteur | 79 |
| Fig.III. 23 isotherme de la ville de Guelma, donnés traités par auteur | 80 |
| Fig.III. 24 Etage climatique de la ville de Guelma pour la décennie 2008-2017. (Climate Toolbox,traité par Sayad B, 2020) | 81 |
| Fig.III. 25 Vue satellitaire de la ville de Guelma (source: google earth, le 20/06/2022) .. | 82 |
| Fig.III. 26 croquis de type d'habitat rural (source : Laouar, 2008) | 82 |
| Fig.III. 27 Exemple d'habitat collectif a Guelma (source: auteur) | 83 |
| Fig.III. 28 exemple d'habitat collectif a Guelma (source : auteur) | 83 |
| Fig.III. 29 Exemple d'habitat individuelle, Guelma (source: auteur2019) | 84 |
| Fig.III. 30 Exemple d'habitat individuelle, Guelma (source: auteur2019) | 84 |
| Fig.III. 31 bidonville : Oued el maiz (source PDEAU 1998) | 91 |

| | |
|--|------------|
| Fig.IV. 1. échange thermique au travers de l'enveloppe du bâtiment (source darwish,I 2017) | 97 |
| Fig.IV. 2 stratégie bioclimatique du froid (source liébard A, de herde A 2006) | 98 |
| Fig.IV. 3. stratégie bioclimatique du chaud (source liébard A, de herde A 2006 | 99 |
| Fig.IV. 4 stratégie d'amélioration de l'efficacité énergétique (source : auteur) | 100 |
| Fig.IV. 5 conditions qui altère la performance de l'enveloppe du bâtiment (source: auteur) | 101 |
| Fig.IV. 6 laine de roche en panneaux(source : www.m-habitat.fr) | 103 |
| Fig.IV. 7 utilisation de la laine de roche a l'intérieur en lame d'aire(source : www.m-habitat.fr) | 103 |
| Fig.IV. 8 utilisation de la laine de roche a l'extérieur(source : www.m-habitat.fr) | 103 |
| Fig.IV. 9 application de la laine de roche a l'extérieur(source : www.m-habitat.fr) | 103 |
| Fig.IV. 10 utilisation de la laine de roche a l'extérieur(source : www.m-habitat.fr) | 103 |
| Fig.IV. 11 Le liège en rouleau(source : www.m-habitat.fr) | 104 |
| Fig.IV. 12 Le liège en panneau(source : www.m-habitat.fr) | 104 |

| | |
|---|------------|
| Fig.IV. 13 le polystyrène expansé en panneaux(source : www.m-habitat.fr) | 104 |
| Fig.IV. 14 Aérogel(source : www.m-habitat.fr)..... | 105 |
| Fig.IV. 15 choix des composants et intervenant dans la thermique de la fenêtre (source liébard A, de herde A 2006) | 107 |
| Fig.IV. 16 schéma en coupe d'une fenêtre a double vitrage a gaz argon (source : www.m-habitat.fr)..... | 108 |
| Fig.IV. 17 mode de protection d'une fenêtre a double vitrage a gaz argon (source : www.m-habitat.fr)..... | 108 |
| Fig.IV. 18 le role de la végétation pour l'ombrage et le confort thermique (source liébard A, de herde A 2006)..... | 110 |
| | |
| Fig.V. 1 situation géographique de Guelma (source: bing.fe consulté le 20/06/2021).. | 116 |
| Fig.V. 2 disposition des échantillons dans les lotissement (source : google earth, consulté le 12/11/2022) | 116 |
| Fig.V. 3 plan RDC ech 01 (source : auteur) | 123 |
| Fig.V. 4 Plan de masse (source: auteur) | 123 |
| Fig.V. 5 plan 2em étage ech 01 (source : auteur)..... | 123 |
| Fig.V. 6 plan 1er étage ech 01 (source : auteur) | 123 |
| Fig.V. 7 Etude de la façade ech 01 (source : auteur 2022)..... | 125 |
| Fig.V. 8 plan RDC ech 02 (source : propriétaire) | 127 |
| Fig.V. 9 plan 1er étage ech 02 (source : propriétaire)..... | 127 |
| Fig.V. 10 Etude de la façade ech 02 (source : auteur 2022)..... | 128 |
| Fig.V. 11 plan de masse ech 03 (source: propriétaire) | 130 |
| Fig.V. 12 plan de situation ech 03 (source: propriétaire) | 130 |
| Fig.V. 13 plan RDC ech 03 (source: propriétaire) | 130 |
| Fig.V. 14 plan 1er étage ech 03 (source: propriétaire)..... | 131 |
| Fig.V. 15 plan 2ém étage ech 03 (source: propriétaire | 131 |
| Fig.V. 16 façade principale ech 03 (source: propriétaire, réadapter par : auteur)..... | 132 |
| Fig.V. 17 façade principale ech 03 (source: auteur 2022)..... | 132 |
| Fig.V. 18 façade ech 03 (source: auteur 2022) | 132 |
| Fig.V. 19 Thermo-Hygromètre HANNA 9564..... | 133 |
| Fig.V. 20 thermo-anémomètre a hélice BA16 Trotec..... | 134 |
| Fig.V. 21 résultats campagne période de sous chauffe ech 1 N°01 le 09/02/2020: Lotissement 309 n°289 (source: auteur) | 135 |
| Fig.V. 22 résultats campagne période de surchauffe ech N°01 le 20/08/2020: Lotissement 309 n°289 (source: auteur)..... | 136 |
| Fig.V. 23 résultats campagne période de sous chauffe ech N°02 le 27/02/2020 (source: auteur) | 136 |
| Fig.V. 24 résultats campagne période de surchauffe ech N° 03 le 21/08/2020 (source: auteur) | 137 |
| Fig.V. 25 résultats campagne période de sous chauffe ech N° 03 le 10/02/2020 (source: auteur) | 137 |

| | |
|---|------------|
| Fig.V. 26 résultats campagne période de surchauffe ech N° 03 le 21/08/2020 (source: auteur) | 138 |
| Fig.VI 1 Modélisation multizone sous environnement TRNSys V16. (source auteur) .. | 145 |
| Fig.VI 2 Variation des températures mesurées et simulées de l'échantillon -1- pour la journée 22 février 2020 (source : auteur)..... | 145 |
| Fig.VI 3 Variation des températures mesurées et simulées de l'échantillon -1- pour la journée 20 Aout 2020 (source : auteur) | 146 |
| Fig.VI 4 Variation des températures mesurées et simulées de l'échantillon -2- pour la journée 27 février 2020 (SOURCE : auteur) | 146 |
| Fig.VI 5 Variation des températures mesurées et simulées de l'échantillon -2- pour la journée 22Aout 2020 (source: auteur) | 147 |
| Fig.VI 6 Variation des températures mesurées et simulées de l'échantillon -3- pour la journée 10 février 2020 (source: auteur) | 147 |
| Fig.VI 7 Variation des températures mesurées et simulées de l'échantillon -3- pour la journée 21 aout 2020 (source : auteur)..... | 148 |
| Fig.VI 8 Variation de la consommation énergétique de l'échantillon -1- pour différents types d'isolants thermiques (source : auteur)..... | 149 |
| Fig.VI 9 Variation de la consommation énergétique de l'échantillon -2- pour différents types d'isolants thermiques (source : auteur)..... | 149 |
| Fig.VI 10 Variation de la consommation énergétique de l'échantillon -3- pour différents types d'isolants thermiques (source : auteur)..... | 150 |
| Fig.VI 11 Variation de la consommation énergétique de l'échantillon -1- pour différents types de vitrages (source : auteur) | 151 |
| Fig.VI 12 Variation de la consommation énergétique de l'échantillon -2- pour différents types de vitrages (source : auteur) | 151 |
| Fig.VI 13 Variation de la consommation énergétique de l'échantillon -3- pour différents types de vitrages (source : auteur) | 152 |
| Fig.VI 14 Variation des besoins en climatisation pour différents types de vitrages avec et sans protection solaire (source : auteur) | 153 |
| Fig.VI 15 Variation des besoins en chauffage et climatisation de l'échantillon -1- avec et sans végétation (source : auteur)..... | 153 |
| Fig.VI 16 Variation des besoins en chauffage et climatisation de l'échantillon -2- avec et sans végétation (source :auteur)..... | 154 |
| Fig.VI 17 Variation des besoins en chauffage et climatisation de l'échantillon -3- avec et sans végétation (source :auteur)..... | 154 |
| Fig.VI 18 Influence du toit réfléchissant sur les besoins en chauffage et climatisation de l'échantillon -1- (source : auteur) | 155 |
| Fig.VI 19 Influence du toit réfléchissant sur les besoins en chauffage et climatisation de l'échantillon -2- (source : auteur) | 156 |
| Fig.VI 20 Besoins en chauffage et climatisation de l'échantillon -1- pour le cas optimisé (source : auteur) | 156 |

| | |
|--|------------|
| Fig.VI 21 Besoins en chauffage et climatisation de l'échantillon -2- pour le cas optimisé (source : auteur) | 157 |
| Fig.VI 22 Besoins en chauffage et climatisation de l'échantillon -3- pour le cas optimisé (source : auteur) | 157 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|---|------------|
| Tableau I. 1 La classification climatique selon "The Köppen–Geiger climate classification (main type) (source : ibid; p21) | 22 |
| Tableau I. 2 classification climatique d'Atkinson (source : auteur) | 23 |
| Tableau I. 3 Echelles du climat (Source : Martine Tabeaud, 2000) | 24 |
| Tableau I. 4 indice d'aridité (Source: Gérard Guyot, 1999) | 26 |
| Tableau I. 5 Les zones climatiques d'Algérie (source mazouz.s 2004) | 29 |
| | |
| Tableau.III. 1 Cultures et superficies agricoles pour la région de Guelma. (DSA,2012) 72 | 72 |
| Tableau.III. 2 Habitat colonial : volet architectural de la ville de Guelma. (Source : auteur) | 89 |
| Tableau.III. 3 Habitat colonial : volet urbanistique de la ville de Guelma. (source : auteur) | 90 |
| | |
| Tableau V. 2 fiche technique echantillon01(source Google earth, réadapter par auteur | 117 |
| Tableau V. 3 fiche technique echantillon01(source Google earth, réadapter par auteur) | 117 |
| Tableau V. 4 fiche technique echantillon03(source google earth, réadapter par auteur | 117 |
| Tableau V. 5 Composition de la paroi extérieure échantillon 01 N°289Lot 309 | 118 |
| Tableau V. 6 Composition de la paroi extérieure échantillon 03 N°321 cité 19juin | 119 |
| Tableau V. 7 Composition de la paroi extérieure échantillon 02 N°104 cité 19juin | 120 |
| Tableau V. 8 Caractéristiques de pièce étudiée ech 01 | 124 |
| Tableau V. 9 caractéristique pièce choisi ech 02 (source : auteur) | 126 |
| Tableau V. 10 caractéristique pièce choisi ech 03 (source : auteur) | 129 |
| Tableau V. 11 caractéristique du Thermo-Hygromètre HANNA 9564 (source https://docs.rs-online.com/6603/0900766b8074b624.pdf) | 133 |
| Tableau V. 12 caractéristiques thermo-anémomètre trotec BA16(source https://fr.trotec.com/shop/anemometre-a-helice-ba16.html#t060821df63ecaa) | 134 |
| Tableau V. 13 caractéristiques thermo-anémomètre trotec BA16(source https://fr.trotec.com/shop/anemometre-a-helice-ba16.html#t060821df63ecaa) | 135 |
| Tableau VI. 1 Utilisation des climatiseurs selon les habitants (source : auteur) | 142 |

Nomenclatures et abréviations

| | |
|------------|---|
| ASHRAE | American Society of Heating, Refrigeration and Air-conditioning Engineers |
| (IEA) | L'agence international de l'énergie |
| A | Surface |
| AI | Indice d'aridité |
| D | Diffusivity metre / seconde |
| E | Effusivité $\text{j/m}^2\text{-K-S}^{1/2}$ |
| Hr | Humidité relative % |
| K | $\text{w.m}^2\text{ K}$ |
| T | Température °C |
| V air | Vitesse d'écoulement d'air m/s |
| Tmoy int | Température moyenne intérieur °C |
| Tmoy ext | Température moyenne extérieur °C |
| Hr moy int | Humidité relative moyenne intérieur % |
| Hr moy ext | Humidité relative moyenne extérieur% |
| ΔT | Différence de température |
| λ | Conductivité thermique W/mK |
| RSV | Rapport : surface/volume |
| RSSP | Rapport : surface de l'enveloppe/la surface de plancher |
| HQE | Haute Qualité environnementale |
| kwh | kilowattheure |
| Ech 01 | Echantillon n°01 |
| Ech 02 | Echantillon n°02 |
| Ech 03 | Echantillon n°03 |

INTRODUCTION
GENERALE

1. Introduction

Depuis, l'antiquité le domaine de l'habitat suscite l'intérêt des chercheurs, Vitruve a démontré dans son ARCHITECTURA les trois critères nécessaires à une construction avec sa triade: Firmitas, utilitas, et venustas, selon Vitruve la construction doit être forte, utile, et belle, suivant ces trois qualités on remarque que la construction s'inspire de la nature et l'imité, dans ce même esprit le Corbusier a déclaré que "les matériaux de l'urbanisme sont le soleil, l'espace, les arbres, l'acier et le ciment armé, dans cet ordre et dans cette hiérarchie" le docteur pierre Winter lui déclare: "L'habitat humain a énormément évolué, sans prendre en considération l'environnement qui l'entoure pour avoir le même niveau de confort, en utilisant des éco matériaux, et des procédés qui combinent le savoir-faire ancestral, et les techniques modernes, ceci sans porter atteinte à l'environnement, ce qui fait du bâtiment bioclimatique la solution pour garantir la durabilité dans le secteur du bâtiment, elle agit sur les trois dimensions sociale, économique, et environnementale. Notre rôle et le vôtre, aujourd'hui est de restituer la nature à l'Homme, de l'y intégrer.

Dans sa quête de bien être l'homme cherche à assurer ses besoins et à assurer son confort. C'est une finalité majeure afin que l'habitant se sente bien dans sa demeure, c'est pourquoi il essaie d'y arriver en adoptant des comportements énergivores ce qui engendre des répercussions désastreuses sur l'environnement. Le souci de l'homme depuis toujours est de s'abriter des aléas de la nature. Donc il s'est construit tous les types d'habitations au sein desquelles il cherche à assurer son confort thermique par le biais de procédés techniques et équipements divers nécessitant une dépendance énergétique.

L'activité humaine pour assurer le confort engendre des gaz à effet de serre qui causent le réchauffement climatique, ce qui engendre une hausse de température du globe terrestre, ce qui les causes l'inconfort. De ce fait l'homme se trouve coincé au sein d'un cercle vicieux qu'il tisse de ses propres mains. L'efficacité énergétique vient se positionner comme anneau articulant la recherche de confort thermique vers un mode de vie plus respectueux de l'environnement.

La crise des énergies connue en 1970 a induit le retour aux énergies renouvelables, non seulement dans le domaine de l'industrie mais aussi à l'échelle architecturale. La tendance actuelle dans la conception environnementale est l'insertion des projets éco responsables, auto producteurs, responsables dans le but d'intégrer la technologie dans la construction. Le système passif est le bon exemple de ce type d'intégration.

La consommation énergétique dans une construction est influencée par différents paramètres, dont les plus importants sont : la forme de la construction, son enveloppe, son orientation, ses matériaux de construction... etc. Une bonne maîtrise de ces paramètres garantit la performance énergétique de la construction.

Cette étude se porte sur la recherche de l'impact de l'enveloppe d'un bâtiment sur sa consommation d'énergie primaire et donc son efficacité énergétique. Dans le but de mesurer cet impact, des bâtiments d'habitations seront mis en étude concernant les conditions climatiques et feront face à des scénarios multiples pour déterminer une stratégie de correction dans le but de garantir l'efficacité énergétique.

2. Problématique

La planète terre est loin d'être un simple contenant pour l'humanité elle constitue un milieu de vie dont l'équilibre fragile des écosystèmes dépend de l'être humain, ses actes définissent les conditions climatiques du microclimat dans lequel il se trouve, et donc la qualité de ses espaces de vie.

L'activité humaine engendre une forte empreinte écologique par les émissions de gaz à effet de serre, le réchauffement climatique, et de dangereuses répercussions sur la santé et la vie des individus. Selon (Chalumeau,2010) « les questions relatives au réchauffement climatique, à la réduction des émissions de gaz à effet de serre, à la consommation excessive d'énergie fossile et, plus généralement, à la nécessité d'adopter des modes de vie plus conformes à la notion de développement durable sont de plus en plus présentes dans les décisions, les analyses et affectent la plupart des secteurs d'activité et de développement. ».

Allant du simple geste quotidien de l'homme jusqu'aux industries les activités humaines reposent sur l'énergie fossile, et produisent déchets et polluants de tout genre, en concentrant ses activités dans un lieu donné l'homme y modifie le microclimat, en modifiant la température, l'humidité, les précipitations et la nébulosité. Ceci induit le déséquilibre des écosystèmes, et des mutations climatiques tel que le réchauffement climatique.

En effet « Depuis quelques dizaines d'années (24 milliards de Co2 émises) ce gaz favorise le phénomène de l'effet de serre provoquant ainsi des modifications climatiques tel que le réchauffement climatique. » (Benamra, 2014).

Le secteur du bâtiment est tout autant responsable de la détérioration de la qualité environnementale que le secteur de l'industrie par les émissions de gaz à effet de serre, dans sa recherche à assouvir ses caprices l'humanité a édifié des constructions souvent qualifiées d'énergivores pendant toute leur durée de vie de la construction jusqu'à l'extinction, elles

dépendent de l'énergie fossile polluante, non respectueuse de l'environnement, et dangereuse pour la santé et voir même la vie des individus.

Cette situation environnementale désolante a donné naissance à une prise de conscience mondiale qui a mis l'accent sur la relation entre l'être humain et l'environnement ce qui a donné un renouveau à une ancienne notion et la notion de développement durable voit le jour à la conférence de rio en 1992. « Dans l'Union européenne, le secteur du bâtiment est le majeur consommateur d'énergie. En 2008, il absorbe 40% de la consommation totale d'énergie finale » (Statistiques Eurostat,2008) et rejette 36% des émissions de CO₂. « En France, il absorbe près de 44% de la consommation totale d'énergie finale en 2011. » rapport (Chiffres clés de l'énergie,2012), soit 69 Mtep¹. Sa consommation a progressé au niveau national de près de 25% au cours des 20 dernières années, ce qui a engendré une empreinte écologique importante.

L'empreinte écologique est une estimation de la surface terrestre nécessaire pour subvenir à ses besoins : cet outil est une mesure de la pression qu'exerce l'Homme sur la nature. D'après le Global Footprint Network, ²notre mode de vie nécessite actuellement 1,75 planète pour que notre consommation des ressources soit compensée au niveau global. Chaque année, ce réseau calcule le "jour du dépassement", le point à partir duquel l'humanité a consommé les ressources que la Terre peut compenser en une année. En 2022, le jour du dépassement est le 28 juillet. Un habitant moyen de la Terre n'aurait besoin que de cinq terrains de foot pour y vivre.

« En ALGERIE, la consommation d'énergie fossile est environ à 50% des ressources naturelles et 40% d'énergie (pétrole et gaz) et 16% d'eau » (Amiri, Chouiel, Draar,2012), le cadre bâti constitue le majeur consommateur énergétique. En effet le secteur résidentiel consomme 6 Mtep en 2005 (APPRUE. 2007)³, et participe de façon considérable aux émissions de gaz à effet de serre dont la croissance annuelle en CO₂ émise est estimée à 2.5% (Sahnoune, Imessad ,2017), causant le réchauffement climatique, ainsi que la mauvaise qualité des lieux de vie pour l'habitant. Dans sa recherche de bien être afin d'avoir une situation de satisfaction vis à vis de l'environnement qui l'entoure, il cherche tout simplement son confort intérieur et extérieur.

Le secteur du bâtiment n'échappe pas à la prise de conscience mondiale de1992 ce qui a donné naissance à la loi de développement durable, et l'Algérie a adhéré à l'agenda 21 en 1994 grâce auquel on a mis l'accent sur la notion de durabilité.

¹ Mtep : Mégatonne équivalent pétrole.

² www.footprintnetwork.org

³ APPRUE : Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie.

Le terme durabilité (ou soutenabilité) est un néologisme utilisé depuis les années 1990 pour désigner la configuration de la société humaine qui lui permet d'assurer sa pérennité. « Cette organisation humaine repose sur le maintien d'un environnement vivable, sur le développement économique à l'échelle planétaire, et, selon les points de vue, sur une organisation sociale équitable. La période de transition vers la durabilité peut se faire par le développement durable. » (Benhara,2016)

« La notion de durabilité recouvre un vaste éventail de problèmes, celui du choix des matériaux, de la quantité d'énergie nécessaire pour les transporter, et les transformer, les processus de construction des bâtiments avec leur niveau de performance thermique, leur consommation d'énergie lorsqu'ils sont en activité. D'où leur entretien, leur longévité, leur capacité à s'adapter à de nouveaux usages, et aux technologies encore à venir, offrent la possibilité de les démanteler pour éventuellement les reconstruire. Leur possibilité de reconvention, et de recyclage, leur utilisation de la lumière du jour, et de l'énergie solaire pour le chauffage, le rafraichissement et la production d'électricité. » (Contal,2008)

Au long de ces dernière dizaines d'années, le secteur du bâtiment a connu des développements considérables de nouveaux procédés et techniques sont appliqués pour assurer la durabilité, et préserver l'environnement. Si on veut diminuer de manière considérable les émissions de CO₂, et relever le défi du siècle on se doit agir sur le cadre bâti par le biais de la durabilité en employant de nouveaux procédés techniques et conceptuel tel que la démarche bioclimatique, afin de diminuer la consommation énergétique, et l'empreinte écologique, et essayer de rembourser les dettes écologiques qui se sont accumulées pendant des décennies.

De ce fait, on se demande comment peut-on répondre aux besoins de l'être humain sans avoir recours aux énergies fossiles, pour rembourser les dettes écologiques qui se sont accumulées ?

Dans la wilaya de Guelma, les bâtiments souffrent de maux bien conscrits comme l'inconfort, mauvaise qualité des lieux. La température maximum en aout est de 39.37°C, la température minimum est de 4.32°C en janvier, la température moyenne est de 28.02 °C, le taux d'humidité est de 28.66% en juillet, et de 94.64% en février, en moyenne de 55.78% (Station métrologique, Guelma 2014). Par exemple en saison de surchauffe les températures avoisinent les 40°C à l'extérieur et à l'intérieur des maisons les températures restent en dehors de la zone de confort, ce qui induit l'utilisation prolongée de la climatisation et donc une consommation énergétique importante. Face à ce climat semi-aride seule la maison durable faite selon les principes bioclimatiques peut résister et offrir toutes les conditions nécessaires pour assurer le confort thermique aux habitants. C'est pourquoi, il faut prévoir des solutions afin de diminuer

la consommation énergétique par exemple en posant des protections solaires, selon (Michaela, et al, 2017) « le but principal d'une stratégie de contrôle par défaut des protections solaires est de réduire l'énergie solaire reçue pour réduire les besoins en climatisation. ».

On entend par le mot consommation : « dans la littérature ; achèvement, accomplissement. Usage que l'on fait de certains produits en les détruisant. Dans le domaine économique : c'est l'emploi pour la satisfaction des besoins des êtres humains, des biens produits antérieurement. Elle dépend de la qualité d'énergie utilisée par un appareil. (On parle d'un rendement d'une chaudière si c'est le cas d'un climatiseur on parle du COP). En domaine des logements, on converse sur son isolation ou on peut comparer la consommation d'énergie entre différents bâtiments, à la base d'une unité de (kW/m²/an). Notons bien qu'un bâtiment qui ne consomme pas beaucoup d'énergie c'est un bâtiment bien isolé. » (Benhara, 2016).

Le rôle du bâtiment est d'assurer un environnement confortable pour ses occupants. Le confort est un élément essentiel qui dépend aussi du facteur anthropique puisqu'il est régi par les perceptions et les comportements des occupants par rapport à l'utilisation de l'énergie dans les bâtiments.

Le confort thermique est lié à l'équilibre thermique entre un corps humain et son environnement, en tenant compte des paramètres intérieurs et du niveau d'activité et des vêtements d'une personne. Cependant, les données sur le terrain montrent des différences entre le confort thermique prédit et les sensations thermiques réelles des occupants du bâtiment.

« Le confort thermique est un état dans lequel il n'y a pas d'impulsions qui conduisent à corriger l'environnement de l'occupant par son comportement » (Hensen 1991).

« Le confort thermique peut être défini comme le résultat d'un processus dû à des échanges au niveau de la masse d'énergie entre l'occupant et son environnement » (Fabbri,2015). Il ajoute également que l'Organisation Mondiale de la Santé OMS (1999) a reliée la définition du confort avec le concept de la santé, cette dernière est définie comme « un état global du bien-être physique, mental et social de l'occupant, et non seulement dans l'absence des maladies ou de l'infirmité » (WHO 1999).

« Le confort thermique est lié de façon indissociable à la température de l'air or l'existence du réchauffement de l'air est le résultat de la modification du bilan énergétique dans un environnement urbain. Une partie de l'énergie nette qui arrive au sol le réchauffe par conduction, une autre partie le réchauffe par l'évaporation de l'eau, et une autre modifie l'atmosphère par convection. » (Boukhabla, Alkma,2014)

Le confort thermique étant la grande finalité de l'architecture, il est essentiel de le garantir aux habitants sans pour autant altérer l'environnement, c'est pourquoi il faut donner une importance majeure à la durabilité du bâtiment.

« Les critères et les indicateurs d'évaluation de la durabilité des bâtiments sont ceux qui se concentrent exclusivement sur l'énergie. Aussi, ceux qui ont des objectifs de performance quantifiés ou qualifiés, de même que ceux qui utilisent un système de management environnemental (SME). Enfin, ceux qui ont des mises au point ou des critères à remplir, avec ceux qui ont des résultats d'obligation » (Tebbouche, et al,2017).

La mauvaise qualité des lieux de vie provient de l'imperfection dans la construction des maisons, des pollutions chimiques, radioactives, et des champs électromagnétiques provenant des équipements de la maison, donc l'habitant a aussi une part de responsabilité dans cette mauvaise qualité.

De ce fait tous les problèmes de l'habitation, sont à la fois liés à l'absence de réflexion dans la réalisation de l'habitat tant dans la conception, que dans le choix et l'utilisation des matériaux de construction, et au manque de geste écologique de la part du concepteur, du promoteur, et de l'habitant ce qui induit la forte consommation énergétique. C'est dans cette optique que l'habitant adopte des comportements énergivores.

Cette consommation pourrait être réduite et raisonnée si les constructions ne souffraient pas de tant de défauts causant des situations d'inconfort. C'est pourquoi, il faut mettre l'accent sur l'efficacité énergétique qui peut garantir la satisfaction des individus à faible coût écologique voir même inexistant.

Relativement il faut se demander **comment peut-on aboutir à une habitation a efficacité énergétique ?**

Face à la construction souvent qualifiée d'énergivore on se doit de penser des moyens qui peuvent lui assurer à la fois confort et durabilité. C'est pourquoi on pense à l'efficacité énergétique pour répondre aux exigences des habitants et leur garantir un lieu de vie décent sans avoir de répercussions sur la qualité environnementale.

Sa propre définition en physique est « le rapport entre l'énergie utile produite par un système et l'énergie totale consommée pour le faire bien fonctionner » (Benhara,2017) Cette définition peut avoir un élargissement comme elle devient l'ensemble des technologies et pratiques pour diminuer la consommation énergétique jusqu'à la mise d'un niveau de performance équivalente dont l'objectif est de faire mieux avec moins.

Cette notion est souvent interprétée dans un sens plus large pour désigner les technologies et pratiques permettant de diminuer la consommation d'énergie tout en maintenant un niveau

de performance finale équivalent. Selon l'agence international de l'énergie (IEA) l'efficacité énergétique est considérée comme un moyen pour contrôler et diminuer la consommation énergétique.

L'efficacité énergétique est l'utilisation de procédés, et de technologies afin de répondre aux besoins, tout en économisant le plus d'énergie possible. En effet, il s'agit de faire mieux avec moins d'énergie. De cette manière, on assure des lieux de vie convenables, et on diminue la consommation énergétique et par conséquent l'empreinte écologique infligé par l'humanité à l'environnement. Il s'agit de fournir les mêmes prestations en consommant moins d'énergie ou même de faire mieux avec moins.

Il semble que le fait d'assurer l'efficacité énergétique en améliorant la performance de l'enveloppe du bâtiment car c'est la partie exposée aux aléas de la nature, elle joue le rôle de régulateur déterminant l'ambiance intérieur de l'habitation. En somme, elle crée un microclimat avec ses propres paramètres de température, humidité, ventilation, éclairage, ensoleillement... ect qu'elle détermine par sa forme, ses composants, et son orientation.

C'est pourquoi, l'amélioration de l'efficacité énergétique dans le secteur du bâtiment doit se faire par l'optimisation de la performance de l'enveloppe. C'est l'axe prioritaire à développer afin de préserver l'environnement, de répondre aux besoins, et garantir la pérennité des énergies pour les générations futures, afin de répondre aux leurs. Pour ce faire il est impératif de considérer les deux volets habitant et technologie comme étant un phénomène d'interaction entre deux entités distinctes.

« Les technologies de l'énergie et le comportement des occupants ont été traités comme des principes dans les domaines de confort, de l'ingénierie énergétique et des domaines sociaux. Les efforts récents tentent de les relier, en considérant la consommation énergétique comme résultat de l'activité humaine dans un contexte d'interrelations entre utilisateurs, technologies, compétences, contextes sociaux. » (Marco, et al.,2017).

Si on veut améliorer l'efficacité énergétique il faudra adopter la démarche bioclimatique qui rétablit l'architecture à son rapport à l'environnement sans lequel le dynamisme entre l'homme et l'environnement sera perturbé. Il s'agit donc d'assurer l'équilibre entre la construction et son lieu d'inscription en plaçant l'homme au centre de cette boucle.il faut aussi agir sur l'enveloppe extérieur des bâtiments qui est le facteur déterminant de la consommation énergétique car en diminuant la surface déprédatrice on diminuera la facture énergétique.

Selon (El-Darwish, 2017) une enveloppe performante participe à l'efficacité énergétique par l'étanchéité à l'air, par une bonne isolation thermique, par une exposition optimale au soleil,

ainsi que l'utilisation de matériaux adéquats tel que les matériaux écologiques, doté d'une forte inertie thermique assurant le déphasage qui permet un confort d'hiver et d'été.

Sans négliger l'effet de la forme sur la consommation énergétique par la réduction des surfaces déprédatives. Le coefficient de forme ou de compacité mesure le rapport de la surface de l'enveloppe déprédative au volume habitable (m^2/m^3). De plus, « Il permet de qualifier les volumes construits en indiquant leur degré d'exposition aux conditions climatique ambiantes ». (Liebard, Deherde,2000).

L'amélioration de l'efficacité énergétique dans le secteur du bâtiment constitue donc un axe de progrès prioritaire. Elle est notamment soutenue par les politiques énergétiques dans les pays les plus développées.

3. Hypothèse de travail

- L'utilisation des stratégies bioclimatiques innovantes peut améliorer la performance de l'enveloppe du bâtiment dans le but d'assurer son efficacité énergétique.

-Objectifs de la recherche

Toute recherche est issue d'un questionnement et d'un problème posé et discuté, tel est le cas de la présente recherche.

L'être humain cherche à garantir son confort thermique par en utilisant des procédés techniques et équipements divers nécessitant une dépendance énergétique. L'activité humaine pour assurer le confort, elle engendre des gaz à effet de serre qui causent le réchauffement climatique et donc une hausse de température du globe terrestre. Ce qui conduit à des situations de stress climatique.

Si une habitation est un lieu de vie durable pour l'être humain dans lequel il se veut en harmonie et en accord avec l'environnement, pour ceci il cherche à satisfaire son besoin de confort, notamment le confort thermique. Pour y arriver, il va forcément consommer de l'énergie et causer des désastres environnementaux ainsi qu'une situation d'inconfort sur le long terme. C'est là où intervient l'efficacité énergétique qui va lui permettre d'aboutir au même niveau de confort thermique en consommant moins d'énergie, et donc en diminuant l'empreinte écologique due à l'activité humaine.

En cela, l'efficacité énergétique d'un bâtiment est déterminée par la performance de son enveloppe thermique qui est en contact direct avec les aléas de la nature, ses matériaux sa forme et son orientation définissent le microclimat intérieur de l'habitation.

Dans les régions climatiques chaudes et arides, le confort thermique est à la fois un souci majeur et un critère à prendre en considération pour la conception des bâtiments. En général il s'agit de réhausser l'adaptabilité climatique des habitations par l'amélioration du comportement thermique de la construction. Dans cette approche les propriétés formelles et matérielles sont déterminantes pour faire face à la surchauffe d'été.

En agissant sur les caractéristiques de l'enveloppe du bâtiment la présente recherche vise à perfectionner la performance climatique de l'habitat individuel à Guelma pour assurer un niveau de confort thermique acceptable à l'intérieur de l'habitation. Tel est l'objectif à atteindre de part cette recherche.

Il s'agit aussi de connaître l'impact de l'enveloppe thermique du bâtiment sur son efficacité énergétique, de définir les caractéristiques architecturales de l'habitat autoproduit à Guelma pouvant être modifié afin d'améliorer les conditions climatiques à l'intérieur de l'habitation, et enfin de déterminer des recommandations qui peuvent être utilisées lors de la conception et de la correction de l'habitation existante à Guelma dans le but d'assurer l'efficacité énergétique.

Au final l'objectif principal de la présente recherche se résume dans les points suivants :

- Assurer le confort thermique durable de l'habitation.
- Diminuer la consommation énergétique.
- Améliorer l'efficacité énergétique de l'habitation par l'optimisation de la performance de son enveloppe.
- L'amélioration de la performance énergétique de l'enveloppe du bâtiment en utilisant des procédés bioclimatiques.

4. Etat de l'art

Dans le but de baliser la recherche entreprise nous avons relevé certains des recherches étudiées pour pouvoir placer notre étude dans son contexte dans le but de tenter d'arriver à nos objectifs.

4.1. Contextualisation de l'objectif de recherche

A l'échelle mondiale le cadre bâti et le secteur du bâtiment sont responsables du plus du tiers de la consommation globale finale de l'énergie, et de 40% du CO₂ émis dans l'atmosphère. (IEA, 2020).

En Algérie la consommation énergétique demeure dominée par le secteur résidentiel qui représente 36% du total de la consommation énergétique, suivi par le secteur de construction et des travaux public de 22.7% (Semahi, 2020), la consommation énergétique du secteur résidentiel à augmenter de 80% lors de ces dernières dizaine d'année de 2009 à 2019, celle-ci est dû au changement du mode de vie adopté pour assurer le confort thermique pour le chauffage et la climatisation (Bouznit et al., 2018, Athmane, 2015).

4.2. Positionnement par rapport au contexte d'étude à l'échelle mondiale

Plusieurs chercheurs ont entrepris des recherches dans le but d'améliorer l'efficacité énergétique dans l'habitation, en se concentrant sur l'enveloppe du bâtiment car elle est l'intermédiaire entre les conditions climatiques extérieurs et intérieur.

- Selon (Yildiz, 2011) il est possible d'améliorer l'efficacité énergétique de l'habitation en prenant les bonnes décisions dès l'étape de la conception architecturale du bâtiment.
- Il est nécessaire d'agir non sur le cadre bâtis en instaurant des processus pour l'optimisation de l'enveloppe du bâtiment (B.P.O), selon (Atia et al, 2013) c'est un processus qui a pour objectif un ensemble de solutions optimales issues de plusieurs possibilités conceptuelles suivant des critères de performance (exemple : diminuer la consommation énergétique, assurer le confort intérieur).
- (Huang, 2016) a travaillé sur l'optimisation de la performance de l'enveloppe de l'habitation qui est l'élément le plus important du bâtiment, elle sépare l'environnement intérieur du bâtiment de l'environnement extérieur, offrant ainsi aux habitations des espaces de vie stables et confortables.
- (Baglivo et al 2017) à optimiser la conception de l'enveloppe d'un nouveau bâtiment résidentiel situé dans un climat chaud (le sud de l'Italie), ou il a analysé le comportement thermique du bâtiment pour évaluer la température suivant plusieurs compositions de l'enveloppe

du bâtiment, il a montré que le comportement thermique de l'enveloppe du bâtiment agit sur la température à l'intérieur de ce dernier.

- (Chen et al, 2018) et (Gou et al, 2018) ont défini des stratégies passives tel que la disposition du bâtiment, son enveloppe thermique, les infiltrations et l'étanchéité a l'air comme moyens pour contribuer à diminuer l'aspect énergétique du bâtiment suivant les conditions climatiques.

4.3. Positionnement par rapport au contexte d'étude à l'échelle nationale

Plusieurs études ont été menées en Algérie pour rehausser l'efficience énergétique en adoptant des stratégies bioclimatiques passives suivant le climat dans lequel se trouvent les différentes études entreprises.

- (Medjelekh, 2006) à travailler sur le rôle de l'inertie thermique de l'enveloppe du bâtiment pour diminuer la consommation énergétique pour améliorer le confort thermique au sein de l'habitation dans le climat semi-aride de la ville de Guelma, elle a démontré que suivant le climat de Guelma une enveloppe a forte inertie thermique peut améliorer la sensation de confort hygrothermique intérieur et la consommation énergétique du bâtiment.
- (Benhara, 2016) a évalué le potentiel de l'ensoleillement directe sur l'habitation individuelle dans le climat aride et sec de Biskra, pour ensuite le confronter au logiciel de simulation solaire sur différentes orientations dans le but d'aboutir à une enveloppe performante pour améliorer l'efficience énergétique par le biais de l'orientation du bâtiment, cette étude a démontré que le choix d'une orientation appropriée est le moyen pour éviter l'insertion de bâtiments énergivore.
- (Latreche, 2019) a créé un environnement thermique inconfortable de l'espace habitable, en adaptant la construction a son environnement, et en exploitant le rayonnement solaire à travers des dispositifs bioclimatiques passifs appliqué à l'enveloppe par les protections solaires, la rationalisation du ratio d'ouverture, l'ombrage, le choix des matériaux... etc, cette recherche a démontré qu'une enveloppe thermique performante doit respecter deux volets: les parois opaques (amélioration des propriétés thermiques des parois, diminution des

déperditions thermiques, une isolation thermique adéquate, et un ombrage), les fenêtres (ratio d'ouverture, type de vitrage, ombrage, occultation mobile).

- (Semahi, 2020) a mené une étude sur l'influence et la définition de solutions passives afin d'assurer l'efficacité énergétique en considérant les besoins en chauffage et en climatisation sur le territoire algérien couvrant l'ensemble des zones climatiques en Algérie pour proposer des stratégies d'optimisation énergétique basées sur des moyens passifs pour assurer l'efficacité énergétique selon chaque zone climatique en Algérie.

4.4. Contribution de la thèse dans la recherche

Notre recherche s'inscrit dans l'optique d'améliorer le confort thermique à l'intérieur des espaces habitables par l'amélioration de la performance de l'enveloppe du bâtiment.

Nous avons entrepris une étude portant sur un échantillon de trois habitations situées dans le climat semi-aride de la ville de Guelma, nous avons tout d'abord entamé une campagne de mesure in situ qui a été reprise sans le sillage du logiciel de simulation TRNSYS pour déterminer les besoins en chauffage et en climatisation, afin de définir une stratégie de correction pour l'enveloppe du bâtiment basé sur 96 scénarios de simulation dans lesquels nous avons proposé des solutions (isolation thermique, double vitrage à gaz d'argon pour les ouvertures, végétation, et toit réfléchissant). Cette recherche nous a permis de déterminer une stratégie bioclimatique passive dans le but d'améliorer la performance de l'enveloppe pour diminuer la consommation énergétique et rehausser l'efficacité énergétique de l'habitation à Guelma.

5. Méthodologie de la recherche

Cette recherche sera faite par des mesures in situ et développée en trois principales parties. Afin d'arriver à une conclusion qui affirme ou infirme l'hypothèse de départ présentée au-dessus. Chaque partie sera décomposée en chapitres. La première partie traite les différents aspects théoriques du sujet, et la deuxième partie sera plus analytique du cas d'étude ainsi qu'une investigation assistée par outils informatiques par le biais de logiciels tels que TRNSYS, la troisième partie comportera les résultats et synthèses. Le tout sera banalisé par une

introduction générale et une conclusion générale. Qui définira les limites de la recherche et ouvrira l'horizon sur d'autre piste de recherche.

Dans le but de mener à bien ce travail, nous avons utilisé plusieurs outils de recherche en nous appuyant sur une approche à la fois qualitative et quantitative.

Pour ce faire nous avons en premier lieu entrepris des recherches bibliographiques basées sur des thèses, articles, rapports, et livres en relation avec notre étude selon les mots clés qui en ressortent tel que : habitation, énergie, efficacité énergétique, enveloppe performante ... etc. L'ensemble de ces recherches est analysé dans l'optique de définir les balises et les fondements théoriques de notre recherche.

En deuxième lieu nous avons entrepris une campagne de mesure in-situ lors des deux saisons de sous chauffe et de surchauffe sur trois jours dans le but de déterminer les conditions thermique intérieurs dans les habitations, pour ensuite les confronter au logiciel TRANSYS V 16.

Une fois sur logiciel nous avons effectué une série de simulation à la fois des scénarios existants en nous appuyant sur les données récoltées par mesure in-situ comme données d'entrée pour déterminer les besoins en chauffage et en climatisation, ensuite nous avons proposé des scénarios de correction en combinant isolation, amélioration de l'efficacité des fenêtres, et végétation, pour diminuer les besoins en chauffage et en climatisation et donc d'améliorer l'efficacité énergétique de l'habitation.

6. Structure de la thèse

Le présent travail est scindé en six chapitres, introduit par une introduction générale et conclue par une conclusion générale. Les deux premiers chapitres sont théoriques et traitent des connaissances générales du cadre conceptuel de la recherche entreprise, le troisième chapitre traite du contexte d'étude de la recherche, le quatrième chapitre expose l'analyse et l'amélioration de l'efficacité énergétique du bâtiment, Les deux derniers chapitres sont expérimentaux exposent les résultats de la recherche et leurs interprétations.

- **Le premier chapitre** : aborde les connaissances d'ordre générale sur le climat, les types de climat dans le monde, la classification du climat, ainsi que le rapport entre le bâtiment et le climat en mettant l'accent sur l'habitation et la notion d'habitat bioclimatique.

- **Le deuxième chapitre** : traite de l'enveloppe du bâtiment, ses composantes, ses caractéristiques thermique et architecturale, sa performance et son comportement vis à vis de son environnement.

- **Le troisième chapitre** : il s'agit de la ville de Guelma comme contexte d'étude ou nous avons abordé la genèse de la ville de Guelma, sa climatologie, et son potentiel durable, puis on a en premier lieu des types d'habitat individuel et des lotissements de type social pour ensuite se diriger vers l'habitat a Guelma.

- **Le quatrième chapitre** : vient mettre l'accent sur l'analyse et l'amélioration de l'efficience énergétique par le biais de l'enveloppe du bâtiment.

- **Le cinquième chapitre** : est réservé à l'investigation et au cas d'étude dans le quelle nous avons aborder une campagne de mesure insitu, et une simulation des donnée recueillies via le logiciel TRNSYS Version 16 dans le but de déterminer les besoins en énergie en saison de sous chauffe et de sur chauffe pour ensuite venir y appliquer des solutions bioclimatiques innovantes dans le but de diminuer les besoins énergétiques.

- **Le sixième chapitre** : comporte l'interprétation et la discussion des données qui viennent confirmer l'hypothèse de départ.

La structure de la thèse se résume dans la figure 1.

La structure de la thèse se présente comme suit :

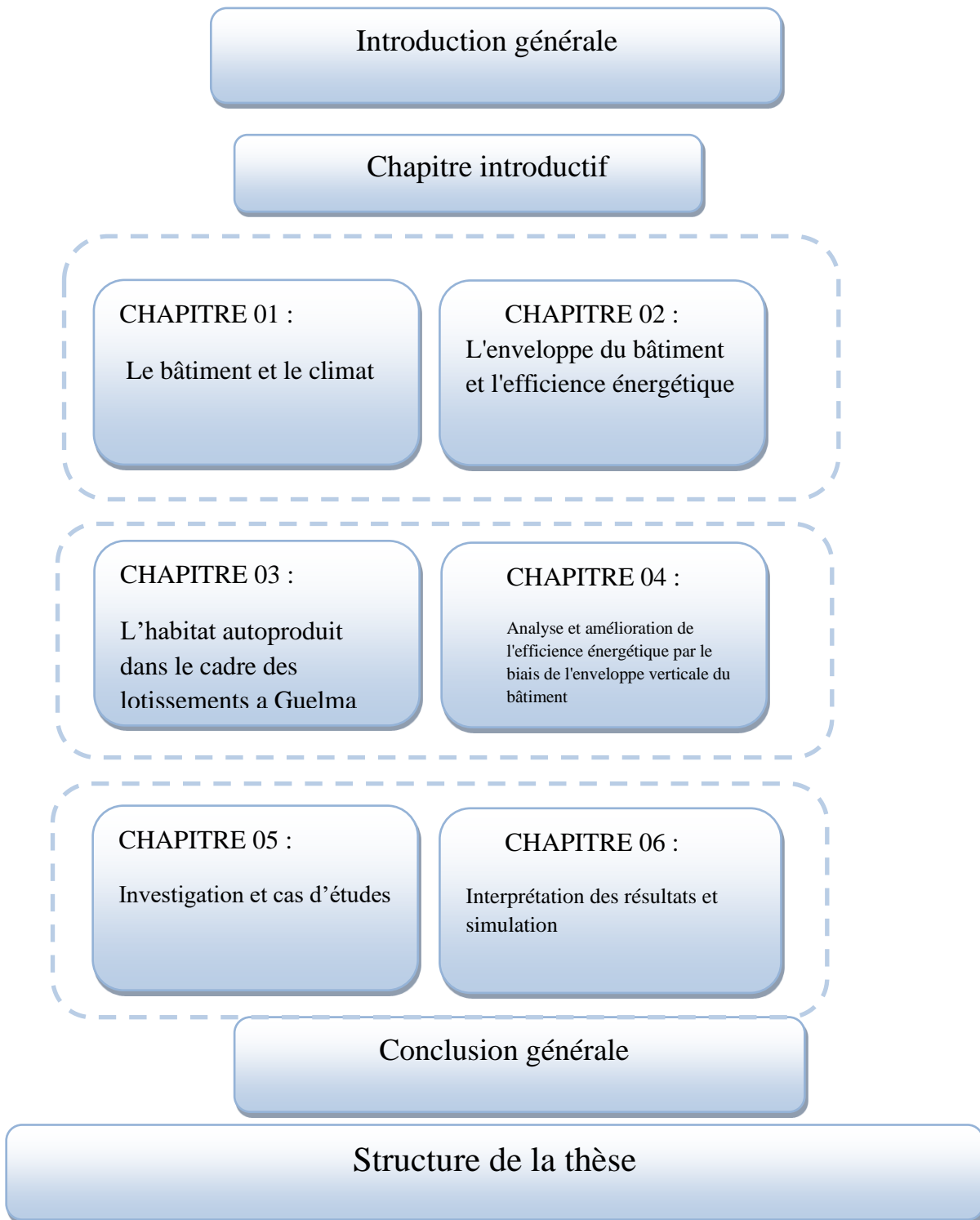


Figure 1 structure de la thèse (source : auteur)

CHAPITRE I

LE CLIMAT ET LE BATIMENT

Introduction

A travers l'histoire l'être humain cherche à s'abriter des aléas de la nature en occupant des abris qui ont évolué au fil des années allant de la simple caverne jusqu'aux maisons que nous habitons aujourd'hui. Sous ses différentes formes une habitation doit faire face aux aléas de la nature afin d'assurer un climat doux et confortable à l'intérieur et ce par le biais du traitement de l'enveloppe du bâtiment opaque et translucide (parois lourdes, murs, porte, fenêtres) en faisant face aux contraintes climatiques.

Ainsi, dans ce chapitre nous allons mettre l'accent sur la relation entre le climat et le bâtiment, pour comprendre cette relation il est nécessaire de saisir le climat dans le monde de façon général et en Algérie de façon plus spécifique, pour en ressortir les caractéristiques, par la suite nous allons traiter de la relation entre le climat environnant et bâtiment en nous étalons sur son aspect bioclimatique.

La manière dont les transferts de chaleur se produisent entre le bâtiment et les conditions climatiques définissant le niveau de confort thermique intérieur en créant un microclimat intérieur ou la température, humidité relative, et vitesse d'écoulement d'air sont selon les normes référentiel. D'où l'importance d'un bâtiment adapté au climat.

I. LE CLIMAT

I.1. Rappel des notions de base à propos du climat

Selon le dictionnaire Larousse : Le climat nom masculin dérivé du grec (grec klima, -atos, inclinaison). Il est défini comme l'ensemble des phénomènes météorologiques qui caractérisent l'état moyen de l'atmosphère en un lieu donné.

« Le climat peut-être défini comme une intégration dans le temps les conditions climatiques. Ces dernières caractérisent une certaine situation géographique par contre la météo est l'ensemble des conditions atmosphériques prévalant à un endroit donné durant une période » (Szokolay, 2008, p. 22).

« Le climat est défini comme la statistique du temps qu'il fait, ce qui place les sciences étudiant l'atmosphère au cœur des disciplines concernées par le climat. Les mesures de température, des précipitations, des vents, du réseau mondial de stations météorologiques mis en place depuis la fin du XIX^e siècle par l'Organisation Mondiale de la Météorologie constituent la base de la connaissance du climat » (Joussaume, 2000, p 19)

« Le climat d'une région donnée est déterminé par des régimes de variations de plusieurs éléments et par leurs combinaisons. Les principaux éléments climatiques à considérer, lors de la conception des bâtiments, sont le rayonnement solaire, le rayonnement de grande longueur d'onde du ciel, la température d'air, l'humidité, le vent et les précipitations » (Givoni, 1982; p: 27)

Le climat est l'ensemble des phénomènes météorologique qui caractérisent un lieu géographique donné sur une période donnée, c'est l'intégration dans le temps de ses conditions climatique, c'est aussi la statistique du temps qu'il fait. Il est déterminé par la variation et la combinaison de plusieurs éléments, en architecture les principaux éléments à considérer sont : le rayonnement solaire, le rayonnement de grande longueur d'onde du ciel, la température d'air, l'humidité, le vent et les précipitations.

I.2. Les éléments du climat

I.2.1. Le soleil

Le soleil est un élément essentiel à la vie de notre planète.

« Le système climatique de notre planète est d'une grande complexité puisque, outre l'atmosphère interviennent aussi l'océan, la cryosphère (les zones recouvertes par les glaces),

les mers émergées, l'eau douce et la végétation, l'élément moteur étant l'énergie rayonné par le soleil. » (OMM N°796 Organisation météorologique mondiale, 1994).

Le soleil est la source de l'énergie sur terre, sa course détermine la succession jour et nuit ainsi que la succession des saisons, l'énergie solaire est présente par tout sur terre sous forma d'énergie ambiante et intermittente, l'ensemble de l'énergie solaire reçu sur terre est distribué ainsi: 60 % est directement réfléchis par l'atmosphère, 16% contribue à l'évaporation des océans et donc au cycle de l'eau, 11,5 % est réfléchis sur terre suivant le phénomène d'albédo, 3.5% est absorbée par la masse terrestre et aérienne, 3% participe à la photosynthèse, et seulement 0.02% est réservée à la formation de l'énergie fossile. (Fig I.1)

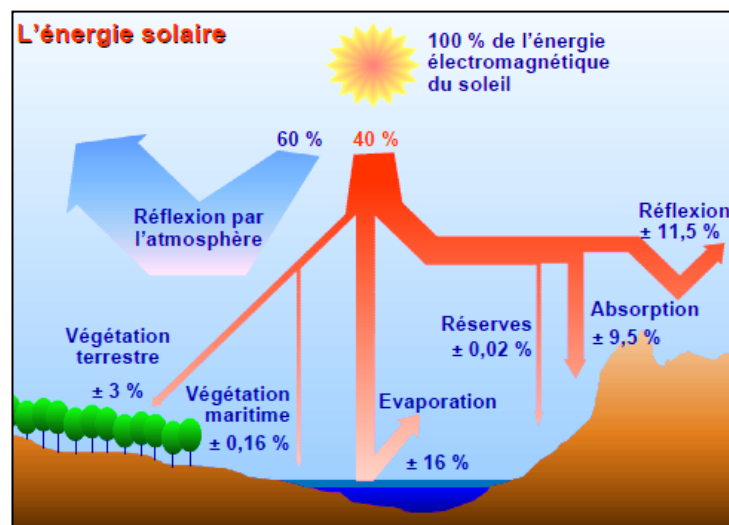


Fig I. 1 L'énergie solaire reçue sur terre (source: Liébard & Herde, 2006; p: 12)

I.2.1.1. Le rayonnement solaire

Le rayonnement solaire est déterminé selon GIVONI comme une électromagnétique radiation émise par le soleil, c'est un ensemble d'ondes électromagnétique exprimé en Wh/m^2 composé de toute la gamme des rayonnements (ultraviolet lointain : rayons gamma, ondes radio, et lumière visible).

I.2.1.2. La température de l'air

« La température dépend d'abord des apports solaires, mais aussi de la pression atmosphérique, de la teneur en eau, des échanges possibles avec les corps environnants (sol par exemple). Elle peut être modifiée avec le changement d'altitude, où elle décroît en moyenne de $0.65^{\circ} C$ par 100m de dénivelé » (Tabeaud, 2000; p 28). La température est un état de l'air, de l'atmosphère en un lieu considéré du point de vue de la sensation de chaleur ou de froid que l'on y éprouve, elle s'exprime en kelvins (K) à l'échelle Celsius ($^{\circ}C$).

En architecture, on s'intéresse à la température dans ses extrêmes pour déterminer le calcul du degrés heures ou degrés jours pour l'évaluation des charges de chauffage ou de climatisation d'un édifice dans le but d'assurer le confort thermique et de diminuer la consommation énergétique.

I.2.1.3. L'humidité relative

« L'air est une éponge dont l'avidité croît avec la température » (Devuyst, 1979, p32). C'est le rapport exprimé en pourcentage (%) entre la quantité d'eau présente dans l'air à une température donnée et la quantité maximum d'eau dans l'air à la même température, elle dépend de la végétation, les précipitations, les êtres vivants, de l'ensoleillement et de la nature du sol.

I.2.1.4. L'évaporation

L'évaporation résulte de la quantité de la vapeur d'eau contenue dans l'air, elle provient de deux sources : l'advection issue des zones les plus humide (les océans) et l'évapotranspiration locale qui participe à la création des nuages.

I.2.1.5. Les précipitations

Les précipitations ne couvrent pas uniquement les pluies mais plus tôt toutes les formes d'eau reçu sur terre, elle comprend pluie, neige, et grêle faisant partie du même processus du cycle de l'eau (Fig I.2). Les précipitations jouent un rôle important dans la définition du climat d'un lieu donnée.

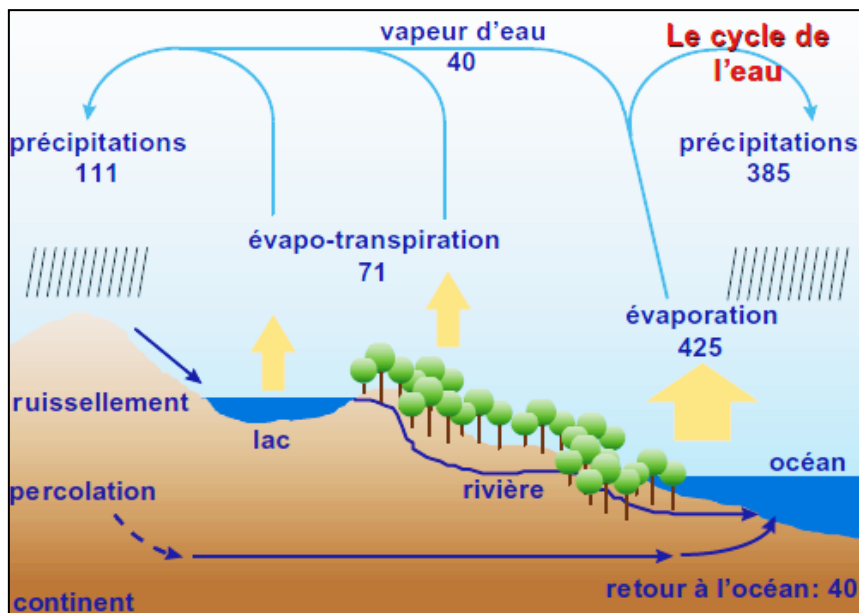


Fig I. 2 Le cycle de l'eau (source : Liébard & Herde, 2006 ; p17)

I.2.1.6. Le vent

Le vent est le déplacement horizontal des masses d'air d'une zone de haute pression vers une zone de basse pression, plus banalement : des endroits les plus froids vers les endroits les plus chauds.

Le régime des déplacements du vents vari selon plusieurs paramètres, sa vitesse augmente selon l'altitude, elle est régie par la topographie locale, et la rugosité des espaces, ainsi que par la présence d'obstacle tel que les écrans végétaux, selon Liébard & Herde, la vitesse du vent sur un lac est estimée à 139 km/h, tandis qu'en forêt ou banlieue elle est estimé à 118 km/h, et a 96 km/h en ville, tout en sachant que plus l'altitude augmente plus la vitesse du vent augmente aussi.

I.2.1.7. La végétation

La végétation joue un rôle important dans la définition du microclimat du lieu où elle se trouve, elle agit sur la température de l'air par l'effet d'ombrage par la protection dès les radiations solaires et l'éblouissement, sur l'humidification de l'air et les précipitations par évapotranspiration, elle joue à la fois le rôle d'écran végétal qui farine les vents, et celui du filtrage d'air par l'absorption de co2 et le rejet d'oxygène (O2).

I.3. Classification du climat dans le monde

Une classification climatique peut fournir une meilleure compréhension sur l'importance de la température et des précipitations pour le climat, or cette classification se révèle complexe car plusieurs chercheurs ont élaboré un nombre de classification basé sur la végétation ou sur l'évapotranspiration.

« Il existe cinq types des climats classés selon la température et l'humidité : le climat tropical, le climats sec, climat tempéré chaud, climat tempéré froid et climat froid. Ces classifications sont influencées par les cycles saisonniers : la mousson et les caractéristiques géographiques comme : la proximité des océans, l'altitude et la présence des forêts.» (Liébard & Herde, 2006 ; p 10). (Fig I.3).

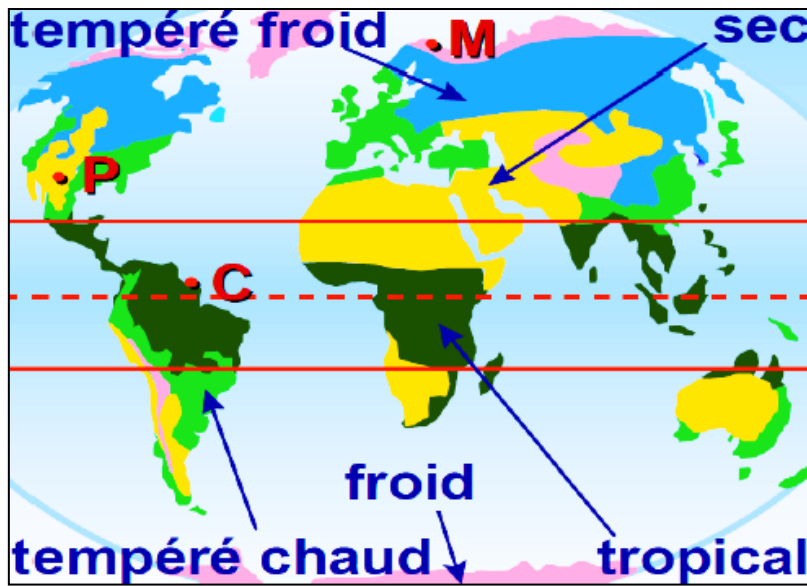


Fig I. 3 La localisation des différents types des climats . Source: (Liebard A et Deherde

Wladimir Köppen (1900) a développé un système de classification climatique des types de climat en utilisant les modèles annuels ou saisonniers de température et de précipitations, ainsi que les types de végétation, suivant ce classement on distingue 25 types de climat. (FigI.4)

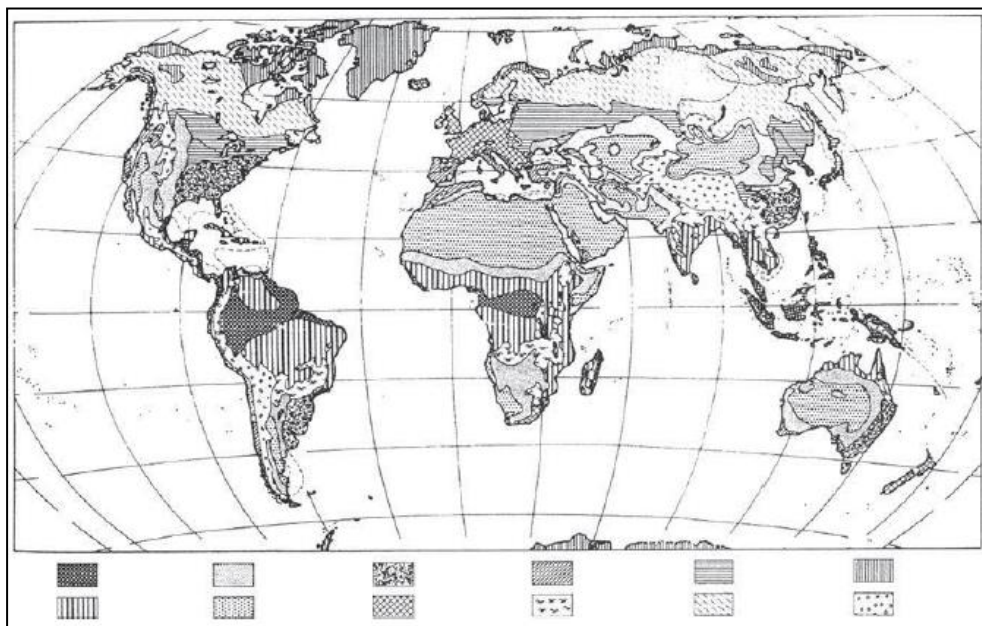


Fig I. 4 La localisation des principales zones climatiques mondiale selon la classification le Köppen- Classement Geiger. Source : (Szokolay Steven V., 2008 , p. 33)

Le tableau suivant comprend la classification climatique selon Wladimir Köppen.

