

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Mémoire de Master

Présenté à l'Université 08 Mai 1945 de Guelma

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département d'Architecture

Spécialité : Architecture

Option : Architecture Écologique

Présenté par : BOURAS Amira

Titre :

**Évaluation de la performance énergétique d'un bâtiment
social.**

Cas d'étude : la cité 100 logement à Bendjerrah

Sous la direction de : DECHAICHA Assoule

Juin 2017




Dédicaces

Je dédie ce mémoire spécialement :

A ma mère et mes frères dont les sacrifices consentis à l'égard de mon éducation, de ma profonde reconnaissance et mes profond respect

A tous mes amis

A toute ma promotion...





Remerciements

Tout d'abord merci à DIEU qui m'a donné tout le courage et la volonté pour terminer ce travail.

Je tiens à exprimer mon immense et profonde gratitude à toutes celles et tous ceux qui ont de près de loin contribué à l'élaboration de ce modeste travail, et en particulier :

Mon promoteur : *Dechaicha Assoule*, pour sa direction éclairé, sa disponibilité, sa patience et pour la précieuse aide scientifique qu'elle m'a promulguée tout au long de ce travail,

A tous les enseignants de la faculté d'architecture et d'urbanisme, pour les efforts louables qu'ils ont déployés durant notre formation et plus spécialement :

En fin je tiens à remercier tous ceux qui contribué de près ou loin à l'élaboration de ce travail.

Résumé :

Le contexte énergétique et environnemental mondial enregistré depuis le début de XXe siècle est marqué par un déséquilibre frappant entre une production énergétique dépendante des sources épuisables et une consommation en forte évolution. Le secteur du bâtiment est l'un des principaux consommateurs d'énergie et l'un des principaux émetteur des gaz à effet de serre (GES) dans le monde.

À cet égard, et face à ces enjeux planétaires, ce secteur est censé être inscrit dans les alternatives apportées par le développement durable notamment les tendances écologiques qui mettent en valeur la performance énergétique des bâtiments.

En Architecture, la démarche HPE constitue une alternative écologique qui vise à concevoir des bâtiments plus adaptés avec leurs environnements climatiques et physiques en offrant des conditions de confort passives et moins consommatrices d'énergie.

À travers cette recherche, nous essayerons de mettre en exergue les qualités énergétiques des logements sociaux, notamment dans la région de Guelma, par le biais d'une méthodologie plus appropriée en s'appuyant sur les techniques et les outils offertes par la simulation architecturale.

Mots clés : Environnement, architecture écologique, consommation énergétique, performance énergétique, logement social.

Summary :

The global energy and environmental context recorded since the beginning of the twentieth century is marked by a striking imbalance between an energy production dependent on exhaustible sources and a consumption in strong evolution. The building sector is one of the largest energy consumers and one of the largest emitters of greenhouse gases (GHGs) in the world.

In this respect, and faced with these global challenges, this sector is supposed to be included in the alternatives brought by sustainable development, in particular ecological trends that highlight the energy performance of buildings.

In Architecture, the HPE approach is an ecological alternative that aims to design buildings more adapted with their climatic and physical environments by offering passive comfort conditions and less energy consuming.

Through this research, we will try to highlight the energy qualities of social housing, in particular in the Guelma region, through a more appropriate methodology, using the techniques and tools offered by architectural simulation.

Key words: Environment, ecological architecture, energy consumption, energy performance, social housing

ملخص:

يتم وضع علامة على الطاقة العالمية والسياق البيئي منذ بداية القرن العشرين اختلال صارخ بين المصادر غير المتجددة لإنتاج الطاقة التي تعتمد وجود اتجاه قوي في الاستهلاك. قطاع البناء هو المستهلك الرئيسي للطاقة وباعت كبير لغازات الدفيئة في العالم.

في هذا الصدد، ومواجهة هذه التحديات العالمية، من المفترض أن تكون جزءا من البدائل التي التنمية المستدامة بما في ذلك الاتجاهات البيئية التي تسلط الضوء على أداء الطاقة في المباني والصناعة.

في الهندسة المعمارية، وعملية *HPE* هو بديل صديقة للبيئة والتي تهدف لتصميم المباني أكثر ملاءمة مع البيئات المناخية والمادية من خلال توفير ظروف الراحة السلبية وأقل استهلاكاً للطاقة.

من خلال هذا البحث، ونحن نحاول تسليط الضوء على الصفات الحيوية من السكن الاجتماعي، وخاصة في منطقة قادمة من خلال منهجية أكثر المناسبة بناء على التقنيات والأدوات التي يقدمها محاكاة المعمارية.

كلمات البحث: البيئة والعمارة الخضراء، واستهلاك الطاقة، وكفاءة الطاقة، والإسكان الاجتماعي

Table des matières

Dédicaces.....	i
<i>Remerciements</i>	ii
Résumé :.....	iii
Summary :	iv
ملخص:.....	v
Liste des tableaux :.....	I
Liste des figures :	III
INTRODUCTION GENERALE :.....	7
Problématique :	9
Questions de recherche :.....	9
Hypothèses :.....	9
Objectifs de l'étude :	10
Structure de mémoire :.....	10
Méthodologie de travail :.....	11
PREMIERE PARTIE : PREALABLES THEORIQUES	12
CHAPITRE I : LA CONSOMMATION ENERGETIQUE : CONTEXTE ET ENJEUX.....	13
I.1. Introduction :	13
I.2. La consommation mondiale de l'énergie.....	14
I.2.1. Contexte :	14
I.2.1.1. Par type d'énergie :	16
I.2.1.2. Par secteur :.....	16
I.2.2. Les conséquences environnementales : le réchauffement climatique :.....	17
I.2.2.1. Définition :	17
I.2.2.2. Les causes du réchauffement planétaire	20
I.2.2.3. Les conséquences du réchauffement planétaire	22
I.3. La consommation énergétique en Algérie :.....	27
I.3.1. Par produit :.....	28
I.3.1. Par secteur :.....	28
I.4. Les enjeux :	29
I.4.1. Le sommet de la terre à Rio :	29
I.4.2. Le protocole de Kyoto :	30

I.4.3. Le sommet de Copenhague :.....	31
I.5. Conclusion :.....	32
CHAPITRE II : VERS UNE ARCHITECTURE À HAUTE PERFORMANCE ENERGETIQUE « HPE »	34
II.1. Introduction :	34
II.2. Evolution des bâtiments performants :.....	35
II.3. Réglementations et labels :.....	36
II.3.1. Les réglementations thermiques :	36
II.3.2. Les labels de performance énergétique :	42
II.3.2.4. Les labels français :	47
II.3.2.5. Des Labels Globaux (plus larges) :.....	49
II.3.2.6. Les bâtiments performants :	50
II.4. Conclusion :	56
Deuxième PARTIE : État de l’art et application	57
Chapitre III : Outils et méthodes.....	58
III.1. Introduction :	58
III.2. L’architecture bioclimatique :	59
III.2.1. Définition :	59
III.2.2. Principes de l'architecture bioclimatique.....	60
III.2.3. Les paramètres qui se rapportent à la conception architecturale :.....	62
III.3. Simulation et interprétation des résultats.....	67
III.3.1. Introduction	67
III.3.2. Méthodologie du travail	67
III.3.3. Simulation	67
III.3.4. Présentation de l’outil TRNSYS :	69
III.3.7. Critères du Choix de TRNSYS :	70
III.2. Cas d’étude et application :	70
III.2.1. Présentation Du bâtiment examiné.....	70
III.2.2. Présentation du logement type :	71
III.2.3. Caractéristiques thermo physiques des matériaux	72
CHAPITRE IV : PROJET D’INTERVENTION : ANALYSE, PROGRAMMATION ET PROPOSITION	75
IV.1. Introduction :	75
IV.2. Analyse des exemples :	76
IV.2.1. L’exemple livresque: Cambridge :.....	76

Les plans:.....	76
IV.2.2. L'étude du confort :.....	77
IV.2.3. Les organigrammes (spatial-fonctionnel) :	78
IV.2.4. Programme :.....	79
IV.2.5. Analyse de site :	80
Analyse du terrain:	80
L'accessibilité :	81
Autres ruelles :	81
IV.2.6. Etude du projet :.....	82
Présentation:	82
Hiérarchisation des espaces :.....	82
IV.2.7. Programme :.....	83
IV.2.8. Programme retenu :.....	84
IV.2. Présentation de la commune de Bendjerrah :.....	85
IV.2.1. Aperçu historique :.....	85
IV.2.2. Evolution urbanistique de Ben Djerrah centre :.....	86
IV.2.3. Ben Djerrah dans quelque chiffre :	86
IV.2.4. Contexte géotechnique :.....	87
IV.2.5. Géologie et géomorphologique :.....	89
IV.2.6. Hydrographie :	90
IV.2.7. Occupation du sol.....	90
IV.2.8. Typologie et état de l'habitat :	91
IV.3. Analyse de terrain :	92
IV.3.1. Présentation et limitation de terrain :	92
IV.3.2. Analyse du milieu physique du site :	92
IV.3.2. La Climatologie :	93
CONCLUSION GENERALE :.....	97
Bibliographie :.....	99

Liste des tableaux :

Tableau 1 Consommation finale d'énergie par secteur dans le monde en 2012 (d'après données du Key World Energy Statistics 2014).....	17
Tableau 2 consommation nationale par agrégat (Source: Minister de l'énergie Bilan énérgitique 2014).....	27
Tableau 3 Surface du vitrage selon l'orientation Source: Andy. L (2009)	65
Tableau 4: des caractéristique des matériaux de construction du bâtiment (Source: auteur) .	73
Tableau 5: les facteur qui nous avons prendre en considération dans la simulation (Source: auteur).....	73
Tableau 6: source http://wilaya-guelma.org/wp-content/themes/Guelma/Map/thumbnails/IMG_MAP/BenDjerrah.pdf	86

Liste des graphs :

Graph 1: Consommation énergétique pour chauffage et climatisation (Source: auteur).....	73
Graph 2: pourcentage des pentes de terrain (Source: POS 33)	89
Graph 3: graph de température (source: station météorologique de Belkhir)	93
Graph 4: graph d'humidité (Source: station météorologique de Belkhir)	94
Graph 5: graph de précipitation (source : station météorologique de Belkhir)	94
Graph 6: graph d'insolation (source: station météorologique de Belkhir).....	95

Liste des figures :

Figure 1: Shéma de structure de mémoire (Source: Auteur).....	10
Figure 2 La consommation d'énergie finale dans le monde en 2012 avoisine 9 milliards de tonnes d'équivalent pétrole (d'après Key World Energy Statistics 2014, AIE).....	14
Figure 3 Exprime la taille de la pétroliers de classe Suezmax	14
Figure 4 Evolution de la consommation d'énergie par région (d'après données AIE)	15
Figure 5 Consommation d'énergie par personne en 2012 (©Connaissance des Énergies, d'après Key World Energy Statistics 2014, AIE).....	15
Figure 6 Evolution de la consommation mondiale énergétique entre 1990 et 2035 par type d'énergie en quadrillion Btu (prévisions) (source : The International Energy Outlook (EIA) 2011).....	16
Figure 7 Une représentation schématique et simplifiée des échanges d'énergie dans l'espace, l'atmosphère terrestre et la surface de la Terre. Créé par Robert A. Rohde et traduit en français par nico @ nc	18
Figure 8 Graphique des anomalies ¹ des températures globales moyennes de surface par rapport à la moyenne 1951-1980.(Source: NASA Goddard Institute for Space Studies).....	19
Figure 9 Structure de la consommation nationale d'énergie (Source : Minister de l'energie Bilan énergitique 2014).....	28
Figure 10 Structure de la consommation finale par produit (Source: Minister de l'energie Bilan énergitique 2014).....	28
Figure 11 Structure de la consommation finale par secteur (Source: Minister de l'energie Bilan énergitique 2014).....	29
Figure 12 Participation au protocole de Kyoto en janvier 2011, (Source: Kyoto_Protocol_participation_map_2009.png).....	31
Figure 13 l'évolution des approches architecturales des bâtiments performants (source : auteur).....	36
Figure 14: Shéma Evolution des différentes Règlementations Thermiques française (Source: http://www.cfbp.fr/gpl-maitrise-de-l-energie/reglementation-thermique-n261).....	40
Figure 15Shéma Evolution des différentes Règlementations Thermiques française (Source: http://www.cfbp.fr/gpl-maitrise-de-l-energie/reglementation-thermique-n261).....	41

Figure 16 Principes de la conception et techniques constructifs d'un bâtiment passif (source : http://www.ddmagazine.com/20080226167/maisons-passives-les-labels-et-normes-de-construction.html	43
Figure 17 les principes de label MINERGIE (source : http://www.cimesconseil.fr/?page_id=125)	44
Figure 18 Exigences des standards Minergie® et Minergie®-P (Source : https://chavesalmeidafabio.wordpress.com/author/lanthemannxavier/)	46
Figure 19 évolution des bâtiments Net-Zéro énergie aux Etats-Unis (source : https://www.google.dz/search?q=progression+to+full+ZEH&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjz84SSnLnUAhUHsxQKHecZkQ_AUICigB&biw=1366&bih=638#imgrc=Msy5EF4SkEhEhM)	47
Figure 20 Comparatif des consommations d'énergie des différents labels et du parc existant (Source : MINERGIE, 2012)	49
Figure 21 Des logements sociaux BBC-Effinergie à la commune de La terrasse. (Source : MAES P. 2010)	51
Figure 22 : Maison passive de démonstration a Héricourt en french-comté entre Belfort et Montbéliard (source : http://passion-passive.com/maison-de-demonstration-en-franche-comte	51
Figure 23 shema d'une maison passive (source : http://maisonspassives.net/fonctionnement-maison-passive/).....	52
Figure 24 : Comparaison entre les indices de performance énergétique en kwh/m2.an (source : http://www.logic-immo.be/fr/nouvelles-immo/maison-passive-1715.html	52
Figure 25 maison "zero energy" (source : RUELLE, F., 2008).....	54
Figure 26 Logements collectif à énergie positive à Freiburg. Allemagne. (Source : THIERS Stéphane, 2008).....	54
Figure 27 Illustration de quelques principes d'architecture bioclimatique (implantation et organisation spatial) (source : LIEBARD A. et DE HERDE A.2005)	55
Figure 28 les trois éléments de l'architecture bioclimatique (Source : Emmanuel Boutet 2007)	59
Figure 29 Analyse énergétique des formes de base de la construction	63
Figure 30 Zonage bioclimatique pour les différents espaces d'une maison. Source:	64
Figure 31 Effet de vent sur la ventilation naturelle, Source : L'Institut de l'énergie et de l'environnement de la Francophonie (2008)	66

Figure 32 Effet de cheminée, Source : L’Institut de l’énergie et de l’environnement de la Francophonie (2008)	66
Figure 33: photo de logiciel TRNSYS 17 (Source: tnsys.com)	69
Figure 34 Photo d'entré du bloc (Source : Auteur).....	70
Figure 35 Vue en plan du logement étudiant, (Source : Auteur)	71
Figure 36 Détail A séparation un mur de 30 cm pour séparions extérieur (Source : Auteur)..	71
Figure 37 Détail B séparation un mur de 10 cm pour séparions intérieur (Source : Auteur) ..	72
Figure 38 Classement du logement cas d'étude selon label HPE (Source : auteur)	74
Figure 39 Figure 1 Organigramme fonctionnel.....	78
Figure 40 Organigramme spatial.....	79
Figure 41 Cité E.N.A. V.A.....	80
Figure 42 les précipitations Source: (météo MSN, 2006	80
Figure 43 plan de masse	82
Figure 44 Crédits à Reda Kerbouche	85
Figure 45: source http://wilaya-guelma.org/wp-content/themes/Guelma/Map/thumbnails/IMG_MAP/BenDjerrah.pdf	86
Figure 46: source http://wilaya-guelma.org/wp-content/themes/Guelma/Map/thumbnails/IMG_MAP/BenDjerrah.pdf	87
Figure 47: source http://wilaya-guelma.org/wp-content/themes/Guelma/Map/thumbnails/IMG_MAP/BenDjerrah.pdf	87
Figure 48: source http://wilaya-guelma.org/wp-content/themes/Guelma/Map/thumbnails/IMG_MAP/BenDjerrah.pdf	87
Figure 49: source http://wilaya-guelma.org/wp-content/themes/Guelma/Map/thumbnails/IMG_MAP/BenDjerrah.pdf	87
Figure 50: source http://wilaya-guelma.org/wp-content/themes/Guelma/Map/thumbnails/IMG_MAP/BenDjerrah.pdf	87
Figure 51: source http://wilaya-guelma.org/wp-content/themes/Guelma/Map/thumbnails/IMG_MAP/BenDjerrah.pdf	87
Figure 52 la carte hydrographique de Bendjerrah	90
Figure 53: Etat dégradé des anciennes constructions	91
Figure 54: Etat moyen à dégradé.....	91
Figure 55: Auto construction.....	91
Figure 56: Habitat individuel planifié	91
Figure 57: Habitat collectif fraîchement réalisés	92

Figure 58: Situation de terrain d'étude par rapport à Bendjerrah (Source: Auteur ala base d'image google Earth).....	92
Figure 59 : La rose du vent dans les 4 saisons de la wilaya de Guelma (Météonorm 7 + Climat Consiltant 6)	95
Figure 60: diagramme ombrothermique.....	96
Figure 61: Diagramme bioclimatique de Givoni (Source: auteur).....	96

INTRODUCTION GENERALE :

L'énergie est un facteur déterminant pour la survie des sociétés et elle est indispensable à la satisfaction des besoins quotidiens, parce qu'elle est exploitée presque par toutes les activités humaines pour assurer le développement économique et sociale.

En effet, cette énergie est majoritairement basée sur les combustibles fossiles (gaz, pétrole et charbon), ces énergies ne sont pas renouvelables et sont appelées à s'épuiser à moyen terme. Ainsi, ces énergies fossiles émettent des gaz responsables de l'accroissement avéré de l'effet de serre et des changements climatiques qui représentent, sans aucun doute, les plus grands enjeux de l'humanité.

Le monde entier est confronté à une augmentation de la consommation énergétique d'une façon accrue depuis plusieurs décennies. Cette augmentation remet fondamentalement en cause les modèles économiques qui sont tributaires pour son développement d'une quantité colossale d'énergie. Cette énergie reste dans l'écrasante majorité, d'origine fossile donc non renouvelable.

Des bilans alarmants ont été enregistrés durant ce dernier siècle suite aux consommations excessives des ressources naturelles ainsi que la dégradation de l'environnement. En effet, des conséquences néfastes ont été prouvées. Selon le GIEC (Groupement Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat ou IPCC en anglais), le réchauffement planétaire ou le réchauffement climatique, qui se définit comme étant l'augmentation de la température moyenne des océans et de l'atmosphère, à l'échelle mondiale et sur plusieurs années, est une conséquence directe.

Après le choc pétrolier de 1973 qui confirme notre dépendance énergétique, la maîtrise des dépenses énergétique est devenue un enjeu majeur. Ce dernier a orienté les architectes à réfléchir autrement¹, ce qui s'est traduit tout d'abord par une approche solaire en architecture. Elle visait une indépendance totale du bâtiment par rapport aux ressources traditionnelles d'énergie, elle consistait à concevoir un bâtiment afin qu'il présente des caractéristiques thermique performantes. Son orientation est déterminante pour une captation maximale de l'énergie solaire incidente et pour l'ajout des protections solaires efficaces. Le développement de cette proche (architecture solaire) dans les années quatre-vingts l'a rendu une approche bioclimatique qui vise par la conception architecturale de réduire les besoins énergétiques et d'assurer le confort des occupants.

Plus récemment (les années quatre-vingt-dix), une autre approche a établi sur le constat des problèmes environnementaux (une crise écologique) ; effet de serre, réchauffement de la planète,

¹ Parce que l'architecture dite internationale (style international) a été imposée pendant grande partie du 20ème siècle.

pollution, déforestation.... Cette approche dite environnementale, écologique ou verte (Green architecture) appliquée à l'architecture signifie la réalisation des bâtiments préservant les ressources naturelles en employant des matériaux sains et renouvelable toutes en contrôlant les dépenses d'énergies.

L'amélioration des pratiques dans le domaine du bâtiment constitue un gisement d'économie d'énergie important. Plusieurs recherches et travaux ont été poussés sur les bâtiments énergétiquement performants. Ces derniers connaissent actuellement un grand intérêt, grâce au rôle important qu'ils jouent : d'une part, leur contribution à la réduction des émissions des gaz à effet de serre par la réduction des besoins énergétiques, et d'autre part, leur garanti de bien être des occupants (notamment le confort thermique).

L'architecture environnementale « ne se réduit pas à la question du chauffage : elle touche aussi, plus largement, aux questions de l'énergie dépensée pour la fabrication et le transport des matériaux, à leur durée de vie et leur recyclage, à la préservation et au renouvellement des ressources, à la réduction et à la suppression, à terme, de l'usage de celles qui ne sont pas renouvelables, et enfin aux problèmes de pollution concernant les déchets ou l'air intérieur des logements.

Cette Architecture environnementale a également connu une évolution au fur et à mesure que les nouvelles technologies liées à la production, à la transformation et à la distribution des énergies se sont développées.

Avant de définir et caractériser les différents bâtiments performants, on pense qu'il est primordiale de faire un petite aperçu sur quelques réglementations thermiques et labels qui leurs sont associé. Ces labels internationaux et réglementations présentés dans cette section sont utilisés comme cible pour définir les indicateurs et les exigences de performances énergétiques visées dans le cadre de cette recherche.

Différents labels de performance énergétique et normalisation ont été développées et adoptés au niveau mondial, notamment dans les pays développés. A travers celles-ci, des classifications en trois catégories de bâtiments ont été établies : bâtiments performants, bâtiments très performants, et bâtiments zéro énergie ou à énergie positive.

Notre étude cherche à mettre en exergue les qualités énergétiques des logements sociaux, notamment dans la région de Guelma, par le biais d'une méthodologie plus appropriée en s'appuyant sur les techniques et les outils offertes par la simulation architecturale.

Problématique :

Le contexte énergétique et environnemental au monde depuis le début de XXe siècle est marqué par : un déséquilibre entre une production énergétique dépendante des sources épuisables et une consommation en forte évolution. Ainsi, les activités humaines exploitent ces ressources, en conséquence, elles rejettent les résidus de leurs productions sous forme des déchets dans l'atmosphère. Ces déchets induits des impacts néfastes à toutes les échelles (locale, régionale et globale). Parmi ces déchets générés, les émissions de gaz à effet de serre qui sont considérées la cause principale du phénomène de réchauffement climatique de notre planète.

En effet, Le secteur du bâtiment est un grand consommateur d'énergie fossile. Ce secteur économique représente 45% des consommations d'énergie à lui seul, 25% des émissions de CO2 et 19% des émissions de gaz à effet de serre (chauffage urbain et électricité compris) [HELAS-OTHENIN N. et al. 2006-2007, p.6]

Il est nécessaire de mener une réflexion à propos de l'évolution de la situation énergétique du secteur du bâtiment qui doit se préparer à modifier son rapport aux consommations énergétiques. Quant à lui, le secteur de logement en Algérie, particulièrement le logement social, constitue une problématique majeure de point de vue énergétique.

A ce propos et dans une optique écologique, cette situation nous a poussés à s'interroger sur la qualité et la performance énergétique du bâtiment social à Guelma, ce secteur qui englobe la grande partie de l'habitat en général, on posant les questions suivantes :

Questions de recherche :

- Quelle est le niveau de la performance énergétique de l'habitat social à Guelma particulièrement la cité 100 logements a Bendjerrah ?
- Comment améliorer le niveau de la performance énergétique des bâtiments sociaux ?

Hypothèses :

- ✓ La performance énergétique n'est pas suffisamment prise en compte dans la production du logement social.
- ✓ La démarche « HPE » présente une alternative stratégique pour optimiser une meilleure qualité dans le logement social en Algérie.

Objectifs de l'étude :

Cette étude vise les objectifs suivants :

- ✓ Evaluer la qualité énergétique de l'habitat social.
- ✓ Mettre en évidence l'importance de la démarche HPE dans la production de l'habitat social.

Structure de mémoire :

Notre recherche est structurée en deux parties : partie théorique et partie analytique.

La première partie consiste à une approche théorique, le long de laquelle, un développement conceptuelle sera entamé. La seconde partie est une étude analytique d'un cas d'étude en se référant au modèle d'analyse et normes adoptées. Cette partie sera sanctionnée par une proposition d'intervention architecturale dans une optique HPE.

La structure de notre mémoire peut se résumer dans l'illustration qui suit (figure 1) :

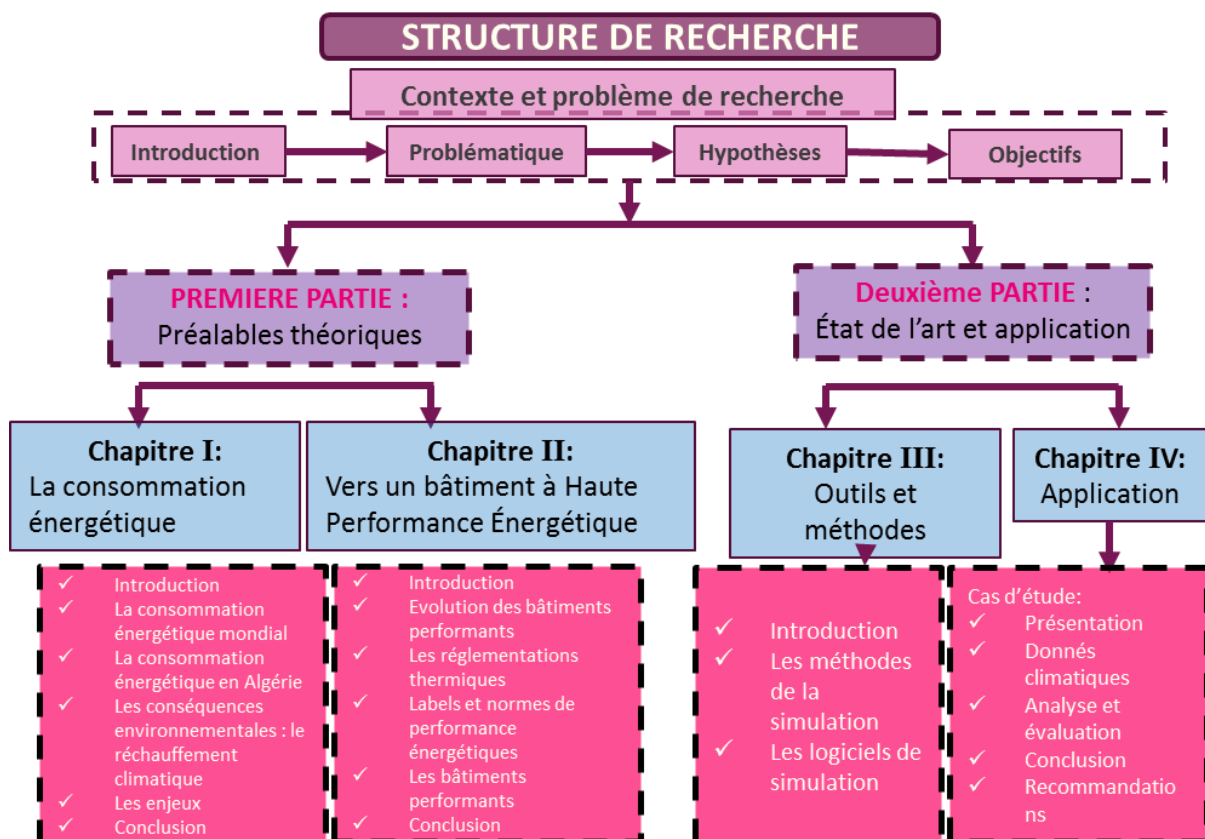


Figure 1: Schéma de structure de mémoire (Source: Auteur)

Méthodologie de travail :

Après une recherche conceptuelle et théorique, nous avons développé une méthodologie qui s'appuie sur la modélisation et la simulation architecturale comme outil d'aide à l'évaluation et à l'estimation énergétique et environnemental en mobilisant le logiciel *Transys* comme outil d'analyse et d'évaluation de la performance énergétique des bâtiments.

PREMIERE PARTIE : PREALABLES THEORIQUES

CHAPITRE I : LA CONSOMMATION ENERGETIQUE : CONTEXTE ET ENJEUX

I.1. Introduction :

L'énergie est un facteur déterminant pour la survie des sociétés et elle est indispensable à la satisfaction des besoins quotidiens, parce qu'elle est exploitée presque par toutes les activités humaines pour assurer le développement économique et sociale.

En effet, cette énergie est majoritairement basée sur les combustibles fossiles (gaz, pétrole et charbon), ces énergies ne sont pas renouvelables et sont appelées à s'épuiser à moyen terme. Ainsi, ces énergies fossiles émettent des gaz responsables de l'accroissement avéré de l'effet de serre et des changements climatiques qui représentent, sans aucun doute, les plus grands enjeux de l'humanité.

Dans ce chapitre nous essayerons d'élaborer un bilan sur la consommation énergétique, sur les enjeux envisagées et sur les politiques abordées pour maîtriser l'énergie. Le chapitre est structuré en deux parties : la première, est destinée à traiter la situation mondiale et la seconde, est portée sur le contexte Algérien.

