

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

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 de : **Architecture**

Spécialité : **Architecture**

Option : Architecture, Environnement et Technologie

Présenté par : **MEHIRA Chayma**

**Thème : Influence de l'Enveloppe architecturale sur la
Performance Énergétique des bâtiments**

**Projet : centre multifonctionnel à Hammam Dbegh
Guelma (dans la zone d'expansion touristique)**

Sous la direction de : Dr Dechaicha Assoule

Juillet 2021

Remerciements

*Tout d'abord, je remercie **ALLAH** le Tout Puissant de m'avoir éclairé la voie du savoir et donné la santé, la volonté et la force pour achever ce travail dans les meilleures conditions.*

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui je voudrais témoigner toute ma gratitude.

*Je voudrais tout d'abord adresser toute ma reconnaissance, mon respect à mes encadreur, Je remercie en premier lieu mon directeur de mémoire **Monsieur Assoule Dechaicha** pour m'avoir dirigée, aidée et soutenue afin de mener à bien ce modeste travail, je remercie **Monsieur Larbi Meddour** pour ses disponibilités, pour son suivi, ses nombreux conseils et ses critiques constructives pour l'élaboration.*

A tous mes collègues du département d'Architecture, qui ont contribué de près ou de loin à la réussite de ce travail, qu'ils trouvent toute ma gratitude de ce travail de recherche.

Je remercie aussi les honorables membres de jury pour avoir accepté d'examiner ce modeste travail et bien vouloir m'apporter leur caution scientifique.

Enfin, un grand merci à tous ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Dédicace

*C'est avec fierté et respect que nous dédions ce travail aux personnes qui nous sont les plus chères en ce monde A nos très **chers parents**, uniques et indéniables symboles du sacrifice, d'amour, d'encouragement et de tendresse, qu'ils trouvent dans ce travail tous nos reconnaissances et l'expression de nos profondes gratitudes et admirations. Que dieu vous garde en bonne santé.*

*À mon adorable sœur **Marawa** et son mari **Mourad**, pour leur aide et la patience qu'ils ont consentis devant le changement d'humeur occasionnés par ce travail, on ne vous sera jamais redevable. En témoignage de mon affection fraternelle, de ma profonde tendresse et reconnaissance, je vous souhaite une vie pleine de bonheur, de succès et qu'Allah le Tout Puissant, vous protège et vous garde.*

♥♥ À ma petite anges **Tasnime** ♥♥

*À nos chers amis : **Khawla, Selma, Bouchera, Rima, Ibtissem, Imane, Aya, Roeya, Dounia**
« Que cet humble travail témoigne à nos affections et nos éternels attachements » En souvenir de notre sincère amitié et des moments agréables que nous avons passés ensemble.*

À toute ma famille, mes cousines et mes voisines et tous mes amis sans Exception ; mes chers enseignants qui m'ont beaucoup aidé et guidé pour atteindre mon objectif.

À tous ceux qui sont chers, mes collègues

Et a ceux qui lisent ce mémoire avec intérêt.

Résumé

La consommation énergétique dans le secteur du bâtiment a un impact significatif sur la consommation globale d'énergie du pays, il est responsable de presque 40% de la consommation d'énergie et de 36 % des émissions de CO₂. La maîtrise de cette consommation dans le parc immobilier doit constituer une cible prioritaire, ceci nous interpelle à adopter tous les outils liés à la maîtrise de l'énergie : évaluation et amélioration des performances énergétiques, réhabilitation énergétique des bâtiments, et tout autre outil aidant à la résolution de la problématique énergétique qui reflète la situation alarmiste que vit l'Algérie.

Notre recherche est incitée par la réalité du terrain dans notre pays, malheureusement, dans la grande majorité des bâtiments, les considérations pour améliorer les performances énergétiques sont souvent négligées, nous avons constaté que la performance énergétique n'est toujours pas prise en considération dans la production des bâtiments. Ceci nous conduit à une consommation non-rationnelle d'énergie surtout pour le chauffage et la climatisation, les professionnels de la production architecturale continuent toujours à produire des immeubles énergivores. Pour faire face à ce problème on doit poser la question : Comment peut-on arriver à maîtriser vers améliorer les performances énergétiques du bâtiment architectural? La performance énergétique du bâtiment architectural dépend de nombreux critères, il est possible d'agir soit sur l'enveloppe du bâtiment, soit sur les équipements utilisés pour optimiser le confort des usagers.

Dans ce contexte, le présent travail tente d'optimiser la consommation énergétique d'un centre commercial à Guelma par l'adoption des techniques d'évaluation et d'amélioration de la performance énergétique de l'enveloppe architecturale qui joue un rôle essentiel et caractérisant le niveau de performance environnemental du bâtiment, en faisant appel à la simulation environnementale. Nous considérons que cette étude est primordiale et constitue un préalable important à la définition des démarches de mise en place d'une procédure de certification et de labellisation environnementales des bâtiments en Algérie.

Mots clés : Maîtrise de l'énergie, performance environnementale, enveloppe architecturale, simulation, optimisation, centre commercial.

Summary

Energy consumption in the building sector has a significant impact on the overall energy consumption of the country, it is responsible for almost 40% of energy consumption and 36% of CO₂ emissions. The control of this consumption in the building stock must be a priority target, which calls for the adoption of all the tools related to energy control: evaluation and improvement of energy performance, energy rehabilitation of buildings, and any other tool helping to solve the energy problem which reflects the alarming situation that Algeria is experiencing.

Our research is prompted by the reality of the field in our country, unfortunately, in the vast majority of buildings, considerations to improve energy performance are often neglected, we found that energy performance is still not taken into account in the production of buildings. This leads to non-rational energy consumption, especially for heating and air conditioning, and the professionals in architectural production continue to produce energy-intensive buildings. In order to face this problem, we have to ask the question: How can we manage to improve the energy performance of the architectural building? The energy performance of the architectural building depends on many criteria, it is possible to act either on the building envelope or on the equipment used to optimise the comfort of the users.

In this context, the present work attempts to optimise the energy consumption of a shopping centre in Guelma by adopting techniques for evaluating and improving the energy performance of the architectural envelope, which plays an essential role in characterising the level of environmental performance of the building, by using environmental simulation. We consider that this study is essential and constitutes an important prerequisite for the definition of the implementation of an environmental certification and labelling procedure for buildings in Algeria.

Key words: Energy management, environmental performance, architectural envelope, simulation, optimisation, shopping centre.

ملخص

استهلاك الطاقة في قطاع البناء له تأثير كبير على إجمالي استهلاك الطاقة في الدولة ، فهو مسؤول عن ما يقرب من 40% من استهلاك الطاقة و 36% من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. يجب أن يكون التحكم في هذا الاستهلاك في مخزون المبنى هدفًا ذا أولوية ، والذي يدعو إلى اعتماد جميع الأدوات المتعلقة بالتحكم في الطاقة: تقييم وتحسين أداء الطاقة ، وإعادة تأهيل الطاقة للمباني ، وأي أداة أخرى تساعد في حل الطاقة المشكلة التي تعكس الوضع المقلق الذي تعيشه الجزائر.

بحثنا مدفوع بواقع المجال في بلدنا ، للأسف ، في الغالبية العظمى من المباني ، غالبًا ما يتم إهمال اعتبارات تحسين أداء الطاقة ، وجدنا أن أداء الطاقة لا يزال غير مأخوذ في الاعتبار في إنتاج المباني. يؤدي هذا إلى استهلاك غير منطقي للطاقة ، خاصة للتدفئة وتكييف الهواء ، ويستمر المتخصصون في الإنتاج المعماري في إنتاج مباني كثيفة الاستهلاك للطاقة. لمواجهة هذه المشكلة ، علينا أن نطرح السؤال التالي: كيف يمكننا تحسين أداء الطاقة للمباني المعماري؟ يعتمد أداء الطاقة للمباني المعماري على العديد من المعايير ، فمن الممكن العمل إما على غلاف المبنى أو على المعدات المستخدمة لتحسين راحة المستخدمين.

في هذا السياق ، يحاول العمل الحالي تحسين استهلاك الطاقة لمركز التسوق في قالمة من خلال اعتماد تقنيات لتقييم وتحسين أداء الطاقة للمغلف المعماري ، مما يلعب دورًا أساسيًا في توصيف مستوى الأداء البيئي للمبنى ، باستخدام المحاكاة البيئية. نحن نعتبر أن هذه الدراسة ضرورية وتشكل شرطًا مسبقًا مهمًا لتعريف تنفيذ إجراءات إصدار الشهادات البيئية ووضع العلامات للمباني في الجزائر.

الكلمات المفتاحية: إدارة الطاقة ، الأداء البيئي ، الغلاف المعماري ، المحاكاة ، التحسين ، مركز التسوق.

Sommaire :

I-Introduction générale	1
Problématique.....	2
Questions.....	3
Hypothèses	3
Les Objectifs	3
Structure du mémoire :.....	5
Chapitre 01 La consommation énergétique du bâtiment.....	7
Introduction	7
I. La consommation énergétique	7
I.1. La consommation énergétique au monde	7
I.1.1 Les Ressource énergétique :.....	10
I.1.2 Problème environnementaux générés par les énergies fossiles :	11
I.1.3Impact des énergies fossiles :.....	12
I.1. 4Le recours aux énergies renouvelables pour un développement durable :	14
I.2 La consommation énergétique en Algérie :	18
I. 2.1La consommation dans les différents secteurs en Algérie :.....	18
I. 3L'architecture durable comme réponse écologique	20
I.31Le développement durable une approche en évolution :	20
Historique du développement durable :	21
I.3.2Les trois piliers du développement durable :	22
I.33Les principes de l'architecture d durable	24
I.34Objectifs de l'architecture durable :.....	24
I.4La Stratégie de développement durable en Algérie :	25
Les principaux objectifs inscrits dans les différents programmes de développement	25
I.5 Pratiques de soutenabilité architecturale :.....	25
1.5.1 L'approche passive: bioclimatique :.....	26

1.5.2. L'aspect énergétique: performance et efficacité :	28
1.5.3. L'étude d'impact: le bilan carbone :	29
1.5.4. Objectifs globaux :	29
Conclusion.....	29
CHAPITRE 02 Enveloppe architecturale et performance énergétique la démarche HPE....	31
Introduction	31
II.1. Définition de la performance énergétique :	31
II.2. Efficacité énergétique :	32
II.2.1.Les clés de l'efficacité énergétique dans le bâtiment :	33
II.2.2.Pas de performance énergétique sans efficacité énergétique :	34
II.3. La haute performance énergétique :	34
II.3.1Définition :	34
II.3.2.Classification des bâtiments à efficacité énergétique :	35
II.4. La maîtrise de la consommation énergétique :	39
II.4. 1Maîtrise de l'énergie et le contexte réglementaire en Algérie :	39
II.4. 2Les principales réglementations et labels :	40
II.5. Stratégie de maîtrise de l'énergie en Algérie :	45
II.5.1Le contexte réglementaire en Algérie :	45
III .Le dispositif de l'enveloppe architecturale :	47
Introduction	47
III .1L'enveloppe architecturale :	48
III .1.1Définition de l'enveloppe architecturale :	48
III .1.2Les types de l'enveloppe architecturale:	50
III .1.3La performance de l'enveloppe :	54
III .1.4Les principales sollicitations de l'enveloppe extérieure :	55
III .2Les fonctions de l'enveloppe :	56
III .3La position de l'isolation thermique dans la paroi :	65

III .3.1L'inertie thermique :	66
III .3.1Le déphasage thermique:.....	67
III .4 La relation entre l'enveloppe et l'hygrothermie :	67
III .4.1 Les principes et outils de conception de l'enveloppe :.....	67
III .5 Les principes et outils de conception de l'enveloppe :.....	70
III .5.1L'enveloppe protégée :.....	70
III .5.2L'enveloppe opaque:	71
III.5.3L'enveloppe légère:.....	72
III .5.3L'enveloppe végétalisée:	72
III .6 La couleur Del 'enveloppe:	73
Conclusion :.....	74
Chapitre 03 : partie analytique	76
III. Approche analytique :	76
Introduction	76
III. Analyse des exemples :	76
III.1. Exemples 1 : Le centre Multifonctionnel de la Mecque En Arabie Saoudite	76
III.1.1. Situation :	76
III.1.2. Environnement immédiat :	77
III.1.3. Composition de masse :.....	77
III.1.4. Accessibilité :	78
III.1.5. Composition volumétrique :.....	79
III.1.6. Les façades :	82
III.1.7. Aspect fonctionnel:	84
III.1.8. L'étude de programme :	86
III.1.8. Lecture des déferents plans :	86
Synthèse :	92

III.2. Exemples 2 : Complexe multifonctionnel Arribat Center : une nouvelle centralité urbaine pour l'Agdal	93
III.2.1. Motivation du choix :	93
III.2.2. Situation du projet :	93
III.2.3. Limite et accessibilité :	94
III.2.4. Composition volumétrique :	94
III.2.5. Genèses de projet :	94
III.2.6. Analyse des façades :	97
III.2.8. Organigramme spatial:	98
III.2.10. Lecture des déferents plans :	100
Synthèse :	102
III.3. Exemples 3 : CNIT (Paris La Défense).....	103
III.3.1. Présentation de la défense:	103
III.3.2. Situation du projet :	103
III.3.3. Limite et accessibilité :	104
III.3.4. Composition volumétrique :	105
III.3.5. Analyse des façades :	106
III.3.6. Point de vue écologique :	107
III.3.7. Aspect fonctionnel :	108
III.3.8. Lecture des déferents plans :	108
Les recommandations retenues d'après les analyses :	111
Conclusion :	111
IV_ Approche contextuelle :	112
IV. 1Présentation et situation de la commune « Hammam Dbegh » :	112
IV.3.Situation du Hammam Dbegh par rapport à la ville Guelma :	112
IV.3.Historiques de la région de Hammam Debagh :	113
IV.4.La Topographie :	114

IV.5.Hydrographie :	115
IV.6.Les richesses de la commune de Hammam Debagh :	116
IV.6.1.La Cascade « bain de chellala »:	116
IV.6.2. Les dolmens :	117
IV.6.3.Les forets:.....	118
IV.6.4.Les sources et les eaux :.....	118
IV.7.Climatologie :.....	119
IV.7.La ZET (Zone d'Expansion Touristique) de Hammam Debagh :.....	123
IV.7.1La situation de la ZET :.....	124
IV.8.Présentation du terrain :	125
IV.8.1.Situation du terrain par rapport à la ville de guelma.....	125
IV.8.2.Situation du terrain par rapport à hammam dbegh.....	126
IV.8.3.Limite abords le terrain d'étude :.....	126
IV.8.4.Accessibilité de terrain :.....	127
IV.8.5.Le maillage :.....	128
IV.8.6.Les points de repères :.....	129
IV.8.7.L'entourage de terrain :.....	129
IV.8.8.Hydrologie:	130
IV.8.9.Climatologie :.....	131
IV.8.11.Topographie du terrain :.....	133
IV.8.12.Obstacles et interactions naturels et technologiques :.....	134
Conclusion.....	136
V. Analyse de programme:.....	137
V.1. Étude quantitatif :	137
V.2.Recommandations générales :	138
V.3.Recommandations à prendre pour les différentes activités :.....	138
V.4. Qualités spatiales :.....	138

V.5.La répartition des espaces (la relation verticale) :	139
V.6.Approche architecturale : mise en forme de projet	153
Chapitre 04 : La simulation énergétique de l'enveloppe architecturale.....	164
Introduction	164
VI. 1.Objectifs de simulation :	165
VI. 2.Avantages de la simulation :	165
VI. 3.Inconvénients de la simulation :	166
VI.4.Différents types de simulation :	166
VI.5.Les logiciels de la simulation :.....	167
VI. 5.1.Les atouts de la simulation thermique dynamique :.....	168
VI. 6.Méthode de la simulation thermique dynamique :.....	168
VI. 7.Logiciel « ARCHIWIZARD » :.....	169
VI. 7.1Les avantages de l'archiwizard :	170
VI.8.Présentation de cas d'étude :	174
Conclusion :.....	182
Conclusion générale :	183
Bibliographie :.....	185