Tableau I. 1 La classification climatique selon "The Köppen–Geiger climate classification (main type) (source : ibid; p21)

| Type | Main Group | Sub-group | Second sub-goup |
|------|-------------------|---------------------------------------|-------------------|
| Af | Hot | Rainy all seasons | |
| Am | | Monsoonal rain | |
| Aw | | Dry winter | |
| As | | Dry summer | |
| Bsh | Dray | Semi-arid steppe | Very hot |
| Bsk | | | Cold or cool |
| Bwh | | Arid | Very hot |
| Bwk | | | Cold and cool |
| Cfa | Mild winter | Moist all seasons | Hot summer |
| Cfb | | | Warm summer |
| Cfc | | | Cool short summer |
| Cwa | | Dry winter | Hot summer |
| Cwb | | | Warm summer |
| Csa | | | Short cool summer |
| Csb | | | Very cold winter |
| Dfa | | | Severe winter |
| Dfb | Warm summer | | |
| Dfc | Short cool summer | | |
| Dfd | Very cold winter | | |
| Dwa | Dry winter | Hot summer | |
| Dwb | | cool summer | |
| Dwc | | Short cool summer | |
| Dwd | | Very cold winter | |
| ET | Polar climate | Short summer allows tundra végétation | |
| EF | | Perpetual ice and snow | |

Les climats froids qui se caractérisent par le manque de chaleur (chauffage insuffisant), les climats tempérés où il y a une variation saisonnière entre un chauffage insuffisant et la surchauffe mais ni est très sévère. Les climats chauds à la troisième classe où le problème principal est la surchauffe dont l'air est sec, de sorte que le mécanisme de refroidissement par évaporation de l'organisme ne se limite pas et les grandes variations de température (jour-nuit). Finalement, les climats chauds-humides où la surchauffe aggravée par les humidités élevées et la variation de température diurne sont faibles. A la suite des sous types suivants : le climat de l'île ou alizé, climat désertique maritime, climat des hautes terres tropicales.

En 1953, Atkinson propose quatre types de climats suivant les problèmes thermiques ressentis par l'être humain dans un lieu géographique donné, cette classification a pour but d'être appliquée lors de la conception des bâtiments. La classification climatique d'Atkinson est résumée dans le (tableau 2).

Tableau I. 2 classification climatique d'Atkinson (source : auteur)

| Climat | Caractéristiques |
|--------------------|---|
| Climats Froids | Manque De Chaleur (Chauffage Insuffisant) |
| Climats Tempérés | Variation Saisonnière Entre Chauffage Insuffisant Et La Surchauffe |
| Les Climats Chauds | Surchauffe Air Sec Variations Raisonnable De Température (Jour-Nuit) |
| Chauds-Humides | Surchauffe Humidité Elevée Variation De Température Diurne Sont Faibles |

Le climat est régi par des facteurs géographiques, locaux et cosmiques d'où la notion d'échelle du climat suivant une hiérarchie définie par la notion d'espace fractionné par ordre de grandeur. Le climat dépend des facteurs cosmiques, géographiques et des facteurs locaux.

« Il y a donc un climat planétaire, quelques climats zonaux, un grand nombre de climats régionaux et une multitude de microclimats » (Tabeaud·2000). Suite à cette information se déclinent six échelles de climats, le climat Global, le climat zonal, le climat synoptique, le climat

régional (mesoclimat), le climat local (topoclimat), et le microclimat. Tableau 3 résume les caractéristiques de chaque un d'eux.

Tableau I. 3 Echelles du climat (Source : Martine Tabeaud, 2000)

| Echelle du climat | Ex de mécanismes Caractéristiques | Espace géographique | Extension horizontale | Extension verticale | Durée de vie des processus |
|-------------------------|--|----------------------------|-----------------------|---------------------|----------------------------|
| Globales | Radiation solaire, circulation générale (atmosphère) | Planète | 20.000 km | 40 km | 1 an |
| Zonale | Flux d'ouest, mousson, CTT | Zone | 5000 Km | 15 km | Quelques semaines |
| Synoptique | Anticyclone, perturbation | Portion de continent/océan | 3000 km à 1000 km | 15 km | 90 h |
| Régionale Mésoclimat | Ascendance orographique Brise de mer Tempête | Pays | 300 km à 50 km | 12 à quelques km | 48 h à 5h |
| Locale Topoclimat | Orage, brise de versant inversion thermique | Vallée ville | 5 km | 100 m | 24h à 1h |
| Microclimat | Turbulence | Site de clairière, rue | 10 m | 2 m | |

I.4. La classification climatique à partir des indices

Lorsqu'on parle d'indice climatique on parle à la fois d'une mesure de base mais aussi de la composition de ces mesures de base, plusieurs chercheurs ont déterminé plusieurs indices. Selon (Karl et al, 1996) Le CEI (Climate extreme index) et le GCRI (Greenhouse gas climate response index) sont des indices « multi-indices » des extrêmes climatiques, calculés à partir d'une somme pondérée de 5 indices ayant trait à la température et aux précipitations, tandis que selon (Hansen et al. 1998) le CSCI (Common Sense Climate Index) est le nombre d'écart-types dont la température moyenne annuelle s'écarte de la climatologie, donc une indication de l'anomalie de la température annuelle, le GWP (Global warming potential) est un indice de réchauffement climatique calculé à partir de la durée de vie des GES et de leur forçage radiatif relatif (référence CO₂), alors que le CSI (Climate Severity Index) est une composition d'indices décrivant les caractéristiques moyennes d'un climat, ses extrêmes, les événements à risque, ainsi que des facteurs humains (mobilité en fonction du climat, et impacts psychologiques du climat)

L'indice d'aridité est un indice très utilisé qui décrit la quantité d'eau disponible pour les plantes, en fonction des précipitations et de la température. En fonction de cet indice, la végétation d'une région n'est pas la même, et la production agricole possible est également très différente. Cet indicateur est aussi utilisé dans la gestion des eaux, pour mesurer précisément l'intensité des sécheresses estivales (Sebastian H, 2008)

I.4.1. Classification à partir de l'indice d'aridité

- De. Martonne en 1923 a calculé un indice d'aridité pour caractériser le pouvoir évaporant de l'air à partir de la température.

$$IDM = P / T + 10 \dots\dots\dots 1$$

Avec, P : précipitation annuelle.

T : température moyenne annuelle.

De. Martonne a proposé ainsi la classification des climats en fonction des valeurs de l'indice données au Tableau 4.

Tableau I. 4 indice d'aridité (Source: Gérard Guyot, 1999)

| Valeur de l'indice | Type de climat |
|--------------------|----------------|
| 0 < IDM < 5 | Hyper aride |
| 5 < IDM < 10 | Aride |
| 10 < IDM < 20 | Semi aride |
| 20 < IDM < 30 | Semi humide |
| 30 < IDM < 55 | Humide |

- En 1930 L. Emberger a établi le quotient pluviothermique pour caractériser le climat méditerranéen et ses nuances. L'indice s'exprime ainsi selon l'équation suivante :

$$QE = n.p / 3.65 (M + m) (M - m) \dots\dots\dots 2$$

n.p: nombre moyen de jours des précipitations annuelles par sa hauteur moyenne.

m : moyenne des températures minimales du mois le plus froid .

M : moyenne des températures maximales du mois le plus chaud.

V.Koppen en 1931 a fixé en moyenne annuelle, les limites de la steppe et du désert à

p = 10 t, si les précipitations ont un maximum hivernal.

Si les précipitations sont uniformes pendant l'année on ajoute 70 à l'indice, si elles montrent un maximum estival on y ajoute 140. L'effet des précipitations est d'autant plus marqué que la température est basse.

- En 1948, Tronthwaite a proposé un indice d'humidité qui tient beaucoup mieux compte des besoins en eau avec la formule suivante :

$$Im = \frac{100 (\text{surplus} - \text{déficit})}{\text{Evaporation potentielle}} \dots\dots\dots 3$$

Le botaniste Henri Gaussen en 1952 a proposé deux indices pour la classification et la représentation graphique des climats. le diagramme ombrothermique exprime les mois secs à partir des précipitations « sec, si $P < 2T$ » Fig-II-7-. Le xérothermique, où les jours secs sans précipitations doivent en plus avoir une humidité relative inférieure à 40%. (Fig.I.5)

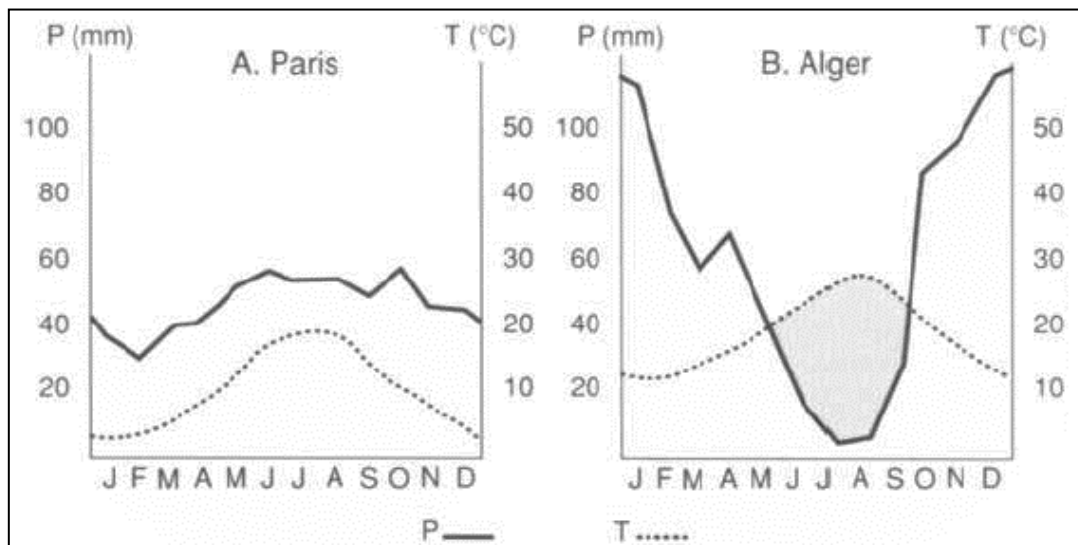


Fig I. 5 Diagrammes ombrothermiques (La période sèche est grisée) (source : A. Godard et M. Tabeaud, 1998)

I.5. Impact de l'homme sur le climat

Par la combustion d'énergies fossiles et la déforestation, les activités humaines ont un impact sur la composition atmosphérique. Depuis plusieurs années, l'atmosphère subit une forte augmentation des concentrations de dioxyde de carbone, de méthane et de dioxyde d'azote. L'aménagement du territoire et l'agriculture, en particulier l'usage d'engrais chimiques, sont une autre cause de l'accroissement de ces gaz à effet de serre.

L'évolution de la composition atmosphérique se fait à vitesse rapide. En termes chiffrés, la concentration en dioxyde de carbone a augmenté de 30 % depuis 150 ans, et la concentration en méthane a doublé depuis l'ère près-industrielle. Ces niveaux de gaz à effet de serre n'avaient jamais été atteints dans le dernier million d'années.

En concentrant ses activités dans un endroit défini en ville l'homme y modifie le microclimat, la température moyenne est plus élevée, modification des précipitations, nébulosité due à la pollution de l'air, problèmes sanitaires aigus.

De manière générale la ville concentre tous les sous-produits des activités humaines : poussières, hydrocarbure, produit de combustion. La figure 6 détermine les modifications engendrées par l'activité humaine en milieu urbain. (Fig.I.6)

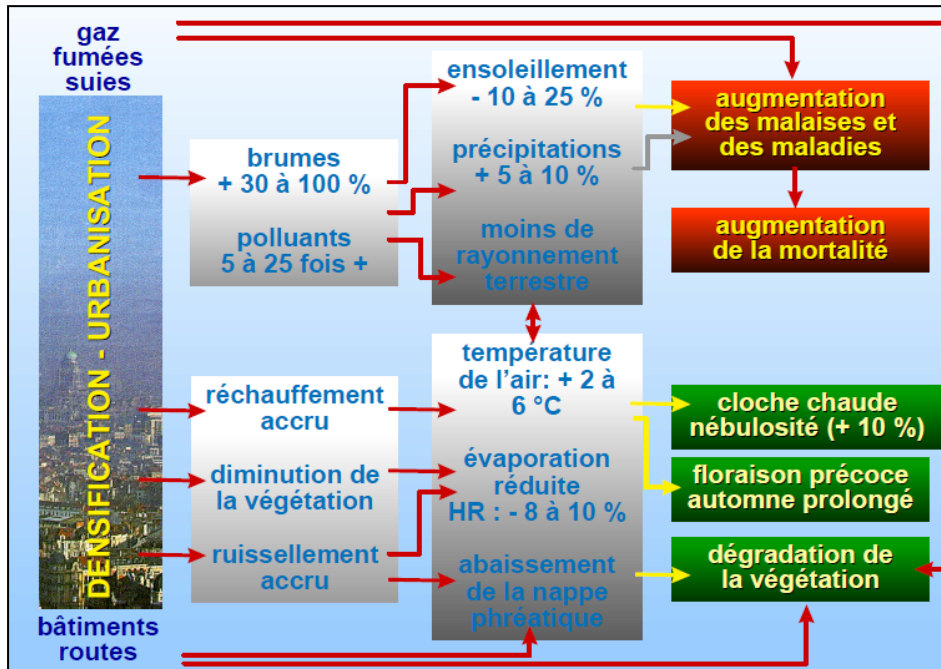


Fig I. 6 modification du climat en milieu urbain par rapport au milieu hors urbain source: traité d'architecture et d'urbanisme P 6b

I.6. Classification climatique en Algérie

L'Algérie occupe une vaste étendue territoriale, sa superficie est estimée à 2,382 millions Km², Dont plus de 4/5 de cette superficie est désertique. Ce qui offre une variété géographique et climatique allant du littoral au désert.

Cette variété territoriale en Algérie a donné une classification climatique qui permet de distinguer quatre zones principales (FigI.7), selon Mazouz, S 2004 il existe quatre zone climatique couvrant le territoire national, la Zone A : Zone littoral marin caractérisée par un climat tempéré, dus à l'action modératrice de la mer Caractérisé par des hivers doux et pluvieux, et un été chaud et humide avec de faibles amplitudes. Zone B : Zone arrière littoral montagne caractérisé par un hivers froid, ainsi que la baisse de température et des amplitudes diurnes et annuelles à cause de l'altitude et de l'éloignement de la mer. Les étés sont chauds et moins humides, la Zone C : Zone des hauts plateaux, ce climat est un homogène qui tend vers l'aridité avec un hivers long froid et neigeux, les températures y sont très basses. La Zone D : Zone du climat présaharien et saharien caractérisé par l'intensité du rayonnement solaire et une faible humidité, d'où le caractère du climat aride. L'absence de nuages favorise une

forte amplitude de température. La période froide est plus courte avec des jours modérés et des nuits très froides. L'été est très chaud et rigoureux, les températures atteignent les 45°C à l'ombre avec les vents intenses de siroco. Le tableau I.5- ci-après donne les caractéristiques spécifiques de chaque zone.

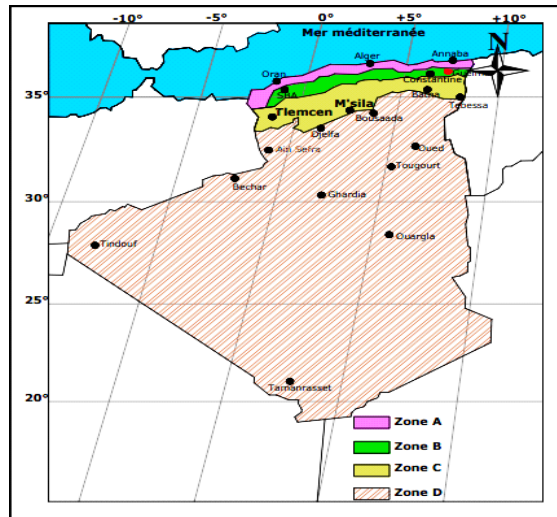


Fig I. 7 Classification du climat en Algérie (source : mazouz.s 2004)

Tableau I. 5 Les zones climatiques d'Algérie (source mazouz.s 2004)

| Zone A: littoral marin | |
|--|--|
| Localisation | Latitude : entre la limite supérieure de 35°N à l'ouest à 37° 25 N à l'est La limite inférieure de 35° 15 à l'ouest à 37° 35 à l'est. |
| Variations saisonnières | Spectre climatique varié de chaud étés avec soleil a bondant et peu de pluies et des hivers modérés. |
| Températures | 20 à 25°C. |
| Précipitations | Assez pluvieux de 500mm. |
| Humidité | Peu élevée. |
| Vents | Modérés, nord à nord-ouest en hiver. |
| Zone B: Arrière littoral montagne | |
| Localisation | Latitude : entre la limite supérieure de 35° 10 N à l'ouest à 37° 35N à l'est. La limite inférieure de 35° 25 à l'ouest à 36° 25 à l'est. |
| Variations saisonnières | Avec des hivers plus frais. |

| Zone C: Hauts plateaux | |
|---|--|
| Localisation | Latitude : entre la limite supérieure de 35° 25 N à l'ouest à 36° 25 N à l'est. La limite inférieure de 34 °50 à l'ouest à 35° à l'est. |
| Température | Supérieure à 30°C. Ecart important (15-18). En hiver, les températures tombent en dessous de 0. |
| Précipitations | Environ 300 mm mais très variable. |
| Humidité | Peu élevée 0. |
| Conditions célestes et rayonnement | Ciel clair avec des périodes de nuage léger. Rayonnement diffus modéré, des nuages rayonnement réfléchit par le sol de modéré à élever. |
| Vents | Essentiellement de direction ouest. Tendent à être forts débutant enfin de matinée atteignent le maximum dans l'après-midi. Nuits calmes. |
| Zone D: Pré-Sahara et Sahara | |
| Localisation | Latitude : entre la limite supérieure de 34° 50 N à l'ouest à 35° N à l'est. La limite inférieure de 19° à l'est et à l'ouest. |
| Variations saisonnières | 02 saisons, chaude et froide. |
| Température | T° Moy Max:45°C et entre 20-30°C en hiver, variation saisonnière de 20°C. L'effet de la latitude les hivers deviennent de plus en plus froids. |
| Précipitations | Pluies rares, torrentielles par moments. |
| Humidité | Réduite entre moins 20% après midi à plus de 40% la nuit. |
| Conditions célestes et rayonnement | Ciel clair pour une grande partie de l'année, mais les vents sable et les tempêtes sont fréquents, arrivant généralement les après-midis. Rayonnement solaire intense augmenté par les rayons réfléchit par le sol. |
| Végétation | Extrêmement clairsemée. |

Face au climat vient se dresser tout type de bâtiments qui doivent résister aux conditions climatiques dans le but d'assurer le confort des utilisateurs de l'espace, c'est pourquoi la relation entre le bâtiment et le climat est étroite, elle se doit d'être en équilibre avec les conditions climatiques extérieur afin de garantir un microclimat agréable à l'intérieur.

I.7. Le bâtiment

« Ensemble des industries et métiers qui concourent à la construction des édifices. Entrepreneur de (ou en) bâtiment. Ouvrier du bâtiment ». (Le robert 2019)

Le Bâtiment désigne l'ensemble des ingénieries et techniques ainsi que tous les corps de métiers nécessaires à la construction, la réhabilitation, ou la rénovation d'un ouvrage bâti destiné à l'habitation ou aux activités tertiaires et industrielles.

Un bâtiment est une construction destinée à servir d'abri ou d'habitat et à protéger des biens et des personnes des conditions météorologiques extérieures.

I.8. L'habitat et l'habitation

Selon le dictionnaire le robert l'habitat est définit comme le milieu géographique propre à la vie d'une espèce animale ou végétale, c'est aussi le mode d'organisation et de peuplement par l'homme du milieu où il vit.

L'habitat, c'est l'espace architectonique destiné à abriter une unité familiale, sur lieu donné avec des caractéristiques donné : géographique, forme, emplacement.

La figure FIG I.8 résume la définition de l'habitat.

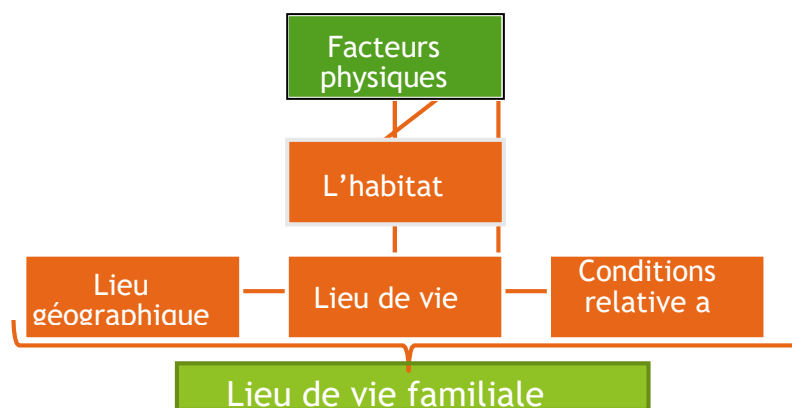


Fig I. 8 Définition de l'habitat (source : auteur)

Le défi mondial est de diminuer la consommation énergétique dans le but de préserver les ressources naturelles sous l'aile du développement durable (Voir annexe I),

« Le développement durable se veut un processus de développement qui concilie l'écologique, l'économique et le social et établit un cercle vertueux entre ces trois pôles : c'est un développement, économiquement efficace, socialement équitable et écologiquement soutenable » (Sommet mondial sur le développement durable 2002). Ce processus se doit de respecter trois échelles, l'échelle écologique par le respect de l'environnement, et des ressources naturelles, l'échelle social en luttant contre la pauvreté, et la ségrégation, et l'échelle économique en étant économiquement efficace.

I.9. L'habitat durable

L'habitat durable est un concept qui relie à la fois la notion d'habiter et la notion de durabilité il s'agit d'habiter un lieu en respectant l'environnement qui l'entoure, «La notion de durabilité recouvre un vaste éventail de problèmes: le choix des matériaux, la quantité d'énergie nécessaire pour les transporter, et les transformer, les processus de construction des bâtiments, leur niveau de performance thermique, leur consommation d'énergie lorsque ils sont en activité, leur entretien, leur longévité, leur capacité à s'adapter à de nouveaux usages, et à des technologies encore à venir, la possibilité de les démonter pour éventuellement les reconstruire, leurs possibilités de reconvention, et de recyclage, leur utilisation de la lumière du jour, et de l'énergie solaire pour le chauffage, le rafraîchissement et la production d'électricité.» (Contal, et al 2008, pp170).

L'habitat durable est le type d'habitat qui minimise au maximum les impacts sur l'environnement. Il touche aux techniques de construction ou de réhabilitation des bâtiments, aux matériaux ou appareils utilisés, mais aussi aux comportements ou aux habitudes que génèrent les divers modes d'habitation. « On comprend dans la catégorie de l'habitat durable, l'habitation à basse énergie, la maison passive ou la maison à énergie positive »¹. L'habitat durable englobe plusieurs définitions et s'inscrit donc dans le volet de l'architecture bioclimatique,

I.10. L'architecture bioclimatique

Par le biais de moyens architecturaux avancés, l'architecture bioclimatique se base sur la réduction des besoins de l'habitat en chauffage et en climatisation pour qu'ils puissent être,

¹ Habitat durable.com

totalemment ou à grande partie, satisfaits par les rayonnements solaires et la circulation naturelle de l'air sur le site.

En plus de la réduction en consommation énergétique, l'architecture bioclimatique favorise l'éclairage naturel, contrôle l'humidité et vise le maintien de températures agréables à l'intérieur, afin d'assurer un maximum de confort pour les occupants.

Afin de bâtir une construction qui remplit toutes ces fonctions, le concepteur réalise des études approfondies sur le site en prenant en considération la météo, la géographie du lieu, le climat, les risques naturels et le mode de vie des habitants. Cette approche architecturale basée sur l'intégration de ces différents paramètres, permet de capter un maximum d'énergie solaire et éolienne disponible sur le site, de la conserver de manière respectueuse de l'environnement et d'optimiser sa diffusion et sa consommation en évitant toute cause de déperdition.

L'architecture bioclimatique s'appuie sur quatre piliers :

- Une orientation optimisée pour un meilleur gain. D'ailleurs, l'orientation de la construction doit permettre un maximum d'apports solaires et une exposition aux vents minimale
- Un bon choix de matériaux de construction pour une meilleure isolation ;
- Des solutions de ventilation bien étudiées pour assurer un renouvellement régulier de l'air en évitant toutes pertes thermiques
- Une isolation de qualité pour l'étanchéité du bâtiment.

Une construction qui respecte les bases de ce type d'architecture permet de tirer le meilleur profit de l'énergie solaire disponible sur le site et ce, à travers le processus suivant :

Capter les rayons solaires

En période d'hiver, l'énergie solaire permet de réchauffer le bâtiment sans frais. Ainsi, la construction doit permettre de capter le maximum de rayons. Cette même construction doit être capable de se protéger des rayons en période d'été pour diminuer ses besoins en climatisation.

Diffuser la chaleur

L'architecture bioclimatique permet, par l'utilisation de matériaux spécifiques, de diffuser équitablement les rayons captés et transformés en chaleur, dans les différentes pièces de l'habitat.

Conserver une ambiance agréable

En hiver, il est indispensable de conserver l'énergie diffusée à l'intérieur des pièces et ce, en évitant les différentes causes de déperditions et de pertes thermiques. En été, c'est la fraîcheur qui doit être conservée à l'intérieur.

Bien qu'elle soit une nouvelle tendance de construction, l'architecture bioclimatique s'inspire des anciennes techniques de construction, qui consistaient à alimenter les habitations en énergies naturelles sans recours aux énergies polluantes et non renouvelables telles que le gaz ou l'énergie électrique.

La maison bioclimatique joue à la fois le rôle de capteur, d'accumulateur et de diffuseur de chaleur, elle ne nécessite ainsi aucun investissement supplémentaire à l'installation et la maintenance des équipements de transformation et de stockage d'énergie. Elle offre une ambiance confortable et économique pour une vie saine et un environnement protégé.

I.10.1. Le bâtiment bioclimatique

Le bâtiment passif instaure un mode de vie relativement résilient car il diminue la consommation énergétique en utilisant l'inertie thermique et l'adéquation des matériaux de construction, ainsi que l'orientation et la forme de l'habitation, en plus d'une panoplie de procédés passifs. Utilisé depuis des siècles dans certains points de la planète « les stratégies passives apportent des réponses à la fois économique et Loïc adapté au milieu où la construction doit avoir le jour. Elles prennent en compte la température l'orientation et le vent Il est aussi possible de profiter de l'orographie local pour assurer la régulation thermique des intérieurs où faire usage de matériaux offrant une masse thermique élevée ou de haute qualité d'isolation. » (FRECHMANN K ,2002)

« Une maison passive est un bâtiment avec un climat intérieur agréable en hiver comme en été sans installation de chauffage ou de refroidissement conventionnelle »²

Cela est rendu possible par la réduction drastique des besoins en énergie de chauffage, réalisée essentiellement par des mesures architecturales et constructives.

Le bâtiment passif répond à des exigences techniques pour pouvoir être qualifié de tel.

- L'isolation thermique renforcée, fenêtres de grande qualité
- La suppression des ponts thermiques
- L'étanchéité à l'air excellente
- La ventilation double flux (avec récupération de chaleur)
- La captation optimale mais passive de l'énergie solaire et des calories du sol
- La limitation des consommations des appareils ménagers

Le bâtiment passif ne réalise pas d'économie sur le niveau de confort mais au contraire l'augmente tout en diminuant la consommation énergétique, par son enveloppe performante, Selon la norme 90.1-2016 Les nouvelles exigences d'enveloppe technique comprennent :

² www.maisonpassive.be

Exigences obligatoires pour la vérification de l'enveloppe, avec un intérêt particulier aux infiltrations d'air réduite et des exigences accrues fuite d'air vers les portes d'enroulement aériennes.

- Exigences prescriptives plus strictes pour la construction métallique les toits et les murs, la fenestration et les portes opaques.
- Amélioration de la clarté des définitions des murs extérieurs, de l'orientation du bâtiment, et la clarté autour de la valeur R.
- Nouvelles exigences basées sur l'ajout de la zone climatique 0.

Il est aussi important de noter que le bâtiment passif est adapté à son environnement, les matériaux utilisés, l'orientation, l'exploitation des énergies renouvelable, pour assurer un environnement thermique confortable.

Le bâtiment passif a lui seules ne peut assurer l'efficacité énergétique si on ne sensibilise pas les habitants a adopté une mode de vie et des pratiques quotidiennes résiliente résilientes, par le choix des appareils électroménager de catégorie A et B sur l'étiquette écologique, et à les utiliser de façon rationnelle sans tomber dans l'excès.

I.10.2. La maison bioclimatique

Une maison bioclimatique est un habitat dont la conception, la construction et le fonctionnement visent à consommer le moins d'énergie polluante possible afin de réduire significativement les gaz à effet de serre ainsi que les déchets des centrales nucléaires, donc de réduire la pollution de la planète. Une maison écologique, c'est aussi une maison qui est construite avec des matériaux sains, fabriqués dans le respect de l'environnement.

Verte, écologique, bioclimatique, autonome...etc. Il existe autant d'appellations que de solutions envisageables pour un habitat prenant davantage en compte l'environnement. Idéalement, celui-ci doit à la fois permettre d'émettre le moins de polluants possible, tout en réduisant ses besoins en énergie et les pertes qui y sont liées. Pour cela, on va pouvoir agir à la fois au niveau de la conception du bâtiment, de ses installations (eau, chauffage notamment), ou du type de matériaux utilisés.

À l'origine, le terme même de « maison écologique » s'appliquait exclusivement à celles dont les matériaux respectent l'environnement et la santé de leurs habitants. Leur mode de production, de transport sont aussi pris en compte. C'est dire leur importance.

Il faut aussi tenir compte de l'énergie cachée, dite « énergie grise », sur l'ensemble du cycle de vie du matériau. En règle générale, les matériaux naturels ont une énergie cachée beaucoup plus basses que ceux qui sont produits de manière industrielle. Quant au chantier lui-même, il

peut engendrer jusqu'à 10% de la consommation énergétique de la maison sur son cycle de vie entier l'habitat bioclimatique est donc une maison englobant les procédés bioclimatiques, respectant

L'environnement, et utilisant les matériaux écologiques, et les procédés de l'éco construction.

I.11. Le bâtiment adapté à son climat

L'adaptabilité du bâtiment a son climat est le levier pour diminuer la consommation énergétique et assurer le confort thermique, il s'agit d'intégrer le bâtiment a son climat de façon harmonieuse, un bâtiment adapté à son climat est un bâtiment bien conçu à base de stratégie bioclimatique en tirant profit de toutes les ressource naturel à sa disposition, en effet il s'agit de se protéger des aléas du climat tout en exploitant le potentiel durable du site, le bâtiment par exemple il doit à la fois se protéger du soleil et du vent en été et favoriser leur entré en hiver dans le but d'assurer le confort thermique intérieur. « Il s'agit d'un bâtiment assurant le confort de ses occupants couplé par une consommation d'énergie primaire rationnelle. Incontestablement, c'est un bâtiment qui ne surchauffe pas ou peu surchauffé en été et profite des gains solaires en hiver » (Gnansounou, 2014, p.7). La figure ci-dessous présente la localisation d'un bâtiment adapté à son climat en couleur bleue et un autre bâtiment énergivore inadapté en couleur rouge dont la bonde verte représente les exigences de confort. Elles varient selon la saison.

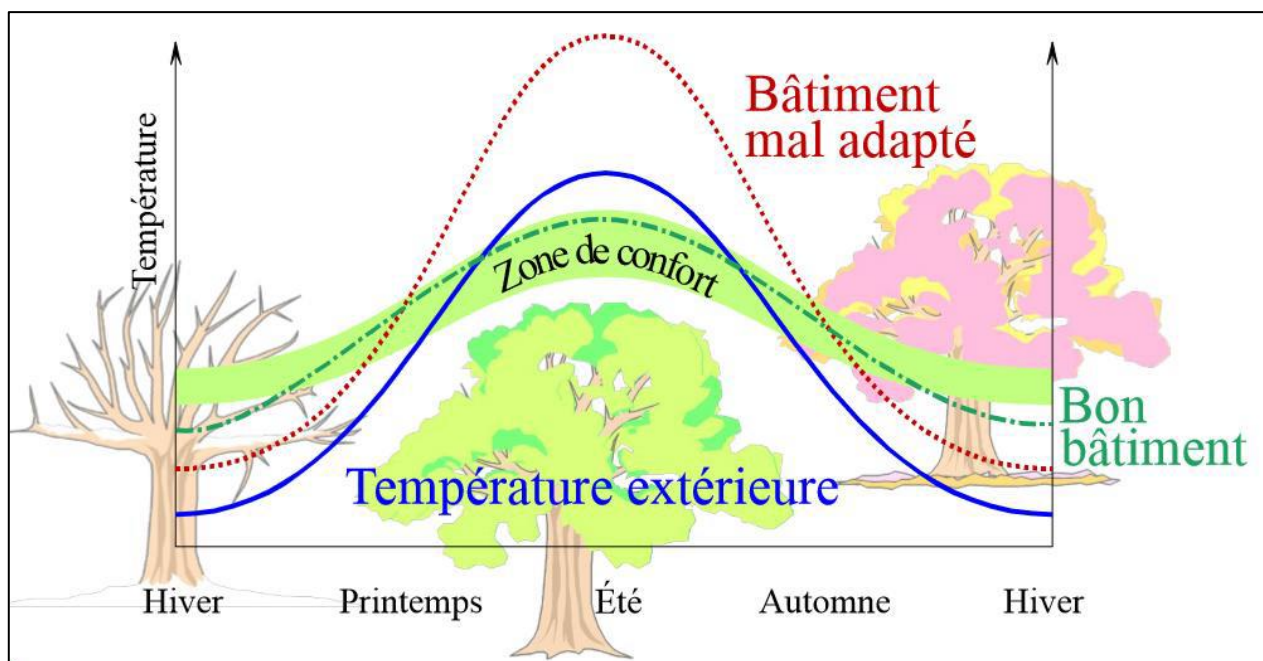


Fig I. 9 La situation d'un bâtiment adapté à son climat. (Source : Gnansounou E. , 2014, p.7.)

I.12. L'architecture bioclimatique un concept nouveau pour un savoir-faire ancestrale

A travers l'histoire, l'homme a conçu son habitat en fonction de ses besoins, qui sont influencé par des facteurs qui peuvent être naturels, culturels, sociaux et même spirituelles. Pour ce faire l'être humain a toujours puiser dans les ressources naturel présente a sa disposition dans son environnement, dans cette optique nous avons choisis quelque exemples parmi la vaste histoire de l'habitat a travers le temps dans le monde

I.12.1. Des exemples durant la préhistoire et l'antiquité

A cette époque les moyens à la portée de l'homme était limitée et primaire c'est pourquoi il a dû s'adapter à son environnement en le respectant et en l'épousant.

I.12.2. Les troglodytes

Les troglodytes sont une forme d'habitat qu'on retrouve dans plusieurs endroits dans le monde tels que la Chine, la Tunisie, la Turquie, l'Algérie. Le site et le climat ont joué un rôle important dans la conception de cet abris souterrain. L'habitat troglodyte est une architecture présente dans diverses traditions, il s'agit de l'aménagement d'habitats souterrains ou creuser dans les rochers à flanc de montagne. Pour faire face aux contraintes climatiques, l'homme a creusé son habitat dans le sol même dans le but de garantir une bonne inertie thermique, c'est pourquoi il a utilisé le Sol lui-même comme matériaux de construction. Fig. I.9



Fig I. 10 Matmata, Tunisie (source viago.ca, le 20/09/2019)

I.12.3. L'habitat « Laos »

L'habitat Laos se situe dans les climats chaud et humide tel qu'en Colombie, cet habitat est adapté à son climat en faisant face aux contraintes climatiques qui sont les vents

dominants, les pluies fréquentes par l'utilisation des toitures légères avec un avant toit couvert par de la végétation. Elle s'organise toujours de la même manière avec un espace extérieur, une terrasse ou une véranda et à l'intérieur une opposition entre les pièces intimes et la pièce de réception délimitée par une de paroi de bois transversale, le Haan.

Depuis le Haan, une seule porte mène aux chambres, ainsi l'endroit est protégé du regard des autres. La maison doit être orientée parallèlement au cours d'eau, toujours présent à proximité des villages et cet axe doit être également respecté pour la disposition des lits.



Fig I. 11 Laos (Colombie)(source viago.ca, le 20/09/2019)

I.12.4. Le Dhajji

On retrouve ce type d'habitat au Pakistan, issue de l'architecture traditionnelle le dhajji est constitué de cadres en bois vigoureusement subdivisés avec des remplissages en pierre ou en brique elles doivent être placées dans un mortier de boue pour que le remplissage puisse se déformer et ainsi fonctionner comme un amortisseur dissipant l'énergie. Les éléments qui constituent les structures primaires sont généralement plus fins que ceux l'habitat traditionnel européen (colombage, Fachwerk). Tandis que les divisions secondaires sont composées de pièces courtes de la taille d'une planche clouées aux éléments primaires. Les motifs des divisions peuvent se présenter sous forme des entretoises rigides ou des assemblages en zig-zag, en chevron, en queue de poisson ou aléatoires, toujours plus ductiles.



Fig I. 12 Dhajji (Pakistan)(source viago.ca le 20/09/2019)

I.12.5. L'habitat à colombage du moyen âge jusqu'au XIXème siècle

A cette époque, des types d'habitat ont disparu par la naissance de l'ère industrielle en Europe.

Des nouveaux besoins apparaissent dans cette période de temps, le développement du commerce et de l'artisanat et la multiplication des échanges.

Dans le but d'honorer l'église on construit des maisons étroites en hauteur, pour refléter la hiérarchisation des classes sociales.

La structure de la maison à colombage est constituée de deux éléments, en premier lieu on retrouve le pan de bois qui est un assemblage de pièces formant une ossature, en second lieu les vides résultants de cet assemblage sont remplis de briques, moellons, glaise ou torchis pour assurer l'isolation de la paroi. Ce mode constructif spécifique les rendait plus flexibles et donc plus résistantes que les demeures en pierre, ce type d'habitat s'est d'abord rependu pour résister au tremblement de terre, puis elle se sont démocratisées car le procédé était moins onéreux que la maçonnerie traditionnelle.



Fig I. 13 la maison colombage (source viago.ca, le 20/09/2019)

I.12.6. Exemple au XIXème siècle

La naissance d'un besoin qui est « habiter en ville » avec des conditions plus confortable grâce à la révolution industrielle, en Europe, la maîtrise de l'acier et le ciment ont participé à l'évolution du bâtiment. L'apparence d'une nouvelle couche social ouvrière, la réalisation des logements en brique sans confort pour loger rapidement le nombre important des ouvriers.

A la fin du XIXe, Les Bâtiments en hauteur construisent avec la pierre pour les familles riches, la hiérarchie est inversée dans les immeubles à cause de l'invention des ascenseurs, la

bourgeoisie préfère les étages (plus de luminosité, belle vue...).



Fig I. 14 immeuble destiné à l'habitat(source viago.ca, le 20/09/2019)

I.12.7. Du XIXème siècle jusqu'au choc pétrolier

La ville a connu un exode rural important grâce à La naissance de la fée électrique, l'essor de la machine et même les techniques de construction.

Cette croissance engendrait le besoin de loger rapidement et en grand nombre des milliers de familles en périphéries les villes, l'industrialisation des constructions. Après la crise pétrolière 1973, on a décidé de résoudre le problème des déperditions thermiques en isolant par l'intérieur avec des matériaux hautement toxiques et non durables telles que la laine minérale, le polystyrène etc.



Fig I. 15 Maison contemporaine (source viago.ca, le 20/09/2019)

I.12.8. Depuis les années 1960-1970 jusqu'à 2000

La naissance d'un courant architectural en 1960 aux USA par Frank Wright inspirait de la nature, il utilisait les ressources naturelles locales et traditionnelles combiné aux énergies renouvelables telles que le soleil.

Le sommet de Rio 1992, a déterminé la notion de développement durable. Après cette conférence, plusieurs démarches ont né telle que l'HQE en France.

I.12.9. L'architecture bioclimatique et le retour aux sources

Depuis la nuit des temps, l'homme a conçu son habitat, de façon à répondre à ces besoins et en utilisant les matériaux à sa disposition malgré les moyens réduits et la disponibilité limitée des matériaux à sa disposition, de ce fait la construction résultante s'adaptait parfaitement à son environnement et s'y intègre dans un cadre de respect et de préservation de l'environnement. Donc la construction du passé employait des matériaux écologiques, et œuvrait par des procédés écologiques, tel est le cas de l'habitat vernaculaire comme l'habitat du M'ZAB. Le progrès technologique, et l'essor économique ont révolutionnés le domaine de l'habitat et permis à l'homme d'assouvir tous ses désirs et de répondre à tous ses besoins, cette réponse s'est faite au détriment de l'environnement. En effet le secteur du bâtiment est l'un des pollueurs majeurs de l'environnement.

Ce n'est que tardivement, au début des années 70 et face à la crise pétrolière et la dépendance à l'énergie fossile qui diminue au fur et à mesure qu'on en consomme, ce qui a suscité un engouement vers les matériaux locaux bio sources en employant des techniques écologiques sous une nouvelle appellation qui est l'éco construction.

Donc le concept de l'éco construction qui émergea au milieu des années 90 grâce à la démarche de la Haute Qualité Environnementale n'est pas un concept nouveau mais plus tôt une renaissance d'un savoir-faire ancestral.

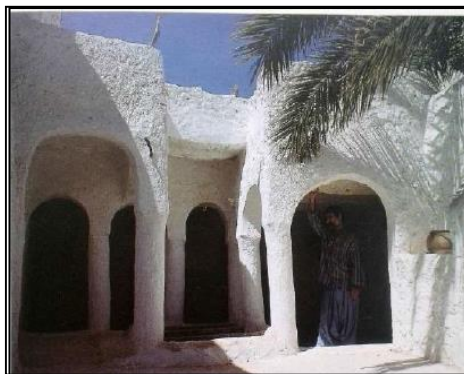


Fig I. 16 la maison du M'ZAB (source viago.ca, le 20/09/2019)

Conclusion

Dans sa recherche de confort l'être humain a bâti des habitations pour se protéger des aléas de la nature, en puisant dans les énergies fossiles à sa disposition ce qui a engendré la hausse des températures du globe, et donc a mis l'habitant dans une situation de stress climatique.

C'est pourquoi il est nécessaire de penser à diminuer la consommation énergétique dans les habitations, par le biais de l'enveloppe du bâtiment qui est en contact constant avec les conditions climatique, le choix de l'enveloppe du bâtiment détermine le microclimat intérieur de l'habitation et donc le degrés de confort qui se traduit par la consommation énergétique au sein de l'habitation.

La conception d'enveloppes, capables de valoriser les gains énergétiques gratuits tout en limitant les pertes, doit contribuer à diminuer les besoins énergétiques sans nuire au confort intérieur. L'enveloppe devient alors un véritable échangeur thermique qu'il est possible de gérer et d'adapter aux environnements intérieur et extérieur.

CHAPITRE II

L'ENVELOPPE DU BATIMENT ET L'EFFICIENCE ENERGETIQUE

Introduction

L'enveloppe du bâtiment est en contact permanent avec le climat ce qui détermine le microclimat à l'intérieur de l'habitation et donc la consommation énergétique d'où l'efficacité énergétique est altérée, une enveloppe performante assure un bâtiment performant car l'enveloppe du bâtiment ne constitue pas seulement l'élément qui protège l'habitation des aléas de la nature afin d'assurer un microclimat dans les limites des zones de confort mais aussi une surface déprédative c'est pourquoi il est primordial de concilier enveloppe et efficacité énergétique.

Dans ce chapitre nous allons détailler la relation entre l'enveloppe du bâtiment et l'efficacité énergétique. En effet un bâtiment dont l'enveloppe ne fait pas aux conditions climatiques efficacement induit des conditions climatiques intérieurs non confortables qui se répercutent sur l'efficacité énergétique par le biais d'une forte consommation énergétique, pour se faire nous avons défini les caractéristiques de l'enveloppe du bâtiment et les contraintes climatiques auxquelles elle doit faire face.

II.1. Définition de l'énergie

Les physiciens emploient le terme d'énergie pour désigner une capacité à modifier un état ou à produire un travail entraînant un mouvement ou générant un rayonnement électromagnétique - de la lumière, par exemple - ou de la chaleur. Le mot vient d'ailleurs du grec et signifie « force en action ».

Dans le système international, l'énergie s'exprime en joules, mais dans le langage courant, elle s'exprime plus souvent en kilowatt-heure (kwh). Quant à la tonne d'équivalent pétrole (tep), elle permet généralement de comparer les différentes sources d'énergie entre elles.

Le mot énergie désigne selon l'encyclopédie : « la capacité d'un système à produire un Travail, c'est l'un des quatre concepts prédéfinis de la physique, avec la matière, l'espace et Le temps » (encarta 2009) . Elle se manifeste sous différentes formes. Ainsi, elle passe d'une forme à une autre. L'énergie se décompose en plusieurs formes mais elle reste constante dans le système isolé tel que : celle de l'univers ; la cause de son homogénéité.

II.2. Transfert thermique de l'enveloppe du bâtiment

La thermique du bâtiment est une discipline qui étudie les besoins énergétiques des bâtiments ; elle aborde principalement les notions de transfert de chaleur afin d'offrir le meilleur confort thermique aux occupants.

Le transfert de chaleur peut être défini comme le processus de transfert de chaleur d'un objet ayant une température plus élevée vers un autre objet ayant une température plus basse.

L'enveloppe verticale des bâtiments est affectée par trois mécanismes de transfert de chaleur : conduction, convection et rayonnement. Voir Fig.II.1

Le rayonnement solaire est reçu par la surface du mur extérieur pour être transformé en chaleur restituée à l'intérieur par conduction une autre partie est emmagasinée dans la masse lourde, en même temps, un transfert de chaleur par convection se produit de l'air extérieur du bâtiment vers la surface extérieure du mur et de la surface intérieure du mur vers l'air intérieur du bâtiment. « L'air à l'intérieur du bâtiment. En raison de la basse température à l'intérieur du bâtiment, la plupart de la chaleur est obtenue à partir de l'extérieur du mur du bâtiment, par la conduction et les fuites d'air » (Mahlia et al., 2007).

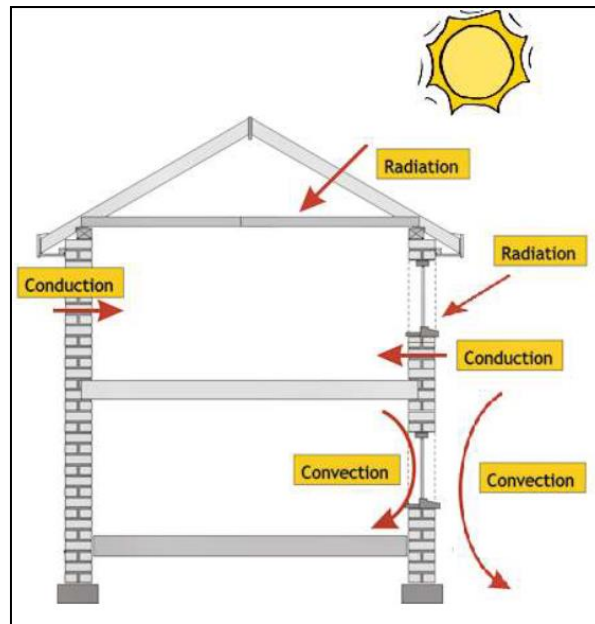


Fig.II. 1. Mode de transfert de chaleur à travers l'enveloppe du bâtiment (Source : Salih, T. W. M., 2016)

Le processus de transfert de chaleur à travers la paroi peut être calculé par l'équation suivante.

(Feilner et al.,2015) :

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \dots\dots (1)$$

Q Transfert de chaleur

m Masse

c Chaleur spécifique

ΔT Différence en température

Joseph Fourier a développé une théorie analytique pour décrire la conduction de la chaleur dans les matériaux :

$$\phi = -\lambda \cdot \text{grad } T \dots\dots (2)$$

T Température locale

λ Conductivité thermique du matériau

le flux de chaleur à travers une surface S est proportionnel au gradient de température $T_2 > T_1$ sur l'épaisseur considérée, la surface et le temps, et que le transfert de chaleur s'effectue de la zone chaude vers la zone froide. Un système en déséquilibre tend toujours à retrouver sa position d'équilibre, ce qui conduit à un échange de chaleur (flux thermique). Les phénomènes physiques décrivant les échanges thermiques sont principalement divisés en trois catégories : «*la conduction thermique, la convection thermique et le rayonnement* » (Gauthier, 2012).

II.2.1. La conduction

La température est une fonction croissante de l'agitation moléculaire dans un corps, qu'il soit solide, liquide ou gazeux.

L'agitation moléculaire élevée de la zone chaude communiquera de l'énergie cinétique aux zones plus froides par un phénomène appelé conduction de la chaleur.

La conduction est un phénomène de diffusion qui permet donc à la chaleur de se propager à l'intérieur d'un corps solide. Il en est de même pour un liquide ou un gaz mais on verra par la suite que pour eux, la convection est un autre mode de transfert de chaleur possible. Notons enfin que la conduction de la chaleur n'est pas possible dans le vide puisqu'il n'y a pas de support moléculaire pour cela.

La chaleur transférée par le processus de conduction peut être calculée par cette formule (Vogt et al., 2015)

$$Q = \frac{(T_{hot} - T_{cold}) \dots (3)}{d}$$

Q Transfer de chaleur

K Conductivité thermique

T_{hot} Température chaude

T_{cold} Température froide

t Temps

d Epaisseur matériau

A Air surface

II.2.2. La convection

Un débit ou une circulation de liquide ou de gaz peut transporter avec lui une certaine quantité d'énergie thermique. Ce transport de chaleur porte le nom de CONVECTION thermique. Ce transport de l'énergie par un écoulement est analogue au transport d'autres quantités scalaires (non vectorielles) : transport d'une concentration de sel par de l'eau, transport de l'humidité par l'air, On retiendra donc que dans la convection, la chaleur se sert du fluide comme véhicule pour se déplacer. Sans entrer dans les détails, notons qu'il existe deux types de transferts convectifs :

- La convection forcée dans laquelle l'écoulement du fluide est forcé par un dispositif mécanique quelconque (pompe ou gravité pour un liquide, ventilateur pour de l'air).

- La convection naturelle : lorsqu'il existe une différence de température entre deux points d'un fluide, le fluide chaud, qui aura une masse volumique plus faible que le fluide froid aura

tendance à monter sous l'effet de la poussée d'Archimède. 347 Il y aura ainsi circulation naturelle du fluide sous l'effet de la chaleur qui, par ailleurs, sera transportée avec lui.

La chaleur transférée par le processus de convection peut être calculée par cette formule (Vogt et al., 2015) :

$$Q = HC A (T_{hot} - T_{cold}) \dots (4)$$

- Q Chaleur transférée
- HC Coefficient de transfert de chaleur
- T_{hot} Température chaude
- T_{cold} Température froide
- A Surface de la surface

II.2.3. Le rayonnement

Le rayonnement thermique est la transmission d'énergie thermique de surface à surface par des ondes électromagnétiques. Tout matériau dont la température est supérieure au zéro absolu émet de tels

Rayons, qui se propagent dans l'espace, y compris dans le vide. La chaleur transférée par le processus de rayonnement peut être calculée par cette formule (Vogt et al., 2015)

$$Q = \sigma (T_{hot} - T_{cold}) A \dots (5)$$

- Q Chaleur transférée
- σ Constante de Stefan Boltzmann
- T_{hot} Température chaude
- T_{cold} Température froide
- A Air surface

II.3. Propriété thermique du bâtiment

II.3.1. La résistance thermique

Le flux de chaleur traversant un matériau paroi dépend de son épaisseur et de sa conductivité thermique λ . La résistance thermique met en relation l'épaisseur et la conductivité thermique

$$R = e/\lambda \dots (6)$$

- e est l'épaisseur en m
- λ est la conductivité thermique en $W K^{-1} m^{-1}$

R_t est la résistance thermique en mètres carrés-kelvins par watt ($m^2.K.W^{-1}$) plus R_t est grand plus la paroi est isolante

II.3.2. Transmission calorifique

Le coefficient de transmission calorifique est l'inverse de R

$$U = 1/R \dots\dots (7)$$

R Est la résistance thermique [m^2K/W].

II.3.3. Inertie thermique

L'inertie thermique est quantifiée par deux grandeurs physiques essentielles : la diffusivité thermique et l'effusivité thermique. Celles-ci sont fonction de :

- la conductivité thermique du matériau (λ)
- la capacité thermique massique du matériau (c)
- la masse volumique (ρ)
- et éventuellement, la capacité thermique volumique, produit des deux derniers.

Appliquée à un matériau de construction, une paroi, un local ou un bâtiment, la capacité thermique représente la quantité de chaleur que ceux-ci emmagasinent lorsque leur température augmente d'un degré. Cette quantité est généralement liée à la masse volumique.

D'une manière générale : un matériau dense aura une meilleure inertie thermique, tandis qu'un matériau léger aura une inertie thermique moindre.

Dans une pièce revêtue intérieurement d'une couche d'isolant ou une cloison de doublage légère, l'inertie thermique est faible. Il suffit de peu de temps pour réchauffer l'air de la pièce, ce qui est un avantage. Par contre, en été, le moindre rayon de soleil fait monter la température brutalement et cette dernière baisse aussi vite qu'elle a montée lorsque le soleil disparaît. La sensation d'inconfort est nette.

L'utilisation de murs massifs intérieurs et une isolation extérieure permettent d'augmenter l'inertie thermique et de réduire les variations de température.

La capacité thermique volumique et la masse volumique sont indiquées dans les spécifications techniques des matériaux entrant dans la construction des bâtiments.

L'inertie thermique est définie comme la vitesse à laquelle le bâtiment réagit aux perturbations extérieures. Perturbations extérieures. La réponse du bâtiment à la sollicitation dépend largement des propriétés thermiques propriétés thermiques des matériaux de construction. Selon leur capacité à stocker et à transporter la chaleur, les bâtiments réagiront

différemment, d'où un problème de couplage entre la conductivité et la capacité thermique. Capacité thermique, ce qui introduit les deux concepts de diffusivité et d'effusivité. Ainsi, l'inertie thermique inertie thermique dépend des interactions de l'environnement avec les matériaux de construction du bâtiment, qui sont liées à plusieurs paramètres tels que leurs propriétés thermo-physiques, leur disposition dans l'enveloppe du bâtiment, ainsi que les caractéristiques architecturales du bâtiment et les conditions climatiques. (Chahwane, 2012)

II.4. Déperdition thermique dans le bâtiment

Un échange de chaleur se produit entre deux milieux lorsqu'il existe une différence de température entre ces deux milieux. La chaleur se propage d'un milieu chaud vers le milieu froid par conduction, rayonnement et convection.

L'enveloppe thermique d'un bâtiment est la surface qui sépare le volume intérieur chauffé du bâtiment de l'environnement extérieur. Elle est définie par les parois extérieures du bâtiment. C'est autour de cette enveloppe qu'opèrent les échanges de chaleur, appelés aussi transferts thermiques, qui influenceront sur les besoins de chauffage ou de rafraîchissement du bâtiment.

De manière générale, depuis le milieu intérieur, les calories atteignent les parois extérieures par convection et rayonnement, passent au travers de celle-ci par conduction, et s'échappent à nouveau par convection et rayonnement.

Déterminer les déperditions thermiques d'un bâtiment revient à calculer les flux thermiques additionnés qui traversent ses parois.

Par les murs : Le mur transmet la chaleur par conduction dans son épaisseur entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment. Le vent accélère l'échange thermique à la surface extérieure du mur par convection. Le Soleil chauffe le mur par rayonnement. Le mur chaud rayonne aussi la nuit vers le ciel.

Par les fenêtres : La vitre transmet la chaleur par conduction dans son épaisseur entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment. Le vent refroidit la vitre par convection. Le Soleil chauffe l'intérieur de la pièce à travers la surface transparente. L'intérieur de la pièce lui-même perd une partie de son énergie par rayonnement vers l'extérieur. Mais la vitre bloque une grande partie du rayonnement infrarouge émis (principe de l'effet de serre).

Par la toiture : Le Soleil réchauffe le toit par rayonnement. La chaleur du Soleil est transmise à travers le toit au reste du bâtiment. Le vent refroidit le toit avec un vent frais.

Par le plancher : La chaleur est échangée entre le bâtiment et le sol à travers l'épaisseur de la dalle par conduction. Les échanges convectifs n'interviennent que si la dalle est située sur un vide sanitaire ventilé. Il n'y a pas d'échange par rayonnement.

II.5. Le confort thermique

Le confort thermique est une notion à vaste définition qui dépend de facteurs objectifs, et subjectifs, c'est un état de satisfaction ressenti par l'être humain vis à vis de son environnement thermique, Selon Milon Le confort thermique se définit comme suit : "on est en état de confort thermique lorsque l'on ne perçoit ni sensation de froid ni sensation de chaud ». (Marité Milon, 2004). En effet, Le confort thermique se définit comme un état d'équilibre et de satisfaction général exprimée à l'égard de l'ambiance thermique du milieu environnant.

Pour qu'une personne se sente confortable, trois conditions doivent être réunies : Le corps doit maintenir une température interne stable, la production de sueur ne doit pas être trop abondante et la température moyenne de la peau doit être confortable. Aucune partie du corps ne doit être trop chaude ni trop froide (inconfort local). (Commission de la Santé et de la Sécurité du Travail du Québec, 2002), la notion de confort est donc la corrélation entre trois paramètres bien définis : une température interne stable, une sudation peu ou pas trop abondante, ainsi que l'absence d'inconfort local.

Pour être en état de confort thermique, une personne doit porter une quantité raisonnable de vêtements Il peut être atteint seulement lorsque la température, l'humidité et le mouvement de l'air se situent à l'intérieur des limites de ce qu'on appelle la « zone de confort » (C.C.H.S.T - Centre Canadien d'Hygiène et de Sécurité au Travail, 2002).

Le confort thermique définit des plages de températures, de vitesse d'écoulement d'air et des niveaux d'humidité dans lesquelles les habitants ne ressentent pas le besoin de chauffage ou de rafraîchissement, et donc ressentent le confort thermique qui dépend des échanges de chaleur entre le corps humain et son environnement. Selon Givoni Cet "équilibre" n'est possible que grâce à l'action constante de mécanismes de régulation. (Givoni, 1978), Givoni en 1978 a établi un diagramme psychrométrique où il détermine une zone de confort caractérisée par une température comprise entre 20 °C et 27°C, et une humidité relative comprise entre 20% et 28% lors de laquelle l'indice d'insatisfaction est relativement nul, hors de la zone de confort Givoni propose des dispositifs architecturaux pour améliorer le confort intérieur selon chaque cas. Voir Fig.II.2.

La sensation de confort thermique est procurée par l'évacuation de la chaleur du corps. Les mouvements d'air augmentent les pertes de chaleur par convection et facilite l'évaporation de l'humidité à la surface de la peau. Donc le confort thermique est relié aux échanges thermiques entre le corps humain et son environnement Dans une ambiance modérée, une personne perd sa chaleur selon 5 modes de transmission : voir Fig.II.3.

1. du métabolisme, qui est la production de chaleur interne au corps humain permettant de maintenir celui-ci autour de $36,7^{\circ}\text{C}$. Un métabolisme de travail correspondant à une activité particulière s'ajoute au métabolisme de base du corps au repos. Voir caractéristiques de la personne et niveau d'activité.