I.2. La consommation mondiale de l'énergie

I.2.1. Contexte :

Depuis toujours, l'homme a consommé de l'énergie. Cette consommation était relativement linéaire et d'origine presque exclusivement renouvelable (biomasse, énergie hydroélectrique, énergie animale, ...) jusqu'à la révolution industrielle. C'est durant cette période, marquée par des développements industriels et économiques toujours plus énergivores et un accroissement de plus en plus important de la population mondiale. (SEMAHI Samir, 2013)

Depuis les années 1950, que l'essor des énergies fossiles (gaz, pétrole et charbon) a vu le jour, et leur consommation commença alors à augmenter de façon exponentielle.

La consommation d'énergie finale dans le monde est près de 9 milliards de tep, il est l'équivalent de « produire » près de 13,4 Gtep d'énergie primaire, comprenant notamment l'énergie utilisée pour transformer les ressources initiales.

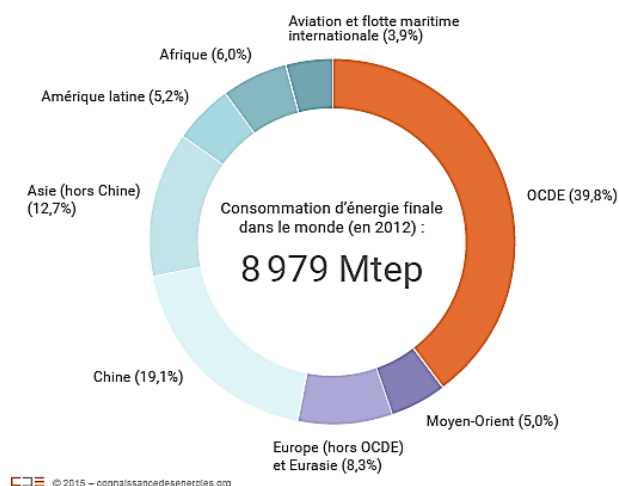


Figure 2 La consommation d'énergie finale dans le monde en 2012 avoisine 9 milliards de tonnes d'équivalent pétrole (d'après Key World Energy Statistics 2014, AIE)

Pour donner une idée de la taille de cette production primaire, on peut dire que si cette énergie primaire était entièrement fournie par le pétrole, elle représenterait environ le contenu de 80 000

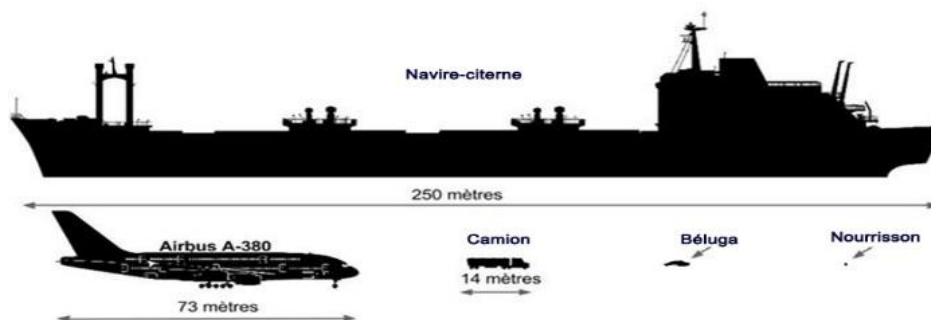


Figure 3 Exprime la taille de la pétroliers de classe Suezmax

pétroliers de classe « Suezmax » (ayant une capacité de 120 000 à 190 000 tpl (tonnes de port en lourd) et dont la largeur inférieure à 77 m permet de passer par le canal de Suez).

Entre 1973 et 2012, la consommation d'énergie dans le monde a presque doublé (+ 92%).²

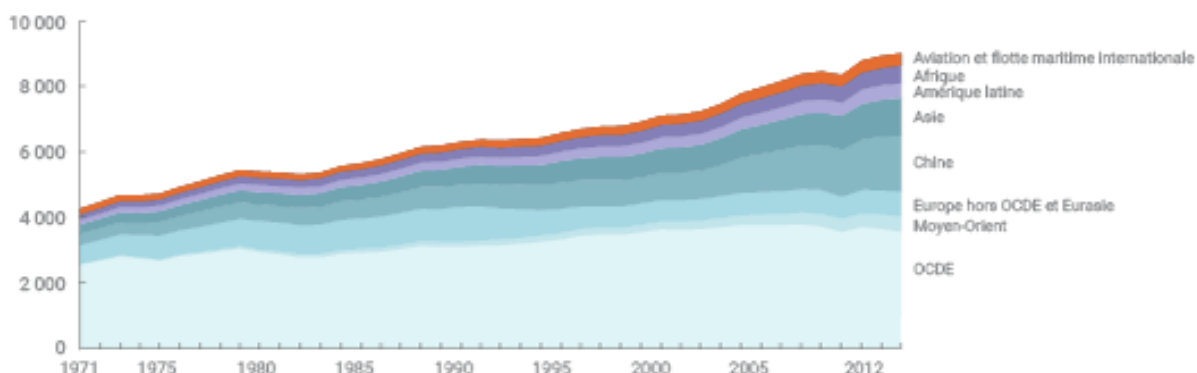


Figure 4 Evolution de la consommation d'énergie par région (d'après données AIE)

Cette évolution est la combinaison de la stagnation depuis 10 ans de la consommation des pays anciennement industrialisés. La Chine, exemple des nouveaux pays industrialisés, a vu sa consommation d'énergie plus que tripler de 1990 à 2008. Sa part dans la consommation mondiale a doublé et est passée de 7,5 % à 16,4 %. La consommation par habitant en Chine est maintenant égale à la consommation par habitant dans le monde.

La consommation de l'Afrique a augmenté de 50% de 1990 à 2008, mais est restée marginale dans la consommation mondiale (environ 5,7% pour plus de 15% de la population mondiale).

Ainsi la consommation par habitant reste-t-elle très variable d'un pays à l'autre, comme le montre le graphique suivant.

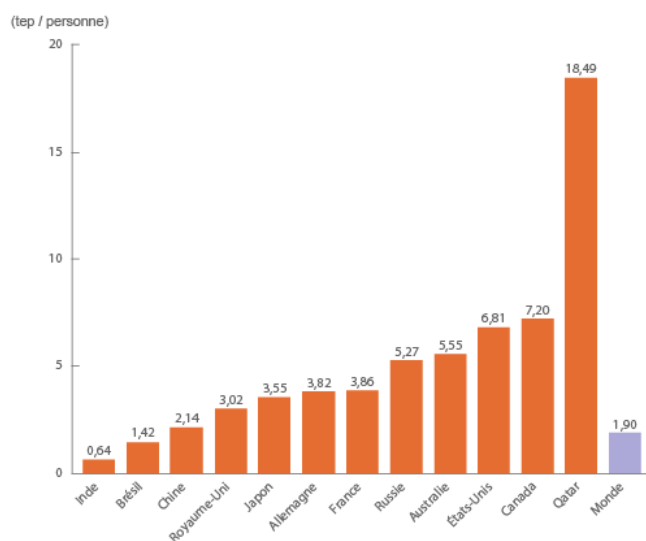


Figure 5 Consommation d'énergie par personne en 2012 (©Connaissance des Énergies, d'après Key World Energy Statistics 2014, AIE)

² d'après Key World Energy Statistics 2014, AIE

I.2.1.1. Par type d'énergie :

La consommation mondiale est répartie par type d'énergie comme suite [EIA.2011] :

- **Produit pétrolières** : La consommation mondiale des combustibles liquides se développe de 85.7 millions de barils par jour en 2008 à 97.6 millions de barils par jour en 2020 et 112.2 million de barils par jour en 2035.

- **Le gaz naturel** : La consommation mondiale du gaz naturel est élevée de 52%, de 111 trillion pieds cubes en 2008 à 169 trillion pieds cubes en 2035.

- **Le charbon** : La consommation de charbon du monde est évoluée de 139 quadrillion Btu en 2008 à 209 quadrillion Btu en 2035 avec un taux annuel moyen de 1.5%.

- **L'électricité** : La consommation d'électricité du monde est augmentée de 84%, de 19.1 trillion kilowattheures en 2008 à 25.5 trillions kilowattheures en 2020 et 35.2 trillion kilowattheures en 2035.

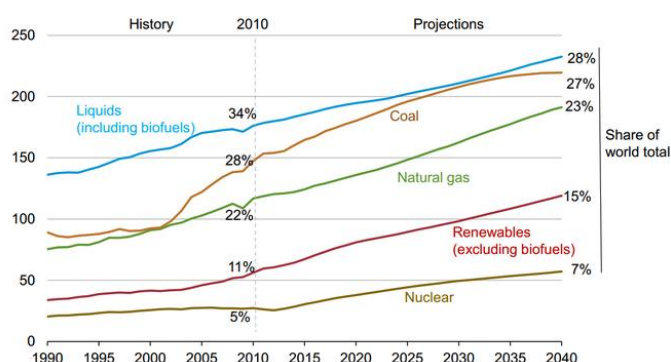


Figure 6 Evolution de la consommation mondiale énergétique entre 1990 et 2035 par type d'énergie en quadrillion Btu (prévisions) (source : The International Energy Outlook (EIA) 2011)

I.2.1.2. Par secteur :

Répartition de la consommation finale entre les différents secteurs est présentée comme suit:

	Part de la consommation finale en 2012	Consommation mondiale en 2012 en millions de tonnes d'équivalent pétrole (Mtep)
Consommation finale	100%	8 979
Industrie	28,3%	2 541
Transports	27,9%	2 507

Résidentiel, agriculture et autres secteurs	34,8%	3 122
Usage hors énergie	9,0%	809

Tableau 1 Consommation finale d'énergie par secteur dans le monde en 2012 (d'après données du Key World Energy Statistics 2014)

On peut retenir que la consommation finale se partage entre quatre quarts :

La consommation des « résidentiels » (part directement utilisée au domicile) représente un peu moins d'un quart du total. Elle est très variée dans ses formes : elle recouvre par exemple les dépenses de chauffage des habitants du nord de l'Europe et le bois brûlé dans les foyers domestiques des régions vivant sans accès à l'électricité ;

- les transports (privés et professionnels) représentent un peu plus du quart de la consommation finale ;
- l'industrie, qui fabrique les biens et services finaux, un bon quart ;
- les autres activités humaines consomment un peu moins du dernier quart de la consommation finale, dont 10% est l'énergie fossile qui n'est pas brûlée, mais utilisée pour la fabrication de produits chimiques (par exemple plastiques et engrais).

Les précédents résultats confirment que l'humanité consomme d'avantage d'énergie jour après jour. Mais cette consommation croissante pose aujourd'hui la question des réserves de ces métaux et l'épuisement de ces ressources. (SEMAHI Samir, 2013)

Cet épuisement des ressources n'est pas la seule raison de s'intéresser aux enjeux de l'énergie. Par ailleurs les combustibles fossiles participent effectivement à l'augmentation de l'effet de serre et au réchauffement climatique de la planète par les rejets de gaz à effet de serre.

I.2.2. Les conséquences environnementales : le réchauffement climatique :

I.2.2.1. Définition :

Selon le dictionnaire Larousse édition 1993, le réchauffement est l'action de chauffer à nouveau, le fait de rendre plus chaud ce qui s'est refroidi. La planète elle, est un système composé d'éléments variés intimement reliés entre eux et fonctionnant comme un tout complexe. Et planétaire ce qui dépasse les frontières.

Partant de là, nous pourrions définir le réchauffement planétaire comme étant une action de donner la chaleur ou de rendre plus chaud les éléments composants la planète.

Selon le GIEC (Groupement Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat ou IPCC en anglais) le réchauffement planétaire ou le réchauffement climatique ou encore global, se définit comme étant l'augmentation de la température moyenne des océans et de l'atmosphère, à l'échelle mondiale et sur plusieurs années.

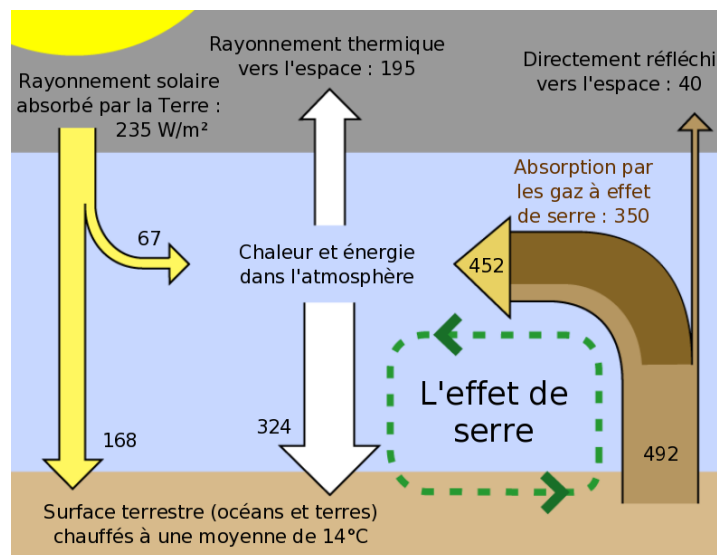


Figure 7 Une représentation schématique et simplifiée des échanges d'énergie dans l'espace, l'atmosphère terrestre et la surface de la Terre. Créé par Robert A. Rohde et traduit en français par nico @ nc

Le réchauffement planétaire est un phénomène d'augmentation de la température moyenne des océans et de l'atmosphère, à l'échelle mondiale et sur plusieurs années. Pour sens commun, ce terme désigne le changement climatique observé sur le globe terrestre depuis environs vingt-cinq ans, c'est-à-dire depuis la fin du XX^e siècle.

En effet la température moyenne varie avec le temps, comme le prouve l'analyse des couches géologiques. Depuis la fin du XIX^e siècle, en un siècle presque, la température du globe a augmenté de $0,6^\circ\text{C}$.

En 1988, l'ONU crée le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) chargé de faire une synthèse des études scientifiques sur cette question. Dans son quatrième rapport, auquel ont participé plus de 2 500 scientifiques de 130 pays³, le GIEC affirme que le réchauffement climatique depuis 1950 est très probablement dû à l'augmentation des gaz à effet de serre d'origine anthropique. Les conclusions du GIEC ont été approuvées par plus de quarante sociétés scientifiques et académies des sciences, y compris l'ensemble des académies nationales des sciences des grands pays industrialisés. Dans une étude publiée fin 2012, qui a compilé et comparé des simulations issues de vingt modèles informatiques différents et des informations issues des observations satellites, une équipe de climatologues du Laboratoire national de Lawrence

³ « The IPCC 4th Assessment Report is coming out A picture of climate change the current state of understanding », GIEC (IPCC en anglais), 2007 (consulté le 29 Janvier 2017).

Livermore⁴ du département de l'Énergie des États-Unis (DoE) et de 16 autres organisations a conclu que les changements de température de la troposphère et de la stratosphère sont bien réels et qu'ils sont clairement liés aux activités humaines⁵.

Les projections des modèles climatiques présentées dans le dernier rapport du GIEC indiquent que la température de surface du globe est susceptible d'augmenter de 1,1 à 6,4 °C supplémentaires au cours du XXI^e siècle. Les différences entre les projections proviennent de l'utilisation de modèles ayant des sensibilités différentes pour les concentrations de gaz à effet de serre et utilisant différentes estimations pour les émissions futures. La plupart des études portent sur la période allant jusqu'à l'an 2100. Cependant, le réchauffement devrait se poursuivre au-delà de cette date, même si les émissions s'arrêtent, en raison de la grande capacité calorifique des océans et de la durée de vie du dioxyde de carbone et des autres gaz à effet de serre dans l'atmosphère.

Des incertitudes sur la hausse de température globale moyenne subsistent du fait de la précision des modélisations employées, et des comportements étatiques et individuels présents et futurs. Les enjeux économiques, politiques, sociaux, environnementaux, voire moraux, étant majeurs, ils suscitent des débats nombreux, à l'échelle internationale, ainsi que des controverses. Néanmoins l'impact économique, sociologique, environnemental voire géopolitique de ces projections est globalement négatif à moyen et long terme⁶.

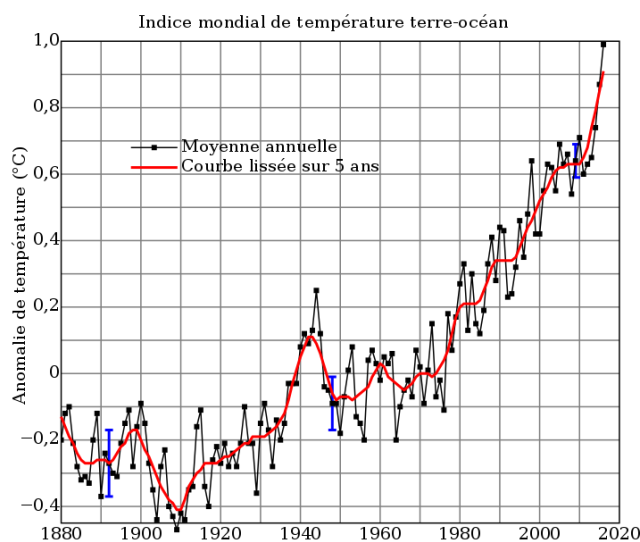


Figure 8 Graphique des anomalies de températures globales moyennes de surface par rapport à la moyenne 1951-1980. (Source: NASA Goddard Institute for Space Studies)

⁴ Lawrence Livermore National Laboratory.

⁵ Anne Stark, A human-caused climate change signal emerges from the noise; DOE Pulse (Revue du ministère américain de l'énergie), no 378, 2012-12-17.

⁶ Hughes L (2000) « Biological consequences of global warming: is the signal already apparen? » Trends in Ecology & Evolution, p. 15, 56–61.

I.2.2.2. Les causes du réchauffement planétaire

Le réchauffement climatique en lui-même est un phénomène naturel. Car bien avant la révolution industrielle « les sociétés ont dû faire face à des changements graduels ou abrupts du climat durant des millénaires ». Les variations de températures de l'atmosphère sont généralement liées à différents facteurs comme les fluctuations de l'activité du soleil ou la vitesse de la terre. Mais la majorité des scientifiques pensent que la cause majeure du réchauffement actuel de la planète un phénomène, appelé « effet de serre ». L'« effet de serre » est un phénomène naturel de la basse atmosphère (troposphère), qui contribue à retenir une partie de la chaleur solaire à la surface de la Terre, par le biais du pouvoir absorbant de certains gaz.

Ces gaz sont : l'Azote (N₂), l'Oxygène (O₂), l'eau sous forme de vapeur (H₂O), le Dioxyde de Carbone (CO₂), le Méthane (CH₄), l'Ozone Troposphérique (O₃), l'Oxyde Nitreux (N₂O), ainsi que le Chlorofluorocarbure (CFC).

a) Les causes naturelles

L'effet de serre est un effet naturel de la basse atmosphère, qui contribue à retenir une partie de la chaleur solaire à la surface de la terre, par le biais du pouvoir absorbant de certains gaz.

En effet le rayonnement solaire, émis sous forme de courtes longueurs d'ondes, dont 30% sont faiblement réfléchies par l'atmosphère et 70% parviennent à la surface de la terre, ce qui provoque un réchauffement de cette dernière.

En réponse à cette absorption de chaleur, la surface terrestre émet un rayonnement de grandes longueurs d'onde (infrarouge) en direction de l'espace par certains gaz de l'atmosphère dits « gaz à effet de serre » qui renvoient une partie de ce rayonnement vers la terre. Ces gaz empêchent ainsi le refroidissement de la terre mais permettent sont réchauffement

L'effet de serre en lui-même est très utile pour la régulation de la température de la terre et il est régulé par divers facteurs environnementaux. Des réservoirs de carbones dits « puits de carbones » permettent de fixer le carbone, ce qui est le rôle des océans et du sol, et de le transformer, ce qui est le rôle de la biosphère. Les éruptions volcaniques influentes également sur l'atmosphère en émettant de grandes quantités de poussières et de composants soufrés qui participent activement à l'effet de serre.

Par exemple l'éruption du volcan Il Chichon au Mexique en 1982 permit une baisse de la température mondiale de -0,35°C.

On pourrait dire que ces composants naturels tels les volcans, les océans, les arbres etc..., permettent une très bonne régulation de la température mondiale, des saisons, et des écosystèmes.

Selon cette illustration ci-dessous, nous comprenons mieux le phénomène de l'effet de serre.

Cependant, il est d'autant plus important de souligner que les influences naturelles ne permettent pas d'expliquer la hausse rapide des températures à la surface du globe. La cause la plus probable de l'accélération de l'effet de serre et du réchauffement planétaire depuis la fin du XIXe siècle est l'impact de l'Homme sur l'environnement.

b) Les causes humaines

Selon la grande majorité des scientifiques le réchauffement climatique est largement attribué à un effet de serre additionnel dû aux rejets de gaz à effet de serre et principalement des émissions de CO₂, à cause des activités humaines. Sa concentration atteint les 350 ppm à la fin du siècle dernier alors que pendant plus de cent mille ans (100 000) elle a varié entre 200 et 280 ppm. Cette augmentation est certainement due à la combustion des énergies fossiles telles que le charbon, le gaz naturel, le pétrole, des rejets polluants issus des industries et des transports ainsi que de la destruction des grandes forêts équatoriales.

Au nombre des prétextes économiques, nous voulons évoquer d'abord l'exploitation abusive des ressources naturelles renouvelables par les activités des industries et de l'agriculture. Cette façon délibérée d'épuiser ces ressources du sol et du sous-sol favorisent l'émission des gaz à effet de serre, la déforestation et l'avancée du désert. Sur ce dernier point, un spécialiste du domaine économique et environnemental Franz Brosch dit que « les déserts se sont agrandis dans le monde de 2000 hectares ». Aussi poursuit-il dans le même élan en disant que « l'économie mondiale a consommé aujourd'hui l'équivalent de 28 millions de tonnes de pétrole et, par conséquent, nous aurons durant ces mêmes 24 heures, collectivement relâchés dans l'atmosphère 100 millions de tonnes de gaz à effet de serre de plus ».

Ensuite, les opportunités de marchés qu'offrent les problèmes mondiales notamment les épidémies, les famines, les cyclones, ... stimulent les pays industrialisés dans leur effort à répondre aux besoins urgents.

De ce fait, les industries ne respectent pas rigoureusement les normes quant au taux d'émissions tolérable de gaz polluants. Le trio de tête des pays pollueurs incriminés sont : les USA, la Chine, et la Russie.

Les autres gaz (méthane, hydrocarbures, ozone) sont responsables à part égale de l'effet de serre additionnel (15%). Le taux de méthane évoluant entre 0,4 et 0,8 ppm, a atteint une concentration de

1,6 ppm à la fin du XX^e siècle. L'augmentation anormale de la concentration est liée au processus de fermentation résultant de certaines cultures (rizière) et de l'élevage des ruminants (fermentation de leur panse).

Quant au CFC purement artificiel, il provient des aérosols ainsi que des circuits de réfrigération.

Voici quelques chiffres qui décrivent bien ces augmentations, chiffres extraits du 3^e rapport d'évaluation du GIEC en 2001 qui conclut « qu'il y a des évidences nouvelles et plus fortes que le gros du réchauffement des derniers 50 ans attribuable aux activités humaines ».

La teneur atmosphérique en CO₂ a augmenté de 31% depuis 1750. La teneur actuelle n'a jamais été dépassée durant les derniers 420 000 ans, ni même vraisemblablement durant les derniers 20 millions d'années. De plus, le taux d'augmentation de la teneur en CO₂ atmosphérique a été en moyenne de 1,5 ppm (0,4%) par année (variation de 0,9 à 2,8 ppm). ironnement.

I.2.2.3. Les conséquences du réchauffement planétaire

Les conséquences du réchauffement planétaire sont nombreuses et variées. Le réchauffement de la planète a des répercussions tant négative que positive.

Au chapitre des répercussions positives, l'on assiste à une augmentation des ressources en eau dans certaines régions du globe telles les régions tropicales et subtropicales, de plus à une hausse de rendement agricoles dans les régions de latitude moyenne, et enfin la diminution des glaciers polaires qui donne un champ nouveau de navigation pour les flottes Nord Européenne et Nord-Américaine et aussi pour les navires commerciaux. Cette fonte des glaciers donnera aussi aux grandes compagnies pétrolières de pouvoir mieux exploiter les différents gisements pétroliers présents dans la région.

Bref, les répercussions positives de ce réchauffement sur l'humanité touchent plus le domaine économique et une franche partie de la population mondiale.

Bien que ce phénomène pourrait présenter des avantages, il est n'en demeure pas moins qu'il se caractérise par des inconvénients sur la planète.

Comme nous l'avons souligné plus haut, les avantages du réchauffement planétaire sont les conséquences positives dont bénéficient une partie de la population mondiale et une petite partie de la planète bleue. Mais la plus grande partie de la planète souffre de ses conséquences négatives.

Pour mieux présenter ses inconvénients nous allons les scinder en deux grands points : les conséquences environnementales et les conséquences sur l'Homme et la biosphère.

I.2.2.4. Conséquences environnementales

A cause des effets potentiels sur la santé publique et sur l'économie, le réchauffement planétaire provoque l'inquiétude. Des changements environnementaux importants ont pu être reliés au phénomène du réchauffement planétaire. Ce sont entre autres :

a) Fréquence de désastres naturels : depuis quelques décennies, l'on a commencé à vivre dans toutes les régions de la terre des désastres naturels comme les ouragans, les éruptions volcaniques, les inondations, les tremblements de terre, les changements climatiques brutaux. L'origine climatique de ces désastres particulièrement dramatique est certifiée par de nombreuses études. Et certains préviennent même que dans les vingt prochaines années, le changement climatique pourrait entraîner d'avantage de grandes catastrophes pouvant causer la perte de millions d'espèces vivants.

b) Perturbation du climat à l'échelle planétaire : l'on observe de plus en plus que les zones tropicales se refroidissent. En effet de nombreuses mesures des températures de l'air au voisinage du sol et aussi de la couche superficielle des océans effectuées par les académies des sciences sur la question climatique pour le sommet du G8 en Juillet 2005 ont attesté que le réchauffement planétaire est à l'origine de la variation complexe du climat dans le monde. Aussi un large panel de scientifiques, d'hommes politiques et d'économiste ont-ils révélés dans un rapport intitulé "Meeting the Climate Change" que d'ici 10 ans, la température moyenne globale atteindrait un point de non-retour ou désastreux pour la vie sur la terre.

c) La disparition de la biodiversité : plus de la moitié des plantes de la planète seraient menacées de disparition à cause du réchauffement global à l'horizon de 2080 selon des chercheurs environnementalistes. De nombreux animaux arctiques, dont les ours polaires et certains types de phoques pourraient disparaître d'ici 20 ans du fait du réchauffement climatique, selon le World Wild Fund (WWF) en 2015.

Dans le domaine agricole lors du réchauffement climatique le mécanisme de fixation du carbone diffère selon les plantes, ce processus qui fait que durant la photosynthèse le CO₂ est convertie en carbone organique. Ce qui implique que dans un scénario d'augmentation du CO₂ atmosphérique, certaines cultures seront défavorisées par rapport à d'autres.

Dans le domaine marin, un réchauffement des eaux de tranche de surface peut affecter la vie benthique (aquatique). Les coraux en sont un bon exemple. On évalue aujourd'hui une destruction de 20% des récifs coralliens et 40% en dangers par divers causes dont le réchauffement des eaux superficielles.

Aussi les changements de température provoquent un déplacement des limites entre les zones et conséquemment la migration des espèces dont la répartition géographique est contrôlée par la température. De fait, on pourrait assister à la migration d'insectes nuisibles aux cultures ou tout simplement aux humains des zones chaudes vers les zones tempérées et vice versèrent.

d) La montée du niveau des mers et le problème de manque d'eau : lors de la fonte des glaces et de la dilatation thermique des eaux dues aux réchauffements, on assiste à une montée du niveau des mers, avec ses effets néfastes sur les terres basses côtières (inondation, vulnérabilité aux tempêtes). Les chercheurs ont évalués que le niveau marin s'est élevé de 12 cm depuis 1880 dont 5 cm seraient dus aux dilatations thermiques et les 7 cm autres à la montée des eaux depuis 1880. Mais si rien n'est fait dans un proche avenir, l'on peut s'attendre à ce que la fonte des glaciers de montagne continue toujours de montée. Pour le siècle à venir le GIEC prévoit que :

- la couverture neigeuse et le couvert de glaces océanes de l'hémisphère Nord vont encore diminuer.
- les glaciers de montagne et les calottes glacières vont continuer de fondre.
- Par contre le volume de la calotte du Groenland devrait diminuer à cause d'une augmentation de la fonte et du ruissellement dépassant le volume des précipitations, l'hémisphère Nord demeurant plus chaud que l'hémisphère Sud.
- Conséquemment, le niveau marin devrait connaître une élévation se situant entre 9 et 88 cm, selon le scénario impliqué, à cause de la dilatation thermique de l'océan supérieur et de la fonte des glaces. Il s'agit là d'une élévation moindre que celle qu'avait prévue le 2^e rapport d'évaluation, qui a minimiser la contribution de la fonte des glaces.