Liste des figures

Figure 1 : Production mondiale d'énergie primaire en 2012	8
Figure 2 : La consommation d'énergie finale dans le monde en 2012 avoisine 9 milliard de tonnes d'équivalent pétrole	9
Figure 3 : consommation énergétique dans les différents secteurs.	9
Figure 4 : Énergie primaire mondiale 2006(AIE)	13
Figure 5 : Production d'énergie primaire dans le monde (2014)	14
Figure 6 : Les différentes sources énergétiques dans le monde	15
Figure 7 : Installation solaire thermique.	15
Figure 8 : Fonctionnement de l'énergie hydraulique	16
Figure 9 : Exemple de système éolien de type aérogénérateur	16
Figure 10 : Système de fonctionnement Biomasse.	17
Figure 11 : schéma-pompe-a-chaleur	17
Figure 12 : Évolution de la population, consommation d'énergie primaire et d'émissions de CO2	18
Figure 13 : Répartition de la consommation du secteur tertiaire par branche.....	19
Figure 14 : Répartition de la consommation finale par secteur et par type d'énergie.....	19
Figure 15 : Définition de développement durable	20
Figure 16 : Les cinq finalités du DD pour les projets territoriaux	24
Figure 17 : livre Traité d'Architecture et d'Urbanisme Bioclimatique source :	26
Figure 18 : schéma de bâtiment basse consommation	36
Figure 19 : Schéma de la maison zéro énergie.....	37
Figure 20 : Les paramètres à prendre en compte dans le calcul de « Bbio	40
Figure 21 :Évolution des lebls de performance énergétique.	41
Figure 22 : Logements collectif à énergie positive à Freiburg.....	43
Figure 23 : Stratégie de maitrise de l'énergie en Algérie, dispositif	45
Figure 24 : Développement de l'enveloppe architecturale	50
Figure 25 : Enveloppe porteuse.....	50
Figure 26 : Enveloppe légère (mur rideau).	51
Figure 27 : maçonnerie avec une épaisseur de 10cm.	51
Figure 28 :Sollicitation de l'enveloppe.	56
Figure 29 : les transferts de chaleur.	59
Figure 30 : Transfert de chaleur par rayonnement ou radiation (AFME)	60

Figure 31 : ventilation naturelle mécanique.....	61
Figure 32 : l'implantation tien en compte du relief, des vents locaux, de l'ensoleillement.....	63
Figure 33 : Isolation de pont thermique.	65
Figure 34 : L'inertie thermique dans un bâtiment	67
Figure 35 : Transfert de chaleur par rayonnement	67
Figure 36 : La barrière extérieure étanche de l'eau	69
Figure 37 : Figure 37: La séparation entre la barrière extérieure et la partie intérieure.....	70
Figure 38 :Figure 38 :appareillage de brique sur façades	72
Figure 39: Hotel Makah Hilton towers	76
Figure 40 : Plan de situation de CMF à Mecque.....	77
Figure 41 :Situation urbaine de CMF.....	77
Figure 42 : organisation plan de masse	77
Figure 43 :accessibilité de CMF Mecque	78
Figure 44 : Accès de CMF	78
Figure 45 :Volume de CMF Mecque	79
Figure 46 : Schéma de composition de CMF Mecque	80
Figure 47 : Schéma de l'ensemble des batiments	80
Figure 48 : Volume : Monobloc, constitué d'un ensemble de 10 parallélépipédique.....	81
Figure 49 : Schéma de principe de CMF.....	81
Figure 50 : Organisation spatial de CMF	82
Figure 51 : Composition des façades	82
Figure 52 : Façade principale	83
Figure 53 : Composition volumétrique façade en relief.....	83
Figure 54 : des moucharabiehs en bois	84
Figure 55 : placette jeu d'eau	84
Figure 56 :Makah hotel	85
Figure 57 :Organigramme relationnelle	85
Figure 58 : Schéma de Séparation des espace	86
Figure 59 : Schéma de principe de RDC.....	87
Figure 60 : Plan de RDC	88
Figure 61 : Schéma de principe de 1 étage	88
Figure 62 :Plan de 2 dème étage	89
Figure 63 :Organigramme de 2ème étage	90
Figure 64 : Plan de 4ème étage	91

Figure 65 ;Hotels Mekkah	92
Figure 66 : CMF Arribat center	93
Figure 67 : Plan de situation arribat centre	93
Figure 68 :les accès de CMF	94
Figure 69 : Concept d’ilot ouvert.	94
Figure 70 : intégration au paysage urbain.	95
Figure 71 : Le volume de CMF	96
Figure 72 : L’intégration paysagère	97
Figure 73 : Façade de CMF.....	97
Figure 74 : les trois axes de CMF d’arribat.	98
Figure 75 : Organisation et distribution spatial	98
Figure 76 : Plan RDC du centre commercial de Rabat Agdal	100
Figure 77 : Cinéma MEGARAMA.	101
Figure 78 : Plan 1ère étage du centre commercial de Rabat Agdal	101
Figure 79 :plan 2ème étage du centre commercial.....	102
Figure 80 : Plan de situation de la défense.....	103
Figure 81 : Vue aérienne de Paris la défense	104
Figure 82 : Accessibilité de CNIT.....	105
Figure 83 : Volume de CNIT	106
Figure 84 : Façades de CNIT.	106
Figure 85 : Façade de CNIT	107
Figure 86 : Vue aérienne de la route de CNIT.....	107
Figure 87 : Coupe schématique de CNIT	108
Figure 88 : Plan de niveau O.	109
Figure 89 :Plan de niveau B.	109
Figure 90 : Plan de niveau C	110
Figure 91 : plan de situation de la commune Hammam Dbegh	112
Figure 92 :La commune de hammam Debagh	113
Figure 93 :Situation de terrain par rapport à la ville	113
Figure 94 : développement historique de Hammam Dbegh.....	114
Figure 95 : carte topographique de Hammam Dbegh	115
Figure 96 :Diag : Les altitudes des montagnes qui entourent Hammam Debagh	115
Figure 97 : la vallée Bouhamdan à Guelma	116
Figure 98 :Lac souterrain à Bir Osmane	116

Figure 99 :Cascade de Hammam Debagh	117
Figure 100 ;Nécropole de Dolmens et grottes funéraires de Roknia	117
Figure 101: carte de précipitation à Hammam Dbegh	120
Figure 102 : diagramme de température annuelle	121
Figure 103 : la température maximal à Hammam Dbegh	
Figure 104 : diagramme solaire	122
Figure 105 : les vents dominants à Hammam Dbegh	122
Figure 106 : situation de la zet à Hammam Dbegh	123
Figure 107 : les limites abordées de la zet	124
Figure 108 : les défirents accès à la zet	124
Figure 109 : localisation de Hammam Dbegh à guelma	125
Figure 110 : localisation deterrain d'intervention	126
Figure 111 : le terrain d'étude.....	126
Figure 112 : les limites de terrain d'étude	127
Figure 113Accessibilité au terrain	128
Figure 114 : maillage des voiries de zone d'étude	128
Figure 115 : les points fortes repérés le terrain	129
Figure 116 :L'entourage de terrain	130
Figure 117 : carte d'aasinissement d'eau	131
Figure 118 : la canale d'eau bouillante	131
Figure 119 :ensoleillement de terrain	132
Figure 120 : les vents dominant le tarrain	132
Figure 121 : superficie de terrain	133
Figure 122 : carte topographique de terrain	134
Figure 123 : carte des servitudes présente au terrain	135
Figure 124 : la végétation de terrain	136
Figure 125 : la végétation de terrain	136
Figure 126 : cartes dde servitude	154
Figure 127 : schéma de principe du projet	155
Figure 128 : organigramme zoning	156
Figure 129 : organigramme spacial de projet	157
Figure 130 : genèse de forme de projet	158
Figure 131 : Plan de masse	159
Figure 132 : volumétrie de projet	159

Figure 133 : Composants d'étanchéité terrasse Le drainage	161
Figure 134 : panneaux solaire photovoltaïques.....	161
Figure 135 : les méga arbres	162
Figure 136 : Simulation thermique dynamique	167
Figure 137 : Etude de cas simulation thermique dynamique	167
Figure 138 : Indicateur de compacité de l'enveloppe	177
Figure 139 : Indicateur de performance thermique de l'enveloppe Ubat.....	178
Figure 140 : Indicateur Ration de transmission thermique	178
Figure 141 : pont thermique	179
Figure 142 : Imagerie solaire	179
Figure 143 : Indicateur de besoin et production énergétique	180
Figure 144 : production énergétique avec les panneaux solaire thermique	181
Figure 145 :Balance énergétique.....	181

Liste des tableaux

Tableau 1 : de classification des enveloppes	Error! Bookmark not defined.
Tableau 2 : Les critères de choix de l'orientation	63
Tableau 3 : Apports calorifiques sur une paroi selon son orientation	64
Tableau 4 : Tableau 5 :L'enveloppe végétalisé	72
Tableau 5 :L'étude de programme	99
Tableau 6 :L'étude de programme.	110
Tableau 7:Les principales sources thermales à Hammam Debagh	119
Tableau 8:Tableau montrant les précipitations mensuelles.....	120
Tableau9 : l'humiditéc relative à Hammam Dbegh.....	122
Tableau 10 : les vents dominants	123
Tableau 11:Programme dimensionnel.....	144
Tableau 12 : programme retenu	148

Lexique :

Le logiciel climat consultant0.6 : l'objectif principale de e logiciel l'analyse bioclimatique qui nous guider dans notre projet

La simulation : La simulation est une technique numérique pour conduire des expériences sur un ordinateur qui peut inclure des caractéristiques stochastiques soit microscopiques soit macroscopiques et implique l'utilisation de modèles mathématiques qui décrivent le comportement d'un système de transport sur des périodes étendues de temps réel.

Logiciel « ARCHIWIZARD » :

Le logiciel Archiwizard est un logiciel produit par la société RAYCREATIS.

-Ce logiciel permet de simuler des performances énergétiques de bâtiments, et même de réaliser des bilans conformément à la réglementation thermique française RT 2012.

-De nombreuses activités de simulation et d'analyse sont réalisables en classe avec des élèves.

Le logiciel pour l'optimisation et la validation réglementaire de la performance énergétique et environnementale du bâtiment dès l'esquisse et jusqu'à l'achèvement des travaux, en neuf comme en rénovation, en connexion directe avec la maquette numérique BIM.

Abréviation :

- AIE: agence international de l'énergie.
- APRUE: Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Énergie.
- FNME: Fonds National pour la Maîtrise de l'Énergie.
- PNME: Programme National de Maîtrise de l'Énergie.
- CIME: Comité Intersectoriel de la Maîtrise de l'Énergie.
- DPE (diagnostic de performance énergétique).
- HPE : haute performance énergétique.
- THPE : très haute performance énergétique
- HPE ENR : haute performance énergétique Energie renouvelable
- THPE ENR : très haute performance énergétique énergie renouvelable
- BBC : bâtiment base consommation
- BEPOS : batiment énergie positive

I. Approche introductif

I-1- Introduction

L'homme a, de tout temps, consommé de l'énergie, quelle qu'en soit sa nature ou son origine. L'avènement de la révolution industrielle a permis des développements industriels et économiques fulgurants, mais hélas, très énergivores. Ces développements, tous secteurs confondus, ont généré une multitude d'impacts négatifs sur la planète. Le réchauffement climatique et le retrait des glaciers en sont les deux images les plus révélatrices de cet état de fait. Donc la problématique énergétique liée à la construction de logements est devenue un enjeu majeur.¹

Le secteur du bâtiment en général et, connaisse, dans le cadre du développement durable et de la durabilité, des essors significatifs visant à maîtriser et à réduire la consommation énergétique. La priorité est donnée à l'élaboration de stratégies et de programmes de maîtrise efficace de l'énergie.

En Algérie, Le secteur résidentiel est à l'origine de 35 % de la consommation d'énergie finale. Un programme national de maîtrise de l'énergie a été mis en place. L'objectif affiché vise l'efficacité énergétique et consiste à l'utilisation le moins possible d'énergie; ce programme contient des actions qui privilégient le recours aux formes d'énergie les mieux adaptées aux différents usages et nécessitant la modification des comportements et l'amélioration des équipements.

Bâtiments zéro énergie, bâtiments à basse consommation, bâtiments à haute performance énergétique, bâtiments à énergie positive etc..., sont autant de labels apparus ces dernières années et dont l'objectif principal est la maîtrise de l'énergie. Le label Haute Performance Énergétique (HPE) a été mis en place afin de s'assurer que les constructions neuves, soient respectueuses de l'environnement.

Dans ce contexte, la conception et la réalisation de logements énergétiquement efficace s'impose comme une nécessité à la maîtrise des consommations énergétiques de ce secteur.

C'est dans cette perspective que s'inscrit notre travail de recherche, tout le long duquel, on s'efforcera de démontrer la nécessité de mettre en évidence l'importance de l'enveloppe

¹ The International Energy Outlook(EIA) 2011, p.9

architecturale dans l'amélioration de la performance énergétique des bâtiments dans une optique de durabilité architecturale.

Nous nous intéresseront de développer une recherche théorique analytique et conceptuelle à travers un cas d'étude pour des enrobements et des recommandations pour un architecture écologique en Algérie.

Problématique :

À travers le monde on peut dire que toutes les nations ont des problèmes Environnementaux en effet qui sont plus au moins graves: la pollution, L'épuisement des ressources non renouvelables, le réchauffement climatique, la disparition massive des espèces végétales Mais pour garantir une vie meilleure pour la génération future, il est Primordial de trouver des solutions pour y remédier, la question énergétique Constitue un enjeu clé pour raisons économiques et constructifs.

Le cœur de la problématique des défis à relever vise la conciliation des performances basées sur la production, la fourniture et la consommation d'énergie avec le respect de l'environnement.²

La consommation énergétique de la construction forme une bonne part de de la consommation énergétique mondiale, le secteur de la construction consomme jusqu'à 40% de toute l'énergie et contribue jusqu'à 30% des émissions annuelles mondiales de gaz à effet de serre étant donné à croissance massive de la construction neuve dans les économies en transition et l'inefficacité du parc immobilier existant dans le monde .Si rien n'est fait, les émissions de gaz des bâtiments.

Vont plus que doubler au cours des 20 prochaines années. Dans ce contexte, l'intégration de L'aspect énergétique dans la construction des bâtiments s'impose comme une nécessité à la maîtrise des consommations énergétiques de ce secteur.

Il existe de multiples facettes de l'architecture écologique, certaines s'intéressant surtout aux technologies propres, la minimisation de l'impact sur l'environnement, la réduction de la consommation d'énergie.

² Liebard, A et De Herde, A. Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques : Concevoir, édifier et aménager avec le développement durable. Décembre 2005

Une grande part de l'architecture durable s'appuie donc sur la maîtrise de la consommation d'énergie d'un bâtiment.

En effet, L'aspect énergétique constitue un enjeu primordial dans le processus de conception architecturale.

Parmi ce contexte, on trouve que la conception d'une enveloppe architecturale performante contribue d'une manière directe dans la production de bâtiments de meilleure qualité énergétique avec un impact moindre sur l'environnement.

Questions :

Comment évaluer l'influence de l'enveloppe architecturale pour une amélioration énergétique des projets commerciaux ?

Hypothèses :

À travers d'une démarche conceptuelle d'optimisation, la qualité énergétique de l'enveloppe architecturale peut être améliorée et augmente efficacement le niveau de performance énergétique des centres commerciaux.