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

3. De la température ambiante de l'air T_a .

4. De la température moyenne radiante des parois T_p .

5. De 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 t_a et la quantité maximale d'eau contenue à la même température. Ou pression de vapeur d'eau dans l'air

6. De la vitesse de l'air, qui influence les échanges de chaleur par convection. Dans le bâtiment, les vitesses de l'air ne dépassent généralement pas $0,2 \text{ m/s}$ »

Il parait évident qu'on ne puisse parler de confort thermique sans parler d'humidité relative et de la vitesse de l'air, en effet le confort thermique est assuré uniquement dans les zones de confort suivant une température, une humidité relative, et une vitesse d'écoulement d'air bien définit.figure

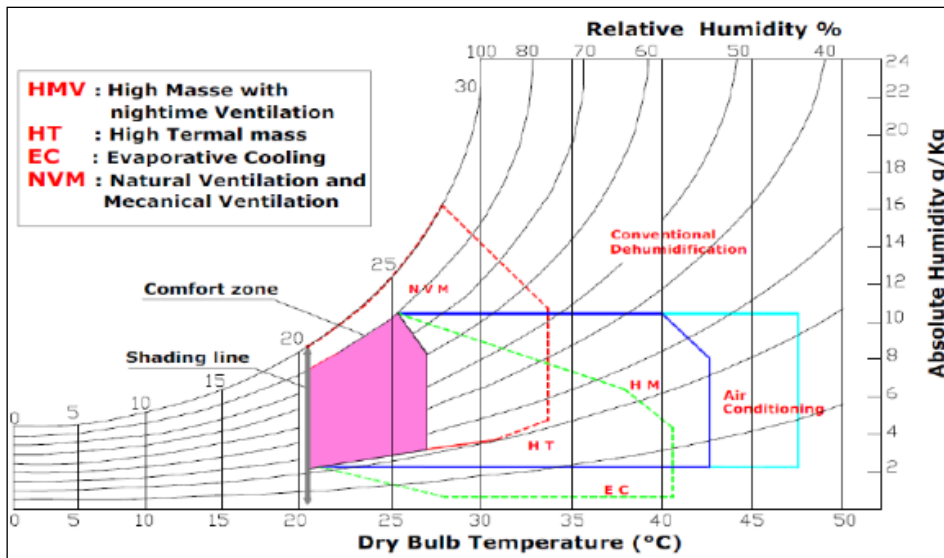


Fig.II. 2. Diagramme psychrométrique Givoni 1978

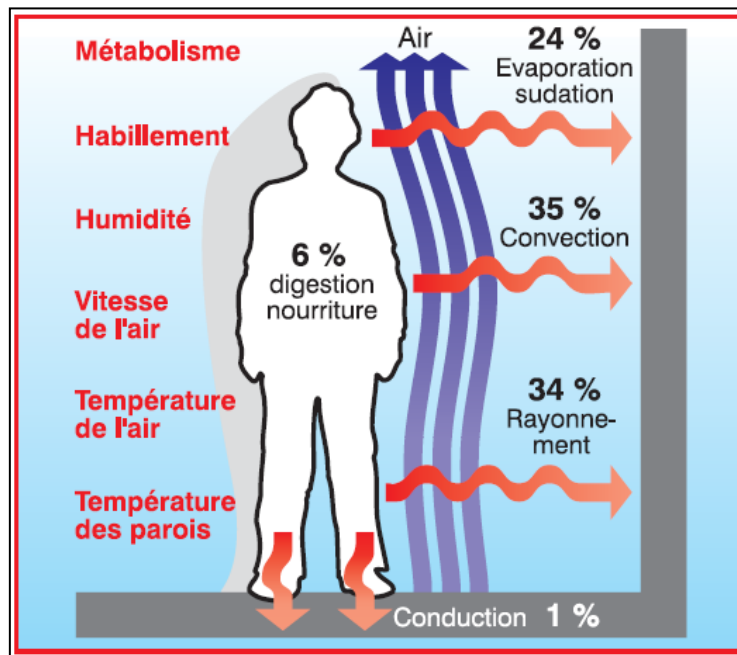


Fig.II. 3. Les pertes thermique du cors humain (source : traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique p 127b)

II.6.L'énergie primaire globale

On entend par énergie primaire globale la somme des énergies brute pas encore soumises à une conversation ou une transformation, elle rassemble l'énergie primaire Renouvelable (éolienne, biomasse, solaire, hydraulique) et l'énergie primaire non Renouvelable (nucléaire, fossile, bois issu de déboisement des forêts primaires).

II.7. L'énergie primaire

C'est la première forme d'énergie directement disponible dans la nature avant toute transformation : bois, charbon, gaz naturel, pétrole, vent, rayonnement solaire... etc. Elle est mesurée en kwh. « L'utilisation d'un kwh de gaz naturel équivalent à l'utilisation d'un kwh de l'énergie primaire. Par contre, l'usage de 1 kwh d'électricité est équivalent à 2,5 kwh d'énergie primaire car durant la production d'électricité beaucoup des pertes d'énergie sont engendrées.» (Benhara, 2016 ; p12).

II.8. L'énergie grise

Selon le dictionnaire de l'environnement : « l'énergie grise correspond à la dépense énergétique totale pour l'élaboration d'un matériau, tout au long de son cycle de vie, de son extraction à son recyclage en passant par sa transformation, une énergie évaluée en Kwh/tonne» (dictionnaire de l'environnement 20019).

Elle est étudiée dans le but de mesurer l'impact environnemental des matériaux, c'est la somme de l'énergie consommé durant toute la durée de vie d'un produit, de sa conception a sa destruction, elle est mesurée en kwh/m³, kwh/tonne, kwh/m² et le mégajoules (MJ).

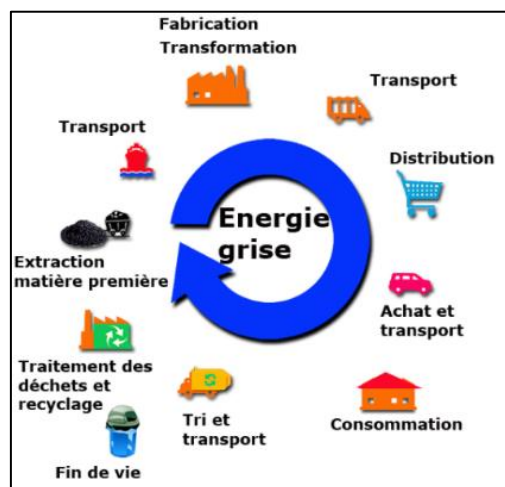


Fig.II. 4. Définition de l'énergie grise (source: picbleu.fr)

II.9. La consommation énergétique

« La nomination consommation énergétique est polysémique selon les domaines de son utilisation. Elle dépend de la qualité d'énergie utilisée par un appareil (on parle d'un rendement d'une chaudière, le cas d'un climatiseur on parle du COP). En domaine des logements, on converse sur son isolation ou on peut comparer la consommation d'énergie entre différents

bâtiments, à la base d'une unité de (kw/m²/an) ». (Benhara, 2016 ; p12). La consommation énergétique d'un bâtiment est liée à l'isolation car un bâtiment bien isolé c'est un bâtiment qui ne consomme pas beaucoup d'énergie, c'est pourquoi la consommation d'un bâtiment est fortement liée à son enveloppe grâce à sa performance. On peut diminuer les besoins énergétiques du bâtiment en y améliorant les conditions thermiques on réduit la demande en chauffage, climatisation, ensoleillement, et éclairage.

Cette consommation est déterminée par des normes adaptées aux réglementations thermiques en vigueur dans le but de diminuer l'impact écologique de la construction. Elle est valorisée par le bilan de la consommation énergétique.

II.10. Le bilan de consommation énergétique

C'est l'outil d'élaboration de la consommation énergétique sur une échelle Nationale. Se basant sur trois types de données : les données des activités qui déterminent la demande d'énergie, les coefficients de consommations unitaires, les données de producteurs et les distributeurs d'énergie. Le bilan énergétique est divisé en deux échelles, le bilan énergétique global et le bilan d'énergie primaire. Le bilan énergétique global se définit comme : " le reflet de la situation énergétique d'un pays ou d'une région. Il reprend dans un tableau synthétique, les productions primaires d'énergie, les récupérations, les transformations, les pertes de distribution, ainsi que la consommation finale d'énergie des différents secteurs (industrie, transport, domestique). Il permet de déterminer la Consommation Intérieure Brute d'énergie (CIB) du pays ou dans le cas qui nous occupe, de la région. Comparée à la consommation finale d'énergie, elle révèle les capacités de production et de transformation d'énergie,, la dépendance énergétique du pays ou de la région" (Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement .2003).

II.11. L'efficacité énergétique

Sa propre définition en physique c'est : « le rapport entre l'énergie utile produite par un Système et l'énergie totale consommée pour le faire bien fonctionner ». (Connaissance des énergies.org 2018) Cette définition peut avoir un élargissement comme elle devient l'ensemble des technologies et pratiques pour diminuer la consommation énergétique jusqu'à la mise d'un niveau de performance équivalent dont l'objectif est de faire mieux avec moins.

Cette notion est souvent interprétée dans un sens plus large pour désigner les technologies et pratiques permettant de diminuer la consommation d'énergie tout en maintenant un niveau

de performance finale équivalent. « L'efficacité énergétique est considérée comme un moyen pour contrôler et diminuer la consommation énergétique » (IEA 2019).

L'efficacité énergétique est donc l'utilisation de procédés, et de technologies afin de répondre aux besoins, tout en économisant le plus d'énergie possible, en effet il s'agit de faire mieux avec moins d'énergie. De cette manière on assure des lieux de vie confortable, et on diminue la consommation énergétique et par conséquent diminuer l'empreinte écologique. Il s'agit de fournir les mêmes prestations en consommant moins d'énergie ou même de faire mieux avec moins. L'efficacité énergétique d'un bâtiment dépend de plusieurs facteurs il s'agit d'aboutir aux mêmes prestations en consommant le moins d'énergie possible, L'amélioration de l'efficacité énergétique d'un bâtiment base sur la maîtrise des solutions d'amélioration de la consommation énergétique soit des solutions passives ou actives, une fois ses solutions appliquées on aboutit à la performance énergétique. Fig.II.3.

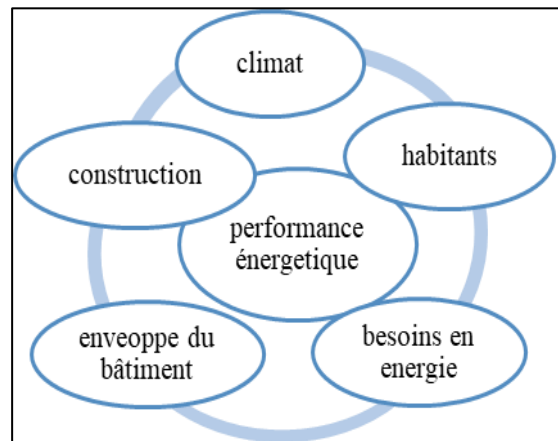


Fig.II. 5. Éléments qui régissent l'efficacité énergétique (source: auteur).

II.12. La performance énergétique

La performance énergétique d'un bâtiment est estimée en fonction de sa consommation énergétique, elle est donc liée à son efficacité énergétique par rapport à l'énergie utilisé pour le chauffage, le refroidissement, l'éclairage, l'eau, la ventilation, et en fin les appareils électroménagers et donc le mode de vie adopté par les habitants le tout est régi par le système constructifs, l'enveloppe du bâtiment, ainsi que par les conditions climatiques.

II.13. Les concepts de bâtiments performants

Le concept de bâtiment performant définit un ensemble d'objectifs et de solutions techniques permettant de concevoir et construire un bâtiment à efficacité énergétique en utilisant les directives de performance axées sur les techniques, matériaux, structures et

équipements de manière à atteindre au mieux les objectifs fixés. Une fois le bâtiment mis en œuvre vient la phase de la comparaison entre les objectifs à atteindre et l'état des lieux.

II.14. Typologie des bâtiments performants

Les concepts de bâtiments performants s'inscrivent sous des labels et certifications ou même réglementation.

Ces bâtiments doivent donc répondre à des : cahiers des charges décrivant leurs objectifs ou à une méthode d'évaluation de leur niveau de performance. Chaque label certification et réglementation met l'accent sur une caractéristique majeure du bâtiment suivant deux approches : approche énergétique et approche plus larges.

- **Le bâtiment à basse consommation** ou « basse énergie » (en anglais : low energy house) Ce bâtiment se caractérise par des besoins énergétiques plus faibles que les bâtiments standards. Ce premier niveau de performance peut être atteint par l'optimisation de l'isolation, la réduction des ponts thermiques et l'accroissement des apports passifs. Sans prendre en compte la production d'Énergie.

- **Le bâtiment « passif »** (en allemand : Passivhaus, en anglais : passive house) caractérisé par une faible consommation énergétique sans avoir recours aux systèmes de chauffage ou de rafraîchissement actifs : grâce aux apports passifs solaires et internes et les systèmes de ventilation pour assurer une ambiance intérieure confortable en saison de sous chauffe et de sur chauffe. La production d'électricité à base de sources d'énergie renouvelables des aussi prise en compte.

- **Le bâtiment « producteur d'énergie »** (en anglais : near zero energy house) Il est doté de moyens de production d'énergie locaux. Cependant, cette dénomination ne spécifie ni le niveau de consommation ni la part de cette consommation couverte par la production ni même la nature de l'énergie produite. Il s'agit donc plus d'une caractéristique du bâtiment que d'un concept de bâtiment à proprement parler. L'expression "bâtiment producteur d'énergie" est néanmoins parfois employée pour désigner un « bâtiment à énergie positive ».

- **Le bâtiment « zéro énergie » ou « zéro net »** (en anglais : net zero energy house) Ce bâtiment est caractérisé par un bilan énergétique nul, sa production d'énergie équilibre sa consommation par le biais de faibles besoins d'énergie et des moyens de production d'énergie locaux.

- **Le bâtiment « à énergie positive »** (en allemand : Plus energie haus) Ce bâtiment producteur d'énergie dépasse le niveau « zéro énergie » : il produit globalement plus d'énergie qu'il n'en consomme. Comme le précédent, ce bâtiment est raccordé à un réseau de distribution d'électricité vers lequel il peut exporter le surplus de sa production électrique «Disch, 2008 ; Maugard et al. 2005». ¹

- **Le bâtiment autonome** Un bâtiment est autonome lorsque sa fourniture énergétique ne dépend d'aucune ressource distante. L'énergie consommée par le bâtiment est fournie par des ressources locales, suite à quoi il doit utiliser des sources de stockage d'énergie pour assurer son approvisionnement. Ce qui impose l'usage de moyens de stockage d'énergie (batteries d'accumulateurs, inertie thermique etc.). Ce type de bâtiment est particulièrement adapté aux sites isolés ou insulaires car il évite les coûts de raccordement aux divers réseaux.

- **Les critères d'évaluation propres aux bâtiments performants** selon (Benhara ; 2016) les caractéristiques principales pour l'évaluation se présentent comme suit :

- le besoin énergétique annuel de chauffage, rapporté à une surface, généralement la surface chauffée

- la consommation d'énergie, également par unité de surface, pouvant inclure le chauffage, mais aussi l'eau chaude sanitaire, l'éclairage, la ventilation, les auxiliaires, voire les autres usages de l'électricité, cet indicateur étant le plus souvent exprimé en énergie primaire

- la production d'énergie à partir de ressources renouvelables Les concepts diffèrent surtout par les niveaux d'exigence de chacun d'eux vis-à-vis de ces caractéristiques. Ces niveaux d'exigence constituent des critères permettant de vérifier si les objectifs du concept sont atteints. Quelques caractéristiques secondaires peuvent s'ajouter aux précédentes, telles que : l'étanchéité du bâtiment à l'air

- les performances des équipements et des matériaux mis en œuvre - des éléments non énergétiques, tels que la nature des matériaux (naturelle ou synthétique), le surcoût de la construction, les émissions de CO2, le niveau de confort thermique etc.

II.15. Définition d'une enveloppe d'un bâtiment

L'enveloppe d'un bâtiment est définie par les dictionnaires comme étant la pièce qui protège une autre pièce de l'extérieur. C'est l'interface qui sépare l'extérieur de l'intérieur elle assure la transition entre deux milieux distincts par leurs conditions et caractéristiques.

¹ www.rapport-gratuit.com

L'enveloppe du bâtiment a différents aspects :

- L'aspect thermique : c'est la zone de transition entre l'ambiance intérieure et l'environnement extérieur.
- L'aspect architectural : c'est une surface de contact entre le bâtiment et son environnement.

Dans l'ensemble, c'est l'élément qui sépare l'extérieur et l'intérieur du bâtiment. Elle protège le bâtiment, elle est aussi affectée par plusieurs paramètres. L'enveloppe est l'élément le plus important d'un projet architectural

La façade doit répondre à certaines exigences. La façade se compose d'un ensemble de plein et de vide : le vitrage, la protection solaire et la protection anti-éblouissement. Ces composants sont en contact direct avec les rayons du soleil provenant de l'extérieur. En interne, ce composant apporte de la lumière, de la transparence et parfois de l'éblouissement.

Faisant face à la température de l'air extérieur. L'enveloppe doit bénéficier d'une isolation, de fenêtres, de la masse de stockage qui peut assurer la température ambiante convenable à l'intérieur. Par conséquent, la façade du bâtiment est responsable de la qualité de l'air de la pièce grâce à la ventilation des fenêtres et au dispositif intégré à la façade. La façade du bâtiment joue le rôle de barrière phonique.

L'enveloppe est donc une interface qui assure la transition intérieure extérieure, elle protège le bâtiment des différents éléments du climat et de toutes sources de nuisances extérieures, elle définit la température, l'humidité, l'éclairage, l'insolation et la ventilation à l'intérieur du bâtiment. La figure Fig.II.5 démontre les éléments auxquels la façade doit faire face.

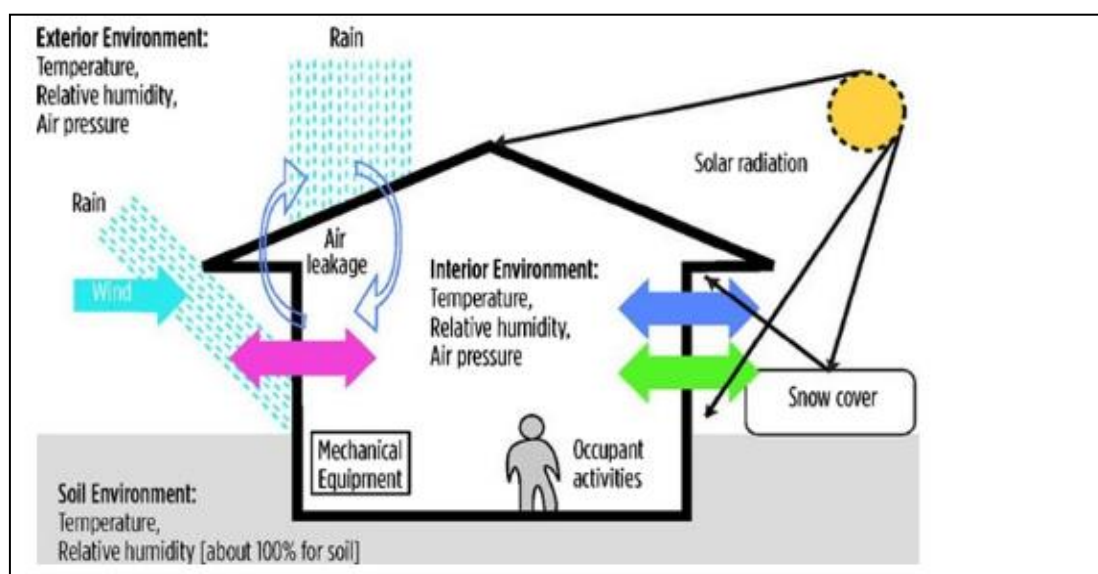


Fig.II. 6 exigences au quels la façade doit faire face (source: ingy darwish, med gomea)

II.16. La conception thermique de l'enveloppe d'un bâtiment

Dans l'intention de garantir l'efficacité énergétique du bâtiment on se doit de suivre des directives, d'abord il faut diminuer les surfaces déprédatives par la réduction des surfaces de murs extérieurs et de la toiture, puis favoriser la présence d'espaces tampons entre l'intérieur et l'extérieur, sans oublier de prévoir des conduits d'air pour la récupération naturelle ou mécanique des gains de chaleurs internes, il est aussi nécessaire d'assurer la protection contre les vents nos désirés, et de concevoir l'agencement des espaces secondaire dans les orientations peu favorable (sanitaire, KJB, dressing...etc.) et réserver les orientations favorable aux pièces de vie, il est important de subdiviser la conception du bâtiment par le zonage thermique en séparant les espaces de chauffage et de climatisation, de prévoir une bonne isolation thermique dès l'étape de la conception pour optimiser les résultats obtenus, de placer les pare vapeur (contrôler les pertes de chaleur à travers l'enveloppe du bâtiment), sans oublier de supprimer les pertes thermique linéiques et ponctuels dans l'enveloppe du bâtiment, d'optimiser l'étanchéité à l'air, de choisir des matériaux à fortes capacités thermiques (contrôle de transfert thermique à travers l'enveloppe), en fin il faut prévoir des dispositifs d'isolation pour le vitrage, et en fin réduire les ouvertures sur les façades Nord et Ouest.

II.16.2 Rapport : surface/volume : (RSV)

C'est le rapport entre la surface extérieure de l'enveloppe d'un bâtiment et le volume protégé par cette enveloppe. Il est de but de comparer les différentes formes en termes de leurs efficacités. Un bâtiment compact implique un RSV faible. C'est-à-dire, il se caractérise par une faible perte de la chaleur.

Ce rapport-là est spécifique que pour la surface extérieure de l'enveloppe d'un bâtiment car elle est la plus exposée aux variations des températures et des vents. Il n'exprime jamais la performance de l'usage de l'espace habitable.

II.16.2 Rapport : surface de l'enveloppe/la surface de plancher : (RSSP)

Ce rapport-là est créé de but de bien déterminer les plans d'un bâtiment. Un plan efficace veut dire un RSSP faible.

II.17. Comment réduire la consommation énergétique dans un bâtiment par son enveloppe ?

La réduction de la consommation énergétique dans une construction doit passer par l'amélioration de la performance de son enveloppe en se basant sur un panel de stratégies conceptuel et correctionnel afin d'améliorer son efficacité énergétique.

Ces stratégies englobent la bonne intégration au site, en tirant profit de toutes les ressources énergétiques présente sur site, par le biais d'une orientation adéquate, le bon choix des matériaux de construction, ainsi qu'une bonne isolation de l'enveloppe du bâtiment, en respectant les Rapports : surface/volume (RSV), Rapport surface de l'enveloppe/la surface de plancher (RSSP). Ainsi, de traiter les ponts thermiques résultants de la géométrie, des matériaux constructifs, etc.

De nos jours la relation est étroite entre l'habitat, la consommation énergétique, l'efficacité énergétique, la performance énergétique et l'enveloppe du bâtiment, sans négliger le facteur anthropique qui joue un rôle déterminant dans la consommation en adoptant un mode de vie énergivore, suite à la quête de confort thermique dans laquelle se lance l'habitant pour réguler les conditions thermiques intérieures résultantes des déperditions thermiques.

Face à cette situation ambiguë résultant de l'interaction de plusieurs paramètres on doit se tourner vers la construction écologique peu énergivore et en phase avec l'environnement local doit aborder trois points important, l'éco conception des bâtiments, l'efficacité énergétique, et l'organisation des réseaux.

II.18. Le facteur anthropique et la notion de confort adaptatif

« La sensation de confort thermique est procurée par l'évacuation de la chaleur du corps. Les mouvements d'air augmentent les pertes de chaleur par convection et facilite l'évaporation de l'humidité à la surface de la peau. » (Liebard, De Herde p.83, 2000) donc le confort thermique est relié aux échanges thermiques entre le corps humain et son environnement Dans une ambiance modérée, une personne perd sa chaleur selon 5 modes de transmission. Le métabolisme, l'habillement, La température ambiante de l'air, L'humidité relative de l'air (HR), la vitesse d'écoulement d'air qui ne doit pas dépasser 0.2 m/s.

La notion de confort thermique ne dépend pas que de facteurs physiques objectifs (température, humidité relative, vitesse d'écoulement d'air), mais aussi de facteur subjectif relié

à la psychologie des habitants suivant les mœurs, la culture, et le métabolisme, en fait il n'ya pas de conditions types pour un homme type. A l'inverse des réponses physiologiques qui peuvent être mesurées de manière objective, la détermination des réponses subjectives des sens dépend de la propre évaluation de la personne soumise à un environnement donné. « Cette évaluation n'est pas unique, mais varie avec les individus, et également pour un même individu selon différentes périodes. » (Mselem, Alkama 2009). La notion de confort adaptatif démontre que les plages de confort dépendent de facteurs objectifs et subjectifs quantitatifs et qualitatifs selon les mœurs et les besoins individuels des individus, les notions de confort adaptatif mettent en avant les variations du lieu et du temps individuelles, conduites par des stratégies personnelles qui peuvent être d'ordre psychologique, social, culturel et comportemental. A l'inverse des réponses physiologiques qui peuvent être mesurées de manière objective, la détermination des réponses subjectives des sens dépend de la propre évaluation de la personne soumise à un environnement donné. Cette évaluation n'est pas unique, mais varie avec les individus, et également pour un même individu selon différentes périodes. Entre objective et subjective, la détermination de la notion du confort thermique et la finalité du travail est d'arriver à améliorer la méthode d'évaluation du confort thermique par l'analyse des différents paramètres intervenants quantitativement et qualitativement.

Conclusion

L'insatisfaction des habitants vis à vis de leur environnement thermique se traduit par une consommation énergétique importantes qui nécessite d'être raisonner, On peut rehausser l'efficacité énergétique a l'aide du bâtiment passif et de son enveloppe performante. Car c'est la partie exposée aux aléas de la nature. Elle joue le rôle de régulateur déterminant l'ambiance intérieur de l'habitation en effet elle crée un micro climat déterminé par sa forme, ses composants, et son orientation, donc c'est grâce au bâtiment passif adapté au climat semi-aride de la ville de Guelma qu'on peut y assurer l'efficacité énergétique.

Dans la conception du bâtiment performant (au sens énergétique), outre la nécessité de proposer des équipements plus efficaces et moins énergivores, il est primordial de maîtriser les échanges thermiques à travers l'enveloppe.

La diminution des besoins énergétiques, comme le confort thermique intérieur, passe par une adaptabilité de l'enveloppe aux contraintes climatiques. La performance énergétique du bâtiment dépend de la capacité de l'enveloppe à résister aux infiltrations d'air, la capacité à empêcher les échanges à travers les structures.

CHAPITRE III

L'HABITAT AUTOPRODUIT DANS LE CADRE DES LOTISSEMENTS PLANIFIES A GUELMA

Introduction

La ville de Guelma a évolué au fil des années en s'étalant vers le sud. Cet étalement urbain a donné naissance à de nombreux lotissements dans lesquels sont construit des habitations individuelle auto-produites sans prendre en considération l'environnement qui les entoure malgré le potentiel durable de la ville qui demeurent inexploité.

Ce chapitre constitue un socle pour définir notre contexte d'étude, pour mieux appréhender le cadre de Guelma, nous donnera une idée plus claire de la façon de traiter le problème de la consommation et d'efficience énergétique constaté. C'est dans cette optique que nous allons entreprendre une présentation de l'habitat à Guelma pour pouvoir nous diriger vers le secteur résidentiel autoproduit dans le cadre des lotissements réglementaires. Par la suite nous déterminerons la climatologie de la ville de Guelma, puis nous finirons par effectuer une étude bioclimatique sur la décennie allant de 2008 à 2017 en appliquant les données recueillies dans un premier lieu sur le diagramme psychrométrique en suivant la méthode de Zocolay pour déterminer les différentes périodes climatiques. En deuxième lieu nous utiliseront le diagramme ombrothermique pour définir la périodes sèche et humide de l'année. Au final nous allons effectuer une étude de l'isotherme de la ville de Guelma pour souligner les différentes zones qui se succèdent au long de l'année. Pour combiner nos résultats à ceux de l'étude de l'indice d'aridité pour définir le climat de la ville de Guelma.

III.1. Présentation de la ville de Guelma

Guelma, ville du nord-est algérien, se situe entre 36° 28' de latitude nord et 7° 25' de longitude est. Elle occupe une position médiane entre le nord, les hauts plateaux et le sud du pays. Limitrophe de six wilayas : Annaba au nord, El Taret au nord-est, Souk Ahras à l'est, Oum El Bouaghie au sud, Constantine à l'ouest et Skikda au nord-ouest.

III.2. Situation de la ville de Guelma :

Commune de Guelma est située au Nord-Ouest de l'Algérie entre les parallèles 39° et 40° de latitude Nord, et les méridiens 5° et 6° de longitude. Elle s'étend sur une superficie de 44 Km², et les différentes zones d'urbanisations y compris les zones d'urbanisations futures est de l'ordre de 1960 Ha soit 44% de la superficie communale.

Elle est située au centre de la wilaya, limitée comme suit : voir Fig.III.1

Au Nord : la commune de Héliopolis et Elfedjoudj.

Au Sud : la commune de Bendjerah et Belkheir.

A l'Est : la commune de Belkheir.

A l'Ouest : la commune de Medjez Amar.

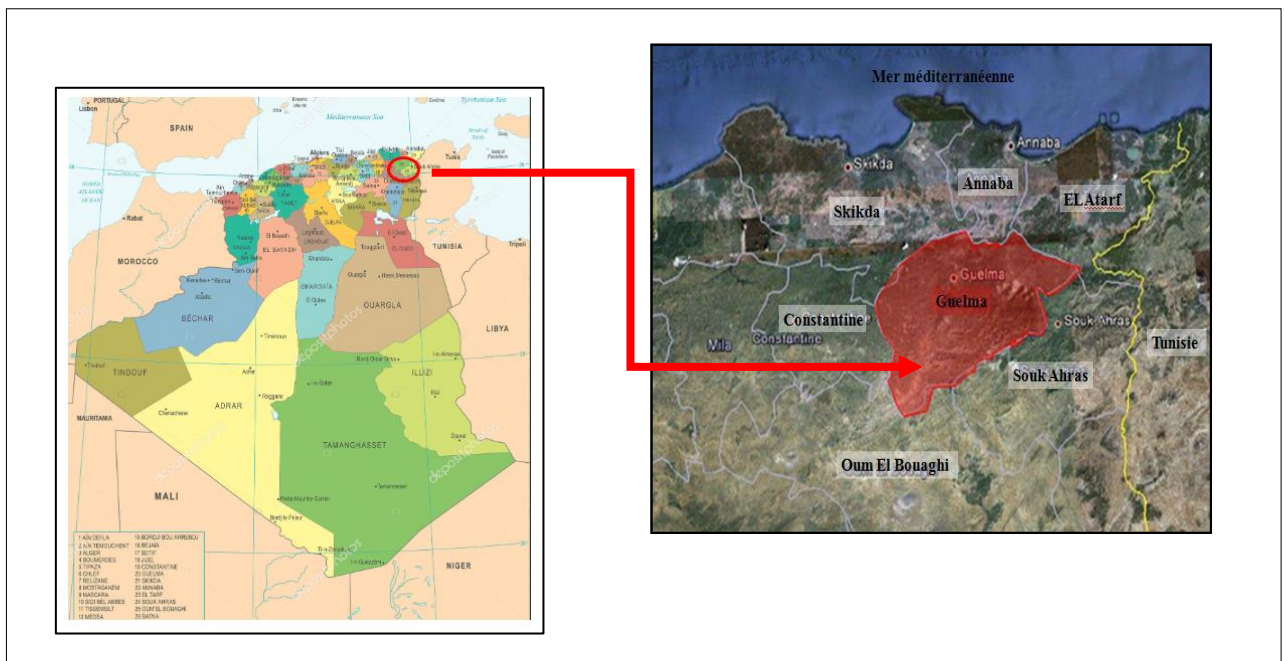


Fig.III. 1 situation de la ville de Guelma (source google earth, fr.depositphotos.com, réadaptée par auteur

III.3. Historique de la ville

Dans sa croissance urbaine, la ville de Guelma a vu se succéder plusieurs civilisations et formes d'urbanisation et la ville actuelle se présente comme le résultat de son évolution historique, l'évolution de la ville se présente comme suit.

III.3.1. La cité militaire : avant 1850

En 1848 la ville de Guelma se présentée comme une petite ville, comportant un noyau qui est le centre-ville, et organiser selon un découpage tenant des principes du découpage romain., c'est de cette façon que s'est dessiné la cité militaire. Selon (BENZERARI, 2013) Les vestiges romains de la ville racontent quelques détails sur la présence d'un établissement humain intra-muros, datant de l'époque romaine, le site servait de bonne assiette pour l'établissement qui en lui succède naissant d'une logique militaire Voir Fig.III.2

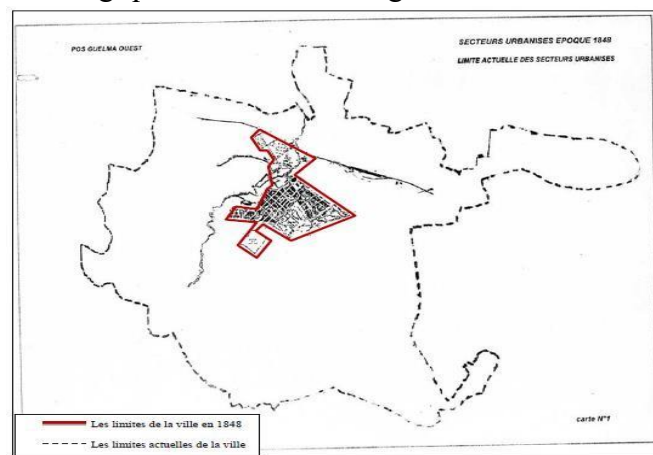


Fig.III. 2 carte de la ville de guelma 1848 (source: archive de APC guelma)

III.3.2. Guelma la cité coloniale : 1852-1962

Cette période a été marquée par une expansion urbaine due surtout à la crise économique des années 1930

Cette logique concerna la réorganisation de la ville de Guelma intra et extra-muros sur les plans juridique et physique, ainsi les plans du parcellaire appliquèrent la réparation par lots. (Sayad, 2021).

Cette dernière a été à l'origine du drainage d'un important flux migratoire. La cité intra – muros se densifie, la population atteint le seuil de 4993habitants.

III.3.3. Guelma période de logique populaire : 1962-1966

Dès l'indépendance la ville a connu un accroissement très rapide du taux d'accroissement naturel très élevé et à l'exode rural. Entre 1962-1966 l'urbanisation de la ville a connu elle aussi un accroissement sensible en matière de construction illégale.

D'après les deux cartes précédentes de l'évolution spatiale de la ville de Guelma, on note que durant la période 1848-1963 l'extension n'était pas importante. La ville s'est développée uniquement dans la partie Sud et Est, et une légère extension vers le Nord-Ouest. Voir Fig.III.3

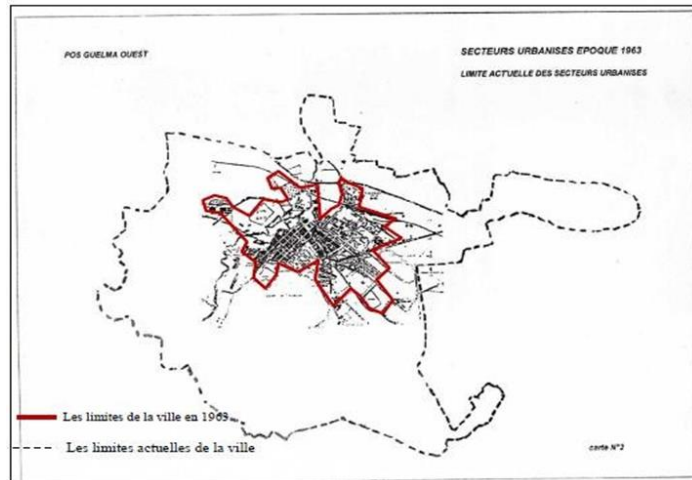


Fig.III. 3 carte de Guelma en 1963 (source : archive de l'APC)

III.3.4. Guelma lors de la période de la logique industrielle : 1966-1989

Cette période est caractérisée par l'implantation des unités industrielles (en 1970 céramique, motocycles 1971, sucrerie en 1973), Les autorités locale géraient l'espace par des opérations ponctuelles ce qui a engendré : La prolifération de l'habitat spontané, l'extension au détriment des terres agricoles, une extension périphérique irrationnelle. Voir Fig.III.4

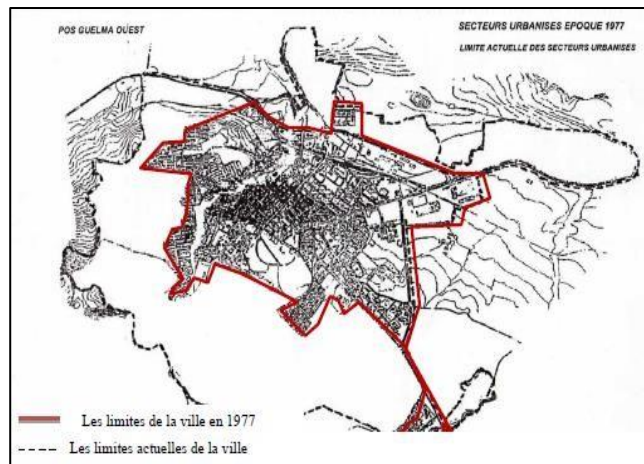


Fig.III. 4 carte de Guelma en 1977 (source: archive de l'APC)

III.3.5. Guelma durant les années 80

La crise de logement s'est accentuée à partir

Des années 70-80 à donner naissance à plusieurs quartiers à savoir : Agabi, Champ manoeuvre, Rahabi, Bara, Ain Defla et Guehdour.

D'après la carte on peut déduire que l'extension de la ville s'est faite vers l'Ouest ainsi que la densification de cette partie de la ville.

L'évolution de la ville s'est faite dans tous les sens, on remarque que la création de l'habitat dans la limite Nord de la ville. Voir Fig.III.5

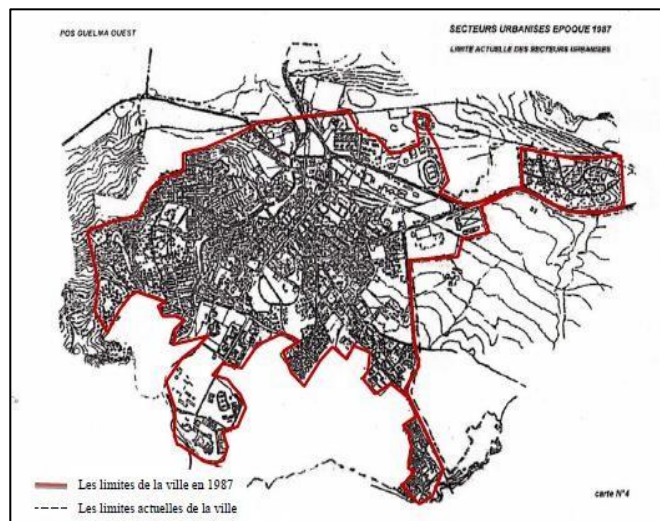


Fig.III. 5 carte de Guelma en 1987 (source: archive de l'APC)

III.3.6. Guelma de 1990 jusqu'à l'époque contemporaine

Pour casser la cadence de l'urbanisation anarchique, de nouveaux textes réglementaires sont faits, la loi 90-29 du 01/12/1990 relative à l'aménagement et l'urbanisme qui stipule la protection des sites naturels et la préservation des terrains agricoles. Cette nouvelle législation urbaine contraint la croissance de la ville dans sa partie Sud et Est, en raison de la présence du périmètre irrigué dans sa partie Nord pour éviter l'empiétement sur les terrains agricoles. Fig.III.6

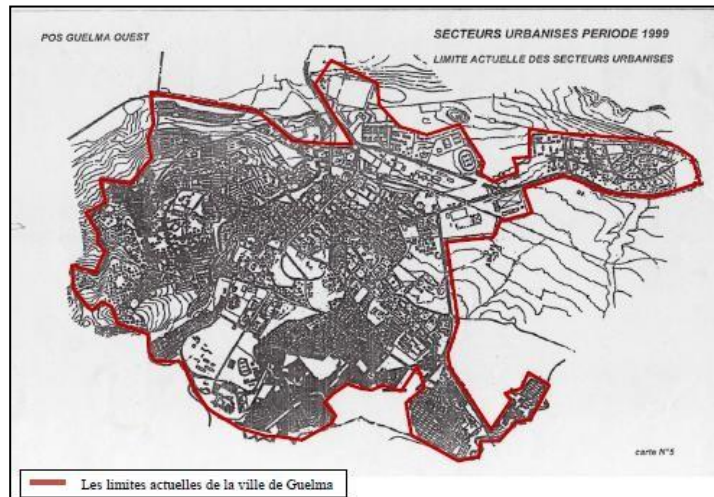


Fig.III. 6 carte de la ville de Guelma : limites actuel (source APC Guelma)

III.4. Les potentielles durable à Guelma

III.4.1. L'environnement naturel

III.4.1.1. Le relief

Guelma est situé au cœur d'une grande région agricole à une altitude de 290 mètres. Il se distingue par un terrain varié en raison de sa proximité avec les montagnes de haute altitude (Maouna 1.411 mètres, Dbeigh 1.060 mètres et Houara 1.292 mètres), ce qui donne son nom à la ville.

La région de Guelma bénéficie d'un vaste couvert forestier et de la rivière Seybouse, qui sert de principal approvisionnement en eau. Voir Fig.III.7 ;8 ;9 ;10.

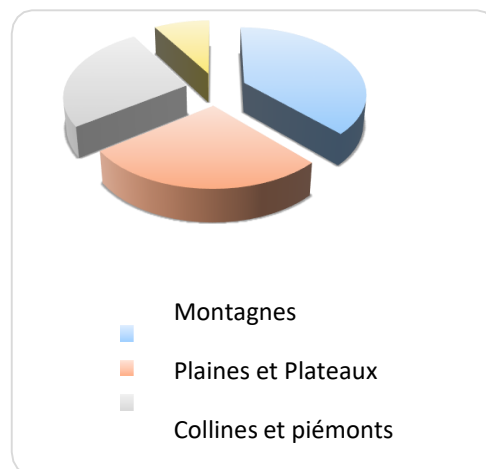


Fig.III. 7 composition du relief de Guelma (Source : auteur)



Fig.III. 10 montagne(source: : andi invest in Algérie,wilaya Guelma



Fig.III. 9 les collines (source: source: andi invest in Algérie,wilaya Guelma)



Fig.III. 8 les plateaux (source: andi invest in Algérie,wilaya Guelma)

III.4.1.2. Hydrologie de Guelma

Le territoire de Guelma comporte globalement 04 zones Hydrogéologique distinctes. La zone des plaines de Guelma et Bouche gouf, dont les nappes captives s'étendent sur près de 40 Km le long de la vallée Seybouse. elles Enregistrent un débit de 385 l/s. Elles constituent les plus importantes nappes de la Wilaya. Voir Fig.III.11 ; 12.

- Potentialités hydrauliques : 264,96 Million m³ d'eaux mobilisables dont :
 - Eaux souterraines : 04 sous bassins versants (hydriques) et 997 points d'eau opérationnels totalisant un potentiel total de 40,6 Millions m³/an.(ANDI ,guelma2015)
 - Eaux superficielles : 224,86 millions m³ se répartissant comme suit :
- Barrage de Bouhamdane : 220 millions m³

CHAPITRE III

-Barrage de Medjez-Beggar (Ain Makhlouf) : 2,86 millions m³ important nombre de retenues collinaires : 1,578 millions m³.

-Principaux Oueds :

1/ O. Seybouse : Traverse la plaine Guelma - Boucheougouf sur plus de 45 Km du sud au nord. Son apport total est estimé à 408 millions m³/an.

2/ O. Bouhamdane : Prend sa source à l'ouest ; d'un apport de 96 millions m³/an. 3/ O. Mellah : Provenant du sud-est ; d'un apport total de 151 millions m³/an.

4/ O. Charef : Prend sa source au sud d'un apport total de 107 millions m³/an.



Fig.III. 11 carte hydraulique Guelma (source APC Guelma)



Fig.III. 12 barrage bouhemdene (source LIBERTE-algerir.com)

III.4.1.3. Potentialités forestières :

La superficie de couverture forestière totale est de 106.145 ha, soit un taux de 28,79 % de la superficie de la Wilaya. Le paysage forestier est discontinu et hétérogène confiné dans des massifs répartis d'ouest en est. Les grands espaces de terrains à vocation forestière sont dans la partie sud-est. Un important potentiel de bois (Chêne zen et liège aux forêts de Béni Salah à Bouchegouf de Houara à Ain Ben Beida et Djeballah, Mahouna à Ben jerrah et Béni Medjeled à Bouhamdane) totalisant près de 19.771 ha de forêts et moyennant une production de l'ordre de 510,10 stères de chêne zen et chêne liège et de 345 m³ de bois. (ANDI, Guelma 2015). Voir Fig.III.13.



Fig.III. 13 Forêt de Beni Salah (Source: D.P.A.T Guelma)

III.4.1.4. Potentialités agricoles

Le territoire de Guelma est essentiellement d'une vocation agricole, avec une surface agricole totale (S.A.T) de 264.618 Ha, soit 71,77 % de la superficie totale, le potentiel agricole de la région de Guelma est partagé comme montre le tableau.III.1

Tableau.III. 1 Cultures et superficies agricoles pour la région de Guelma. (DSA,2012)

| Culture des céréales | Surface (ha) | Fourrage | Culture maraichère | Surface (ha) | Surface T irriguée |
|----------------------|--------------|--------------------|---------------------|--------------|--------------------|
| Blé dur | 30 | Fourrage naturelle | Pomme de terre | 02 | 650 ha |
| Blé tendre | 3 | | Tomate maraichère | 01 | |
| | | | Salade | 0.5 | |
| Orge | 2 | | Oignon sec | 01 | |
| | | | Piment et poivron | 02 | |
| | | | Tomate industrielle | 10 | |
| | | | | | |

III.4.1.5. Matériaux locaux à Guelma

a. Le travertin Définition de la pierre

Le travertin (ou tuf calcaire) est une roche calcaire d'origine sédimentaire continentale, de couleur grise à jaunâtre. Caractérisée par de petites cavités inégalement réparties. Fig III.15

Elle se présente sous forme de plateau ou de terrasse, formée par l'accumulation de dépôts calcaires, et que l'on retrouve à proximité des sources thermales et des geysers. Selon cette définition le travertin se retrouve à proximité des sources thermales. Fig.III.14

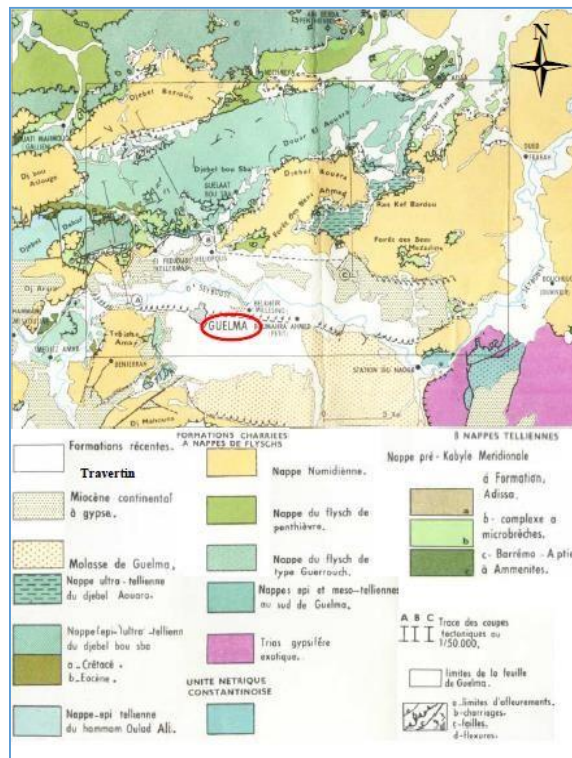


Fig.III. 14 Carte géologique de Guelma (source:Source: J.M.Villa, 1993, et réadapté par Medjilkh dalel)

-Disponibilité de la pierre travertin

« Le travertin constitue la roche composante de presque la totalité de son relief. Le travertin de Guelma occupe de vastes surfaces au sud de la ville jusqu'aux pieds de la Mahouna et dans la région d'Héliopolis. Ce calcaire est tantôt gris tantôt blanc-rosé, Souvent riche en oogones de charophytes ». (Jean Marie,1993,p6)

Selon Abdou (2004) « Le climat peut constituer un élément déterminant dans l'architecture lorsqu'il est à contrainte unique. Par contre s'il est à caractéristiques conflictuelles, il faut chercher un compromis selon les facteurs climatiques dominants du lieu. Une investigation a été menée sur une maison datant de l'époque coloniale à Guelma afin d'estimer le rôle de l'inertie thermique du matériau sur le confort thermique sous un climat chaud, subhumide en été et froid, pluvieux en hiver. Les résultats montrent que l'utilisation d'un matériau local adapté au climat de la région est à l'origine de la réalisation du confort thermique et la consommation réduite de l'énergie ». (Abdou ,2004) Ce matériau est utilisé dans le système constructif par la technique comme suit : Fig.16 ;17.

Le système constructif de l'immeuble est en murs porteurs en moellons de pierre, d'une épaisseur de 56 cm et plus de 65 cm pour les murs de caves.

Ils sont formés par deux rangées d'éléments qui, semblent correspondre à deux murs accolés, séparés par un vide, chacun d'eux étant monté lit par lit avec une seule rangée.

Quelques pierres longues sont montées en boutisse pour assurer la liaison entre les deux murs élémentaires accolés(dalel,2006).



Fig.III. 15 Echantillon du travertin (source : Medjelakh D, Abdou S ; 2010)

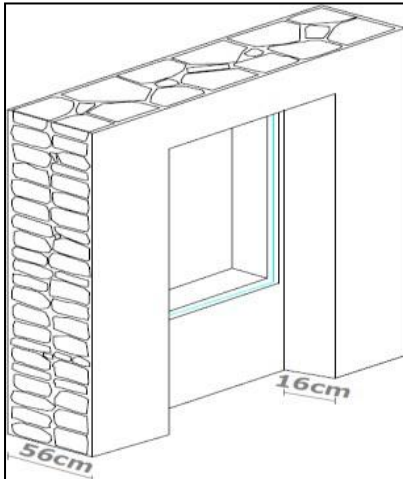


Fig.III. 17 Montage des moellons lit par lit laissant un vide sur toute la hauteur du mur ((DALEL, 2006)

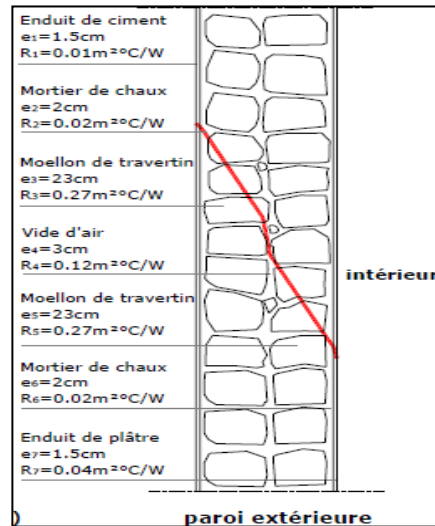


Fig.III. 16 Tracé du gradient thermique (source: par Dalel MEDJELEKH)

b. La brique réfractaire

La brique réfractaire est un matériau produit localement dans la ville de Guelma, ce qui assure sa disponibilité, elle est produite par une société : Entreprises - Ether méthylique (éther diméthylique) - Wilaya Guelma ex céramique.

-Définition de la brique

Ce terme provient du XIIIe siècle, au sens de « palet ». Emprunté du moyen néerlandais bricke, brike, «brique ».

Petite masse d'argile pétrie et moulée en forme de parallélépipède rectangle, séchée au soleil ou cuite au four, et utilisée pour la construction. Des briques jaunes, brunes, rouges. Des briques sèches ou crues, fabriquées avec un mélange de paille et d'argile et séchées au soleil. Brique pleine, brique creuse. Briques vernissées. Bâtir en brique. Une maison de brique ou de briques. Brique d'argile réfractaire ou brique réfractaire, brique pouvant résister à des températures très élevées, et conservant la chaleur. Mettre une brique chaude dans son lit. En apposition. Couleur brique ou, Elliot., brique, d'un rouge-brun. D'un rouge brique ou, Elliot., rouge brique. Il a le teint rouge brique. Fig. et Fam. Manger des briques, ne rien avoir à se mettre sous la dent. ¹

-Définition de la brique réfractaire

Une brique dite réfractaire est une brique dont toutes les propriétés mécaniques résistent lorsque celle-ci est soumise à une très haute température. À ce titre, c'est un matériau très utilisé

¹ Wwww.cnrtl.fr,2018

pour la construction ou la rénovation de hauts fourneaux, de chaudières, de chaufferies ou encore de fours. Les briques réfractaires doivent leur résistance à deux composants essentiels que sont la silice et l'alumine. Généralement, ce matériau se trouve en format standard, mais il est néanmoins possible d'en faire réaliser sur mesure. Il existe également des briques réfractaires aux propriétés anti-acides. (Www.deco.fr,2018)

Donc, la brique réfractaire est un matériau résistant aux températures étayé allant jusqu'à 1000°C, à la multiple vertu thermique. Fig.III.40

La brique réfractaire est utilisée principalement pour les constructions destinées à résister à une source de chaleur directe ou indirecte tel que : le barbecue fixe, les foyers de cheminée, les cheminées, les fours (à pain, à pizza, etc.), les chaudières, les forges, et les murs proches d'un poêle ou d'une source importante de chaleur.

III.5. La climatologie de la ville de Guelma

Dans le but d'étudier le climat de la ville de Guelma nous avons récolté l'ensemble des données climatiques qui s'étalent sur la décennie de 2008 à 2017 (Annexe III), par le biais d'un outil appelé climat tool box qui est un site internet qui regroupe les données climatiques à l'échelle mondiale.

III.5.1. Température de l'air

L'évolution des températures moyenne mensuel de la décennie qui s'étale de 2007 à 2017 est représentée dans le graphe suivant. Fig.III.19.

Les valeurs des températures moyenne maximum sont comprises entre 14.3 C° pour le mois de janvier (valeur minimum) et 35.3 C° pour le mois de juillet (valeur maximum).

Les valeurs des températures moyennes minimum sont comprises entre 4.8 au mois de février (valeur minimum), et 35.1 pour le mois d'aout (valeur maximum).

L'écart annuel moyen des températures minimum est de 12 C°, tandis que L'écart annuel moyen des températures maximum est de 16 C°.

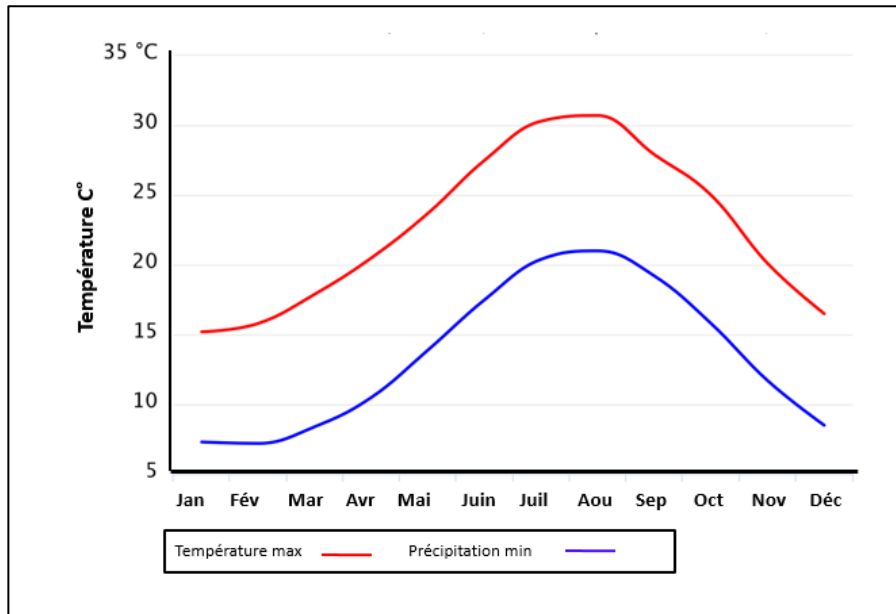


Fig.III. 18 Moyennes mensuelles des températures de l'air pour la décennie 2008 à 2017 selon climat tool box (Source : auteur 2022)

III.5.2. Précipitations

L'évolution des précipitations moyenne mensuel de la décennie qui s'étale de 2007 à 2017 est représentée dans le graphe suivant. Fig.III.20.

L'interprétation de ce graphe révèle la présence de trois périodes pluviométriques :

- Période qui dépasse les 50 mm s'étalant sur les mois d'octobre novembre, décembre, janvier février, mars.
- Période pluviométrique au ou les précipitations sont comprises entre 20 et 40 mm
- Période avec des valeurs comprises entre de 3 et 10 mm s'étalant sur les mois de juin, juillet, et aout.

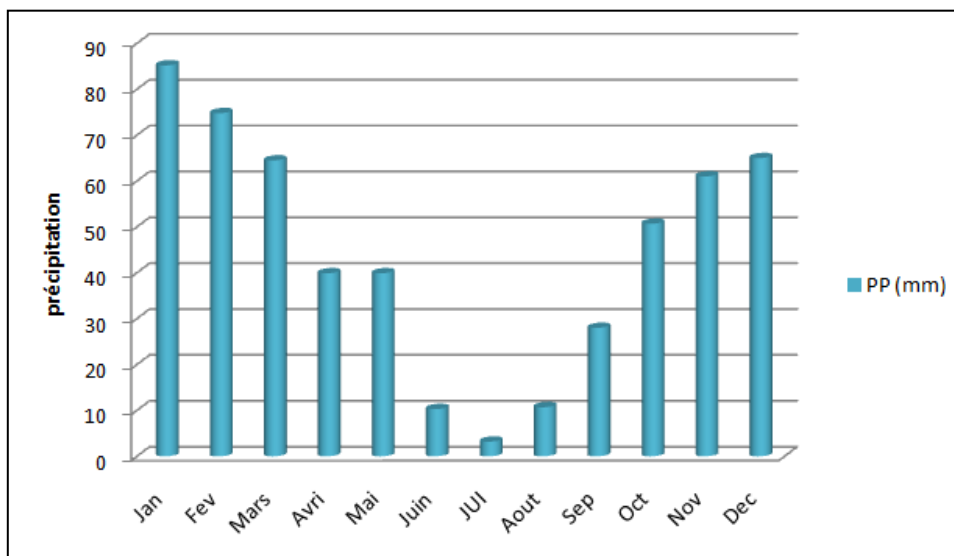


Fig.III. 19 Moyennes mensuelles des précipitations pour la décennie 2008 à 2017 selon climat tool box (Source : auteur 2022)

III.5.3. Insolation

Selon (Sayad, B, 2021), la quantité mensuelle moyenne de l'enseillement reçu sur la ville de Guelma durant la décennie de 2008 à 2017 se révèle comme suit. Les valeurs moyennes maximum relevées aux mois d'été sont de 277 W/m² le mois de juillet, en revanche les valeurs moyenne minimum sont de 28 W/m² pour le mois de décembre.

III.5.4. Ventilation

Selon les données récoltées par climat tool box pour la décennie de 2008 à 2017 la vitesse des vents est aux alentours de 3m/s avec un rythme perturbé. Fig.III.21

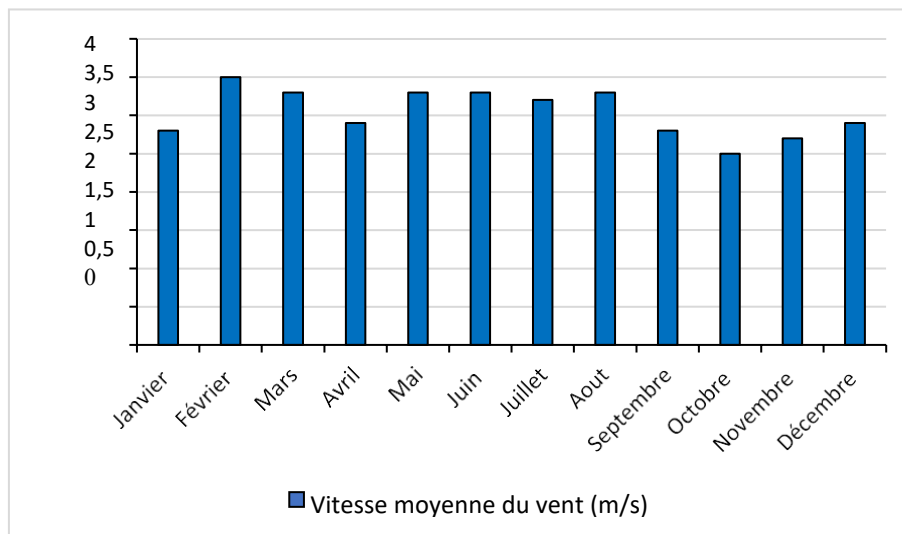


Fig.III. 20 Vitesse moyenne du vent m/s pour la décennie 2008 a 2017 selon climat tool box (Source : auteur 2022)

III.6. Etude Bioclimatique de La ville de Guelma

Afin de réaliser une étude bioclimatique de la ville de Guelma dans le but de définir l'étage climatique dans lequel elle se trouve, nous avons utilisé plusieurs outils bioclimatiques qui combine plusieurs variables climatiques en utilisant les données climatiques recueillit par climat tool box sur la décennie de 2007 à 2018, suite à quoi nous avons combiner notre étude a une étude antérieure pour mieux saisir le climat de la ville de Guelma.