L'eau est une ressource vitale, précieuse et rare, mais encore très inégalement répartie dans les différentes régions du globe. Le magazine allemand "Deutschland" (Avril-Mai 2008) annonce que « le tiers de la population mondiale vit sans suffisamment d'eau ». Mais avec le changement climatique qui va à un rythme alarmant, la planète verrait davantage la pénurie d'eau potable.

e) La dégradation de la qualité de l'air : le réchauffement climatique du globe entraîne la dégradation des sols. Or de nombreuses études ont montré que le sol de la terre contient environ 300 fois de gaz à effet de serre (notamment le carbone) que nous n'en émettons chaque année en brûlant des combustibles fossiles. Ce carbone « stocké » est libéré avec la dégradation du sol dû au réchauffement. L'accumulation de ces gaz dans l'atmosphère pollue l'air pour les espèces qui les consomment. Ce phénomène de dégradation de l'atmosphère pourrait se poursuivre et s'accélérer de plus en plus.

I.2.2.5. Conséquences sur l'homme

a) Les conséquences économiques

Les conséquences économiques sont essentiellement liées aux incidences de la crise climatique sur la vie économique. En effet, avec le réchauffement planétaire, vont à un rythme très accéléré la désertification, la déforestation, la dégradation de la diversité biologique, l'appauvrissement des sols. Or l'ensemble des matières premières qui alimentent les industries constitue ce patrimoine que le réchauffement décime à sa suite. Et le manque de ces ressources naturelles renouvelables entraînerait des difficultés dans les activités économiques. Aussi les investissements consacrés aux travaux liés à la lutte contre ce défi planétaire s'avèrent-ils fort coûteux mais insuffisants pour leur succès.

b) Les conséquences politiques

Le réchauffement climatique au-delà des yeux scientifiques portés sur lui a atteint ceux des politiques. Ce phénomène a suscité la création de plusieurs groupes d'études sur la question du réchauffement et cela en vue de prendre des mesures adéquates.

L'irresponsabilité de certains politiques, le manque de rigueur dans les prises de décisions et dans l'application de ces décisions a créé des dissensions de classes sociales politiques à l'échelle mondiale. Ce qui a engendré l'émergence des groupes et organisations gouvernementaux ou non gouvernementaux internationaux engagés dans les questions environnementales (GIEC, WWF, Anti-mondialiste, etc...). Avec la prolifération de ces mouvements, le monde assiste à des marches pacifiques en vue de conscientiser l'opinion publique internationale sur la question du réchauffement climatique. Mais dans certains pays ces mouvements mènent des actions encore plus draconiennes telles que la destruction des installations de certaines usines.

c) La crise alimentaire

La crise alimentaire et la flambée des prix sur le marché mondial sont pour une grande part liées à la perte de la biodiversité et le changement climatique. En effet, les sols se dégradent et s'appauvrissent. Aussi les espèces végétales indispensables au développement de l'agriculture biologique deviennent rares et de mauvaises qualités du fait de l'excès du CO₂ émis dans l'atmosphère. Tous ces facteurs engendrent le manque de ressources alimentaires sur le marché international.

d) Les activités industrielles

Les régions industrielles du globe émettent environ 90% de gaz anthropiques où a effet de serre selon une étude du GIEC en Février 2007. La force économique de ces pays étant ainsi critiquée, il s'impose à eux le recours à de nouvelles sources d'énergie, lesquelles ne sont pas suffisamment disponibles et accessibles à tous les opérateurs industriels. Ce qui entraînerait inévitablement la baisse de leur productivité, donc de la production mondiale.

e) Les conséquences démographiques

Selon des experts environnementalistes, de nombreux mouvements des populations des zones à risque ou encore les plus touchées, vers des espaces plus accueillants et hospitalières sont et seront observés. Mais avec la graduelle montée des eaux sur le globe et les changements climatiques, les mouvements migratoires se multiplieront encore plus, entraînant quelque fois des conflits fonciers, des guerres, de la xénophobie et bien d'autres maux existent dans les relations humaines. Ce fût le cas des populations étrangères et surtout zimbabwéennes victime de xénophobie en Afrique du Sud et tous ceci à cause des difficultés liées à la faim, à la sécheresse bref au réchauffement climatique. C'est aussi le cas de la guerre interne existant dans le Darfour. Aussi, les famines engendrées par le réchauffement et le manque de ressources renouvelables peuvent entraîner des problèmes sur la santé publique, la destruction massive de vies humaines.

f) Les questions sanitaires

Le réchauffement entraînant le manque d'eau et la dégradation du cadre de vie sur la planète, draine aussi de nombreux problèmes de santé publique. En clair l'on observe l'apparition fréquente de maladies dangereuses telles que la tuberculose, le choléra, et bien d'autres maladies liées à l'eau. D'où des milliards de dollars us investi en matière de santé dans des régions telles que l'Afrique et l'Asie du Sud Est. Ces maladies infectieuses iraient en multipliant du fait de l'allure alarmante du réchauffement de la planète.

g) Les conséquences socioculturelles

Le changement climatique entraîne aussi des changements socioculturels. Le climat des régions varie, les précipitations et les saisons changent leur cycle. Ce qui contraint les sociétés humaines à changer aussi leur mode de vie. En effet, elles développeront des comportements adaptés aux nouvelles réalités, des activités économiques nouvelles. Aussi par rapport au changement du cycle des saisons pluvieuses ou sèches, les hommes vont changer également le cycle des cultures. Encore faut-il ajouter que même si les coutumes et traditions subissent difficilement des modifications, les

conduites, les pratiques socio culturels seront déterminées en bonne part par le nouveau milieu physique que vont habiter les populations migrantes.

À la vue de toutes ces conséquences, des propositions et éventuellement des solutions ont été émises par des groupes internationaux.

I.3. La consommation énergétique en Algérie :

La consommation nationale d'énergie (y compris les pertes) est passée de 51,8 Mtep en 2013 à 55,9 Mtep en 2014, rejetant une hausse de (+7,8%).

K tep	2013	2014	Evolution	
			Quantité	(%)
Consommation nationale (1)	51 840	55 882	+4 042	+7,8
Consommations non-énergétiques (2)	2 810	3 746	+936	+33,3
Consommations des industries énergétiques (3)	7 384	9 059	+1 675	+22,7
Pertes (4)	4 170	3 710	-461	-11,0
Consommation finale*	37 476	39 368	+1 891	+5,0

(*)- Consommation finale = 1-(2+3+4)

Tableau 2 consommation nationale par agrégat (Source: Minister de l'énergie Bilan énergétique 2014)

La hausse de la consommation nationale d'énergie (+ 4,0 Mtep) a été tirée respectivement par la croissance de la consommation finale (+1,9 Mtep), de celle des industries énergétiques (+1,7 Mtep) et des industries non énergétiques (+0,9 Mtep).

Toutefois, il est à signaler la baisse significative des pertes globales (-0,5 Mtep) induite notamment par la réduction des pertes sur les réseaux électriques de Sonelgaz.

Les pertes d'électricité sont estimées à près de 2,6 Mtep, dont :

- 78% de pertes de distribution à 2,1 Mtep (y compris les pertes non techniques causées par le phénomène de piratage du réseau électrique);
- 22% de pertes de transport à 0,5 Mtep.

La structure de la consommation nationale d'énergie est illustrée dans le graphe ci-dessous:

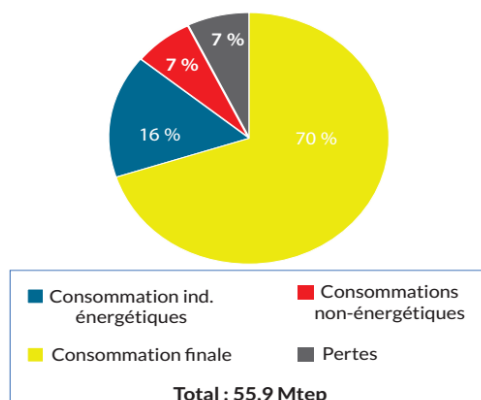


Figure 9 Structure de la consommation nationale d'énergie (Source : Minister de l'énergie Bilan énergétique 2014)

I.3.1. Par produit :

Les produits pétroliers sont toujours la première forme d'énergie consommée, avec 38,1% de la consommation finale. Le gaz naturel, en croissance, consolide sa seconde place du bouquet énergétique final avec 28,5 %. L'électricité, en hausse également, représente 27,7 % de l'ensemble.

Enfin, le GPL qui a connu une baisse en 2014, représente 5,7% de l'ensemble. Sa consommation a été de 1,9 millions de tonnes, en diminution de (-7,4%) par rapport à 2013, suite à une substitution de plus en plus croissante des foyers au gaz naturel.

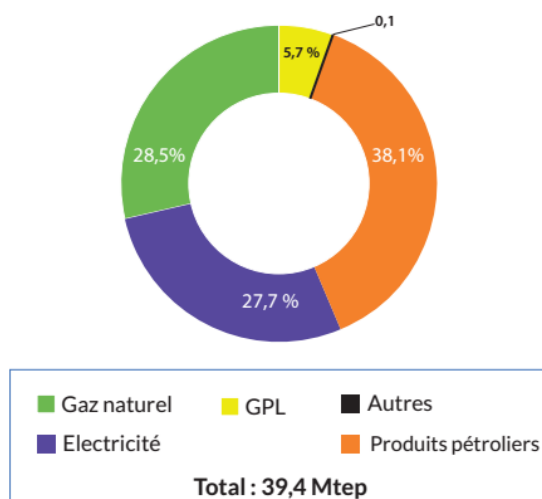


Figure 10 Structure de la consommation finale par produit (Source: Minister de l'énergie Bilan énergétique 2014)

I.3.1. Par secteur :

Par secteur d'activité, l'évolution de la consommation finale en 2014 fait ressortir ce qui suit :

- La consommation du secteur "**Industries et BTP**" a connu une légère hausse (+2,8%) par rapport à l'année 2013 à 8,2 Mtep. En effet, la hausse de la consommation des sous-secteurs des matériaux de construction (+3,4%), des industries manufacturières (+7,3%) et BTP

(+17,6%) a largement compensé la baisse (-1,6%) de la consommation du sous-secteur « autres industries »;

- La consommation du secteur des “**transports**” s’est accrue de +5,7% en 2014, pour atteindre 14,6 Mtep, due essentiellement à la croissance du transport routier (0,74 Mtep);
- La consommation des "**Ménages et autres**", qui comprend également le secteur de l’agriculture, a augmenté de 0,9 Mtep par rapport à l’année 2013 pour atteindre 16,6 Mtep en 2014, tirée principalement par l’accroissement de la consommation du sous- secteur résidentiel (0,5 Mtep).

L’analyse de l’utilisation finale de l’énergie par secteur d’activité met en lumière la prépondérance du secteur des ‘ménages et autres’ (y compris agriculture), qui représente 42% contre 37% pour le transport et 21% pour l’industrie. Ceci reflète notamment l’amélioration du niveau de vie des citoyens.

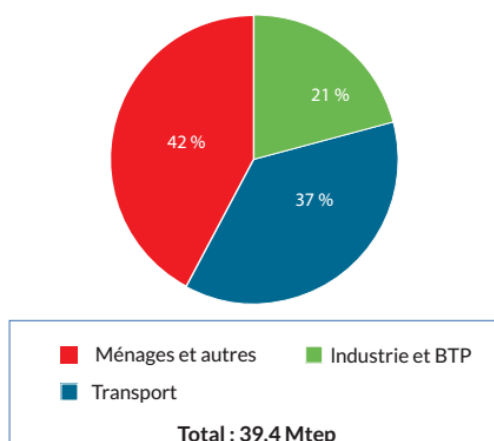


Figure 11 Structure de la consommation finale par secteur (Source: Minister de l'energie Bilan énergétique 2014)

I.4. Les enjeux :

I.4.1. Le sommet de la terre à Rio :

Ce Sommet de la Terre s'est tenu à Rio de Janeiro du 3 juin au 14 juin 1992, sous l'égide de l'Organisation des Nations unies. Cette Conférence des Nations unies sur l'environnement et le développement (CNUED) est généralement considérée comme une réussite : les priorités mondiales ont changé en dix ans, et avec la participation d'une centaine de chefs d'État et de gouvernement très diversifié, ce sommet demeure aujourd'hui le plus grand rassemblement de dirigeants mondiaux. Plus de 1 500 ONG étaient également représentées.

Le Sommet de Rio s'est conclu par la signature de la Déclaration de Rio. Cette déclaration, qui fixe les lignes d'action visant à assurer une meilleure gestion de la planète, fait progresser le concept des droits et des responsabilités des pays dans le domaine de l'environnement. Cependant, elle n'est pas

juridiquement contraignante. Au contraire, elle reconnaît la souveraineté des États à « exploiter leurs propres ressources selon leur politique d'environnement et de développement ».

Par ailleurs, le Sommet de Rio a conduit à l'adoption du programme Action 21, qui comprend environ 2 500 recommandations (dont la plupart n'ont jamais été mises en œuvre), la Déclaration sur la gestion, la conservation et le développement durable des forêts et la gestion durable des forêts, de même que les trois conventions de Rio :

- la Convention sur la diversité biologique (CDB)
- la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC)
- la Convention des Nations unies sur la lutte contre la désertification (CLD)

Il a donné le coup d'envoi à un programme ambitieux de lutte mondiale contre les changements climatiques, l'érosion de la biodiversité, la désertification, et l'élimination des produits toxiques. Bien que ces conventions soient perfectibles, elles ont engagé les États dans un effort de mise en œuvre et, dans certains cas, dans un processus de négociations en vue de parvenir à l'adoption de protocoles contraignants, tel que le Protocole de Kyoto.

I.4.2. Le protocole de Kyoto :

Le protocole de Kyoto est un accord international visant à la réduction des émissions de gaz à effet de serre et qui vient s'ajouter à la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques dont les pays participants se rencontrent une fois par an depuis 1995.

Signé le 11 décembre 1997 lors de la 3e Conférence des parties à la convention (COP3) à Kyoto, au Japon, il est entré en vigueur le 16 février 2005 « au quatre-vingt dixième jour après la date à laquelle au moins 55 Parties à la Convention, incluant les Parties Annexe I qui comptaient en 1990 un total d'au moins 55 % des émissions de CO₂ de ce groupe, avaient déposé leurs instruments de ratification, d'acceptation, d'approbation ou d'accession ». « Au 14 janvier 2009, 184 États avaient déposé leurs instruments de ratification, d'accession, d'approbation ou d'acceptation »⁷.

Ce protocole visait à réduire, entre 2008 et 2012, d'au moins 5 % par rapport au niveau de 1990 les émissions de six gaz à effet de serre : dioxyde de carbone, méthane, protoxyde d'azote et trois substituts des chlorofluorocarbones.

Pour que le protocole de Kyoto entre en vigueur, il fallait :

- qu'au moins 55 pays ratifient le traité (condition atteinte le 23 mai 2002 avec la ratification par l'Islande) ;

⁷ Nations unies, « État de la ratification », sur <http://unfccc.int>, visité le 15 Mars 2017

- que tous les pays de l'annexe 1 de la Convention (c'est-à-dire pays de l'OCDE sauf Mexique et Corée, et pays dits en transition⁷) l'ayant ratifié émettent au total au moins 55 % des émissions de CO₂ de 1990 (condition atteinte le 18 novembre 2004 avec la ratification par la Russie) ;
- 90 jours après la ratification du dernier pays nécessaire au quorum validant le traité, pour son application nationale dans chaque pays signataire. L'entrée en vigueur pour les pays ayant ratifié le protocole au 18 novembre est intervenue le 16 février 2005.



Figure 12 Participation au protocole de Kyoto en janvier 2011, (Source: Kyoto_Protocol_participation_map_2009.png)

I.4.3. Le sommet de Copenhague :

La conférence de Copenhague a été la 15^e conférence des parties (COP 15) de la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques

(CCNUCC). Elle s'est tenue à Copenhague (Danemark), du 7 au 18 décembre 2009. Conformément à la feuille de route adoptée en 2007 lors de la COP 13⁸, elle devait être l'occasion, pour les 192 pays ayant ratifié la Convention, de renégocier un accord international sur le climat remplaçant le protocole de Kyoto, initié lors de la COP 3 en 1997 et dont la première étape prend fin en 2012. Cette COP 15 était également la MOP 5, soit la 5^e réunion annuelle depuis l'entrée en vigueur du protocole de Kyoto en 2005.

Quinzième édition du sommet annuel des représentants des pays ayant ratifié la CCNUCC, la COP 15 a abouti au « premier accord réellement mondial » (selon le secrétaire général de l'ONU⁹)

⁸ « Le Plan d'action de Bali-(COP13/ 2007) - Ministère du Développement durable », sur www.developpement-durable.gouv.fr (consulté le 28 mai 2017)

⁹ Ban Ki-Moon se félicite des résultats de la conférence de Copenhague sur les changements climatiques
Communiqué du Secrétaire général de l'ONU.

visant à ne pas dépasser une augmentation moyenne de 2 °C en 2100 par rapport à l'ère préindustrielle¹⁰ soit 1850 (et non pas à 1,5 °C comme le souhaitaient vivement les représentants des pays insulaires (AOSIS), le G77, la Chine et l'Alliance bolivarienne pour les Amériques), sans toutefois s'accorder sur l'objectif de réduire de moitié les émissions de gaz à effet de serre en 2050 par rapport à celles de 1990.

Cet accord n'est pas juridiquement contraignant, car il ne prolonge pas le protocole de Kyoto, censé prendre fin en 2013. Il n'est en outre pas assorti de dates-butoirs ni d'objectifs quantitatifs alors que pour stabiliser la hausse de températures à 2 degrés par rapport à l'ère préindustrielle, les pays industrialisés doivent réduire de 40 % les émissions de gaz à effet de serre avant 2020. Fin décembre 2009, le cumul des objectifs négociés ne dépasse pas les 20 %. Chaque pays s'est engagé à formuler avant fin janvier 2010 ses objectifs de baisse d'émission de gaz à effet de serre pour l'horizon 2015-2020. Certains pays en développement ont néanmoins accepté de mettre en œuvre des mesures d'atténuation et de lutte contre la déforestation, au niveau national, et de publier un bilan bisannuel de ces efforts tandis que les pays riches ont accepté de consacrer annuellement (de 2020 à 2100) 100 milliards de dollars américains aux pays en développement.

I.5. Conclusion :

Dans le présent constat, l'Algérie ne fait pas exception à la situation mondiale en point de vue consommation énergétique et émissions des gaz à effet de serre (GES).

Cette situation alarmante et monstrueuse a guidé le monde de l'énergie de confronter à une incertitude sans précédent, comment le monde va affronter le double défi du changement climatique et de la sécurité énergétique ?

Il faut cependant, savoir que le bâtiment et son usage peuvent présenter de nombreux inconvénients, particulièrement pour l'environnement. Le secteur du bâtiment (constitué par le résidentiel et le tertiaire) est l'un des principaux consommateurs d'énergie, et l'un des principaux émetteurs de gaz à effet de serre (GES) au monde.

A cet égard, il apparaît bien que le secteur du bâtiment est l'un des acteurs majeurs de l'intégration du développement durable et présente un très fort potentiel d'amélioration d'efficacité énergétique.

Pour cela, nous consacrons le chapitre suivant en abordant les bâtiments énergétiquement performants par la définition des différents concepts avec ses caractéristiques, et ses exigences afin de les concevoir et les réaliser adéquatement.

¹⁰ Article Le Monde, www.lemonde.fr/le-rechauffement-climatique/article/2009/12/19/la-bilan-decevant-du-sommet-de-copenhague_1283070_1270066.html, Consulté le 23 Mai 2017

CHAPITRE II : VERS UNE ARCHITECTURE À HAUTE PERFORMANCE ENERGETIQUE « HPE »

II.1. Introduction :

Comme nous l'avons cité dans le chapitre précédant, l'amélioration des pratiques dans le domaine du bâtiment constitue un gisement d'économie d'énergie important. Plusieurs recherches et travaux ont été poussés sur les bâtiments énergétiquement performants. Ces derniers connaissent actuellement un grand intérêt, grâce au rôle important qu'ils jouent : d'une part, leur contribution à la réduction des émissions des gaz à effet de serre par la réduction des besoins énergétiques, et d'autre part, leur garanti de bien être des occupants (notamment le confort thermique).

Ce chapitre représente un état de l'art sur les bâtiments à haute performance énergétique, afin de faire un bilan de connaissances. Il présente un aperçu sur l'évolution des bâtiments performants, les définitions des concepts et leurs principaux caractéristiques, ainsi sur les principales réglementations thermiques et les labels d'efficacités énergétiques, de fait que les différents concepts des bâtiments performants sont souvent accompagnés des règlements ou associées à des labels.

II.2. Evolution des bâtiments performants :

Depuis quelque décennie, les questions de la protection de l'environnement, d'économie d'énergie et de développement durable prennent une place incontournable dans le domaine du bâtiment.

Après le choc pétrolier de 1973 qui confirme notre dépendance énergétique, la maîtrise des dépenses énergétique est devenue un enjeu majeur. Ce dernier a orienté les architectes à réfléchir autrement¹¹, ce qui s'est traduit tout d'abord par une approche solaire en architecture. Elle visait une indépendance totale du bâtiment par rapport aux ressources traditionnelles d'énergie [FERNANDEZ P., LAVIGNE P., 2009] [ZAMBRANO L., 2008], elle consistait à concevoir un bâtiment afin qu'il présente des caractéristiques thermique performantes. Son orientation est déterminante pour une captation maximale de l'énergie solaire incidente et pour l'ajout des protections solaires efficaces. Le développement de cette approche (architecture solaire) dans les années quatre-vingts l'a rendu une approche bioclimatique qui vise par la conception architecturale de réduire les besoins énergétiques et d'assurer le confort des occupants.

Plus récemment (les années quatre-vingt-dix), une autre approche a été établie sur le constat des problèmes environnementaux (une crise écologique) ; effet de serre, réchauffement de la planète, pollution, déforestation.... Cette approche dite environnementale, écologique ou verte (Green architecture) appliquée à l'architecture signifie la réalisation des bâtiments préservant les ressources naturelles en employant des matériaux sains et renouvelables tout en contrôlant les dépenses d'énergies [HANNACHI-BELKADI N. K, 2008].

L'architecture environnementale « ne se réduit pas à la question du chauffage : elle touche aussi, plus largement, aux questions de l'énergie dépensée pour la fabrication et le transport des matériaux, à leur durée de vie et leur recyclage, à la préservation et au renouvellement des ressources, à la réduction et à la suppression, à terme, de l'usage de celles qui ne sont pas renouvelables, et enfin aux problèmes de pollution concernant les déchets ou l'air intérieur des logements » [RANCK Louise, 2009, p.2].

Cette Architecture environnementale a également connu une évolution au fur et à mesure que les nouvelles technologies liées à la production, à la transformation et à la distribution des énergies se sont développées.

¹¹ Parce que l'architecture dite internationale (style international) a été imposée pendant grande partie du 20ème siècle.

La figure ci-dessous illustre l'évolution des approches architecturales, de l'architecture vernaculaire jusqu'à l'architecture durable.

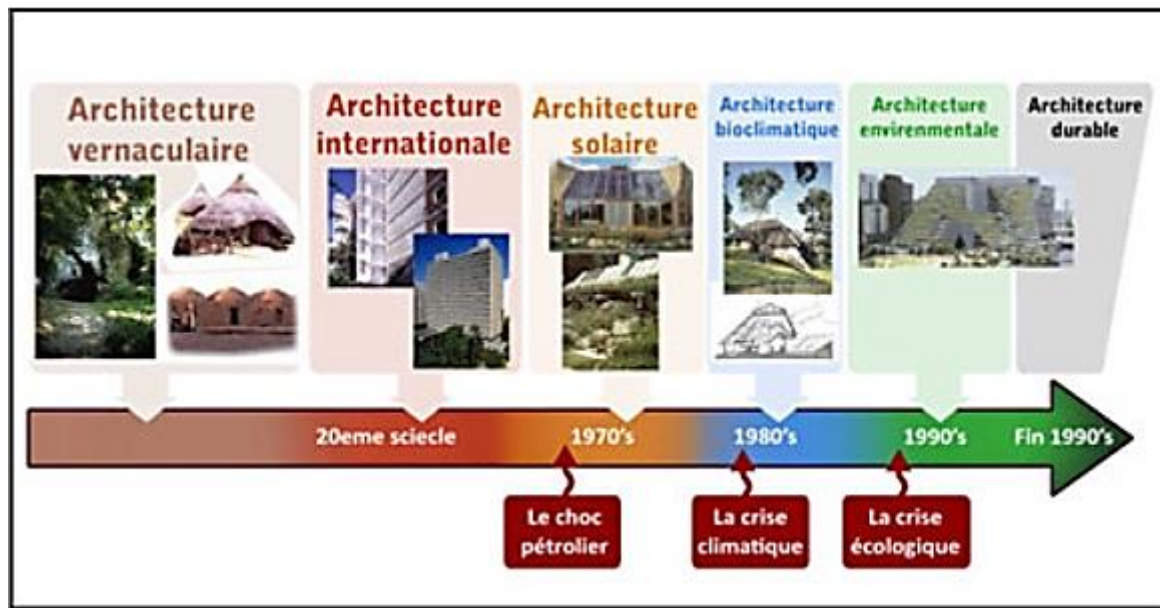


Figure 13 L'évolution des approches architecturales des bâtiments performants (source : auteur)

II.3. Réglementations et labels :

Avant de définir et caractériser les différents bâtiments performants, on pense qu'il est primordiale de faire un petite aperçu sur quelques réglementations thermiques et labels qui leurs sont associé. Ces labels internationaux et réglementations présentés dans cette section sont utilisés comme cible pour définir les indicateurs et les exigences de performances énergétiques visées dans le cadre de cette recherche.

II.3.1. Les règlementations thermiques :

La réglementation thermique est un ensemble de lois visant à la maîtrise de l'énergie dans le bâtiment par la limitation de la consommation globale d'énergie des bâtiments et l'imposition des performance globales (un seuil réglementaire de performance), ceci pour assurer le confort des occupants du bâtiment, réduire les émissions de polluants et diminuer les charges d'exploitation des locaux (chauffage, climatisation...) [FOURA S., 2008, p.59].

II.3.1.1. La règlementation thermique française :

La réglementation thermique est un ensemble de règles à appliquer dans le domaine de la construction neuve en France afin d'augmenter le confort des occupants tout en réduisant la consommation énergétique des bâtiments neufs pour le chauffage, la ventilation, la climatisation, la production d'eau chaude sanitaire et l'éclairage.

La Réglementation Thermique (RT) succède à plusieurs versions antérieures, aux exigences et aux champs d'application croissants (Réglementation Thermique 1974 puis 1982, 1988, 2000, 2005, 2012).

a) La RT 1974, suite au premier choc pétrolier de 1973 :

La première réglementation a été instaurée par Pierre Mesmer (homme d'état français) suite au premier choc pétrolier de 1973, qui a déclenché une prise de conscience de la nécessité d'économiser l'énergie. Dès 1974, la première RT est mise en place. S'appliquant uniquement aux bâtiments neufs d'habitation, elle a pour objectif de baisser de 25% la consommation énergétique des bâtiments. Pour ce faire, la RT 1974 imposait uniquement la mise en place d'une fine couche d'isolation et l'installation d'une régulation automatique des systèmes de chauffage.¹²

b) La RT 1982, suite au second choc pétrolier de 1979 :

En 1979, l'histoire se répète avec un deuxième choc pétrolier qui donne naissance à la RT 1982. L'objectif de cette nouvelle réglementation thermique est une réduction de 20% de la consommation d'énergie des bâtiments par rapport à l'ancienne et rendant obligatoire le label Haute Isolation pour tous les logements.¹³

Les contraintes sont tout particulièrement ciblées sur les besoins de chauffage (en tenant compte des apports extérieur et intérieur) avec un nouveau **coefficient B**¹⁴. Celui-ci est mesuré en. On l'obtient en retranchant au coefficient G les apports gratuits récupérables (apports solaires, interne, orientation des surfaces vitrées).

En 1983, sont lancés les labels Haute Performance Energétique (HPE) et les Labels Solaires (LS) afin de préparer la prochaine réglementation annoncée.

c) La RT 1988, extension aux bâtiments tertiaires

Cette nouvelle réglementation inclue des exigences de performances minimales de l'enveloppe et des systèmes mis en place. La RT 88 étende aux bâtiments neufs résidentiels (réduction énergétique supplémentaire de 20%) et non résidentiels (réduction de 40%). Tout en intégrant la technologie la moins coûteuse pour atteindre l'objectif fixé (équivalent au label HPE 2*).

¹² e-RT2012, e-rt2012.fr/explications/generalites/precedentes-reglementations-thermiques, sur www.e-rt2012.fr(consulté le 31 Décembre 2016).

¹⁴ Le coefficient B est le complément du coefficient G. Il détermine les besoins en W/m3 en prenant en compte en plus du « G » les apports thermiques solaires et internes. Le rapport B/G est en général de l'ordre de 70 à 90 % selon l'importance des apports gratuits.