Les Objectifs :

- Concevoir des logements écologiques tout en créant un milieu intérieur et confortable
- Montrer l'importance de l'enveloppe architecturale sur la performance énergétique des bâtiments.
- Diminuer fortement la consommation d'énergie pour les bâtiments.
- Mettre en évidence l'approche HPE pour une production architecturale optimale.
- Produire l'habitat en accord avec les principes du développement durable.
- Pour avoir une architecture qui prend en considération le rapport entre l'enveloppe architecturale et l'énergie.

Étudier les enjeux environnementaux et réduire les impacts associés.

Méthodologie de recherche :

Dans le but de bien mener ce travail de recherche, et de répondre à la problématique posée, nous optons pour une étude approfondie et une analyse complète des différents aspects liés à la thématique et au terrain, et ceux à travers plusieurs méthodes et techniques de recherche :

L'approche théorique : Dans cette étape considérée comme un processus de concrétisation de l'hypothèse ou de l'objectif, nous essayerons d'analyser les différents concepts liés au thème et contenus dans l'hypothèse, Elle portera donc, sur les aspects théoriques clés du thème de recherche, exemple : consommation énergétique, enjeux environnementaux, performance énergétique.

L'approche analytique : Elle s'articule sur la méthode analytique d'un produit architectural et d'un contexte urbain. Cela concerne les différentes étapes successives de la projection du projet dans l'assiette choisie. Pour cela plusieurs études sont nécessaires : La collecte de données : Primordiale et impérative à la recherche, la collecte de données nous a permis de nous renseigner sur les différents axes de notre recherche, et de nous guider dans la conception de notre projet. Nous nous baserons sur les entretiens, les photos et l'observation auprès des instances publiques. Direction de wilaya de Guelma, la direction d'urbanisme et de construction. Aussi collecter un ensemble des connaissances et des données concernant le thème choisis.

L'observation : Une observation de la région « Hammam Dbegh », des besoins en matière de la différente fonction de la ville commerce, travail, détente.... Ainsi l'observation des atouts du site nous a aidé à avoir une vue très proche sur le site pour choisir le terrain le plus favorable pour l'implantation du projet avec toutes ces différentes composantes.

Analyse des exemples : Nous avons opté pour un choix de projets diversifié vu la diversité fonctionnelle de notre projet (tourisme, bien-être, commerce ...) C'est en étudiant ces différents exemples que nous pourrions définir les différentes composantes de notre projet ainsi que sa configuration spatiale.

Analyse du terrain : C'est une analyse détaillée du site d'intervention (Situation, Forme, surface, accessibilité, topographie...) et des différents paramètres qui le conditionnent (ensoleillement, vents dominants, environnement immédiat...).

Structure du mémoire :

Notre mémoire est structuré en deux parties différentes :

1ère partie : Partie théorique : Cette approche est divisée en trois chapitres :

Chapitre I : la consommation énergétique du bâtiment

Chapitre II : Enveloppe architecturale et performance énergétique la démarche HPE

2ème partie : Partie pratique : Cette approche est divisée en 03 chapitres :

Chapitre IV: L'étude comparative et l'analyse des exemples. L'étude de programme
Définition d'un programme.

Chapitre V: L'analyse contextuelle qui est l'analyse du site d'intervention et son environnement qui fait ressortir ses atouts et ses contraintes.

Chapitre VI : la simulation énergétique de l'enveloppe architecturale.

CHAPITRE 01

LA CONSOMMATION ENERGETIQUE DU BATIMENT

Chapitre 01 La consommation énergétique du bâtiment

Introduction

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 phase, marquée par des développements industriels et économiques toujours plus énergivores et une augmentation de plus en plus importante de la population mondiale que des pics de consommation énergétique sont observés.

L'énergie constitue un produit vital pour toutes les activités humaines, et sa production sous toutes ses formes occupe des débats économiques et politiques.

Le bâtiment en tous ses types, primaire, secondaire et tertiaire consomme cette énergie pour répondre à leurs multiples besoins et confort (éclairage, cuisson, chauffage, climatisation, etc.).

On reconnaît aujourd'hui la responsabilité de cette consommation sur le réchauffement climatique. En 1950, l'essor des énergies a vu le jour et leur consommation débuta alors à augmenter de manière exponentielle.

I. La consommation énergétique

I.1. La consommation énergétique au monde

La consommation énergétique constitue un sujet important pour tous les pays du monde, y compris l'Algérie, vu que l'énergie constitue la solution et le problème pour le développement durable.

La consommation mondiale d'énergie est restée très longtemps stable lorsque l'homme n'utilisait l'énergie que pour sa survie et ses besoins alimentaires. Néanmoins à partir de 1850, la révolution industrielle a provoqué une augmentation brutale de la demande mondiale d'énergie pour fournir plus de confort dans les différents secteurs d'activités humaines et pour le secteur du bâtiment.

Cette partie présente un état de l'art sur la problématique énergétique dans le monde et en Algérie, ainsi que les principales politiques abordées pour maîtriser l'énergie.

Production totale d'énergie primaire

La production d'énergie primaire dans le monde a plus que doublé entre 1973 et 2012. Le pétrole et le charbon comptent à eux seuls pour plus de 60% du mix énergétique.

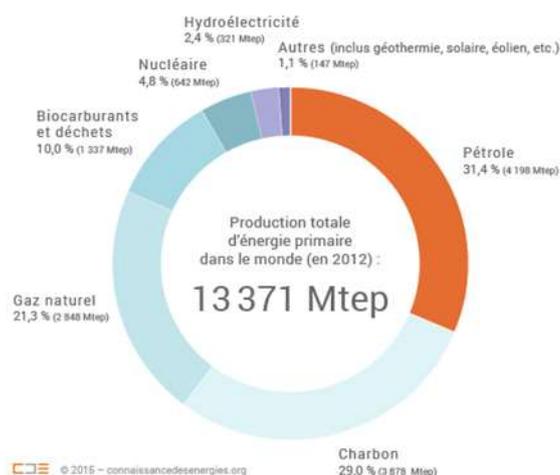


Figure 1 : Production mondiale d'énergie primaire en 2012

Source : d'après les données du Key World Energy Statistics 2014 de l'AIE.

Le pétrole, le gaz et le charbon et d'autres sources d'énergie non renouvelable sont les sources consommées considérablement par l'être humain pour répondre à ses besoins en éclairage, chauffage, déplacement et toute autre activité. Entre 1973 et 2012, la consommation d'énergie dans le monde a presque doublé (+ 92%).

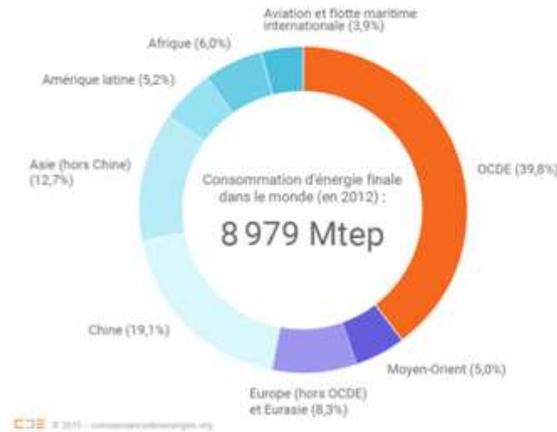


Figure 2 : La consommation d'énergie finale dans le monde en 2012 avoisine 9 milliard de tonnes d'équivalent pétrole

Source: (d'après Key World Energy Statistics 2014, AIE).

Le paysage de la consommation actuelle et l'expansion de la demande d'énergie exprime une problématique complexe, différente à court et à long terme, relativement au développement industriel et économique, ainsi que la croissance.³

Démographique mondiale qui augmente mécaniquement la demande (+1,5% par an), engendrant de plus en plus l'épuisement des ressources.

La (Figure 4), montre la consommation énergétique par secteurs économiques, le secteur le plus énergivore après l'industrie est le secteur du bâtiment, ce secteur consomme environ 40% de l'énergie finale.

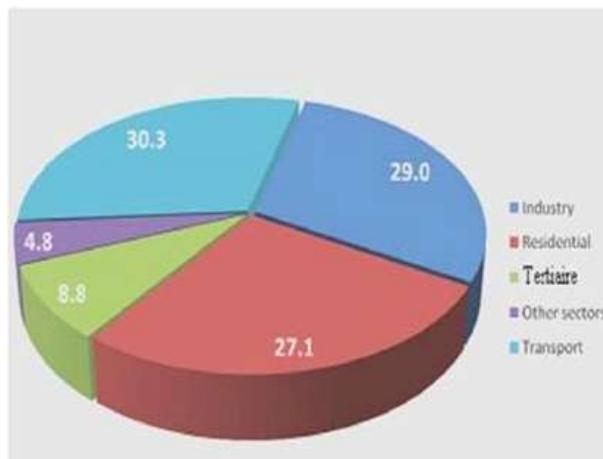


Figure 3 : consommation énergétique dans les différents secteurs.

Source: AIE L'Agence Internationale de l'Energie 2008.

³ www.connaissancedesenergies.org.. Consulté le 02/01/2017

I.1.1 Les Ressource énergétique :

Énergies fossiles :

Pétrole :

86,8 millions de barils / jour

Production mondiale moyenne en 2013

La production mondiale moyenne s'élève à 86,8 millions de barils par jour en 2013, dont près de 42,1% provient des pays de l'OPEP.

Producteurs majeurs en 2013 :

L'Arabie saoudite avec une production de 11,5 millions de barils par jour (soit 13,3% de la production mondiale).

La Russie avec 10,8 millions de barils par jour (12,4%).

Les États-Unis avec 10 millions de barils par jour (11,5%).

1 688 milliards de barils : réserves prouvées à fin 2013, soit un peu plus de 50 ans de consommation mondiale au rythme actuel. L'exploitation d'hydrocarbures non conventionnels ces dernières années et la découverte associée de nouveaux gisements rentables a fortement contribué à la hausse de ces chiffres.

+ 11,8% : hausse de la production mondiale de pétrole entre 2003 et 2013.

Gaz naturel :

9,3 milliards de m³ / jour

Production mondiale moyenne en 2013

La production mondiale moyenne s'élève à 9,3 milliards de m³ par jour en 2013, dont plus d'un cinquième provient désormais des États-Unis.

Producteurs majeurs en 2013 :

Les États-Unis avec une production de 688 milliards de m³ (soit 20,5% de la production mondiale).

La Russie avec 605 milliards de m³ (17,8%).

L'Iran avec 167 milliards de m³ (4,9%).

185 700 milliards de m³ : réserves prouvées de gaz naturel à fin 2013, soit entre 50 et 60 ans de consommation mondiale au rythme actuel mais l'exploitation des gaz non conventionnels, en particulier des gaz de schiste, est susceptible de modifier ces chiffres.

+ 29,1% : hausse de la production mondiale de gaz naturel entre 2003 et 2013.

Charbon :

21,4 millions de tonnes / jour

Production mondiale moyenne en 2013

La production mondiale s'élève à 7 823 millions de tonnes en 2013.

Producteurs majeurs en 2013 :

La Chine avec une production de 3 561 millions de tonnes, soit 47,4% de la production mondiale de charbon ;

Les États-Unis avec 904 Mt (11,6%) ;

L'Inde avec 613 Mt (7,8%).

892 milliards de tonnes : réserves prouvées fin 2013, soit entre 110 et 120 ans de consommation mondiale au rythme actuel.

40,4% : part de l'électricité mondiale générée à partir du charbon en 2012 selon l'AIE.

+ 50,9% : hausse de la production mondiale de charbon entre 2003 et 2013 (augmentation plus marquée encore dans les pays hors-OCDE).

I.1.2 Problème environnementaux générés par les énergies fossiles :

Les énergies fossiles (charbon, pétrole, gaz) restent indispensables pour assurer les transports, la production de chauffage, électricité. Sont les trois principales sources d'énergie utilisées dans le monde et les plus consommées par l'être humain. Elles présentent 80% des énergies consommées, se sont aussi les plus polluantes. Leur particularité c'est qu'elles brûlent très

bien, elles ont l'avantage de pouvoir être facilement stockées et transportées. Ce qui en fait des sources d'énergie pratiques à utiliser.⁴

Les énergies fossiles sont pourtant omniprésentes dans notre quotidien et dans notre économie. L'exploitation et la consommation d'énergies fossiles ont un impact considérable sur l'environnement. Ces énergies sont émettrices de CO₂, un gaz à effet de serre en grande partie responsable des changements climatiques.

I.1.3 Impact des énergies fossiles :

L'effet de serre : le soleil envoie sur terre une très grande quantité d'énergie. Le problème dit de l'effet de serre résulte d'une augmentation considérable de ces gaz.

La pollution atmosphérique : ce sont essentiellement le pétrole et le charbon, cette pollution peut revêtir de multiples formes et être : brève ou chronique, visible ou invisible, émise massivement ou en faible dose, naturelle et émise en quantité dispersée.

Changement climatique : une augmentation des gaz à effet de serre suite aux activités de l'homme piège une partie de ce phénomène ce qui provoque une hausse de la température des surfaces jusqu'à trouver un nouvel équilibre. C'est la cause principale du réchauffement climatique observé ces dernières décennies.⁵

Ressources énergétiques :

L'énergie primaire : est l'énergie contenue dans les ressources naturelles, avant une éventuelle transformation ; bois, charbon ; gaz, pétrole, vent, rayonnement solaire, «énergie hydraulique, géothermique. Elle permet de mettre les différentes sources d'énergies sur le même pied d'égalité en Prenant en compte toutes les transformations nécessaires avant livraison au consommateur final.

⁴ http://www.explorateurs-energie.com/index.php/les_energies/fossiles
http://www.if_penergiesnouvelles.fr/espace-decouverte/les_cles_pour_comprendre/les_sources_d_energie
Formation des hydrocarbures-planete-energies.com

⁵ <http://owl-ge.ch> »article »impact de la consommation d'énergie sur l'environnement

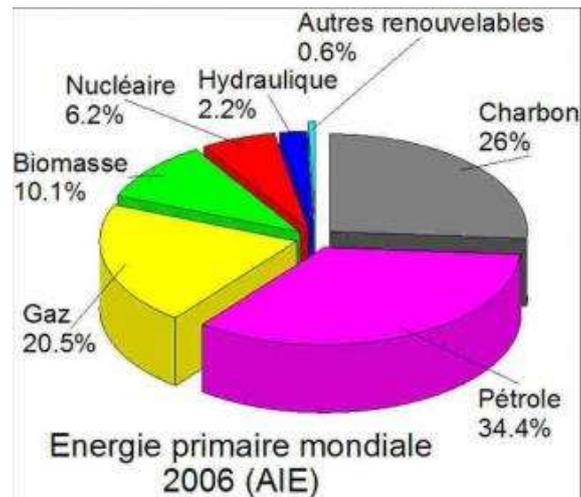


Figure 4 : Énergie primaire mondiale 2006(AIE)

Source : miniature.fr.

L'énergie secondaire :

Ces énergies primaires sont transformées en énergies secondaires : produits pétroliers raffinés dont les carburants automobiles, électricité... Cette transformation d'une énergie en une autre se fait toujours -c'est une loi fondamentale de la physique- avec une perte d'énergie, si bien que la transformation d'une énergie primaire en énergie secondaire « consomme de l'énergie primaire ».

Le ratio entre l'énergie secondaire produite et l'énergie primaire utilisée s'appelle le « rendement » de l'unité de transformation d'énergie. Par exemple, le rendement d'une centrale électrique qui fabrique de l'électricité en brûlant du gaz et du charbon est de 30 à 50%.⁶

⁶ www.planetoscope.com/Source-d-energie/229-.html.