III.6.1. Diagramme Ombrothermique

Le diagramme ombrothermique est utilisé pour déterminer la période sèche et humide, nous l'avons appliquer sur la ville de Guelma en employant les températures moyenne mensuelles et les précipitations mensuelle moyenne sur la décennie de 2007 à 2017 nous avons réalisé ce diagramme avec les données recueillit de climat tool box, pour déduire que la ville de Guelma

est caractérisée par une période humide qui dure cinq mois sur les mois de janvier, février, mars, novembre, et décembre, et une période sèche de sept mois de avril à octobre. Fig.III.22

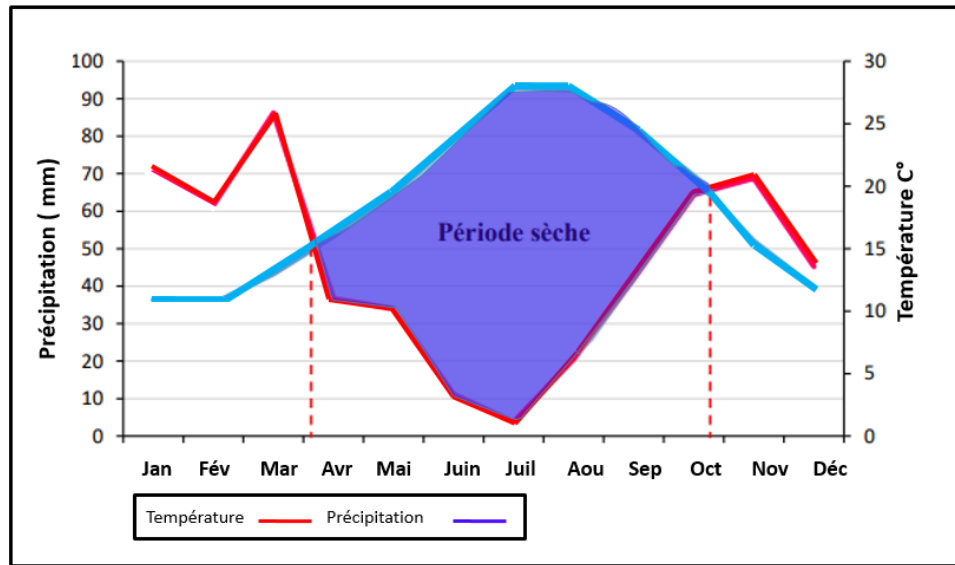


Fig.III. 21 diagramme ombrothermique la décennie 2008 a 2017 selon climat tool box (Source : auteur 2022)

III.6.2. Diagramme psychrométrique de la ville de Guelma

En appliquant la méthode de szkolay sur la ville de Guelma il en ressort 5 périodes :

-Période très froide : s'étale sur les mois de janvier, février, mars, décembre qui nécessite selon les solutions un système de chauffage solaire active

-période froide : qui englobe les mois d'hiver, janvier, février, mars, avril, décembre, novembre qui nécessite un système de chauffage solaire passif

-Période de confort : s'étale sur 6mois du mars jusqu'au octobre avec une température à l'alentour de 25° et une humidité relative comprise dans la zone de confort de Guelma entre (20% et 80%)

- Période de chauffe : s'étale sur mai, juin, juillet, aout, septembre qui nécessite selon les solutions un système de refroidissement naturel et une ventilation mécanique.

-Période très chaude : les mois les plus chaud d'été s'étale sur juin, juillet, aout, ainsi qu'une partie de septembre qui nécessite une grande masse thermique et ventilation nocturne.

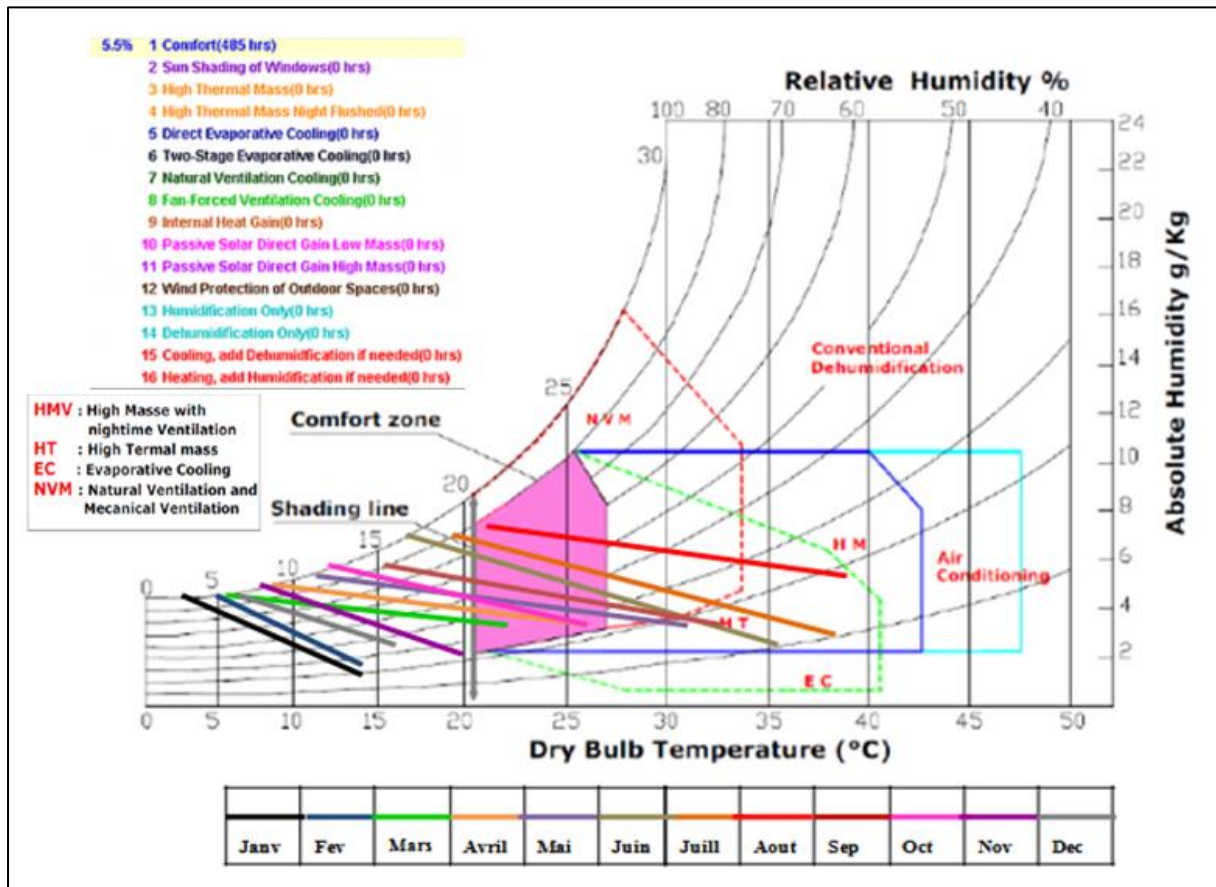


Fig.III. 22 diagramme psychrométrique de la ville de Guelma traité par auteur

III.6.3. Détermination d'isotherme de Guelma

-Zone de sous chauffe très froide : s'étale sur janvier, février, mars, novembre, décembre ou les températures sont à 5° et 10° avec un minimum noté a février avec 5.1° qui s'étale de 22h à 8h

-Zone froide : qui englobe les courbes d'égal une température de 10°a15° qui s'étend sur les mois mars, avril, mai, aout les températures les plus basse sont marqué lors de la période de 22h à 6h

-Zone de confort : ou les températures sont compris entre 15° et 20° elle s'étend sur les mois de mai, juin, septembre et octobre

-Zone de chauffe : l'englobe les mois de mai, juin, septembre avec des températures entre 20°et 25° de 8h et 18h.

CHAPITRE III

-Zone de surchauffe : qui englobe les courbes de 30° et plus s'étalent sur la période diurne de 10h à 18h sur les mois chauds d'été juin, juillet, aout

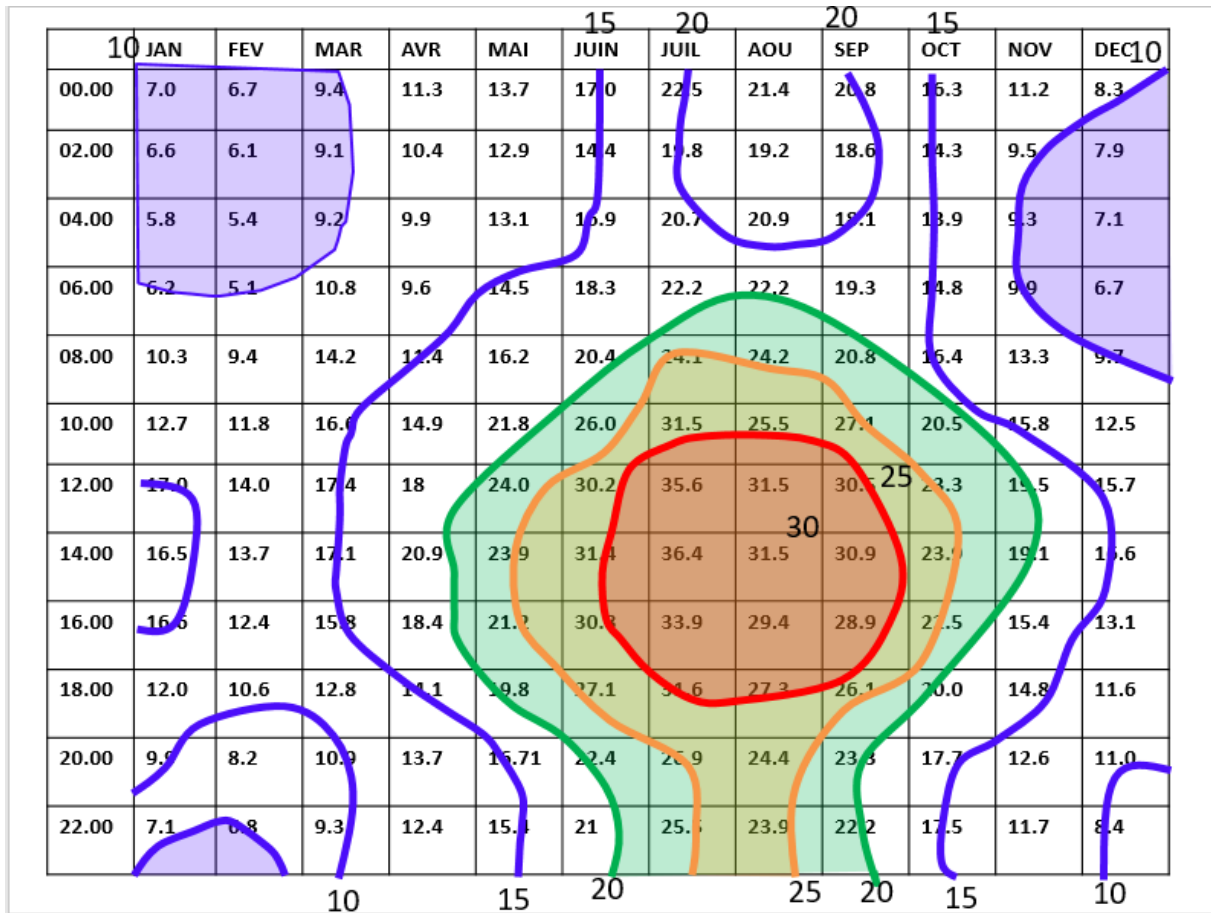


Fig.III. 23 isotherme de la ville de Guelma, donnés traités par auteur

III.6.4. Indice d'aridité de la ville de Guelma

L'indice d'aridité est déterminé par les précipitations et les températures annuelles, il peut se calculer selon méthode de De Martonne précédemment mentionné, et celle d'AMBERGER.

Selon (Sayad, 2020) « l'ensemble des années étudiées, l'an 2008 et 2013 présentent une aridité supérieure, par ailleurs les années 2009,2011, et 2015 présentent une aridité minimale causée par les précipitations élevées (plus de 600 mm), ce qui fait que le climat est qualifié de subhumide pour ces années. La somme pour les dix années calculées est de 18.8, compris entre $10 < I < 20$ correspond à un climat semi-aride dans ses états supérieurs », le climat de la ville de Guelma a connu un changement au cours de cette dernière dizaine d'années, il a été d'une allure subhumide pour les années 2009,2011, et 2015, et d'une allure aride pour les années 2008 et 2013. Ce pendant la méthode d'AMBERGER implique dans le calcul de l'indice d'aridité la

pluviométrie et la température, les résultats sont reportés sur un graphe à deux axes. Pour définir les étages climatiques : Saharien, aride, semi-aride, subhumide et humide.

Selon (Sayad, 2020) « Le quotient pluviométrique pour les dix années de 2008 à 2017 est de 61.5 avec une température annuelle froide de 2.4°C. Donc le climat à Guelma est inclus dans l'étage climatique semi-aride avec un hiver froid ». Fig.III.25

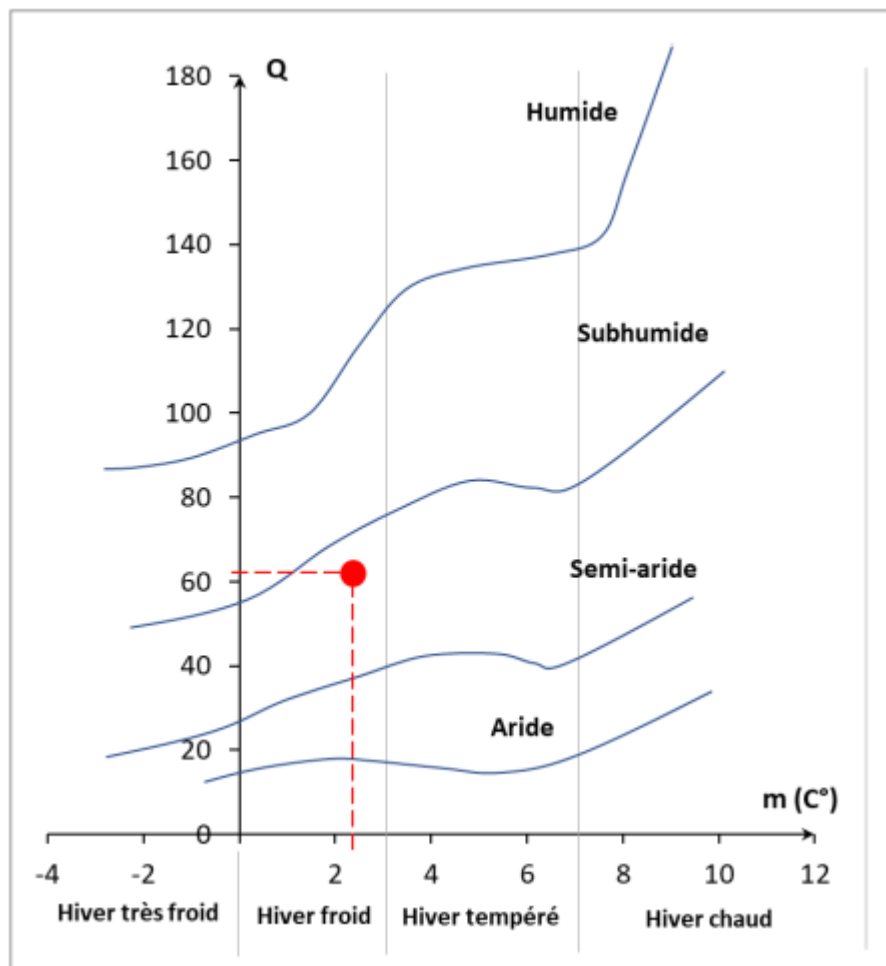


Fig.III. 24 Etage climatique de la ville de Guelma pour la décennie 2008-2017. (Climate Toolbox, traité par Sayad B, 2020)

III.7. Typologie de l'habitat

III.7.1. Classification selon l'implantation

III.7.1.1. Habitat urbain

« Un habitat urbain est composé d'habitations situées dans une zone urbaine, de ce fait il s'impose à l'habitat rural. Il se présente sous forme d'agglomérations plus au moins grande

installées dans les zones urbaines. Il est caractérisé par sa grande densité qui peut devenir une source de malaise pour les habitants à cause du taux de stress élevé ». (Zeghichi ,2014).



Fig.III. 25 Vue satellitaire de la ville de Guelma (source: google earth, le 20/06/2022)

III.7.1.2. Habitat rural

« L’habitat rural est caractérisé par des logements individuels situés dans la campagne, et souvent localisés dans le milieu agricole ». (Latrech, s, 2019)

L’habitat rural est un ensemble d’habitation individuel regroupé dans des zones rurales c’est la forme d’habitat répandu dans la campagne.

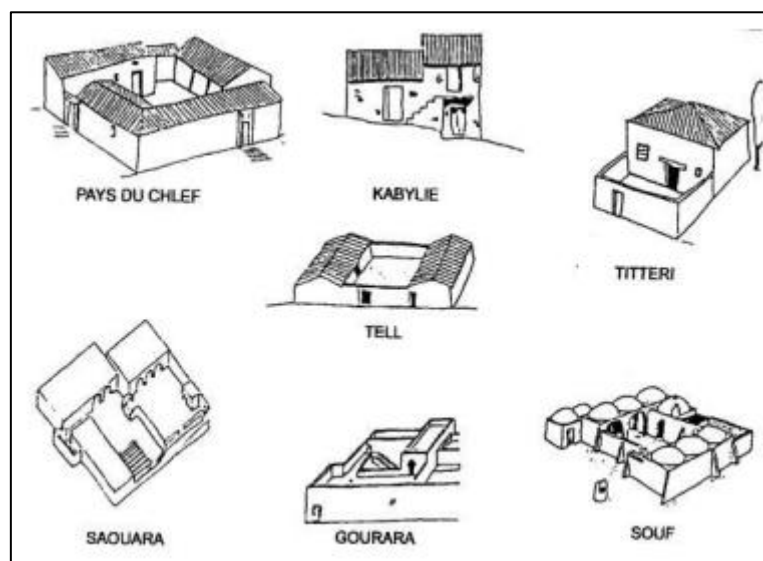


Fig.III. 26 croquis de type d’habitat rural (source : Cote. M, 1988)

III.7.2. Classification selon le type d'occupation : organisation spatiale

III.7.2.1. Habitat collectif

« L'habitat collectif est défini comme étant : « l'habitat le plus dense, il se trouve en général en zone urbaine, se développe en hauteur en général au-delà de R+4. Les espaces collectifs (espace de stationnement, espace vert entourant les immeubles, cages d'escaliers, ascenseurs,) sont partagés par tous les habitants ; l'individualisation des espaces commence à l'entrée de l'unité d'habitation. La partie individuelle d'habitation porte le nom d'appartement. »²

En zone urbaine, l'habitat collectif est la forme d'habitat le plus dense, il se développe en hauteur dans le but de loger le plus grand nombre d'habitant dans un espace donné. Ainsi, les espaces communs comme les parkings, les espaces verts, esplanades, cages d'escaliers et ascenseurs sont partagés par tous les résidents, l'habitat collectif se caractérise par : les espaces extérieurs communs, la hauteur des bâtiments dépasse les trois étages, plusieurs logements dans un même bloc, et se trouve généralement en zone urbaine et est d'une plus grande densité.

« C'est un mode d'habitat très consommateur d'espace, qui entraîne un coût plus important en infrastructures et équipements, l'accroissement du « mitage » des paysages, ainsi qu'une circulation automobile plus dense ».³



Fig.III. 27 Exemple d'habitat collectif a Guelma (source: auteur prise le 02/11/2021)



Fig.III. 28 exemple d'habitat collectif a Guelma (source : auteur prise le 02/11/2021)

² Bessapromotion.com

³ www.muleta.org

III.7.2.2. Habitat individuel

Forme d'habitat où ne réside qu'une seule famille, par opposition à l'habitat collectif qui comprend plusieurs logements dans un même bâtiment. Il est caractérisé par la maison individuelle ou pavillon. L'habitat individuel tend à se développer par rapport à l'habitat collectif, même si celui-ci reste majoritaire en milieu urbain. Fig III.1, Fig III.2

L'habitat individuel définit Pierre Merlin (1996) « une construction destinée à l'habitation et occupée par un seul ménage »

On distingue deux types d'habitat individuel :

- **Individuel diffus** : maison individuelle résultant d'une opération de construction ne comportant qu'un seul logement.

- **Individuel groupé** : maisons individuelles résultant d'une opération de construction comportant plusieurs logements individuels.



Fig.III. 29 Exemple d'habitat individuelle, Guelma (source: auteur prise le 20/02/2019)



Fig.III. 30 Exemple d'habitat individuelle, Guelma (source: auteur prise le 02/06/2022)

a. Caractéristiques de l'habitat individuel

L'habitat individuel reflète le plus souvent un souci d'intimité, de liberté, et d'indépendance. Malgré que ce soit ses caractéristiques les plus marquantes il n'aboutit toujours pas à assurer la qualité du cadre de vie à cause de la relation avec le voisinage.

b. Types de dispositions des maisons individuelles

-Les maisons isolées : Elles ont souvent un plan identique, et tendent à former un tout parce qu'elles sont la répétitivité du même élément. Ce type de maison donne une cohérence à la composition urbaine grâce à la répétition de la forme et du rythme. Mais cette répétition n'est pas suffisante pour rendre intéressant un ensemble couvrant une grande surface, Ainsi la création d'un environnement fastidieux, est le résultat obtenu dans tous les cas. Sauf quand le site naturel présente des contrastes accentués. La maison isolée peut être séduisante même si elle est répétée plusieurs fois. Leur densité d'occupation au sol varie de 5 à 15 maisons à l'hectare. C'est la une forme de construction extravagante à la fois du point de vue utilisation du sol et des coûts, c'est pourquoi il est conseillé de combiner les maisons isolées avec les immeubles collectif ou les maisons en bande.

-Les Maisons Jumelées : « Ce modèle est entouré sur les trois cotés par un espace libre qui leur donne presque l'illusion d'une maison isolée. La répétition d'un modèle unique donnera une impression d'unité. Deux maisons couplées ont généralement de 12 à 15 mètres de façade, ce qui est un peu étroite par rapport à l'élévation, et à la longueur moyenne des jardins individuels qui est de 0 à 45 mètres. » (Benzaoui Amel, 2013)

-Les Maisons En Bande : « Une bande peut être soit un ensemble complet doté d'un caractère architectural, soit un ensemble de maison toutes différentes les unes des autres, les deux facteurs communs à tous les types, étant la mitoyenneté des maisons et l'alignement des façades. Construire sur une trame étroite avec une ouverture de 4.5 à 9m, la bande présente l'avantage d'économie de terrain et une densité d'occupation du sol. Ce type d'habitat très développé dans les pays anglo-saxons est un retour à la composition urbaine traditionnelle » (Gibberd .F,1972,p259)

On ne peut dissocier l'habitat individuel des lotissements.

III.8. Définition du lotissement

« Le lotissement est une redistribution du droit de propriété et donc des droits de construire. » (Maoui Saidouni,2000, p257)

Constitue un lotissement : « toute division d'une propriété foncière en vue de l'implantation de bâtiments qui a pour objet ou qui, a eu pour effet de porter à plus de deux le nombre de terrains issus de ladite propriété. ».⁴

⁴www.lexinter.net

Une autre définition de cette forme d'urbanisation : « le lotissement est un partage du sol, une division de propriété en vue de l'implantation de bâtiments ayant pour objet de porter à plus de Deux le nombre de parcelles constructibles, mais la législation a progressivement considéré le lotissement. » (Office des publications universitaires 1990, p3)

La définition du ministère de l'aménagement du territoire de l'urbanisme et de LA construction (M.A.T.U.C) stipule que « le lotissement est une procédure d'urbanisme qui permet la création d'un tissu urbain par viabilisation, morcellement et dotation de droit de construire des parcelles de terrain, intégrées dans les réserves foncières communales »

III.8.1. Cadre juridique et réglementaire des lotissements

Le cadre juridique et réglementaire des lotissements en Algérie est caractérisé par deux périodes distinctes, la période avant l'indépendance et la période coloniale.

III.8.1.1. Évolution du cadre juridique et réglementaire des lotissements avant l'indépendance

Les premières règles d'urbanisme appliquées sur le territoire national sont celles appliquées aux lotissements, les lois du 19 mars 1919 et du 12 juillet 1924 stipulent que la création de terrains destinés à être bâtis doit passer par une autorisation administrative pour garantir la viabilité des terrains (adduction d'eau, réalisation des réseaux d'égouts, alimentation électrique, création de chaussées pavées ou revêtues).

En 1919 l'ébauche des documents d'urbanisme a vu le jour, sont également créés les plans d'aménagement, d'embellissement et d'extension, c'est-à-dire des dossiers concernant l'aménagement global des communes. Les principales étapes qui ont marqué cette évolution au plan juridique et réglementaire sont les suivantes.

-La loi CORNUDET du 14 mars 1919

Cette loi traite du développement des agglomérations dans une perspective générale, organisée et cohérente, les communes de plus de 10.000 habitants doivent élaborer un Plan d'aménagement, d'extension et d'embellissement.

Dans le but de protéger l'intérêt des acquéreurs des terrains, la vente et la location doit précéder par l'exécution des travaux d'équipements indiqués dans le projet.

-La loi d'urbanisme du 19 Juillet 1924 :

« Cette loi est venue combler les lacunes des textes de la loi de 1919 en imposant respectivement à l'administration et au lotisseur des mesures de publicité » (loi du 19 juillet 1924, cité par (Benzerari, 2013) : le régime ainsi mis en place devait rapidement révéler de nombreuses insuffisances. C'est ainsi que la non définition du lotissement donnait l'occasion aux lotisseurs de créer librement des lotissements jardins et sur lesquels étaient édifiés librement par la suite des constructions.

-Le décret du 18 Août 1935

Ce décret comporte la réglementation des lotissements jardins pour la construction de maisons d'habitation.

-La loi du 15 Juin 1943 relative à la dimension urbanistique des lotissements

Cette loi comporte l'intégration des lotissements dans les plans d'aménagement. L'article 82 de la loi d'urbanisme du 15 juin 1943 qui définit le lotissement comme : « l'opération et le résultat de l'opération ayant pour objet ou ayant pour effet la division volontaire d'une ou plusieurs propriétés foncières par ventes ou location simultanées ou successives, consentis en vue de l'habitation » (Benzerari, 2013).

Les dispositions de cette loi seront reprises dans le décret du 20 Juillet 1954, a celui-ci vient s'ajouter les textes de 1958-1959 qui ont constitué le droit positif du lotissement.

En vue de former un cadre législatif et réglementaire plus cohérent avec l'envergure des projets du plan de Constantine. « Le pouvoir colonial avait introduit en Algérie à partir de 1960, les principaux articles du code de l'urbanisme et de l'habitation notamment ceux de 1958 et 1959 concernant les lotissements et le permis de construire » (Kehal, 2006).

III.8.1.2. Évolution du cadre juridique et réglementaire des lotissements avant l'indépendance

Dans le but de protéger son patrimoine l'Algérie à instaurer une nouvelle législation.

- L'ordonnance n° :74-26 du 26 Février 1974, relative à la constitution des réserves foncières au profit des communes

Cette ordonnance instaure les réserves foncières au profit des communes, l'article 2 y stipule que ces réserves englobent les terrains de toute nature (propriété de l'état, des communes, et des particuliers) doivent être inclus dans le périmètre d'urbanisation.

La création de lotissement par les particuliers est proscrite, ainsi que toutes les transactions foncières entre particuliers.

-Loi n° : 82-02 du 6 Février 1982 relative au permis de construire et de lotir

Après le désagrément de l'état en 1989 est survenu un certain nombre de loi, selon Benzerari, 2013 « la loi de 6 février a pour objet de définir le champ d'application et les modalités d'obtention du permis de construire et du permis de lotir, ainsi que les dispositions relatives du contrôle de la régularité et de la conformité des opérations de construction et de lotissement ainsi que les sanctions qui en découlent ».

-La loi n° : 90-25 du 18 Novembre 1990 relative à l'orientation foncière

Le monopole des transactions foncières en milieu urbain au profit des commune est abattu par l'ordonnance du 26 septembre 1974, suite a quoi est apparue là le marché foncier libre encadré par les collectivités locales grâce aux instruments de régulation.

Le rôle des communes se résume à créer des agences locales de gestion et de régulation foncière urbaine, qui doivent Mettre en œuvre les opérations de régulation foncières et de promotion des lotissements.

- La loi 90-29 de 1990 relative à l'aménagement et l'urbanisme

Selon (Kehal, 2006) « Cette loi a introduit une distinction entre deux catégories de plan d'urbanisme : le Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (PDAU) et le Plan d'Occupation des Sols (P.O.S). Le premier a pour objectif de préciser et de développer les orientations arrêtées pour la commune concernée et les aires de planification, et d'en déduire pour le territoire communal les actions et les règles qui concernent l'utilisation du sol. Le deuxième, fixe de façon détaillée les droits d'usage des sols et de construction. De ce fait, toute implantation de lotissement doit être obligatoirement conforme aux dispositions du P.O.S et aux descriptions du P.D.A.U ».

-La loi n° : 08-15 du 20 juillet 2008 fixant les règles de mise en conformité des constructions et leur achèvement

Par l'article 03 cette loi régit la création de lotissement ou d'un groupe d'habitations par l'obtention préalable d'un permis de lotir délivrer par les autorités conformément à la législation et réglementation, elle interdit aussi l'édification cde toutes construction dans un lotissement sans autorisation.

L'article 04 de cette loi interdis l'édification de construction dans les lotissements si les travaux de viabilité et d'aménagement prévus dans le permis de lotir ne sont pas achevés.

III.9. Typologie de l'habitat à Guelma

Le parc du logement de la ville de Guelma à l'image de la plupart des villes Algériennes comprend une variété de type de logement résultant à la fois des démarches volontaristes de la

part de l'état, mais aussi des démarches individuelles de la part des citoyens. Les types les plus marquants se présentent comme suit.

III.9.1. L'habitat colonial

L'habitat colonial à Guelma s'étale sur le centre de la ville, il constitue le noyau de la ville car il occupe les espaces les plus favorables de la ville du point de vue de leurs situations stratégiques et leurs richesses architecturales et urbaines. Il est divisé en trois groupes, d'abord il y a les immeubles d'habitations à plusieurs étages, en suite les pavillons appelés villa, puis les cités de recasements.

A la veille de l'indépendance on note l'apparition d'un nouveau type d'habitation appelé les HLM (habitat à loyer modéré) situé au centre de la ville à l'alentour du noyau colonial.

Ce type d'habitat est définie par des caractères spatiaux à la fois urbains et architecturaux, à l'aide desquelles il acquière une richesse architecturale, et urbaine susceptible d'être exploité pour les créations des œuvres architecturales futures.

Les caractéristiques qui le définissent se divisent en deux volets, l'un architectural, tableau.III. 2, tandis que l'autre est urbanistique, définies dans le tableau.III. 3.

Tableau.III. 2 Habitat colonial : volet architectural de la ville de Guelma. (Source : auteur)

| Habitat colonial : volet architectural | |
|---|---|
| Habitat collectif | Habitat pavillonnaire |
| <ul style="list-style-type: none"> -La surface des logements est déterminée en fonction de la taille du ménage on retrouve par exemple des F1, F2... F7. - La conception de ce type de logement peut varier d'un quartier a un autre, ou d'un logement à l'autre. | <ul style="list-style-type: none"> - L'échelle humaine : les maisons sont faites en RDC, R+1, ou R+2. - Une façade harmonieuse grâce au respect du rapport plein/vide, et a cachet épuré des ornements. - L'organisation spatiale ainsi que la surface du bâti dépendent des besoins, et de la taille du ménage. |

Tableau.III. 3 Habitat colonial : volet urbanistique de la ville de Guelma. (source : auteur)

Habitat colonial : volet urbanistique

- Système du tracé régulier en damier en hiérarchisation pour délimiter les îlots, les places, les rues.
- Façades ordonnées qui donne un aspect harmonieux aux rues.
- Plan achevé : l'urbanisme colonial banni l'initiative de la part de l'habitant ce qui donne à l'habitat un caractère déterminé.
- La variété de cadre physique et la diversité architecturale du paysage urbain ou les activités et les échanges publics créent l'ambiance de la ville et glorifient son image.
- Traitement particulier des bâtiments, par le traitement des façades qui se solde par une continuité et une homogénéité urbaine malgré la complexité du paysage urbain due à la présence d'une variété des éléments architecturaux.

III.9.2. L'habitat individuel auto produit

C'est un phénomène d'urbanisation spontanée qui s'étale sur la majeure partie du tissu urbain existant, c'est le résultat de l'initiative citoyenne qui se conclut par l'auto production de l'habitation sans prendre en considération la réglementation.

Ce type d'habitat côtoie fortement le centre dans sa partie Ouest sur un site de topographie difficile, échappant à toute règle d'urbanisme. On le retrouve sur plusieurs cités (Bourara, Benchehib, Hadj Embarek, Aïn Defla, Benbarkane, etc...) ces cités se caractérisent par l'absence de voirie hiérarchisée et l'étroitesse des ruelles utilisées en général comme piétonne.

III.9.3. L'habitat individuel planifié

Il est le résultat d'une urbanisation planifiée qui a donné naissance à plusieurs lotissements, qui englobent le 19 juin 1- 2-3 et 1000 lots aidés, MAGHMOULI, HERGA, AIN DEFLA 1-2 et les lotissements des coopératives au Nord de la ville. Malgré que ces lotissements s'inscrivent dans le cadre réglementaire ils restent sous équipés et demeurent tributaires du centre de la ville en matière d'équipements et de services.

III.9.4. L'habitat collectif

L'habitat collectif est implanté sur plusieurs sites à travers la ville de Guelma. C'est à partir des années 70 que l'habitat collectif a fait son apparition de manière conséquente surtout après l'implantation des unités industrielles et la promotion de la ville de Guelma au rang de chef-lieu de wilaya.

Ce type d'habitat s'inscrit dans la création de plusieurs ZHUN (Zone d'Habitat Urbain Nouvelle), on note les - ZHUN Fougerolles (Ain defla), les ZHUN Champ de manœuvre, Frères Rehabi, Cité Guehdour, Cité Bara , Cité Emir Abdelkader ... etc. C'est de la planification des logements sociaux représentés par deux ensembles qui sont la ZHUN de Ain Defla, et la ZHUN Champ de manœuvre, auxquelles viennent s'ajouter les logements sociaux réalisés suite au déficit dans le parc du logement. Par la suite la politique de ZHUN a été abandonnée en laissant place à un nouvel instrument d'urbanisme à savoir le POS qui prend en charge l'habitat collectif qu'individuel ou autres.

III.9.5. L'habitat sommaire

Il s'agit d'un type d'habitat précaire où les matériaux de construction utilisés sont essentiellement issus de la récupération, ce type d'habitat est caractérisé par son insalubrité et sa dégradation, on y retrouve même les indices de ruralité tel que : l'auto consommation, l'élevage des animaux et l'absence de tracés de voirie. C'est le point de concentration de la population défavorisée.

La wilaya de Guelma est parmi les 12 wilayas d'Algérie qui ont bénéficié d'un accord de prêt n° 4361 AL signé le 9 juillet 1998 à Washington DC entre la RADP et la banque internationale pour la reconstruction et le développement, pour le financement du projet d'habitat social destiné à la résorption de l'habitat précaire.

La cité EL HAFSI a bénéficié de cette aide, le bidonville d'OUED EL MAIZ est deuxième point noir de la ville de Guelma un POS est en cours d'étude sur ce site qui abrite 156 ménages.

Après adoption du PDAU de la commune de Guelma, Pas moins de 10 POS ont été lancés sur plusieurs sites dont 03 sur site vierge, soit 297.31 ha concernés.



Fig.III. 31 bidonville : Oued el maiz (source PDAU 1998)

Conclusion

Le secteur résidentiel auto produit à Guelma s'est fait sans prendre en considération le potentiel durable de la ville ce qui a engendré des habitations qui souffrent de l'inadéquation avec l'environnement qui l'entoure ce qui se traduit par une situation de stress climatique de la quelle résulte une forte consommation énergétique d'où la nécessité d'adopter des stratégies dans le but de rehausser la performance de l'enveloppe et d'assurer le confort thermique

Dans ce chapitre nous avons tout d'abord déterminé une période de sèche qui s'étend sur sept mois de l'année, puis grâce au diagramme psychrométrique en appliquant la méthode de zocolay, il en est ressorti cinq périodes : période très froide qui s'étend sur quatre mois d'hiver la solution est de prévoir un chauffage solaire actif, période froide qui s'étend sur six mois : janvier, février, mars, avril, décembre, et novembre, ou la solution est de prévoir un chauffage solaire actif, tandis que la période de confort est notée du mois de mars au mois d'avril avec une température aux alentours de 25 C° et une humidité relative comprise entre 20% à 80 %, finalement la période chaude qui s'étend sur les mois de mai, juin, juillet, août, septembre ou on doit prévoir un refroidissement naturel et une ventilation mécanique, en fin vient la période très chaude qui s'étend sur les mois chaud d'été de juin à août et une partie de septembre, ou les solutions à prévoir sont l'emploi d'une grande masse thermique, et une ventilation nocturne.

L'étude de l'isotherme de la ville de Guelma révèle cinq zones, zone de sous chauffe très froide les mois les plus froids d'hiver de janvier à mars avec une température aux alentours de 5C°, une zone froide sur les mois de mars, avril, mai, octobre avec une température aux alentours de 10C° à 15 C°, une zone de confort entre 15C° à 20C° sur les mois de mai, juin, septembre, et octobre. Une zone de chauffe entre 20C° à 25 C° sur les mois de mai, juin, septembre, et enfin la zone de surchauffe qui rassemble la période diurne des mois de juin, juillet, et août avec une température qui dépasse les 30 C°.

Notre étude bioclimatique a été confrontée à une étude antérieure les résultats obtenus par le changement de l'indice d'aridité au cours de la décennie de 2008 à 2017 La somme est de 18.8, compris entre $10 < I < 20$ correspond à un climat semi-aride, l'indice d'AMBERGER est quand lui indique un climat dans l'étage climatique semi-aride avec un hiver froid.

Chapitre IV

Amélioration de l'efficacité énergétique par le biais de l'enveloppe verticale du bâtiment

Introduction

Une habitation est protégée par son enveloppe qui joue le rôle de régulateur thermique d'où l'importance de la qualité de l'enveloppe, il s'agit d'apporter des corrections thermiques à l'enveloppe pour s'assurer d'améliorer son comportement vis-à-vis des conditions climatiques.

Ce chapitre nous servira à définir une stratégie d'amélioration de l'efficacité énergétique par le biais de l'enveloppe verticale du bâtiment, avant d'établir cette dernière devons d'abord avoir une idée d'ensemble sur la consommation énergétique, l'échelle mondiale et nationale, nous aborderons par la suite une stratégie d'amélioration de la performance du bâtiment dans le but d'améliorer l'efficacité énergétique dans l'habitation.

N'oublions pas qu'une enveloppe performante réduit considérablement la consommation énergétique en améliorant le micro climat à l'intérieur des habitations.

Malheureusement les politiques énergétiques des pays du tiers monde adoptent des stratégies de rénovation majoritairement pour les bâtiments historiques concernant l'aspect structurel ou esthétique en négligeant l'aspect énergétique.

IV.1. La consommation énergétique**IV.2. La consommation énergétique dans le monde**

La question relative à la situation énergétique et environnemental du XX² siècle sont marqués par le souci de la détérioration du cadre environnemental, économique et énergétique sachant que selon L'ONU plus de 80 % des ressource énergétique des quels le monde descend et issu des énergies fossiles, d'où la nécessite la maitrise la consommation énergétique dans le but de diminuer l'impact environnemental

Selon la (IEA), les prospectives de la consommation énergétique à travers le monde continueront à suivre une allure croissante, pour atteindre une hausse de 48% par rapport à celle de 2012, selon (Rahmouni,2020) la répartition de la consommation énergétiques à travers le monde se fait de façon non uniforme elle dépend de plusieurs facteurs, le développement économique, les équipements, le mode de vie, les niveaux d'exigence de confort, et les conditions climatique.

Selon (IEA,2020), la consommation mondiale en énergie se réparti comme suit :

- Pétrole=40.4%=169EJ
- Gaz=16.4%=68.4EJ
- Electricité=19.7=82.3EJ
- Biocarburant=10.4%=43.4EJ
- Charbon=9.5%
- Autre=3.6%

Selon (IEA ,2019) le cadre bâti, le domaine de la construction en général, est responsable du plus du 1/3 de la consommation énergétique mondial, et produise a eu deux approximativement 40% pour sa démission des CO₂ cette consommation et du aux mode de vie adopté en utilisant des équipements qui consomme de l'énergie au quotidien.

IV.3. La consommation énergétique en Algérie

Selon (Seamhi, 2020), la consommation énergétique en Algérie demeure dominée par le secteur résidentiel en représentant 36%de la consommation final et suivez de 22.7% pour le secteur de la construction de façon général

La consommation énergétique du secteur résidentielle à augmenter de plus de 80% depuis 2009.

Cette hausse de la consommation est due au changement de mode de vie adopté par les habitants qui se traduit par l'amélioration des exigences de confort thermique (refroidissement

et chauffage) (Bouznit, et al, 2018) (Athman Oueheb, 2015) ce qui explique que le domaine résidentielle et le principal consommateur en énergie, en cherchant son confort l'habitant adopte des consommations énergétiques, c'est donc en agissant sur le bâtiment résidentiel qu'on peut effectuer des consommations d'énergie, et donc d'assurer l'efficacité énergétique face à cette situation, plusieurs pays se concentrent sur le concept de bâtiment à efficacité énergétique.

L'Algérie a lancé plusieurs programmes dans cette optique. Le (PNME 2007-2011/PNME2010-2014) communément le programme ECO bat, ce programme est le résultat du partenariat entre le ministère de l'habitat, l'ANAH, dans le but de produire 3000 bâtiments à efficacité énergétique. Pour assurer l'optimisation du confort thermique intérieur

Ce projet a été lancé en 2011 sélectionner pour installer des habitations bioclimatiques suivant le climat de chaque une des wilayas

Le BBC est basé sur l'amélioration de l'enveloppe du bâtiment pour diminuer la demande de chauffage et de climatisation, ainsi que l'usage des équipements à efficacité énergétique et l'emploi des efficacités énergétiques

La combinaison entre le BBC et les stratégies bioclimatique passive peuvent participer à assurer l'efficacité énergétique en diminuant la consommation énergétique en améliorant le confort thermique

Selon (Chen et al, 2018) les principes de la conception bio-passive tel que la conception du bâtiment, la forme du bâtiment, l'enveloppe du bâtiment, l'infiltration et l'étanchéité à l'air peuvent diminuer les besoins énergétiques selon les conditions climatiques pour améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments il faut agir sur son environnement.

La toile économique de l'entreprise Sonalgaz à Guelma renferme 99.500 abonnés sur un réseau électrique de 4.602 km pour une relative commercialisation de l'ordre de 347 GWh et 53.479 abonnés au réseau gazier de 821 km, dont 3.780 nouveaux abonnés enregistrés, en 2009. La consommation gazière est estimée à 758 MTH avec un taux de croissance de 114%, comparativement à l'exercice 2008 et un réseau qui couvre 50% des communes de la wilaya. La source d'exploitation de l'énergie électrique est exprimée à travers 4 postes installés à Guelma (GRTE 60/30), Medjez Sfa (90/30), El Fedjoudj (injecteur) et Oued Zenati (60/30).

Selon le ministre de l'Énergie Mustapha Guitouni En juillet dernier, on est arrivé à un pic de consommation électrique de 13.900 MW et il ne restait pratiquement rien dans le sac. La Sonalgaz a su gérer la situation et a évité le recours aux délestages. Elle est arrivée à produire 1.000 MW supplémentaires dans des conditions très difficiles pour arriver à 14.000 MW contre 13.000 MW en 2016.

IV.4. Réduction de la consommation énergétique

La réduction de la consommation énergétique d'un bâtiment dépend de plusieurs facteurs, la forme, les matériaux de construction, l'enveloppe du bâtiment, et son environnement, ainsi que le mode de vie adopté par les habitants, pour réduire la consommation énergétique il faut agir sur toute une panoplie de paramètres.

« Les bénéfices les plus significatifs de l'évaluation de la consommation d'énergie étaient l'amélioration des isolations thermiques de l'enveloppe, de l'éclairage et du vitrage » (Ardente et al 2009), en effet c'est l'enveloppe du bâtiment qui joue le rôle d'intermédiaire entre le climat et le bâtiment elle régule la température, l'humidité, ainsi que la vitesse de l'air de façon l'enveloppe est responsable de la consommation énergétique résultant de l'utilisation des systèmes de chauffage et de climatisation le plus souvent énergivore.

Aux États-Unis, le ministère de l'Énergie (DOE), qui participe aux processus de développement de l'ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) et de l'ICC (International Code Council), a élaboré et soumis des propositions de modification des codes qui visent à apporter des améliorations rentables et éco-énergétiques aux codes modèles actuels, La récente publication de la norme 90.1-2016 marque la dernière édition de la norme et ouvre la voie aux futures exigences d'efficacité énergétique des bâtiments commerciaux. Les nouvelles exigences techniques de l'enveloppe comprennent :

1

- Exigences obligatoires pour la vérification de l'enveloppe, favorisant la réduction des infiltrations d'air, et exigences accrues en matière de l'étanchéité à l'air des portes à enroulement.
- Exigences normatives plus strictes pour les bâtiments métalliques les toits et les murs, la fenestration et les portes opaques.
- Amélioration de la clarté des définitions des murs extérieurs, de l'orientation du bâtiment et de la clarté de la valeur R effective des surfaces des espaces.
- Nouvelles exigences basées sur l'ajout de la zone climatique 0.

IV.5. Stratégie d'amélioration de l'efficacité énergétique

Dans le but d'améliorer l'efficacité énergétique du bâtiment il faut agir sur son l'enveloppe, c'est pourquoi la stratégie d'amélioration de l'efficacité énergétique doit se porter

¹ www.energy.gov, 2019

sur l'enveloppe du bâtiment. « La performance thermique d'un bâtiment dépend de sa capacité à résister à la pénétration de l'air et à empêcher l'échange de chaleur à travers la structure »². Il s'agit de limiter le flux de chaleur par gain ou par déperditions au travers de l'enveloppe du bâtiment. La figure suivante démontre le flux thermique au travers de l'enveloppe.

En effet les déperditions thermiques au travers de l'enveloppe du bâtiment se font lors de la saison de sous chauffe à travers le toit se produise entre 25% à 35 %, au travers des murs de 10% à 20%, au travers des fenêtres entre 11% à 20%, au travers les plancher entre 10% à 20%, et au défaut d'étanchéité a l'air entre 15% à 25% , tandis qu'en période de sur chauffe elles sont estimé à 25% à 30% pour la toiture, 15% à 25% pour les murs, 25% à 35% pour les fenêtres, 10% à 25% pour les planchers , et 5% à 10 % pour l'étanchéité a l'air. Comme le démontre la figure suivante.

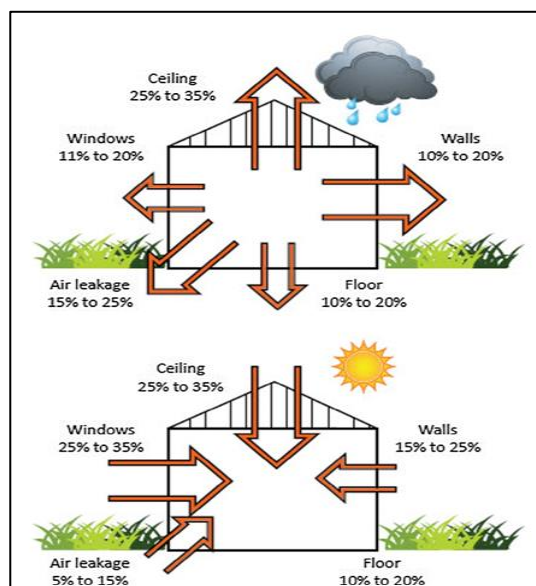


Fig.IV. 1. échange thermique au travers de l'enveloppe du bâtiment (source darwish, 2017)

Dans le but de diminuer les déperditions thermiques il faudra adopter des stratégies de chaud et de froid pour tirer au maximum profit du potentiel climatique de l'environnement.

IV.5.1.Stratégie bioclimatique du froid

Au confort d'été s'applique la stratégie du froid, tout d'abord il s'agit de protéger le bâtiment et plus particulièrement ses ouvertures de l'ensoleillement directe pour diminuer les gains thermiques par le biais de l'ombrage qui peut être amovible, végétation rideaux ou fixe comme les brises soleil pour éviter la surchauffe, il est aussi primordial de prévoir une isolation thermique de l'enveloppe du bâtiment.

² jrf.org.uk

Ensuite de minimiser les apports interne dans le but d'éviter les surchauffes ceci peut se faire en agissant sur les systèmes d'éclairage en privilégiant la lumière naturelle.

Puis dissiper les surchauffes par la ventilation naturelle surtout la nuit pour diffuser la chaleur emmagasiner dans les parois durant la journée ou en utilisant la végétation et l'eau a l'intérieur des habitations tel que les fontaines et les plantes.

Il s'agit donc d'éviter les flux de chaleur non désiré, de protéger le bâtiment, de refroidir les espaces de vie, de minimiser les gains interne, et de dissiper la chaleur comme l'indique la figure suivante.

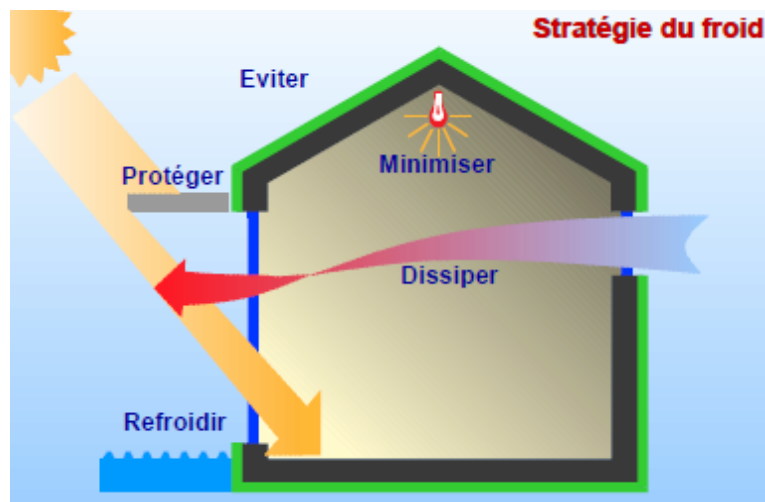


Fig.IV. 2 stratégie bioclimatique du froid (source Liébard A, de Herde A 2006)

IV.5.2. Stratégie bioclimatique du chaud

Au confort d'hiver convient la stratégie du chaud il s'agit de capter la chaleur du rayonnement solaire, la stocker dans la masse, la conserver par l'isolation puis la restituer dans le bâtiment.

Tout d'abord il s'agit de capter la chaleur, le rayonnement solaire reçu par un bâtiment dépend de plusieurs facteurs climatiques ainsi que de l'orientation du bâtiment, de la nature des surfaces, des matériaux, de la topographie... etc le rayonnement solaire est pratiquement exploité qu'au surfaces vitrées de l'enveloppe du bâtiment ou il est partiellement transmis à l'ambiance intérieur du bâtiment ce qui représente un gain de chaleur directe à l'environnement intérieur.

Ensuite de stocker la chaleur produite par le rayonnement solaire dans la masse et la restituer aux besoins.

Puis de conserver la chaleur résultant de l'insolation, d'apport interne ou de système de chauffage grâce aux vertus isolantes des matériaux, l'étanchéité de l'enveloppe ou en

employant la technique du zonage thermique en crayons des zones tampon grâce au cloisonnage.

En fin de distribuer la chaleur dans le bâtiment en la conduisant dans les espaces de vie par l'inertie des matériaux, ou par la thermo circulation de l'air c'est le mouvement naturel de l'air par la migration naturelle des masses d'air chaud vers le haut, la chaleur doit être régulée en fonction des différentes pièces de l'habitation. Comme l'indique la figure 3

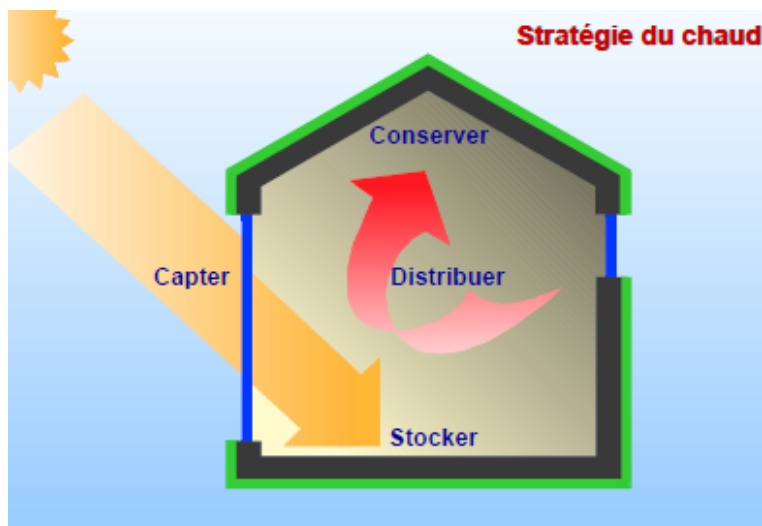


Fig.IV. 3. stratégie bioclimatique du chaud (source Liébard A, de Herde A 2006)

IV.5.3. Stratégie d'amélioration de la performance énergétique de l'enveloppe du bâtiment

L'enveloppe des bâtiments (murs extérieurs, fenestrations et toiture) est un levier majeur pour réduire les besoins énergétiques, diminuer les émissions de CO₂ et améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments

« Par rénovation de l'enveloppe, une protection solaire efficace, une inertie thermique élevée, et des stratégies de ventilation hybride ; en plus du chauffage de l'eau domestique, des panneaux photovoltaïques et de la climatisation solaire thermique (une stratégie combinée de réhabilitation), on a obtenu jusqu'à 83% de réduction totale de la demande en énergie électrique. » (Atia et al, 2009). Une stratégie d'amélioration de la performance énergétique passe donc par une réhabilitation énergétique efficace c'est-à-dire en combinant une ventilation hybride, des panneaux photovoltaïques et une climatisation solaire thermique on peut obtenir jusqu'à 83% de réduction de la consommation énergétique. Comme l'indique la figure 4.

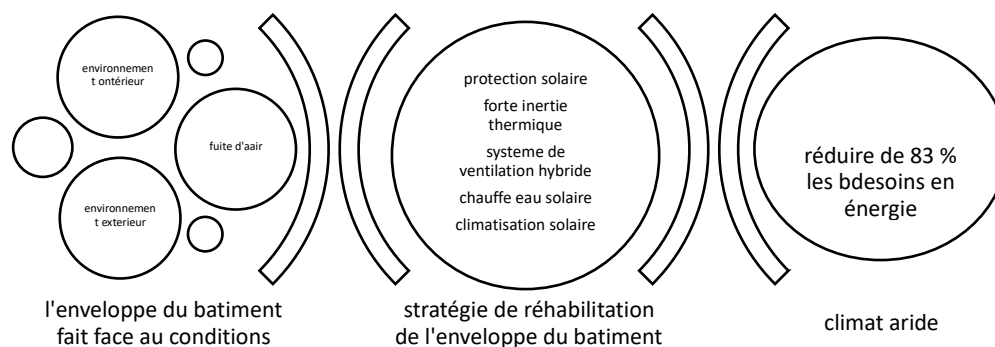


Fig.IV. 4 stratégie d'amélioration de l'efficacité énergétique (source : auteur)

« En général, les enveloppes des bâtiments comprennent la résistance au transfert d'air, d'eau, de chaleur, de lumière et de bruit. Quant aux enveloppes thermiques, elles comprennent les murs extérieurs, le toit, les fondations, les fenêtres et les portes. L'objectif de l'enveloppe thermique est d'empêcher le transfert de chaleur de l'intérieur d'une maison vers l'extérieur en hiver et vice versa en été. Par exemple, les fenêtres des espaces d'enseignement doivent être placées sur les côtés et, si elles sont soumises à un gain solaire, elles doivent être en verre teinté avec un indice "low E" pour réduire le transfert de chaleur. » (Office universitaire Waterloo 2016), l'enveloppe du bâtiment assure l'étanchéité à l'air, à l'eau, à la chaleur, la lumière, et au bruit, tandis que pour diminuer la consommation énergétique il est primordial d'agir à la fois sur l'enveloppe du bâtiment et sur son enveloppe thermique en proposant des solutions pour améliorer l'efficacité énergétique des murs extérieurs, la toiture, les fondations, les fenêtres et les portes, le but est d'empêcher les échanges de chaleurs non désirés, il s'agit d'empêcher le flux de chaleur de l'intérieur vers l'extérieur en été, et de l'extérieur vers l'intérieur en hiver.

« Réhabiliter est défini comme installer, modifier, ou adapter pour une utilisation avec quelque chose d'ancien. Récemment, la réhabilitation fait référence à l'ajout de nouvelles technologies ou fonctionnalités à des systèmes plus anciens pour une raison ou une autre. Certaines des raisons de réhabilitation pourraient être l'amélioration de l'efficacité des centrales électriques, le renforcement des bâtiments anciens afin de les rendre résistants aux tremblements de terre, ou l'amélioration des bâtiments existants avec des équipements d'efficacité énergétique. » (Darwish, Goma, 2017), appliquer une stratégie de réhabilitation de l'enveloppe du bâtiment se fait donc en ajoutant des technologies et des procédés à l'enveloppe existante dans le but d'améliorer son efficacité énergétique.

Maîtriser les conditions climatiques intérieures est le levier majeur pour améliorer l'efficacité énergétique, celle-ci est régie par les conditions auxquelles le bâtiment doit faire face, « Les

conditions du bâtiment et de l'environnement, de l'extérieur vers l'intérieur, dont la variation peut influencer les variables interconnectés, sont la température de l'air extérieur, le rayonnement solaire dans les conditions environnementales ; le refroidissement/chauffage par rayonnement et le type de ventilation dans les systèmes CVC ; les gains de chaleur internes et le calendrier d'occupation et les conditions de fonctionnement ; les propriétés des murs, des plafonds, de la porte et de la WWR de l'enveloppe du bâtiment ; et finalement la surface de la porte et la hauteur du plafond dans la taille du bâtiment peuvent déterminer les comportements thermiques et d'air intérieur de l'ensemble du bâtiment, alors que des caractéristiques individuelles peuvent avoir une influence distincte. » (ZJ Zhail et al, 2007)

Il faut prendre en considération plusieurs paramètres intérieurs et extérieurs pour pouvoir assurer la performance de l'enveloppe du bâtiment par une réhabilitation énergétique ces paramètres sont les suivants : figure

- La température de l'air extérieur
- Le rayonnement solaire
- Le refroidissement/chauffage par rayonnement
- Le type de ventilation dans les systèmes CVC
- Les gains de chaleur internes
- Le calendrier d'occupation et les conditions de fonctionnement
- Les propriétés des murs, des plafonds
- La porte et la hauteur du plafond dans la taille du bâtiment

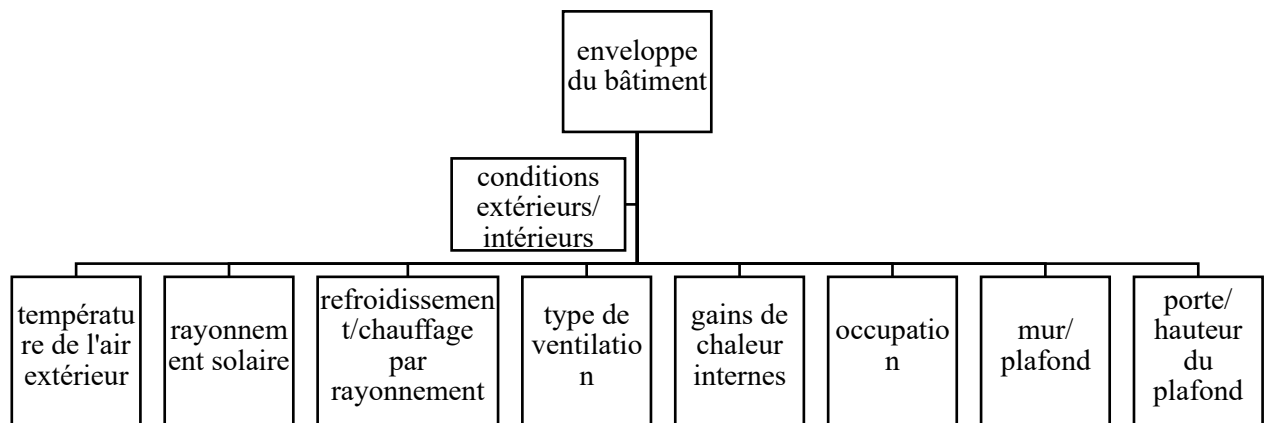


Fig.IV. 5 conditions qui altère la performance de l'enveloppe du bâtiment (source: auteur)

IV.5.3.1 Isolation et pont thermique

Les structures à masse thermique élevée (pierre, maçonnerie ou concrete) avec les cavités de la structure de l'ossature agissent comme des ponts thermiques. C'est pourquoi l'isolation est une nécessité. Les panneaux isolants structurels (SIP) constituent une nouvelle approche de la

construction. Le SIP est un panneau de construction préfabriqué qui comprend généralement des parements, tels que des panneaux à copeaux orientés ou du contreplaqué, et un noyau isolé, tel qu'un système d'isolation en polystyrène expansé (EPS)

« Le polystyrène extrudé a été suggéré pour l'isolation thermique à l'extérieur du bâtiment dans les régions chaudes. » (Atia et al,2006).