En effet, un nouveau coefficient apparaît : le **coefficient C¹⁵** qui permet un calcul théorique basé sur l'ensemble des besoins de chauffage et d'Eau Chaude Sanitaire (ECS) en tenant compte des rendements des équipements.

d) La RT 2000, ajout d'une exigence sur le confort d'été

Contrairement aux précédentes réglementations, qui imposaient uniquement des exigences de moyens, la RT2000 voit l'apparition d'une exigence de performance globale du bâtiment mais aussi de confort d'été, via le **coefficient TIC¹⁶**. La RT2000 vise une réduction de 20% de la consommation maximale des logements par rapport à la RT 1988 et une baisse de 40% (à l'exception des bâtiments dont la température normale d'utilisation est inférieure à 12°C) de la consommation des bâtiments tertiaires.

e) La RT 2005, prise en compte du bioclimatisme et des énergies renouvelables

La RT2005 vise une nouvelle baisse de 15% de la consommation énergétique des bâtiments neufs et des extensions. Une révision quinquennale était même prévue avec un objectif de réduction de la consommation énergétique de 40% entre 2000 et 2020. Cette RT encourage :

- La notion de bioclimatisme qui fait son apparition. Elle permet de diminuer les besoins de chauffage tout en assurant un meilleur confort d'été.
- La prise en compte des Energies Renouvelables (EnR) sont également introduit dans les calculs de référence ;
- Le renforcement des exigences sur le bâti (pont thermique, etc...) ;
- La prise en compte des consommations (elle impose par exemple une consommation énergétique primaire maximale "cep max" en tenant compte des zones climatiques et du type de chauffage ;
- La performance des équipements (elle amène des systèmes comme la VMC double flux ou les pompes à chaleur à se démocratiser) ;

Depuis le 1er novembre 2006, un Diagnostic de Performance Energétique (DPE) doit être obligatoirement fourni lors d'une vente ou d'une location et est valable 10 ans. Il permet de

¹⁵ Le coefficient C'est le coefficient mesurant les performances énergétiques globales d'un logement. En plus du coefficient G qui prend en compte les consommations de chauffage, le C considère les besoins en chauffage de l'Eau Chaude Sanitaire (ECS) et de l'éclairage. Il s'exprime en kW/h puisqu'il se mesure en termes d'unité énergie. De ce fait, il ne peut pas être comparé d'un logement à un autre contrairement au coefficient G.

¹⁶ La TIC, ou Température Intérieure Conventiionnelle. Ce coefficient représente la valeur horaire en période d'occupation de la température opérative. Pour le résidentiel, la période d'occupation considérée est la journée entière. Elle est calculée en utilisant des données climatiques conventionnelles pour chaque zone climatique.

connaître la performance énergétique d'un logement ou d'un bâtiment en évaluant sa consommation d'énergie et ses émissions de GES.

En 2007, le **Grenelle Environnement** naît et mûrit à la suite de rencontres politiques organisées dans toute la France visant à prendre des décisions à long terme en matière d'environnement durable et de développement durable notamment en diminuant les émissions de GES et en améliorant l'efficacité énergétique. De nouveaux seuils dans le public et le privé sont fixés et la promotion de l'écoconstruction est faite. En ce qui concerne les bâtiments existants, l'objectif est de réduire leur consommation énergétique de 38 % d'ici 2020.

Parallèlement à la RT 2005, des labels apportant une amélioration par rapport à la RT 2000 ont été reconduits :

- HPE (Haute Performance Energétique) 2005, consommation maximale réduite de 10 %.
- HPE EnR (HPE - Energie Renouvelable) 2005, consommation maximale réduite de 10 %, avec utilisation d'énergie renouvelable.
- THPE (Très Haute Performance Energétique) 2005, consommation maximale réduite de 20 %.
- THPE EnR 2005, consommation maximale réduite de 30 %, avec utilisation d'énergie renouvelable.
- BBC (Bâtiment Basse Consommation) 2005, consommation maximale à 50 kWh/m² (à peu près 50 %).

En 2009, sont apparus deux nouveaux labels applicables à la rénovation :

- HPE rénovation 2009, consommation maximale à 150 kWh/m².
- BBC rénovation 2009, consommation maximale à 80 kWh/m².

f) La RT 2012, un saut en avant

La RT2012 est la réglementation en vigueur depuis le 1er janvier 2013. A quelques exceptions près, elle s'applique à tous les projets de constructions en France. Très exigeante, la RT2012 se base sur l'ancien label BBC (Bâtiment Basse Consommation) qui exige une consommation maximale d'énergie primaire définie par le coefficient *Cepmax* qu'il porte sur les consommations des cinq usages essentiels : le chauffage, le refroidissement, l'éclairage, la production d'eau chaude sanitaire et les auxiliaires (pompes et ventilateurs), cette performance s'élève à 50 kWh/m²/an d'énergie primaire.

La RT 2012 oblige les habitations neuves à consommer au maximum 50 kWh/m²/an. Cette valeur change notamment en fonction de la région et de l'altitude à laquelle l'habitation se situe. Cette consommation maximale définit le bâtiment basse consommation.

Elle impose aussi d'autres contraintes :

La perméabilité à l'air des habitations neuves est limitée et contrôlée par mesure en fin de travaux. Cela définit l'étanchéité du bâtiment. Il doit perdre moins de 0,6 m³/h/m² (maison individuelle) ou moins de 1 m³ (logement collectif) en 1 heure pour une surface de déperdition de 1 m² (plancher bas exclu), exprimés à +/- 4 Pa de pression relative. Ce test consiste à mettre le logement en surpression et/ou dépression et mesurer les fuites grâce à une "fausse porte" c'est-à-dire un ventilateur piloté par ordinateur. Pour cela toutes les bouches d'aération sont fermées ainsi que toutes les autres aérations prévues (portes, fenêtres, etc.).

En résidentiel, la surface de baie doit être égale au minimum à 1/6 de la surface habitable.

Une maison individuelle doit utiliser de l'énergie renouvelable ou une solution alternative relativement écologique.

i) La RT 2020, vers des bâtiments à énergie positive ?

La RT2020 va mettre en œuvre le concept de bâtiment à énergie positive, appelé aussi "BEPOS" au sein du Plan Bâtiment Durable, Ces réglementations seront des réglementations d'objectifs, laissant une liberté totale de conception, limitant simplement la consommation d'énergie. Les bâtiments à énergie positive sont des bâtiments qui produisent plus d'énergie (chaleur, électricité) qu'ils n'en consomment.

Ce sont en général des bâtiments passifs très performants et fortement équipés en moyens de production énergétique par rapport à leurs besoins en énergie. Les murs, toits, voire fenêtres peuvent être mis à profit dans l'accumulation et la restitution de la chaleur ou dans la production d'électricité. L'excédent en énergie se fait grâce à des principes bioclimatiques et constructifs mais aussi par le comportement des usagers qui vont limiter leur consommation.

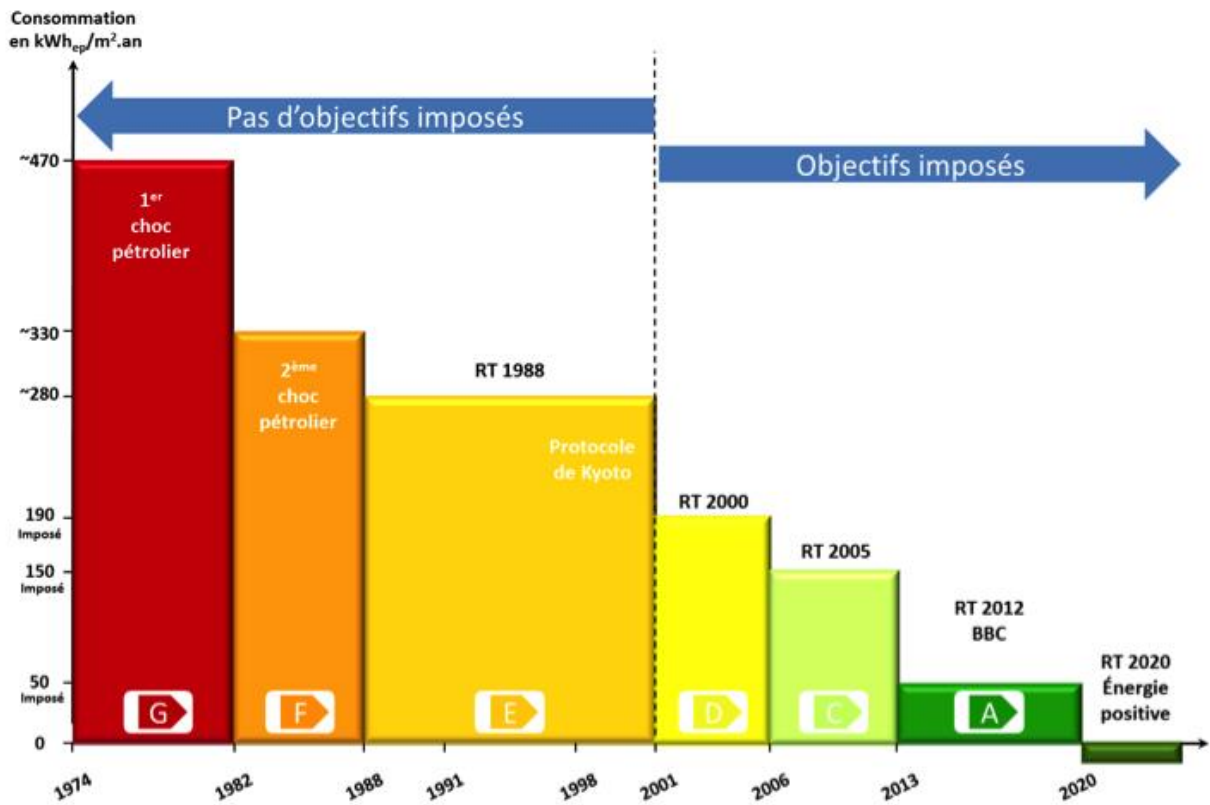


Figure 15 Schéma Evolution des différentes Règlements Thermiques française (Source: <http://www.cfbp.fr/gpl-maitrise-de-l-energie/reglementation-thermique-n261>)

II.3.1.2. La réglementation algérienne :

Depuis plusieurs années, l'Algérie mène une politique d'amélioration de la gestion des ressources énergétiques. Cette politique se décline à travers la loi n°99-09 du 28 juillet 1999 relative à la maîtrise de l'énergie et de ses textes d'application en l'occurrence le décret exécutif n°2000- 90 du 24 avril 2000 portant réglementation thermique dans les bâtiments neufs. L'application de cette réglementation thermique devait aboutir obligatoirement à l'isolation thermique des bâtiments neufs.

a) La réglementation thermique (DTR C3-2 et 3-4) :

La réglementation thermique algérienne se présente sous forme de deux documents techniques règlementaires (DTR), le premier concerne les déperditions calorifiques en hiver (DTR C3-2), le second concerne les apports calorifiques d'été (DTR C3-4).

Les déperditions calorifiques sont égales au flux de chaleur sortant d'un local, ou d'un groupe de locaux, par transmission de chaleur à travers les parois et par renouvellement d'air, pour un degré d'écart de température entre l'intérieur et l'extérieur. Elles s'expriment en watts par degrés Celsius (W/°C). (DTR***)

DTR de la période d'hiver (DTR C3-2) :

Ce DTR concerne la période d'hiver. Il stipule que les déperditions calorifiques par transmission à travers les parois calculées pour la période d'hiver doivent être inférieures à une valeur de référence.

DTR de la période d'été (DTR C3-4) :

Ce deuxième DTR est réservé à la période d'été et mentionne que les apports de chaleurs à travers les parois (opaques et vitrées) calculés à 15h du mois de juillet (considéré comme le mois le plus chaud de l'année) doivent être inférieurs à une limite appelée « Apport de Référence ».

Objet du document :

- Le présent Document Technique Règlementaire a pour objet de fixer les méthodes de :- détermination des déperditions et des apports calorifiques des bâtiments ; -vérification de la conformité des bâtiments à la réglementation thermique.
- L'introduction des déperditions calorifiques de "base" et des apports totaux dans ce DTR contribue au dimensionnement des installations de chauffage et de climatisation des bâtiments.

Domaine d'application :

- Les méthodes de détermination des déperditions et des apports calorifiques du présent règlement s'appliquent à tout type de local.

La vérification réglementaire concerne les locaux à usage d'habitation pour la partie chauffage. Pour la partie climatisation, cette vérification s'étend aux locaux à usage de bureaux et d'hébergement. Pour les autres types de locaux, les pièces du marché doivent préciser le seuil à respecter afin d'assurer l'économie requise

II.3.2. Les labels de performance énergétique :

Les labels sont des indicateurs en termes de confort, de performance énergétique et de respect de l'environnement, afin de réaliser des bâtiments à faibles consommation d'énergie, Ils s'appuient sur des référentiels et sont soumis à des procédures d'audit et d'évaluation. Les principaux labels - notamment européens- sont les suivants :

II.3.2.1. PASSIVHAUSS (Allemagne) :

Est un concept global de construction de bâtiments à très basse consommation énergétique. Créé en 1996 par le Dr Wolfgang Feist, il évolue régulièrement en intégrant de nouvelles données

fournies par le Passivhaus institut (PHI). Le label maison Passive/Passivhaus s'applique à tous les bâtiments neufs et à la rénovation, aux maisons individuelle, logements collectif et individuelle groupés, bâtiments d'enseignement. Immeubles de bureaux, bâtiments publics, etc.¹⁷

Un bâtiment Passivhaus est caractérisé par trois principes de base [MAES P. 2010. P.44] : **des besoins en chauffage minimisés à l'extrême (utilisation de l'énergie solaire passive). Une enveloppe très étanche et une faible consommation en énergie primaire totale.**

Les principaux critères du Label PASSIVHAUS sont¹⁸ :

- La consommation de chauffage doit être inférieure à **15kWh** par mètre carré et par an. Il est considéré que **15kWh/m2/an** suffisent à chauffer un bâtiment dans de bonnes condition grâce au soleil et à la récupération de la chaleur interne.
- L'étanchéité de l'enveloppe de l'habitat doit être de **n50 ≤ 0.6 h-1**. Cela signifie que l'habitat doit être assez étanche afin de conserver la chaleur dans l'enceinte de la maison.
- Les besoins en énergie primaire doivent être inférieurs à **120kWh** par mètre carré par an.

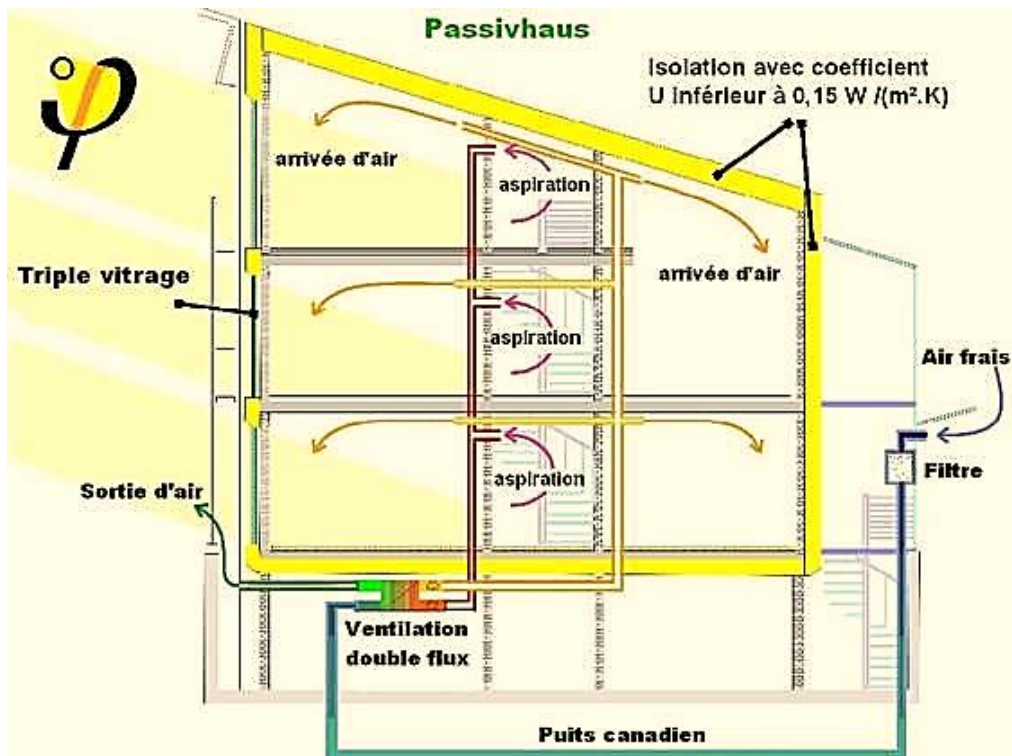


Figure 16 Principes de la conception et techniques constructives d'un bâtiment passif (source : <http://www.ddmagazine.com/20080226167/maisons-passives-les-labels-et-normes-de-construction.html>)

¹⁷ <http://www.architecture-kmo.fr/le-label-passivhaus/>, consulter le 02/01/2017.

¹⁸ <http://www.projetvert.fr/labels-energetique/label-passivhaus/>, consulter le 01/01/2017.

II.3.2.2. MINERGIE® (Suisse) :

MINERGIE est un label de qualité pour des bâtiments neufs ou rénovés, Créé en 1998, il peut s'appliquer à tout type de bâtiment : individuel, collectif, tertiaire, commercial, Ce label vise [MINERGIE, 2012] à **promouvoir l'utilisation rationnelle de l'énergie et avec l'utilisation des énergies renouvelables pour assurer le confort des usagers du bâtiment.** Afin d'obtenir le label Minergie, la consommation pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire (ECS), la ventilation et la climatisation en énergie finale doit être inférieure à un seuil de référence en énergie primaire et le surcout de construction doit être limité par rapport à un bâtiment standard.



Figure 17 les principes de label MINERGIE (source : http://www.cimesconseil.fr/?page_id=125)

Construire en adoptant les principes de MINERGIE présente **3 avantages majeurs**:¹⁹

- **Le confort de l'habitant est accru:** Le bâtiment jouit d'une meilleure isolation. En effet la construction de labélisée MINERGIE permet de protéger l'intérieur du bâtiment contre la température excessives. Grâce à des murs extérieurs, un toit et un sol épais et bien isolés, le confort thermique est supérieur.
- **Le bien conserve mieux sa valeur:** La qualité de la construction a un impact à moyen long terme sur la valeur du bâtiment. Des études ont prouvés que la valeur d'un bien labélisé MINERGIE possédait une valeur ajoutée supérieur de 7% à un bien traditionnel.
- **Le bâtiment permet des économies en matière de coût énergétique:** L'amélioration de l'isolation du bâtiment permet de réduire les kilowatts superflus dépensés. Le résident économisera donc de l'argent sur plusieurs décennies. Le coût d'une construction de meilleure qualité s'amortit donc rapidement.

L'association Minergie soutient aujourd'hui quatre standards de construction Minergie :

¹⁹ <http://www.projetvert.fr/labels-energetique/label-minergie/>, consulter le 03/02/2017.

a) MINERGIE® standard :

Les principales exigences à respectés sont les suivantes [MINERGIE®, 2012]: des exigences primaires pour l'enveloppe du bâtiment, un renouvellement de l'air au moyen d'une aération de type double flux, une valeur limite de consommation pondérée en fonction de la localisation (stations météo de référence) et de l'altitude, un justificatif du confort thermique d'été, des exigences supplémentaires suivant la catégorie de bâtiment (éclairage, froid industriel et production de chaleur).

Dans ce label la consommation énergétique doit être inférieure à 42 kW.h/m².an et le Surcoût par rapport à un bâtiment standard équivalent inférieur à 10%.

b) MINERGIE-P® (passif) :

Crée En 2003. Le Référentiel Du Label Minergie-P Correspond Au Standard "Passivhaus" Parce qu'il intègre Grande partie les critères Des Constructions Passives : sur isolation, étanchéité à l'air contrôlée, ventilation double flux à haut rendement.

L'objectif premier est de réduire la consommation énergétique qui doit être inférieure à 30 kWh/m².an et les besoins en chauffage inférieurs à 15 kWh/m².an. Le dimensionnement de la puissance de chauffage doit être inférieur à 10 W/ m².Et le surcoût égal au maximum à 15% par rapport à un bâtiment standard [Fadi CHLELA, 2008, p.17]

c) MINERGIE-Eco (écologique) :

Crée en 2006. Les exigences liées au confort et de rendement énergétique sont identique à Minergie ou Minergie-P, mais les bâtiments certifiés Minergie Eco doivent répondre à des exigences supplémentaires ; sanitaires (lumière, bruit et air intérieur) et écologiques (matière première, fabrication et déconstruction) [MAES P. 2010, p.40].

d) MINERGIE P-Eco (passif et écologique) :

Il est le plus exigeant des labels proposés par Minergie, Minergie-P-ECO est un label qui combine les labels Minergie-P et Minergie-ECO, c'est-à-dire la combinaison des différents critères, ce qui fait que Minergie-P-ECO est un label extrêmement difficile à obtenir.

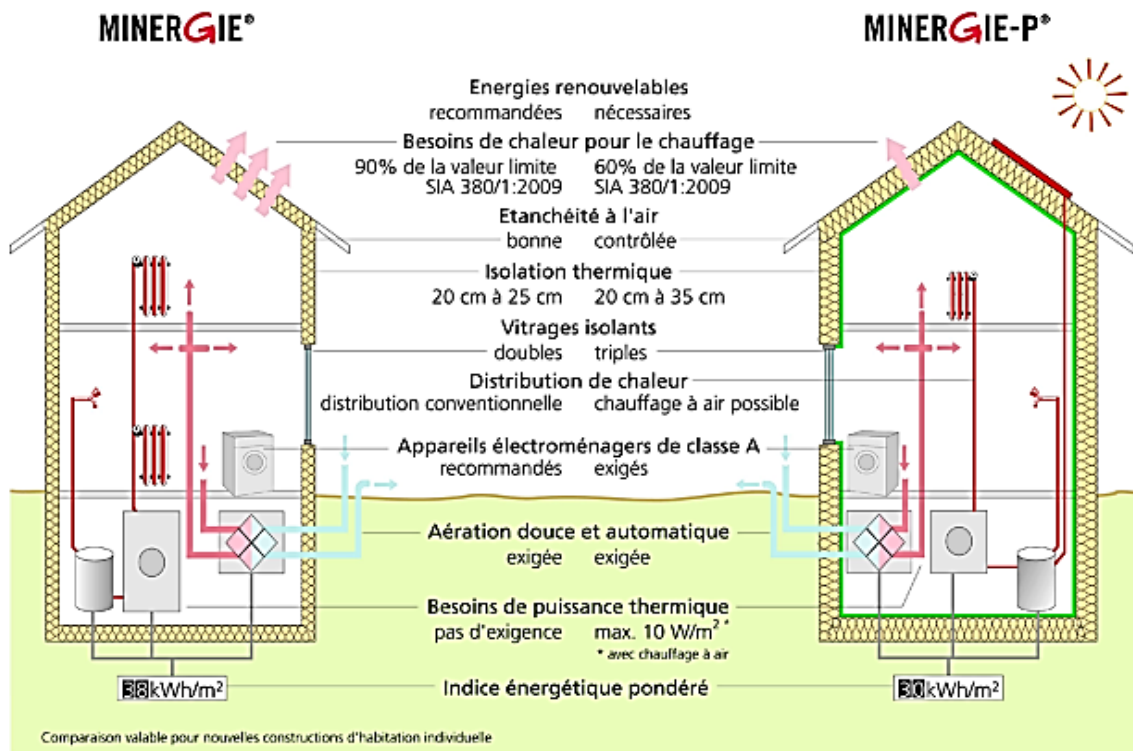


Figure 18 Exigences des standards Minergie® et Minergie®-P (Source : <https://chavesalmeidafabio.wordpress.com/author/lanthemannxavier/>)

II.3.2.3. ZERO ENERGY BUILDING (USA):

Un bâtiment zéro énergie (ZEB) ou nette zéro énergie du bâtiment est un terme général appliqué à l'utilisation d'un bâtiment résidentiel ou commercial avec des besoins énergétiques considérablement réduits (consommation nulle d'énergie nette) et zéro émission de carbone par an. Les principes de ce label consistent à réduire au maximum les besoins en chauffage, de refroidissement et d'électricité, grâce à une enveloppe et des équipements performants et économes dont les besoins en énergie sont satisfaits par des gains d'efficacité tels que l'utilisation des technologies renouvelables (panneaux photovoltaïques, une turbine de vent, ou un générateur de biogaz...) [TORCELLINI P., PLESS S., and D. CRAWLEY M., 2006, p.1].

Parmi les principaux objectifs de ce label [HANNACHI-BELKADI N-K, 2008, p14]:

- La réalisation de bâtiments consommant 30 à 90% d'énergie en moins pour le neuf et 20 à 30% de moins pour l'existant.
- L'intégration de systèmes de production décentralisée afin d'arriver en 2020 à des bâtiments zéro énergie.
- Le développement des technologies qui réduisent les consommations d'énergie et de matière.

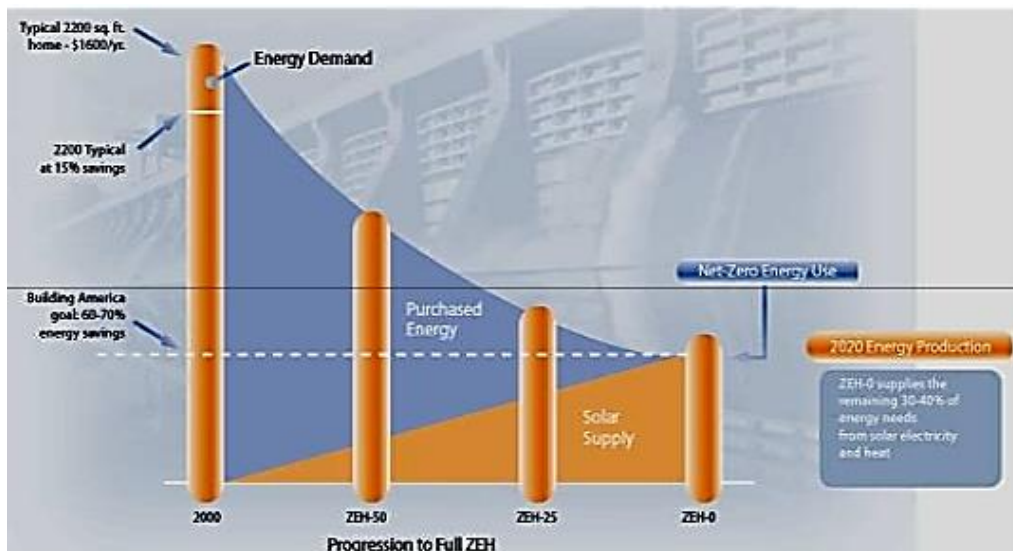


Figure 19 évolution des bâtiments Net-Zéro énergie aux Etats-Unis (source : https://www.google.dz/search?q=progression+to+full+ZEH&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKewjz84SSnLnUAhUHsxQKHebECZkQ_AUICigB&biw=1366&bih=638#imgrc=Msy5EF4SkEhEhM)

Aux États-Unis, les maisons ne doivent consommer que 50% d'énergie en moins que la réglementation pour être considérées comme Faisant Partie du Programme « Zero Energy Homes ». Elles devraient Donc Plutôt Etre Classées Dans les maisons à basse énergie. [LAUSTENS J., 2008, p.72].

La figure 19. illustre l'évolution des bâtiments à énergie zéro aux Etats-Unis, Le label « Energy Star » correspond à des bâtiments utilisant 15% moins d'énergie que les exigences d'efficacité énergétique pour les nouveaux bâtiments.

II.3.2.4. Les labels français :

a) Le label HPE 2005 (Haute Performance Énergétique):

Les labels HPE/THPE comprennent au total 5 niveaux avec des objectifs précis pour chacun d'eux²⁰ :

- le label **HPE 2005** concerne les constructions dont les consommations conventionnelles sont inférieures de 10% minimum à la consommation de référence de la RT 2005 et d'au moins 10% par rapport à la consommation maximale autorisée dans l'habitat ;

²⁰ <https://particuliers.engie.fr/travaux-chaudiere/realiser-des-travaux-d-isolation/label-hpe.html>, consulter le 03/02/2017.

- le **label THPE 2005** est valable pour les constructions conventionnelles dont la consommation est inférieure de 20% par rapport aux références RT 2005 et de 20% par rapport à la consommation maximale autorisée pour l'habitat ;
- **Le label HPE EnR 2005** : cette norme se base sur les exigences du label HPE 2005, ce label exige le recours aux énergies renouvelables dont au moins 50 % de l'énergie employée pour le chauffage est issue d'une installation biomasse ou d'une alimentation par un réseau de chaleur utilisant plus de 60 % d'énergies renouvelables.
- **le label THPE EnR 2005** : cette réglementation s'applique aux constructions dont les consommations conventionnelles sont inférieures d'au moins 30% à la consommation de référence RT 2005 et de 30% par rapport à la consommation maximale autorisée, pour ce qui concerne l'habitat. Des équipements d'énergie renouvelable sont également exigés. Parmi eux : des capteurs solaires, photovoltaïques ou des éoliennes performantes
- Enfin, le **label BBC 2005** : le label BBC exige que la consommation énergétique des bâtiments résidentiels doit être au maximum 50 kWh/m².an en fonction de la zone climatique et de l'altitude. Mais pour les bâtiments non résidentiels la consommation conventionnelle d'énergie doit être inférieure d'au moins 50 % à la consommation conventionnelle de référence selon la RT 2005.

b) EFFINERGIE :

Il a été mis au point par l'association Effinergie pour promouvoir la construction et la réhabilitation à basse consommation d'énergie, **ce label correspond au label Bâtiment Basse Consommation,**

BBC 2005 et il est du même niveau que les labels suisse Minergie et allemand Passivhaus mais le label EFFINERGIE tient compte des spécificités françaises en termes de réglementations et de normes, de zones climatiques, de modes de construction...