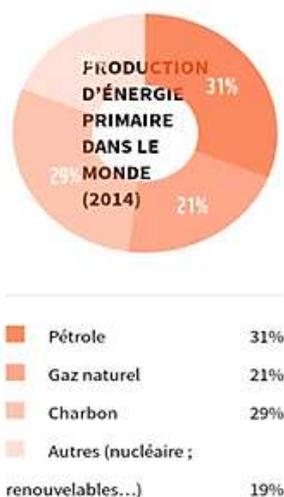


Figure 5 : Production d'énergie primaire dans le monde (2014)

Source. [Http://vattenfall.fr](http://vattenfall.fr).

L'énergie final : elle s'agit de la quantité d'énergie consommée et facturée à son point d'utilisation pour arriver à ces énergies, il aura fallu les extraire, les produire, les stocker et les distribuer (c'est en fait l'énergie qui arrive chez le consommateur et qui lui est facturée dans la nature avant toute transformation).⁷

I.1. 4Le recours aux énergies renouvelables pour un développement durable :

Une énergie est dite renouvelable lorsqu'elle provient de sources que la nature renouvelle en permanence, par opposition à une énergie non renouvelable dont les stocks s'épuisent.

Les énergies renouvelables surnommées "énergies propres" ou "énergies vertes", leur exploitation engendre très peu de déchets et d'émissions polluantes mais leur pouvoir énergétique est beaucoup plus faible que celui des énergies non renouvelables.⁸

Les cinq ressources d'énergie renouvelables sont:

⁷ Guide « financier les actions de lutte contre la précarité énergétique Rappel, mai 2019 publié le 27 mai 2019.

⁸ S'informer sur les différents types d'énergie et le développement durable, Qu'est-ce qu'une énergie renouvelable ?, www.jeunes.edf.com/article/qu-est-ce-qu-une-energie-renewable, 79, 24/04/2015 à 14 :56

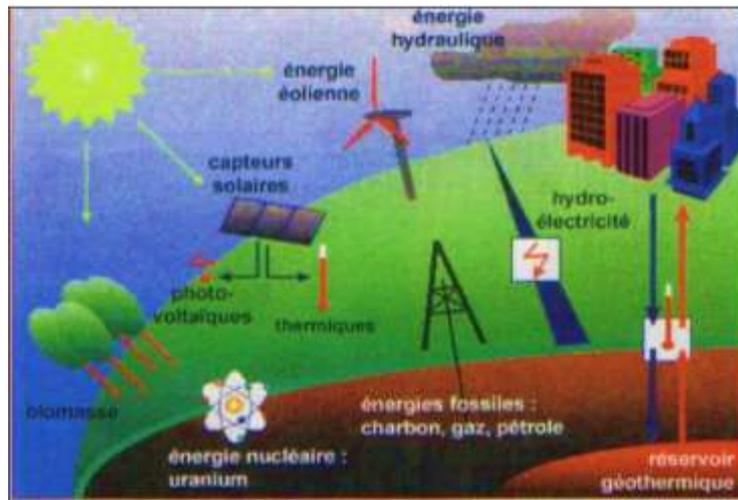


Figure 6 : Les différentes sources énergétiques dans le monde

Source : BOUCHEKIMA Bachir Énergies Renouvelables en Algérie RSE à RGA, 2013, p.3.pdf)

L'énergie solaire : qui provient du flux de photons émis par le soleil, utilisée soit pour la production de chaleur (solaire thermique), soit pour la production directe d'électricité

(Solaire photovoltaïque).

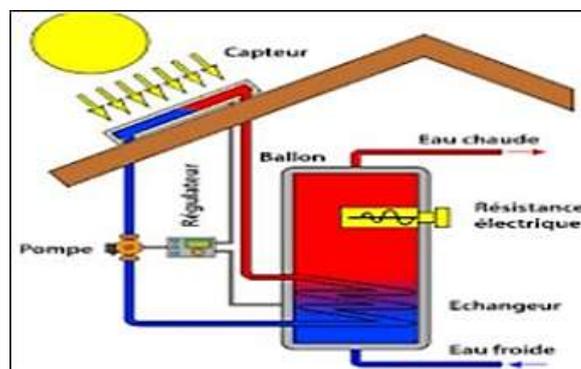


Figure 7 : Installation solaire thermique.

Source: <http://www.energie-solaire-therm>

L'énergie hydraulique : obtenue à partir de la force mécanique des chutes d'eau.

L'énergie éolienne : qu'on tire de la force du vent qui circule des hautes vers les basses pressions de l'atmosphère terrestre.

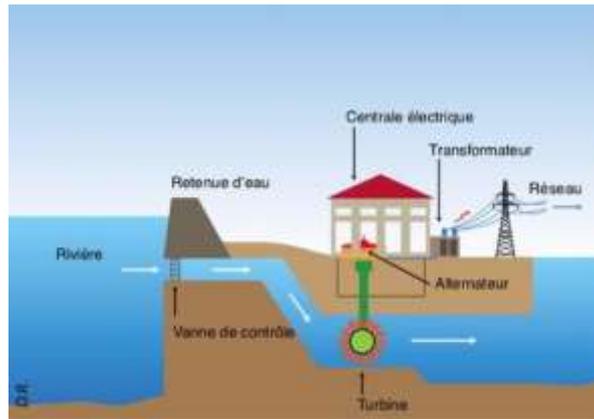


Figure 8 : Fonctionnement de l'énergie hydraulique

Source. Centrale au fil de l'eau © Observer 2016.

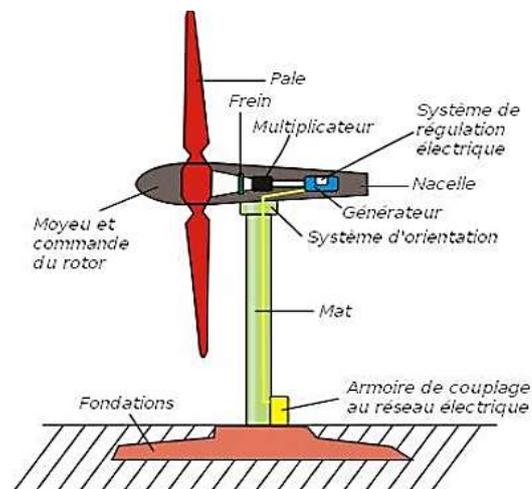


Figure 9 : Exemple de système éolien de type aérogénérateur

Source : projet-eolienne.pdf.

L'énergie de la biomasse : obtenue par la combustion d'un combustible ou d'un carburant tiré de la matière organique (les plantes, les arbres, les déchets animaux...), elle-même fabriquée par la photosynthèse du carbone.

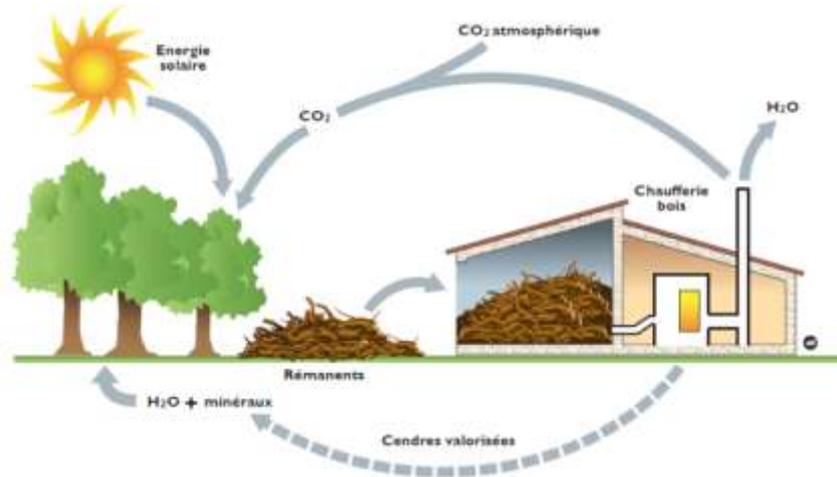


Figure 10 : Système de fonctionnement Biomasse.

Source:http://www.mojeopinie.pl/rosnace_zapotrzebowanie_na_energie_cieplo_z_bioma

La géothermie : qui exploite le flux de chaleur qui provient des couches profondes de la terre. Les énergies renouvelables présentent, par rapport aux énergies fossiles, deux avantages déterminants : le caractère inépuisable ou renouvelable de la ressource et pour la plupart d'entre elles, leur contribution positive à la protection de l'environnement et notamment à la lutte contre Le réchauffement climatique.

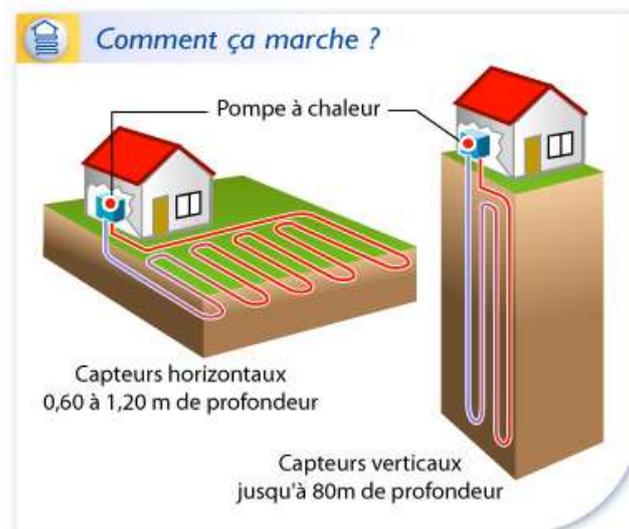


Figure 11 : schéma-pompe-a-chaleur

Source : biohabitat.e-monsite.com.

I.2 La consommation énergétique en Algérie :

Selon les statistiques de l'Agence internationale de l'énergie (A.I.E), la consommation d'énergie primaire en Algérie est évaluée à 22.19Mtep en 1990. Cette consommation a atteint 51,67 million de Tep en 2014, soit une variation de +232.85% entre 1990 et 2014.

L'énorme de monde de consommation est due principalement à l'augmentation de la densité de la population et son niveau de vie. L'utilisation des dispositifs de chauffage et de climatisation au développement industriel

La consommation finale de secteur de bâtiment est évaluée à 7047KTep en 2005. La lecture des données démontre l'importance de la consommation d'énergie dans le secteur résidentiels en Algérie.

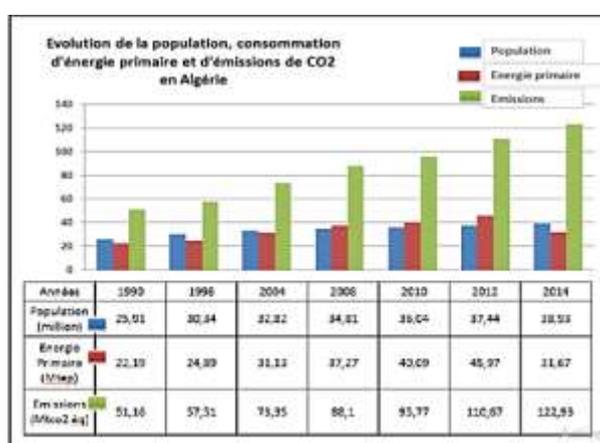


Figure 12 : Évolution de la population, consommation d'énergie primaire et d'émissions de CO2 en

. Source AIE.2014

I. 2.1 La consommation dans les différents secteurs en Algérie :

La demande de consommation énergétique a triplé durant les trois dernières décennies dans le bassin méditerranéen et il est prévu sa multiplication par le même facteur d'ici l'an 2025.24 Cela est dû principalement à l'augmentation du niveau de vie de la population et du confort qui en découle, ainsi qu'à la croissance des activités industrielles.

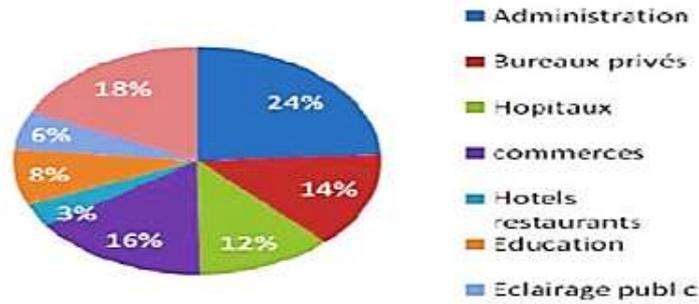


Figure 13 : Répartition de la consommation du secteur tertiaire par branche Source : A.I.E : l'Agence Internationale de l'Énergie 2008.

D'après le rapport de consommation finale de l'Algérie par secteur d'activité en 2012 de l'Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'énergie (APRUE) (Figure 13), la consommation finale de secteur du bâtiment est évaluée à 10 336ktep dont 2 190 ktep en matière d'électricité et 6 063 ktep de gaz naturel²⁵ soit 34 % de la consommation finale par rapport aux secteurs de l'industrie, l'agriculture et celui des transports, cette consommation a triplé durant les trois dernières décennies et il est prévu sa multiplication par le même facteur d'ici les horizons 2025.⁹

Equivalences Energétiques

Tonne équivalent pétrole : $(TEP / PCI)^*$
 $1 TEP = 10^7 \text{ KCAL}$

Electricité / 1GWh = 86 TEP

Gaz Naturel / 1Thermie = 0,00009 TEP

Autres Produits Gazeux / 1tonne = 1,084 TEP

Gasoil / 1Tonne = 1,015 TEP

Essences / 1Tonne = 1,054 TEP

Bois de feu / 1Tonne = 0,270 TEP

(*) Le Pouvoir Calorifique Inférieur (PCI)
 Quantité de chaleur dégagée par la combustion complète et qui exclut de la chaleur dégagée la chaleur de condensation de l'eau supposée restée à l'état de vapeur à l'issue de la combustion.

Figure 14 : Répartition de la consommation finale par secteur et par type d'énergie

Source : APRUE. 2012

⁹ La revue de l'habitat, revue d'information du ministère de l'habitat et de l'urbanisme N° 03-Mars 2009, Alger, 74p

I.3L'architecture durable comme réponse écologique

I.3.1Le développement durable une approche en évolution :

Définition :

La définition officielle du développement durable a été élaborée pour la première fois dans le rapport Brundtland pour le développement durable en 1987, il est défini comme « un mode de développement qui répond aux besoins des générations présentes, sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs ». ¹⁰

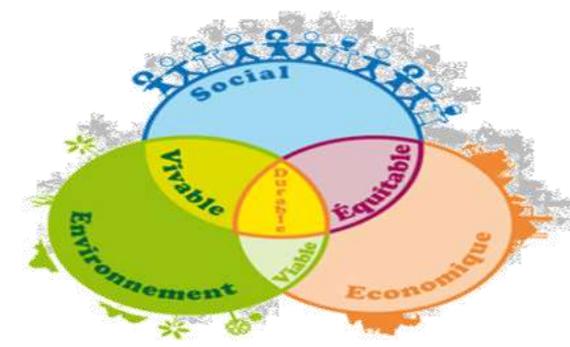


Figure 15 : Définition de développement durable source : chapitre01.PDF.

Le développement durable est une nouvelle façon d'aborder l'économie. Objectif : porter une vision globale sur la terre et son évolution en envisager l'économie comme un concept qui intègre les aspects environnementaux et sociaux.

Cette notion fait apparaître, un double solidarité, solidarité entre tous les peuples de la planète et solidarité entre les générations. Chaque acteur de

Chaque secteur de la vie économique se trouve donc confronté à la responsabilité qui lui incombe dans la gestion globale des ressources et l'environnement.

Pour le bâtiment, le concepteur devra continuer à assurer l'abri et le confort de l'utilisateur, mais devra de plus, faire en sorte que l'impact du bâtiment sur l'environnement soit Le

Développement doit être en accord avec la nature, comme le dit Shobhakar D. : « Ce n'est pas le développement qui doit être durable, c'est l'humanité et la nature » En dégradant les ressources naturelles de notre planète, ce sont les ressources de notre développement que nous

¹⁰« L'homme l'architecture et le climat » édition le moniteur Paris, 1978 ».

dégradons. En effet, favoriser le développement durable, c'est réintroduire le long terme par le développement énergétique durable qui peut être défini comme l'art de concilier deux minimisés.¹¹

Peut donc être défini comme une approche stratégique et politique fondée sur la notion de solidarité dans un espace, ayant comme objectif un triple dividende: efficacité économique, équité sociale et qualité environnementale.