Le polystyrène extrudé présente de bonnes caractéristiques en ce qui concerne sa durabilité et sa résistance au transfert d'humidité. Selon le HBRC, les résistances thermiques (valeurs R) comprises entre 0,90 et 2,3 m² °C/W pour les sections de mur et de toit respectivement sont recommandées. Dans le cadre d'une stratégie de réhabilitation, l'isolation des bords des systèmes de fenêtres est proposée pour minimiser les ponts thermiques dans les bâtiments des régions chaudes.

Des études ont montré différents types de matériaux d'isolation utilisés pour différentes parties de la construction avec des valeurs R légèrement différentes. Ces types comprennent les couvertures (composées principalement de fibre de verre) ; les blocs de béton (y compris les matériaux en mousse) ; les panneaux de mousse (composés principalement de polystyrène) ; les coffrages isolants en béton (ICF) ; les isolations en vrac et par soufflage (composées principalement de cellulose) ; les systèmes réfléchissants tels que les feuilles d'aluminium ; les isolations rigides, la mousse cimentaire pulvérisée ; et les panneaux isolants structurels (SIP). Chaque type est appliqué différemment et présente ses propres avantages en fonction de l'endroit où il est appliqué.

«Un certain nombre de types de bâtiments ont montré que la réduction des fuites d'air peut permettre d'économiser 5 à 40 % de l'énergie de chauffage et de refroidissement» (OCDE/AIE 2013). Les fuites d'air peuvent être réduites en utilisant des mastics, des joints et des panneaux de fenêtre supplémentaires.

IV.5.3.2 Matériaux d'isolation

a. Laine de roche

- Présentation

Selon (www.m-habitat.fr;consulté le 12/10/2021) La laine de roche se présente sous de nombreuses formes : flocons, rouleaux, panneaux semi-rigides et rigides, nus et revêtus, panneaux mono et double densité, complexes d'isolation, pour tous les types d'ouvrage (maisons, logements collectifs, bâtiments administratifs et tertiaires, bâtiments commerciaux, industriels et de stockage) et pour toutes les applications (toitures-terrasses béton et acier,

bardages, combles perdus et aménagés, murs périphériques par l'intérieur et par l'extérieur, sols et planchers, cloisons et gaines techniques, cheminées).



Fig.IV. 6 laine de roche en panneaux(source : www.m-habitat.fr, consulté le 12/05/2022)

-Constitution de la laine de roche

Semblable à la laine de verre, elle s'obtient à partir d'un mélange de plusieurs minéraux naturels, tels que le calcaire, le basalte ou l'argile, que l'on fait entrer en fusion dans un four à coke dépassant les 1.400 C°.



Fig.IV. 7 utilisation de la laine de roche a l'intérieur en lame d'aire(source : www.m-habitat.fr 12/05/2022)

-Propriété de la laine de roche

-Isolation thermique: Grâce au grand nombre de cellules d'air concentré dans sa structure, la laine de roche possède un bon pouvoir isolant.

(Conductivité thermique entre 0,032 et 0,040 W/m.K), mais aussi phonique, contre les bruits aériens et les nuisances d'impact.

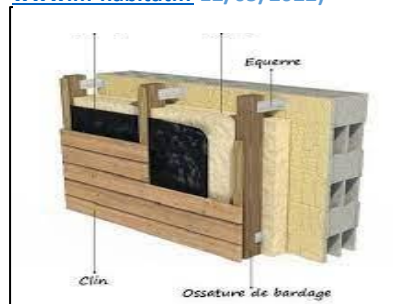


Fig.IV. 8 utilisation de la laine de roche a l'extérieur(source : www.m-habitat.fr 12/05/2022)

-Isolation phonique: et d'absorption acoustique. La structure ouverte et enchevêtrée de la laine de roche dissipe naturellement l'énergie sonore : elle est aussi performante pour lutter contre les bruits aériens, les bruits d'impact ou les bruits d'équipements.



Fig.IV. 9 application de la laine de roche a l'extérieur(source : www.m-habitat.fr 12/05/2022)

-Protection incendie: Les solutions d'isolation en laine de roche résistent au feu et ne contribuent pas à son extension. Pour le critère de comportement au feu, la laine de roche nue bénéficie de l'Euro classe A1, la meilleure performance dans la classification européenne des produits de construction. La



Fig.IV. 10 utilisation de la laine de roche a l'extérieur(source : www.m-habitat.fr 12/05/2022)

laine de roche ne s'enflamme pas, ne propage pas les flammes et ne dégage pas de fumées toxiques.

-Résistance à l'eau : La laine de roche est hydrophobe. Grâce à sa structure non capillaire.

-Le bilan en énergie grise est élevé : La laine de roche en rouleaux requiert 123 kWh/m³ pour 20 kg/m³, mais grimpe jusqu'à 697, 851 et 10 006 kWh/m³ pour 110 kg/m³, 140 kg/m³ et 160 kg/m³.

b. Le liège

Selon (www.m-habitat.fr; consulté le 12/10/2021) Le liège est issu de l'écorce du chêne vert, que l'on trouve principalement dans le bassin méditerranéen. Il est utilisé en tant que matériau d'isolation depuis le XIXe siècle.

Le liège est un type isolant particulièrement léger qui peut se présenter sous différentes formes :

Le liège expansé existe sous forme de plaques ou, en vrac, sous forme de granulés

Le liège aggloméré existe sous forme de plaques, dalles ou rouleaux

Le liège en granulés permet l'isolation des combles non habitables. Les rouleaux, plaques ou dalles de liège permettent l'isolation thermique et phonique des murs, toitures et planchers.

c. Polystyrène expansé

Selon (www.m-habitat.fr; consulté le 12/10/2021) Le polystyrène expansé (PSE) dont la structure alvéolaire renferme de l'air. Il est obtenu par expansion à la vapeur d'eau des billes de polystyrène.

Le polystyrène se présente généralement sous la forme de panneaux, d'une épaisseur allant de 20 à 100 mm, et est principalement utilisé en isolation de chapes et en isolation extérieure.



Fig.IV. 11 Le liège en rouleau(source : www.m-habitat.fr 12/05/2022)



Fig.IV. 12 Le liège en panneau(source : www.m-habitat.fr 12/05/2022)



Fig.IV. 13 le polystyrène expansé en panneaux(source : www.m-habitat.fr 12/05/2022)

Le polystyrène, qu'il soit expansé ou extrudé, présente de très bonnes performances thermiques. Sa conductivité thermique (ou lambda) oscille entre 0,029 et 0,038 W/m.K.

-Avantages des isolants à base de polystyrène

Bonne isolation thermique. Le polystyrène extrudé est un peu plus performant que le polystyrène expansé.

Très bonne résistance à la compression (le polystyrène extrudé offre une résistance à la compression qui atteint 70 tonnes/m²)

Matériau très léger, facile à travailler

Extrêmement résistant à l'eau, au froid et à la chaleur.

d. Aérogel

Selon (www.m-habitat.fr; consulté le 12/10/2021) L'aérogel est un matériau isolant, nanostructure (issu des nanotechnologies)

Composé de 99,8 % d'air, l'aérogel n'est autre que le matériau solide le plus léger de la planète.

Les aérogels sont perméables à la vapeur d'eau et résistent à une chaleur avoisinant les 200°C pour se désagréger seulement après 1 200°C.

Capable de stopper tous les modes de transmission de chaleur, l'aérogel pourrait donc devenir le matériau d'isolation parfait pour nos maisons. Mais ce serait sans compter sur ses quelques limites.

IV.5.3.3 Ouverture et vitrage

Les fenêtres ont plusieurs fonctions. En plus de leur fonction d'accès à un bâtiment ou à un espace, une fenêtre fournit la lumière du jour, offre la sécurité et la flow de chaleur. Pour cette raison, une taille, une orientation et un vitrage appropriés sont une nécessité. Le flow thermique dépend de la saison, du type de bâtiment et de l'exploitation du bâtiment. Si le bâtiment est refroidi et que la température extérieure est chaude, le vitrage doit retenir (valeurs U élevées) la chaleur du soleil et permettre à la chaleur de s'échapper du bâtiment (faible SHGC ou valeur g). Actuellement, les fenêtres à simple vitrage, avec un verre clair et des cadres mal isolés, sont les plus utilisées dans de nombreuses régions du monde. « Les fenêtres à simple vitrage ont des valeurs U d'environ 4,5 watts par mètre carré Kelvin (W/m² K) à 5,6 W/m² K. La plupart des

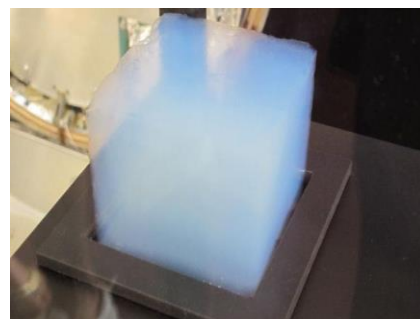


Fig.IV. 14 Aérogel(source : www.m-habitat.fr 12/05/2022)

pays membres de l'OCDE (Organisation de coopération et de développement économiques) sont passés à des fenêtres à double vitrage avec des revêtements à faible émissivité, des cadres à faible conductivité et un gaz inerte utilisé dans la section résidentielle qui fournit des valeurs U plus faibles» (OCDE/AIE 2013). Dans certains climats, des vitrages statiques avancés combinés à des systèmes de fenêtres bien isolées et à des ombrages architecturaux sont utilisés pour optimiser les impacts saisonniers. En général, un système de fenêtre à triple vitrage avec deux couches de verre à faible émissivité, un gain de chaleur solaire élevé, un cadre à faible conductivité, une protection solaire extérieure dans un climat européen modéré est utilisée pour obtenir les meilleurs résultats.

a. Critères de qualité des fenêtres

En plus d'être des éléments de captage thermique les fenêtres sont une source de déperdition thermique soit par la surface opaque suite au défaut de construction dans les points de jonction mur-fenêtre, ou par les surfaces vitrées, mais leurs capacités peuvent être améliorées suivant des critères de qualité qui déterminent le choix des composants d'une fenêtre et son dimensionnement selon le rapport la surface de fenêtre et la surface du plancher varie selon l'orientation pour une orientation Sud le rapport S fenêtre / S plancher est compris entre 20% à 35 %, pour une orientation Est ouest le rapport S fenêtre / S plancher est compris entre 15% à 25 %, pour le Nord le rapport S fenêtre / S plancher est compris entre 10% à 15% .

Le rayonnement solaire pénètre les espaces habités directement par les parois vitrées, il est alors accumulé sous forme de chaleur dans les parties massives de l'enveloppe du bâtiment, des protections solaires extérieurs permettent de diminuer la réception cette chaleur emmagasiner, et des stores intérieurs permettent de diminuer l'éblouissement en réfléchissant la lumière vers le plafond.

Le rendement est bon pour les vitrages représentant un coefficient de déperdition thermique surfacique K inférieur à 3 W/M².K au facteur solaire F ou la transmission lumineuse TL, et si leurs orientation est favorable entre sud-est et sud-ouest les autres orientations sont possible mais leurs bilan thermique est moins favorable, par contre le gain calorifique des fenêtres est faible suite à un a deux jours sans soleil et les déperditions thermiques sont importantes durant la nuit d'où la nécessité d'installer des protection nocturne et par mauvais temps.

La réduction des gains solaire se fait par les stores de 0% à 100% selon le besoin, la menuiserie de 20% à 40%, par l'ombrage 10% à 20%, par les rideaux de 0% à 30%, par la

réflexion et l'absorption a 10% à 60%, et finalement par la propreté des vitrages de 0% à 50%.
Fig.IV.15.

Ce pendant certain dispositif tel que le double vitrage a gaz d'argon peuvent améliorer la performance de la fenêtre, Le double vitrage a gaz argon est composé de deux vitres en verre (un vitrage extérieur et un vitrage intérieur, feuilleté ou pas) séparées par un vide « lame d'air » qui sera constitué d'air ou de gaz (gaz argon).

L'argon constitue un isolant thermique plus performant que l'air car il bénéficie d'un meilleur coefficient thermique que ce dernier (soit 0,017 W/(m.K) pour l'argon contre 0,023 W/(m.K) pour l'air) et offre ainsi un barrage thermique plus efficient. Le gaz argon possède, par ailleurs, une meilleure masse volumique que l'air (soit 1,67 g/l pour l'argon contre 1,2 g/l pour l'air). Son poids est en effet 40% plus élevé que celui de l'air, ce qui permet un ralentissement conséquent de la circulation thermique entre les verres d'une fenêtre. Il est en outre le gaz noble le plus employé par les spécialistes de la vitrerie car il dispose du rapport qualité/prix le plus intéressant du marché.

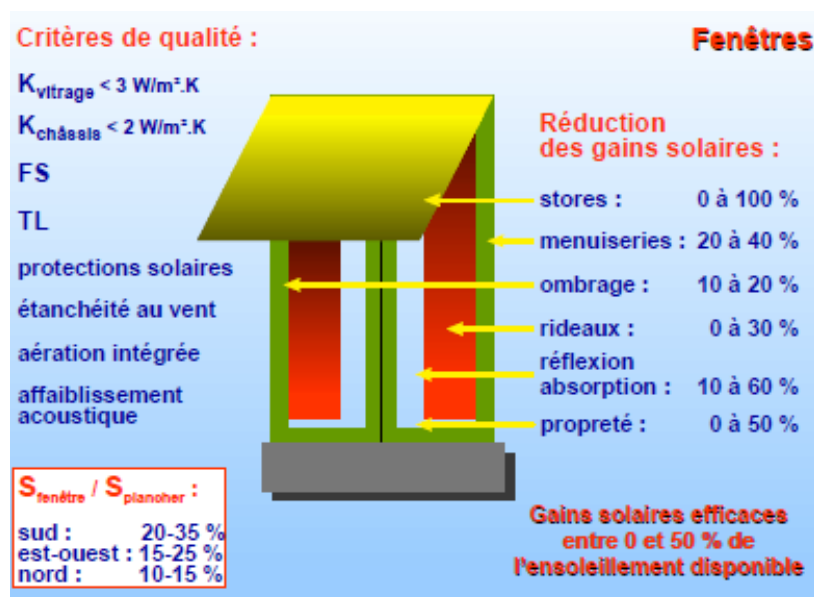


Fig.IV. 15 choix des composants et intervenant dans la thermique de la fenêtre (source Liébard A, de herde A 2006)

Le double vitrage a gaz argon est composé de deux vitres en verre (un vitrage extérieur et un vitrage intérieur, feuilleté ou pas) séparées par un vide « lame d'air » qui sera constitué d'air ou de gaz (gaz argon). Fig.IV.16

L'argon constitue un isolant thermique plus performant que l'air car il bénéficie d'un meilleur coefficient thermique que ce dernier (soit 0,017 W/(m.K) pour l'argon contre 0,023 W/(m.K) pour l'air) et offre ainsi un barrage thermique plus efficient. Le gaz argon possède,

par ailleurs, une meilleure masse volumique que l'air (soit 1,67 g/l pour l'argon contre 1,2 g/l pour l'air). Son poids est en effet 40% plus élevé que celui de l'air, ce qui permet un ralentissement conséquent de la circulation thermique entre les verres d'une fenêtre. Il est en outre le gaz noble le plus employé par les spécialistes de la vitrerie car il dispose du rapport qualité/prix le plus intéressant du marché.

On a habituellement recours au double vitrage pour les portes ou les fenêtres afin de bénéficier d'une isolation optimale car un vitrage simple entraîne des pertes d'énergie importantes.

Une fenêtre énergétique de double vitrage a gaz argon signifie que durant les saisons froides, le vitrage permettra de laisser passer les rayons du soleil, afin de laisser entrer la chaleur et la lumière. Il limitera également la sortie de la chaleur intérieure vers l'extérieur. Pendant les saisons plus chaudes, le vitrage empêchera la chaleur émise par les différentes sources de chaleur (cour asphaltée, voiture, etc.) de rentrer à l'intérieur, mais il laissera toutefois entrer la lumière. Fig.IV.17

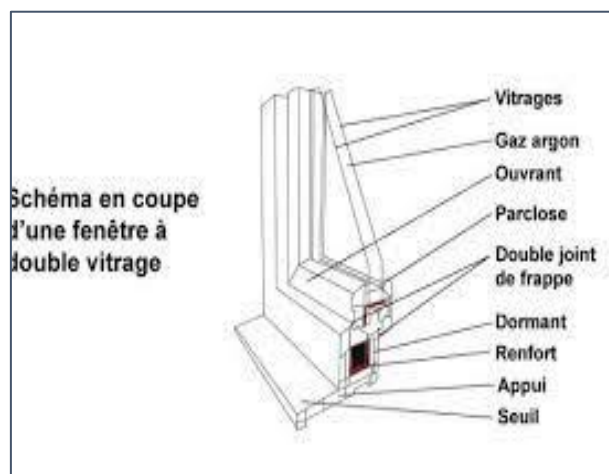


Fig.IV. 16 schéma en coupe d'une fenêtre a double vitrage a gaz argon (source : www.m-habitat.fr 12/05/2022)

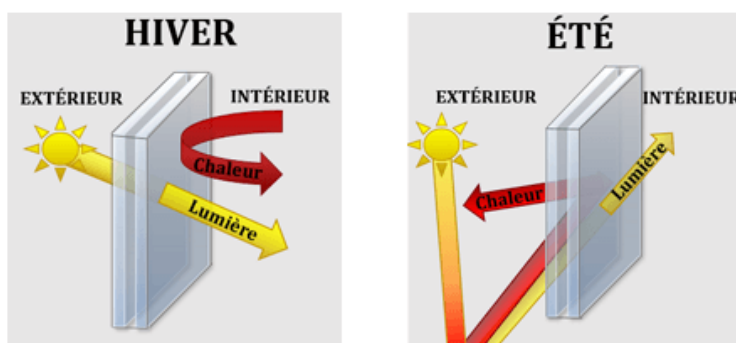


Fig.IV. 17 mode de protection d'une fenêtre a double vitrage a gaz argon (source : www.m-habitat.fr 12/05/2022)

b. Protection solaire

Il existe de nombreuses raisons différentes de vouloir contrôler la quantité de lumière solaire admise dans un bâtiment. Dans les climats chauds et ensoleillés, un apport solaire excessif peut entraîner une consommation élevée d'énergie de refroidissement ; dans les climats froids et tempérés, le soleil d'hiver entrant par les fenêtres orientées au sud peut contribuer positivement au chauffage solaire passif ; et dans presque tous les climats, le contrôle et la diffusion de l'éclairage naturel amélioreront l'éclairage naturel.

L'un des concepts de base de l'architecture bioclimatique en climat chaud est la protection du bâti face aux rayons solaires. En effet, en été, un bâtiment mal protégé du soleil est le siège de surchauffes, donc de conditions thermiques inconfortables. L'utilisation de dispositifs de protection solaire est un aspect important dans de nombreuses stratégies de conception de bâtiments éco-efficaces. Certains des systèmes de contrôle solaire et d'ombrage selon le Whole Building Design Guide (2016) comprennent : des porte-à-faux extérieurs (fins) ; des surfaces horizontales réfléchissantes (tablettes lumineuses) ; du verre à faible coefficient d'ombrage (SC) ; des dispositifs intérieurs de contrôle de l'éblouissement tels que des stores vénitiens ou des persiennes réglables ; et des éléments paysagers tels que des arbres matures ou des rangées de haies. Il est recommandé par le WBDG, d'utiliser des porte-à-faux fixés sur les vitres orientées au sud pour contrôler le rayonnement solaire à faisceau direct. (WBDG 2016)

La conception d'une protection solaire estivale efficace est par conséquent fondamentale pour qu'un bâtiment soit thermiquement et énergétiquement performant. Assurer le confort d'été exige de mettre en place une stratégie du froid. Celle-ci consiste à protéger le bâtiment, et particulièrement ses ouvertures, de l'ensoleillement direct afin de limiter les gains directs et revient à ériger des écrans, extérieurs si possible, qui le mettent à l'ombre. Ces écrans peuvent être permanents, amovibles ou saisonniers (végétation). Ils permettent d'arrêter, de réfléchir ou de freiner les flux solaires. Les dispositifs de protection, leurs formes et leurs dimensions dépendent de l'orientation de la surface à protéger, car c'est elle qui détermine la quantité d'énergie solaire incidente. Toutes les parois extérieures du bâtiment, qu'elles soient transparentes ou opaques, sont concernées par les protections solaires.

b.1.L'Ombre portée par l'environnement

En ville, l'environnement bâti projette souvent une ombre sur le voisinage, ayant ainsi un rôle d'écran fixe. Les constructions masquent les rayonnements solaires protège du vent stock la chaleur et élève la température extérieure elles peuvent également créer des courants d'air pour réfléchir les rayons du soleil Leur rôle peut être positif si l'on recherche une protection contre le soleil : c'est le cas des villes méditerranéennes traditionnelles où l'étroitesse des ruelles et la hauteur des bâtiments réduisent considérablement le rayonnement direct et fournissent un ombrage bienvenu. La meilleure façon de la visualiser est de dessiner, pour chaque orientation, un diagramme solaire sur lequel on reporte la hauteur des immeubles voisins, faisant ainsi apparaître les masques environnants. Ce diagramme permet de visualiser l'origine du rayonnement solaire et donc le type et la position des protections. Il permet également de prendre en compte l'ombre portée par les arbres en été.

La végétation offre un ombrage saisonnier son efficacité dépend du type de feuillage, la croissance de la plante et la saison, en réalité un arbre filtre les rayonnements solaires mais ne le bloque pas.

Des études ont démontré que la végétation participe à l'amélioration du confort thermique extérieur « On remarque une différence de température moyenne de 3.5°C entre un centre-ville et des quartiers longeant une bande végétation d'une profondeur de 50 m à 100 m, une convection horizontale des masses froides (végétation) vers les masses les plus chaudes (construction voisine) permet le rafraîchissement en effet l'humidité relative augmente de 5%» (Liébard, de herde 2006) Fig.IV.18

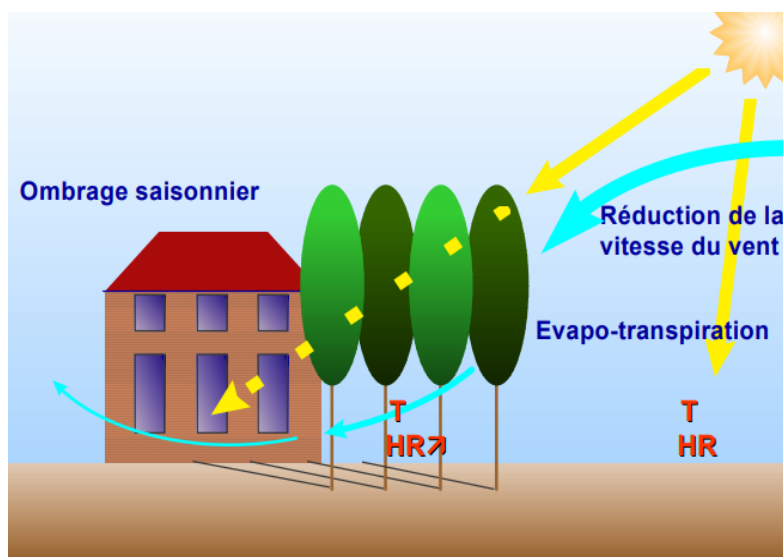


Fig.IV. 18 le role de la végétation pour l'ombrage et le confort thermique (source Liébard A, de herde A 2006)

L'utilisation de la végétation environnante permettra de moduler les apports solaires en fonction des saisons. Qu'ils soient attenants au bâtiment comme les treilles ou pergolas végétalisées, ou plus lointains comme les arbres de haute tige à feuillage caduc, l'intérêt de ces dispositifs naturels est que leur rythme végétatif annuel accompagne les besoins du bâtiment. Leur ombre portée est rafraîchissante en été, et l'absence de feuilles en hiver permet au rayonnement solaire d'atteindre la façade. Le choix des essences et des orientations pour les arbres est important : dimension du masque, date de chute des feuilles, ombre portée par la charpente de l'arbre en hiver, qui peut varier énormément d'une essence à l'autre.

Le traitement des sols environnant le bâtiment revêt aussi une importance non négligeable pour éviter le rayonnement réfléchi. Leur végétalisation permet à la fois de réduire l'albédo pendant la journée, et de limiter leur réchauffement par l'évapotranspiration de l'herbe. Cela réduit leur rayonnement et leur réchauffement pendant le jour et facilite le rafraîchissement nocturne.

b1.2. Protection solaire des surfaces vitrées

La nature des baies vitrées, leur protection solaire et leur gestion conditionnent de manière importante le confort au sein d'un bâtiment, que ce soit en hiver ou en été. Les deux fonctions principales d'une baie vitrée et de la protection solaire, qui lui est généralement associée, sont d'assurer le confort visuel pour garantir l'accès à la lumière naturelle, limitation des consommations d'éclairage artificiel, limitation des risques d'éblouissement, préservation de l'intimité, contact visuel avec l'extérieur, le confort thermique : en été, limiter la pénétration du flux solaire énergétique et ainsi éviter autant que possible les surchauffes et/ou limiter les consommations de climatisation ; en hiver, favoriser les apports d'énergie solaire pour diminuer les consommations de chauffage.

- Les masques architecturaux (protections extérieures fixes)

Les masques architecturaux (protections extérieures fixes) servent à protéger les parois verticales, on distingue cinq effets principaux pour protéger des parois verticales : L'effet d'auvent, constitué d'une avancée horizontale au-dessus de la surface réceptrice : auvent, débord de toit, débord de dalle, balcon filant, brise-soleil horizontal, casquette, linteau de fenêtre, écran à lames horizontales. L'effet de flanc, constitué par des pans verticaux à côté de la surface réceptrice : décrochement de façade, saillie de refends, tableau de fenêtre, écran à lames verticales. L'effet de loggia, combine l'auvent et les flancs : loggia, tableaux+linteau de

fenêtre, balcon filant+séparation verticale, écran à lames croisées. L'effet de vis-à-vis : façades en vis-à-vis, mur de clôture, haie végétale, garde-corps plein. L'effet de patio : patio, cour intérieure, puits de lumière. Quel que soit le type de masque choisi, il pourra être l'opportunité d'une valorisation architecturale. Cependant il faudra être particulièrement attentif à son dimensionnement afin qu'il n'atténue pas la transmission lumineuse et qu'il valorise au mieux l'éclairage naturel, en contribuant éventuellement à homogénéiser les niveaux d'éclairément à l'intérieur des locaux - qu'il n'empêche pas la pénétration du rayonnement direct à des périodes où elle serait souhaitée, ou au contraire qu'il laisse pénétrer le soleil quand on ne le souhaite pas, générant des problèmes d'éblouissement, voire d'inconfort thermique.

Selon l'orientation des façades, la solution technique et le dimensionnement seront donc différents. Suivant un test effectué, avec le logiciel le logiciel « Ecran Solaire » du Laboratoire ABC de l'ENSAMarseille, il ressort que : « En orientation proche du SUD le salut en saison chaude vient des éléments horizontaux (balcons filants, débords de toit) ou comprenant des éléments horizontaux (loggias). Ces formes laissent passer le soleil d'hiver et occultent le soleil d'été si leur angle d'occultation est de l'ordre de 50°. En orientation EST et surtout OUEST, ces formes sont beaucoup moins performantes en protection d'été, le soleil étant plus bas sur l'horizon (en moyenne voisin de 30°).»(ENSAMarseille) Les masques et protections fixes sont généralement moins efficaces que les mobiles. En effet, un brise soleil fixe donne la même ombre le 21 septembre, alors qu'il fait encore chaud et le 21 mars alors qu'il fait souvent froid et que les apports solaires pourraient être utiles. De plus ils ont un effet moindre sur les rayonnements diffus et réfléchis, qui, pendant l'été, représentent jusqu'à 50% de l'irradiation solaire d'une façade.

- Les protections solaires mobiles - extérieures et intérieures

Pour pallier les inconvénients des protections fixes, une solution consiste à prévoir des protections mobiles, manuelles ou motorisées. Ceci permet d'adapter les protections aux conditions extérieures changeantes (ensoleillement, hauteur du soleil). Les protections mobiles sont d'une grande variété possible, en fonction des objectifs à atteindre et des options architecturales : toiles, stores à lames, volets pleins ou persiennes, à ouvertures traditionnelles, roulants, coulissants, suspendus. L'efficacité des protections mobiles dépend de leur emplacement par rapport au vitrage, de leur opacité et des possibilités de ventilation de l'espace entre la fenêtre et la protection (une bonne ventilation évite l'effet radiateur). D'une manière générale, les coûts d'investissement sont plus élevés pour les protections mobiles que pour les protections fixes, de même que les coûts de maintenance et d'entretien. Néanmoins, des solutions, à lames orientables et repliables, existent, comme les traditionnelles jalousies

lyonnaises avec leurs lames en bois ou les stores industriels à lames métalliques. La ventilation naturelle des bâtiments ne doit pas être altérée par la mise en place de protections solaires. Aussi on privilégiera les stores à lames, plutôt que les stores à toile. Les stores extérieurs pourront être installés à distance de la baie ou fixés sur le châssis ouvrant.

- **Protections intérieures**

Les protections intérieures comme les stores ou rideaux même opaques sont peu efficaces sur le plan thermique. En effet, lorsque le rayonnement solaire a traversé le vitrage, il se trouve partiellement piégé et chauffe l'air entre la vitre et la protection (effet de serre). Ces protections intérieures sont surtout utiles pour lutter contre l'éblouissement. Elles doivent être associées à des protections extérieures. La couleur des protections intérieures opaques doit être claire pour gagner en efficacité. A noter que la réglementation thermique ne prend pas en compte les protections intérieures dans le calcul du facteur solaire.

- **Protections extérieures**

La protection positionnée à l'extérieur du vitrage sera plus efficace : le même type de store permettra à une baie d'atteindre un facteur solaire de 0.15 placé en extérieur pour 0.45 placé en intérieur. Cependant elle sera aussi plus chère qu'une protection en intérieure. Dans la réglementation thermique, le facteur de transmission solaire de la baie est déterminé à partir des caractéristiques certifiées des protections mobiles placées à l'extérieur. Le facteur solaire pris en compte est celui de l'ensemble constitué de la protection extérieure et de sa partie vitrée.

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons abordé l'amélioration de l'efficacité énergétique du bâtiment par l'amélioration de la performance énergétique de son enveloppe, une stratégie d'amélioration vise à relever l'efficacité énergétique du bâtiment en employant une bonne isolation par le choix du matériau isolant, l'ajout de protections solaires pour les murs et les fenêtres, l'amélioration des critères des ouvertures en employant des critères de qualité des ouvertures dans le but de diminuer les pertes thermiques pour réduire la consommation énergétique et donc assurer l'efficacité énergétique du bâtiment.

CHAPITRE V
INVESTIGATION ET CAS D'ETUDES

Introduction

La sensation de confort thermique dans l'habitation dépend de plusieurs facteurs dont la performance thermique de l'enveloppe du bâtiment qui joue à la fois le rôle de protections contre les contraintes climatiques et le régulateur thermique qui ajuste le confort thermique dans l'habitation.

Dans ces chapitres nous allons traiter cette question par le biais de trois cas d'étude, tout d'abord nous commencerons par définir le contexte d'étude puis nous procéderons à la présentation des échantillons étudiés selon les caractéristiques architecturales qui en découlent pour pouvoir en effectuer l'étude suivant une méthodologie d'investigation proposée, sous forme de campagne de mesure in situ, dont les résultats seront traités par le logiciel de simulation TRNSYS dans les étapes ultérieures.

V.1. Critères de choix de la ville Guelma

Guelma ville du nord est algérien caractérisée par le climat de l'arrière littoral montagne (Zone B) climat semi-humide. Déterminé par des hivers plus froids et plus longs et des étés chauds et moins humides que ceux du littoral, bénéficiant d'un grand potentiel durable par sa couverture forestière et agricole, ainsi que par le bombardement solaire qui couvre 243.3 hectare par an aussi par son potentiel hydraulique avec 264.96 millions m³ d'eau mobilisable avec de multiple source d'eau chaude, c'est aussi une ville enclavé entouré de quatre montagne ce qui définit les conditions de vie et le microclimat de la ville.



Fig.V. 1 situation géographique de Guelma (source: bing.fe consulté le 20/06/2021)

Malgré tout ce potentiel les habitant souffre situation stress, comme le démontre l'étude de Givoni selon medejelakh.D il y'a une zone de sous chauffe très froide pour les mois de janvier et février (T° entre 4.5 et 5°C) ainsi qu'une saison de sous-chauffe froide de décembre à février, et de mars (T° entre 5 et 15°C).

V.2. Critère de choix du cas d'étude

Le choix s'est porté sur trois habitation tableaux 2,3,4 situé dans le quartier du 19 juin (extension) selon la morphologie du terrain, le premier échantillon est situé en amont tandis que le deuxième se trouve en transit, quant au troisième il se situe en aval de la pente épousant le lotissement ainsi que sur l'occupation, et la fonction des parcelles, les critères de choix seront détaillés dans tableau1. La campagne de mesure s'est déroulée sur 03 jours successives, Les pièces sujets à l'investigation on était choisi selon l'étage, l'orientations et, l'occupation.

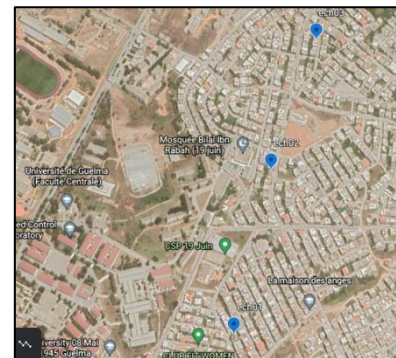



Fig.V. 2 disposition des échantillons dans les lotissement (source : google earth, consulté le 12/11/2022)

Tableau V. 1 critère de choix des échantillons

| Echantillon | Localisation | Morphologie | Typologie | Ménage | Fonction |
|-------------|-----------------------|-------------|-----------------------|--------|-----------------|
| Ech 01 | Lotissement 309 n°289 | En amont | Construction achevé | 01 | Habitat |
| Ech03 | Cité 19 juin n°321 | En transit | Construction inachevé | 01 | Habitat/Service |
| Ech02 | Cité 19 juin n°46 | En aval | Construction achevé | 03 | Habitat/Service |

Tableau V. 2 fiche technique echantillon01(source Google earth, réadapter par auteur

Tableau V. 3 fiche technique echantillon01(source Google earth, réadapter par auteur)

| | | |
|---------------------------------|--------------------|--|
| ECH 01 Villa 289 | Villa a R+2 |  |
| Surface totale | 480 m ² | |
| Surface bâtie | 224 m ² | |
| Coefficient d'occupation au sol | 0.4 | |



| | | |
|---------------------------------|--------------------|--|
| ECH 02 villa 321 | Villa R+2 |  |
| Surface totale | 266 m ² | |
| Surface bâtie | 156 m ² | |
| Coefficient d'occupation au sol | 0.40 | |

Tableau V. 4 fiche technique echantillon03(source google earth, réadapter par auteur

| | | |
|---------------------------------|--------------------|--|
| ECH 03 Villa 46 | Villa R+2 |  |
| Surface totale | 266 m ² | |
| Surface bâtie | 280m ² | |
| Coefficient d'occupation au sol | 0.40 | |

V.3. Caractéristique architecturale des cas d'étude

V.3.1. Echantillon N°01 : habitat individuel (R+2) lotissement 309 n°289 Guelma, Algérie

-système constructif : poteaux poutre en béton armée

Le cas d'étude est une habitation individuelle (R+2) les parois porteuses sont le plus souvent réalisées en maçonneries traditionnelles de petits éléments assemblés sur le chantier à joints de mortier, Les produits utilisés sont : les briques creuses en terre cuite

Compositions des parois :

L'habitation est construite en double parois 0.3m pour l'enveloppe extérieur du bâtiment est en simple parois 0.1cm a l'intérieurs

L'enveloppe du bâtiment joue un rôle de séparation thermique entre l'ambiance intérieure et extérieure, elle intervient comme stockage de la chaleur dans le bâtiment et comme distributeur de cette dernière à l'air intérieur et extérieure, nous proposons d'étudier en détails les couches qui composent ces parois

Tableau V. 5 Composition de la paroi extérieure échantillon 01 N°289Lot 309

| Couche | Epaisseur (m) |
|--------------------------------|------------------------|
| Revêtement extérieur en ciment | 0.01 |
| Brique creuse | 0.15 |
| Lame d'air | 0.05 |
| Brique creuse | 0.10 |
| Revêtement intérieur en plâtre | 0.02 |
| Epaisseur totale | 0.38 |
| Coefficient U de la paroi | 0.33W/m ² K |

Les planchers

Les planchers hourdis ont un rôle très important dans la structure. Ils supportent les charges verticales puis les transmettent aux éléments porteurs et aussi ils isolent les différents étages du point de vue thermique et acoustique.

La structure étudiée comporte des planchers hourdis (corps creux). Ce type de plancher est constitué par des éléments porteurs (poutrelle), et par des éléments de remplissage d'hourdis 16cm avec une dalle de compression de 4cm d'épaisseur.

Les ouvertures : La fenêtre contribue dans le bilan énergétique, elle dépend de nombreux facteurs, tels que le climat local, l'orientation, le cadre, la surface relative, la performance des occultations nocturnes et solaires. Dans ce cas, les dimensions de la fenêtre, 1.5m*1.2m avec un cadre en bois et vitrage simple.

V.3.2. Echantillon N°02 : habitat individuel (R+2) cité 19 juin n°321 Guelma, Algérie

-système constructif : poteaux poutre en béton armée

Le cas d'étude est une habitations individuelle R+2 les parois porteuses sont le plus souvent réalisées en maçonneries traditionnelles de petits éléments assemblés sur le chantier à joints de mortier. Les produits utilisés sont : les briques creuses en terre cuite

Compositions des parois

L'habitation est construite en double parois 0.3m pour l'enveloppe extérieur du bâtiment est en simple parois 0.1cm a l'intérieurs

L'enveloppe du bâtiment joue un rôle de séparation thermique entre l'ambiance intérieure et extérieure, elle intervient comme stockage de la chaleur dans le bâtiment et comme distributeur de cette dernière à l'air intérieur et extérieure, nous proposons d'étudier en détails les couches qui composent ces parois

Tableau V. 6 Composition de la paroi extérieure échantillon 03 N°321 cité 19juin

| Couche | Epaisseur (m) |
|--------------------------------|------------------------|
| Revêtement extérieur en ciment | 0.01 |
| Brique creuse | 0.15 |
| Lame d'air | 0.05 |
| Brique creuse | 0.10 |
| Revêtement intérieur en plâtre | 0.02 |
| Epaisseur totale | 0.38 |
| Coefficient U de la paroi | 0.33W/m ² K |

Les planchers

Les planchers hourdis ont un rôle très important dans la structure. Ils supportent les charges verticales puis les transmettent aux éléments porteurs et aussi ils isolent les différents étages du point de vue thermique et acoustique.

La structure étudiée comporte des planchers hourdis (corps creux). Ce type de plancher est constitué par des éléments porteurs (poutrelle), et par des éléments de remplissage d'hourdis 16cm avec une dalle de compression de 4cm d'épaisseur.

Les ouvertures : La fenêtre contribue dans le bilan énergétique, elle dépend de nombreux facteurs, tels que le climat local, l'orientation, le cadre, la surface relative, la performance des occultations nocturnes et solaires. Dans ce cas, les dimensions de la fenêtre, **2m*1.2m avec un cadre en bois et vitrage simple.**

V.3.3. Echantillon N°03 : habitat individuel (R+2) cité 19 juin extension 2 ville n°46
Guelma, Algérie

-système constructif : poteaux poutre en béton armée

Le cas d'étude est une habitations individuelle R+2 les parois porteuses sont le plus souvent réalisées en maçonneries traditionnelles de petits éléments assemblés sur le chantier à joints de mortier. Les produits utilisés sont : les briques creuses en terre cuite

Compositions des parois

L'habitation est construite en double parois 0.3m pour l'enveloppe extérieur du bâtiment est en simple parois 0.1cm a l'intérieurs

L'enveloppe du bâtiment joue un rôle de séparation thermique entre l'ambiance intérieure et extérieure, elle intervient comme stockage de la chaleur dans le bâtiment et comme distributeur de cette dernière à l'air intérieur et extérieure, nous proposons d'étudier en détails les couches qui composent ces parois

Tableau V. 7 Composition de la paroi extérieure échantillon 02 N°104 cité 19juin

| Couche | Epaisseur (m) |
|--------------------------------|------------------------|
| Revêtement extérieur en ciment | 0.01 |
| Brique creuse | 0.15 |
| Lame d'air | 0.05 |
| Brique creuse | 0.10 |
| Revêtement intérieur en plâtre | 0.02 |
| Epaisseur totale | 0.38 |
| Coefficient U de la paroi | 0.33W/m ² K |

Les planchers

Les planchers hourdis ont un rôle très important dans la structure. Ils supportent les charges verticales puis les transmettent aux éléments porteurs et aussi ils isolent les différents étages du point de vue thermique et acoustique.

La structure étudiée comporte des planchers hourdis (corps creux). Ce type de plancher est constitué par des éléments porteurs (poutrelle), et par des éléments de remplissage d'hourdis 16cm avec une dalle de compression de 4cm d'épaisseur.

Les ouvertures : La fenêtre contribue dans le bilan énergétique, elle dépend de nombreux facteurs, tels que le climat local, l'orientation, le cadre, la surface relative, la performance des occultations nocturnes et solaires. Dans ce cas, les dimensions de la fenêtre, 1.4m*1.2m en

aluminium et vitrage simple.

V.4.METHODOLOGIE ET INVESTIGATION

La corrélation entre l'étude de Givoni qui détermine de larges zones de sous chauffe et de surchauffe, et l'approche par mesure insitu à l'intérieur de l'habitation : température, humidité relative, vitesse de l'air, révèlent des températures intérieures au-delà des plages de confort ce qui cause des situations de stress aux habitants.

L'investigation s'est déroulée lors de la période de sous chauffe sur trois jours successifs le 25/26/27 février 2020, et lors de la période de sur chauffe sur trois jours successifs le 20/21/22 aout 2020, a fin de relevé la température, l'humidité relative, et la vitesse de l'air dans le but de déterminer les besoins en chauffage et en climatisation au sein de l'habitation.

Les résultats de la campagne de mesure menées seront confrontés au logiciel TRNSYS afin de proposer des scenarios de correction bioclimatique pour assurer l'efficience énergétique.

V.4.1. Le Logiciel TRNSYS

Afin d'analyser avec précision les performances d'un bâtiment comme pour une nouvelle conception ou en cours de rénovation, l'utilisation d'un logiciel de simulation énergétique du bâtiment a été un outil clé. Il existe de nombreux logiciels de simulation de l'énergie qui ont été développés et utilisés par les chercheurs et le concepteur en fonction de l'état du bâtiment ou du paramètre qu'ils souhaitent connaître et du but de leur application (Mazzeo, et al., 2020). Le test de performance de simulation énergétique du bâtiment (BESTEST) est une méthode qui permet d'identifier si un logiciel de simulation énergétique est assez bon. Pour obtenir cette méthode BESTEST, ils utilisent un programme de référence tel que Energy Plus, TRNSYS, BLAST, DOE2., ect. Pour obtenir un résultat de différents paramètres d'énergie avec appliquer sur différents cas de bâtiment (Neymark, et al., 2002). Aujourd'hui, tous les logiciels qui ont été comparés pour faire le BESTEST, tels que Energy plus, Trnsys,... sont les logiciels énergétiques populaires qui ont été utilisés pour analyser les performances des bâtiments par de nombreux chercheurs et concepteurs.

Transient System Simulation, principalement connu sous le nom de Trnsys, est « un environnement logiciel graphique extrêmement flexible utilisé pour simuler le comportement des 30 systèmes transitoires ». Le logiciel TRNSYS est un logiciel conçu et développé par l'Université du Wisconsin à partir de la fin des années 1970. Il est majoritairement utilisé pour

faire la simulation qui se concentre sur l'évaluation des performances du système d'énergie thermique et électrique.

En plus, il peut également être utilisé pour modéliser d'autres systèmes dynamiques tels que les flux de trafic ou les processus biologiques (Trnsys, 2020).

Ce logiciel a été largement utilisé par les chercheurs, designers, étudiants, architectes, ingénieurs, consultants... Il a été utilisé activement dans des applications telles que :

- Modélisation centrale des installations
- Simulation de bâtiment (y compris modélisation énergétique LEED)
- Processus solaires thermiques
- Transfert de chaleur couplé au sol
- Applications solaires à haute température
- Systèmes de pompe à chaleur géothermique
- Modélisation thermique / flux d'air multizone couplée
- Optimisation
- Recherche sur le système énergétique
- Évaluation des technologies émergentes
- Centrales électriques (biomasse, cogénération)
- Systèmes de piles à combustible à hydrogène
- Systèmes éoliens et photovoltaïques
- Calibration des données et simulation

Il nous semble que TRNSYS peut être considéré comme le plus adéquat dans la modélisation d'un bâtiment qui a accès et influence de la direction du rayonnement solaire à travers la fenêtre dans le bâtiment car il prend en compte les propriétés optiques variables avec l'angle d'incidence (Mazzeo, et al., 2020).

V.4.2. Technique de déroulement des mesures

V.4.2.1. Échantillon n°1 : lotissement 309 n°289 Guelma

Les plans de l'échenillions n°1 sont dans les figures suivantes

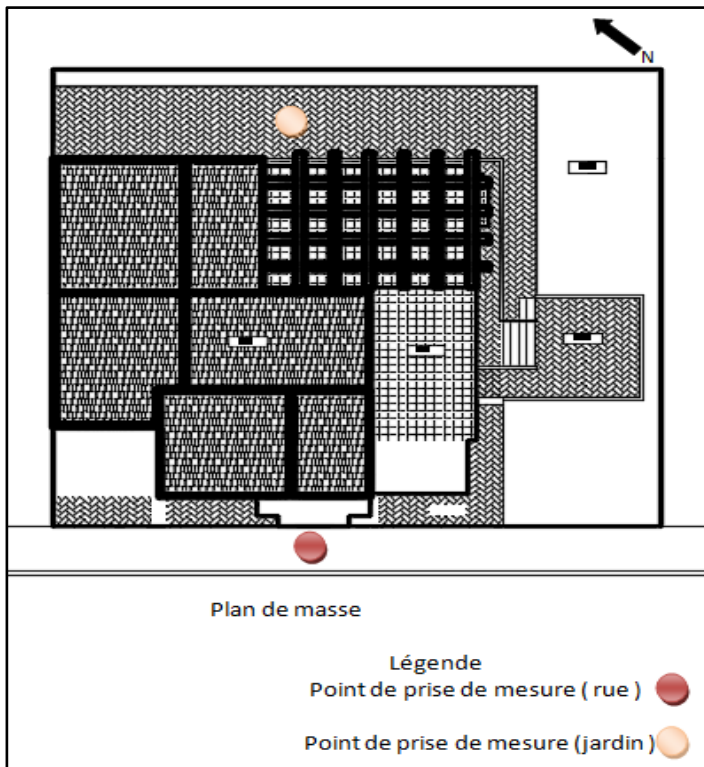


Fig.V. 4 Plan de masse (source: auteur)

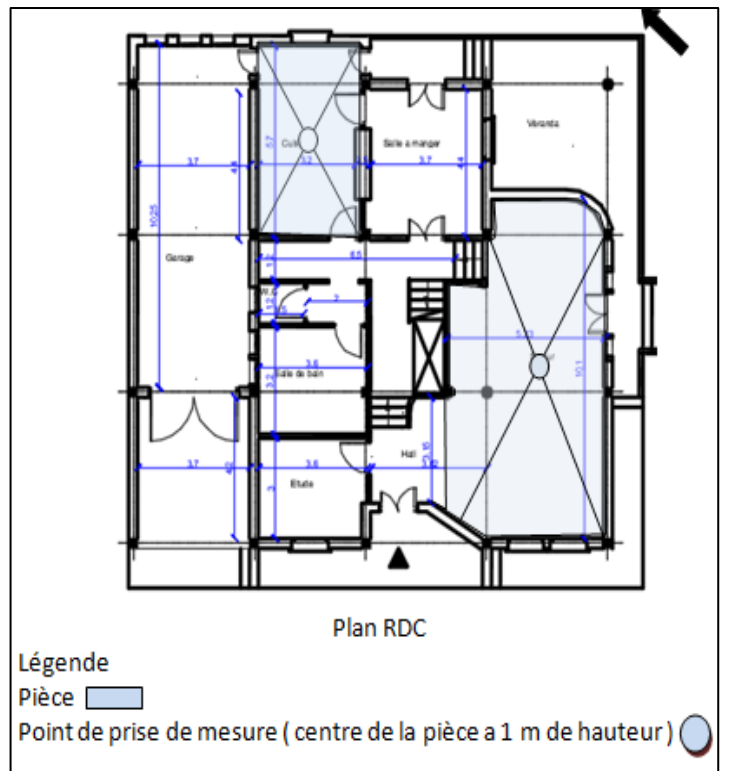


Fig.V. 3 plan RDC ech 01 (source : auteur)

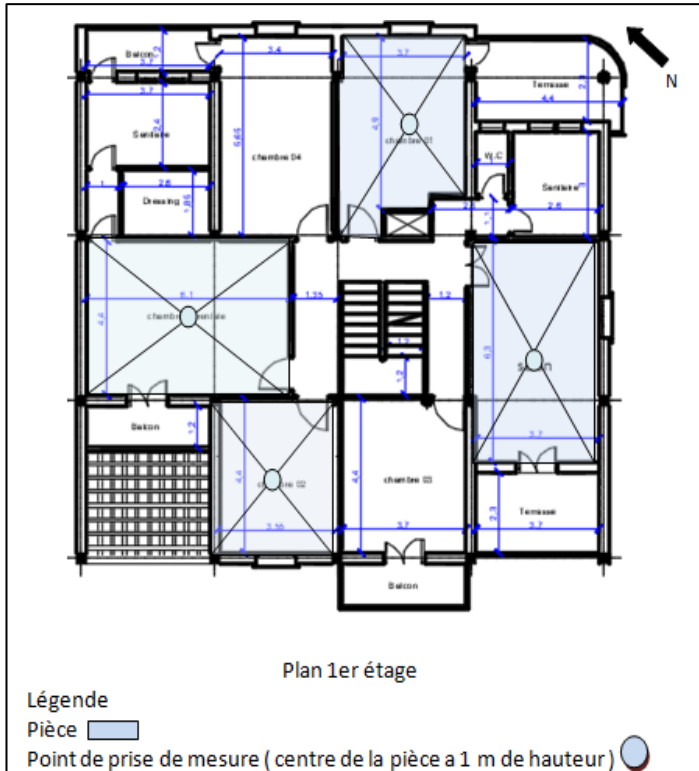


Fig.V. 6 plan 1er étage ech 01 (source : auteur)

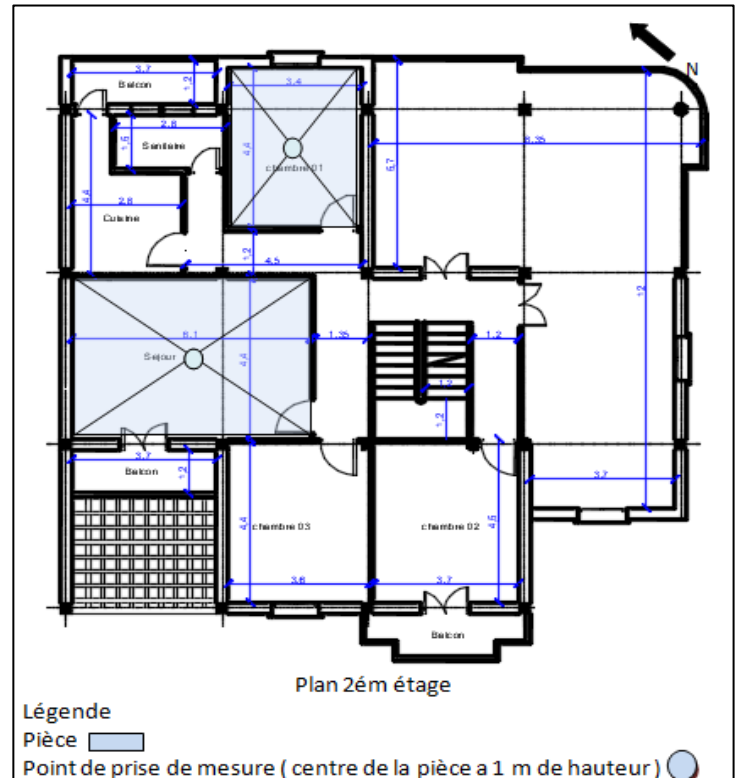


Fig.V. 5 plan 2em étage ech 01 (source : auteur)

-Cas du Rez de chaussée

L'habitation 289 abrite un seul ménage de six personnes, la famille utilise les différents espaces de façon différée, le rez de chaussé est le plus souvent utilisé lors de la période diurne, il comporte un séjour, une cuisine, des sanitaires, une chambre d'amis, et un garage.

-Cas du 1er étage

Cet étage comporte les chambres des membres de la famille, ainsi qu'un salon, auquel vient s'ajouter des sanitaires, c'est l'étage qui comprend les espaces de vie, d'où l'occupation diurne et nocturne de ce dernier.

-Cas du 2em étage

Le 2^{em} étage se compose d'une terrasse accessible utilisé pour étendre le linge, ainsi que de plusieurs pièces de vie désertées par les habitants à cause des températures trop élevées en période de surchauffe.

L'aération est assurée par l'ouverture des fenêtres de 9h à 10h et de 15h à 16h en saison de sous chauffe pour minimiser les déperditions thermiques, tandis qu'en saison de surchauffe l'ouverture des fenêtres se fait de 8h à 10h, et de 18h à 20h afin d'assurer le rafraichissement de l'air.

-Scenario spécifique pour la pièce testé

Une campagne de mesure primaire a été faite pour déterminer la pièce la plus critique qui révèle que la Chambre 2 au deuxième étage affiche une température moyenne de 16.37 °C en période de sous chauffe, et une température moyenne de 30 °C en période de surchauffe.

La pièce testée orientée au Nord/est de forme rectangulaire 4/3.5/3.06 m, elle se compose de deux murs extérieurs munis d'une fenêtre de 1.5/1.2 m, et d'un mur intérieur donnant sur les sanitaires, et sur la terrasse, au-dessus se trouve un comble aménagé en dessous on retrouve une chambre. Comme l'indique le tableau V.8

Tableau V. 8 Caractéristiques de pièce étudiée ech 01

| | |
|-----------------------|------------------------------------|
| Pièce | Chambre 2 |
| Niveau | 2 ^{ème} étage |
| Orientation | Nord/est |
| Dimension | 4/3.5/3.06 m |
| Caractéristiques | |
| Au-dessus/ en dessous | Terrasse/chambre |
| Mitoyenneté | Terrasse / sdb |
| Parois | 2 murs extérieur/ 2 murs intérieur |
| | 1 fenêtre 1.5/1.2 m |

-Analyse de la façade sud-ouest

La façade constitue l'enveloppe verticale du bâtiment, elle est l'éléments qui se dresse aux aléas du climat. C'est aux travers de ses parois opaques, et de ses ouvertures que se produisent les échanges thermiques. C'est pourquoi elle définit les conditions thermiques intérieurs des habitations.

Dans le but de mieux cerner les cas d'études on a procédé à une analyse des façades des trois échantillons.

La façade de l'échantillon n°01 est composée de deux éléments qui sont les parois opaques représenté par les murs, et les ouvertures. C'est une façade caractérisée par une harmonie grâce à la répétition de deux modules, tandis que l'un est utilisé pour les fenêtres et les ouvertures de la clôture, par sa répétition trois fois à chaque ouvertures vitrées ou vides, le deuxième est d'une plus grande échelle pour définir les décrochements de la construction, il est employé par le concepteur pour créer la forme de l'habitation. Grâce à ces modules la lecture de la façade devient facile. Voir Fig.V.7.

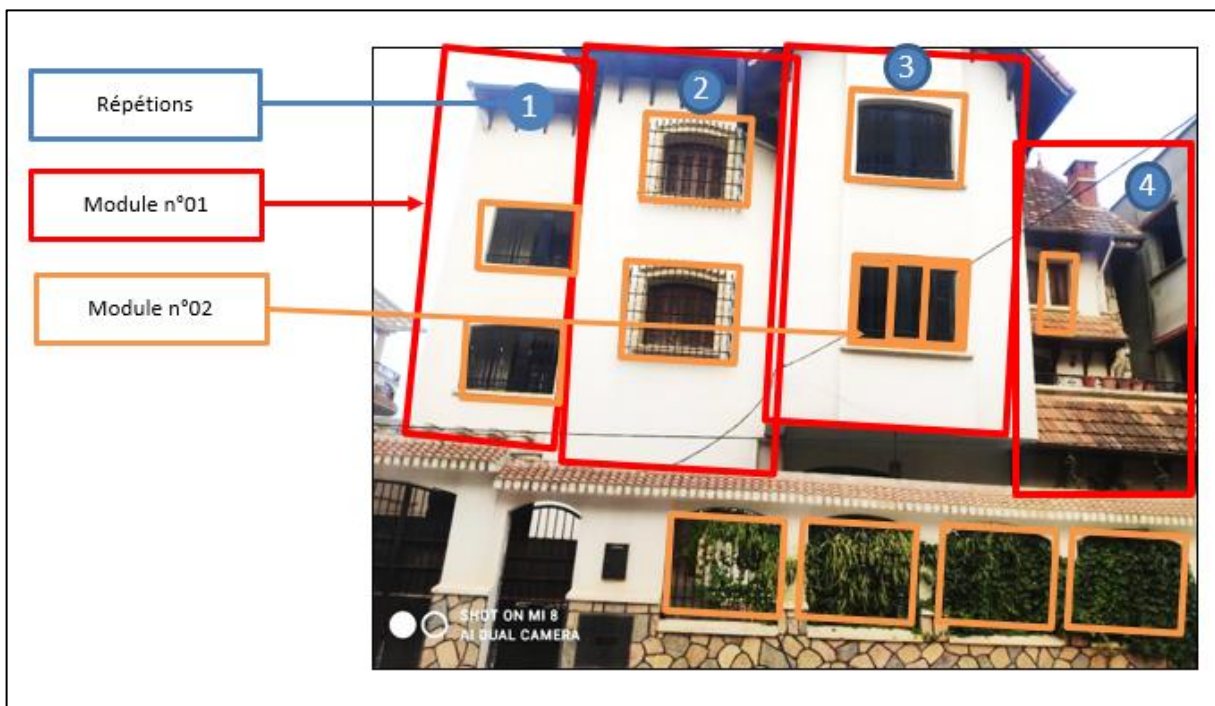


Fig.V. 7 Etude de la façade sud- ouest ech 01 (source : auteur 2022)

V.4.2.2. Echantillon n°2 : Villa n° 321 19 juin 2 Guelma

Cas du Rez de chaussée

L'habitation 321 regroupe un seul ménage de six personnes, la famille utilise les différents espaces de façon différée, le rez de chaussé comporte un bureau d'étude d'architecture un séjour et garage, c'est pourquoi la famille ne l'utilise que rarement lors de la période diurne.

Cas du 1er étage

Le premier étage se comporte l'ensemble des pièces de vie, d'où l'utilisation dans les deux périodes diurne et nocturne, l'aération est assurée par l'ouverture des fenêtres de 10h à 11h et de 16h à 17h en saison de sous chauffe pour minimiser les déperditions thermiques, tandis qu'en saison de surchauffe l'ouverture des fenêtres se fait de 10h à 11h, et de 18h à 22h afin d'assurer le rafraichissement de l'air.

Cas du 2em étage

Le 2^{em} étage demeure inachevé il se compose d'une partie couverte, et d'une terrasse accessible.

Scénario spécifique pour la pièce testé

Une campagne de mesure primaire a été faites pour déterminer la pièce la plus critique qui révèlent que le séjour au rez de chaussé révèlent des températures en dehors de la zone de confort. La pièce testée est orientée au Nord/Ouest. Elle est de forme rectangulaire 4/3.7/3.06 m, elle se composant de de deux murs extérieurs muni d'une fenêtre de 1.5/1.2 m, et d'une porte de 1.2/2.2 donnant vers le jardin, une autre porte qui dessert le séjour vers le Hal d'entrée, et de d'un mur intérieur donnant sur le bureau, au-dessus se trouve le salon. Comme l'indique le tableau V.9

Tableau V. 9 caractéristique pièce choisi ech 02 (source : auteur)

| | |
|------------------|------------------------------------|
| Pièce | Séjour |
| Niveau | RDC |
| Orientation | Nord/ouest |
| Dimension | 4/3.7/3.06 m |
| Caractéristiques | |
| Au-dessus | Salon |
| En dessous | / |
| Mitoyenneté | Extérieur/bureau/ jardin |
| Parois | 2 parois extérieurs / 2 intérieurs |

Les plans de l'échenillon n°02 sont dans les figures Fig.V 7,8, et 9.