Pour obtenir le label EFFINERGIE, la consommation énergétique globale doit être inférieure à 50 kWh/m².an d'énergie primaire pour les constructions résidentielles neuves (Cette valeur est pondérée selon l'altitude et la zone climatique). Concernant les bâtiments tertiaires neufs, la consommation énergétique globale ne doit pas dépasser 50 % de la consommation conventionnelle de référence de la RT 2005 [MAES P. 2010, p.54].

Maintenant que la RT 2012 entre progressivement en application, EFFINERGIE a travaillé à des nouveaux labels en adoptant une vision plus large de l'impact énergétique d'un bâtiment. Pour cela EFFINERGIE lance :

- Le label EFFINERGIE+, importante évolution de la certification des bâtiments efficaces en énergie.
- Une expérimentation pilote EFFINERGIE+ vers l'énergie positive.

Ces nouveaux labels ont vocation à relancer l'expérimentation et faire émerger des nouveaux équipements et des nouvelles techniques. [EFFINERGIE, 2012].

En résumant, les labels peuvent être classés, suivant leurs exigences termes de Consommation d'énergie, en trois familles [CHLELA F. 2008, p.13] (fig 20): **performants (Minergie, Minergie Eco)**, **très Performants (Minergie-P, Passivhaus et Effinergie)** et **zéro énergie ou à énergie positive (Zéro Energy Building)**.

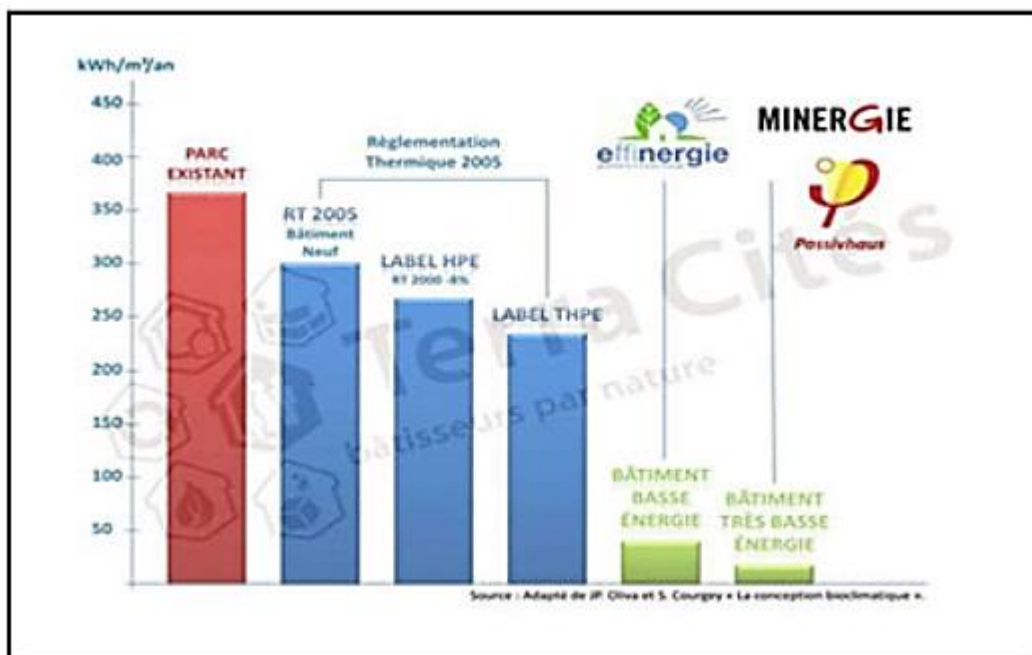


Figure 20 Comparatif des consommations d'énergie des différents labels et du parc existant (Source : MINERGIE, 2012)

II.3.2.5. Des Labels Globaux (plus larges) :

D'autres labels et **approches Globales Prennent En Compte l'interaction du bâtiment avec son environnement selon un point de vue plus large, l'aspect énergétique ne forme qu'une partie de ces interactions**, tel que :

La méthode **LEED** (Leadership In Energy and Environmental Design) [LEED, 2012] en États-Unis d'Amérique, **CASBEE** (Comprehensive Assesment System for Building Environmental Efficiency) [CASBEE 2012] au Japon, **BREEAM** (Building Research Establishment Environmental Assesment Method) [BREEAM 2012] en Grande Bretagne et la démarche **HQE** (Haute Qualité Environnementale) [HQE, 2012] en France.

Ces méthodes permettent d'évaluer l'impact environnemental de différents types bâtiments (Immeubles De bureaux, logements, surfaces commerciales et bâtiments industriels). Ainsi, Elles intègrent la dimension de performance énergétique comme exigence environnementale à satisfaire, sans fixent aucun objectif de performances, seulement les organismes certificateurs qui proposent des référentiels. Ces démarches sont volontaires, fondée sur la responsabilité des acteurs, Et En Premier lieu du maître d'ouvrage, elles proposent des critères de performances environnementales nombreux et variables selon la démarche, La HQE Par Exemple définit 14 critères (cibles) Chaque cible se décompose en cibles élémentaires, La quatrième cible concerne la Gestion de l'énergie qui se décompose En quatre Cibles Elémentaires [assohqe, 2012]:

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

II.3.2.6. Les bâtiments performants :

Suite à la présentation des différents labels de performance énergétique, on peut présenter, maintenant, les divers concepts des bâtiments performants qui sont encadrés par ces labels. En effet, ces bâtiments sont classés en trois catégories de même que les labels qui leurs associent : **bâtiments performants, bâtiments très performants, et bâtiments zéro énergie ou à énergie positive.**

a) Le bâtiment basse consommation (BBC) :

En Anglais "low energy house". Ce terme est généralement utilisé pour désigner des bâtiments dont des performances énergétiques sont supérieures à celles des bâtiments standards [LAUSTENS J. 2008, p.65].

Les bâtiments d'habitation sont BBC (selon le label EFFINERGIE) lorsque la consommation d'énergie primaire est inférieure à 50 kWh/m²/an pour les postes suivants : Chauffage, Eau chaude sanitaire, ventilation, éclairage et Refroidissement. Cependant la consommation énergétique globale des bâtiments à usage autre que d'habitation (tertiaire,...) ne doit pas dépasser 50 % de la consommation conventionnelle de référence de la RT 2005. D'après l'association EFFINERGIE, ce niveau de performance peut être atteint Par l'optimisation de l'isolation, la réduction des ponts

thermiques et l'accroissement des apports passifs. Ce concept ne comprend a priori aucun moyen de Production local d'énergie, sans toutefois l'exclure.



Figure 21 Des logements sociaux BBC-Effinergie à la commune de La terrasse. (Source : MAES P. 2010)

b) Le bâtiment passif :

En Anglais “Passive House”, En allemand “Passivhaus”. Le Concept De Bâtiment passif a été développé Dans Les Années 1970 Et Formalisé en 1985 par le Pr. Bo Adamson de l’université de Lund (Suède) Et Wolfgang Feist de l’institut de logement et De l’environnement (IWU) de Darmstadt (Allemagne).



Figure 22 : Maison passive de démonstration a Héricourt en french-comté entre Belfort et Montbéliard (source : <http://passion-passive.com/maison-de-demonstration-en-franche-comte>)

Pour être certifié « Bâtiment passif », quatre critères doivent être remplis, et ils sont identiques quelle que soit la localisation du bâtiment :

- Le besoin de chauffage doit être inférieur à 15 kWh d'énergie utile par mètre carré de surface chauffée et par an. L'énergie utile désigne l'énergie effectivement reçue par l'habitant, après

déduction des pertes dues au rendement des installations de chauffage. Le bâtiment peut aussi remplir ce critère en attestant d'un besoin de puissance de chauffage de moins de 10 W/m² ;



Figure 23 schéma d'une maison passive (source : <http://maisonspassives.net/fonctionnement-maison-passive/>)

- La consommation totale d'énergie primaire doit être inférieure à 120 kWh/m².an. L'énergie primaire désigne l'énergie à l'état naturel (pétrole, gaz, charbon, uranium...) avant sa transformation ;
- La perméabilité à l'air de l'enveloppe doit être au maximum de 0,6 volume par heure, mesurée sous 50 Pascals de différence de pression ;
- Enfin, la fréquence de surchauffe intérieure doit être inférieure à 10 % des heures de l'année. La surchauffe intérieure correspond à une température intérieure supérieure à 25°C.

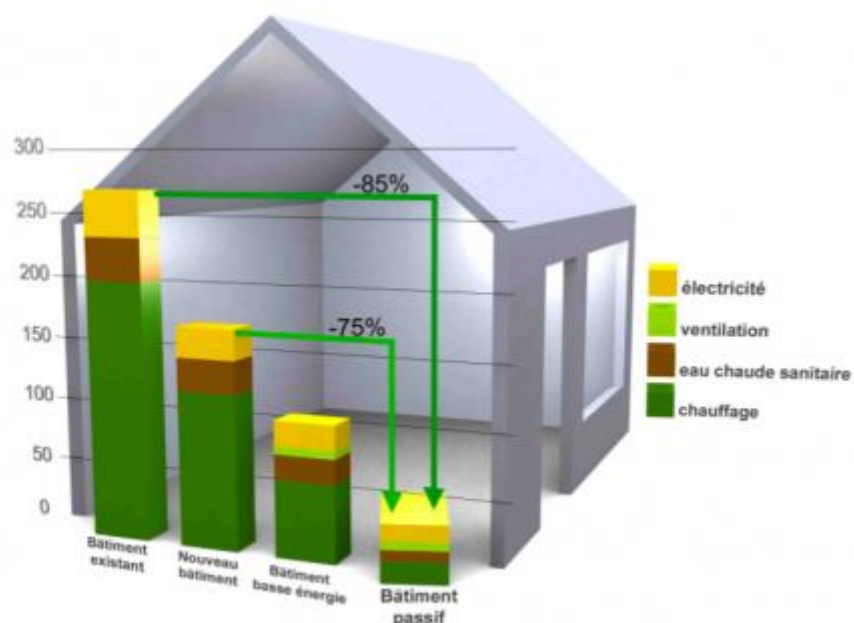


Figure 24 : Comparaison entre les indices de performance énergétique en kWh/m².an (source : <http://www.logic-immo.be/fr/nouvelles-immo/maison-passive-1715.html>)

Les maisons passives ont toutes un point commun : de **grandes surfaces vitrées triplent vitrage** au **sud** et **sud-ouest** et un quasi absence d'ouvertures au nord. Les pièces à vivre sont ainsi placées en général au sud. Vous n'avez plus besoin d'allumer les lumières et le chauffage car l'ensoleillement est suffisant pour éclairer et chauffer ces pièces. La chaleur peut ensuite se diffuser dans l'habitation. Pensez aux **baies à galandage** pour une ouverture totale sur l'extérieur !

Si vous vivez dans une **région très ensoleillée** et que vous redoutez une **surchauffe en été**, nous vous conseillons de placer une **pergola bioclimatique** contre la façade la plus ensoleillée pour réguler les apports de lumière et de chaleur.

c) Le bâtiment zéro énergie :

En anglais “zero energy house”. Le bâtiment zéro énergie combine de faibles besoins d'énergie à des moyens de production d'énergie locaux. Sa production énergétique équilibre sa consommation. Ce bâtiment est quasi autonome en énergie sur l'année (son bilan énergétique net annuel est donc nul), il obtient tous ses énergies requise par d'énergies solaire et d'autres sources d'énergie renouvelable et il présente des niveaux d'isolations supérieurs à la moyenne (LAUSTENSJ.2008, p.71).

Les maisons zéro énergie se chauffent en général par des panneaux solaires thermiques, avec l'appoint fourni par une pompe à chaleur alimentée en électricité. Les panneaux photovoltaïques sont donc dimensionnés par les besoins en électricité de la pompe à chaleur, additionnés par les autres besoins électriques. Le principe de la maison à énergie zéro est donc complètement différent de celui de la maison passive, puisqu'il consiste en une compensation de la consommation totale, quelle qu'elle soit, et non en une optimisation des conditions favorisant la sobriété énergétique de la maison. Le bilan de consommation de la maison à énergie zéro prend en considération 5 usages principaux que sont le chauffage, la climatisation éventuelle, la production d'eau chaude sanitaire, l'éclairage et les auxiliaires. Cette consommation doit Tendre Vers l'objectif [CLIMAMAISON., 2012] :

- Maison énergie zéro (5 usages) = consommation env. 0 à 15 kWh/m².an, en énergie primaire.
- Maison énergie zéro (tous les usages, compris appareils électriques, ...) = env. 100 kWh/m².an, en énergie primaire.



Figure 25 maison "zero energy" (source : RUELLE, F., 2008)

d) Le bâtiment à énergie positive (BEPOS):

Le bâtiment à énergie positive est un bâtiment dont le bilan énergétique global est positif (il dépasse le niveau zéro énergie), c'est-à-dire qu'il produit plus d'énergie (thermique ou électrique) qu'il n'en consomme. L'énergie complémentaire peut être soit stockée afin d'être consommée ultérieurement, soit réinjectée au réseau de distribution d'électricité pour être revendue [THIERS S., 2008, p.15]

Pour qualifier un bâtiment qui serait à énergie positif [ADEME, 2009, p.2], deux indicateurs énergétiques sont retenue :

- Le bâtiment doit être sobre en énergie hors production locale et à faible contenu carbone.
- La consommation totale d'énergie primaire du bâtiment doit être compensée en moyenne par la production locale d'énergie.



Figure 26 Logements collectif à énergie positive à Freiburg. Allemagne. (Source : THIERS Stéphane, 2008)

e) Le bâtiment bioclimatique :

L'architecture bioclimatique cherche de la meilleure adéquation entre le bâtiment, le climat et ses occupants pour réduire au maximum les besoins énergétique non renouvelable

Le bâtiment bioclimatique tire parti du climat (fig.27) afin de rapprocher au maximum ses occupants des conditions de confort avec des températures agréables, une humidité contrôlée, un éclairage naturel, et permet de réduire les besoins énergétique (chauffage ou climatisation).

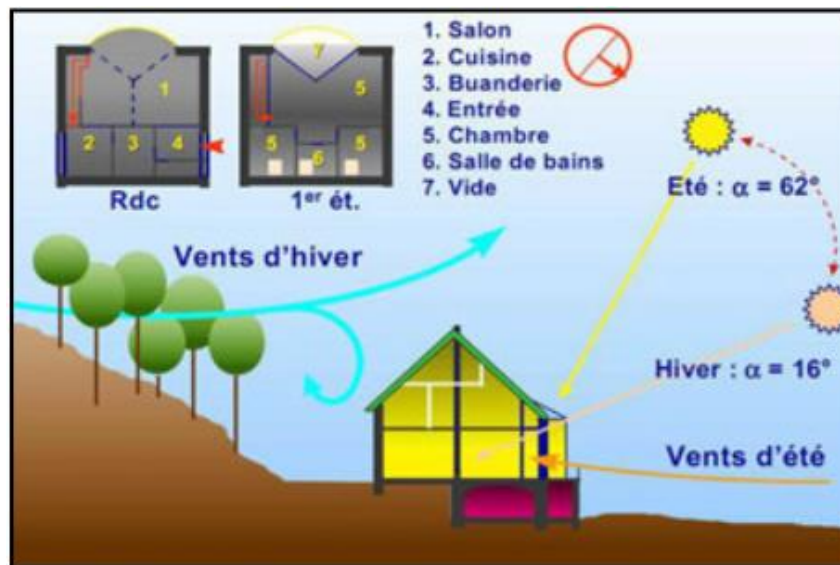


Figure 27 Illustration de quelques principes d'architecture bioclimatique (implantation et organisation spatiale) (source : LIEBARD A. et DE HERDE A.2005)

II.4. Conclusion :

Les différents labels sont des indicateurs de performances énergétiques basées sur des référentiels (niveau de performance). En effet, ils représentent un levier très important pour le développement de technologies innovantes (pompes à chaleur, capteurs solaire, ventilation double flux,...). Mais, cela implique le domaine de l'ingénierie plus que le domaine d'architecture. Par ailleurs, les méthodes et les labels globaux visant à réduire l'impact des constructions sur l'environnement (en particulier : LEED, CASBEE, BREEAM, HQE) évaluent le bâtiment en tant que (construit) plutôt qu'en tant que (conçu), et qu'elles ne permettent pas d'orienter la conception en phase préliminaire.

Les bâtiments performants ont tous un point commun : ils se veulent de garantir un confort plus important à leurs occupants et de réduire les besoins énergétiques par une conception architecturale bioclimatique et par l'usage de technologies plus efficaces. Ces concepts des bâtiments sont définis par un ensemble d'objectifs (niveau de performance à atteindre) et de solutions techniques destinés à guider le concepteur. Ce dernier, en s'appuyant sur divers outils d'aide à la conception, associe des techniques, matériaux, structures et équipements de manière à atteindre au mieux les objectifs fixés.

Donc, afin de concevoir des bâtiments performants, il apparaît plus efficace d prendre en considération l'aspect environnemental et la performance énergétique en particulier dans les phases amont de la conception.

Pour cela, le prochain chapitre consiste à étudier les processus de la conception architecturale et la manière d'intégration de l'aspect de la performance énergétique dans ces processus pour avoir une méthode de conception des bâtiments à haute performance énergétique.

Deuxième PARTIE : État de l'art et application

Chapitre III : Outils et méthodes

III.1. Introduction :

Dans le chapitre précédent nous avons pu présenter les bâtiments à haute performance énergétique, en mettant l'accent sur leur évolution et leurs principales caractéristiques...etc. Ce que nous a bien aidé à faire un bilan de connaissances. En outre, nous avons également pu montrer aux principales réglementations thermiques et les labels d'efficacités énergétiques.

Après avoir examiner l'échantillon représentatif, nous comptons dans ce chapitre présenter l'architecture bioclimatique, leurs principes et leurs paramètres qui se rapportent à la conception architecturale, en suite nous allons définir la simulation et présenter l'outil TNSYS 17 qu'on a adopté, à savoir : son principe de travail, ses composants, leurs point forts et points faible, tout on argumentant notre choix de ce outil.

En fin, nous allons présenter notre échantillon d'étude affine de comprendre leurs structure, leurs matériaux de construction, leur type de vitrage,... pour ressortir par un résultat proche à la réalité.

III.2. L'architecture bioclimatique :

L'architecture bioclimatique est une manière de construire avec l'environnement. Le concept global est également appelé « architecture climatique » ou « architecture naturelle ». Lorsque la prise en compte de l'environnement se fait aussi dans l'utilisation des matériaux, les émissions de gaz à effet de serre, la gestion de l'eau ou des déchets, ce type d'architecture est appelé « architecture écologique », « architecture durable », ou « architecture verte ». Si l'intégration dans l'environnement est plus spécifiquement axée sur l'utilisation des ressources énergétiques, et plus particulièrement du soleil, on parle d'« architecture solaire », ou d'« architecture passive », ces deux termes pouvant d'ailleurs être combinés.

La nature même de l'architecture bioclimatique, qui est de s'adapter à l'environnement local, fait qu'il est impossible d'en donner une définition plus précise et de détailler des principes de conception généraux. En effet, les conseils que l'on peut trouver dans les manuels d'architecture bioclimatique ne sont applicables que dans un contexte spécifique et relèvent la plupart du temps de connaissances empiriques.

III.2.1. Définition :

Olgay a utilisé le terme « bioclimatique » pour la première fois en 1953 pour définir l'architecture qui répond à son environnement climatique en vue de réaliser le confort pour les occupants grâce à des décisions de conception appropriées²¹. La conception bioclimatique est surtout une sorte d'engagement dont les bases sont : un programme architectural, un paysage, une culture, quelques matériaux locaux, certaine notion de bien-être et d'abri dont la synthèse est une couverture habitable²².

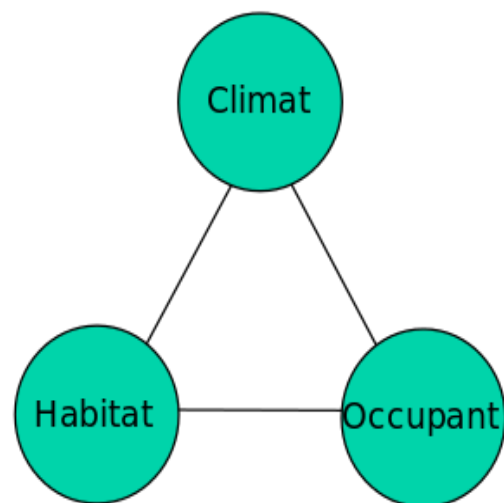


Figure 28 les trois éléments de l'architecture bioclimatique
(Source : Emmanuel Boutet 2007)

Pour Pierre Lavigne et Pierre Fernandez

²¹ Evans. J. M, The comfort triangles: a new tool for bioclimatic design, thèse de doctorat, Delft University, 2007

²² De Asiain. A, et al., "Reflections on the Meaning of Environmental Architecture in Teaching", the 21th Conference on Passive and Low Energy Architecture. Eindhoven, The Netherlands, 19 – 22 September 2004, P.1-6

L'architecture bioclimatique vise principalement l'amélioration du confort qu'un espace bâti peut induire de manière naturelle, c'est-à-dire en minimisant le recours aux énergies non renouvelables, les effets pervers sur le milieu naturel et les coûts d'investissement et de fonctionnement. L'intérêt du Bioclimatique va donc du plaisir d'habiter ou d'utiliser un espace à l'économie de la construction, ce qui fait un élément fondamental de l'art de l'architecte²³.

Le concept de l'architecture bioclimatique est à l'origine de l'émergence des nouveaux concepts comme : « Haute Qualité Environnementale, HQE » ou mieux encore « Très Haute Performance Energétique », « Architecture Ecologique », « Architecture Durable » et « Architecture Verte ». Le concept de l'architecture bioclimatique mérite une explication plus profonde. L'hypothèse est que cette affiliation mène aux réactions favorables en termes de performance, de santé humaine et même les situations émotionnelles²⁴.

L'objectif principal de cette approche est de concevoir des bâtiments de manière « naturelle », c'est-à-dire en s'inscrivant pleinement dans leur environnement. Un bâtiment bioclimatique doit donc tenir compte du relief du terrain sur lequel il est bâti, de la végétation qui l'entoure, de la course du soleil tout au long de la journée. Dans l'hémisphère nord, on ne considère donc que les pièces de vie, telles que le séjour et la cuisine doivent être orientées plutôt au sud (ou à l'est, ou à l'ouest), tandis que l'on peut prévoir des espaces tampons (comme les sanitaires ou le garage) le long de la façade nord qui reçoit moins de soleil que les autres orientations.

L'architecture bioclimatique regroupe :

- "la construction solaire" orientée vers le captage de l'énergie solaire.
- "la construction passive" dérivée du label Passivhaus où le respect de certains principes et performances énergétiques est exigé.

III.2.2. Principes de l'architecture bioclimatique

Afin de concevoir une architecture assurant le meilleur confort, au coût énergétique le plus réduit possible, dans le respect de l'environnement, une démarche bioclimatique se conduit en prenant en compte les quatre piliers d'une construction soutenable :

III.2.2.1. Insertion dans le territoire

La réussite de cette insertion implique une économie par rapport à l'emprise sur les territoires naturels, soit éviter le mitage du territoire. Elle implique également un équilibre entre les différents

²³ Lavigne. P. Et Fernandez. P, Concevoir des bâtiments bioclimatiques : fondements et méthodes, Le moniteur, Paris, 2009

²⁴ Almusaed. A, Biophilic and Bioclimatic Architecture, Springer-Verlag, London, 2011.

services offerts, qu'il s'agisse de limitation des besoins en transport ou de pertinence économique et sociale de l'implantation, par la mixité des équipements de logement, de travail, d'éducation, d'approvisionnement et de loisir. Cette mixité permet, en densifiant les centres villes et les agglomérations périurbaines, en se réappropriant les friches, en reconstruisant la ville sur la ville²⁵, de réduire les besoins en infrastructures et donc le coût public de la construction.

III.2.2.2. Matériaux et chantier

Les matériaux de l'architecture bioclimatique sont ceux couramment utilisés, néanmoins des matériaux plutôt "naturels", "sains" et à faible empreinte écologique seront généralement privilégiés.

Matériaux "naturels" dans le sens où ceux-ci auront subi le moins de transformations lors de leur production. Ils proviennent de ressources naturelles de préférence locales et renouvelables. «Sains», ils n'ont, de préférence, pas d'impact négatif sur la santé.

La réflexion sur ce point peut s'étendre à plusieurs niveaux d'échelle de leur cycle de vie : impact directe par la nocivité (dégagement de gaz polluants par exemple) lors de leur fabrication, mise en œuvre ou lors de leur usage définitif, ou impact indirectement à travers les pollutions indirectes de production sur l'environnement naturel (pollution des eaux de nettoyages rejetés dans le milieu naturel par exemple) ou par la production de déchets nocifs utilisés par ailleurs impactant la santé (notamment les produits dérivés du pétrole, ou de l'industrie chimique).

L'empreinte écologique évalue l'impact sur l'environnement du cycle de vie d'un matériau. L'énergie grise est l'énergie totale consommée dans le cycle de vie du produit. La pollution directe en tant que matériau ou indirecte par sa fabrication, mise en œuvre, usage et recyclage.

Le bilan écologique dans le cycle de vie d'un matériau fait partie des réflexions bioclimatiques, même si elles ne sont pas toujours aussi poussées que dans des constructions "écologiques" où ce bilan est prioritaire sur d'autres réflexions.

III.2.2.3. Économie et sobriété d'usage

L'une des préoccupations du bioclimatisme est la sobriété d'usage²⁶. Cette sobriété commence par la sobriété énergétique.

La réglementation thermique détermine le niveau maximal de consommation. Le bioclimatisme vise une performance supérieure, approchant le niveau passif, c'est-à-dire une construction dont le

²⁵ <http://www.demainlaville.com/observatoire-de-la-ville>, Consulter le 16/06/2017

²⁶ <https://negawatt.org>, Consulté le 16/06/2017

confort est assuré sans apport d'énergie fossile ou nucléaire. Cette performance ne peut être atteinte qu'en valorisant les apports solaires hivernaux (absence de chauffage), tout en se protégeant des apports solaires estivaux (absence de climatisation).

La sobriété concerne également la consommation des autres ressources durant la vie du bâtiment, à commencer par l'eau (pour les occupants, l'arrosage...), les produits d'entretien (nettoyage, peinture, protection des composants).

Un bâtiment sobre génère un minimum de déchets durant sa construction, son exploitation et lors de sa reconversion en fin de vie.

III.2.2.4. Confort et santé à l'intérieur

Le confort et la santé à l'intérieur d'un bâtiment sont assurés par l'ensemble des points cités auparavant, pour garantir un confort hygrothermique en toute saison et à toute heure, dans une ambiance saine pour les occupants.

Ces critères dépendent de la qualité des matériaux employés, de leur absence d'émissions nocives, et de leur capacité à réguler les apports solaires, à stocker l'énergie pour amortir les fluctuations météorologiques dans des proportions adaptées aux besoins du bâtiment. Ils dépendent aussi de la gestion du renouvellement indispensable de l'air intérieur pour le maintenir sain et avec une hygrométrie régulière. Ils ne doivent pas oublier la qualité visuelle vers l'extérieur et celle de la lumière intérieure, ni la qualité olfactive du site ou celle du contact des matériaux. Un bâtiment bioclimatique répond au besoin permanent du plaisir des cinq sens.

III.2.3. Les paramètres qui se rapportent à la conception architecturale :

III.2.3.1. La localisation du bâtiment

« Le site est plus qu'une adresse. C'est la somme totale des attributs économiques, environnementaux, et sociaux de sa localisation ²⁷ ». L'intégration du bâtiment dans son environnement est le premier principe de l'architecture bioclimatique. Il est très nécessaire d'avoir une parfaite connaissance des vents dominants, de la radiation solaire incidente et des masques solaires voisins, les risques d'inondations, de la végétation environnante...etc.

La construction sur une pente ou une colline affecte la quantité de rayonnement solaire reçue par les bâtiments. La présence de la végétation dans le site est avantageuse. Les arbres peuvent être utilisés comme une ceinture qui protège le site des vents froids, comme ils peuvent contribuer au

²⁷ Daniel E. W, Sustainable Design, Ecology architecture, and planning, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2007. P103

refroidissement évaporait, l'ombrage, le filtrage des particules et de poussière, l'atténuation de bruit et l'absorption de CO2 carbonique, ainsi que leur rôle dans la santé psychique des êtres humains.

III.2.3.2. La forme et l'orientation du bâtiment :

« La forme est la connaissance exprimée. La forme d'un objet évolue de la connaissance et de la technologie que le concepteur possède quand le processus de conception commence. Quand le concepteur a des nouvelles connaissances, le processus de conception change et le changements de la forme est le résultat.²⁸» La forme du bâtiment est un élément très influent sur les interactions potentielles entre l'environnement immédiat et le bâtiment.

Elle est manipulée pour chercher la performance énergétique en exploitant les paramètres climatiques favorables pour le confort humain⁴⁷. Oral et Yilmaz (2002) ont confirmé que « la forme a une influence significative sur la perte de chaleur totale dans le bâtiment »²⁹.