Le développement durable se veut un processus de développement qui concilie l'écologique, l'économique et le social et établit un cercle vertueux entre ces trois pôles.

On attribue traditionnellement au développement durable trois dimensions : La première, la protection de l'environnement, est explicitement contenue dans la seconde partie de la définition que nous venons de reproduire ; elle est par ailleurs inséparable du souci des générations futures. Les deux autres dimensions, l'efficacité économique et l'équité sociale, découlent directement du premier objectif du développement durable : la satisfaction des besoins. En effet, ces trois dimensions sont les piliers du développement durable, auxquels s'ajoutent une dimension culturelle et une exigence éthique.¹²

Historique du développement durable :

Le concept de développement durable s'est surtout construit au cours des trois dernières décennies du XXème siècle. Les années 60 ont été marquées par le constat que les activités économiques génèrent des atteintes à l'environnement (déchets, fumées d'usine, pollutions des cours d'eau, etc.).

En 1980 L'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) propose le concept du « développement durable ».

Mais sa définition n'est véritablement formulée qu'en 1987 par rapport de la Commission des Nation Unies sur l'Environnement et le développement, que présidait le premier ministre de Norvège. Mme Gro Harlem Brundtland : ce rapport, intitulé « Notre avenir à tous », propose de définir le concept du sustainable développement comme un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la possibilité, pour les générations à venir, de pouvoir répondre à leurs propre besoins.

¹¹ Shobhakar D. « Comment infléchir les émissions de CO2 dans quatre mégapoles d'Asie » in La Revue Durable, « Vivre ensemble en mégapole », n° 14.2005

¹² <http://DI.ummo.dz/bitstream/handle/ummo/877/chabi%20Mohammed.pdf>

Le développement durable en quelques dates :

_1951 L'union internationale pour la conservation de la nature (UICN) publie le premier rapport sur l'état de l'environnement dans le monde.

_ 1987 Le concept de développement durable apparaît pour la première fois dans le rapport de l'UICN.

_ 1992 Le rapport Brundtland "notre avenir à tous" sur l'environnement et le développement, définit la notion de développement durable.

Lors du sommet des nations unies sur l'environnement et le développement à Rio de Janeiro, 182 Etats adoptent des conventions sur le changement climatique et sur la biodiversité, C'est à cette occasion qu'est mis en place l'agenda 21.

Le protocole de Kyoto est adopté; pour pouvoir entrer en vigueur, il doit être ratifié par suffisamment de pays et représenter au moins 55% des émissions totales.

_ 1997 Les membres de l'union européenne, réunis à Göteborg, mettent au point une stratégie européenne pour le développement durable.

_2001 Le protocole de Kyoto visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre entre en vigueur, grâce à la signature de la Russie.

_2005 En France, une Charte de l'environnement est adoptée et est adossée à la constitution. Elle confère notamment une valeur constitutionnelle aux principes de prévention, de précaution et de responsabilité.

_ 2008 adoption du paquet climat-énergie par l'Union européenne.

I.3.2 Les trois piliers du développement durable :

Le développement durable doit également permettre à tous de bénéficier des ressources naturelles, il vise à envisager autrement le développement de nos sociétés et intègre, de ce fait, tous les domaines de l'activité humaine comme l'agriculture, l'habitat, l'industrie, etc.

On évoque ainsi les trois piliers de développement durable, schématisé par trois sphères qui s'entrecroisent, avec à l'intersection des trois, les dimensions culturelles et patrimoniales son intégrées dans le pilier social.¹³



Les fondements du développement durables Source : futura-sciences.com.

L'efficacité économique :

La gestion durable des ressources naturelles air, eau, sol, vie et des savoirs humains

Le maintien des grands équilibres naturels climat, diversité biologique, océans, forêts, La maîtrise de l'énergie et l'économie des ressources non renouvelables pétrole, gaz, charbon, minerais

La qualité environnementale : d'un développement économique respectueux des milieux naturels d'où proviennent les ressources de base agriculture et pêche.

D'un changement profond dans les relations économiques internationales afin de promouvoir un commerce équitable et un tourisme solidaire et d'exiger que les entreprises prennent en compte les conditions du développement durable. D'une réflexion sur une décroissance soutenable dans les pays développés.¹⁴

L'équité social : les facteurs sociaux du développement durable sont l'accès à l'éducation, l'habitat, l'alimentation, les soins afin de : satisfaire les besoins essentiels.

¹³ www.FUTURA-ENVIRONNEMENT.com

¹⁴ Ministère de l'économie et des finances, guide relatif à l'efficacité énergétique dans les bâtiments, mars 2013.

I.3.3 Les principes de l'architecture durable

Solidarité : entre les pays, entre les peuples, entre les générations, et entre les membres d'une société. Par exemple : économiser les matières premières pour que le plus grand nombre en profite.

Précaution : dans les décisions afin de ne pas causer de catastrophes quand on sait qu'il existe des risques pour la santé ou l'environnement. Par exemple limiter les émissions de CO₂ pour freiner le changement climatique.

Participation : de chacun, quels que soient sa profession ou son statut social, afin d'assurer la réussite de projets durables. Par exemple : mettre en place des conseils d'enfants et de jeunes.

Responsabilité : de chacun, citoyen, industriel ou agriculteur. Pour que celui qui abîme, dégrade et pollue repart. Par exemple : faire payer une taxe aux industries qui polluent beaucoup.¹⁵

I.3.4 Objectifs de l'architecture durable :

-Lutte contre le changement climatique et protection de l'atmosphère.

-Conservation de la biodiversité, protection des milieux et des ressources.



Figure 16 : Les cinq finalités du DD pour les projets territoriaux Source : FUTURA ENVIRONNEMENT.COM.

¹⁵ Définition du DD et grands principes entd.ac-bordeaux.fr

-Cohésion sociale et solidarité entre les territoires et les générations.

-Épanouissement de l'être humain.

-Dynamique de développement suivant des modes et production et de consommation responsable.

-Efficience économique.

I.4 La Stratégie de développement durable en Algérie :

La Stratégie de développement durable en Algérie Face à la gravité des problèmes écologiques, économiques et sociaux, l'Algérie a élaboré à partir de l'année 2000, une Stratégie Nationale du développement durable, dont les principaux objectifs inscrits dans les différents programmes de développement : le programme de soutien à la relance économique (2001/ 2004) et les programmes complémentaires de consolidation et de soutien à la croissance (2005/2009-2010/2014).

Les principaux objectifs inscrits dans les différents programmes de développement :

L'intitulé de ces programmes s'articule autour

De la restauration des cadres et milieux de vie.

Du traitement des disparités et déséquilibres territoriaux,

De la réhabilitation des espaces ruraux dans leur triple dimension : économique, sociale et environnementale.

De la dynamisation des activités productives agricoles, du renforcement des services publics dans les domaines de l'hydraulique, des transports, des infrastructures du développement local, du développement des ressources humaines.

Le plan de consolidation de la croissance pour la période 2005/2010 :

I.5 Pratiques de soutenabilité architecturale :

La soutenabilité en architecture est l'orchestration Cohérente d'une stratégie qui considère l'ancrage du bâtiment à son territoire, l'insertion du bâtiment dans une communauté,

l'efficacité des choix qualitatifs, quantitatifs, matériels et humains pour sa conception, sa réalisation et son maintien durant l'ensemble de sa vie active jusqu'à considérer son recyclage éventuel.¹⁶

1.5.1 L'approche passive: bioclimatique :

La conception bioclimatique:

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 appropriées. Pour Pierre Lavigne et Pierre Fernandez 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. Donc un habitat bioclimatique (ou architecture solaire) est un bâtiment dans lequel le chauffage et le rafraîchissement sont réalisés en tirant le meilleur parti du rayonnement solaire et de la circulation naturelle de l'air.¹⁷

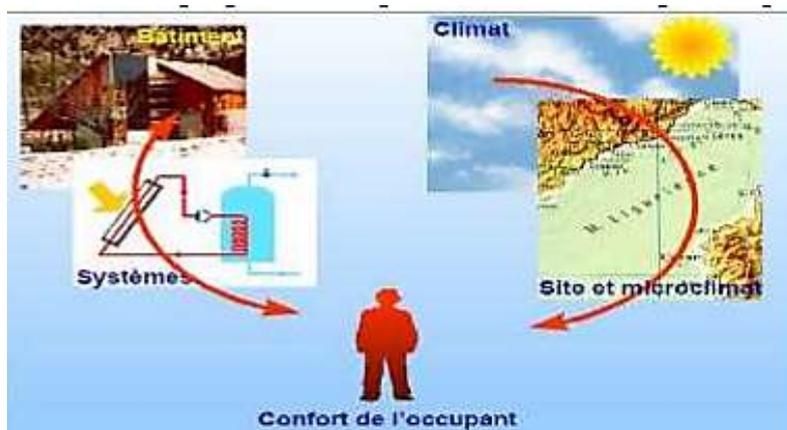


Figure 17 : livre Traité d'Architecture et d'Urbanisme Bioclimatique source : Concevoir, édifier et aménager avec le développement durable, page 60.

L'architecture bioclimatique

L'architecture bioclimatique, c'est l'art et le savoir-faire d'extraire le meilleur des conditions d'un site et de son environnement (le climat et le microclimat, la géographie et la

¹⁶ CARBONE, C. (2015). « La construction verte, durable et soutenable : une démarche intrinsèque à l'architecture ». Dans GAGNON, C. (Ed). Guide québécois pour des AGENDAS 21^e siècle locaux <http://www.demarches.territoires.developpementdurable/verte/> (page consultée le jour mois année).

¹⁷ L'impact de l'enveloppe extérieure du bâtiment tertiaire sur le confort thermique.pdf.

morphologie), pour une architecture naturellement la plus confortable pour ses utilisateurs. Le vocable a été inventé par l'urbaniste américain Victor Olgyay au début des années 1950.

Est aussi un mode de conception qui consiste à trouver le meilleur équilibre, entre Un bâtiment, le climat environnant et le confort de l'habitant. Solutions « architecturales » visant à offrir des ambiances confortables avec moindres de dispositifs mécaniques.

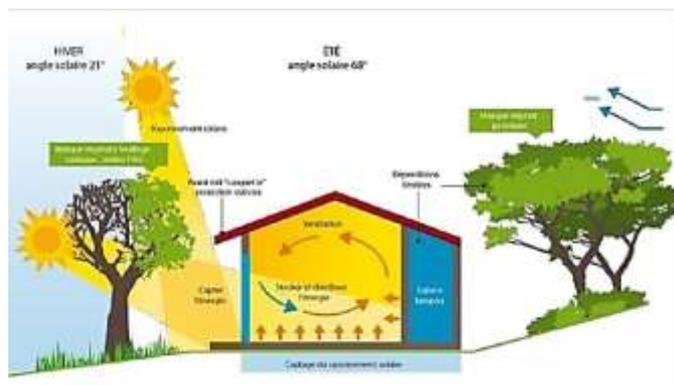


Figure 19 : Principes de bases d'une conception bioclimatique source : e-rt2012.fr.

La conception – démarche bioclimatique :

La démarche bioclimatique consiste à intégrer le bâtiment dans son environnement de manière harmonieuse. Un équilibre est créé entre le bâtiment, le confort, l'occupant et l'environnement extérieur de manière à réduire les besoins énergétiques, profiter un maximum des apports solaires et se protéger des incidences climatiques du lieu. ¹⁸

Le choix du terrain : Les terrains protégés des vents dominants et exposés au soleil sont à privilégier. La végétation persistante joue aussi le rôle de barrière protectrice des vents dominants.

La compacité : Afin de limiter les déperditions, il faut minimiser les surfaces en contact avec l'extérieur, le bâtiment doit être donc le plus compact possible.

L'orientation :

L'orientation des pièces de vie au sud est la plus favorable. Les apports solaires gratuits peuvent ainsi contribuer de manière importante au chauffage de l'habitation, selon la capacité de stockage des éléments de maçonnerie (voir « inertie »). A contrario, les ouvertures au Nord

¹⁸ www.ageden38.org/wp-content/uploads/2014/05/performance_energetique_nov12.pdf.

sont à éviter, celles à l'Ouest à limiter pour des questions de surchauffe en été (voir plus loin le paragraphe consacré au confort d'été).

L'agencement des pièces : Les pièces les moins utilisées ou à faible température sont à placer de préférence côté Nord de l'habitat : ces "zones tampons" seront des intermédiaires isolants entre l'intérieur et l'extérieur, du côté le plus exposé au froid. La mise en place de zones tampons permet de réduire jusqu'à 30% la déperdition thermique totale. La salle de bains, le garage, la buanderie, les escaliers, le cellier, les couloirs, etc. constituent des zones tampons idéales.

Une forte inertie thermique : Les matériaux de forte inertie, qui fonctionnent comme des masses d'accumulation de chaleur, servent à retenir l'énergie incidente reçue pendant la journée pour la restituer la nuit. Citons le béton ou la pierre. Il est alors préférable de concevoir une isolation par l'extérieur plutôt que par l'intérieur.

1.5.2. L'aspect énergétique: performance et efficacité :

Qualité attribuée à un bâtiment en fonction de sa consommation énergétique.

a. Deux facteurs déterminants:

- Dispositifs constructives: Isolation, étanchéité, matériaux
- Mode de vie: Comportement, nature des équipements ménagers

b. Minimiser les déperditions:



Figure 20 : Le pourcentage de consommation énergétique d'un bâtiment Source : <http://www.le-prof.net/en-51.html>.

1.5.3. L'étude d'impact: le bilan carbone :

Il s'agit d'une procédure volontaire entamée par le maître d'ouvrage et qui est réalisée par un conseiller spécialisé en environnement (bureau d'étude, expert agréé, etc.). Cette démarche consiste à la mesure de l'émissivité des gaz polluants et nocifs que peut générer un projet, et l'évaluation de son impact sur l'environnement.¹⁹

1.5.4. Objectifs globaux :

D'une manière générale, les procédures d'évaluation environnementale des bâtiments et des aménagements cherchent à examiner et vérifier les solutions et les dispositifs conceptuels et constructifs, proposés ou réalisés, en se référant aux normes Environnementales et constructives adoptées par un système de management environnemental.

Conclusion

L'énergie est une base essentielle pour le développement social et économique. Les États doivent garantir aux populations de leur pays une fourniture d'énergie en quantité suffisante tout en assurant la durabilité de cet approvisionnement, c'est-à-dire avec des coûts minimum et des effets réduits sur l'environnement.

¹⁹ C6 l'évaluation environnementale du projet architecturale approches et méthodes/ fichier pdf page 1 et 2 consulté le 18/03/2021.

**CHAPITRE 02 Enveloppe architecturale et performance énergétique la
démarche HPE**

CHAPITRE 02 Enveloppe architecturale et performance énergétique la démarche HPE

Introduction

La performance énergétique d'un bâtiment correspond à la quantité d'énergie consommée ou Estimée dans le cadre d'une utilisation normale du bâtiment. Elle inclut notamment l'énergie utilisée pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire, le refroidissement (éventuellement), la ventilation et l'éclairage. Plus la quantité d'énergie nécessaire est faible, meilleure est la performance énergétique de votre habitat.

II.1. Définition de la performance énergétique :

La notion de performance énergétique désigne la quantité d'énergie consommée de chaque année par un bâtiment, elle varie selon son bâti, plus ou moins énergivore, mais aussi selon son fonctionnement et ses équipements énergétiques. La performance énergétique des bâtiments s'avère être un enjeu majeur dans une démarche de réduction des consommations d'énergie et de diminution de l'émission de gaz à effet de serre.