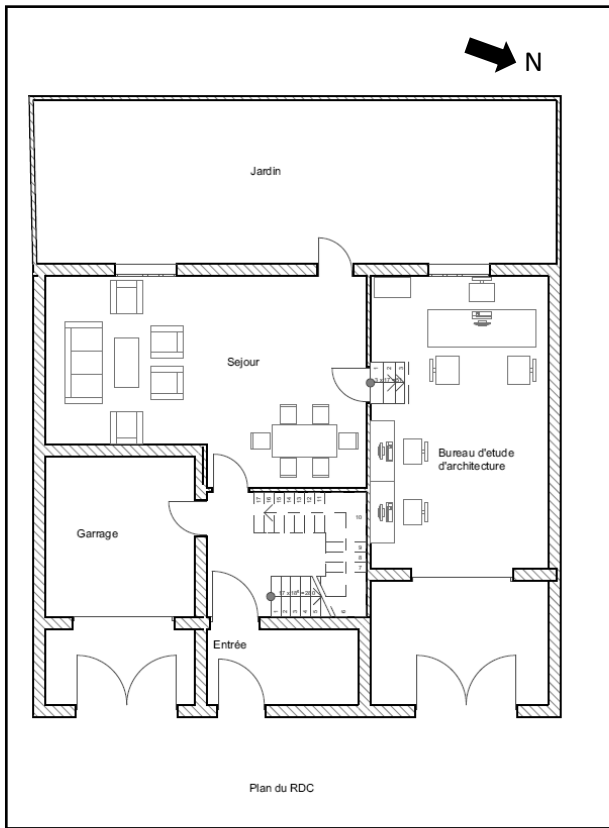


Fig.V. 10 plan RDC ech 02 (source : auteur)

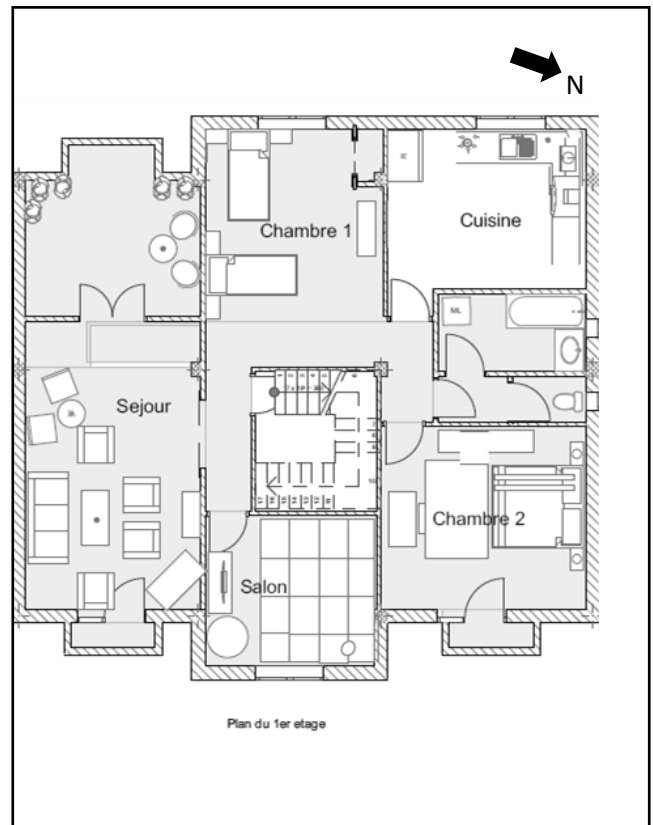


Fig.V. 8 plan 1er étage ech 02 (source : auteur)

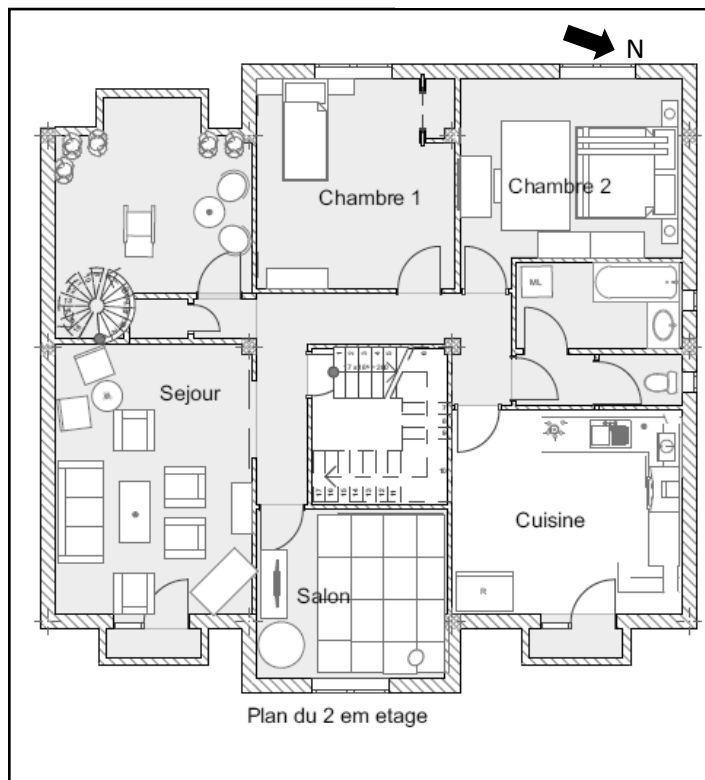


Fig.V. 11 plan 2em étage ech 02 (source : auteur)

-Analyse de la façade sud-ouest

La façade de l'échantillon n°02 est composée de deux éléments qui sont les parois opaques représenté par les murs, et les ouvertures. C'est une façade caractérisée par une harmonie grâce à la répétition de quatre modules, le premier est d'une plus grande échelle pour définir les décrochements de la construction, il est employé par le concepteur pour créer la forme de l'habitation, le deuxième est reproduit quatre fois pour les fenêtres, le troisième est utilisé pour les portes balcons, le quatrième est utilisé pour les balcons et portes. Voir Fig.V.10

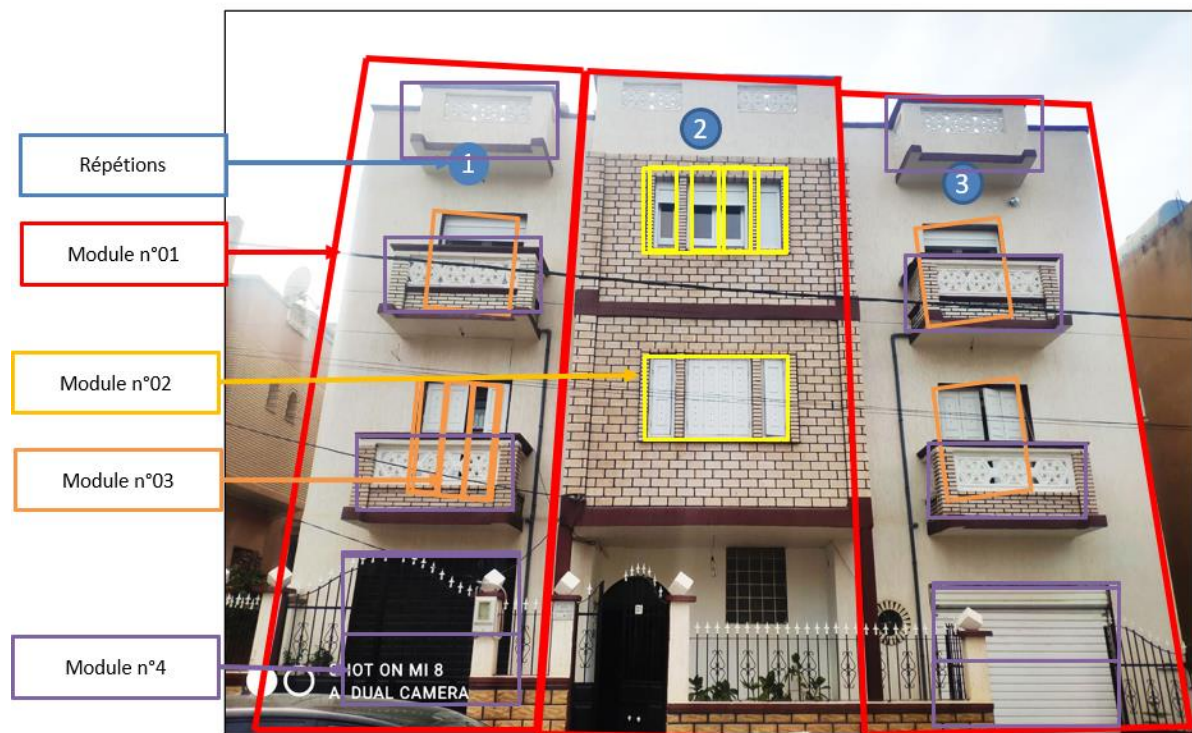


Fig.V. 12 Etude de la façade ech 02 (source : auteur 2022)

V.4.2.3. Echantillon n°3 : Villa n° 104 19 juin 2 Guelma

-Cas du Rez de chaussé

L'habitation 104 regroupe deux ménages de trois et de quatre personnes, la famille utilise les différents espaces de façon différée, le rez de chaussé demeure inoccupé car c'était une école privée qui a fermé ses portes.

-Cas du 1er étage

Le premier ménage de trois personnes réside au premier étage d'où l'occupation de l'étage dans les deux périodes diurne et nocturne, l'aération est assurée par l'ouverture des fenêtres de 9h à 10h et de 15h à 16h en saison de sous chauffe pour minimiser les déperditions thermiques,

tandis qu'en saison de surchauffe l'ouverture des fenêtres se fait de 8h à 10h, et de 18h à 20h afin d'assurer le rafraichissement de l'air.

-Cas du 2em étage

Le deuxième ménage de quatre personnes réside au 2em étage qui se présente sous la forme d'appartement indépendant, la cuisine est utilisée lors des repas, les chambres durant la période nocturne et le séjour lors de la période diurne et nocturne.

L'aération est assurée par l'ouverture des fenêtres de 9h à 10h et de 15h à 16h en saison de sous chauffe pour minimiser les déperditions thermiques, tandis qu'en saison de surchauffe l'ouverture des fenêtres se fait de 8h à 10h, et de 18h à 20h afin d'assurer le rafraichissement de l'air.

A savoir que le relevé des température extérieurs révèlent une température moyenne de 12.4c° le 27/2/2020 en période de sous chauffe, et une température moyenne de 32.5 c° en période de surchauffe le 21/08/2020.

-Scenario spécifique pour la pièce testé

Une campagne de mesure primaire a été faites pour déterminer la pièce la plus critique qui révèlent que la Chambre 2 au deuxième étage affiche une température moyenne de 16.37 c° en période de sous chauffe, et une température moyenne de 30 c° en période de surchauffe.

La pièce testée orienté au Nord/Est, elle est de forme rectangulaire 4/3.4/3.06 m, se composant de d'un mur extérieurs muni d'une fenêtre de 1.5/1.2 m, et de deux murs intérieurs donnant sur le séjour et la chambre parentale, au-dessus se trouve une terrasse accessible en dessous on retrouve une chambre. Comme l'indique le tableau.V.10

Tableau V. 10 caractéristique pièce choisi ech 03 (source : auteur)

| Pièce | Chambre |
|------------------|------------------------------------|
| Niveau | 2ème étage |
| Orientation | Nord /est |
| Dimension | 4/3.4/3.06 m |
| Caractéristiques | |
| Au-dessus | Terrasse |
| En dessous | Chambre |
| Mitoyenneté | Chambre/ chambre |
| Parois | 1 mur extérieur/ 3 murs intérieurs |

| | |
|--|---------------------|
| | 1 fenêtre 1.5/1.2 m |
|--|---------------------|

Les plans de l'échenillions n°02 sont dans les figures suivantes.

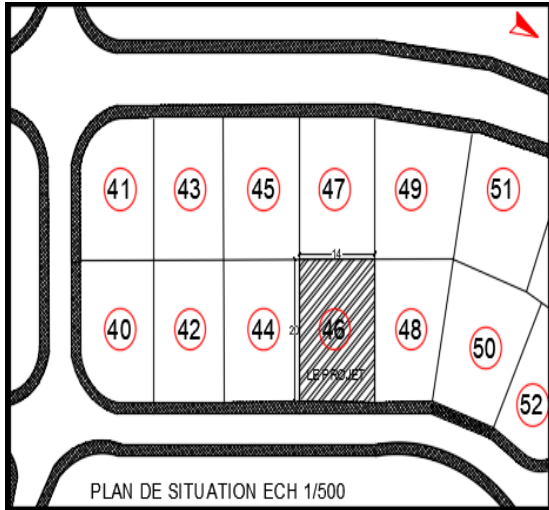


Fig.V. 15 plan de situation ech 03 (source: propriétaire)

Fig.V. 13

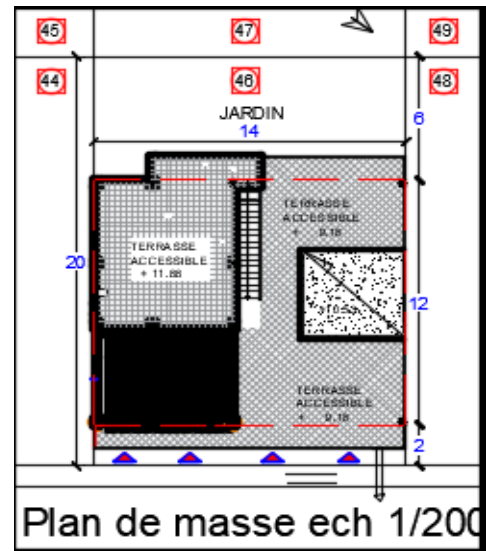


Fig.V. 13 plan de masse ech 03 (source: propriétaire)

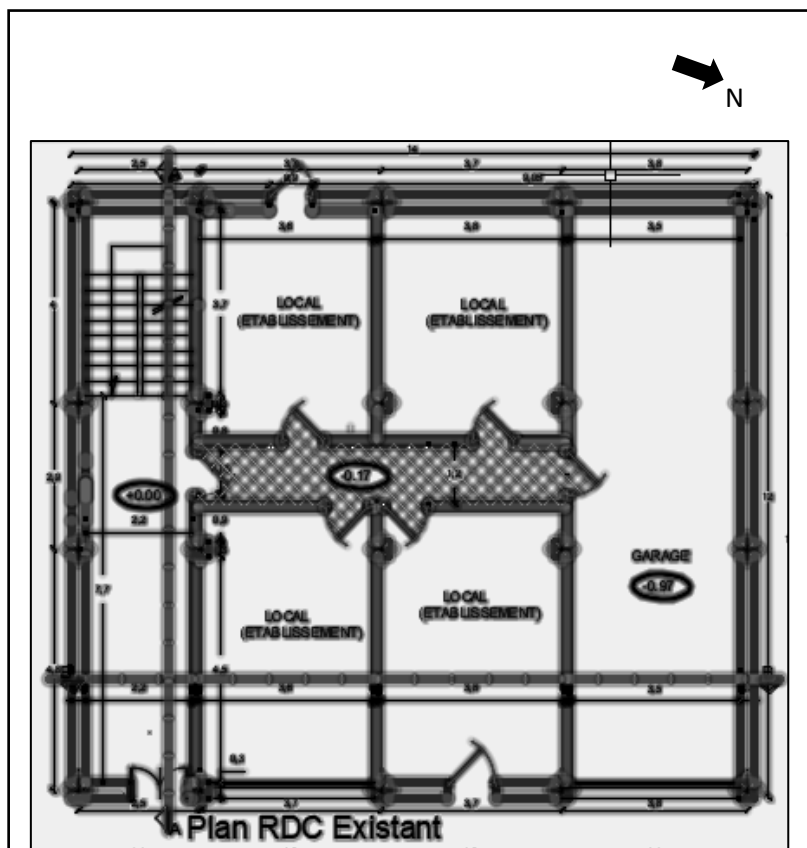


Fig.V. 14 plan RDC ech 03 (source: propriétaire)

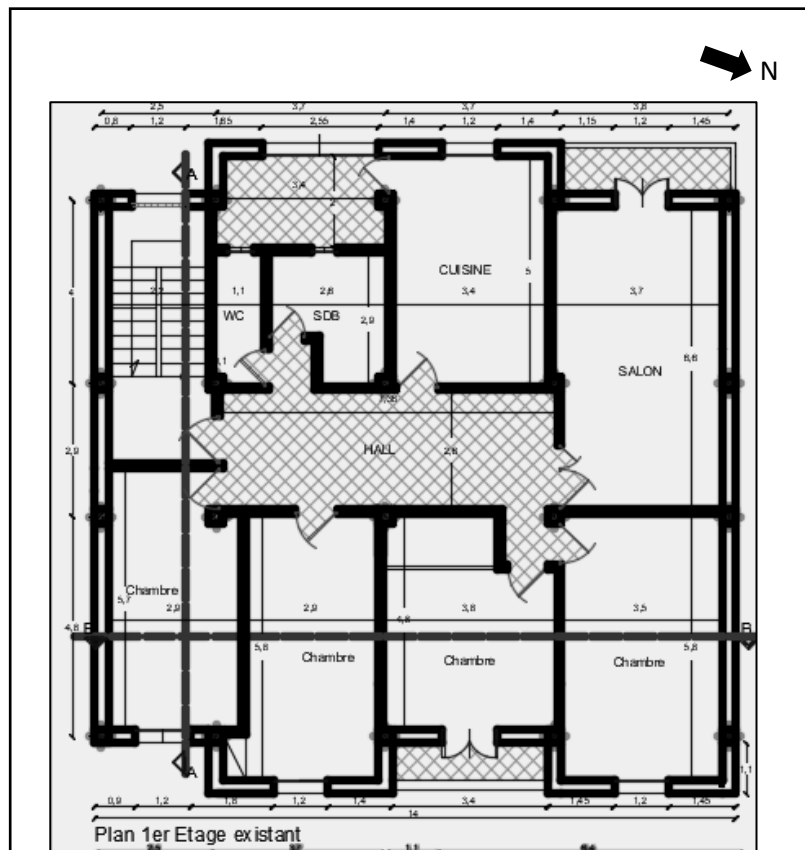


Fig.V. 16 plan 1er étage ech 03 (source: propriétaire)

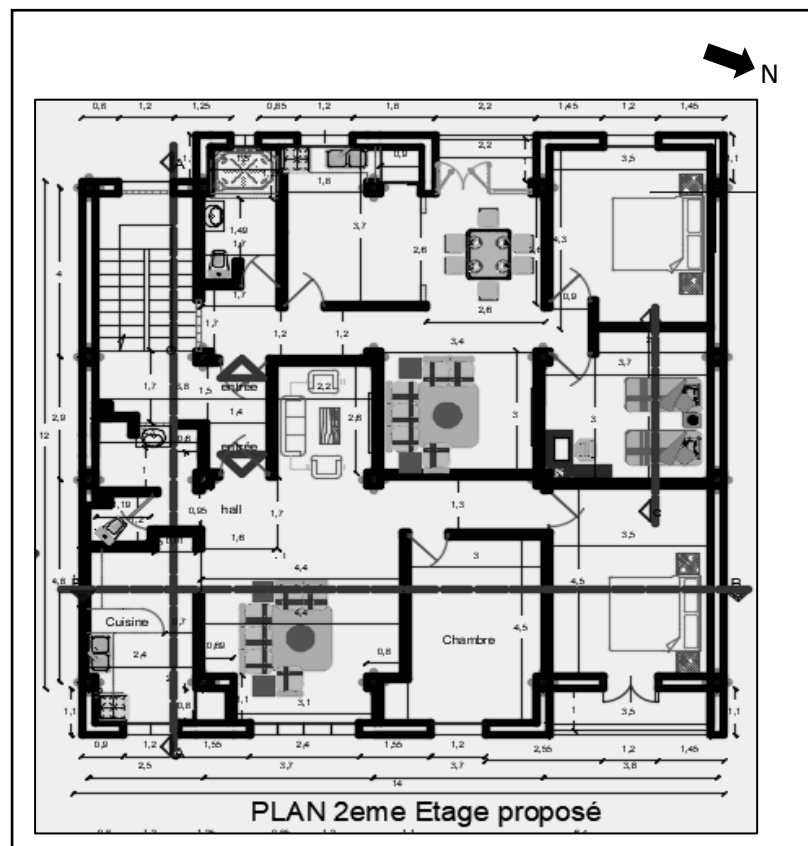


Fig.V. 17 plan 2ém étage ech 03 (source: propriétaire)

- **Analyse de la façade sud- est**
- La façade de l'échantillon n°03 est composée de deux éléments qui sont les parois opaques représenté par les murs, et les ouvertures. C'est une façade caractérisée par la perturbation de l'harmonie architectural, suite à la construction d'un nouvel étage qui est le 2^{em} étage dans le souci d'ajouter deux autres ménages à celui qui est déjà existant. On note la présence de la répétition dans la façade par un premier module qui détermine la forme du bâtiment, le second module est réserver aux fenêtres parfois constitué d'un seul module, et parfois de deux, le troisième est réservé aux balcons. Voir Fig.V.16, 17.



Fig.V. 19 façade sud – est ech 03 (source: propriétaire, réadapter par : auteur)



Fig.V. 18 façade principale ech 03 (source: auteur 2022)

V.5. Matériel utilisé

Le relevait des températures et de l'humidité sont faite par un Thermo-Hygromètres portables étanches HANNA 9564.figure4.

Le modèles HI 9564 thermo-hygromètres portatifs conçus pour procurer une excellente performance en milieux agressifs et dans les endroits mal éclairés.

Il mesure de l'humidité relative, et la température, il comporte une sonde avec mémorisation des données d'étalonnage, ainsi qu'un boîtier robuste, parfait pour les mesures sur site Fonction HOLD pour figer une valeur à l'écran Excellent rapport qualité/prix Très simple d'utilisation. Il est parfaitement adapté aux mesures de terrain. Les caractéristiques de l'appareil sont dans le Tableau.V5



Fig.V. 20 Thermo-Hygromètre HANNA 9564

Tableau V. 11 caractéristique du Thermo-Hygromètre HANNA 9564 (source <https://docs.rs-online.com/6603/0900766b8074b624.pdf>)

| | | |
|---------------------|---|-----------------------|
| Références | | HI 9564 |
| Gamme | HR | 20.0 a 95.0% |
| | T° | 0.0 a 60.0 C° |
| Résolution | HR | 0.1% |
| | T° | 0.1 C° |
| Exactitude | HR | ±3% (de 50 a 85% HR) |
| | T° | ± 0.5 C° |
| Sonde incluse | HI 70602 avec capteur de T° intégré et câble 1m | |
| Pile/durée de vie | 1×9V/ environ 250 h d'utilisation continue Auto extinction après 20 min de non-utilisation | |
| Dimension/ poids | 164×76×45 mm/340 g | |

La vitesse de l'air était mesuré par un thermo-anémomètre trotec BA16 .figure5.doté d'une hélice doté d'un col de cygne facilitant les mesures au niveau des systèmes de climatisation et

de ventilation. Cet anémomètre permet de mesurer la vitesse du vent, le débit d'air, la température ambiante et le débit volumétrique.

Le BA16 est immédiatement opérationnel. Les résultats s'affichent lisiblement sur l'écran rétroéclairé. Au besoin, il est possible de geler l'écran sur la valeur en cours d'affichage et d'afficher les valeurs min./max. relevées. Les caractéristiques de l'appareil sont dans le Tableau.V.7,8



Fig.V. 21 thermo-anémomètre a hélice BA16 Trotec

Tableau V. 12 caractéristiques thermo-anémomètre trotec BA16(source <https://fr.trotec.com/shop/anemometre-a-helice-ba16.html#t060821df63ecaa>)

| Vitesse de débit d'air [m/s] | |
|---|-----------------|
| Plage de mesure min. [m/s] | 1 |
| Plage de mesure max. [m/s] | 30 |
| Précision [%] | 3 |
| Précision ± [m/s] | 0,2 |
| Résolution [m/s] | 0,01 |
| Principe de mesure | Pale |
| Débit d'air [m ³ /min] | |
| Plage de mesure min. [m ³ /min] | 0 |
| Plage de mesure max. [m ³ /min] | 999,9 |
| Température ambiante [°C] | |
| Plage de mesure min. [°C] | -10 |
| Plage de mesure max. [°C] | 60 |
| Précision ± [°C] | 1,5 |
| Genauigkeit - Temperatur (zusammengesetzt) | ±1.5 °C / ±3 °F |
| Résolution [°C] | 0,1 |
| | |

Tableau V. 13 caractéristiques thermo-anémomètre trotec BA16(source <https://fr.trotec.com/shop/anemometre-a-helice-ba16.html#t060821df63ecaa>)

| | |
|--|------|
| Conditions ambiantes | |
| Fonctionnement - température min. [°C] | 0 |
| Fonctionnement - température max. [°C] | 50 |
| Dimensions | |
| Longueur (sans emballage) [mm] | 165 |
| Largeur (sans emballage) [mm] | 32 |
| Hauteur (sans emballage) [mm] | 54 |
| Poids | |
| (sans emballage) [kg] | 0,27 |

V.6.Déroulement de la campagne de mesure

Pendant le déroulement de la campagne des mesures plusieurs espace ont étaient pris en considération (voir annexe V) mais seul le scénario le plus critique de chaque échantillon a étaient confronter à la simulation. (ANNEX V)

V.6.1. Echantillon N°01 : Lotissement 309 n°289

-Période de sous chauffe

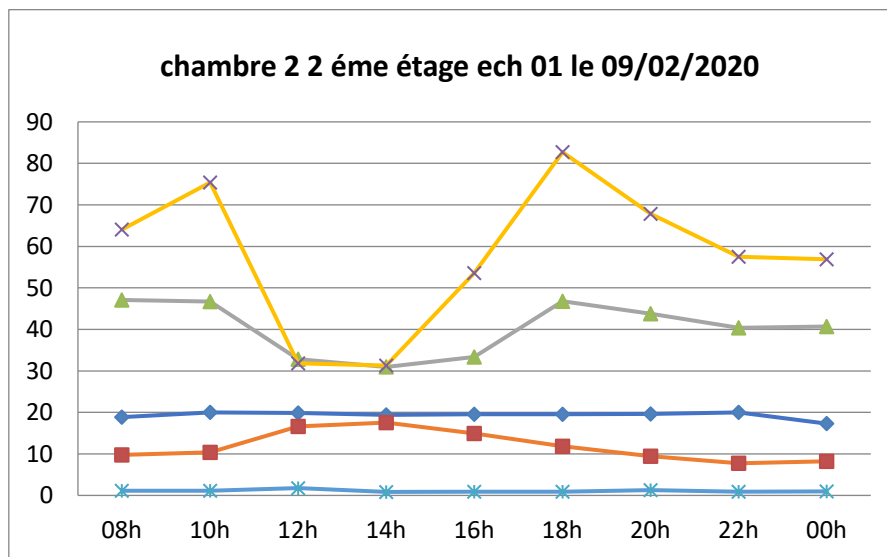


Fig.V. 22 résultats campagne période de sous chauffe ech 1 N°01 le 09/02/2020: Lotissement 309 n°289 (source: auteur)

-Période de sur chauffe

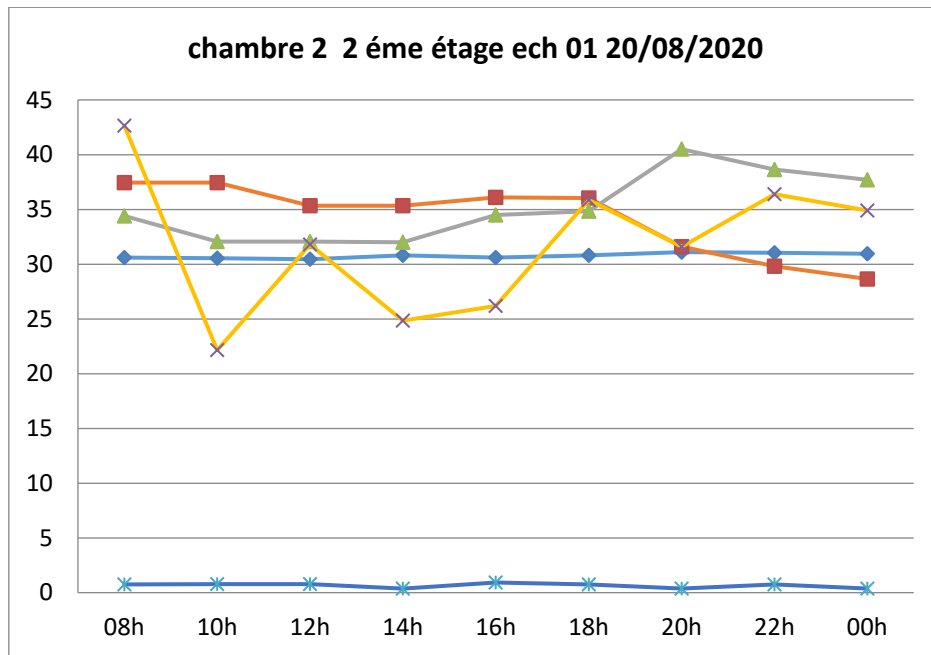


Fig.V. 23 résultats campagne période de surchauffe ech N°01 le 20/08/2020: Lotissement 309 n°289 (source: auteur)

V.6.2. Echantillon N°02 : cité19 juin n°321

-Période de sous chauffe

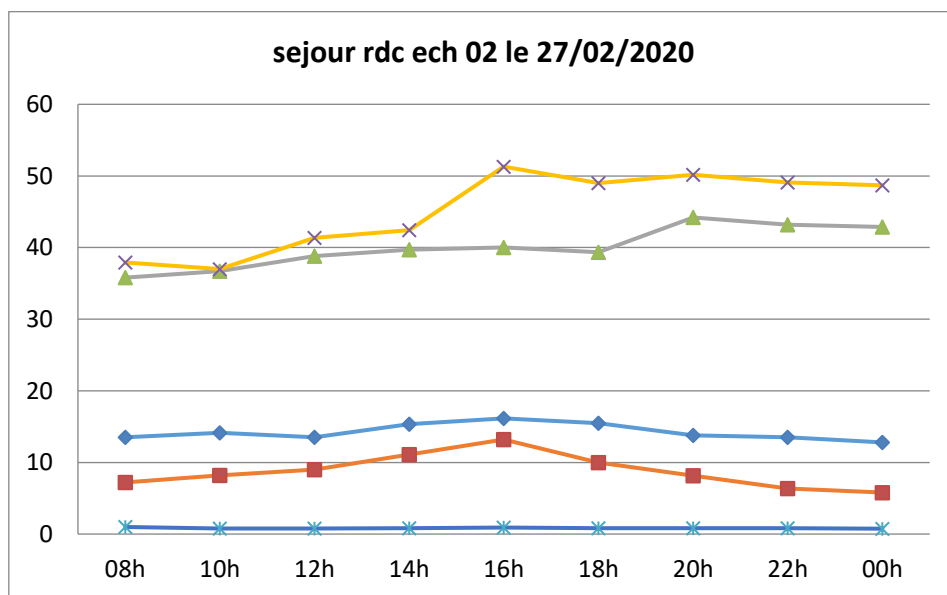


Fig.V. 24 résultats campagne période de sous chauffe ech N°02 le 27/02/2020 (source: auteur)

-Période de sur chauffe

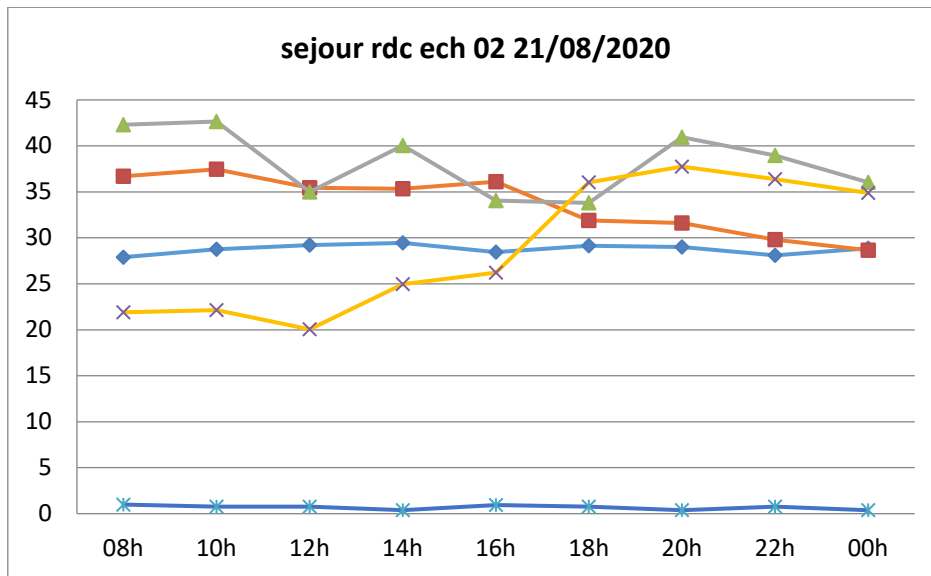


Fig.V. 25 résultats campagne période de surchauffe ech N° 03 le 21/08/2020 (source: auteur)

V.6.3. Echantillon N°03 : cité19 juin 2 n°46

-Période de sous chauffe

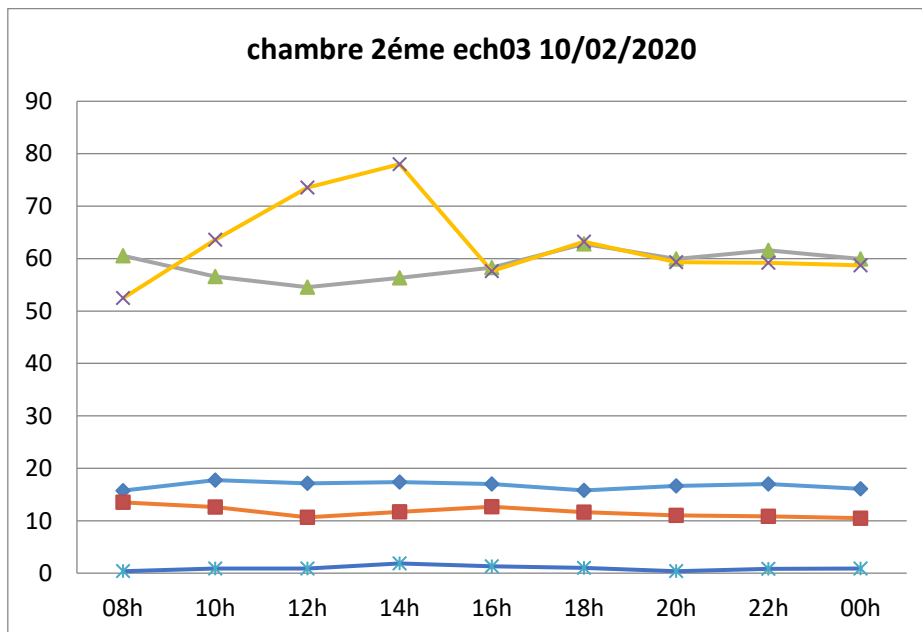


Fig.V. 26 résultats campagne période de sous chauffe ech N° 03 le 10/02/2020 (source: auteur)

-Période de sur chauffe

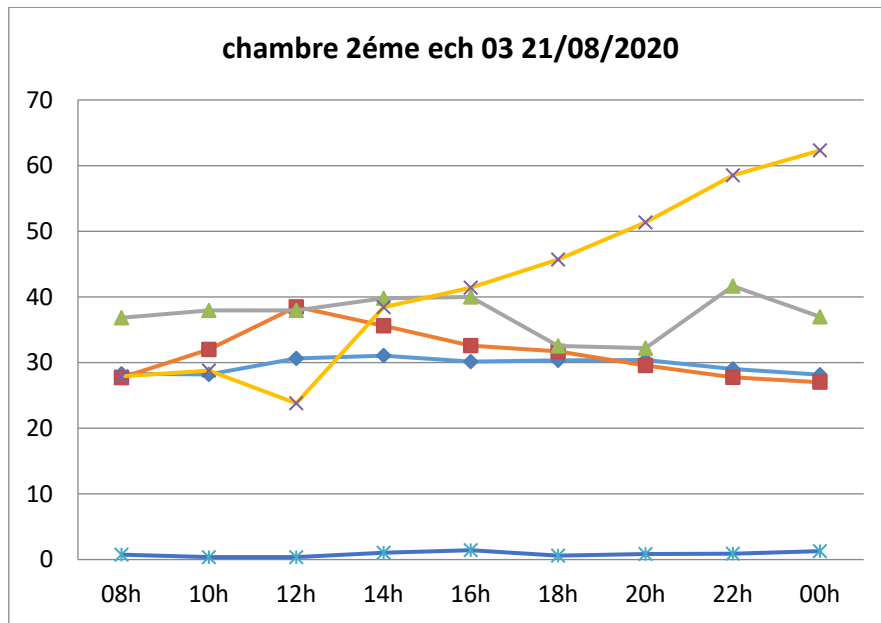


Fig.V. 27 résultats campagne période de surchauffe ech N° 03 le 21/08/2020 (source: auteur)

Conclusion

Face au condition climatique de la ville de Guelma le micro climat habitations à l'intérieur des habitations se révèle insatisfaisant vis-à-vis des zone de confort thermique déterminé par Givoni 1978, a cela vient s'ajouter les résultats de la simulation qui révèlent de fort besoins en chauffage et en climatisation combiné a une forte consommation énergétique, c'est pourquoi il est nécessaire d'apporter des correction thermique a l'enveloppe du bâtiment suivant des stratégies bien définies dans le but de d'assurer l'efficience énergétique.

CHAPITRE VI
INTERPRETATION DES RESULTATS ET
SIMULATION

*

Introduction

L'évaluation et l'interprétation des résultats de l'investigation sur l'impact de l'enveloppe du bâtiment, déjà évoqué au chapitre précédent, se composera de trois phases : la simulation du scénario existant, la confrontation entre les résultats obtenus par appareils de mesure et logiciel, et la simulation des cas optimisés suite à l'application de scénarios d'optimisation de la performance de l'enveloppe.

VI.1. Interprétation des résultats obtenus par mesure insitu

Suite à la campagne de mesure mené sur les trois habitations choisis précédemment cité dans le chapitre V les résultats se présente comme suit sur deux périodes de sous chauffe et de surchauffe durant l'année 2020.

VI.1.1. Interprétation des résultats obtenus par mesure insitu pour Echantillon N°01 : Lotissement 309 n°289

Les résultats obtenus dans le chapitre V suite à la campagne de mesure insitu révèlent les points suivants.

-période de sous chauffe

- La vitesse d'écoulement d'air est inférieure à 0 m/s et comprise dans la zone de confort 0.2m/s

- Les taux d'humidité relative moyenne intérieur sont compris dans les limites de la zone de confort défini par Givoni 1986, (H 20M%-80%) le taux minimum est de 32.8% à 12h pour une humidité moyenne extérieur de 31.8 %, et le taux maximum est de 47.1% à 08h et un taux d'humidité relative moyenne de 64.1 %.

- La température est toujours au-delà de la température de la zone de confort défini par Givoni 1986, ($T^{\circ} 20^{\circ}\text{C}/27^{\circ}\text{C}^{\circ}$) avec un minimum de température moyenne intérieure de 17.3°C à 00h pour une température moyenne extérieure de 8.2°C tandis que la température moyenne intérieur maximum est à 20 °C à 10h dans la limite de la zone de confort pour une température moyenne extérieure de 10.35°C.

-Période de surchauffe

- La vitesse d'écoulement d'air est inférieure à 0 m/s et comprise dans la zone de confort 0.2m/s

- Les taux d'humidité intérieur sont compris dans les limites de la zone de confort défini par Givoni 1986, (H 20M%-80%) le taux d'humidité relative moyenne intérieure minimum est de 32% à 14h pour un taux d'humidité relative moyenne extérieurs de 24.8%, et le taux maximum d'humidité relative moyenne intérieure est de 40.5% à 20h pour un taux d'humidité relative moyenne extérieur de 31.6%.

- La température est toujours au-delà de la température de la zone de confort défini par Givoni 1986, ($T^{\circ} 20^{\circ}\text{C}/27^{\circ}\text{C}^{\circ}$) avec une température moyenne intérieur minimum de 30.45°C à 12h ,pour une température moyenne extérieur est de 35.35 °c, tandis que la température moyenne intérieur maximum 31.1°C à 20h pour une température moyenne extérieure de 31.6°C.

• Pour améliorer les conditions thermiques les habitants ont recours aux climatiseurs dont l'utilisation varie selon l'activité anthropique. Tableau V.I.1

Tableau VI. 1 Utilisation des climatiseurs selon les habitants (source : auteur)

| ETAGE | PIECE | HORRAIRE USAGE | REMARQUE |
|--------------------------|----------------|---------------------------------|--|
| RDC | Cuisine | / | Le taux d'insatisfaits est a 100%,car tous les habitant atteste une situation d'inconfort et estime qu'il est impossible d'utiliser les espaces de vie sans les climatiseurs pour réguler la température 25°C au salon, 24°C a chambre 1,et 22°C a la chambre 2. |
| | Séjour | 16h-19h rare | |
| 1 ^{ER} ETAGE | Chambre 1/2 | 00h-12h 15h-17h Quotidien | |
| | | Chambre parentale | |
| | Salon | 13h-19h 22h-10h | |
| 2 ^{EM} ETAGE | Séjour | 22h-09h rare | |
| | chambre1 | / | |

VI.1.2. Interprétation des résultats obtenus par mesure insitu pour Echantillon N°02 : cité19 juin n°321

Les résultats obtenus dans le chapitre V suite à la campagne de mesure insitu révèlent les points suivants.

-Période de sous chauffe

• La vitesse d'écoulement d'air est inférieure à 0 m/s et comprise dans la zone de confort 0.2m/s

• Les taux d'humidité relative moyenne intérieur sont compris dans les limites de la zone de confort défini par Givoni 1986, (H 20M%-80%) le taux minimum est de 35.8% à 08h pour une humidité moyenne extérieur de 37.9 %, et le taux maximum est de. 43.2% à 22h et un taux d'humidité relative extérieur moyenne de. 49.1 %.

• La température n'est pas comprise dans la zone de confort défini par Givoni 1986, (T° 20°C/27°C) avec un minimum de température moyenne intérieure de 12.8°C à 00h pour une

température moyenne extérieure de 5.8 °c tandis que la température moyenne intérieur maximum est à 16.15 °C à 16h pour une température moyenne extérieure de 13.2°c.

-Période de surchauffe

- La vitesse d'écoulement d'air est inférieure à 0 m/s et comprise dans la zone de confort 0.2m/s
- Les taux d'humidité intérieure sont compris dans les limites de la zone de confort défini par Givoni 1986, (H 20M%-80%) le taux d'humidité relative moyenne intérieure minimum est de 33.8 % à 18h pour un taux d'humidité relative moyenne extérieure de 36.05%, et le taux maximum d'humidité relative moyenne intérieure est de 42.65% à 10h pour un taux d'humidité relative moyenne extérieure de 22.15%.
- La température est toujours au-delà de la température de la zone de confort défini par Givoni 1986, (T° 20°C/27°C°) avec une température moyenne intérieure minimum de 27.9°C à 08h ,pour une température moyenne extérieure est de 36.7 °c, tandis que la température moyenne intérieure maximum 29.45°c à 14h pour une température moyenne extérieure de 35.35°c.

VI.1.3.Interprétation des résultats obtenus par mesure insitu pour Echantillon N°03 : cité19 juin 2 n°46

-période de sous chauffe

- La vitesse d'écoulement d'air est inférieure à 0 m/s et comprise dans la zone de confort 0.2m/s
- Les taux d'humidité relative moyenne intérieure sont compris dans les limites de la zone de confort défini par Givoni 1986, (H 20M%-80%) le taux minimum est de 54.55% à 12h pour une humidité moyenne extérieure de 73.55 %, et le taux maximum est de 62.8% à 18h et un taux d'humidité relative extérieure moyenne de 63.25 %.
- La température est comprise dans la zone de confort défini par Givoni 1986, (T° 20°C/27°C°) avec un minimum de température moyenne intérieure de 15.75°C à 08h pour une température moyenne extérieure de 13.50 °c tandis que la température moyenne intérieure maximum est à 17.75 °C à 10h dans la limite de la zone de confort pour une température moyenne extérieure de 12.5°c.

-Période de surchauffe

- La vitesse d'écoulement d'air est inférieure à 0 m/s et comprise dans la zone de confort 0.2m/s
- Les taux d'humidité intérieure sont compris dans les limites de la zone de confort défini par Givoni 1986, (H 20M%-80%) le taux d'humidité relative moyenne intérieure minimum est

de 32.2 % à 20h pour un taux d'humidité relative moyenne extérieurs de 51.35%, et le taux maximum d'humidité relative moyenne intérieure est de 44.65% à 10h pour un taux d'humidité relative moyenne extérieur de 58.5%.

- La température est toujours au-delà de la température de la zone de confort défini par Givoni 1986, ($T^{\circ} 20^{\circ}\text{C}/27^{\circ}\text{C}^{\circ}$) avec une température moyenne intérieur minimum de 28.20°C à 10h, pour une température moyenne extérieur est de 32°c , tandis que la température moyenne intérieur maximum 31.01°c à 16h pour une température moyenne extérieure de 35.6°c .

VI.2. Déroulement de la simulation

Après obtention des résultats à l'issue de la campagne de mesure en utilisant le matériel précédemment décrit pour relever les températures, humidité, et vitesse de l'air nous avons choisis le logiciel TRNSYS version 16 pour mener dans un premier lieu une simulation dans le but de déterminer la consommation énergétique des scénarios les plus critiques obtenus, afin de terminer les besoins en chauffage est en climatisation dans les deux saisons de sous chauffe et surchauffe des scénarios existant dans le but de proposer leurs amélioration.

Ensuite nous avons confronter les résultats obtenus par la campagne de mesure insitu aux résultats obtenus par la simulation via TRNSYS v 16 pour les valider.

Puis nous avons proposé des scénarios d'amélioration de la consommation énergétique en proposant des solutions bioclimatiques passif faisable dans le contexte du cas d'étude en intervenant sur l'enveloppe du bâtiment.

Pour finalement obtenir des besoins énergétiques raisonner afin d'améliorer l'efficienne énergétique de l'enveloppe du bâtiment.

VI.3. Confrontation et interprétation des résultats

La confrontation des résultats obtenue par la campagne de mesure et par la simulation par logiciel s'est soldé par la validation des résultats obtenus.

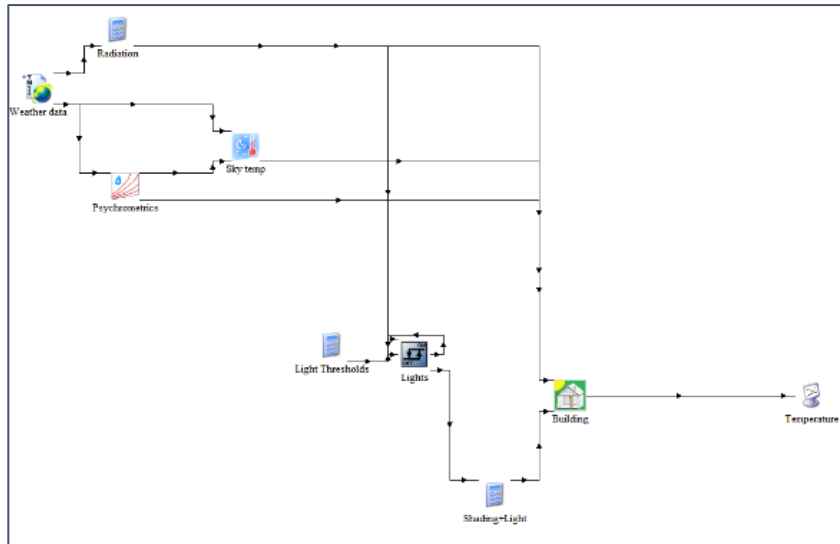


Fig.VI 1 Modélisation multizone sous environnement TRNSys V16. (source auteur)

VI.3.1. Validation du modèle proposé

-Echantillon N°01

Avant d’étudier l’influence des différents éléments de la structure sur la consommation énergétique, il est nécessaire de valider le modèle proposé sur TRNsys. La figure FigV.2 illustre la variation de la température mesurée et simulée de l’échantillon 1 pendant la journée du 9 février 2020. Il est clair que les valeurs obtenues par la simulation coïncident avec celles obtenues par les mesures sauf pour la valeur du 22 h où on constate une augmentation de la température mesurée.

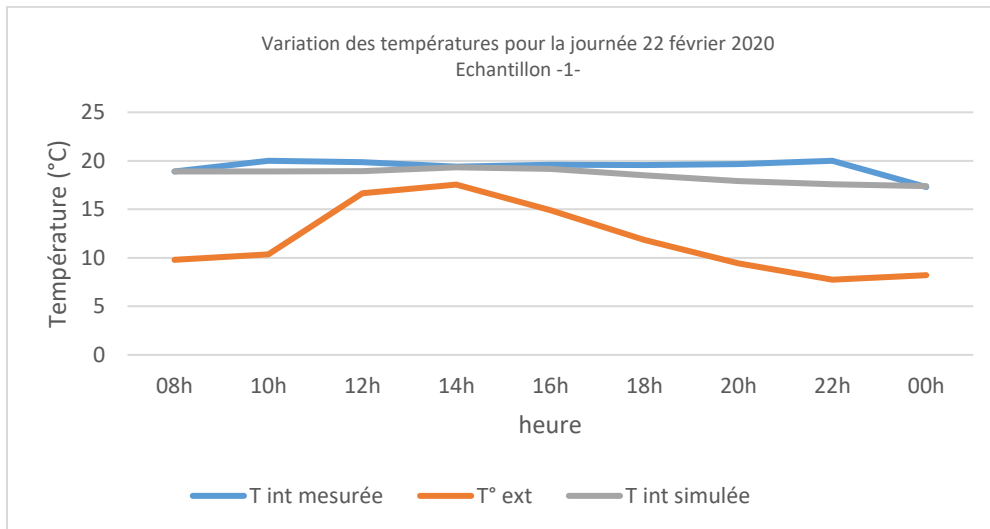


Fig.VI 2 Variation des températures mesurées et simulées de l’échantillon -1- pour la journée 22 février 2020 (source : auteur)

La figure VI 3 illustre la variation des températures simulées et mesurées de l’échantillon -1- pour la journée 20 Aout 2020. Nous pouvons constater que pour cette journée les deux courbes des températures simulées et mesurées suivent la même allure avec une légère

différence obtenue à 16 h. la température maximale mesurée est obtenue à 20 h alors que celle simulée est obtenue à 18 h.

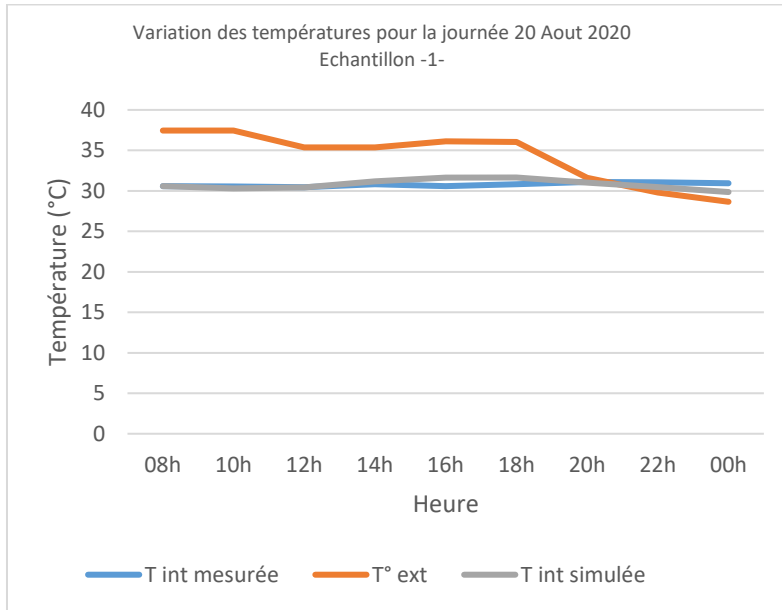


Fig.VI 3 Variation des températures mesurées et simulées de l'échantillon -1- pour la journée 20 Aout 2020 (source : auteur)

-Echantillon N°02

Pour l'échantillon 2 représenté sur la figure Fig.VI 4 et 5. Nous remarquons pour la première journée (27 février 2020) représentée sur la figure 4 que les deux courbes suivent la même allure sauf pour deux points (à 12 h et à 20 h) où la température de l'air mesurée chute. La température maximale est obtenue à 16 h pour les deux cas (simulé et mesuré).

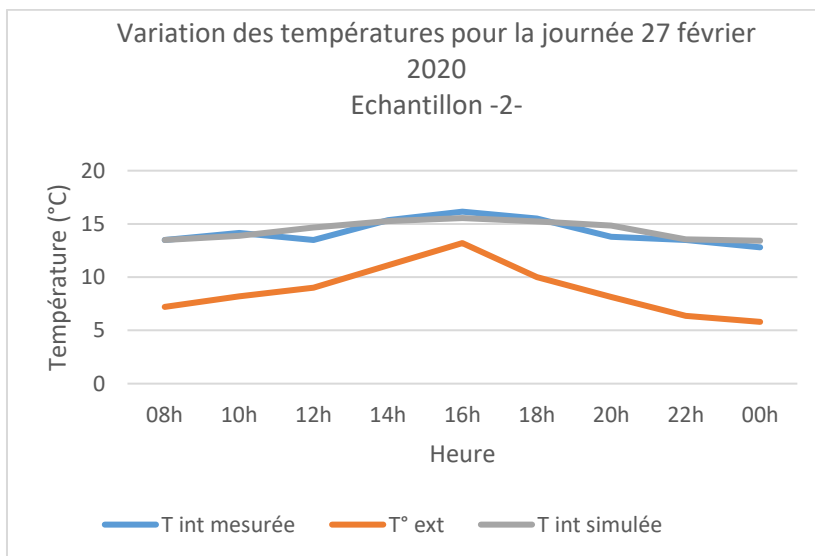


Fig.VI 4 Variation des températures mesurées et simulées de l'échantillon -2- pour la journée 27 février 2020 (SOURCE : auteur)

Pour la journée du 22 Aout 2020 représentée sur la figure Fig.VI 5, nous constatons que les températures mesurées coïncident avec celles simulées. Les deux courbes sont pratiquement identiques.

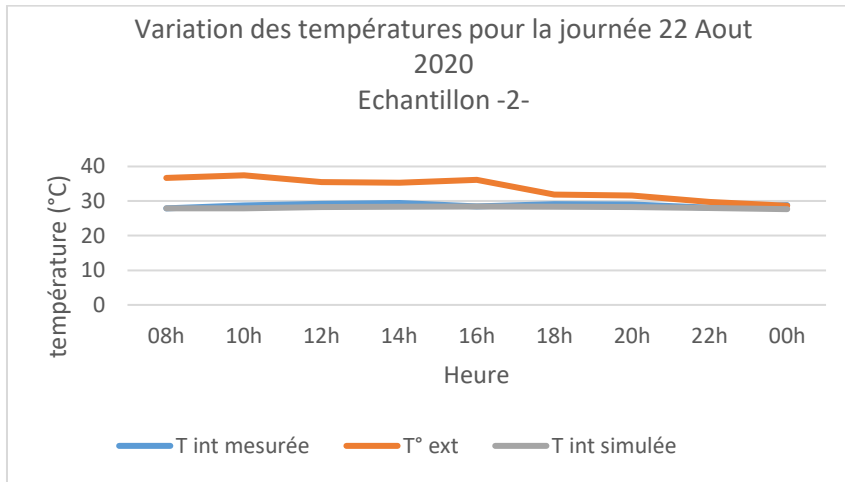


Fig.VI 5 Variation des températures mesurées et simulées de l'échantillon -2- pour la journée 22Aout 2020 (source: auteur)

-Echantillon N°03

Pour le troisième échantillon, dans la figure Fig.VI.6 nous constatons une légère différence entre les deux courbes (simulée et mesurée). En effet la température mesurée augmente à 10 h ensuite elle baisse. Une autre augmentation est constatée à 22 h. Cependant à 18 h une baisse est constatée aussi. Ceci est due à une erreur de mesure.

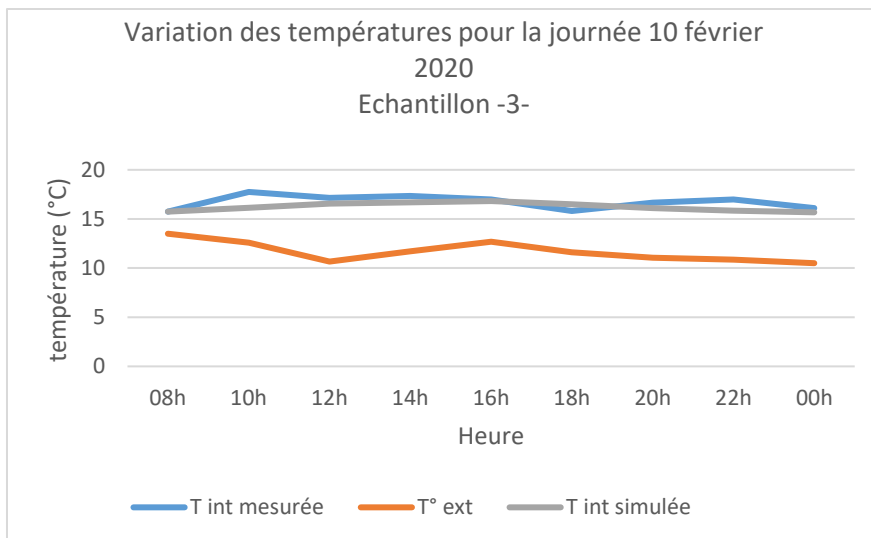


Fig.VI 6 Variation des températures mesurées et simulées de l'échantillon -3- pour la journée 10 février 2020 (source: auteur)

Cependant pour le même échantillon et pour la journée du 21 aout 2020, Fig.VI.7 nous constatons que les deux courbes présentent la même allure pour toute la journée. La température

maximale journalière est obtenue à 12 h cependant celles mesurée et simulée sont obtenues à 14 h.

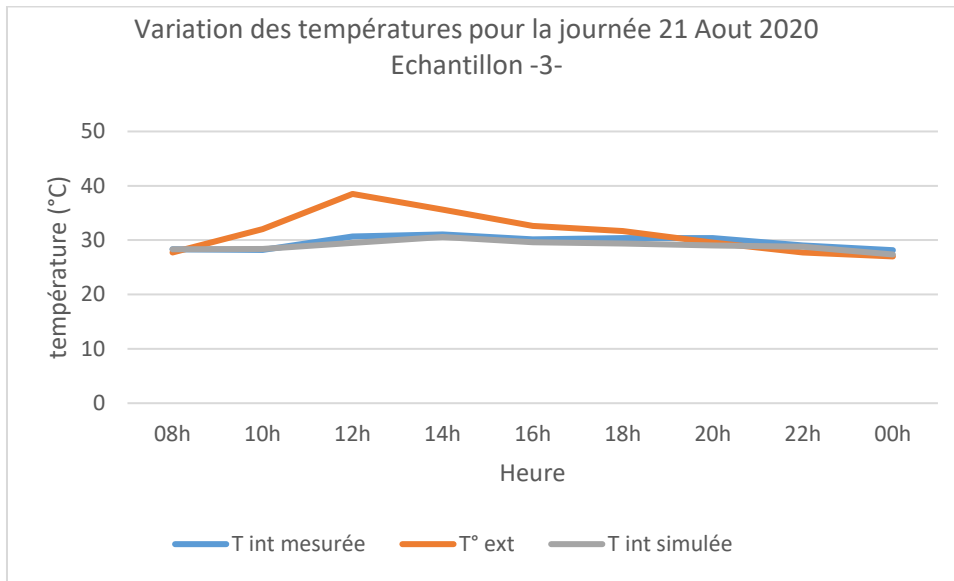


Fig.VI 7 Variation des températures mesurées et simulées de l'échantillon -3- pour la journée 21 aout 2020 (source : auteur)

VI.3.2. Etude de l'influence des paramètres de l'enveloppe sur la performance énergétique

Après avoir validé le modèle proposé, nous allons par la suite étudier l'influence des paramètres de l'enveloppe sur la performance énergétique.

VI.3.2.1. Influence de l'isolation thermique

L'isolation thermique permet une réduction significative des besoins énergétiques. En effet dans la période hivernale l'isolant bloque le passage de la chaleur vers l'extérieur, cependant pendant la période estivale l'isolant thermique réduit la chaleur transmise de l'extérieur.

Il existe plusieurs types d'isolants dans le marché qui sont classés en cinq catégories à savoir : isolants synthétiques, isolants minéraux, isolants naturels, isolants minces et isolants nouvelle génération.