Une configuration optimale compacte permet d'économiser entre 10 et 20% des besoins énergétiques parce qu'elle a la moindre surface exposée au climat extérieure³⁰. Voir figure suivante.

III.2.3.3. Orientation :



Figure 29 Analyse énergétique des formes de base de la construction

Un bâtiment linéaire orienté sur l'axe ouest-est est également recommandé quand des gains solaires sont accumulés par une façade solaire. Le problème des rayons solaires de haute altitude devrait être résolu, en particulier dans les climats tempérés. Un simple auvent traditionnel pourrait être efficace³¹.

La direction du vent également doit être prise en considération dans le choix de l'orientation car elle affecte les gains de la chaleur par le biais de l'enveloppe du bâtiment et par conséquent la demande

²⁸ Ibid, P108

²⁹ Mat Santamouris (Ed) ,Environmental design of urban buildings : An Integrated Approach, Earthscan,London,UK, 2006

³⁰ Çacri. Ç, Assessing thermal comfort conditions, Master thesis, Middle East University, December, 2006, P22

³¹ Mat Santamouris (Ed) ,Environmental design of urban buildings : An Integrated Approach, Earthscan,London,UK, 2006

du refroidissement ou du chauffage augmente³². Mais elle reste un paramètre secondaire parce que les façades peuvent être conçues pour détourner le flux d'air.

Un zonage bioclimatique peut-être efficace pour le choix de l'orientation :

- ✓ Les pièces d'activité et de regroupement qui sont occupées en permanence durant la journée devraient de préférence être orientées au sud pour bénéficier des gains solaires directs.
- ✓ Les chambres doivent être de préférence orientées au sud et surtout à l'est, profitant du lever du soleil et gardent ainsi leur fraîcheur en fin de journée.
- ✓ La cuisine de préférence orientée vers le sud-ouest, mais cette direction est souvent génératrice de la surchauffe de l'après-midi. Une serre ou une véranda placée au sud est une solution indéniable qui permet de créer un espace intermédiaire entre l'intérieur et l'extérieur ainsi que, apporte de la chaleur en hiver. Elle doit être de préférence suffisamment grande pour pouvoir y prendre des repas et accessible depuis le séjour, la cuisine et les chambres.
- ✓ Les espaces tampons (entrée, atelier, garage, salle de bain, WC) sont orientés à l'ouest ou au nord car ils n'exigent pas les gains solaires et en même temps ils servent comme des espaces intermédiaires qui isolent l'intérieure de l'extérieure.
- ✓ Un sas d'entrée sera recommandé pour empêcher que l'air froid ne pénètre dans la maison.

III.2.3.4. Fenêtrage «fenestration» :

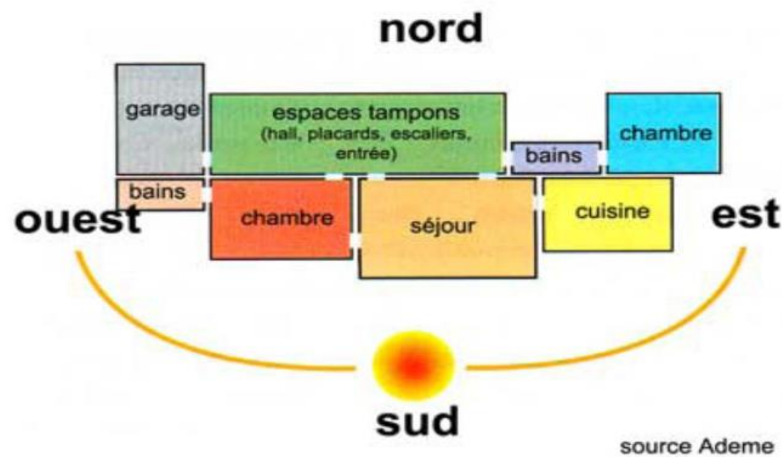


Figure 30 Zonage bioclimatique pour les différents espaces d'une maison. Source:

La fenêtre constitue l'élément essentiel de l'approche passive de la conception bioclimatique. Sa conception et son emplacement est un travail de l'architecte. La conception de la fenêtre au passé était basée sur l'orientation pour laisser passer la lumière naturelle et le soleil. De nos jours, cette

³² TERI ET TVPL, Environmental Building Guidelines for Greater Hyderabad, 2010.

approche est très simpliste car la fenêtre doit répondre à plusieurs fonctions importantes et chacune de ces fonctions est liée à un effet indésirable³³.

Avoir des grandes fenêtres est souvent souhaitable ; mais sans une bonne conception, les grandes fenêtres peuvent engendrer des problèmes graves soit en été soit en hiver. En été, si les fenêtres ne sont pas correctement ombragées, elles deviennent la source principale des gains de la chaleur solaire qui engendrent la surchauffe, alors que, en hiver, une quantité importante de la chaleur interne s'échappe à l'extérieur par ces grandes fenêtres si le verre n'est pas traité correctement³⁴. La surface du vitrage est également un élément critique dans les conceptions des fenêtres. Son choix dépend surtout de l'orientation³⁵.

orientation	S vitrage /S plancher (%)
Sud	7-12 %
Est	< 4 %
Ouest	< 2 %
Nord	< 4 %

Tableau 3 Surface du vitrage selon l'orientation Source: Andy. L (2009)

III.2.3.5. La ventilation naturelle :

La ventilation vient du mot latin « ventus » qui signifie le mouvement d'air, (Watson et Labs, 1983)³⁶. Les études ont lié les taux élevés d'air frais avec la santé accrue des occupants (Fanger, 2006). La ventilation naturelle est le cœur de la conception bioclimatique surtout dans les climats chauds.

La ventilation naturelle est nécessaire³⁷ :

- pour fournir l'air frais (santé).
- pour fournir le mouvement d'air nécessaire pour le refroidissement évaporatif convectif du corps humain (confort).
- pour dissiper la chaleur d'un bâtiment sans besoin de climatisation (économie d'énergie).

³³ Gay. J, « Fenêtres et protections solaires », Cours du Master en Architecture et Développement Durable, l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, 2001.

³⁴ Hyde. R(ed), Bioclimatic Housing, Innovative designs for warm climates, USA, 2008.

³⁵ Andy. L, passive solar design, energetechs, document pdf, 2009.

³⁶ Visitsak. S, An evaluation of the bioclimatic chart for classifying design strategies for a thermostatically controlled residence in selected climates, Thèse de doctorat, Texas A&M University, 2007, P.30

³⁷ Mat Santamouris (Ed) ,Environmental design of urban buildings : An Integrated Approach, Earthscan, London, UK, 2006

Les stratégies de ventilation naturelle se servent de deux générateurs du mouvement d'air : l'effet de cheminée (ou flottabilité) où l'air chaud se lève et le vent qui produit des mouvements d'air provoqués par des différences de pression à travers ou dans le bâtiment³⁸.

a) La ventilation par effet de cheminée a lieu toujours entre une ouverture inférieure et une ouverture supérieure par l'action de flottabilité d'air chaud. Cela est dû à la différence de pression engendrée par la différence de densité entre l'air chaud et l'air froid : si l'air se réchauffe, une dépression se créera dans les zones basses d'un espace et une surpression dans les zones hautes. Si des ouvertures sont placées dans ces deux zones, les ouvertures basses aspirent l'air extérieur frais et les ouvertures hautes expulsent vers l'extérieur l'air intérieur trop chaud. L'air chaud, sous l'effet de la poussée d'Archimède s'élève tandis que l'air froid plus dense, descend. (Voir fig.32).

b) La ventilation par effet du vent : Elle s'appelle également « la ventilation traversante ». Le vent est souvent imprévisible. C'est pour cette raison, il faut commencer par une analyse du site qui permet d'extraire des informations concernant la direction du vent, sa vitesse et surtout si y a-t-il des brises dominantes fraîches en période estivale. Dans ce type de ventilation l'air entre par une façade, traverse l'ensemble du bâtiment et sort par une façade opposée. La circulation d'air à l'intérieur du bâtiment est provoquée principalement par le vent. (fig.31).



Figure 32 Effet de cheminée, Source : L'Institut de l'énergie et de l'environnement de la Francophonie (2008)

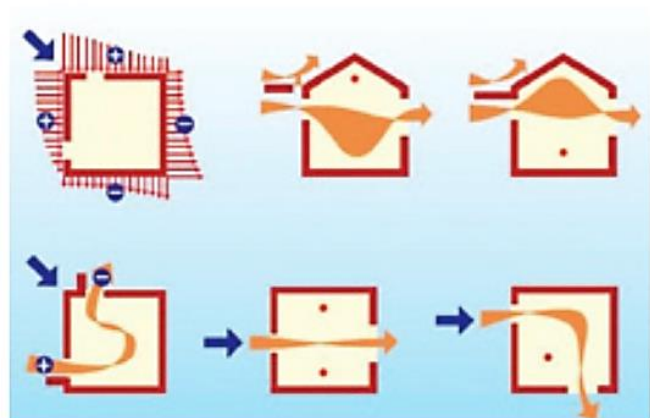


Figure 31 Effet de vent sur la ventilation naturelle, Source : L'Institut de l'énergie et de l'environnement de la Francophonie (2008)

La ventilation par effet de vent est susceptible d'être plus avantageuse que celle par effet de cheminée. C'est pourquoi, elle contribue à fournir des taux de ventilation élevés. Cependant, au cours des périodes où le vent se fait très rare, l'effet de cheminée peut fournir la seule source du mouvement d'air³⁹.

³⁸ Ministry for the Environment, Passive Solar Design Guidance, Wellington, New Zealand, 2008.

³⁹ Mat Santamouris (Ed), Environmental design of urban buildings : An Integrated Approach, Earthscan, London, UK, 2006

III.2.3.6. Le refroidissement passif :

Le refroidissement passif est défini comme étant le processus de la dissipation de la chaleur qui se produit naturellement. Avant l'arrivée de la nouvelle technologie du refroidissement dans les climats chauds, les gens ont utilisé des méthodes naturelles comme les brises qui traversent les fenêtres, les points d'eau et les fontaines, ainsi que la pierre et la terre qui absorbent la chaleur. Ces méthodes ont été développées des milliers d'années en tant que parties intégrales de la conception des maisons⁴⁰.

III.3. Simulation et interprétation des résultats

III.3.1. Introduction

Dans ce chapitre nous essayons de présenter notre bâtiment de référence. Afin de construire notre corpus théorique d'étude, et enfin évaluer leurs performances thermiques et énergétiques.

Par ailleurs, ce chapitre contient une présentation de l'outil de simulation énergétique *TRNsys v.17* qu'on a adopté comme outil pour cette tentative de recherche. Il consiste de présenter le logiciel, à savoir : son principe de travail, ses composants, ainsi que présenter le type 56 de *TRNsys*.

III.3.2. Méthodologie du travail

Pour répondre aux différentes questions posées dans la problématique et pour vérifier les hypothèses, nous nous comptons modéliser les modèles d'habitats de notre cas d'étude sous le programme *TRNSYS 3d*, ensuite, les simuler dans l'outil de simulation studio simulation de *Trnsys*. Ce qui nous permettra par la suite d'évaluer leurs performances thermiques et énergétiques.

III.3.3. Simulation

III.3.3.1. Définition

Une simulation (ou modélisation) énergétique d'un bâtiment est une analyse par ordinateur de la consommation d'énergie globale d'un bâtiment. Cela se fait généralement en utilisant un logiciel spécialisé qui permet d'entrer les données spécifiques du bâtiment à modéliser, telles que la surface, la composition et l'orientation des murs, du toit et du plancher, le type d'occupation, les équipements, l'éclairage utilisé ainsi que les systèmes mécaniques. Ces données sont associées à un fichier météorologique choisi selon la position géographique du bâtiment et conçu pour les calculs énergétiques, puis le logiciel calcule la consommation d'énergie des équipements et systèmes électromécaniques du bâtiment pour la période étudiée.

⁴⁰ Almusaed. A, Biophilic and Bioclimatic Architecture, Springer-Verlag, London, 2011.

En général, une simulation permet de comparer entre eux les effets de différentes mesures d'efficacité énergétique sur un bâtiment neuf ou existant. On peut ainsi comparer, par exemple, les conséquences d'une meilleure isolation versus l'installation de systèmes mécaniques plus performants. Il sera donc possible d'évaluer les économies énergétiques à anticiper ainsi que la rentabilité d'une mesure donnée en tenant compte des effets croisés entre les différents systèmes électromécaniques du bâtiment.

III.3.3.2. Objectifs

L'objectif principal visé par la modélisation énergétique :

- ✓ La minimisation absolue de la consommation énergétique;
- ✓ La maximisation de la réduction de consommation relativement au bâtiment de référence (entraînant, par exemple, une récolte plus grande de points au crédit sur l'efficacité énergétique dans le cadre d'un projet visant la certification LEED Canada, ou un appui financier plus élevé);
- ✓ Une rentabilité acceptable des mesures d'efficacité énergétique envisagées;

III.3.3.3. Comment on peut utiliser la simulation d'énergie :

Pour effectuer une modélisation énergétique du bâtiment, plusieurs caractéristiques du projet sont à définir, tout en restant modifiables par la suite. Pour déterminer la consommation énergétique du bâtiment, le logiciel va simuler une année d'occupation en suivant les informations récupérées.

La consommation va dépendre :

- ✓ de la localité du projet (suivant le climat environnant)
- ✓ de l'orientation du bâtiment
- ✓ de son enveloppe
- ✓ des systèmes de CVC
- ✓ de l'éclairage
- ✓ du type d'occupation
- ✓ des charges électriques internes et des procédés
- ✓ des profils d'activité et d'exploitation

III.3.4. Présentation de l'outil TRNSYS :

Simulation Studio est l'interface graphique du logiciel TRNSYS, créé dans les années 70 par l'Université du Wisconsin (USA) et développé depuis les années 90 par un comité de développement international. L'atout de TRNSYS est d'être un logiciel modulaire et ouvert, en permettant à l'utilisateur de développer des modules de calcul complémentaires.



Figure 33: photo de logiciel TRNSYS 17 (Source: trnsys.com)

La bibliothèque standard de composants permet la modélisation de l'enveloppe d'un bâtiment (type 56), ainsi que de nombreux systèmes, selon plusieurs approches qui peuvent aller des plus simples au plus complexes. La facilité de modélisation des régulateurs et sa modularité rend TRNSYS un outil très adaptée pour la simulation des systèmes complexes (exemples : thermo-frigo-pompes, dalles actives, contrôle prédictif).

III.3.5. Points forts :

- ✓ Modularité : outil basée sur des composants (« types ») qui peuvent être connectés entre eux librement pour créer son propre système.
- ✓ Flexibilité : possibilité de définir des équations pour définir la logique de contrôle des équipements.
- ✓ Extensibilité : possibilité d'ajouter des modules de calcul et des interfaces utilisateur.
- ✓ Outil très adaptée pour la simulation des systèmes, en particulier pour les systèmes complexes (exemples : thermo-frigo-pompes, dalles actives, contrôle prédictif).

III.3.6. Points faibles :

- ✓ Interface peu conviviale, y inclus l'interface pour la définition du bâtiment (TrnBuild).
- ✓ Module 3D disponible sous Google Sketch Up mais pas très performant.
- ✓ Pas de modélisation d'éclairage et d'éclairage dans le modèle de bâtiment (il est possible théoriquement de le faire par des modules utilisateur, mais approche lourde).
- ✓ Outil « expert » : temps d'apprentissage long

III.3.7. Fonctionnalités :

- Calcul réglementaire
- Dimensionnement chaud
- Dimensionnement froid
- Indicateurs de confort (PMV, PPD, Top)

III.3.7. Critères du Choix de TRNSYS :

Parmi les avantages de ce logiciel on peut citer les suivants :

- La modélisation du bâtiment se fait par le logiciel *sketchup*. Ce dernier est un programme destiné essentiellement aux architectes. Le logiciel *sketchup* connu par sa simplicité et sa rapidité nous permettra d'éviter plusieurs problèmes de modélisation, ainsi que ses avantages notamment le gain du temps dans le déroulement de la modélisation.
- Les sous programmes de Trnsys disposent une interface conviviale et facile à l'utiliser, d'un autre côté.
- Trnsys est un logiciel très répandu dans la communauté scientifique notamment l'européenne.
- Il permet également de coupler et d'accepter d'autres types de données sous différents formats tels que les formats d'Excel, texte...etc.
- Il a aussi l'avantage de supporter plusieurs types et formats de données climatiques.
- La bibliothèque de ce logiciel est très vaste, elle dispose plusieurs composants, en outre, Trnsys nous donne la possibilité d'ajouter d'autres composants qui ne figurent pas dans son bibliothèque.
- La définition de la période de la simulation est très souple, ce qui permet de suivre les résultats de la simulation heure par heure.
- Le type 56 que nous utilisons prend en compte les trois types d'échanges thermiques : la conduction (dans une paroi), la convection (entre les faces d'enveloppe et les autres ambiances), le rayonnement de courts longueurs d'ondes et grandes longueurs d'ondes.

III.2. Cas d'étude et application :

III.2.1. Présentation Du bâtiment examiné

Notre cas d'étude est un bâtiment en forme de L, le bâtiment est situé à la commune de Bendjerrah dans la nouvelle extension du côté Sud-Est, (figures 34). Illustre notre bâtiment : Le bâtiment est en R+4, il compose de 3 logements par palier d'un totale de 15 logements de type F3, relier entre aux avec un hall de distribution de 25.60 m².

Le système constructif est en poteaux-poutres et des dalles pleines en béton armé. Une toiture plate inaccessible.

La séparation entre les logements est assurée par un mur en brique de 30 cm avec une lame d'air de 5cm.



Figure 34 Photo d'entrée du bloc (Source : Auteur)

La figure ci-dessous présente le bâtiment de référence qu'on a modélisé avec le plugin *TRNSYS 3D* du logiciel *SKETCHUP 2015*.

III.2.2. Présentation du logement type :

L'appartement étudié se compose d'un :

- Espace de séjour de 19,58 m².
- Deux chambres de 13.58 m² et 11,45 m².
- Une cuisine de 10,31 m² avec séchoir de 5m².
- Un hall de distribution de 7,99 m².
- Une toilette de 1,5 m².
- Une salle de bain de 4,01 m².

La superficie totale est égale à 92.14 m², et une hauteur sous plafond de 2.95 m.

La figure ci-dessous représente la distribution spatiale de l'appartement :

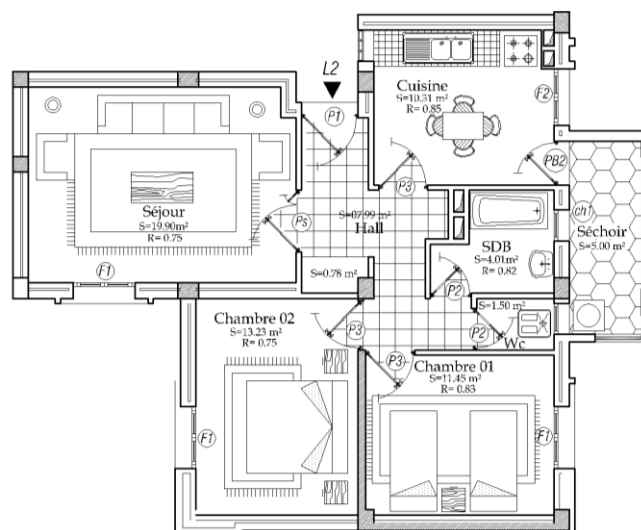


Figure 35 Vue en plan du logement étudié, (Source : Auteur)

A partir du cahier des charges de l'architecte on a trouvé que les matériaux utilisés dans cet appartement sont les suivants :

Pour la séparation extérieure et intérieure entre le logement, ils ont utilisé des murs de 30 cm comme suit de l'extérieur à l'intérieur : (Détail A)

1. Enduit extérieur en mortier de ciment.
2. Parpaing en brique de 15 cm d'épaisseur.
3. Une lame d'air d'épaisseur de 5 cm.
4. Parpaing en brique de 10 cm d'épaisseur.

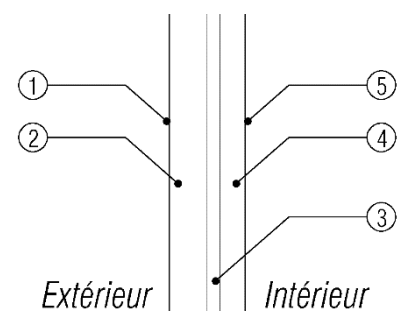


Figure 36 Détail A séparation un mur de 30 cm pour séparation extérieure (Source : Auteur)

5. Enduit extérieur en mortier de ciment

Pour la séparation intérieure ils ont utilisés des murs de 10 cm comme suit de l’extérieur à l’intérieur : (Détail B)

- Enduit extérieur en mortier de ciment.
- Parpaing en brique de 10 cm d’épaisseur.
- Enduit extérieur en mortier de ciment.

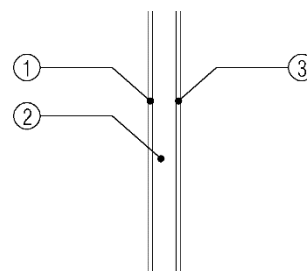


Figure 37 Détail B séparation un mur de 10 cm pour séparations intérieure (Source : Auteur)

Pour la séparation entre étages, ils ont utilisé des dalles de 16+4 cm comme suit :

- Revêtement en carrelage 6 cm d’épaisseur.
- Béton armé de 4 cm
- Corps creux de 16 cm
- Enduit sous plafond en mortier de ciment.

Pour les fenêtres, ils ont utilisés des fenêtres en double ventail, menuiserie en bois avec un simple vitrage.

Pour les portes sont en bois sauf la porte d’entrée qui est en métal pour des raisons de sécurité.

III.2.3. Caractéristiques thermo physiques des matériaux

Le tableau suivant montre les valeurs de Conductivité thermique, la capacité, la densité et le coefficient de transmission thermique valeur U de chaque matériau utilisé dans la construction d’appartement.

Matériau	Caractéristiques Thermo Physique			
	Conductivité thermique (Kj/KgK)	Capacité (Kj/KgK)	Densité (Kg/m3K)	coefficient de transmission thermique valeur U (W/m2K)
Enduit en ciment	4.14	1	2000	5.336
Brique Vide	0.216	1.227	1	0.958

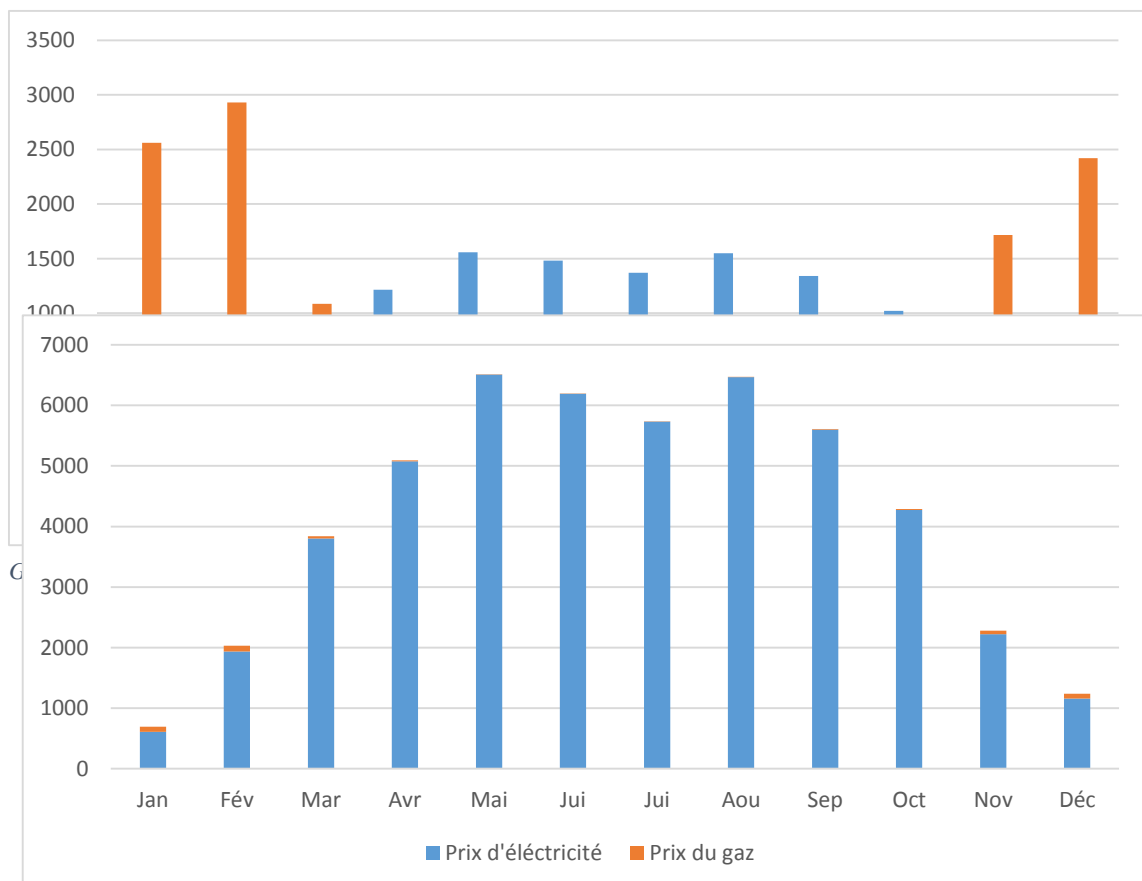
CHAPITRE III : OUTILS ET METHODES

Béton armé	6.3	1	2300	3.518
Carrelage	6.137	0.7	2300	4.873
Chape en Ciment Corps creux	6.3	1	2300	4.895

Tableau 4: des caractéristiques des matériaux de construction du bâtiment (Source: auteur)

Infiltration	0.6 /h
Température de confort d'été	26°C
Température de confort en hiver	20°C
Ventilation	1 volume/heure
Nombre d'occupant	4 personnes
Lampes	10 lampes de 100w (incandescent)
Télévision	02
Cuisinière	01
Machine à linge	01
Ordinateur	02

Tableau 5: les facteurs que nous avons pris en considération dans la simulation (Source: auteur)



La consommation énergétique annuelle de notre bâtiment qui est à l'ordre de **256.611 Kwh/m².an** L'illustration figurant ci-dessus (figure.38) montre la classification énergétique de notre exemple. Nous constatons que ce logement se situe dans la classe E. Cette classification nous indique que notre exemple est un bâtiment énergivore (consommateur d'énergie).

Ce résultat nous conduit à conclure que le bâtiment est considéré comme moins performant de point de vue énergétique. Ce constat nous permet de recommander que ce logement nécessite une amélioration énergétique.

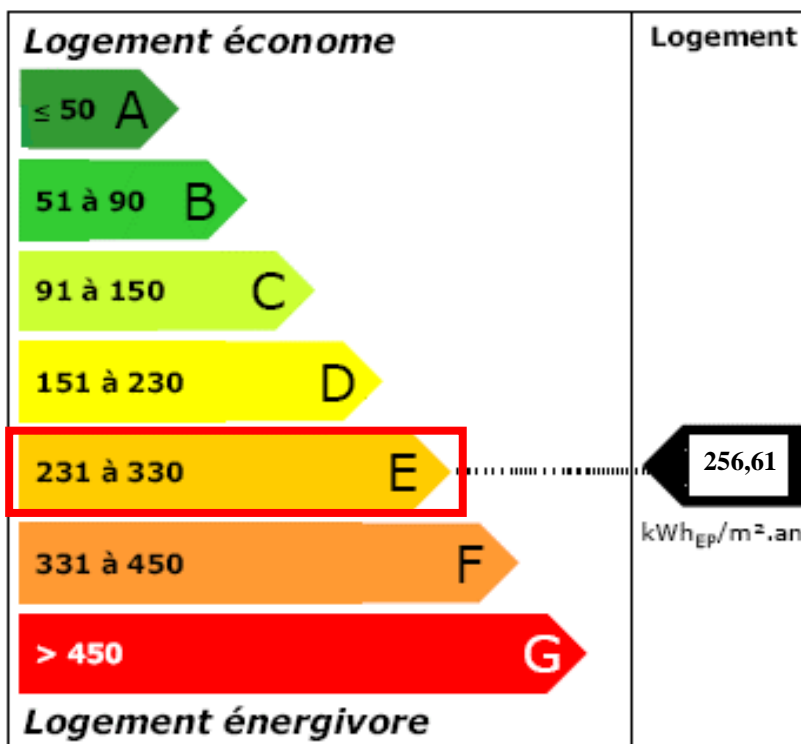


Figure 38 Classement du logement cas d'étude selon label HPE (Source : auteur)

CHAPITRE IV : PROJET D'INTERVENTION : ANALYSE, PROGRAMMATION ET PROPOSITION

IV.1. Introduction :

En générale, dans le chapitre précédent nous avons pu présenter l'architecture bioclimatique et leurs principes, et simuler et interprété les résultats de notre cas d'étude.

Dans ce chapitre, nous allons présenter notre commune d'intervention, tout on passe par leur historique et leur évolution jusqu'à la présentation de cette commune en quelque chiffre pour donner une image clairs sur la nature de cette commune, par la suite nous allons analyser notre terrain d'intervention pour but de connaitre leur contraintes et leurs opportunités.