D'un point de vue concret, la performance énergétique est l'un des leviers de la transition énergétique. De plus, c'est une donnée relativement mesurable notamment grâce à instauration du DPE (diagnostic de performance énergétique).

La performance énergétique d'un bâtiment est une données généralement corrélée à celle d'efficacité énergétique. c'est cette dernière désigne le rapport entre l'énergie absorbée par le bâtiment et l'énergie consommée à l'intérieur de celui-ci, la performance énergétique sert de point de repère pour connaître la dépense énergétique du bâtiment sur l'année.

La notion de performance énergétique des bâtiments est couramment mobiliser dans les sujets relatifs à la transition écologique et énergétique, améliorer la performance énergétique d'un bâtiment revient à agir sur sa consommation estimée en énergie sur l'année tout en garantissant certain niveau de confort thermique.

Historique de la performance énergétique :

Depuis quelques années, il est clair, pour la plupart des États du monde, que nos ressources naturelles sont limitées et qu'à moins de changer de politique industrielle, la terre ne pourra

plus subvenir à nos besoins énergétiques et agricoles à des échéances relativement courtes. Ainsi, un regard neuf est porté à notre consommation d'énergie et de nouveaux modes de pensées prennent peu à peu naissance dans des domaines tels que le logement. En effet, le bâtiment est l'axe prioritaire de lutte contre le réchauffement climatique et la préservation des ressources fossiles. Avec leurs toitures et cloisons mal isolées, leurs vitraux simples et leurs chauffages peu performants, les 20 millions de logements construits en France avant 1975 sont les principaux émetteurs de CO₂.

Et si les normes diffèrent selon le type de bâtiment (individuel, collectif, industriel, etc.), l'objectif reste le même : minimiser la consommation énergétique des logements tout en assurant aux particuliers un service identique. Autrement dit, il s'agit d'augmenter leur efficacité énergétique.

Si l'on s'intéresse à l'histoire du bâtiment depuis 1850, il est plus aisé de comprendre les réglementations thermiques mises en vigueur ces 10 dernières années.

Ainsi, en 1850, Paris comptait 1 million d'habitants. La ville à cette époque étant très dense, les immeubles étaient accolés les uns aux autres et possédaient rarement des cours intérieurs. Cette organisation urbaine favorisait les économies d'énergie car les déperditions étaient moindres du fait de la mitoyenneté. Même s'il y avait des problèmes de ventilation, l'épaisseur importante des façades et les surfaces vitrées limitées induisaient une bonne inertie thermique. Les immeubles mettaient du temps à se refroidir quand arrivait l'hiver, et inversement gardaient la fraîcheur longtemps en été.

Vers la fin du siècle, certaines villes de France, et plus particulièrement Paris, subissent de grandes transformations. Sous l'impulsion du baron Haussmann, les avenues s'élargissent, le tissu urbain se fait moins dense, plus aéré : les courettes apparaissent. Cette nouvelle configuration entraîne de plus grandes pertes d'énergie.

II.2. Efficacité énergétique :

L'efficacité énergétique veut dire réduire à la source la consommation d'énergie nécessaire pour un même service sans provoquer une diminution du niveau du bien être ou de qualité de ce service dans les bâtiments, autrement dit la meilleure utilisation de l'énergie pour une qualité de vie constante²⁰. L'objectif est donc d'intégrer des solutions permettant

²⁰ Soi Salomon, S et Bedel, S .La maison des méga watts, Le guide malin de l'énergie chez. Terre vivante.2004.

l'optimisation des consommations sans diminuer le confort des occupants, ni comprimé sur les capacités techniques des outils propre de l'activité du bâtiment.²¹

II.2.1. Les clés de l'efficacité énergétique dans le bâtiment :

La conception des bâtiments à efficacité énergétique est un processus complexe, sa complexité est due aux informations volumineuses qui nécessitent une approche particulière pour le choix techniques et architecturaux retenus pour ce genre de conception.

Ainsi, la forme, la compacité et l'orientation du bâtiment ont des conséquences significatives sur sa performance énergétique, de mauvais choix peuvent entraîner des défaillances imprévisibles dont l'impact sur la consommation énergétique du bâtiment sur le long terme sera effrayant.

Selon l'article du FFEM²² ces paramètres clés peuvent être résumés comme suit :

La conception architecturale des bâtiments :

La prise en compte, dès la conception, des paramètres de construction du bâtiment tels que l'orientation des façades et des ouvertures, le taux de vitrage et les protections solaires ; éviter les grandes ouvertures sur les façades exposées au Nord qui favorisent les entrées d'air froid en hiver et laissent peu pénétrer le rayonnement solaire.

De même, un facteur essentiel de confort en été est la protection solaire des fenêtres notamment celles orientées au sud. Par exemple, les brise-soleil qui assurent un ombrage efficace.

L'isolation thermique des parois (murs et toiture) :

L'isolation thermique des bâtiments permet la diminution des échanges de chaleur entre l'intérieur et l'extérieur, elle réduit également les besoins de chauffage et de climatisation en minimisant les déperditions thermiques. Cette isolation doit être étudiée en fonction des conditions climatiques du lieu de la construction.

Le choix des matériaux : Il faut choisir de meilleurs isolants thermiques et des matériaux énergétiquement performants. Ainsi, les matériaux locaux qui permettent de réduire les déperditions thermiques.

²¹ Schneider Electric. Le livre blanc de l'Efficacité énergétique. février 2011.

²² www.proparco.fr .consulté le 12/03/2017. Article Fonds français pour l'environnement mondiale article publié le 01/11/2010

L'utilisation de vitrage de bonne performance optique et thermique :

Le type du vitrage utilisé joue un rôle très important dans la maîtrise de l'ambiance interne de l'espace construit.

Les ouvertures dans les murs ou les murs rideaux sont des points faibles de l'isolation des constructions, il est donc nécessaire d'utiliser des vitrages à haute performance énergétique.

Énergies renouvelables :

L'utilisation des sources d'énergies dont le renouvellement naturel est assez rapide, considérées comme inépuisables à l'échelle du temps humain.

Par exemple, la production d'eau chaude sanitaire (ECS) par énergie solaire est une technique répandue, les besoins en E.C.S sont constants tout au long de l'année, ce qui permet d'être complètement autonome pendant la période estivale, permettant de fournir 60% des besoins en E.C.S.

L'utilisation de systèmes d'éclairage performants dans les bâtiments :

Les lampes à incandescence ou halogènes standards sont à éviter et à remplacées par des lampes économiques dont le rendement lumineux est 5 à 6 fois supérieur et la durée de vie est 8 fois plus longue ; elles sont rentabilisées en moins d'un an.

II.2.2.Pas de performance énergétique sans efficacité énergétique :

La notion de performance énergétique vise le confort thermique avec une exploitation annuelle optimisée des énergies consommées. L'intégration des énergies renouvelables, le solaire thermique et photovoltaïque, la pompe à chaleur, le puits canadien, octroie une performance énergétique meilleure, tout comme les générateurs et chaudières à haut rendement et les émetteurs de chauffage basse température comme le plancher chauffant, ainsi que les dispositifs de régulation et programmation.²³

II.3. La haute performance énergétique :

II.3.1Définition :

La haute performance énergétique ou « HPE » est un ensemble de labels officiels français qui rend compte des performances énergétiques, sanitaires et environnementales d'un bâtiment au niveau de sa conception et son entretien. La « Haute performance énergétique » c'est un

²³ [Http://media.xpair.com](http://media.xpair.com), mercredi 22 avril 2015 17:28:21

ensemble des normes et de prescriptions réglementaires qui s'est progressivement établi à partir de 1978 entre divers acteurs du bâtiment, de l'environnement, les entreprises de l'énergie comme EDF (électrisé de France) ou e énergie, des maîtres d'ouvrages et des organismes publics de certification (PUCA, Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie, Centre scientifique et technique du bâtiment CSTB, la Fédération française du bâtiment. C'est une démarche qualitative qui intègre toutes les activités liées à la conception, la construction, le fonctionnement et l'entretien d'un bâtiment (logement, bâtiment public, tertiaire ou industriel)

II.3.2. Classification des bâtiments à efficacité énergétique :

Suivant leurs niveaux de performances énergétiques, les bâtiments sont classés en trois familles : Bâtiments performants, bâtiments très performants et bâtiments zéro énergie ou à énergie positive ; chaque famille à ses labels, ses paramètres de recherche et de réalisation.²⁴

Bâtiments performants "Basse énergie" BBC :

Les bâtiments performants, souvent appelés bâtiments basse énergie, existent à plusieurs milliers d'exemplaires. Ils se caractérisent principalement par une conception architecturale bioclimatique, une bonne isolation thermique (15 à 20 cm d'isolant), des fenêtres performantes, un système de ventilation double flux avec récupération de chaleur sur l'air extrait, parfois associé à un puits climatique, un système de génération performant (pompe à chaleur, chaudière bois, chaudière à condensation...) et une attention particulière est portée à la perméabilité à l'air et aux ponts thermiques. On a également recours à des sources d'énergies renouvelables pour la production d'énergie, comme le solaire, l'air, la géothermie ou le bois.

²⁴ Fadi Chlela .Thèse de doctorat : Développement d'une méthodologie de conception de bâtiments à basse consommation d'énergie.. Université de La Rochelle. 2008.

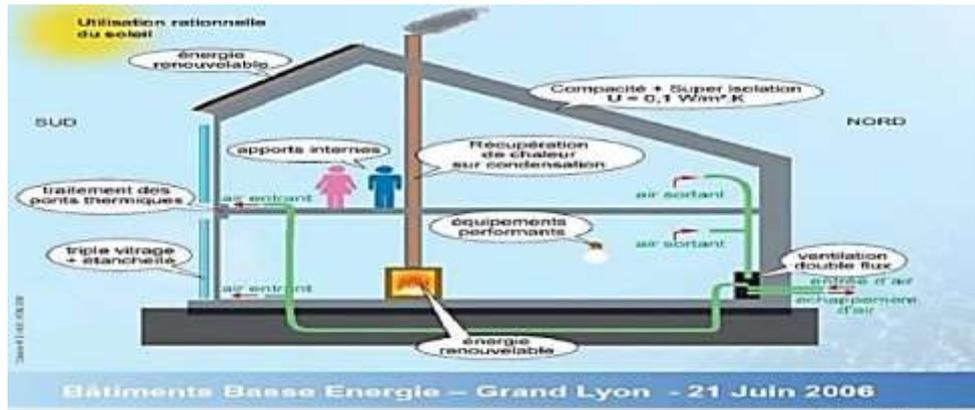


Figure 18 : schéma de bâtiment basse consommation Source :

<http://www.construiremamaison.net/2013/09/06/maison-batiment-basseconsommation-bbc>.

Bâtiments très performants :

Il s'agit en général de bâtiments "passifs" dont le concept a été défini par le Dr. Wolfgang Feist de l'institut de recherche allemand Passivhaus (Passivhaus, 2007). Un bâtiment passif est défini comme étant un bâtiment dans lequel l'ambiance intérieure est confortable tant en hiver qu'en été, sans devoir faire appel ni à un système conventionnel de chauffage ou de refroidissement.



Figure 20 : Schéma de la maison passive. Source : <http://capital-performance-energie.fr>

Bâtiments zéro énergie :

La maison « zéro énergie » est une maison énergétiquement acceptable. Elle produit elle-même la totalité d'énergie dont elle a besoin.

Ce bâtiment combine de faibles besoins d'énergie à des moyens de production d'énergie locaux. Sa production énergétique équilibre sa consommation si celle-ci est considérée sur une année. Son bilan énergétique net annuel est donc nul.

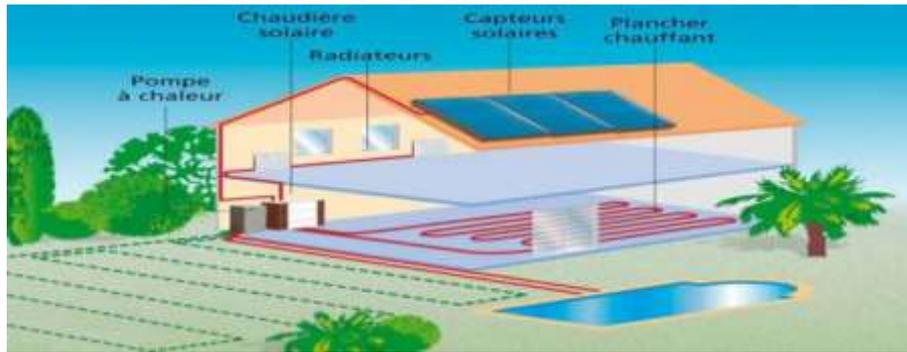


Figure 19 : Schéma de la maison zéro énergie. Source : Brigitte Vu, la maison à énergie zéro, Edition Eyrolles, deuxième tirage 2007 p 01.

Les Principes :

Les principes de la maison à énergie zéro est différent de la maison passive, puisqu'il composer en une substitution 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.
- La conception de la maison zéro énergie :

a- Super isolation de l'enveloppe :

- Double vitrage+ volets, double fenêtre ou triple vitrage.
- Élimination des ponts thermiques.
- Brique mono mure ou ossature bois + laine de cellulose.

b- Efficacité énergétique.

c- Sobriété énergétique.

d- Solaire passif : - Véranda. - Vitrage, orientation, volets inertiels à restitution nocturne. e- Énergie renouvelables décentralisées : - Solaire thermique. - Solaire photovoltaïque couplé au réseau. - puits canadien en option- Pompe à chaleur-

Bâtiments à énergie positive :

Est un bâtiment qui produit plus d'énergie (électricité, chaleur) qu'il n'en consomme pour son fonctionnement. Cette différence de consommation est généralement examinée sur une période lissée d'un an. Si la période est très courte, on parle plutôt de bâtiment autonome.

Les principes :

La conception d'un habitat à énergie positive prend les grands principes de la maison passive, en y ajoutant des éléments de productions d'énergie :

- Bonne étanchéité à l'air.
- Isolation thermique renforcée, fenêtres de grande qualité. -Isolation par l'extérieur et élimination des ponts thermiques.
- Forte limitation des déperditions thermiques par renouvellement d'air via une ventilation double flux avec récupération de chaleur sur air vicié.
- Captage idéale de l'énergie solaire de manière passive.
- Protections solaires et dispositifs de rafraîchissement passifs.
- Équipement en moyens de captage ou production d'énergie (capteur photovoltaïque, capteur solaire thermique, aérogénérateur, pompe à chaleur sur nappe, free cooling par plancher rayonnant, rafraîchissement adiabatique, sondes géothermiques verticales, etc.)
- Limitation des consommations d'énergie des appareils ménagers.
- Récupération et utilisation optimales des eaux pluviales.
- Épuration naturelle par lagunage.

II.4. La maîtrise de la consommation énergétique :

La maîtrise de l'énergie couvre l'ensemble des mesures et des actions mises en œuvre en vue de l'utilisation rationnelle de l'énergie, du développement des énergies renouvelables et de la réduction de l'impact du système énergétique sur l'environnement.²⁵

Ces avantages :

- Des économies d'énergie et de coûts
- Un réinvestissement des dividendes (économies)
- Une réduction des émissions de GES
- L'attractivité du territoire pour les citoyens et les investisseurs
- La création d'emplois locaux
- La qualification de la main d'œuvre
- Une meilleure gestion et valorisation des actifs municipaux.

II.4. 1Maîtrise de l'énergie et le contexte réglementaire en Algérie :

La réglementation de maîtrise de l'énergie en Algérie couvre l'utilisation rationnelle de l'énergie, le développement des énergies renouvelables et la protection de l'environnement des effets néfastes des systèmes énergétiques.

En effet, la mise en place récente des groupes de réflexion sur la politique des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique constitue un signal fort des pouvoirs publics pour le développement, à grande échelle, aussi bien des énergies renouvelables que de l'efficacité énergétique.