Pour notre étude nous allons choisir quatre types à savoir : La laine de roche (isolant minéral avec $\lambda = 0.032$ à 0.040 W/m.K), liège (isolant naturel avec $\lambda = 0.032$ à 0.042 W/m.K), polystyrène expansé (isolant synthétique avec $\lambda = 0.029$ à 0.038 W/m.K) et Aérogel (isolant de nouvelle génération avec $\lambda = 0.011$ à 0.013 W/m.K). La figure Fig.VI.8 illustre la variation de la consommation énergétique du premier échantillon pour différents types d'isolant thermique. Nous pouvons constater une baisse des besoins en chauffage par rapport au cas réel, cette dernière varie entre 12 % pour la laine de roche et 30 % pour l'aérogel. Cependant une légère augmentation des besoins en climatisation est remarquée pour les différents isolants. Ceci est

dû au vitrage qui n'est pas protégé. Le rayonnement solaire pénétrant la chambre provoque une surchauffe dans le local (effet de serre) qui est cumulé du fait de l'isolation thermique. Malgré ça la consommation énergétique annuelle baisse pour l'utilisation de l'isolation thermique. Fig VI 8.

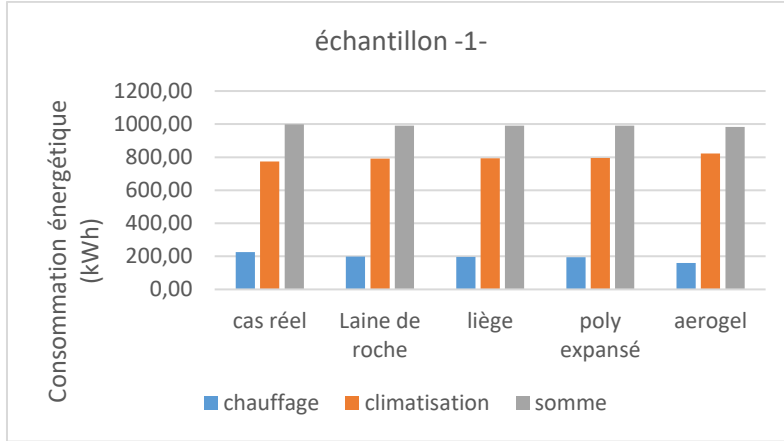


Fig.VI 8 Variation de la consommation énergétique de l'échantillon -1- pour différents types d'isolants thermiques (source : auteur)

Pour l'échantillon -2- illustré sur la figure Fig. VI.9 nous remarquons une baisse des besoins en chauffage variant entre 13 % pour la laine de roche et 31 % pour l'aérogel. Alors que pour la climatisation, nous remarquons une légère augmentation mais d'une façon générale la consommation totale annuelle baisse pour les différents types d'isolants thermiques.

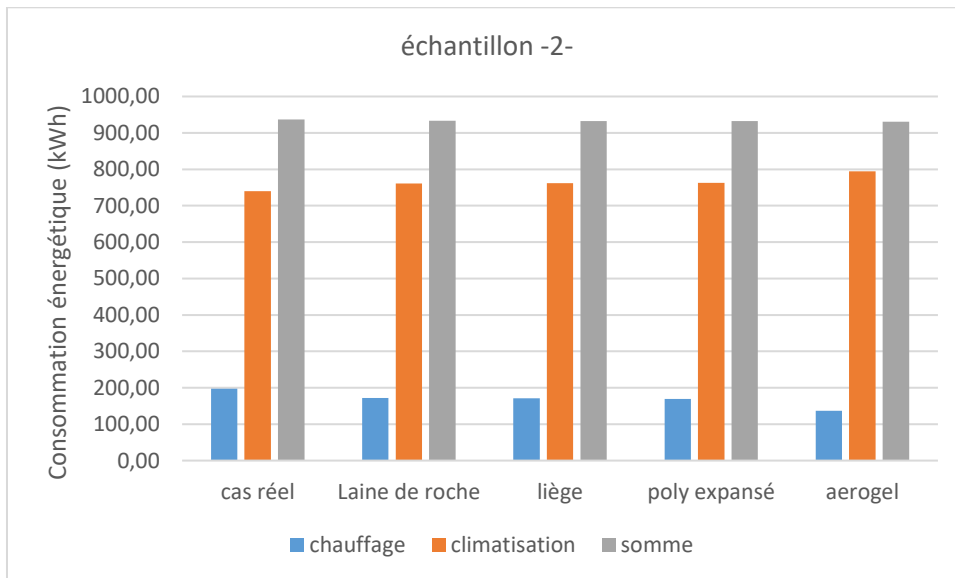


Fig.VI 9 Variation de la consommation énergétique de l'échantillon -2- pour différents types d'isolants thermiques (source : auteur)

Concernant l'échantillon -3- représenté sur la figure Fig. VI.10 , la diminution des besoins en chauffage varie entre 8 % pour la laine de roche et 17 % pour l'aérogel. Une légère

augmentation est obtenue pour la climatisation. Une baisse des besoins totaux est obtenue pour cet échantillon.

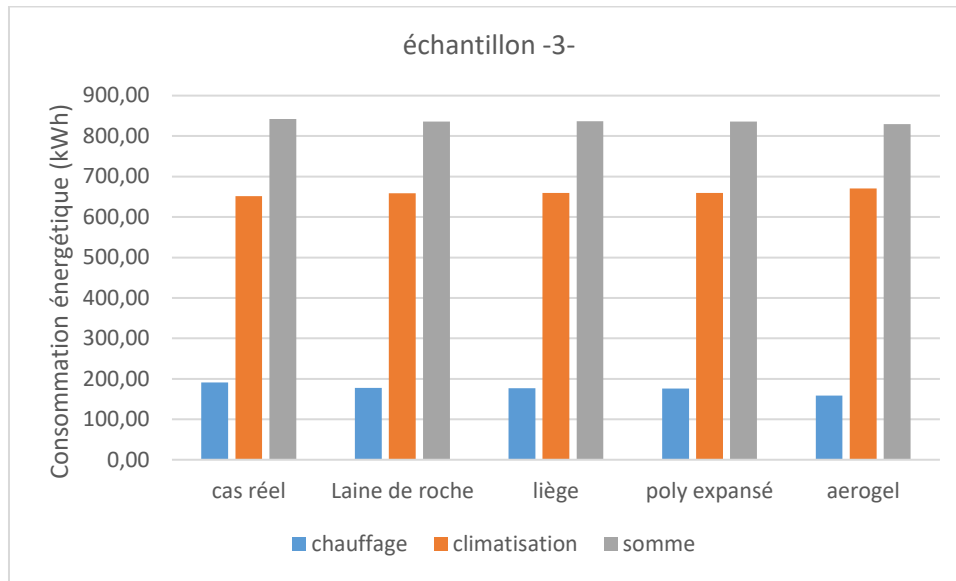


Fig.VI 10 Variation de la consommation énergétique de l'échantillon -3- pour différents types d'isolants thermiques (source : auteur)

VI.3.2.2. Influence du type de vitrage

Après avoir étudié l'influence de l'isolation thermique sur les besoins énergétiques des trois échantillons, nous allons par la suite étudier l'influence du type de vitrage. Pour cela plusieurs vitrages sont étudiés à savoir : un vitrage simple (cas réel) ($U = 5.74 \text{ W/m}^2.\text{K}$, $T_{\text{sol}} = 0.85$), un vitrage double transparent ($U = 2.95 \text{ W/m}^2.\text{K}$, $T_{\text{sol}} = 0.72$), un triple vitrage ($U = 2 \text{ W/m}^2.\text{K}$, $T_{\text{sol}} = 0.62$), un vitrage double peu émissif ($U = 1.76 \text{ W/m}^2.\text{K}$, $T_{\text{sol}} = 0.54$) et un vitrage double peu émissif avec argon ($U = 1.43 \text{ W/m}^2.\text{K}$, $T_{\text{sol}} = 0.54$).

Les besoins en chauffage et en climatisation de l'échantillon -1- sont exposés sur la figure Fig.VI.11 qui montre une baisse considérable des besoins en chauffage et en climatisation pour le changement du vitrage allons jusqu'à 13.6 % pour le vitrage double. En effet pour ce type de vitrage les besoins en chauffage ont baissé de 225 kWh à 200 kWh du fait que ce dernier possède une isolation thermique meilleure que le simple vitrage avec un coefficient de transmission solaire proche du vitrage simple alors que les besoins en climatisation baissent de 774 kWh à 633 kWh (le meilleur vitrage). Le vitrage double peu émissif avec argon donne la plus basse consommation en chauffage.

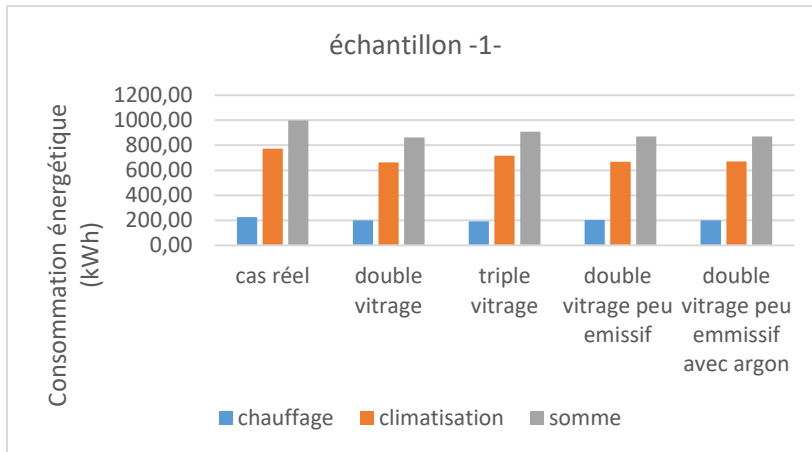


Fig.VI 11 Variation de la consommation énergétique de l'échantillon -1- pour différents types de vitrages (source : auteur)

Concernant l'échantillon -2- représenté sur la figure Fig.VI.12, nous constatons que la réduction est plus élevée comparée à l'échantillon précédent du fait de la présence d'une grande surface vitrée. Le double vitrage peu émissif avec argon est le plus performant dans la période hivernale alors que le double vitrage peu émissif est le plus adapté dans la période estivale. Cependant le premier possède la plus faible consommation énergétique annuelle.

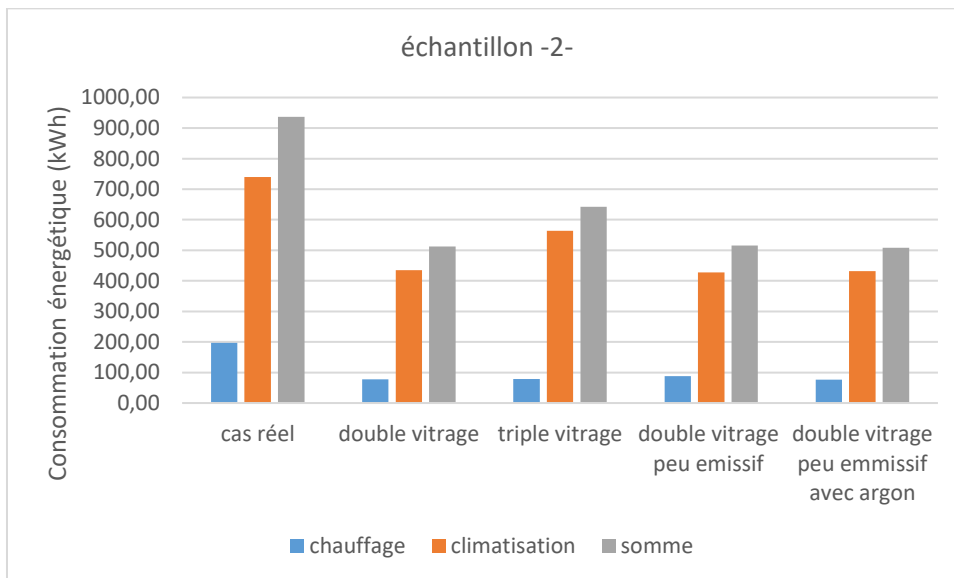


Fig.VI 12 Variation de la consommation énergétique de l'échantillon -2- pour différents types de vitrages (source : auteur)

La figure Fig.VI.13 représente la variation de la consommation énergétique de l'échantillon 3. Nous remarquons le double vitrage présente la plus faible consommation pendant l'année estimée à 705 kWh soit une réduction de 17 % par rapport au cas réel. Cela est dû aux caractéristiques isolantes de ce vitrage (comparé au vitrage simple) qui permettent de limiter les déperditions thermiques avec l'extérieur ainsi que sa transmission élevée par rapport aux autres types de vitrages (double peu émissif, triple ...) au rayonnement solaire limitant ainsi le

recours aux systèmes de chauffage. Pendant l'été sa faible résistance thermique permet d'évacuer la chaleur vers l'extérieur rapidement (comparé aux vitrages double peu émissif, triple ...).

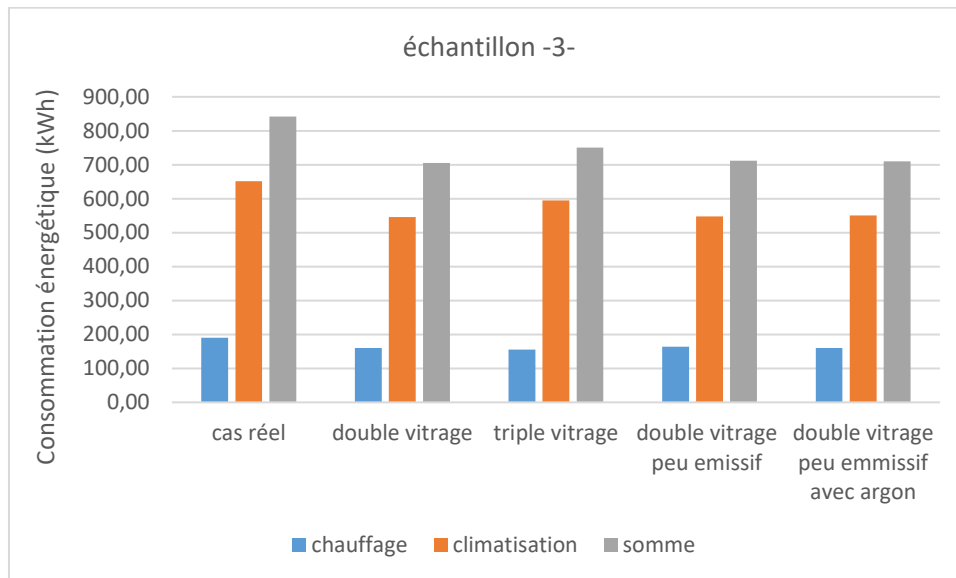


Fig.VI 13 Variation de la consommation énergétique de l'échantillon -3- pour différents types de vitrages (source : auteur)

VI.3.2.3. Influence de l'utilisation de la protection solaire

Après avoir étudié l'influence du type de vitrage sur la consommation énergétique des trois échantillons, nous avons pu remarquer que le vitrage réduit les besoins en chauffage mais par contre les besoins en climatisation augmentent du fait que le rayonnement solaire provoque la surchauffe dans les trois locaux. La protection solaire permet en outre de balayer ce problème. La figure Fig.VI 14 illustre la variation des besoins en climatisation des trois échantillons pour deux types de vitrages (simple et double) pour le cas avec et sans protection solaire. Nous pouvons remarquer que l'utilisation de la protection solaire influe considérablement sur les besoins en climatisation. Une réduction de 47, 75 et 51 % est obtenue respectivement pour les échantillons 1, 2 et 3 pour le cas du simple vitrage et de 46, 78 et 51 % respectivement pour les échantillons 1, 2 et 3 pour le cas du double vitrage.

Il est clair que la protection du vitrage influe considérablement sur les besoins en climatisation puisque la pénétration du rayonnement solaire à l'intérieur du local augmente rapidement sa température (chauffage direct).

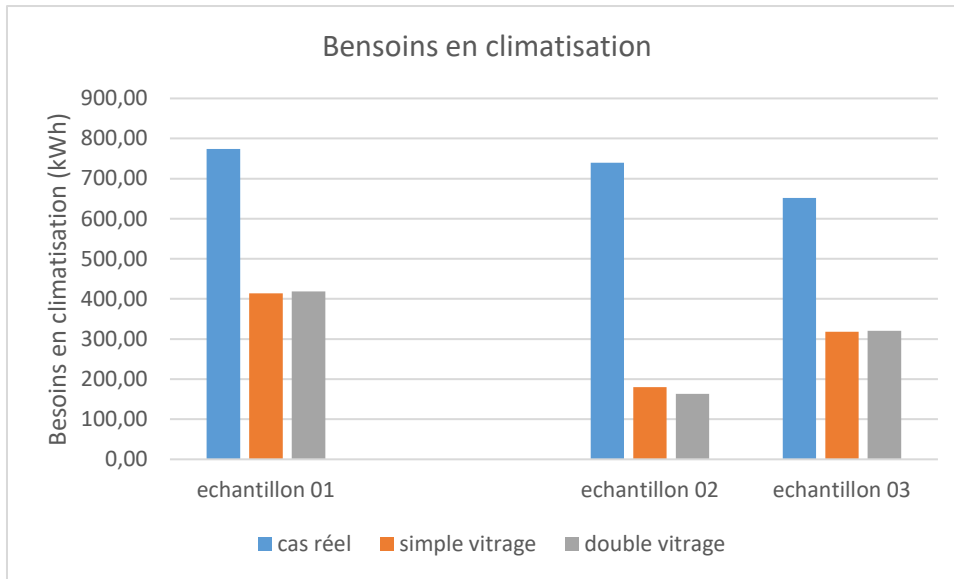


Fig.VI 14 Variation des besoins en climatisation pour différents types de vitrages avec et sans protection solaire (source : auteur)

VI.3.2.4. Influence de la végétation

L'influence de la végétation sur la consommation énergétique est aussi discutée. La figure Fig.VI.15 illustre la variation des besoins en chauffage et climatisation de l'échantillon -1- avec et sans végétation. Il est aisé de constater que la couverture végétale augmente légèrement les besoins en chauffage du fait que les murs absorbent une quantité réduite du rayonnement solaire. Cependant pour les besoins en climatisation, la réduction est considérable et atteinte 33 %. Une réduction de 19 % des besoins annuels est obtenue.

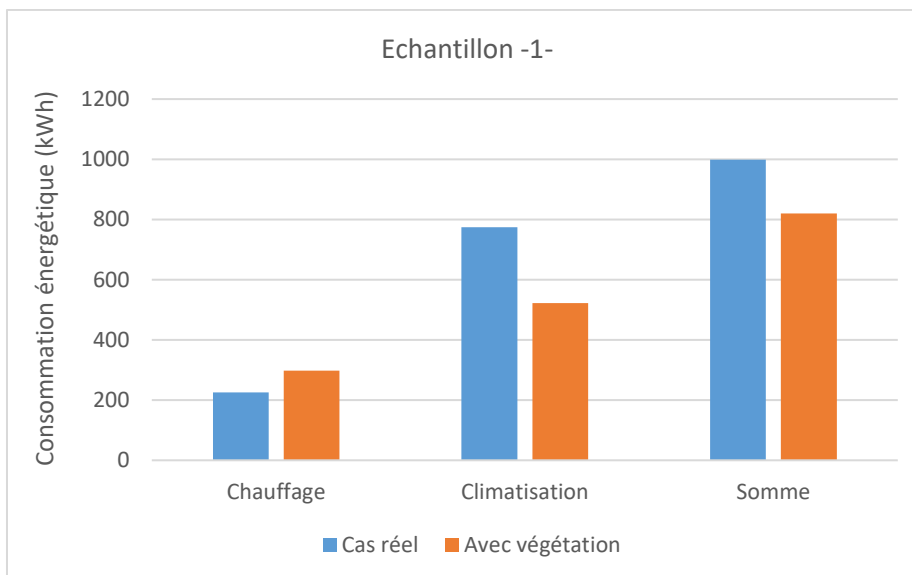


Fig.VI 15 Variation des besoins en chauffage et climatisation de l'échantillon -1- avec et sans végétation (source : auteur)

Cependant pour l'échantillon -2- (figure Fig.VI.16) nous remarquons que les besoins en chauffage augmentent alors que les besoins en climatisation diminuent légèrement du fait de la surface vitrée importante. Les besoins annuels augmentent pour ce cas de 5%.

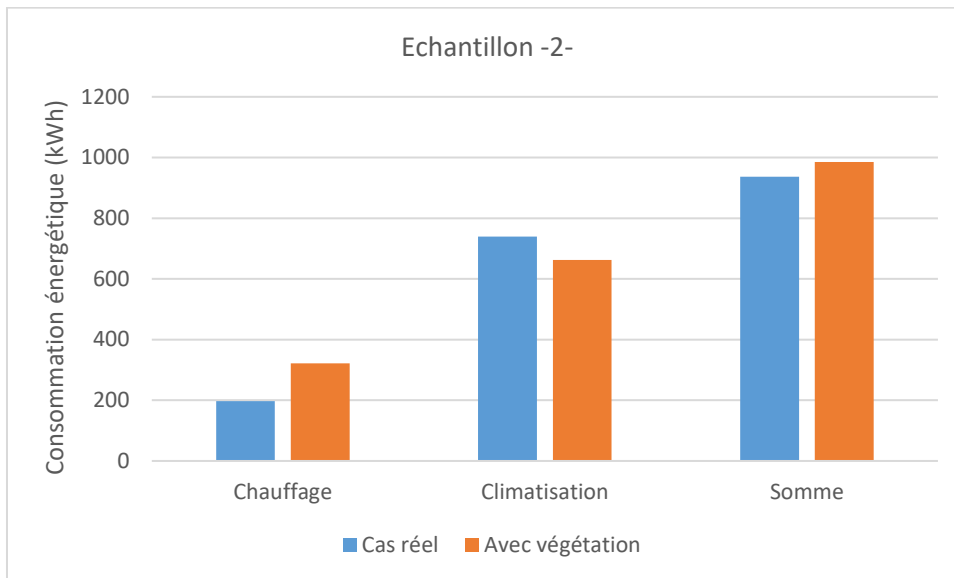


Fig.VI 16 Variation des besoins en chauffage et climatisation de l'échantillon -2- avec et sans végétation (source :auteur)

Pour l'échantillon -3- représenté sur la figure Fig.VI.17, nous remarquons une augmentation des besoins en chauffage de 33 % et une diminution des besoins en climatisation de 36 %. Une diminution des besoins annuels de 21 % est obtenue.

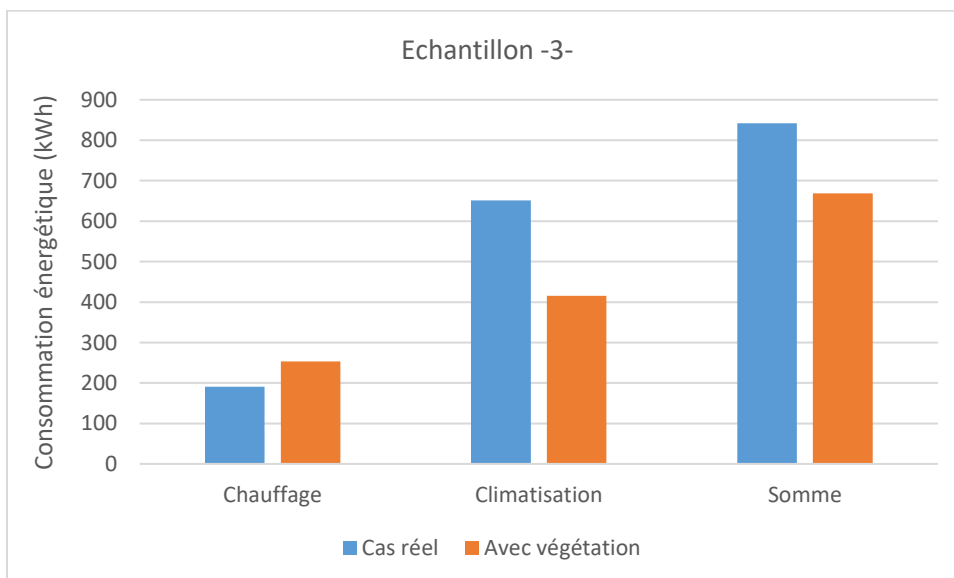


Fig.VI 17 Variation des besoins en chauffage et climatisation de l'échantillon -3- avec et sans végétation (source :auteur)

VI.3.2.5. Influence du toit réfléchissant

L'influence des toitures réfléchissantes est illustrée sur la figure Fig.VI.18 et 19. Pour le premier échantillon (figure 17) nous remarquons que la diminution de l'absorption du toit

(augmentation de la réflexion) conduit à une augmentation des besoins en chauffage puisque le rayonnement solaire absorbé est diminué alors que pour les besoins en climatisation on remarque une diminution de ces besoins. Les besoins annuels de l'échantillon 1 diminuent de 26 et 34 % respectivement pour les coefficients d'absorption 0.4 et 0.2. L'augmentation de la réflexion de la toiture (diminution de l'absorption) réduit considérablement les besoins annuels.

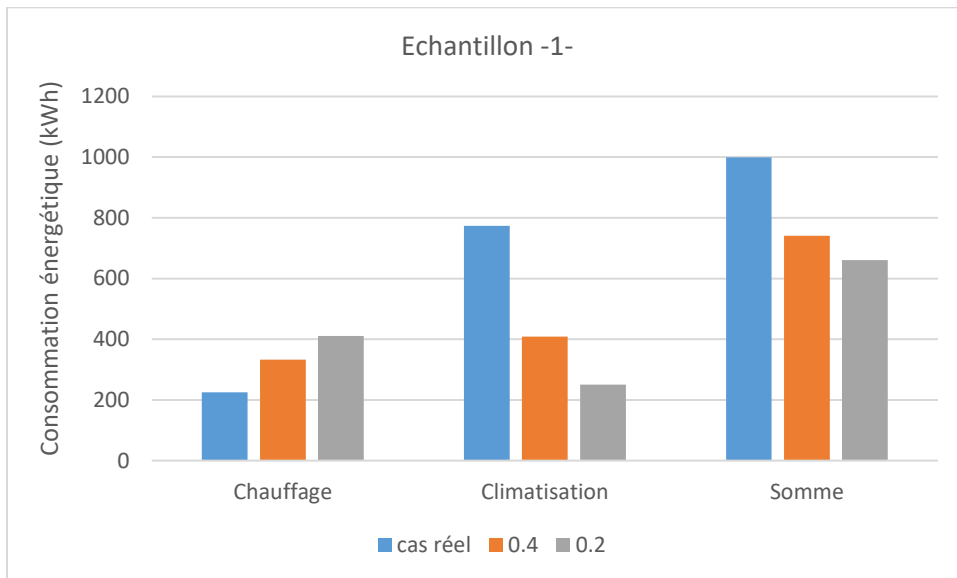


Fig.VI 18 Influence du toit réfléchissant sur les besoins en chauffage et climatisation de l'échantillon -1- (source : auteur)

Pour l'échantillon -2- Fig.VI.19 on remarque la même chose, l'augmentation de la réflexion de la toiture augmente les besoins en chauffage et diminue les besoins en climatisation. Les besoins annuels diminuent de 27 et 33 % respectivement pour les coefficients d'absorption 0.4 et 0.2.

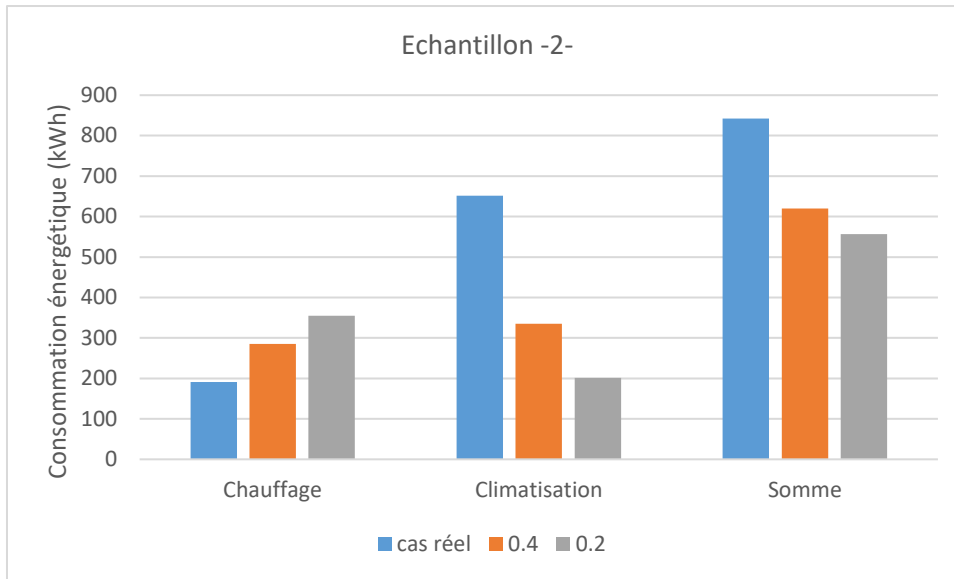


Fig.VI 19 Influence du toit réfléchissant sur les besoins en chauffage et climatisation de l'échantillon -2- (source : auteur)

VI.3.3.Cas optimisé

Après avoir étudié l'influence des paramètres de l'enveloppe dans ce qui suit la combinaison des paramètres les plus influents est évaluée. Pour l'échantillon -1- illustré sur la figure Fig.VI.20 nous remarquons une diminution des besoins en chauffage de 51 % et des besoins de climatisation de 88 % alors que les besoins totaux ont diminué de 80 %.

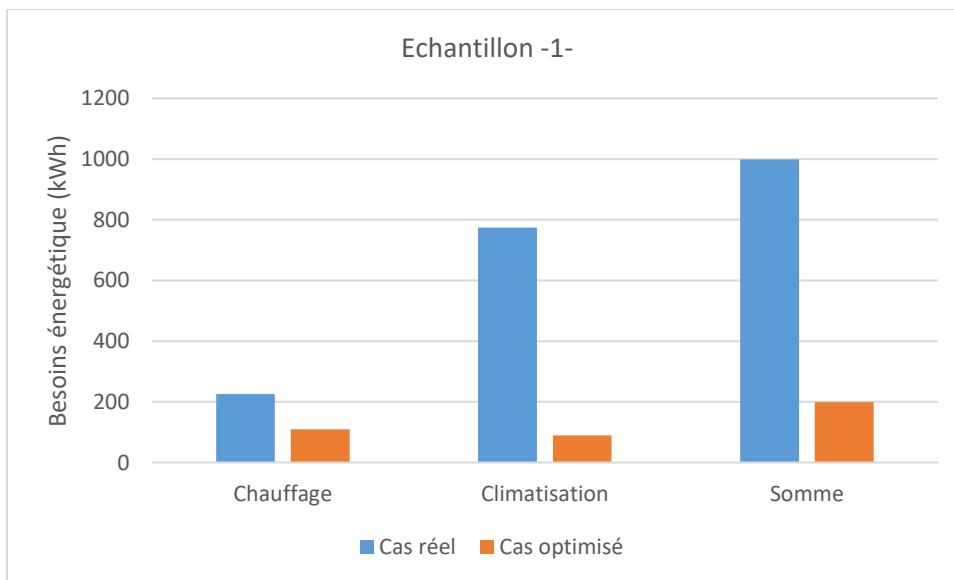


Fig.VI 20 Besoins en chauffage et climatisation de l'échantillon -1- pour le cas optimisé (source : auteur)

Alors que pour le cas de l'échantillon -2- représenté sur la figure Fig.VI.21, nous remarquons aussi une diminution des besoins en chauffage de 87 % et de climatisation de 91 %. Alors que les besoins totaux ont diminué de 90 %.

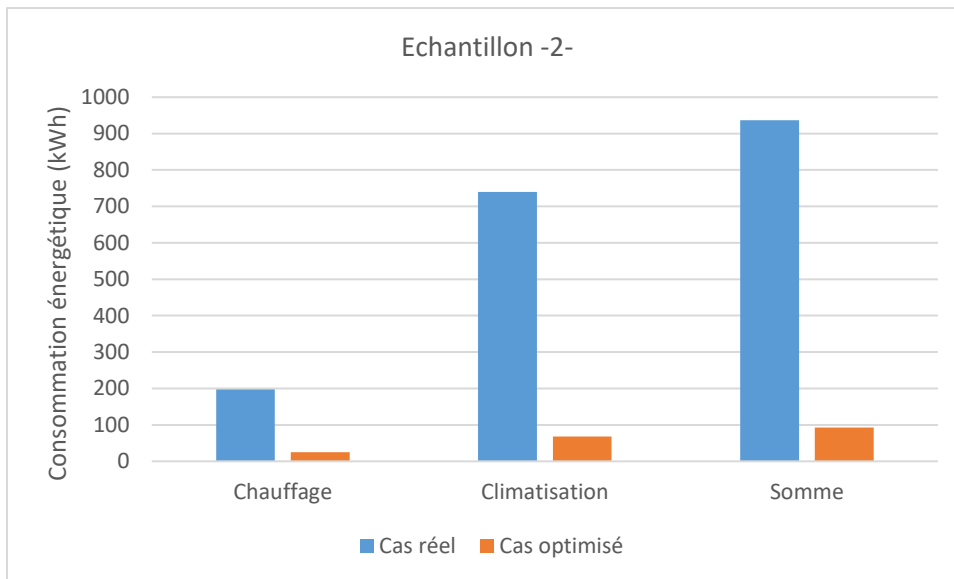


Fig.VI 21 Besoins en chauffage et climatisation de l'échantillon -2- pour le cas optimisé (source : auteur)

Pour l'échantillon -3- Fig.VI.22 la diminution des besoins en chauffage et en climatisation est respectivement estimée à 51 % et 93 %. La diminution des besoins annuels est estimée 85 %.

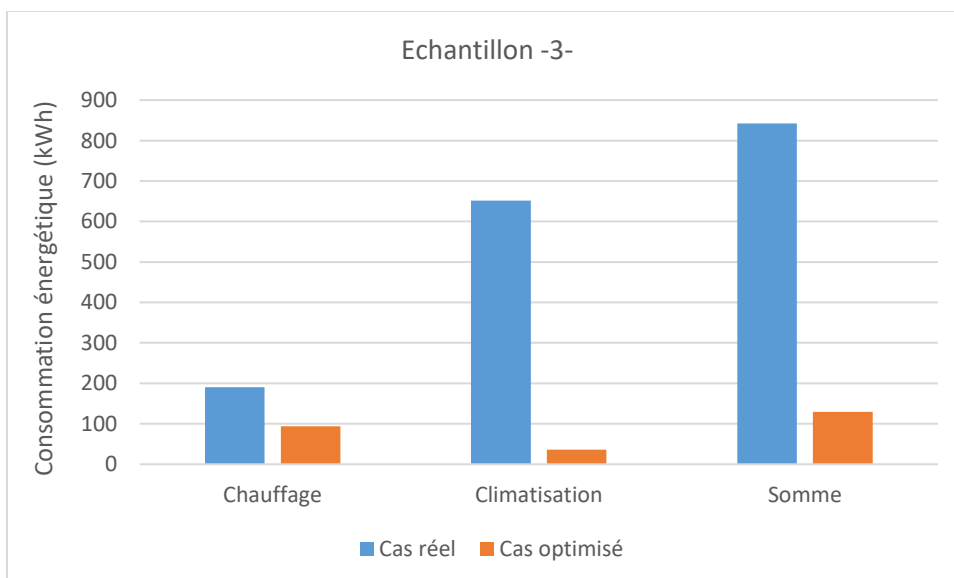


Fig.VI 22 Besoins en chauffage et climatisation de l'échantillon -3- pour le cas optimisé (source : auteur)

Conclusion

Ce chapitre a permis de mieux connaître les conditions du microclimat intérieur des habitations à l'aide d'une campagne de mesure in situ combinée à une simulation par logiciel TRNSYS V 16.

Les résultats de la campagne de mesure ont démontré des fluctuations de température en dehors de la zone de confort thermique déterminé par Givony tout au long des jours de déroulement de la campagne, tandis que les taux d'humidité demeurent dans la zone de confort précédemment définie.

Nous avons adopté une stratégie d'amélioration de l'efficacité énergétique par le biais de l'amélioration de la performance énergétique de l'enveloppe du bâtiment, en agissant sur les points suivants :

-L'isolation thermique : nous avons utilisé plusieurs isolants pour retenir à la fin que l'aérogel est le meilleur scénario, avec une baisse des besoins de climatisation respectivement pour les trois échantillons 1, 2 de 31%, et 3 de 17%, cependant on a noté la hausse de la demande en chauffage pour les 3 échantillons.

- Le vitrage : nous avons proposé plusieurs moyens d'amélioration de la performance des vitrages, et avons retenu que le double vitrage à gaz d'argon est le meilleur scénario, en effet nous avons noté une diminution des besoins de chauffage aux alentours de 14% pour les trois échantillons, ce pendant les besoins de climatisation ont augmenté suite au rayonnement solaire reçu sur les surfaces vitrées, d'où la nécessité de la présence de la végétation.

-la végétation : l'utilisation de la végétation cause la diminution des besoins en climatisation de 19%, mais augmente les besoins au chauffage, pour l'échantillon 2 les besoins annuels en chauffage ont augmenté de 5%, à cause de la présence d'une surface vitrée imposante tandis que pour l'échantillon 3 la demande d'énergie pour le chauffage a augmenté de 33% et pour la climatisation une baisse de 36% est relatée, en total nous avons marqué une diminution des besoins annuels de 21%.

- Toit réfléchissant : la diminution respectivement du coefficient d'absorption à 0,4, et 0,2 cause une baisse annuelle comprise entre 26% et 34% des besoins énergétiques, mais engendre toujours une hausse des besoins en chauffage.

Suite à la combinaison de tous ses scenarios nous avons proposé un cas optimisé ou nous avons réussi à diminuer les besoins en chauffage et climatisation respective pour l'échantillon n1 de 51%, 87%, pour une diminution totale des besoins de 51%, pour l'échantillon 2 nous avons marqué la diminution respective des besoins de chauffage et de climatisation de 88%, et 91%, avec une diminution totale de 93% des besoins énergétique, concernant l'échantillon 3 nous sommes arrivés à diminuer la consommation respective de chauffage et de climatisation de 90%, et 85%, et de 80% de diminution pour la consommation annuelle totale.

La simulation des différentes composantes de l'enveloppe a montré qu'une diminution conséquente des besoins en chauffage et climatisation est possible grâce à des techniques passives. Néanmoins certaines techniques peuvent donner des diminutions pour les besoins en énergie pour le chauffage et une augmentation des besoins en climatisation et vice-versa. La combinaison et l'optimisation des différentes techniques permettent de réduire significativement les besoins annuels pour les trois échantillons d'habitation étudiés.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

Depuis l'aube de l'histoire l'être humain a cherché s'abriter des aléas de la nature en édifiant des abris de tout genre allant de la simple caverne jusqu'au maison que nous habitons aujourd'hui.

L'habitat humain n'a cessé d'évoluer au fil des années sur tout avec l'avancé technologique qui a élevé les niveaux d'exigence suite aux quelles l'être humain s'est lancé dans une quête effrénée de confort thermique en puisant dans les énergies fossiles à sa disposition sans se soucier des répercutions que cela pourra avoir sur l'environnement.

De nos jours pour répondre à ses besoins en matière de confort l'habitant adopte des comportements énergivores en utilisant les commodités qu'il juge nécessaire à la vie quotidienne, or toute consommation énergétique engendre facture écologique, de ce fait l'être humain se trouve coincé au centre du cercle vicieux qu'il tisse de ses propres mains, en consommant de l'énergie il produit des GES et participe au réchauffement climatique. C'est pourquoi il est nécessaire de penser à diminuer la consommation énergétique dans les habitations, car l'insatisfaction des habitants vis à vis de leurs environnement thermique se traduit par une consommation énergétique importantes qui nécessite d'être raisonner.

Il est nécessaire de penser à diminuer la consommation énergétique dans les habitations, par le billet de l'enveloppe du bâtiment qui est en contact constant avec les conditions climatique, le choix de l'enveloppe du bâtiment détermine le microclimat intérieur de l'habitation et donc le degrés de confort qui se traduit par la consommation énergétique au sein de l'habitation.

L'objectif de cette étude est de déterminer l'impact de l'enveloppe du bâtiment sur son efficience énergétique, et d'évaluer la consommation énergétique dans les habitations, mais aussi de proposer des solutions afin d'améliorer la performance énergétique de l'enveloppe du bâtiment pour en garantir l'efficience énergétique.

Evaluer l'efficience énergétique d'une habitation est une tâche complexe qui nécessite une compréhension approfondie de l'interaction entre l'habitant et l'environnement thermique régis par l'enveloppe du bâtiment, cependant le socle théorique nous a permis de mieux saisir chaque un de ces facteurs individuellement puis en interaction.

La synthèse bibliographique présentée dans ce travail, nous a permis non seulement de nous positionner par rapport au champ des recherches, mais aussi de construire un modèle d'analyse approprié pour répondre à ces objectifs.il en est sorti que la conception d'enveloppes

capables de valoriser les gains énergétiques gratuits tout en limitant les pertes, doit contribuer à diminuer les besoins énergétiques sans nuire au confort intérieur. L'enveloppe devient alors un véritable échangeur thermique qu'il est possible de gérer et d'adapter aux environnements intérieur et extérieur pour la diminution des besoins énergétiques, comme le confort thermique intérieur, passe par une adaptabilité de l'enveloppe aux contraintes climatiques, en effet la performance énergétique du bâtiment dépend de la capacité de l'enveloppe à résister à l'infiltration d'air, la capacité a empêché les échanges à travers les structures.

une fois le socle théorique construit il devient alors possible de procéder à la contextualisation de l'étude à la ville de Guelma, ou le secteur résidentiel auto produit s'est fait sans prendre en considération le potentiel durable de la ville ce qui a engendré des habitations qui souffre de l'inadéquation avec l'environnement qui l'entoure ce qui se traduit par une situation de stress climatique de la quelle résulte une forte consommation énergétique d'où la nécessité d'adopter des stratégies dans le but de rehausser la performance de l'enveloppe et d'assurer le confort thermique.

Dans cette optique nous avons tout d'abord déterminé une période de sèche qui s'étend sur sept mois de l'année, puis grâce au diagramme psychrométrique en appliquant la méthode de zocolay, il en est ressorti cinq périodes : période très froide qui s'étend sur quatre mois froid d'hiver ou la solution est de prévoir un chauffage solaire actif, période froide qui s'entend sur six mois : janvier, février, mars, avril, décembre, et novembre, ou la solution est de prévoir un chauffage solaire actif, tandis que la période de confort est noté du mois de mars au mois d'avril avec une température aux alentours de 25 C° et une humidité relative comprise entre 20% à 80 %, finalement la période chaude qui s'étend sur les mois de mai, juin, juillet, aout, septembre ou on doit prévoir un refroidissement naturel et une ventilation mécanique, en fin vient la période très chaude qui s'étend sur les mois chaud d'été de juin à aout et une partie de septembre, ou les solutions à prévoir sont l'emploi d'une grande masse thermique, et une ventilation nocturne.

L'étude de l'isotherme de la ville de Guelma révèle cinq zones, zone de sous chauffe très froide les mois les plus froid d'hiver de janvier à mars avec une température aux alentours de 5C° , une zone froide sur les mois de mars, avril, mai, octobre avec une température aux alentours de 10C° à 15 C° , une zone de confort entre 15C° a 20C° sur les mois de mai, juin, septembre, et octobre. Une zone de chauffe entre 20C° à 25 C° sur les mois de mai, juin, septembre, et en fin la zone de surchauffe qui rassemble la période diurne des mois de juin, juillet, et aout avec une température qui dépasse les 30 C° .

Notre étude bioclimatique a été jumelée avec les résultats obtenus par le changement de l'indice d'aridité au cours de la décennie de 2008 à 2017. La somme est de 18.8, compris entre $10 < I < 20$ correspond à un climat semi-aride, l'indice d'AMBERGER est quand lui indique un climat dans l'étage climatique semi-aride avec un hiver froid.

Suite à ces données nous avons choisis une approche combinée par mesure in situ et simulation numérique, que nous avons appliquée sur un ensemble de trois habitations individuelles situées dans la wilaya de Guelma.

Tout d'abord nous avons choisis des jours témoins en période de sous chauffe et de sur chauffe suite à quoi nous avons déterminé les pièces les plus critiques des échantillons étudiés. Nous avons confronté les résultats obtenus au logiciel TRNSYS V 16 pour déterminer les besoins énergétiques des échantillons choisis en chauffage et en climatisation.

Les résultats de la campagne de mesure ont démontré des fluctuations de température en dehors de la zone de confort thermique déterminé par Givony tout au long des jours de déroulement de la campagne, tandis que les taux d'humidité demeurent dans la zone de confort précédemment définie.

Nous avons adopté une stratégie d'amélioration de l'efficacité énergétique par le biais de l'amélioration de la performance énergétique de l'enveloppe du bâtiment, en agissant sur les points suivants :

- L'isolation thermique : nous avons utilisé plusieurs isolants pour retenir à la fin que l'aérogel est le meilleur scénario, avec une baisse des besoins de climatisation respectivement pour les trois échantillons 1, 2 de 31%, et 3 de 17%, cependant on a noté la hausse de la demande en chauffage pour les 3 échantillons.

- Le vitrage : nous avons proposé plusieurs moyens d'amélioration de la performance des vitrages, et avons retenu que le double vitrage à gaz d'argon est le meilleur scénario, en effet nous avons noté une diminution des besoins de chauffage aux alentours de 14% pour les trois échantillons, ce pendant les besoins de climatisation ont augmenté suite au rayonnement solaire reçu sur les surfaces vitrées, d'où la nécessité de la présence de la végétation.

- la végétation : l'utilisation de la végétation cause la diminution des besoins en climatisation de 19%, mais augmente les besoins au chauffage, pour l'échantillon 2 les besoins annuels en chauffage ont augmenté de 5%, à cause de la présence d'une surface vitrée imposante tandis que pour l'échantillon 3 la demande d'énergie pour le chauffage a augmenté de 33% et pour la climatisation une baisse de 36% est relatée, en total nous avons marqué une diminution des besoins annuels de 21%.

- Toit réfléchissant : la diminution respective du coefficient d'absorption à 0.4, et 0.2 cause une baisse annuel comprise entre 26% et 34% des besoins énergétique, mais engendre toujours une hausse des besoins en chauffage.

Suite à la combinaison de tous ses scenarios nous avons proposé un cas optimisé ou nous avons réussi à diminuer les besoins en chauffage et climatisation respective pour l'échantillon n1 de 51%, 87%, pour une diminution totale des besoins de 51%, pour l'échantillon 2 nous avons marqué la diminution respective des besoins de chauffage et de climatisation de 88%, et 91%, avec une diminution totale de 93% des besoins énergétique, concernant l'échantillon 3 nous sommes arrivés à diminuer la consommation respectives de chauffage et de climatisation de 90%, et 85% , et de 80% de diminution pour la consommation annuel total.

La simulation des différentes composantes de l'enveloppe à montrer qu'une diminution conséquente des besoins en chauffage et climatisation est possible grâce à des techniques passives. Néanmoins certaines techniques peuvent donner des diminutions pour les besoins en chauffage et une augmentation des besoins en climatisation et vice-versa. La combinaison et l'optimisation des différentes techniques permettent de réduire significativement les besoins annuels pour les trois cas.

De ce fait on peut affirmer que l'enveloppe du bâtiment a un impact important sur son efficacité, une enveloppe peu performante participe à accroître la consommation énergétique tandis qu'une enveloppe performante participe à rehausser l'efficacité énergétique du bâtiment.

Notons bien que : l'hypothèse de départ : Grâce à une enveloppe performante on peut assurer l'efficacité énergétique, est confirmée.

Donc l'enveloppe du bâtiment impacte son efficacité énergétique car elle détermine les conditions de vie à l'intérieur température, humidités relative, et vitesse d'écoulement d'air, ce qui se traduit par la consommation énergétique dans le but d'améliorer les conditions thermiques intérieurs, en améliorant la performance énergétique de l'enveloppe du bâtiment on peut en améliorer l'efficacité énergétique.

Limites de la recherche

- Il est possible d'améliorer cette étude et d'avoir des résultats plus précis en cas de changement de méthodologie et de logiciel.
- La faisabilité de l'étude peut être améliorée dans le cas du calcul de l'énergie solaire globale reçu par l'enveloppe du bâtiment.

- Cette étude concerne uniquement la ville de Guelma
- Les solutions proposer pour améliorer l'efficience énergétique sont des technique bioclimatique passif.
- Il est possible d'améliorer les résultats obtenus en adoptant des solutions bioclimatiques actives.
- l'indisponibilité des appareils de mesures rendu la tâche plus difficile une caméra thermique aurait aider à déterminer avec exactitude les déperditions thermiques linéique et ponctuel de l'enveloppe.

Perspectives de recherche

- Proposer une stratégie d'isolation thermique de l'enveloppe du bâtiment.
- Employer des protections solaires sur les surface vitré et opaque a selon le besoin.
- Améliorer les critères de qualité des fenêtres
- Adopter des systèmes de chauffage et de climatisation solaire.
- Améliorer l'inertie thermique de l'enveloppe du bâtiment.
- Intégrer la notion de réhabilitation énergétique dans les politiques de l'état.
- l'intégration des BIM dans la conception des bâtiments d'habitations

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

OUVRAGES

CHOMBART DE LAUWE, PAUL HENRY, Famille et habitation, Centre nationale de la recherche scientifique, 1959, paris.

CONTAL, MARIE-HELENE, JANA REVEDIN l'architecture durable Paris : pratique, 2008, p170.

DEVUYST. PAUL, « Météorologie et prévision du temps », Paris : Edition EYROLLES 1979.

GIBBERD FRABCOIS : « Les élément de la composition urbaine » Edition Dunod, paris, 1972.

GIVONI. BARUCH, « L'homme, l'architecture et le climat », Edition du MONITEUR, 1978

Juillet, 2004.

LIEBARD.ALLIN, DE HERDE.ANDRE. Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique _ Paris : le moniteur, 2000, p 83 b.

MAOULSAÏDOUNI, Eléments d'introduction à l'urbanisme, histoire, méthodologie, réglementation, Edition casbah, Alger, 2000, p257.

MAOUIA SAIDOUNI, (2001), « élément d'introduction à l'urbanisme –histoire, méthodologie et réglementation- », CASBAH Edition, p 284.

MAZOUZ. SAID, « Eléments de conception architecturale » Alger : Edition O.P.U, 2014.

MERLIN, PIERRE, CHOAY, FRANCOIS., 1996 "Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement",2015, paris

REGIS, CHALUMEAU,l'eco-construction, une necessite, et une opportunité pour l'habitat, et le secteur du batiment en basse-normandie, présenté au Conseil Economique, Social et Environnemental Régional de Basse-Normandie, décembre 2010, p 1.

TABEAUD. MARTINE, « La climatologie », Edition ARMAND COLIN, paris,2000

VILA. JEAN MARIE, Notice explicative de la carte géologique à 1/50000 Guelma (54), ORGM : Office National de la Recherche Géologique et Minière, Edition du Service géologique de l'Algérie Boumerdes 1993, p6.

THESE

ABDOU. SALIHA, « Investigation sur l'intégration climatique dans l'habitation traditionnelle en régions arides et semi arides d'Algérie : Cas du Ksar de Ouargla et de la médina de Constantine. », Thèse de doctorat d'état Université de Constantine, 2004.

BENHARRA H : Impact de l'orientation sur la consommation énergétique dans le bâtiment. -Cas des zones arides et chaudes-. Mémoire de magister, Université Mohamed Khider – Biskra, 2016.

BENZAOUI AMEL, Le processus de création d'un habitat individuel de qualité cas de la ville d'Ain Beida, mémoire de magister, Université Badji Mokhtar- Annqaba, 2013.

BENZERARI SELMA, l'évolution des quartiers anciens quels enjeux urbains cas d'étude : la cite – bon accueil-Guelma, mémoire de magister, Université badji mokhtar, 2013.

BERKOUK DJIHED Évaluation du confort thermique et lumineux dans le logement collectif : Étude comparative entre le social et le promotionnel, dans la ville de Biskra, thèse de doctorat, Université Mohamed Khider- Biskra, 2013.

CHAHWANE, L, Valorisation de L'inertie Thermique Pour la Performance Energétique des Bâtiments 'Valuation of Thermal Inertia for the Energy Performance of Buildings'. Thèse de doctorat, université de Grenoble, Grenoble, France. 2011.

développement urbain durable » , Mémoire de Magister(option :urbanisme).

KEHAL K. « Le lotissement résidentiel: enjeux urbanistiques et développement urbain durable : cas de Constantine (entre recherche de la qualité urbanistique et la consommation du foncier). Mémoire de magistère, université de Constantine 1, Constantine ,2006.

LATRECHE SIHEM , Etude et amélioration des performances climatiques de l'enveloppe architecturale en milieux chauds et arides. Cas de l'architecture domestique autoproduite à Biskra, these de doctorat, université, Mohamed Khider , Biskra, 2019.

MAHAYA CHAFIK, Optimisation de la forme urbaine par l'évaluation du potentiel solaire, mémoire de magistère, université Mohamed Khider , Biskra, 2014.

MJELEKH. DALEL, Impact de l'inertie thermique sur le confort hygrothermique et la consommation énergétique du bâtiment, mémoire de magistère, université de Constantine 1, Constantine ,2006.

SAYAD BOUTHEINA : la contribution de la végétation et des plans d'eau pour améliorer le confort climatique dans les espaces extérieurs à Guelma, thèse de doctorat, université 8mai 1945, Guelma,2021.

SEMAHI SAMIR, « Développement d'un modèle d'aide à la décision basé sur la logique floue pour l'optimisation de la conception des logements HPE en Algérie. Thèse de Doctorat, université Mohamed Khider, Biskra, Algérie, 2020.

SRITI LEILA, "Architecture domestique de devenir. Formes usage et représentations, le cas de Biskra " .These de Doctorat , université Mohamed Khider , Biskra, Algérie,2013.

STEPHANE THIERS, Bilans énergétiques et environnementaux de bâtiments à énergie positive. Sciences de l'ingénieur [physics]. École Nationale Supérieure des Mines de Paris Français. NNT : 2008ENMP1959. Pastel-00004692, 2004.

ZEGHICHI H, bien être et santé dans les logements collectif l'exemple de quelque cités de Batna, mémoire de magistère, université Mohamed Khider , Biskra, 2014.

ARTICLES

ANTONIOMARTÍNEZ-MOLINA, ISABELTORT-AUSINA, SOOLYEONCHO, JOSÉ-LUISVIVANCOS.(2016)«Energy efficiency and thermal comfort in historic buildings:Areview ». **Renewable and Sustainable Energy Reviews** 61 ;70–85

ATHMAN OUEHEB, (2015),Les gisements économie d'énergie et des émissions de CO₂ à l'horizon 2050 dans le secteur résidentiel algérien, **Revue des Energies Renouvelables**, Volume 18, Numéro 4, p 667-682.

ATTIA SHADY (2018), a.Net Zero Energy building(NZEB^o) : concepts, frameworks and roadmap for project analysis and implementation. butterworth-heinemann,Elsevier.

BAGLIVO,C.,CONGEDO, P.M, DI CATALDO,M, COLUCCIA, LD, D'AGOSTINO D, (2017). «Envelope design optimisation by thermal modelling of building in warm climat», **energies** 10,1808

BOUKHABLA MOUFIDA, ALKAMA DJAMEL, MOUMMI NOUREDDINE, BOUZAHER SOUMIAD. (2014). « The energy balance behavior in Open Street. Case study city of Biskra, Algeria.». **Energy Procedia** 50 3 – 9 pp 04

BOUZNIT, M., ELAGUAB, M., SELT, M.M., HIMRANE, M., AÏSSAOUI, R. (2022). Climate Change and Agricultural Production in Algeria. In: Leal Filho, W., Manolas, E. (eds) Climate Change in the Mediterranean and Middle Eastern Region. Climate Change Management. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-78566-6_12

CHEN, X, YANG, H, ZHANG, W , (2018). «Simulation based approach to optimize passively designed buildings: case study on tropical architectural form in hot and humid climates», **Renew, Sustain, Energy REV** 82? 1712-1725

CHLELA, F, HUSAUNDEE, A INRADC, REUDERER P, (2009). a new methodology for design of low energy buildingsn **Energ build** 41, 982-990

FEILNER, R., WERNER, F., REHMANN, D., METHNER, F. J., & SCHEUREN, H, (2015). $Q = m c \Delta T$ – Basis for the Regulation of the Mass Transfer for Processes Based on Evaporation. **Chemie Ingenieur Technik**, 87(5), 583-589.

FULVIO ARDENTE¹, MARCO BECCALI¹, MAURIZIO CELLURA, MARINA MISTRETTA. (2011). «Energy and environmental benefits in public buildings as a result of retrofit actions, Renew. Sustain». **Energy Rev.** 15 (1) 460–470.

GOU, S, NIK, V.M, SCATEZZINI, J-L ZHAO, Q, (2018). « passive design optimization of newly-built residential buildings in shanghai for improving indoor thermal comfort while reducing building energy demand». **Energy build.**169, 484-506.

INGY EL-DARWISH, MOHAMED GOMAA. (2017) . Retrofitting strategy for building envelopes to achieve energy efficiency ». **Alexandria Engineering Journal.**

MAHLIA, T. M. I., TAUFIQ, B. N., & MASJUKI, H. H, (2007) .Correlation between thermal conductivity and the thickness of selected insulation materials for building wall. **Energy and Buildings**, 39(2), 182-187.

MARCO A. ORTIZ, STANLEY R. KURVERS, PHILOMENA M. BLUYSSSEN. (2017). « A review of comfort, health, and energy use: Understanding daily energy use and wellbeing for the development of a new approach to study comfort ». **Energy and Buildings** 152 323–335 pp 04.

MICHAELA REIM I, WERNER KORNER 1 BHARAT CHHUGANI1, STEPHAN WEISMANN. (2017). « Correlation between energy efficiency in buildings and comfort of users ». **Energy Procedia** 122 457-462

SAHNOUNE FATIHA, IMESSAD KHALED. (2017). « Analysis and impact of the measures to mitigate climate change in Algeria». **Energy Procedia** 119 98–110

TEBBOUCHE HOCINE, AMMAR BOUCHAIR, SAID GRIMES. « Towards an environmental approach for the sustainability of buildings in Algeria. ». **Energy**

THOMAS R. KARL1, RICHARD W. KNIGHT1, DAVID R. EASTERLING1, AND ROBERT G. QUAYLE. (1996). «Indices of Climate Change for the United States» Cover **Bulletin of the American Meteorological Society**, volume 77, issue2

VOGT, M. R., HOLST, H., WINTER, M., BRENDEL, R., & ALTERMATT, P. P. (2015), Numerical modeling of c-Si PV modules by coupling the semiconductor with the thermal conduction, convection and radiation equations. **Energy Procedia**, p 77, 215-224.

ZHAI, Z.(., ZHANG, Z., ZHANG, W., & CHEN, Q. (2007). Evaluation of Various Turbulence Models in Predicting Airflow and Turbulence in Enclosed Environments by CFD: Part 1—Summary of Prevalent Turbulence Models. **HVAC&R Research**, 13, 853 - 870.

NOTES

Rapport Final – Juillet 2003. BILAN ENERGETIQUE DE LA REGION DE BRUXELLES-CAPITALE 2001

Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement .2003.page 127

The International Conference on Technologies and Materials for Renewable Energy, Environment and Sustainability, TMREES14.

Department of Electrical Engineering, University of Valladolid, 47011 Valladolid, Spain
Department of Statistics and Operational Research, University of Valladolid, 47011 Valladolid, Spain « A statistical mining approach to detect anomalies in energy efficiency of buildings ». Energy and Buildings 110 (2016) 377–386

Revue

ABDOUS, BOUMAZA.M, Investigation sur l'intégration climatique dans la maison traditionnelle du Ksar de Ouargla, Revue science et technologie, revue semestrielle de l'université Mentouri: Constantine N°21, 2004.

GNANSOUNOU E. (2014) , " Energétique du bâtiment ,section de génie civil, 4ème/5ème année " , Faculte d'environnement naturel, architectural et construit énergétique.Ecole polytechnique fédérale de LAUSANNE.

SITE INTERNET

connaissance desenergies.org Microsoft ® Encarta ®2009. © 1993-2008 Microsoft Corporation. Tous droits réservés

google earth, le 20/06/2020

HABITAT - Encyclopædia Universalis

HABITAT - Encyclopædia Universalis

Habitat collectif et semi collectif en Algérie (bessapromotion.com)

http://www.dictionnaire-environnement.com/energie_grise_ID5863.html le 20/06/2019.

http://www.dictionnaire-environnement.com/energie_grise_ID5863.html le 20/06/2019.

<http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/habitat/38777>

http://www.statistiques.developpementdurable.gouv.fr/lessentiel/ar/326/1097/consommation-energetiquebatiments_construction.htm

https://conseils-thermiques.org/contenu/comparatif_materiaux_construction.php

<https://www.connaissancedesenergies.org/fiches-pedagogiques-energies>

<https://www.energystream-wavestone.com/2014/12/mix-energetique-mondial-les-previsions-liea-world-energy-outlook-2014/#:~:text=Afin%20de%20soutenir%20la%20croissance,Japon%20et%20Cor%C3%A9e%20du%20Sud.>

<https://www.google.com/intl/fr/earth>

<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021>

https://www.meteo.dz/resources/uploadedpics/espace_educatif.pdf

IEA (2011) « World energy outlook 2011. Consulté le Septembre 05-10-2012, sur www.iea.org/publications/freepublications/publication/weo2011_web.pdf

Microsoft ® Encarta ®2009. © 1993-2008 Microsoft Corporation. Tous droits réservés.