Enfin, nous allons présenter une expérience national en matière d'habitat semi-collectif, tout on analyse leurs situation, programme,... pour objectif de développer une série de principes de conception qui seront utiles pour notre propre projet de conception.

IV.2. Analyse des exemples :

IV.2.1. L'exemple livresque: Cambridge :

Cambridge (Angleterre), ville du Royaume-Uni, dans l'est de l'Angleterre, chef-lieu du Cambridgeshire, sur la Cam Population 2001: 108 879 hab.



Fiche technique :

Situation: Hills road, Highestt, Cambridge / England

Les architectes: Eric Lyons & Partners

Date de construction : 1964

Surface de la parcelle : 7780 m²

Surface de la cellule : 148,7 m²

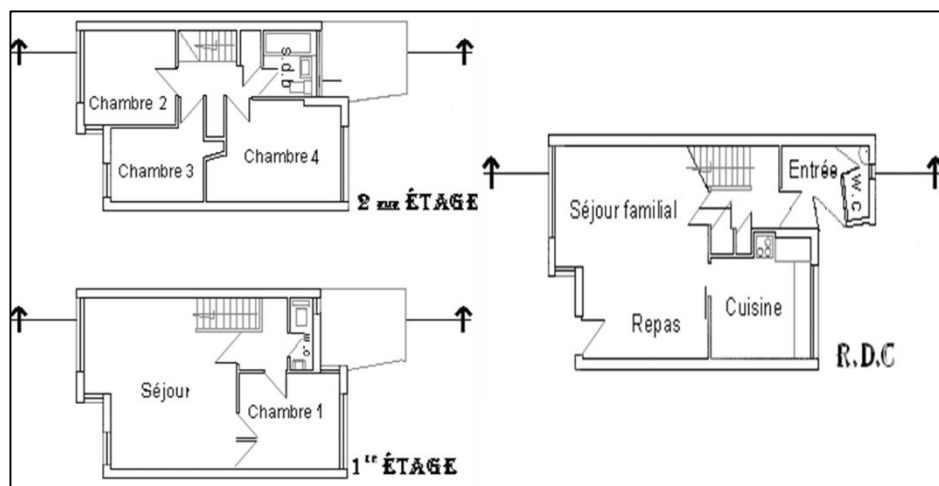
L'emprise de la cellule : 54,7 m²

Nombre des cellules : 18

Matériaux de construction: Brique pleine

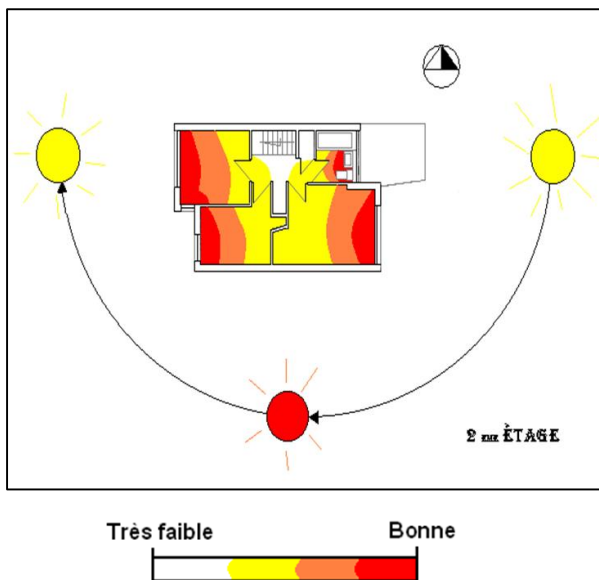
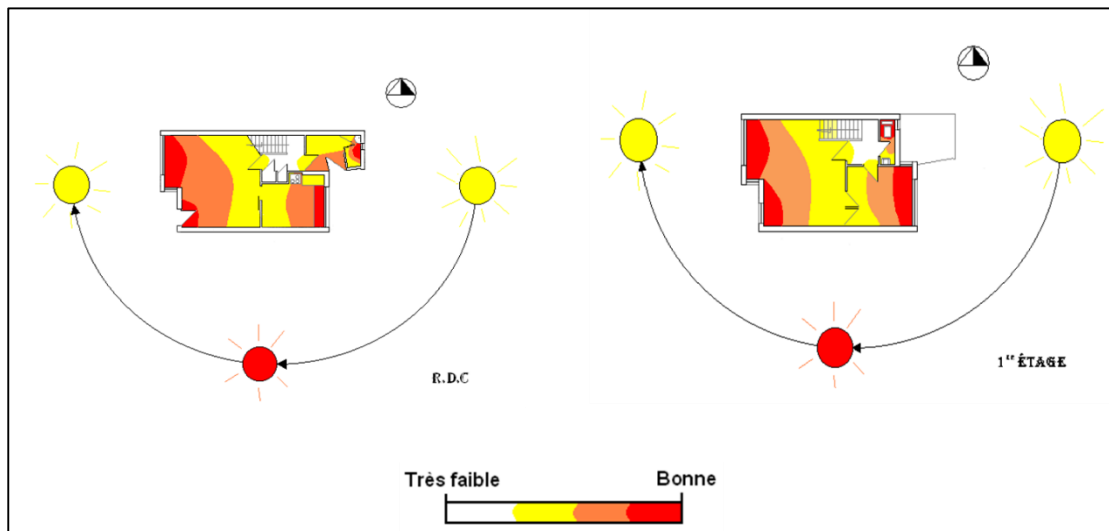
Type de la famille : 4 personnes (Les parents + enfants de 10-14 ans + adolescent de 14 - 20 ans)

Les plans:



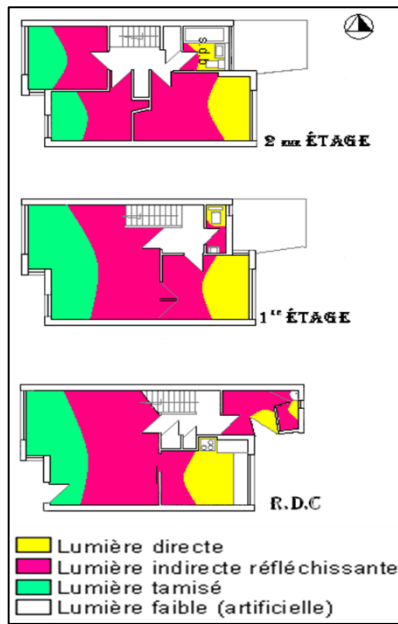
IV.2.2. L'étude du confort :

L'ensoleillement



La disposition des espaces permet de bien ensoleiller les espaces Communautaires, la cuisine, les chambres et les sanitaires.
On remarque que l'ensoleillement des espaces de circulation et les rangements n'est pas à la hauteur par rapport aux autres espaces

L'éclairage



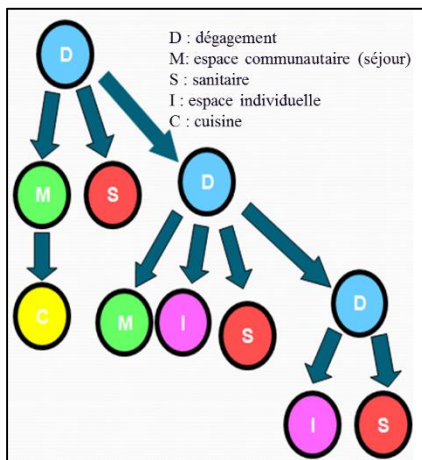
L'utilisation des baies vitrées dans le côté ouest pour éclairer les espaces communautaires et les chambres au maximum.
 Un manque d'éclairage naturel au niveau des dégagements.
 Un bon éclairage pour les sanitaires et la cuisine

La ventilation :



Implantation des arbres au Sud-ouest pour diminuer la vitesse des vents.
 Le type de ventilation de la maison est transversal, qui permet d'assurer la meilleure ventilation possible

IV.2.3. Les organigrammes (spatial-fonctionnel) :



L'organisation linéaire entre les espaces de circulation puis la centralisation de tous les espaces autour d'un dégagement qui facilite la circulation et assure aussi un degré de confort acoustique dans cette maison.

Figure 39 Figure 1 Organigramme

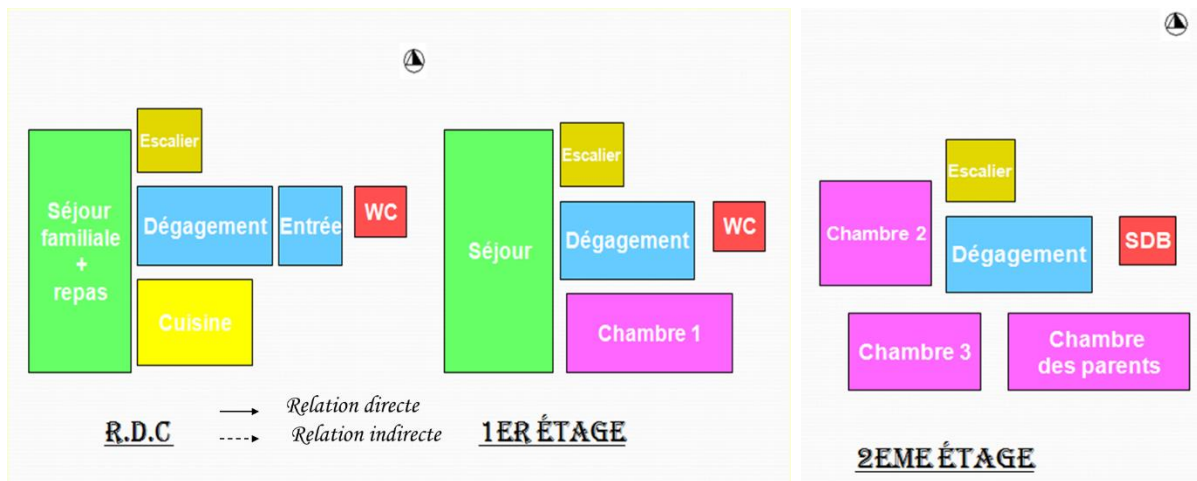
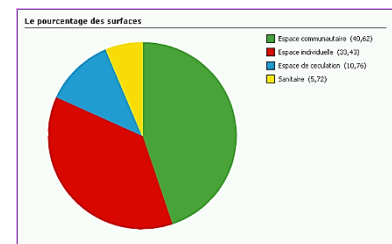
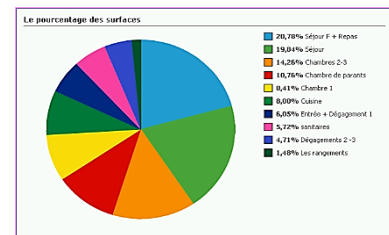


Figure 40 Organigramme spatial

IV.2.4. Programme :

<u>Pièce</u>	<u>Surface</u>	<u>Pièce</u>	<u>Surface</u>
Entrée+ d 1	9 m ²	S.D.B	4,6 m ²
Dégagement 2	3,5 m ²	Chambre 1	12,5 m ²
Dégagement 3	3,5 m ²	Chambre 3	10 m ²
Séjour familial + repas	30,9 m ²	Chambre 2	11,5 m ²
Séjour	29,5 m ²	Chambre des parents	16m ²
Cuisine	11,9 m ²	Rangement 1	0,7 m ²
w.c 1	1,7 m ²	Rangement 2	0,5 m ²
w.c 2	2,5 m ²	Rangement 3	1 m ²



L'exemple existant (ENAVA) :

IV.2.5. Analyse de site :



Figure 41 Cité E.N.A.V.A

La commune de TAHER où se localise le site objet de cette analyse se situe dans la partie Nord-Centre de la wilaya de JIJEL.

Le site se situe à l'entrée nord-ouest de la ville de TAHER. Il s'allonge du Sud au Nord du CPA jusqu'à la gare routière. D'Ouest en Est d'une Chaaba jusqu'au groupement d'habitat individuel récent.

Données climatiques du site :

Les précipitations :

mois	jan	fév.	mar	avr	mai	jui	juil	aou	sep	oct	nov	dec	tot
Pluie (mm)	115	91	58	74.3	42.5	13.8	2.5	4.9	50.2	72.2	109	136	769.4

Figure 42 les précipitations Source: (météo MSN, 2006)

Le site reçoit des précipitations importantes de l'ordre de 800 à 1000 mm/an

La température :

mois	jan	févr	mar	avr	mai	juin	juil	aou	sep	oct	nov	dec	ann
M	16	16	18	20	22	26	29	30	28	25	20	17	22.1
m	8	8	9	11	13	17	22	21	19	16	12	9	13.5
MOY	12	12	13.5	15.5	17.5	21.5	24.5	25.5	23.5	20.5	16	13	18

La température moyenne annuelle est de l'ordre de 18°C (hiver 12,3°, été 23,8°C) avec une valeur maximum moyenne de 30°C au Aout et une valeur minimum moyenne de 8°C dans les mois de Janvier et Février

Analyse du terrain:

Les limites:

La cité E.N.A.V.A située dans le périmètre urbain de la commune de TAHER.

Elle est limitée par:

- ✓ Au Nord: constructions individuelles.
- ✓ Au Sud : lotissement EL MKAADA.
- ✓ A l'Est : CHAABA.
- ✓ A l'Ouest : la cité Résidentielle de la Sonelgaz



Figure 1 Cité E.N.A.V.A

L'accessibilité :

La cité E.N.A.V.A est accessible par:

Voie principale « YUCEF BOUZENOUN »

Autres ruelles :



IV.2.6. Etude du projet :

Présentation:

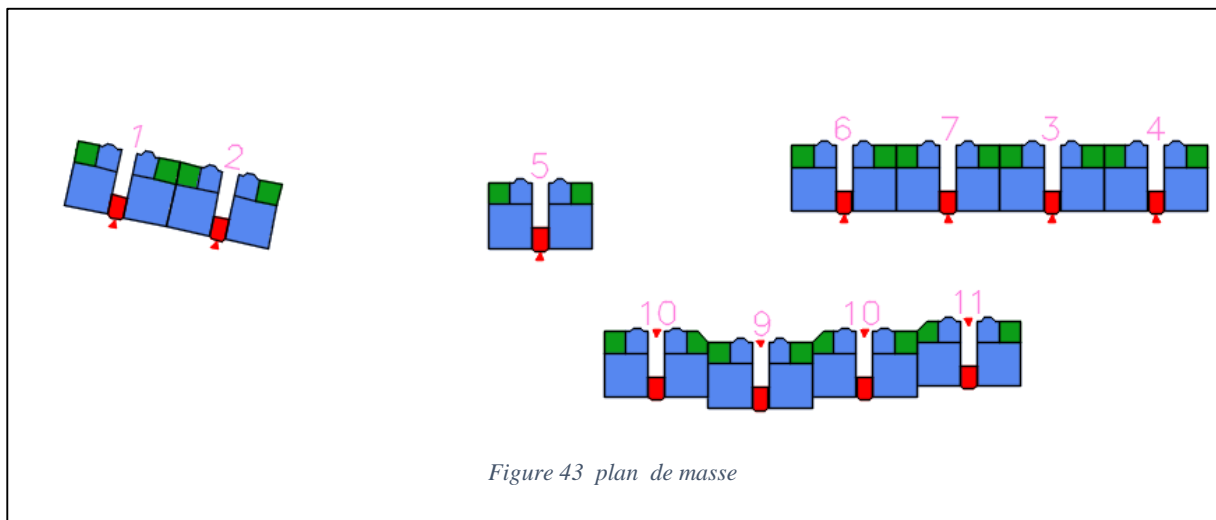
La cité E.N.A.V.A située à l'entrée nord Ouest de la ville de TAHER est un ensemble d'habitat de type semi-collectif constitué de 66 logements, 60 F4 et 6 F3.

La cité est formée par quatre unités comportant 11 blocs répartis comme suit:

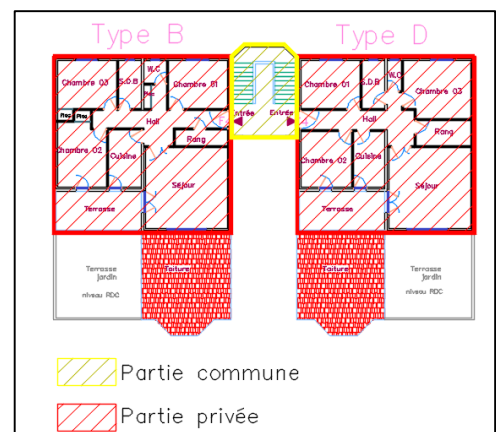
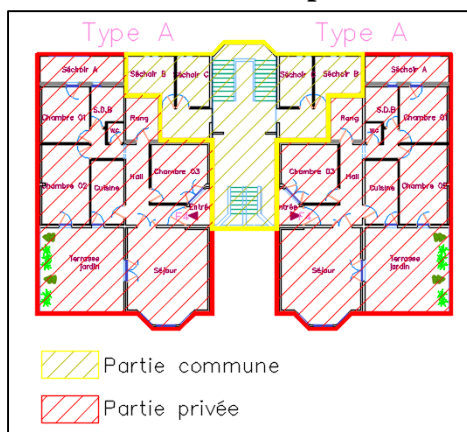
- 02 unités comportant chacune 04 blocs.
- 01 unité comportant 02 blocs.
- 01 unité comportant un seul bloc.

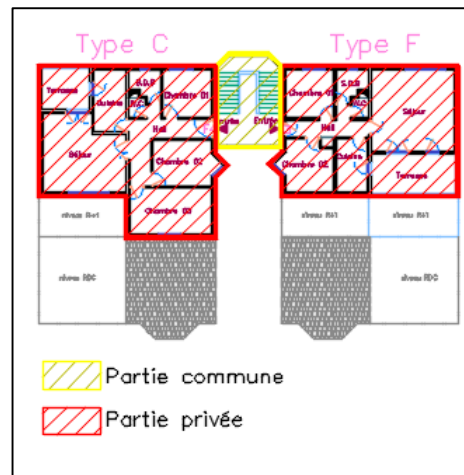
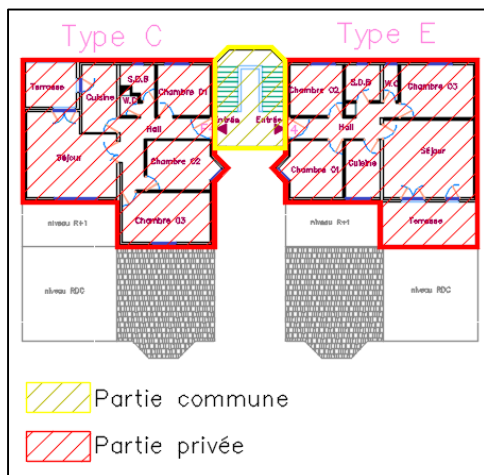
L'ensemble de ces quatre unités est aménagé de la manière suivante:

Principe d'organisation



Hierarchisation des espaces :





IV.2.7. Programme :

<u>Pièce</u>	<u>Surface</u>	<u>Pièce</u>	<u>Surface</u>
Entrée +d 1	9 m ²	S.D.B	4,6 m ²
Dégagement 2	3,5 m ²	Chambre 1	12,5 m ²
Dégagement 3	3,5 m ²	Chambre 3	10 m ²
Séjour familial + repas	30,9 m ²	Chambre 2	11,2 m ²
P séjour	29,5 m ²	Chambre des parents	16m ²
cuisine	12 m ²	Rangement 1	0,7 m ²
w.c 1	1,7 m ²	Rangement 2	0,5 m ²
w.c 2	2,2 m ²	Rangement 3	1 m ²

IV.2.8. Programme retenu :

Pièce	Surface				
	Sociale	LPP	exemple1	exemple2	retenu
Séjour	20m ²	+25m ²	29,5 m ²	29,5 m ²	30m ²
Cuisine	10 m ²	+14m ²	12 m ²	11,9 m ²	14m ²
Séchoir	2.5m ²	4 m ²			4m ²
Chambre 1	12m ²	+16m ²	12,5 m ²	12,5 m ²	16m ²
Chambre 2	12 m ²	+16m ²	11,2 m ²	11,5 m ²	14m ²
Chambre 3	/	+16m ²	10 m ²	10,2 m ²	14m ²
WC	1.2m ²	+1.2m ²	1,5 m ²	1,7 m ²	1,5m ²
Salle de bain	4m ²	+6.00m ²	2,2 m ²	2,5 m ²	6m ²
Dégagement	6m ² couloir c'est tout	Hall + dégagement + 14 m ²	16m ²	15m ²	16m ²
Total des balcons		4(chambre) +4(chambre) +6(séchoir)			

IV.2. Présentation de la commune de Bendjerrah :

La commune de Bendjerrah est un des communes rurales de la wilaya de Guelma qui situé au centre ouest de la wilaya et au Sud-Ouest de chef-lieu avec une superficie de 79.37 km² est limité par :

- La commune de Guelma et Mejedz ammar au Nord.
- La communa de Belkhir à l'est.
- La commune de ain larbi et Saloua Anouna au sud.
- La commune de Houari boumediene.



Figure 44 Crédits à Reda Kerbouche

Cette commune est constitué parmi les milieux montagneux de la wilaya avec une altitude varie entre 668m (chef-lieu) et 1411m (point culminant haut de plus élevé de Djebel Maouna).

IV.2.1. Aperçu historique :

La premier construction à Ben Djerrah est mettre en place vere les années cinquante par les colons, qui est actuellement le centre de l'agglomération, c'est un des politique français de regroupé la population montagnarde par la construction des cité de recasement.

1962 1984 :

Après l'indépendance la commune de Ben Djerrah a conservé son cachet rural à cause de l'isolement qui reporté son développement et reste attachée à la commune de Houari Boumediene,

1985-2000 :

Dans cette période la commune de Ben Djerrah est rattachée à la Daïra de chef-lieu de la wilaya qui a permette à Ben Djerrah de bénéficié des nouveaux équipements, 225 logements, briqueterie.

2001-2015 :

Dans la période de 2001 jusqu'à aujourd'hui la commune est reconnu des activités comme :

- La réalisation d'équipements sociaux, logements.
- Une urbanisation anarchique par rapport aux axes routiers.
- La construction d'un prison.

Le plan d'aménagement de la wilaya (PAW) a constituer à long terme que la commune de Ben Djerrah devenu une conurbation avec le chef-lieu de Guelma.

La commune est couverte par son tissu urbain dans cette période par un Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (P.D.A.U) et 2 plans d'occupation des sols. (P.O.S).

IV.2.2. Evolution urbanistique de Ben Djerrah centre :



IV.2.3. Ben Djerrah dans quelque chiffre :

IV.2.3.1. Exploitation agricole :

Nombre d'EAC	06	Superficie (Ha.)	515,72
Nombre d'EAI	43	Superficie (Ha.)	431,39
Concession	21	Superficie (Ha.)	251
Nombre Exploitation privés	105	Superficie (Ha.)	4831

Tableau 6: source http://wilaya-guelma.org/wp-content/themes/Guelma/Map/thumbnails/IMG_MAP/BenDjerrah.pdf

IV.2.3.2. Production Agricole :

	Superficie cultivée (Ha.)	Production (Qx)
Céréales	1029	15700
Fourrages	100	10350
Légumes Secs	04	00
Oléicultures	98	2450
Arboriculture	14	955

Figure 45: source http://wilaya-guelma.org/wp-content/themes/Guelma/Map/thumbnails/IMG_MAP/BenDjerrah.pdf

IV.2.3.3. Elevage :

La rase	Nombre tête
Ovins	15050

Bovins	2260
Caprin	2100
Équins	110

Figure 46: source http://wilaya-guelma.org/wp-content/themes/Guelma/Map/thumbnails/IMG_MAP/BenDjerrah.pdf

IV.2.3.4. Hydraulique :

Taux de Branchement AEP	98 %
Dotation moyenne	134 L/J//Hab
Assainissement	98 %

Figure 47: source http://wilaya-guelma.org/wp-content/themes/Guelma/Map/thumbnails/IMG_MAP/BenDjerrah.pdf

IV.2.3.5. Réseau routiers :

Routes Nationales	00 m
Chemins de Wilaya	18 500 m
Chemins Communaux	9 000

Figure 48: source http://wilaya-guelma.org/wp-content/themes/Guelma/Map/thumbnails/IMG_MAP/BenDjerrah.pdf

IV.2.3.6. Éducation (Année scolaire 2012-2013)

Nombre d'écoles primaires	03	30 élèves/classe
Nombre de CEM	02	30 élèves/classe
Nombre de lycée	01	...

Figure 49: source http://wilaya-guelma.org/wp-content/themes/Guelma/Map/thumbnails/IMG_MAP/BenDjerrah.pdf

IV.2.3.7. Électrification et Gaz de Ville

Taux d'Electrification	97 %
Taux de branchement en Gaz de Ville	80 %

Figure 50: source http://wilaya-guelma.org/wp-content/themes/Guelma/Map/thumbnails/IMG_MAP/BenDjerrah.pdf

IV.2.3.8. Habitat (Source : RGPH 2008)

Parc logements habités	1302	T.O.L	5,15
------------------------	------	-------	------

Figure 51: source http://wilaya-guelma.org/wp-content/themes/Guelma/Map/thumbnails/IMG_MAP/BenDjerrah.pdf

IV.2.4. Contexte géotechnique :

Un croquis géotechnique établi à l'échelle 1/5000, permet la différenciation les terrains suivants :

IV.2.4.1. Terrains favorables aux constructions :

Ils concernent les terrains environnant l'agglomération actuelle de Ben Djerrah. Peu à moyennement inclinés, leurs pentes varient de moins de 5% à 12%.

Leurs sols sont constitués de travertins calcaires avec des intercalations marneuses à l'angle Nord-est et de bancs et blocs volumineux de grés numidiens qui reposent sur des argiles numidiennes. Les blocs gréseuse sont soit en place, soit se sont éboulés sur des pentes moyennes avant de s'enfoncer dans les argiles.

Sur ce type de sol, le L.T.P.E. estime la contrainte à environ 1.5bars et les terrassements généralement admissibles.

Lors de terrassement pour les constructions d'habitat et les équipements, il est nécessaire d'évacuer tous les blocs de sous les fondations afin d'éviter les risques de terrassement différentiels.

IV.2.4.2. Terrains favorables à moyennement favorables aux constructions :

Ce sont les terrains qui forment les soubassements des grés.

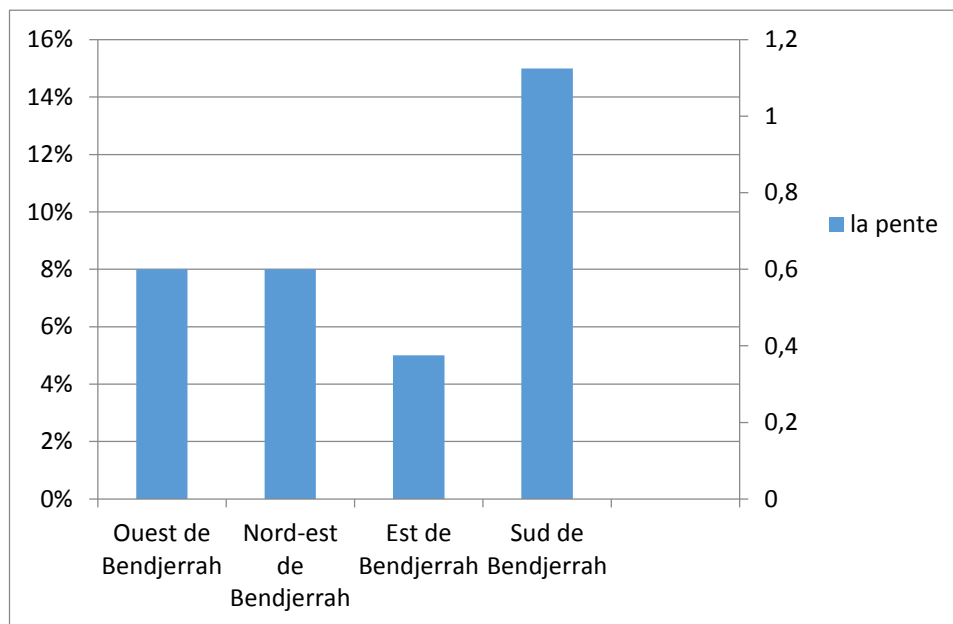
Ils sont constitués d'argiles numidiennes intercalées des bancs gréseux minces. Leurs pentes sont fortes, de 12% à plus de 15%. Les terrassements seront très vastes, en banquettes parallèles entres elles et installées perpendiculairement à la ligne de plus grande pente.

Des terrassements, inconsiderés ou mal exécutés, peuvent déstabiliser les terrains. Des murs de soutènement, par endroit importants et onéreux, seront nécessaires.

En prenant les précautions d'usages et après études par des laboratoires des sols spécialisés, il est possible d'utiliser ces terrains pour les constructions dont les niveaux et le types et modes des fondations seront préconisés par ces études des sols.

IV.2.4.3. Terrains défavorables aux constructions :

Situés dans la partie Nord-Ouest de l'aire d'étude, ils présentent des pentes très fortes et parfois des abrupts. Ils sont constitués de bancs et de blocs volumineux degrés à grains grossiers (la granulométrie varie du millimètre au centimètre à vue d'œil). Ces terrains sont instables et très difficiles et extrêmement onéreux à terrasser.