Selon l'APRUE, l'Algérie, est en position relativement désirable en matière énergétique, elle est considérée comme un pays auto suffisant jusqu'à aujourd'hui, toutefois dans un contexte de relance économique, la demande d'énergie en Algérie se multiplie de plus en plus.²⁶

²⁵ Loi n° 99-09 du 28 juillet 1999 relative à la maîtrise de l'énergie- article 02

²⁶ Rapport : Bulletin trimestriel APRUE numero 18. septembre 2010. En ligne sur: Aprue.org.dz consulté le 10/04/2017).



Figure 20 : Les paramètres à prendre en compte dans le calcul de « BbioSource : Guide de la RT 2012 analyse et solutions.

Dictée par ce souci, la maîtrise de l'énergie constitue donc une option stratégique de la politique énergétique nationale en raison de la préservation des ressources énergétiques nationales, de protection de l'environnement de sauvegarde de la santé des citoyens

En chauffage et en climatisation. Malgré cet arsenal juridique important, Il faut reconnaître qu'actuellement, il n'existe aucune volonté politique pour prendre en charge la surconsommation énergétique dans nos bâtiments.

Les bâtiments publics en Algérie, ne sont pas encore dotés, d'une réglementation thermique spécifique, l'application de la réglementation thermique détaillée dans les différents documents techniques réglementaires (DTR.C3-2, DTR.C 3-2 et DTR. C3-31) pour les bâtiments à usage d'habitation n'est pas obligatoire, c'est pour ces raisons que la quasi-totalité des bureaux d'études en architecture n'ont pas une copie de cette réglementation.

II.4. 2 Les principaux réglementations et labels :

Avant de définir et caractériser les différents bâtiments performants, on pense qu'il est primordiale de faire une petite aperçue sur quelques réglementations 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.

La réglementation thermique est un ensemble de règles à appliquer dans le domaine de la construction afin d'augmenter le confort des occupants tout en réduisant la consommation

énergétique des bâtiments, elle définit et fixe le minimum de performances énergétiques à respecter pour les constructions neuves ou existantes en matière de chauffage, climatisation, ventilation, eau chaude sanitaire, d'éclairage et de toute sorte de d'énergies ainsi qu'aux exigences d'orientation et d'isolation.

Les labels de performance énergétique :

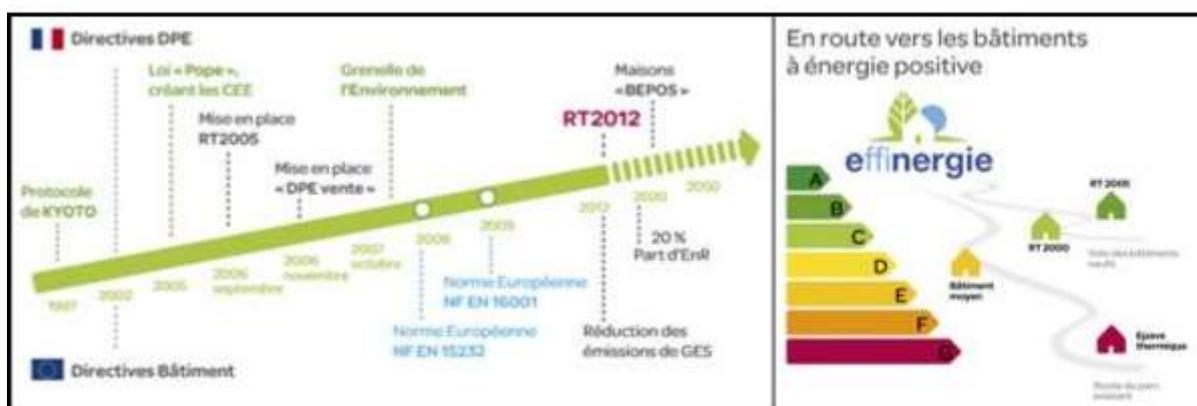


Figure 21 : Évolution des labels de performance énergétique.

Source : Le livre blanc de l'Efficacité énergétique février 2011.

Les principaux labels:

HPE : Le « Label Haute Performance Énergétique, HPE 2005 » correspond à une consommation conventionnelle d'énergie inférieure de 10 % à la consommation conventionnelle de référence de la réglementation.

THPE : Le « Label Très Haute Performance Énergétique, THPE 2005 » correspond à une consommation conventionnelle d'énergie inférieure de 20 % à la consommation conventionnelle de référence de la réglementation.

HPE EnR : Le « Label Haute Performance Énergétique Énergies Renouvelables 2005 » outre au respect des exigences du label HPE ce label exige le recours aux énergies renouvelables dont au moins 50 % de l'énergie employée pour le chauffage est issue d'une installation biomasse ou d'une alimentation par un réseau de chaleur utilisant plus de 60 % d'énergies renouvelables.

THPE EnR :

Le « Label Très Haute Performance Énergétique Énergies Renouvelables » concerne les bâtiments dont les consommations énergétiques conventionnelles sont au moins inférieures de

30 % à la consommation conventionnelle de référence dans la RT 2005. Les constructions concernées devront également utiliser des énergies renouvelables comme la biomasse, le solaire thermique ou photovoltaïque et les pompes à chaleur très performantes.

BBC et EFFINERGIE :

le « label bâtiment basse consommation énergétique » est un label qui fixe la consommation d'énergie primaire dans l'habitat neuf à 50 kWh/m² et à 80 kWh/m²/an dans l'habitat existant (à moduler selon les zones climatiques d'un facteur 0,9 à 1,3). Il s'agit de labels gérés par l'association Effinergie.. Ces labels s'appuient sur le standard Suisse Minergie (Minergie, 2007).

EFFINERGIE + :

Les principales exigences, concernant l'habitation collective et individuelle, portent sur la conception bio climatique (Bbio – 20%), la consommation d'énergie ($C_{ep} \leq 45$ kWh/m²/an). Le niveau de perméabilité est renforcé avec un seuil inférieur de 0,2m³/h/m² de parois déperditives aux valeurs réglementaires (0,4m³/h/m² en maison individuelle et 0,8 m³/h/m² en immeuble collectif d'habitation).

MINERGIE :

C'est un label de performance énergétique très répandu en Suisse et qui qualifie les consommations de l'habitat en chauffage, eau chaude sanitaire, ventilation, rafraîchissement, à un niveau inférieur ou égal à 42 kWh/m²/an dans le neuf et à 80 kWh/m²/an en rénovation. De plus le surcoût de la construction Minergie est limité par le label à 10% par rapport à un bâtiment standard.

HQE : La démarche de la Haute Qualité Environnementale est une démarche volontaire qui implique une prise en compte de l'environnement à toutes les étapes de l'élaboration et de la vie des bâtiments. La HQE définit 14 exigences (ou cibles) à respecter. Chaque cible se décompose en sous cibles élémentaires. La quatrième cible concerne la gestion de l'énergie qui se décompose en quatre cibles élémentaires : Renforcement de la réduction de la demande et des besoins énergétiques. Renforcement du recours aux énergies satisfaisantes de point de vue impact environnemental. Renforcement de l'efficacité des équipements

énergétiques. Utilisation de générateurs propres lorsqu'on a recours à des générateurs à combustion.²⁷

BEPOS et PassivHaus :

« Un bâtiment à énergie positive produit plus d'énergie qu'il n'en consomme. Une étape "préliminaire", le bâtiment passif, trouve son origine dans la norme allemande PassivHaus. La maison passive est une maison à consommation énergétique extrêmement limitée, justifiant donc d'un système d'efficacité énergétique active particulièrement performant. Elle est dite passive du fait qu'elle profite de sa propre production d'énergie (solaire photovoltaïque notamment), d'une gestion de son énergie optimisée à son maximum et de ses performances passives (isolation) pour se suffire à elle-même. » 43(Schneider Electric février 2011)

Elle repose sur les grands principes de :

- gestion des systèmes de ventilation et de récupération de chaleur.
- captation d'énergie solaire et production d'énergie.
- limitation et contrôle des dépenses électriques.

Analyse et optimisation des systèmes énergétiques.

- installation de systèmes de variation de vitesse.
- isolation thermique.



Figure 22 : Logements collectif à énergie positive à Freiburg. Allemagne, source : <https://visit.freiburg.de/fr/ressentir-fribourg/l-architecture-de-demain>.

²⁷ TAB. 3 Les principaux labels de performance énergétique.

Source : TIBERMACHINE Islam .Mémoire magister : L'impact de la typologie des habitats collectifs sur les conditions thermiques intérieures et l'efficacité énergétique.. Université de Biskra. Année 2016. Traité par : auteurs 2017).

La maison passive consomme moins de 15 kWhEP/m²/an, quand un label BBC impose un maximum de 50 kWh/m²/an jugé déjà très performant.²⁸.

Loi n° 99-09 du 28 juillet 1999 relative à la maîtrise de l'énergie. Les principes et les objectifs fondamentaux de la politique énergétique nationale ont été traduits par la loi cadre n° 99-09 du 28 juillet 1999 comme suit :

Art. 6. - La maîtrise de l'énergie vise à orienter la demande d'énergie vers une plus grande efficacité du système de consommation, à travers un modèle de consommation énergétique nationale, dans le cadre de la politique énergétique nationale.

Le modèle de consommation énergétique nationale, en tant que cadre de référence pour l'orientation et la gestion de la demande d'énergie, repose sur les options énergétiques suivantes :

- l'utilisation prioritaire et maximale du gaz naturel, notamment pour les usages thermiques finaux.
- le développement de l'utilisation des gaz de pétrole liquéfiés (GPL), en complémentarité avec le gaz naturel.
- l'orientation de l'électricité vers ses usages spécifiques.
- la promotion des énergies renouvelables.
- la réduction progressive de la part des produits pétroliers dans le bilan de la consommation nationale d'énergie.
- la conservation de l'énergie, la substitution inter énergies et les économies d'énergie, tant au niveau de la production, de sa transformation et de son utilisation.

Art. 7. - La maîtrise de l'énergie est une activité d'utilité publique qui permet d'assurer et d'encourager progrès technologique, l'amélioration de l'efficacité économique et de contribuer au développement durable, à travers notamment :

- la préservation et l'accroissement des ressources énergétiques nationales non renouvelables
- la promotion de la Recherche/Développement, de l'innovation technique et la diffusion des technologies efficaces.

²⁸ Schneider Electric. Le livre blanc de l'Efficacité énergétique. février 2011.

- l'amélioration du cadre de vie, la protection de l'environnement et la contribution à la recherche des meilleurs équilibres en matière d'aménagement du territoire.
- la réduction des besoins d'investissement dans le secteur de l'énergie
- la satisfaction des besoins énergétiques nationaux.
- l'amélioration de la productivité nationale et la compétitivité des entreprises au niveau national et international.

II.5. Stratégie de maîtrise de l'énergie en Algérie :

Un dispositif de mise en œuvre opérationnel, global et cohérent qui s'articule autour de quatre principaux éléments : APRUE, FNME, PNME, CIME a été mis en place.

- APRUE: Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Énergie.
- FNME: Fonds National pour la Maîtrise de l'Énergie.
- PNME: Programme National de Maîtrise de l'Énergie.
- CIME: Comité Intersectoriel de la Maîtrise de l'Énergie.

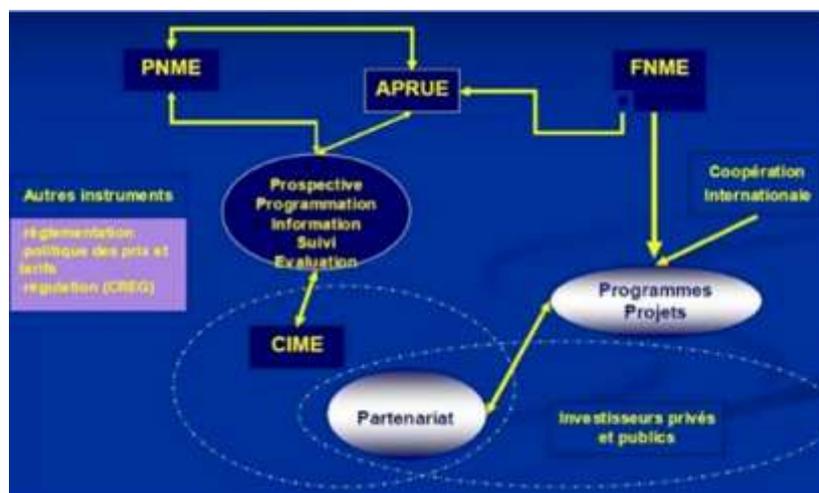


Figure 23 : Stratégie de maîtrise de l'énergie en Algérie, dispositif Source : www.aprue.org.dz.

II.5.1 Le contexte réglementaire en Algérie :

L'Algérie dispose d'une plateforme juridique important en matière de rationalisation de l'utilisation de l'énergie dans le bâtiment.

- La loi 09-99 du 28 Juillet 1999, relative à la maîtrise d'énergie ²⁹ est une loi cadre qui traduit les objectifs fondamentaux de la politique énergétique nationale, à savoir la gestion rationnelle de la demande d'énergie et les aspects liés à la maîtrise de l'énergie dans le domaine de la construction.
- La loi 04-09 du 14 Août 2004 relatives à la promotion des énergies renouvelable dans le cadre de développement durable.³⁰
- Le décret exécutif 04-149 du 19 Mai 2004 fixant les modalités d'élaboration du Programme national de maîtrise de l'énergie.³¹
- Arrêté interministériel du 29 novembre 2008 définissant la classification d'efficacité énergétique des appareils à usage domestique soumis aux règles spécifiques d'efficacité énergétique et fonctionnant à l'énergie électrique.³²
- Le DTR.C 3-31 relatif à la ventilation naturelle des locaux à usage d'habitation, fournit les principes généraux qu'il y a lieu d'adopter lors de la conception des installations de ventilation naturelle.
- Le DTR C 3.2/4 documents techniques réglementaires, mis en œuvre par le CNERIB (Centre National d' Études et Recherches Intégrées du Bâtiment)suivant l'arrêté ministériel du 30 juillet 2016 portant approbation du document technique réglementaire C 3.2/4 relatif à la réglementation thermique du bâtiment, qui est une mise à jour et la fusion des DTR C 3.2 et DTR C 3.4 tiennent compte des améliorations introduites dans le domaine de la thermique du bâtiment et permettent un usage plus pratique.

Ce nouveau DTR publié en 2017 permet de définir les principes généraux réglementaires de la conception thermique (chauffage et climatisation) des bâtiments, et de mettre à la disposition des professionnels des méthodes de calcul et d'évaluation des besoins énergétiques pour les périodes d'hiver et d'été.

Les exigences réglementaires sur lesquelles s'appuie ce DTR consistent à limiter les déperditions calorifiques en période d'hiver et les apports calorifiques en période d'été en fixant des seuils à ne pas dépasser (appelés respectivement déperditions de référence et

²⁹ JORA, 1999 : Journal officiel de la république Algérienne n° 51 du 02/08/1999

³⁰ Idem

³¹ Idem

³² Idem

apports de référence), ce qui permet une économie d'énergie pour le chauffage et la climatisation et garanti un meilleur confort.

La finalité de cette réglementation est le renforcement de la performance énergétique globale du bâtiment et sa mise en application permettra d'après l'APRUE de réduire les besoins calorifiques de nouveaux logements de l'ordre de 30 à 40% pour les besoins en chauffage et en climatisation.³³

Malgré le fond juridique important mis en place, Il faut reconnaître qu'actuellement, tous ces différents dispositifs concernent l'habitat neuf et non pas l'existant ne sont pas obligatoirement applicables, ainsi qu'il n'existe aucune volonté politique pour prendre en charge la surconsommation énergétique les bâtiments publics.