Site internet de la Plate-forme Maison Passive asbl (www.maisonpassive.be)
<http://environnement.doctissimo.fr/economiser-l-energie/maison-ecologique/Qu-est-ce-qu-une-maison-cologique-.html>.

Www.cnrtl.fr,2018

www.muleta.org

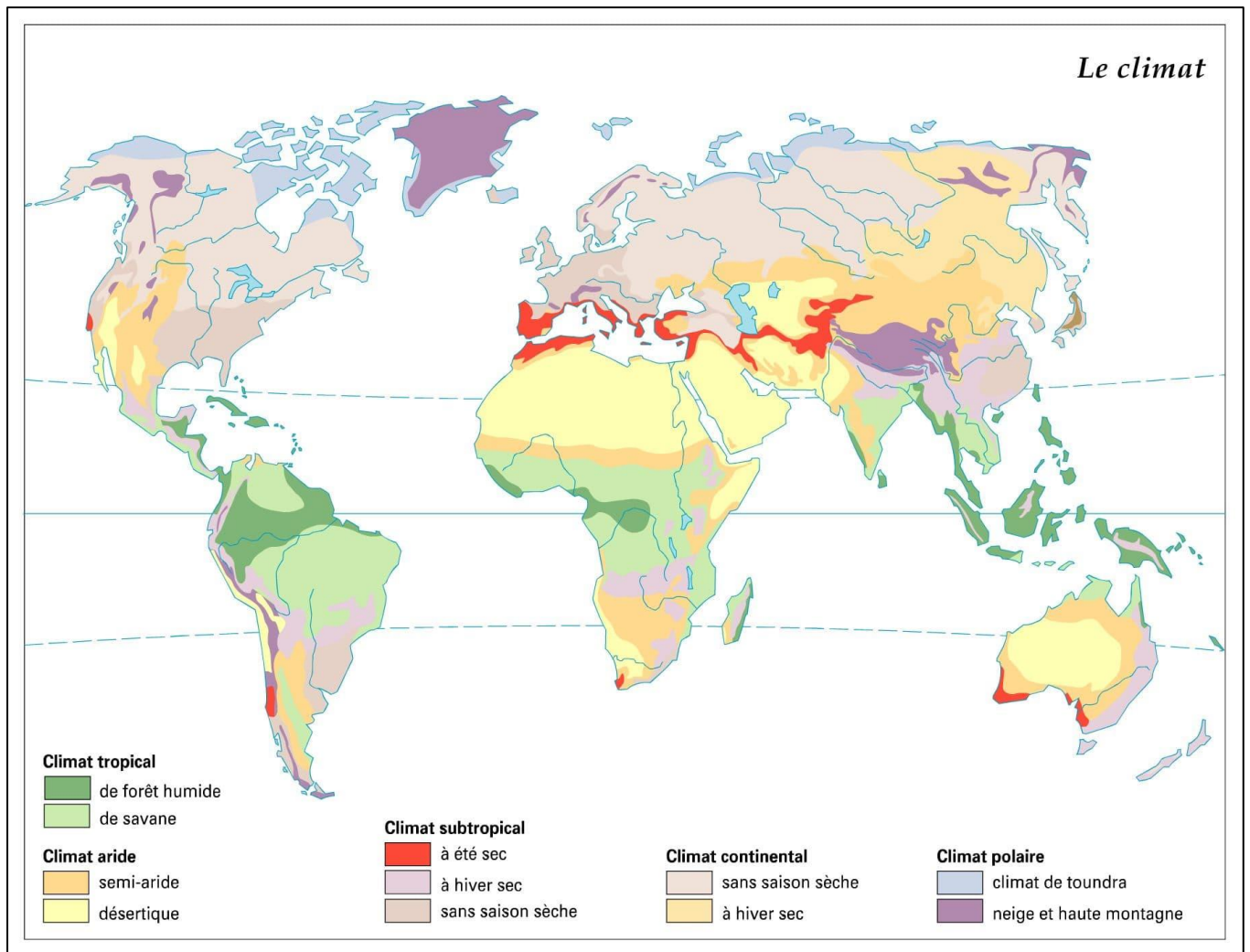
www.picbleu.fr/page/energie-grise-utilisee-cycle-vie-materiau-produit consulté le 13/05/2021

www.rapport-gratuit.com

ANNEXES

ANNEXE N°01 : CLIMAT DANS LE MONDE

(Source : Larousse en ligne)



ANNEXE N°02 : DEFINITION DES CONCEPTS

(Source : ANAH Agence Nationale pour l'Amélioration de l'Habitat, 1995)

Equilibre hygroscopique: les matériaux de construction (brique, pierre, calcaires..), en présence d'air humide, retiennent par échange gazeux une certaine quantité d'humidité. Cet état d'équilibre appelé équilibre hygroscopique, est normal et naturel. Il peut être perturbé et déséquilibré si, lorsque l'air ambiant s'assèche, le mur ne peut restituer convenablement son excès d'humidité pour parvenir à un nouvel équilibre (enduits asphyxiants par exemple).

Facteur solaire: la transparence à l'énergie solaire d'une ouverture dépend du type et nombre de vitrage mis en œuvre, ainsi que de la proportion de clair dans la surface totale. Le facteur solaire représente le rapport entre l'énergie solaire traversant l'ouverture, et l'énergie incidente.

Pont thermique: zone qui crée un point froid sur la face interne d'un mur. Outre l'abaissement de l'isolation de la constriction, il peut induire des phénomènes de condensation dans la maçonnerie ou à l'intérieur des pièces.

Rayonnement froid: phénomène sensitif pouvant se produire même si la température de l'air est suffisante et qui se manifeste par une sensation désagréable à proximité de parois froides, comme une vitre ou un mur froid.

Rayonnement chaud: phénomène sensitif mis en évidence par le fait que l'on peut avoir très chaud sur une piste de ski grâce au "rayonnement" solaire, alors que la température de l'air est très basse, ou encore que l'on a chaud au visage et froid dans le dos, quand on se tient devant un feu de cheminée.

II-2- Correspondance des unités :

II-2-1- Température : (Source: D.T.R, 1998)

Degrés Celcius (°C) anciennement centigrade. Les points de référence sont :

- 0°C température de la glace fondante ;
- 100°C température de l'eau bouillante à la pression atmosphérique normale.

Kelvin (K) unité du système international SI. La graduation est celle de l'échelle Celcius mais la température de la glace fondante correspond à 273.15 K. On obtient donc une température en K à partir d'une température en °C en ajoutant 273.15.

Convection: diffusion de chaleur par des mouvements d'air vers le haut

Facteur solaire

Tableau -1-: Facteur solaire des vitrages spéciaux en simple épaisseur.

| Type de vitrage | Epaisseur (mm) | Fs | | |
|------------------------|-----------------|----------------------|-----------|-----------|
| Verre à vitre : normal | 2 à 3 | 1 | | |
| | Fort | 0.98 | | |
| | épais | 0.96 | | |
| Glace claire ordinaire | 6 | 0.95 | | |
| | 8.6 | 0.92 | | |
| | 10.5 | 0.90 | | |
| | 12 | 0.88 | | |
| Verre absorbant | 5.5 | 0.71 | | |
| Glace absorbante | couleur bronze | 6 | 0.64 | |
| | | 8 | 0.60 | |
| | | 10 | 0.54 | |
| | couleur grise | 6 | 0.65 | |
| | | 8 | 0.60 | |
| | | 10 | 0.55 | |
| | couleur verte | 6 | 0.63 | |
| | | 8 | 0.59 | |
| | | 10 | 0.53 | |
| | Verre coloré | rouge foncé | 3 à 6 | 0.56 |
| | | bleu foncé | 3 à 6 | 0.60 |
| | | gris foncé | 3 à 6 | 0.32 |
| gris-vert | | 3 à 6 | 0.46 | |
| opale vert | | 3 à 6 | 0.43 | |
| opale foncé | | 3 à 6 | 0.37 | |
| ambre | | 3 à 6 | 0.70 | |
| Glaces réfléchissantes | | claires | 6 | 0.72 |
| | 8 | | 0.71 | |
| | 10 | | 0.70 | |
| | bronze | 6 | 0.55 | |
| | | 8 | 0.49 | |
| | | 10 | 0.45 | |
| | gris | 6 | 0.55 | |
| | | 8 | 0.50 | |
| | | 10 | 0.46 | |
| | vert | 6 | 0.53 | |
| | | 8 | 0.49 | |
| | | 10 | 0.45 | |
| | Film réflecteur | sur glace claire | film A 18 | 0.25 |
| | | | film A 33 | 0.42 |
| | | sur glace absorbante | bronze | film A 18 |
| film A 33 | | | 0.41 | |
| grise | | film A 18 | 0.12 | |
| | | film A 33 | 0.21 | |

(Source: DTR. C3-4 Climatisation, 1998)

Tableau -2 : Facteur solaire des vitrages doubles

| Type de vitrage | Epaisseur nominale (mm) | Epaisseur (mm) | | | Fs | |
|--|---|----------------|-----------|------------|------|------|
| | | Glace int | Glace ext | Lame d'air | | |
| Verre clair | 11 | 3 | 3 | 5 | 0.90 | |
| Glace claire | 18 | 6 | 6 | 6 | 0.85 | |
| | 20 | 6 | 6 | 8 | 0.85 | |
| | 24 | 6 | 6 | 12 | 0.85 | |
| | 24 | 6 | 8 | 10 | 0.82 | |
| | 32 | 8 | 10 | 14 | 0.80 | |
| Glace intérieure claire et glace absorbante extérieure: grise vert bronze | 18 | 6 | 6 | 6 | 0.59 | |
| | 24 | 8 | 8 | 8 | 0.52 | |
| | 32 | 8 | 10 | 14 | 0.48 | |
| | 18 | 6 | 6 | 6 | 0.56 | |
| | 24 | 8 | 8 | 8 | 0.51 | |
| | 32 | 8 | 10 | 14 | 0.44 | |
| | 18 | 6 | 6 | 6 | 0.58 | |
| | 24 | 8 | 8 | 8 | 0.52 | |
| | 32 | 8 | 10 | 14 | 0.47 | |
| | Glace intérieure claire et glace réfléchissante extérieure: claire bronze gris vert | 18 | 6 | 6 | 6 | 0.64 |
| | | 24 | 8 | 8 | 8 | 0.60 |
| | | 32 | 8 | 10 | 14 | 0.60 |
| 18 | | 6 | 6 | 6 | 0.44 | |
| 24 | | 8 | 8 | 8 | 0.37 | |
| 32 | | 8 | 10 | 14 | 0.34 | |
| 18 | | 6 | 6 | 6 | 0.45 | |
| 24 | | 8 | 8 | 8 | 0.38 | |
| 32 | | 8 | 10 | 14 | 0.35 | |
| 18 | | 6 | 6 | 6 | 0.43 | |
| 24 | | 8 | 8 | 8 | 0.37 | |
| 32 | | 8 | 10 | 14 | 0.35 | |
| Glace claire extérieure claire et glace réfléchissante intérieure: | | 18 | 6 | 6 | 6 | 0.30 |
| Glace absorbante extérieure et glace réfléchissante intérieure: | | 18 | 6 | 6 | 6 | 0.22 |
| Glace réfléchissante extérieure et intérieure | | 18 | 6 | 6 | 6 | 0.13 |

(Source: DTR. C3-4 Climatisation, 1998)

Facteur d'absorption des rayons solaires à travers une paroi opaque :

Représenté par la lettre α , égale au rapport de l'énergie solaire absorbée par la paroi à l'énergie incidente. Si la paroi ne comporte pas de pare soleil, α est le facteur d'absorption de la surface extérieure de la paroi :

$$q = \frac{K\alpha R}{h_e} \dots\dots\dots 1$$

- Avec K : coefficient de transmission de la paroi
- h_e : coefficient d'échanges thermique extérieur
- R : énergie du rayons solaire.

Le tableau ci-dessous, donne les valeurs de α :

Tableau - 3- : L'ordre de grandeur de α suivant la teinte de la paroi :

| Teinte | Valeur de α |
|--|--------------------------------------|
| Blanc | 0.2 à 0.3 |
| Jaune, orange, rouge claire | 0.3 à 0.5 |
| Rouge sombre, vert clair, bleu clair | 0.5 à 0.7 |
| Brun, vert sombre, bleu vif, bleu sombre | 0.7 à 0.9 |
| Brun sombre, noir | 0.9 à 1 |

(Source : M. Croiset, 1978)

Documents techniques réglementaires de conceptions algériens:

D.T.R -3-4 : Règles de calcul des apports calorifiques des bâtiments Arrêté du 18/08/1997 **Isolation thermique : C T N 39**

Référence : NA 2613

Intitulé : **Isolation thermique – Conditions de transfert thermique et propriétés des matériaux –Vocabulaire. EQV ISO 9251.**

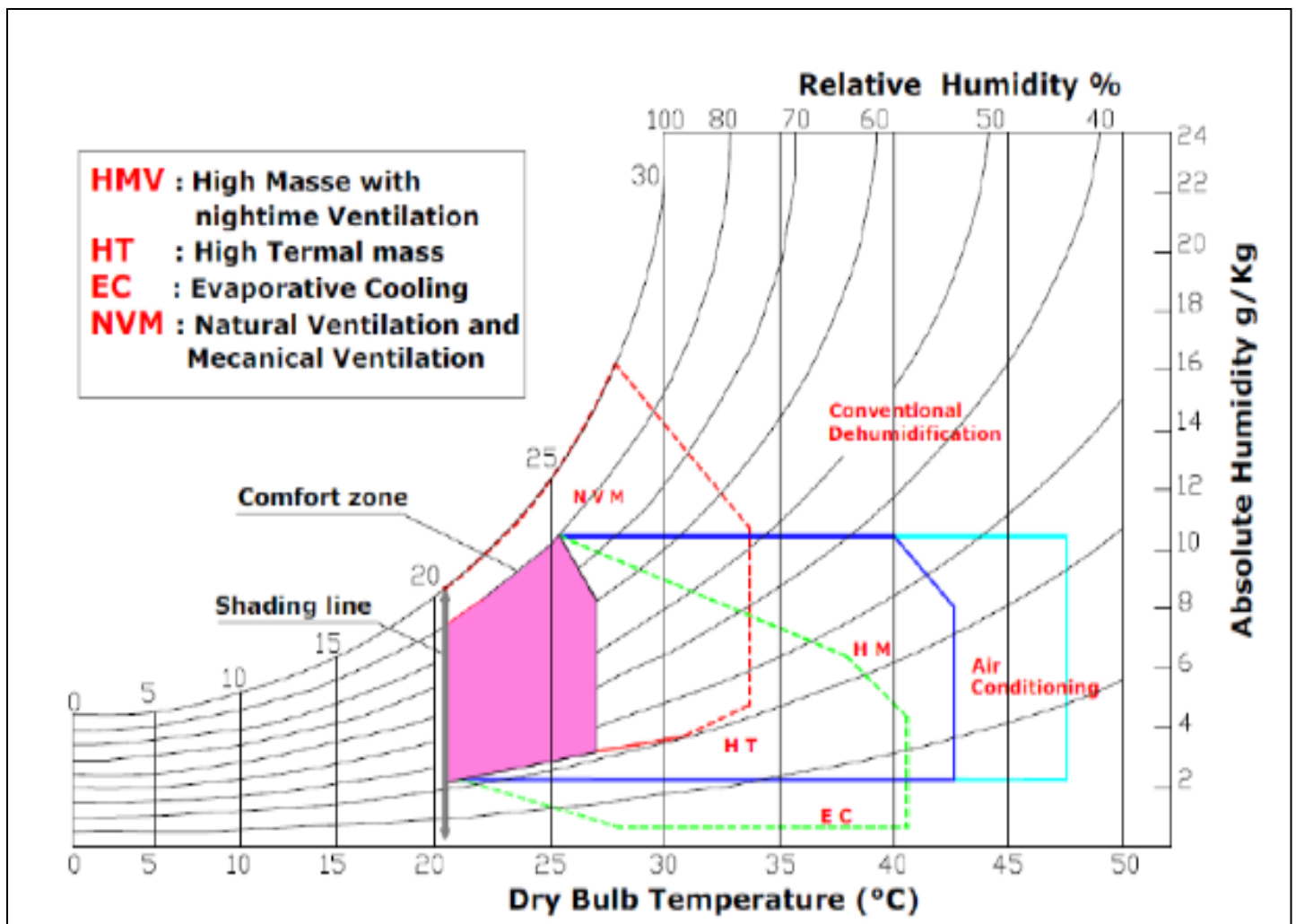
Statut : E

Intitulé : **Confort thermique**

Références : DTU-P 50 .702 à 705. Règles TH-K77. TH –G77

Classe : C3.3

ANNEXE N°03 : Diagramme psychrométrique



ANNEXE N°04

| Année | Mois | tmax(degC) | tmin(degC) | ppt(mm) |
|-------|------|------------|------------|---------|
| 2008 | 1 | 14.49 | 4.12 | 19.8 |
| 2008 | 2 | 15.43 | 4.03 | 14.1 |
| 2008 | 3 | 17.92 | 5.57 | 89.4 |
| 2008 | 4 | 21.91 | 9.95 | 14.5 |
| 2008 | 5 | 25.86 | 13.23 | 71.9 |
| 2008 | 6 | 30.14 | 14.82 | 9.3 |
| 2008 | 7 | 34.92 | 19.53 | 4.7 |
| 2008 | 8 | 34.32 | 19.21 | 10.3 |
| 2008 | 9 | 29.42 | 17.44 | 47 |
| 2008 | 10 | 24.69 | 13.11 | 45.5 |
| 2008 | 11 | 17.85 | 8.48 | 37.2 |
| 2008 | 12 | 13.23 | 4.48 | 74.9 |
| 2009 | 1 | 13.55 | 4.76 | 212.4 |
| 2009 | 2 | 13.95 | 3.21 | 77.7 |
| 2009 | 3 | 16.66 | 5.79 | 78.9 |
| 2009 | 4 | 18.94 | 8.28 | 104.3 |
| 2009 | 5 | 26.02 | 12.43 | 72.4 |
| 2009 | 6 | 31.36 | 15.53 | 0.2 |
| 2009 | 7 | 36.12 | 19.89 | 2.1 |
| 2009 | 8 | 34.42 | 20.1 | 13.8 |
| 2009 | 9 | 27.95 | 16.61 | 64.9 |
| 2009 | 10 | 22.93 | 12.33 | 45.3 |
| 2009 | 11 | 18.66 | 9.11 | 38.9 |
| 2009 | 12 | 15.75 | 7.15 | 77.3 |
| 2010 | 1 | 14.36 | 5.22 | 97.4 |
| 2010 | 2 | 15.7 | 6.19 | 53.8 |
| 2010 | 3 | 17.86 | 7.19 | 66.5 |
| 2010 | 4 | 21.76 | 9.51 | 53.5 |
| 2010 | 5 | 23.72 | 11.62 | 62.1 |
| 2010 | 6 | 29.96 | 14.32 | 26.1 |
| 2010 | 7 | 34.18 | 19.21 | 0.8 |
| 2010 | 8 | 33.78 | 18.74 | 5.3 |
| 2010 | 9 | 28.23 | 16.82 | 24.5 |
| 2010 | 10 | 23.28 | 13.03 | 79.6 |
| 2010 | 11 | 18.46 | 9.17 | 104.8 |
| 2010 | 12 | 15.21 | 5.31 | 45.4 |
| 2011 | 1 | 14.72 | 3.82 | 53.6 |
| 2011 | 2 | 14.4 | 2.92 | 138.2 |
| 2011 | 3 | 17.77 | 5.3 | 75.8 |
| 2011 | 4 | 22.62 | 9.48 | 62.3 |
| 2011 | 5 | 25.02 | 11.86 | 78.8 |
| 2011 | 6 | 29.76 | 14.65 | 13.2 |
| 2011 | 7 | 35.06 | 18.64 | 6.7 |
| 2011 | 8 | 34.77 | 18.37 | 0.9 |
| 2011 | 9 | 30.5 | 17.22 | 22.3 |
| 2011 | 10 | 24.17 | 11.98 | 107.3 |
| 2011 | 11 | 19.52 | 9.76 | 45.8 |

| | | | | |
|------|----|-------|-------|-------|
| 2011 | 12 | 15.09 | 5.09 | 83 |
| 2012 | 1 | 14.76 | 3.24 | 70.7 |
| 2012 | 2 | 12.47 | 0.82 | 137.4 |
| 2012 | 3 | 18.62 | 4.97 | 55.6 |
| 2012 | 4 | 21.76 | 8.85 | 58.1 |
| 2012 | 5 | 26.03 | 11.88 | 11.3 |
| 2012 | 6 | 33.78 | 16.65 | 3.4 |
| 2012 | 7 | 36.15 | 19.15 | 2 |
| 2012 | 8 | 36.32 | 20.03 | 21.1 |
| 2012 | 9 | 29.9 | 16.98 | 37.3 |
| 2012 | 10 | 25.98 | 13.76 | 43.1 |
| 2012 | 11 | 20.33 | 10.85 | 34.6 |
| 2012 | 12 | 15.25 | 5.03 | 40.1 |
| 2013 | 1 | 14.79 | 4.06 | 100.8 |
| 2013 | 2 | 14 | 2.49 | 122.8 |
| 2013 | 3 | 19.42 | 7.14 | 53.7 |
| 2013 | 4 | 22.39 | 8.96 | 46.7 |
| 2013 | 5 | 24.63 | 11.58 | 23.2 |
| 2013 | 6 | 29.42 | 13.26 | 9.7 |
| 2013 | 7 | 34.46 | 18.03 | 4.1 |
| 2013 | 8 | 33.58 | 18.23 | 36.2 |
| 2013 | 9 | 28.95 | 16.78 | 23 |
| 2013 | 10 | 27.76 | 15.48 | 44.3 |
| 2013 | 11 | 18.49 | 8.4 | 127 |
| 2013 | 12 | 15.07 | 4.06 | 62 |
| 2014 | 1 | 15.32 | 4.8 | 80.5 |
| 2014 | 2 | 16.49 | 5.31 | 40.1 |
| 2014 | 3 | 17.44 | 4.81 | 135.7 |
| 2014 | 4 | 22.02 | 8.84 | 21.6 |
| 2014 | 5 | 24.93 | 11.82 | 34 |
| 2014 | 6 | 31.81 | 14.91 | 15.8 |
| 2014 | 7 | 34.06 | 18.13 | 1.7 |
| 2014 | 8 | 34.83 | 18.98 | 1.2 |
| 2014 | 9 | 31.76 | 18.97 | 12.3 |
| 2014 | 10 | 26.54 | 13.88 | 35.5 |
| 2014 | 11 | 21.07 | 11.1 | 30.1 |
| 2014 | 12 | 15.06 | 4.98 | 156.3 |
| 2015 | 1 | 14.67 | 3.02 | 130 |
| 2015 | 2 | 13.49 | 3.07 | 155.6 |
| 2015 | 3 | 17.59 | 5.85 | 83.8 |
| 2015 | 4 | 22.46 | 8.56 | 2.5 |
| 2015 | 5 | 27.35 | 12.92 | 36.3 |
| 2015 | 6 | 31.4 | 14.97 | 6.6 |
| 2015 | 7 | 35.18 | 18.26 | 2.3 |
| 2015 | 8 | 34.72 | 19.61 | 20.2 |
| 2015 | 9 | 30.12 | 17.31 | 33.8 |
| 2015 | 10 | 25.34 | 13.87 | 60.8 |
| 2015 | 11 | 19.33 | 8.89 | 66.2 |
| 2015 | 12 | 15.09 | 4.7 | 6.6 |
| 2016 | 1 | 16 | 5 | 62.2 |

| | | | | |
|-------------|----|------|------|-------|
| 2016 | 2 | 16.8 | 5.8 | 37 |
| 2016 | 3 | 18.2 | 5.5 | 76.1 |
| 2016 | 4 | 23.1 | 9.4 | 47.9 |
| 2016 | 5 | 25.8 | 12.2 | 77.8 |
| 2016 | 6 | 31.4 | 15.1 | 9.4 |
| 2016 | 7 | 34.9 | 18.1 | 0.7 |
| 2016 | 8 | 33.7 | 17.8 | 1.9 |
| 2016 | 9 | 29.5 | 16.8 | 32.6 |
| 2016 | 10 | 27.1 | 14.7 | 23.7 |
| 2016 | 11 | 20 | 9.7 | 50.7 |
| 2016 | 12 | 16.6 | 5.7 | 93 |
| 2017 | 1 | 13.2 | 2 | 117.6 |
| 2017 | 2 | 16.6 | 5.3 | 62.2 |
| 2017 | 3 | 19.6 | 6.4 | 10.7 |
| 2017 | 4 | 21.9 | 8.7 | 35.8 |
| 2017 | 5 | 27.2 | 13.3 | 3.1 |
| 2017 | 6 | 32.9 | 16.7 | 19.9 |
| 2017 | 7 | 36 | 19.5 | 3.1 |
| 2017 | 8 | 36.2 | 20.2 | 0.4 |
| 2017 | 9 | 29.1 | 16.8 | 12 |
| 2017 | 10 | 24.2 | 12 | 55.7 |
| 2017 | 11 | 18.2 | 8.2 | 101.7 |
| 2017 | 12 | 14.2 | 3.9 | 64.3 |

ANNEXE N°05 : Campagne des mesure (dans le cadre de l'évaluation de la satisfaction des habitants vis-à-vis du micro climat intérieur)

critère de choix du cas d'étude

La villa Mokhnache est choisi pour évaluer le confort thermique des habitants selon différentes pièces, orientation, et fonction, aussi le fait que ce soit mon domicile garanti le déroulement de la campagne de mesure sans soucis.

| | | |
|--|--------------------|--|
| Villa Mokhnache | Villa R+2 | |
| Surface totale | 480 m ² | |
| Surface bâtie | 224 m ² | |
| Coefficient d'occupation au sol | 0.46 | |

Tableau. 1 fiche technique cas d'étude

La campagne de mesure s'est déroulée sur 03 jours successives lors de la vague de canicule, Les pièces sujets a l'investigation on était choisi selon l'étage, l'orientations et, l'occupation.

Les plans de la villa dans les tableaux suivants.

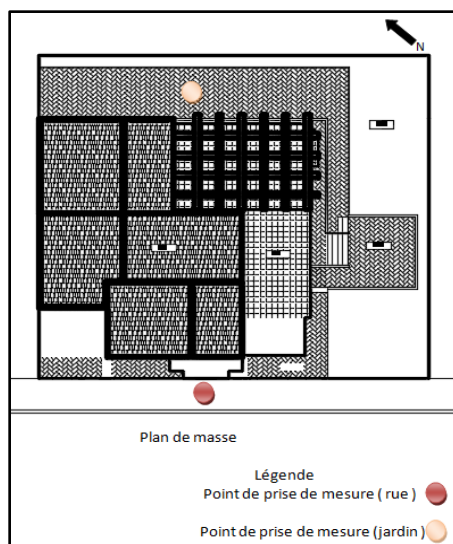


Tableau. 2 point de mesures

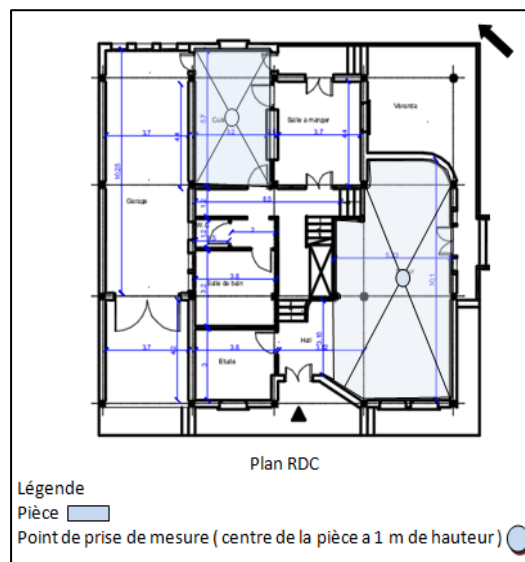


Tableau.3 Plan RDC

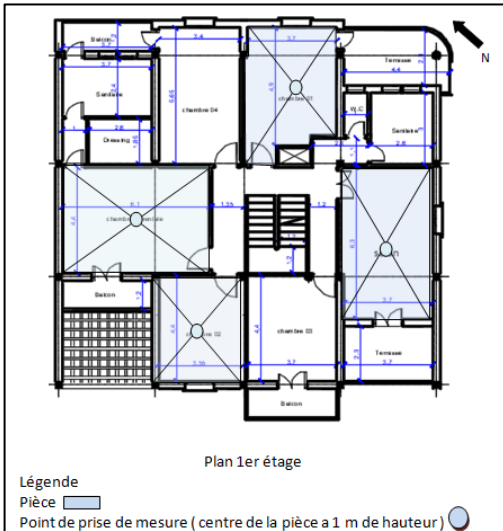


Tableau.4 PLAN 1^{er} étage

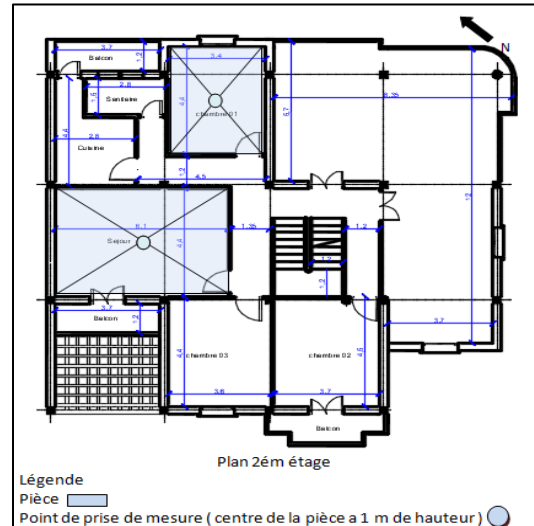


Tableau.5 Plan 2em étage

Matériel utilisé

Le relevait des températures et de l'humidité sont faite par un Thermo-Hygromètres portables étanches HANNA 9564. Fig. 5

La vitesse de l'air était mesuré par un anémomètre a hélice BA16 Trotec.



Fig . 3 Thermo-Hygromètre HANNA 9565



Fig . 6 anémomètre a hélice BA16 Trotec

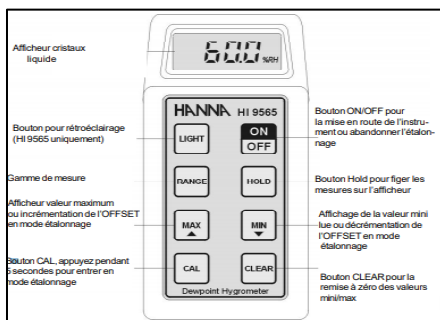


Fig . 7 description fonctionnel HANNA 9565

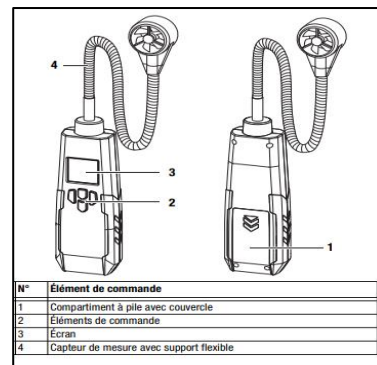
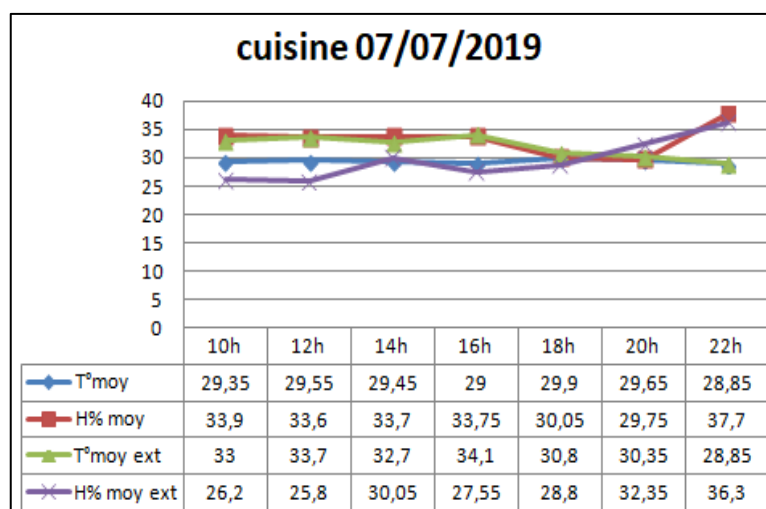
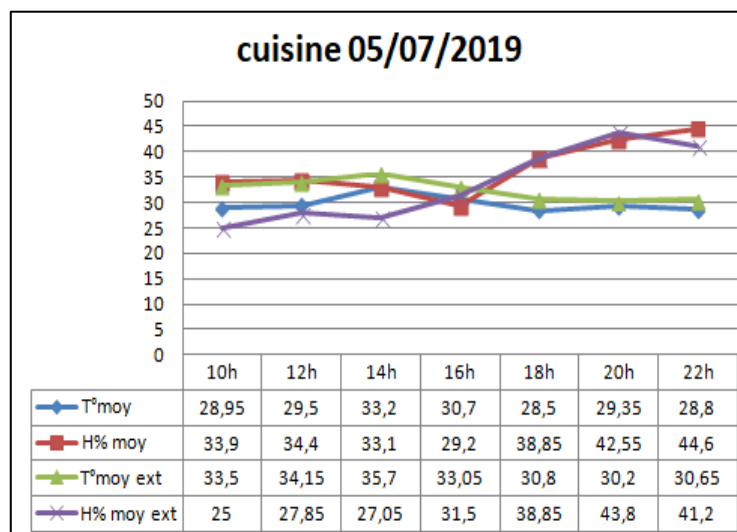
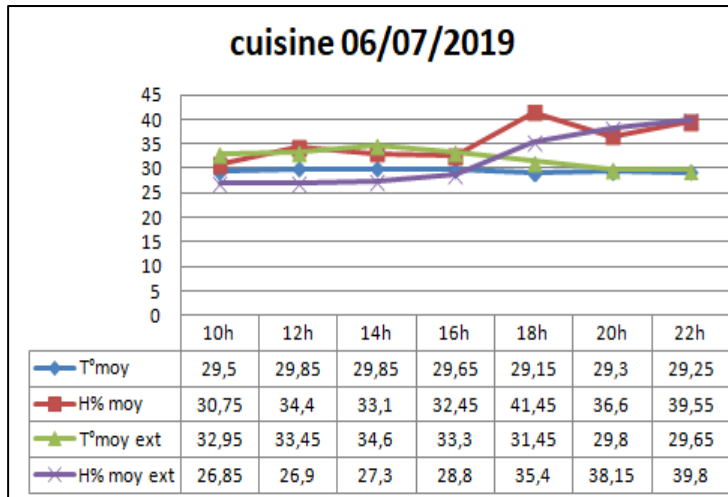


Fig . 8 Description fonctionnelle anémomètre a hélice BA16 Trotec

RESULTATS

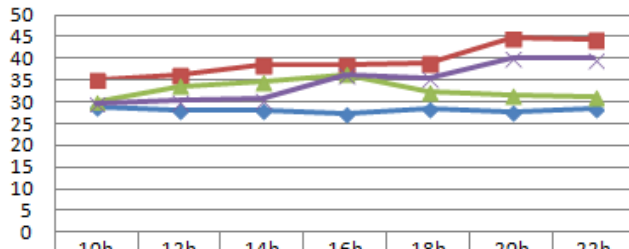
Les résultats de la campagne de mesure sont traduits dans les graphes suivants.

La vitesse d'écoulement de l'air lors de toute la durée de la campagne de mesure est restée constante inférieure à 0.76 m/s car l'anémomètre ne détecte pas le mouvement d'air inférieur à 0.76 m/s.



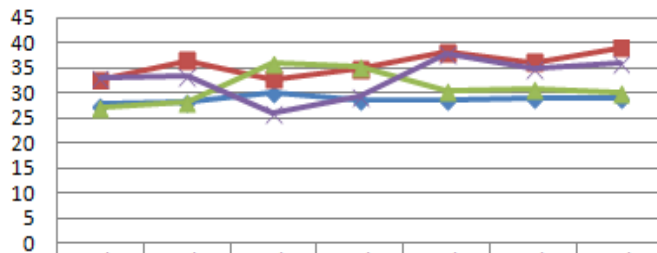
Mesures T°/C et H%/ cuisine

sejour 05/07/2019



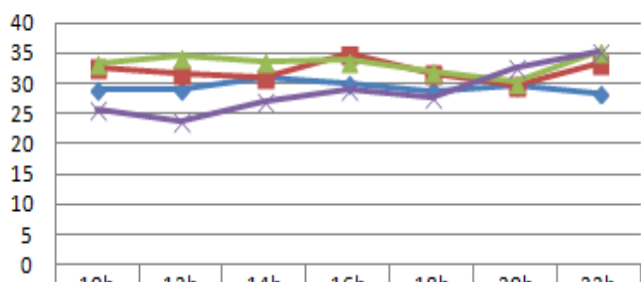
| | 10h | 12h | 14h | 16h | 18h | 20h | 22h |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| —◆— T° moy | 28,75 | 28,05 | 28,2 | 27,35 | 28,5 | 27,7 | 28,4 |
| —■— H% moy | 35,2 | 36,05 | 38,65 | 38,75 | 38,85 | 44,6 | 44,5 |
| —▲— T° moy ext | 30,1 | 33,7 | 34,55 | 36,4 | 32,5 | 31,4 | 31,15 |
| —×— H% moy ext | 29,75 | 30,35 | 30,75 | 36,4 | 35,6 | 40,15 | 39,95 |

sejour 06/07/2019



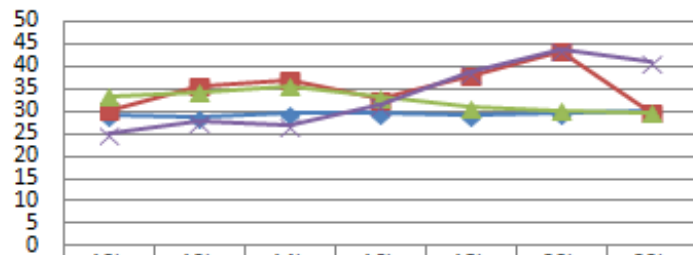
| | 10h | 12h | 14h | 16h | 18h | 20h | 22h |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| —◆— T° moy | 27,65 | 28,35 | 29,95 | 28,7 | 28,65 | 28,95 | 28,9 |
| —■— H% moy | 32,55 | 36,5 | 32,75 | 34,75 | 38,25 | 36,1 | 39 |
| —▲— T° moy ext | 27,1 | 28,25 | 35,8 | 35,3 | 30,55 | 30,9 | 29,95 |
| —×— H% moy | 32,95 | 33,25 | 25,9 | 29,35 | 37,7 | 34,9 | 36,1 |

sejour 07/07/2019



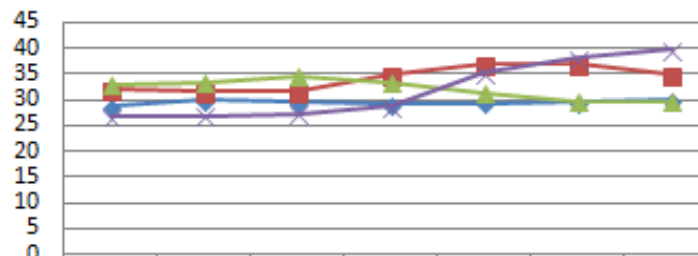
| | 10h | 12h | 14h | 16h | 18h | 20h | 22h |
|----------------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| —◆— T° moy | 29 | 28,9 | 31,1 | 29,9 | 28,8 | 29,75 | 28,4 |
| —■— H% moy | 32,7 | 31,75 | 30,95 | 34,8 | 31,75 | 29,65 | 33,3 |
| —▲— T° moy ext | 33,25 | 34,45 | 33,55 | 33,8 | 31,95 | 30,2 | 35,15 |
| —×— H% moy ext | 25,8 | 23,65 | 26,95 | 29 | 27,85 | 32,5 | 35,15 |

chambre 1 05/07/2019



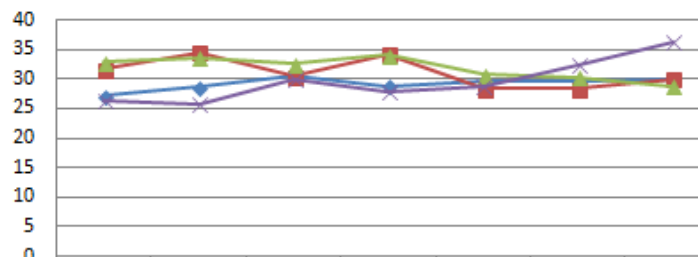
| | 10h | 12h | 14h | 16h | 18h | 20h | 22h |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| —◆— T° moy | 29,25 | 28,6 | 29,4 | 29,65 | 28,95 | 29,65 | 29,95 |
| —■— H% moy | 30,05 | 35,65 | 37,15 | 32,65 | 37,75 | 43,4 | 29,85 |
| —▲— T° moy ext | 33,5 | 34,15 | 35,7 | 33,15 | 30,8 | 30,2 | 29,85 |
| —×— H% moy ext | 25 | 27,85 | 27,05 | 31,5 | 38,85 | 43,8 | 41,2 |

chambre 1 06/07/2019



| | 10h | 12h | 14h | 16h | 18h | 20h | 22h |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| —◆— T° moy | 28,85 | 29,9 | 29,45 | 29,15 | 29,4 | 29,55 | 30 |
| —■— H% moy | 32 | 31,75 | 31,7 | 34,85 | 36,9 | 36,85 | 34,8 |
| —▲— T° moy ext | 32,95 | 33,45 | 34,6 | 33,3 | 31,45 | 29,8 | 29,65 |
| —×— H% moy ext | 26,85 | 26,9 | 27,3 | 28,8 | 35,4 | 38,15 | 39,8 |

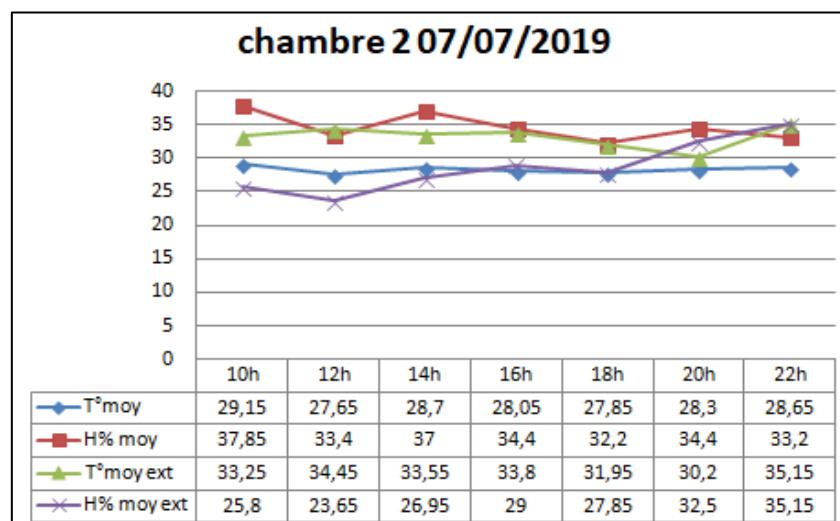
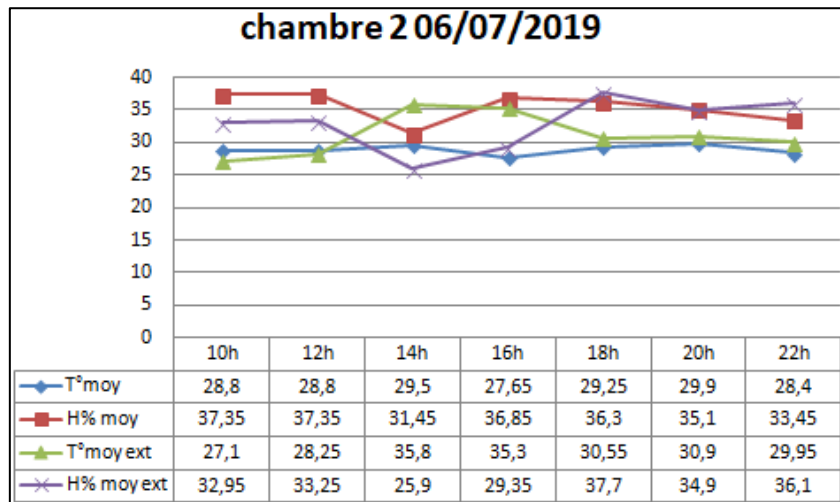
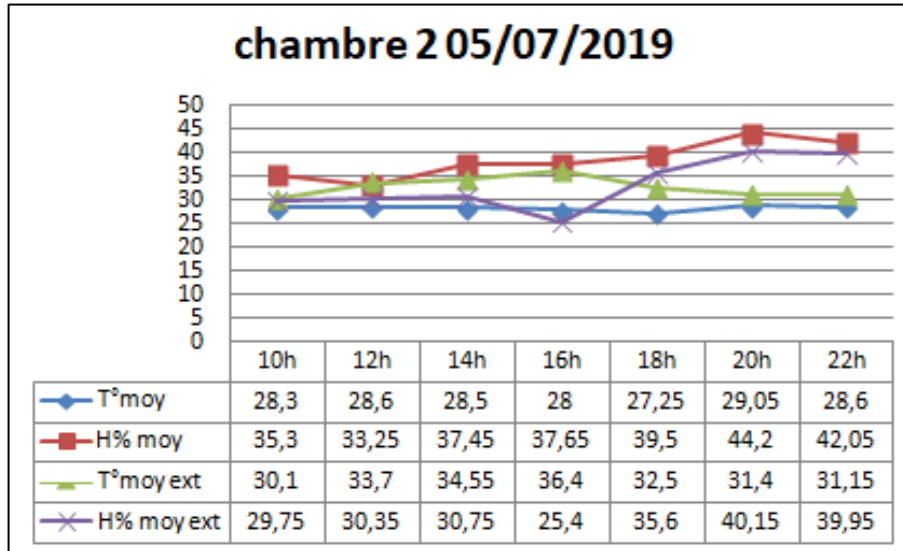
chambre 1 07/08/2019



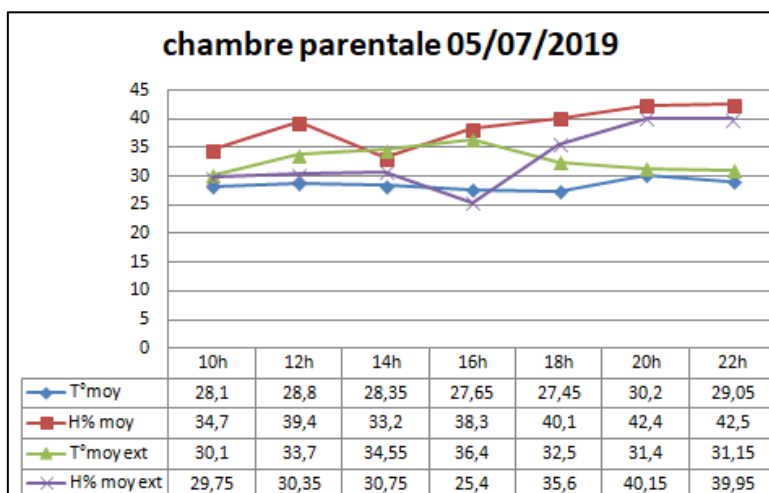
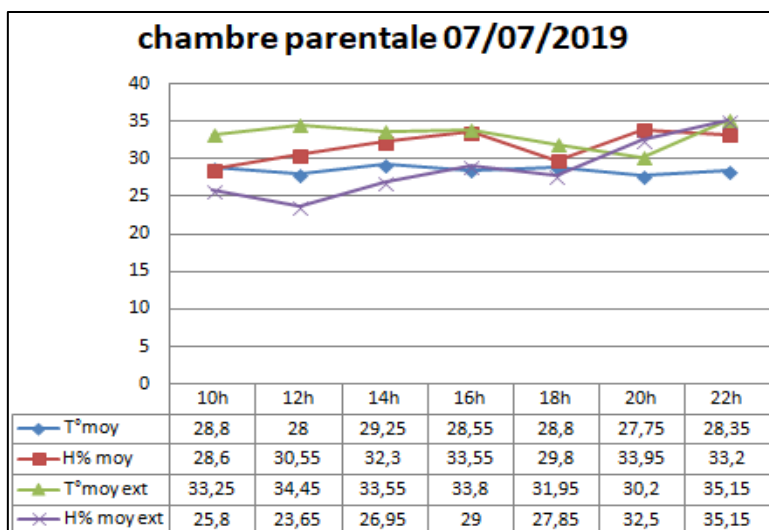
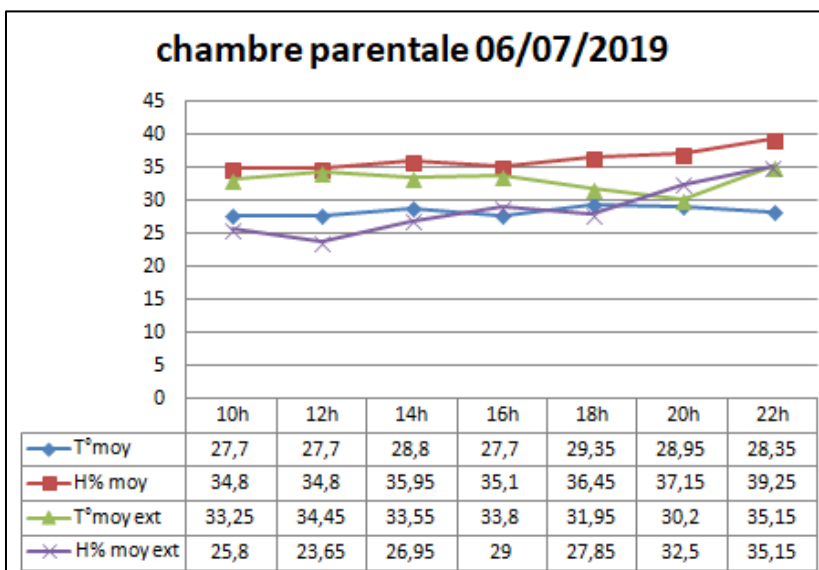
| | 10h | 12h | 14h | 16h | 18h | 20h | 22h |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| —◆— T° moy | 27,15 | 28,65 | 30,4 | 28,8 | 29,7 | 29,5 | 30 |
| —■— H% moy | 31,65 | 34,55 | 30,45 | 34,15 | 28,3 | 28,35 | 30 |
| —▲— T° moy ext | 33 | 33,7 | 32,7 | 34,1 | 30,8 | 30,35 | 28,85 |
| —×— H% moy ext | 26,2 | 25,8 | 30,05 | 27,75 | 28,81 | 32,35 | 36,3 |

Mesures T°/C et H/% chambre 1

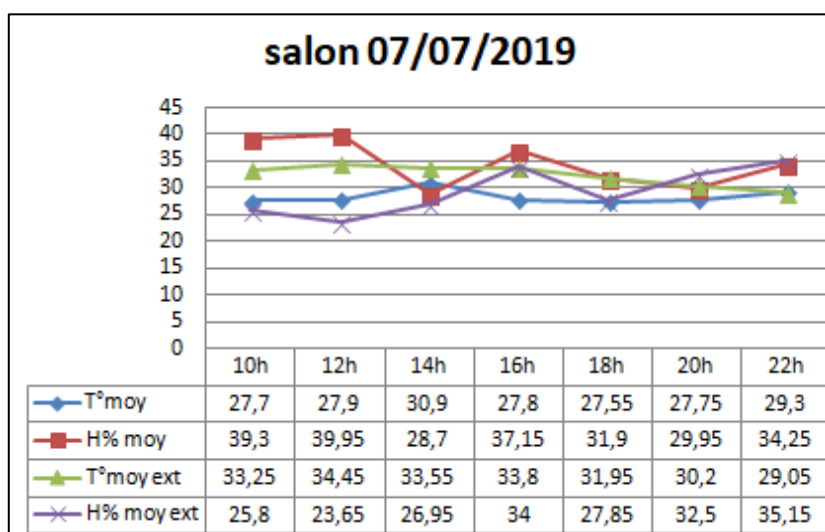
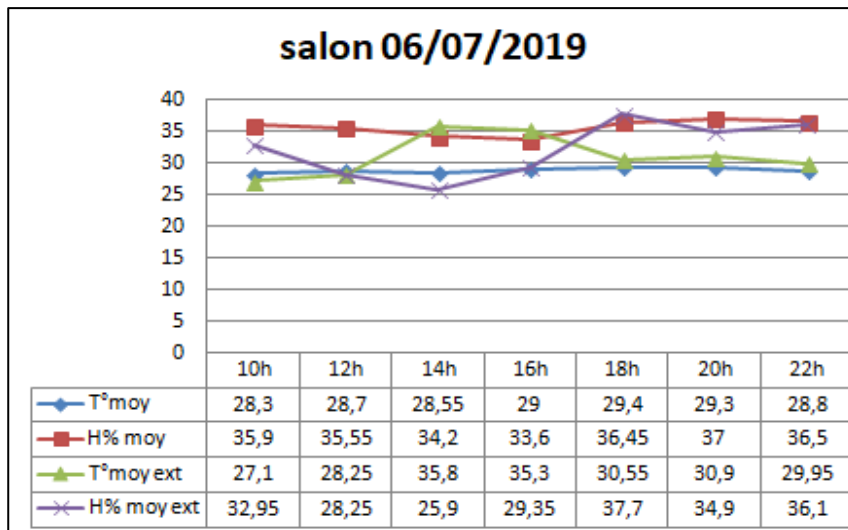
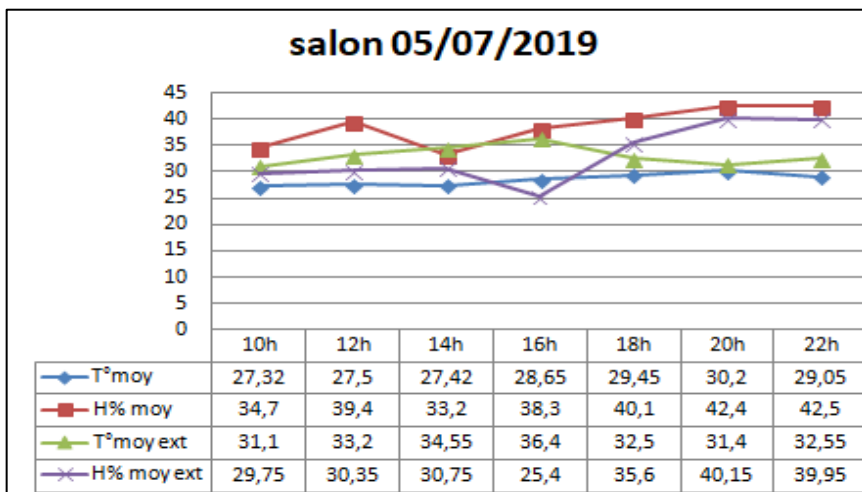
*



Mesures T°/C et H%/ chambre 2

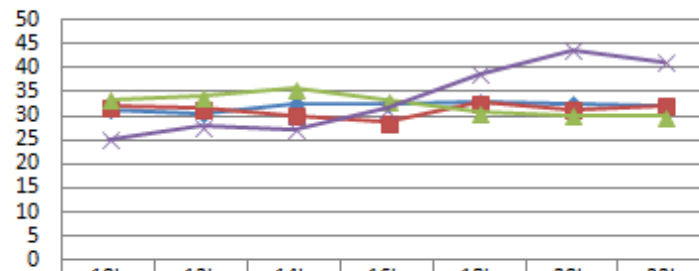


Mesures T°/C et H%/ chambre parentale



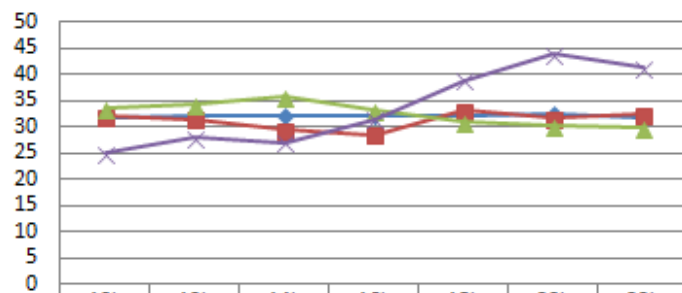
Mesures T°/C et H%/ salon

chambre 1 05/07/2019



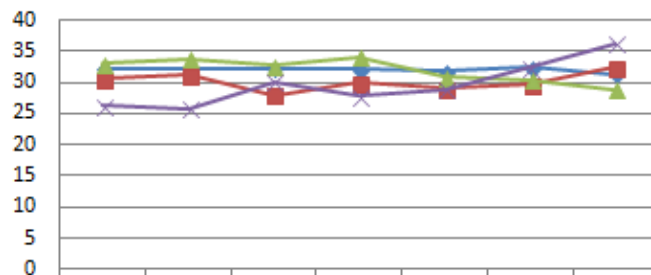
| | 10h | 12h | 14h | 16h | 18h | 20h | 22h |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| —◆— T°moy | 31,25 | 30,6 | 32,4 | 32,65 | 32,95 | 32,65 | 31,95 |
| —■— H% moy | 32,05 | 31,65 | 30,15 | 28,65 | 32,75 | 31,4 | 32,2 |
| —▲— T°moy ext | 33,5 | 34,15 | 35,7 | 33,15 | 30,8 | 30,2 | 29,85 |
| —×— H% moy ext | 25 | 27,85 | 27,05 | 31,5 | 38,85 | 43,8 | 41,2 |

chambre 1 06/07/2019



| | 10h | 12h | 14h | 16h | 18h | 20h | 22h |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| —◆— T°moy | 31,8 | 31,9 | 32,15 | 32,25 | 32,15 | 32,45 | 31,6 |
| —■— H% moy | 32,05 | 31,4 | 29,3 | 28,45 | 33 | 31,6 | 32,4 |
| —▲— T°moy ext | 33,5 | 34,15 | 35,7 | 33,15 | 30,8 | 30,2 | 29,85 |
| —×— H% moy ext | 25 | 27,85 | 27,05 | 31,5 | 38,85 | 43,8 | 41,2 |

chambre 1 07/07/2019



| | 10h | 12h | 14h | 16h | 18h | 20h | 22h |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| —◆— T°moy | 32,25 | 32,15 | 32,3 | 32,15 | 31,75 | 32,4 | 31,35 |
| —■— H% moy | 30,5 | 31,25 | 27,95 | 30 | 29,1 | 29,75 | 32,4 |
| —▲— T°moy ext | 33 | 33,7 | 32,7 | 34,1 | 30,8 | 30,35 | 28,85 |
| —×— H% moy ext | 26,2 | 25,8 | 30,05 | 27,75 | 28,81 | 32,35 | 36,3 |

Mesures T°/C et H/% chambre 1

DISCUSSION

Les résultats de la campagne de mesure révèlent que la vitesse d'écoulement d'air est inférieure à 0.76 m/s et comprise dans la zone de confort 0.2m/s, les taux d'humidité intérieure sont compris dans les limites de la zone de confort définies par Givoni 1986, ($T^{\circ} 20^{\circ}\text{C}/27^{\circ}\text{C}^{\circ}$) (H 20M%-80%) le taux minimum est de 23.65% à 12h le 07/07/2019 à la chambre parentale, et le taux maximum est de 44.6% à 22h le 05/07/2019 en cuisine, quand à la température c'est toujours au-delà de la température de la zone de confort avec un minimum de 27.10°C à 10h au séjour RDC le 06/07/2019, tandis que le maximum est à 34.4°C à 18h le 07/07/2019 au séjour 2^{em} étage.

Généralement les températures les plus fraîches sont notées au RDC tout d'abord car le sol participe au rafraîchissement de l'air, mais aussi car l'air chaud est plus lourd que l'air frais, c'est pourquoi le RDC est l'étage le plus frais, et les températures les plus élevées sont notées au 2^{em} étage, puis dans la chambre 1 au 1^{er} étage en raison de l'orientation plein ouest mais aussi à cause du plafond exposé au rayonnement solaire car au dessus il s'agit d'une terrasse accessible.

Pour améliorer les conditions thermiques les habitants ont recours aux climatiseurs dont l'utilisation varie selon l'activité anthropique. Tableau 6

| ETAGE | PIECE | HORRAIRE USAGE | REMARQUE |
|-----------------------------|-------------------|---------------------------------|--|
| RDC | Cuisine | / | Le taux d'insatisfaits est à 100%, car tout le habitant atteste une situation d'inconfort et estime qu'il est impossible d'utiliser les espaces de vie sans les climatiseurs pour réguler la température 25°C au salon, 24°C à la chambre 1, et 22°C à la chambre 2. |
| | Séjour | 16h-19h rare | |
| 1^{ER} ETAGE | Chambre 1/2 | 00h-12h 15h-17h Quotidien | |
| | Chambre parentale | 23h-07h Quotidien | |
| | Salon | 13h-19h 22h-10h | |
| 2^{EM} ETAGE | Séjour | 22h-09h rare | |
| | chambre 1 | / | |