Graph 2: pourcentage des pentes de terrain (Source: POS 33)

IV.2.5. Géologie et géomorphologique :

La commune de Bendjerrah présente une géologie contrastée à l'image de la morphologie et la topographie qui la caractérisent. Ou débute par les revers Sud du bassin de Guelma qui grimpe sensiblement sur des terrains accidentés jusqu'à former le massif de la Mehouna. Ce relief accidenté passe rapidement de 250m en moyenne dans la plaine de Guelma à près de 1150m dans la commune de Belkheir, le point culminant dans le groupement des communes se situe à Djebel Mahouna qui s'élève à 1411m.

Tous ce terrain est constitué d'argiles, des grés et de calcaires de l'ère Tertiaire. Les terrains qui bordent le Sud et le Nord de l'agglomération de Guelma sont constitués de calcaires avec des intercalations marneuses, des lits de cailloux et des conglomérats, appelés travertins de Guelma et sont d'ère Quaternaire.

De nombreux gisements d'argiles, de calcaires et des marnes ont été répertoriés dans le territoire du groupement intercommunal et certains d'entre eux sont actuellement exploités par des unités semi-

industrielles ou industrielles pour la fabrication de matériaux de constructions telles que: Briqueterie pour l'argile pour brique- Carrière d'exploitation du marbre de Djebel Mahouna- Carrière d'exploitation d'agrégats.

IV.2.6. Hydrographie :

La présence de l'eau est indispensable pour la survie de toute espèce de la commune de Bendjerrah doit son existence à cause de cette richesse et ce n'est pas au hasard que plusieurs agglomérations et mechtas de cette commune ont nom Ain, Ain Senia, Ain Sefra et Ain Djebar. Donc à côté de ces différentes sources, Le réseau hydrographique est présenté par de très nombreux Chaâbas plus ou moins profonds et des principaux affluents de l'oued Echaref.

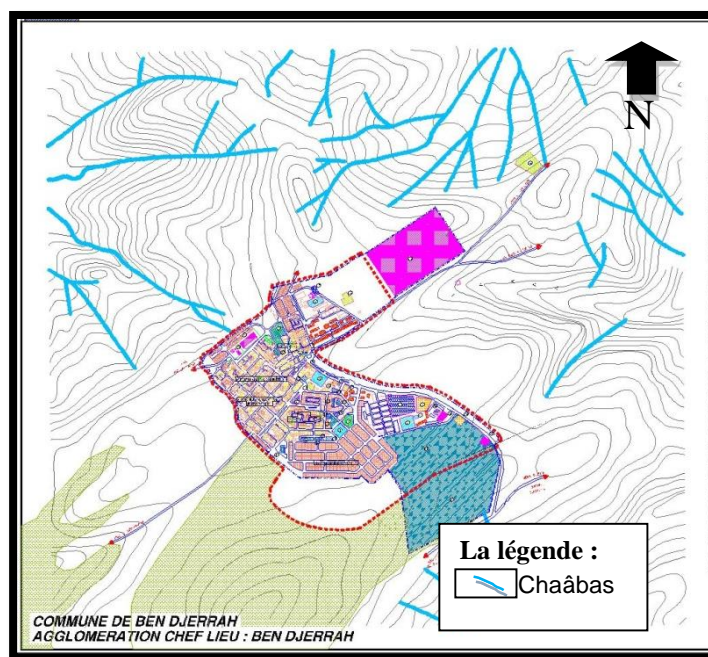


Figure 52 la carte hydrographique de Bendjerrah

IV.2.7. Occupation du sol :

La répartition générale des terres dans la commune de Bendjerrah se caractérise par l'importance de la surface agricole totale (SAT) qui représente 93.33% de la superficie totale soit 7397 ha⁴¹, dont presque de la moitié (53 %) surface agricole utile (SAU) et 39% sont des Parcours et des pacages

Les forêts et les maquis représentent 16.80% de la surface total de la commune.

Quant aux terrains urbanisables, elles occupent une superficie e 540 ha soit 6.80% de la surface globale de la commune.

⁴¹ Source : D.S.A de la wilaya de Guelma

La structure de l'occupation des terres montre une prédominance des terres agricoles utiles, forêts et parcours. Cette structure est liée à la configuration géomorphologique du territoire.

IV.2.8. Typologie et état de l'habitat :

La typologie d'habitat dans la commune de Ben Djerrah se compose de :

IV.2.8.1. Habitat colonial caractérise par :

- Trame orthogonale.
- Alignement.
- Matériaux utilisés (Pierre, tuiles).
- Niveau RDC.
- Les constructions se trouvent dans un état moyen, à dégradé



Figure 54: Etat moyen à dégradé



Figure 53: Etat dégradé des anciennes constructions

IV.2.8.2. Habitat individuel Auto-construction :

Une urbanisation spontanée qui occupe une grande partie du tissu existant. Cet habitat s'insère dans la dynamique urbaine de la ville : c'est le produit des citoyens eux même ; il occupe un grand espace dans le tissu urbain de Ben Djerrah. Englobant plusieurs cités (Bouras, Amiar, Mohamadi), ces cités se caractérisent par une voirie hiérarchisée mais mal entretenue. Ce sont les quartiers les plus défavorisés en matière d'équipements et d'activités.



Figure 55: Auto construction

IV.2.8.3. Habitat individuel planifié :

Une urbanisation planifiée il s'agit essentiellement de l'habitat évolutif.



Figure 56: Habitat individuel planifié

IV.2.8.4. L'habitat collectif :

L'habitat collectif a fait son apparition par la réalisation de trois immeubles collectifs sur le CW 162 suivis de trois autres à proximité du centre culturel. Et des vingt-cinq immeubles collectifs sont réalisés récemment six immeubles entre eux sont en cours de construction.



Figure 57: Habitat collectif fraîchement réalisés

IV.3. Analyse de terrain :

IV.3.1. Présentation et limitation de terrain :

Le terrain d'intervention se situe dans le P.O.S 33 qui étend sur 154.52 ha au Sud-Ouest du centre urbain actuel de Ben Djerrah, il est limité comme suit :

- Au Nord : le centre de Ben Djerrah
- Au Sud : les terres agricoles
- A l'Est : les terres agricoles
- A l'Ouest : les terres agricoles

Et qui définit par le P.D.A.U intercommunale comme une extension prévue à long terme (2027) sur un site dans sa grande partie vierge et où en plus des programmes d'habitat individuels, des équipements structurants et d'accompagnement à la fonction résidentielle sont également prévus.

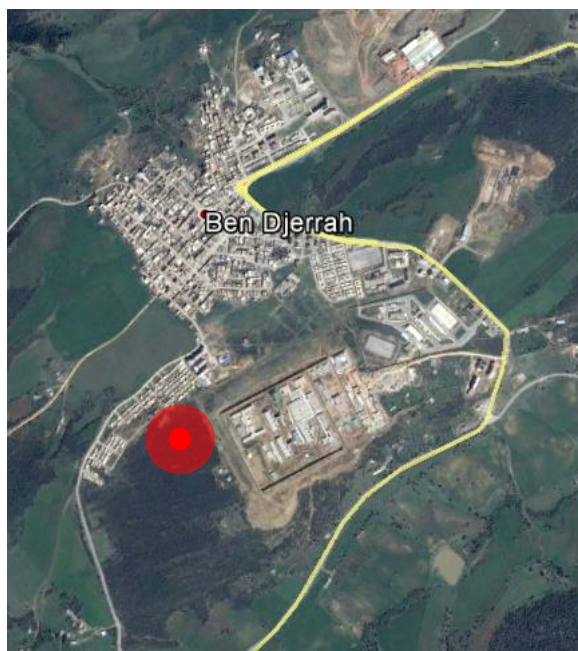


Figure 58: Situation de terrain d'étude par rapport à Bendjerrah (Source: Auteur ala base d'image google Earth)

Actuellement le site est occupé par du maquis et quelques constructions à usage d'habitation du programme de logements ruraux.

IV.3.2. Analyse du milieu physique du site :

IV.3.2.1. La Topographie :

Le site occupe la colline de Bou Choucha à 680 m d'altitude au point le plus haut, il se présente sous forme d'un relief de direction Nord-Est à Sud-Ouest. Au pied d'un des massifs les plus importants du N-E algérien la Mahouna qui culmine à plus de 1400 m.

Le terrain présente une forte pente de direction Est/Ouest dans sa partie Est avec une différence d'altitude de 50 m.

IV.3.2.2. Les pentes :

Dans la région d'étude on peut distinguer :

- Les pentes de plus de xx%.
- Les pentes faibles à moyennes de x à xx%.
- Les faibles pentes de x à x%.
- L'Hydrogéologie :

La zone d'étude est essentiellement constituée de terrains imperméables, les grès du flysch numidien et par conséquent elle ne comporte aucun niveau aquifère important.⁴²

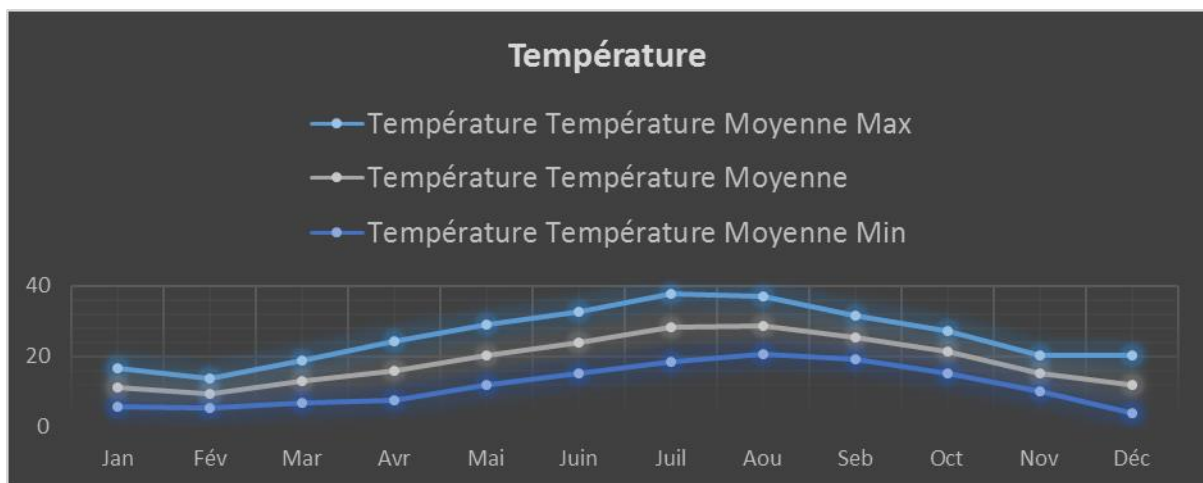
IV.3.2. La Climatologie :

Le climat de cette zone est de type méditerranéen caractérisé par une saison humide et fraîche et une saison sèche et chaude.

IV.3.2.1. Température

La température moyenne annuelle est de 18,73 °C, avec 37,80°C en juillet pour le mois le plus chaud et 3,90°C en janvier pour le mois le plus froid.

La courbe des températures moyennes mensuelles évolue d'une manière régulière.

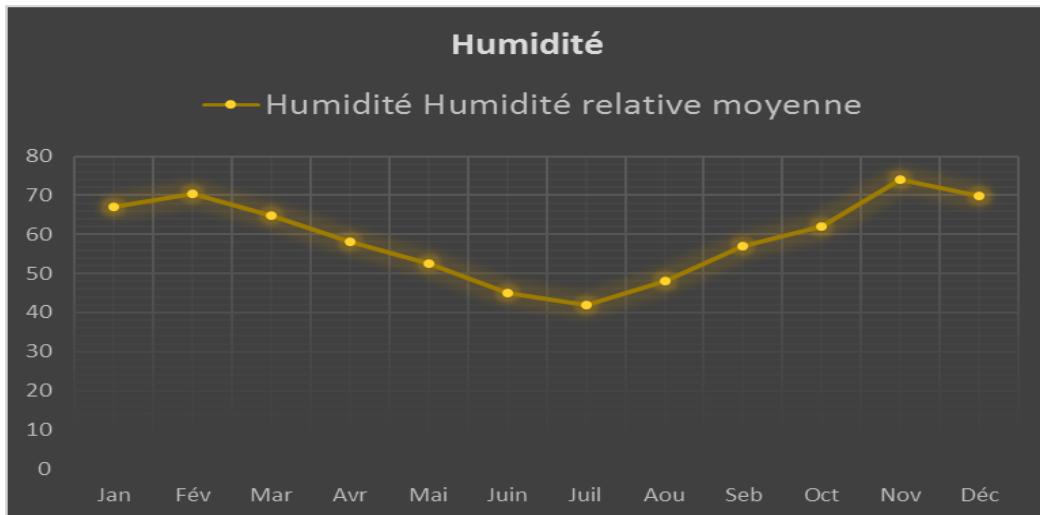


Graph 3: graph de température (source: station météorologique de Belkhir)

⁴² Pièce écrit P.O.S n°33 Ben Djerrah, Chapitre II - Analyse spatiale de l'aire d'étude du P.OS Ben Djerrah

IV.3.2.2. Humidité

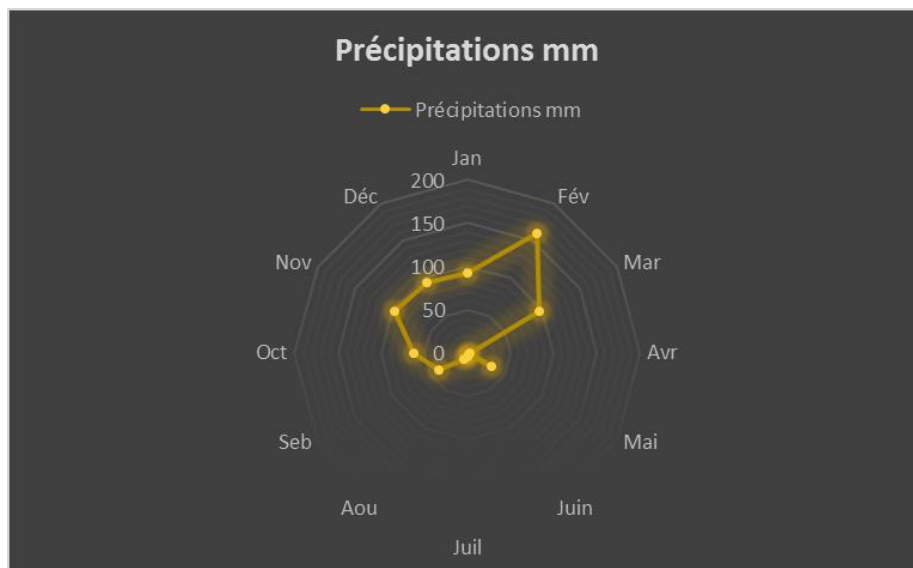
La courbe de l'humidité relative décroît dans le sens inverse de celle des températures.



Graph 4: graph d'humidité (Source: station météorologique de Belkhir)

IV.3.2.3. Précipitation

La répartition annuelle des précipitations est marquée par une importante période de sécheresse (4 mois : mai, juin, juillet et août) où les précipitations sont très faibles et, si, elles existent, tombent sous forme d'orages.



Graph 5: graph de précipitation (source : station météorologique de Belkhir)

IV.3.2.4. Vents :

A partir des données météorologiques de l'logiciel *Meteororme 7* et de *Climate consultant 6.0* qui trace la rose des vents dans la région de Guelma dans les quatre (04) saisons, on peut lire que dans la période :

- Hivernal les vents sont vienne du côté Nord et moins fréquente du côté Sud-Ouest avec une température entre 0 °C et 20 °C.

- Du printemps les vents sont vienne des côtés Sud et moins fréquente du côté Nord avec une température entre 20 °C et 24 °C.
- D'été les vents sont vienne des cotés Sud, Sud-Est et Sud-Ouest avec une température varier entre 24 °C et 38 °C.
- D'automne les vents sont vienne des cotés Nord-Est et Nord-Ouest avec une température varier entre 20 °C et 24 °C.

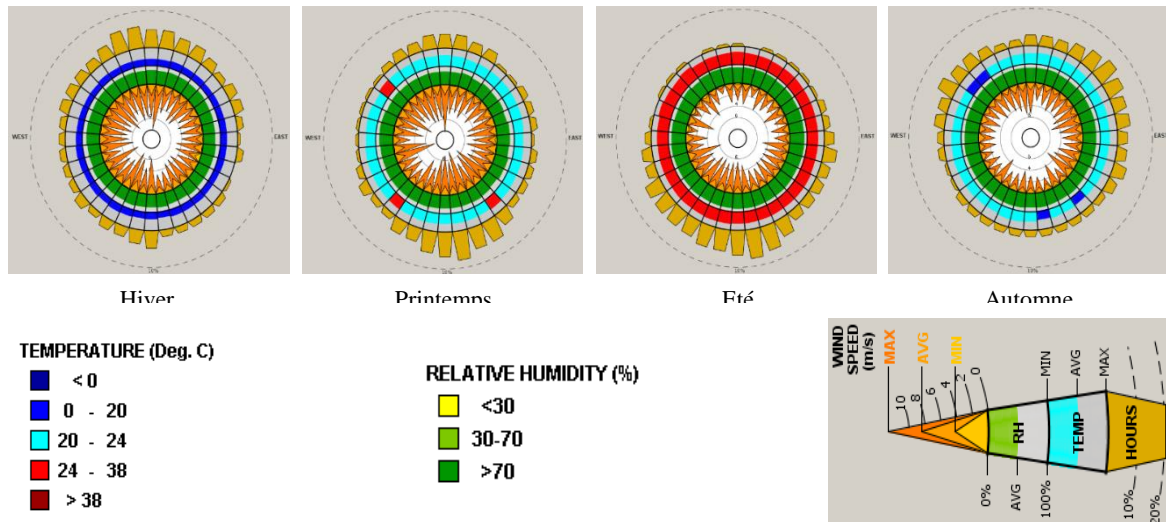


Figure 59 : La rose du vent dans les 4 saisons de la wilaya de Guelma (Météonorm 7 + Climat Consiltant 6)

IV.3.2.5. L'ensoleillement :

Le nombre d'heures d'ensoleillement pour les périodes chaudes dépasse 10 heures par jour.

En hiver, il est de l'ordre de 5 heures.



Graph 6: graph d'ensolleiemnet (source: station météologique de Belkhir)

IV.3.2.6. Analyse du diagramme ombro-thèrmique :

Selon le diagramme ombro-thèrmique on peut définir les mois secs qui sont Avril, Mai, Juin, Juillet, Aout, septembre et Octobre, donc la plus part des mois (7/12) sont secs.

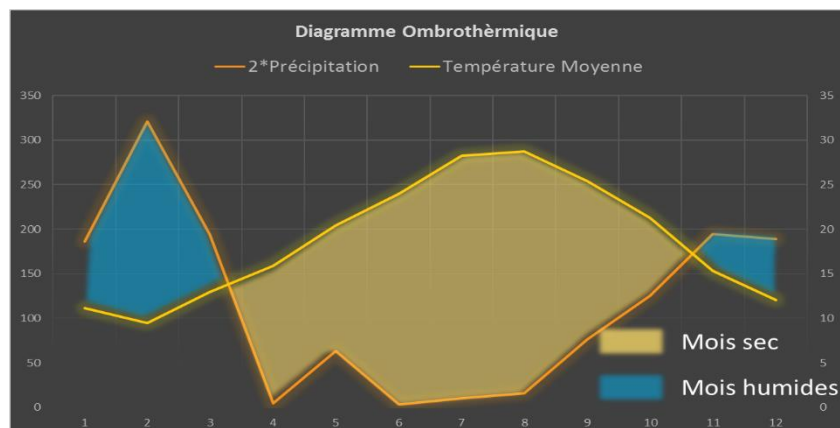


Figure 60: diagramme ombrothermique

IV.3.2.7. Diagramme bioclimatique de B. Givoni :

Selon le diagramme de GIVONI on peut dire que :

- En hiver, automne et printemps on a besoin d'une stratégie de conception solaire passive.
- En été nous avons besoin de ventilation naturel.

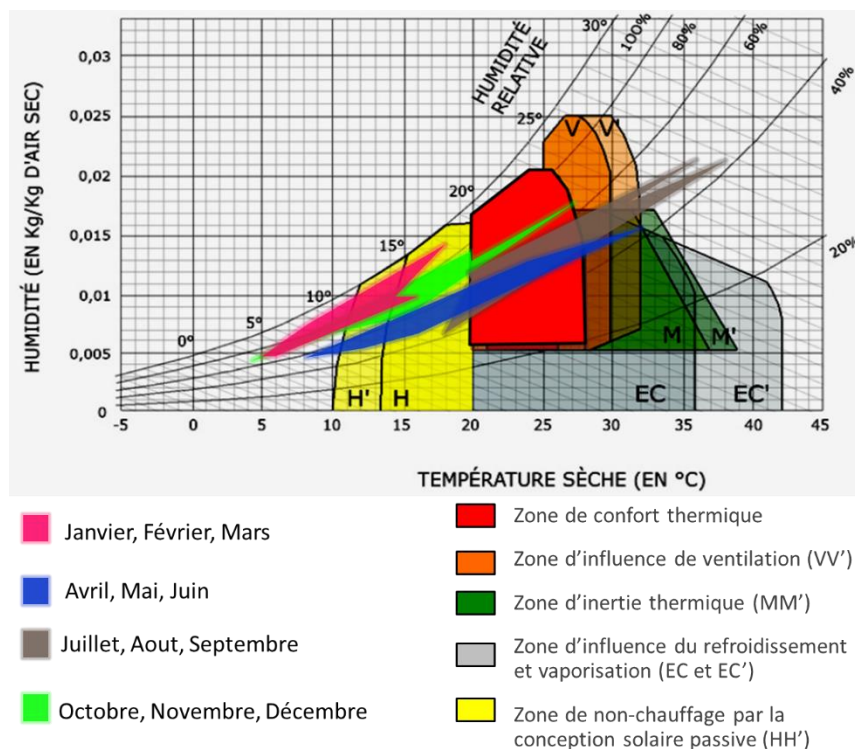


Figure 61: Diagramme bioclimatique de Givoni (Source: auteur)

CONCLUSION GENERALE :

Le long de cette étude, nous avons essayé d'examiner la performance énergétique d'un bâtiment collectif à caractère résidentiel. Pour se faire, nous avons développé une analyse conceptuelle des notions et concepts clés liés à notre thématique afin de pouvoir procéder à l'application.

La recherche théorique nous a permis de conclure que la démarche HPE (Haute Performance Energétique) peut contribuer à la réduction de l'impact environnemental des projets architecturaux et urbains. Cette tendance écologique englobe plusieurs réglementations et labels à l'échelle mondiale.

Par la suite, nous avons tenté de procéder à l'analyse et l'évaluation de notre cas d'étude. La démarche était d'effectuer une simulation de la consommation énergétique d'un logement social situé dans la ville de Bendjerrah à Guelma. Le logiciel *TRANSYS* a été mobilisé. Après un travail de modélisation et saisi des données climatiques, surfaciques et des matériaux de construction, la simulation nous a donné consommation énergétique classée dans la catégorie E : un bâtiment qui ne présente pas des qualités optimales en matière de consommation énergétique. A travers ces résultats, nous pourrions conclure que notre bâtiments et moins performant et ne se conforme pas avec les normes HPE.

Ces résultats nous ont conduits de proposer une amélioration énergétique de notre bâtiment par :

Le Traitement de l'enveloppe architecturale par l'utilisation des matériaux HPE et de procédé écologique tel que :

Pour les matériaux :

- ✓ Les blocs de béton cellulaire.
- ✓ Paroi végétalisé
- ✓ Mur en pierre naturel
- ✓ Utilisation d'une isolation écologique à base de chanvre

Parmi les techniques :

- ✓ L'amélioration la qualité thermique et sonore des bâtiments
- ✓ Application des isolations HPE
- ✓ Assurer et renforcer l'étanchéité de l'enveloppe
- ✓ Minimiser les pontes thermiques

- ✓ Utilisation des équipements de haute efficacité énergétique tel que les appareils d'électricité, les appareils électroménagersetc.

Sur le plan social le plan de vie des utilisateurs influence directement la performance énergétique des bâtiments.

- ✓ La mise en œuvre d'une couche d'isolation écologique (à base de chanvre par exemple) ;
- ✓ Améliorer l'étanchéité et minimiser les ponts thermiques.

Bibliographie :

- **Key World Energy Statistics 2014**, AIE
- **The IPCC**, 4th Assessment Report is coming out A picture of climate change the current state of understanding », GIEC (IPCC en anglais), 2007 (consulté le 29 Janvier 2017).
- **Lawrence Livermore National Laboratory**.
- **Anne Stark**, A human-caused climate change signal emerges from the noise; DOE Pulse (Revue du ministère américain de l'énergie), no 378, 2012-12-17.
- **Hughes L** (2000) « Biological consequences of global warming: is the signal already apparen? » Trends in Ecology & Evolution, p. 15, 56–61.
- **Minister de l'énergie**, Bilan énergitique 2014
- **Ministère du Développement durable**, « Le Plan d'action de Bali-(COP13/ 2007), sur www.developpement-durable.gouv.fr (consulté le 28 mai 2017)
- **Article Le Monde**, www.lemonde.fr/le-rechauffement-climatique/article/2009/12/19/la-bilan-decevant-du-sommet-de-copenhague_1283070_1270066.html, Consulté le 23 Mai 2017
- **ONS**. Enquête sur les dépenses de consommation et le niveau de vie des ménages 2011. Collection statistiques n°183.
- **PNME, Article 2** de la Décret exécutif n° 04-149 du 29 Rabie El Aouel 1425 correspondant au 19 mai 2004 fixant les modalités d'élaboration du programme national de maîtrise de l'énergie (PNME)
- <http://www.adem.fr>
- <http://www.e-rt2012.fr>
- <http://www.rt-batiment.fr>
- **FERNANDEZ Pierre, LAVIGNE Pierre, 2009**, Concevoir des bâtiments bioclimatiques.

Fondements et méthodes, Le moniteur, Paris, 430p.

- **ZAMBRANO Letícia Maria de Araújo, 2008**, Integração dos Princípios da Sustentabilidade ao Projeto de Arquitetura (l'intégration les principes de la durabilité dans le projet architecturale), Thèse de doctorat, université fédérale de Rio de Janeiro (Brasile), Rio de Janeiro, 380p.

- **HANNACHI-BELKADI N. K., 2008**, Développement d'une méthodologie d'assistance au commissionnement des bâtiments à faible consommation d'énergie, Thèse de doctorat Génie Urbain, L'Université Paris Est, Paris, 213p.
- **RANCK L., 2009**, Maisons écologiques cas pratique, Groupe Eyrolles, Paris, 135p.
- **FOURA S., 2008**, Simulation des paramètres du confort thermique d'hiver en Algérie, Thèse de doctorat, université Mentouri, Constantine, 254p.
- **MAES Pascale, 2010**, Labels d'efficacité énergétiques, EYROLLES, Paris, 139p.
- <http://www.architecture-kmo.fr/le-label-passivhaus/>, consulter le 02/01/2017.
- <http://www.projetvert.fr/labels-energetique/label-passivhaus/>, consulter le 01/01/2017.
- **MINERGIE, 2012**, Site officiel de Minergie (disponible sur internet : www.minergie.fr, consulter le 26/01/2012).
- <http://www.projetvert.fr/labels-energetique/label-minergie/>, consulter le 03/02/2017.
- **HANNACHI-BELKADI N. K., 2008**, Développement d'une méthodologie d'assistance au commissionnement des bâtiments à faible consommation d'énergie, Thèse de doctorat Génie Urbain, L'Université Paris Est, Paris, 213p.
- **LAUSTENS J., 2008**, Energy efficiency requirements in building codes, energy efficiency policies for new buildings, International Energy Agency, OECD/IEA, Paris, 85p.
- <https://particuliers.engie.fr/travaux-chaudiere/realiser-des-travaux-d-isolation/label-hpe.html>, consulter le 03/02/2017.
- **EFFINERGIE, 2012**, site officiel de Effinergie (disponible sur internet : www.effinergie.org, consulter le 15/03/2012).
- **CHLELA F., 2008**, Développement d'une méthodologie de conception de bâtiments à basse consommation d'énergie, Thèse de doctorat, Université de La Rochelle, Rochelle, 282p.
- **CASBEE, 2012**, Comprehensive Assesment System for Building Environmental Efficiency (CASBEE) (disponible sur internet: www.ibec.or.jp/CASBEE/english.consulter le 17/03/2012).
- **BREEM, 2012**, Building Research Establishment Environmental Assesment Method (BREEM) (Disponible sur internet: www.breeam.org. consulter le 17/03/2012).
- **HQE, 2012**, L'association haute qualité environnementale (HQE) (disponible sur internet : [www. Assohqe.org](http://www.Assohqe.org), consulter le 15/03/2012).
- **Climamaison, 2012**, le site officiel de climamaison (disponible sur internet : www.climamaison.com, consulter le 18/03/2012).

- **THIERS S.**, 2008, Bilans énergétiques et environnementaux de bâtiments à énergie positive, Thèse de doctorat, l'université des mines, Paris, 252p.
- **ADEME**, 2009, Objectif 2020 : bâtiments à énergie positive. note de cadrage et perspective, ADEME-Département Bâtiment et Urbanisme, Paris, 08p.
- **HELAS-OTHENIN N. et al.** 2007, Énergie et logements sociaux. En quoi les logements sociaux sont une bonne structure pour développer de bonnes pratiques énergétiques ?, École Nationale des Ponts et Chaussées (ENPC), Paris, 71p.