III .Le dispositif de l'enveloppe architecturale :

Introduction

Plusieurs auteurs se sont intéressés par l'amélioration de l'efficacité de l'enveloppe et des matériaux qui la constitue. Donc on a fait une synthèse de ce qui a été réalisé dans ce domaine et classé selon les paramètres étudiés au niveau de l'enveloppe du bâtiment. L'enveloppe du bâtiment représente un enjeu majeur pour l'architecte et son commanditaire. C'est une icône qui permet de s'inscrire dans son époque, de se démarquer ou de s'intégrer au cadre environnemental, Dans ce chapitre on aborde tout ce qui concerne l'enveloppe architecturale en commençant par la définition de cette dernière, son développement au fil du temps et sa conception théorique.

Le secteur résidentiel est responsable d'une part importante de la consommation d'énergie dans le monde. La plupart de cette énergie est utilisée pour le chauffage, le refroidissement et les systèmes de ventilation artificielle. Cette utilisation de l'énergie permettre d'avoir l'ensemble des critères de conception des constructions qui peuvent réduire la demande d'énergie pour le besoin de chauffage et de ventilation, ces critères sont basés sur l'adoption des paramètres appropriés pour l'orientation du bâtiment, forme, système d'enveloppe, chauffage passif et des mécanismes de refroidissement, l'ombrage, et le vitrage. Une analyse a été faite des études antérieures qui ont évalué l'influence de ces paramètres sur la demande totale d'énergie et propose les meilleures options de conception.

³³ Bulletin trimestriel n° 10 septembre. APRUE 2006, p8.

III .1L'enveloppe architecturale :

Les nouvelles préoccupations écologiques repensent la fonction de l'enveloppe du bâtiment considérée sous différents aspects : Pour le thermicien, c'est une zone de transition entre une ambiance intérieure et un environnement extérieur ; pour l'architecte, c'est une surface de contact entre le bâtiment et la ville ; Pour l'architecte : c'est une zone de contact entre le bâtiment et la ville. Pour l'ingénieur: c'est le point de liaison entre des composants passifs et des systèmes actifs. Pour le chef de projet: c'est l'objet sur lequel il va coordonner les interventions de différents corps de métier, depuis le concepteur jusqu'aux ouvriers ; Pour le législateur, c'est un des éléments caractéristiques du bâtiment pour lequel il cherchera à rapprocher le plus possible les technologies performantes disponibles et des exigences réglementaires généralisables ; Pour l'occupant enfin, ces parois qui l'entourent sont des éléments de confort thermique et visuel et constituent un facteur d'esthétique de son bâtiment.

III .1.1Définition de l'enveloppe architecturale :

L'enveloppe d'un édifice désigne la partie visible de tout édifice, que l'on se situe à l'intérieur ou à l'extérieur de l'édifice. En ce sens, l'enveloppe joue un rôle d'interface avec l'extérieur. Mais c'est avant tout une protection, une « matière » permettant de se protéger. Son rôle protecteur peut se vérifier à toutes les échelles, de la molécule, à la membrane, en passant par le vêtement. Autrement dit, l'enveloppe est l'enveloppant de tout habitat désigné comme l'enveloppé. Mais l'enveloppe elle-même peut être constituée d'un enveloppé autrement appelé l'entre deux de l'enveloppant.

D'un autre côté, l'enveloppe des bâtiments est l'interface physique séparant l'intérieure d'un bâtiment de son environnement extérieur. Par la qualité de son design et la haute technicité de sa conception, l'enveloppe des bâtiments traduit la créativité et l'innovation des architectures modernes ou traditionnelles, tout en assurant des fonctions techniques nombreuses.

L'enveloppe du bâtiment offre aux occupants, un confort thermique, acoustique, un éclairage naturel maîtrisé, tout en assurant de hautes performances énergétiques et environnementales.elle contribue également à la protection des biens et des personnes contre les intempéries et les intrusions.

L'enveloppe des batiments constitue un système global complexe, dont les niveaux de performances attendus (thermiques, acoustiques confort aérolique,confort visuel)doivent répondre aux exigences sociétales constamment croissantes de réduction des consommations énergétiques et de protection de l'environnement.

La création et la rénovation de l'enveloppe des bâtiments fait appel à des produits technologiques industrialisés et innovants, ainsi qu'à des moyens modernes de conception et réalisation.

Compte tenu des problématiques croissantes d'impact environnemental et de recherche de haute performance énergétique, l'enveloppe des bâtiments est un domaine professionnel en veille constante et en évolution technologique permanente.³⁴

Au global, l'enveloppe du bâtiment est donc « un lieu de jonction entre des facteurs multiples, concernant de nombreux intervenants à l'acte de construire. Leur objectif commun est de parvenir à optimiser l'ensemble des fonctions qu'elle a à assurer ».

Le développement de la notion l'enveloppe à travers l'historique

Pour assurer le confort l'homme est toujours à la recherche d'abri et d'enveloppe par sa nature biologique. Dès sa création, l'être humain est créé dans le ventre de sa mère, une enveloppe naturelle et sûre laquelle est la première forme primitive de l'enveloppe pour l'homme. L'homme de par sa nature biologique est toujours à la recherche d'abri et d'enveloppe pour s'assurer un confort décan. Dès sa création, l'être humain est créé dans le ventre de sa mère, une enveloppe naturelle et sûre laquelle est la première forme primitive de l'enveloppe pour l'homme. Ensuite vient l'ère d'hominidés qui trouva l'enveloppe dans les grottes et plus tard dans les tentes après invention du tissu, une enveloppe architecturale selon les besoins de l'homme à son époque. Quant aux édifices actuels et modernes, la recherche en matière de matériaux pour le développement de l'enveloppe architecturale, ne souffre d'aucune défaillance d'où la technologie de pointe traverse étape remarquable et a atteint sa vitesse de croisière.³⁵

³⁴ Définition de l'enveloppe des bâtiments BTS Enveloppe eduscol.education.fr

³⁵ L'impact de l'enveloppe extérieure du bâtiment tertiaire sur le confort thermique.pdf

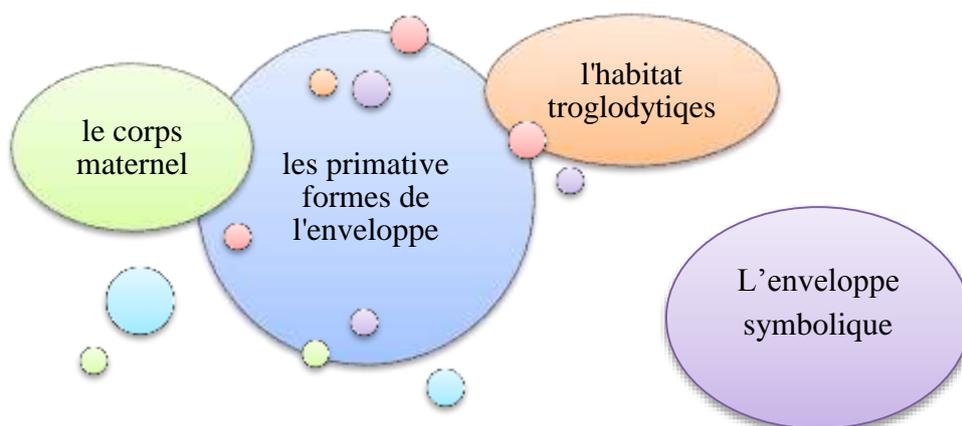


Figure 24 : Développement de l'enveloppe architecturale (Source : auteur, 2016 inspiré de http://lespacedelentredeux.blogspot.com/2009/03/introduction_17.html).

III .1.2 Les types de l'enveloppe architecturale:

Selon CERTU, on distingue deux types de l'enveloppe architecturale varient selon leur rôle et leur matérialité:

L'enveloppe porteuse: Elle est dite enveloppe porteuse étant donné qu'elle supporte le plancher et la charpente, elle est essentiellement constituée de béton armé avec une grande épaisseur.³⁶

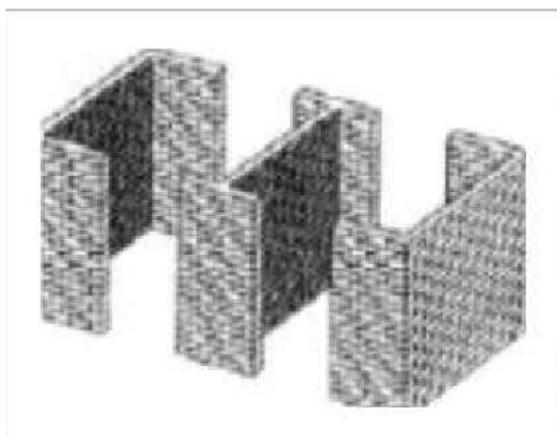


Figure 25 : Enveloppe porteuse. (Source : www.grenoble.archi.fr/cours.../2_3_Analyse-fonctionnelle-Systemes-constructifs.pdf).

³⁶ (CERTU, 2003).

L'enveloppe non porteuse:

Par définition elle est l'antagoniste de l'enveloppe porteuse, car elle ne participe pas à la stabilité de la construction. Selon (CERTU, 2003) on peut distinguer deux types d'enveloppes non porteuses : l'enveloppe légère et l'enveloppe maçonnée (<15cm d'épaisseur).

L'enveloppe légère: Elle peut être constituée de plusieurs parois ; étant donné la solidité de l'ossature ; les murs panneaux représentent l'enveloppe architecturale de l'enveloppe légère.



Figure 26 : Enveloppe légère (mur rideau)(Source : <http://vitrieriej1.com/produits/murs-rideaux-fenestration>).

L'enveloppe en remplissage maçonné < 15cmd'épaisseur: Elle représente la petite maçonnerie, elle délimite l'ossature du bâtiment.



Figure 27 : maçonnerie avec une épaisseur de 10cm (Source :<http://www.poterie-construction.fr/solutions-et-produits/mur/briques>).

Type d'enveloppe	Image représentatif	source
Enveloppe en pierre		https://www.systemed.fr/conseilsbricolage/rejointoyer-pierre,1037.html
Enveloppe en brique		http://senechalcouverture.fr/category/maconnerie-facade/
Enveloppe en béton		https://www.houzz.fr/photo/16575498-maisondu-beton-contemporain-facade-leipzig
Enveloppe en bois		http://www.cotemaison.fr/toituresfacades/bardage-bois-bois-composite-pvc-cequ-il-faut-savoir_20980.html
Enveloppe métallique		http://www.librairiedumoniteur.com/exe-27facade-metallique,fr,4,3663322094170.cfm

Enveloppe en verre		http://www.archiexpo.fr/prod/glas-martegmbh/product-64219-1265437.html
Enveloppe en textile		http://www.ateliers-ragot.com/amenagementexterieur/habillage-de-facade/

Selon le principe de fonctionnement : On distingue deux types:

-L'enveloppe simple : est une enveloppe qui sert à enclore un espace et le protéger contre les influences extérieures qui sont les vents, la pluie, la neige, les rayons solaires et le bruit.

-L'enveloppe ventilée : Une enveloppe avec des ouvertures et des joints de revêtement extérieurs ouverts pour empêcher la surchauffe et/ou la condensation de la paroi et de la couche isolante grâce à la ventilation où l'air circulant entre l'isolation et le revêtement.

-Selon les matériaux utilisés: On distingue plusieurs types:

Selon le type:

Il y'a deux types:

L'enveloppe monocouche : c'est une enveloppe qui porte une seule couche (peau).

L'enveloppe multicouche : c'est une enveloppe qui portent plusieurs couches (peaux) la première est simple et la deuxième est ventilée.

Le rôle de l'enveloppe architecturale: Selon la définition, l'enveloppe du bâtiment est l'élément le plus important dans le projet, car il doit pouvoir répondre aux sollicitations climatiques et environnementales précédemment énoncées.³⁷

Pour ce faire, l'enveloppe, son architecture et tous ses constituants doivent:

³⁷ (Catherine BALTUS, Sophie LIESSE, 2006)

Contrôler le climat local, c'est-à-dire: l'eau sous toutes ses formes, l'air et le vent, la chaleur, le rayonnement solaire, les variations de température, etc.

Contrôler l'environnement, c'est-à-dire : les bruits aériens extérieurs, la lumière et les vues en général, etc.

Remplir éventuellement d'autres fonctions telles que : le contrôle des points sensibles tels que les accès, la maîtrise des agressions diverses, notamment le feu, les effractions, la résistance aux charges (fonction structurale), La fonction visuelle et d'espace, etc.

III .1.3La performance de l'enveloppe :

L'enveloppe d'un bâtiment correspond à la notion de clos et de couvert tant en ce qui concerne la couverture que les façades ou les parties enterrées. C'est l'interface entre un espace qui doit satisfaire aux besoins de confort et de protection de ses occupants, et un environnement qui présente de l'inconfort et des risques. Elle est de ce fait, soumise à de multiples actions et la pérennité de ses performances doit être assurée.

Placée dans le contexte général de la maîtrise de la demande énergétique et de la réduction des gaz à effet de serre, l'approche intégrée de la performance énergétique de l'enveloppe, considérée comme un composant thermique, demande une analyse multicritère des composants et des fonctions à assurer

Ainsi les éléments de construction ont un comportement plus ou moins actif, suivant leur capacité à transmettre la chaleur, la lumière, le bruit et l'air, éléments basiques intégrés à des degrés divers dans les indicateurs de performances énergétiques. Il est donc possible de concevoir une relation entre ces éléments constructifs et les fonctions énergétiques à assurer.

Afin de créer le climat adapté à l'utilisation d'un bâtiment, le concepteur peut agir sur le système enveloppe et les différents systèmes de conditionnement d'air assurant le chauffage, le refroidissement, la ventilation et la régulation.

L'évaluation de la performance est ainsi fonction des **critères économique, réglementaire et du niveau technique** de l'objectif fixé.

Les critères d'évaluation portent en particulier sur la maîtrise des paramètres agissant sur la qualité des ambiances intérieures et la consommation énergétique :

- **Qualité des ambiances intérieures :**

- confort thermique en conditions hivernales et estivales.
- conception de l'enveloppe.
- dimensionnement des systèmes techniques.
- valeurs seuils réglementaires, interfaces avec les fonctions acoustiques, hygrothermique et lumineuse.
- **consommation d'énergie :**
 - évaluation de la consommation en considérant les différents types d'usages énergétiques ;
 - contraintes sur le choix des sources d'énergie.

Ainsi les variables associées au calcul des déperditions énergétiques d'un bâtiment, démarche importante pour l'évaluation de la performance d'une enveloppe, sont précisées dans le tableau.

La conception énergétique d'un bâtiment doit concourir à optimiser la récupération des apports passifs grâce aux divers dispositifs architecturaux, exposition et surfaces des éléments capteurs, à l'organisation spatiale, aux structures et aux protections solaires.

- En relation avec la conception de l'enveloppe, l'organigramme du calcul des besoins énergétiques d'un bâtiment est décrit sous forme simplifiée.

III .1.4 Les principales sollicitations de l'enveloppe extérieure :

L'enveloppe extérieure subit de nombreuses agressions du climat local et de l'environnement,

L'enveloppe extérieure doit pouvoir répondre aux sollicitations climatiques et environnementales. Pour ce faire, l'enveloppe, son architecture et tous ses constituants doivent :

➤ Contrôler le climat local, c'est-à-dire:

-L'eau sous toutes ses formes, l'air et le vent.

-La chaleur.

-Le rayonnement solaire.

-Les variations de température.

➤ Contrôler l'environnement, c'est-à-dire:

- Les bruits aériens extérieurs.

- La lumière et les vues.

➤ Remplir éventuellement d'autres fonctions telles que:

-Le contrôle des points sensibles tels que les accès.

-La maîtrise des agressions diverses, notamment le feu, les effractions.

-La résistance aux charges (fonction structurale).³⁸

-La fonction visuelle et "d'aspect".³⁹

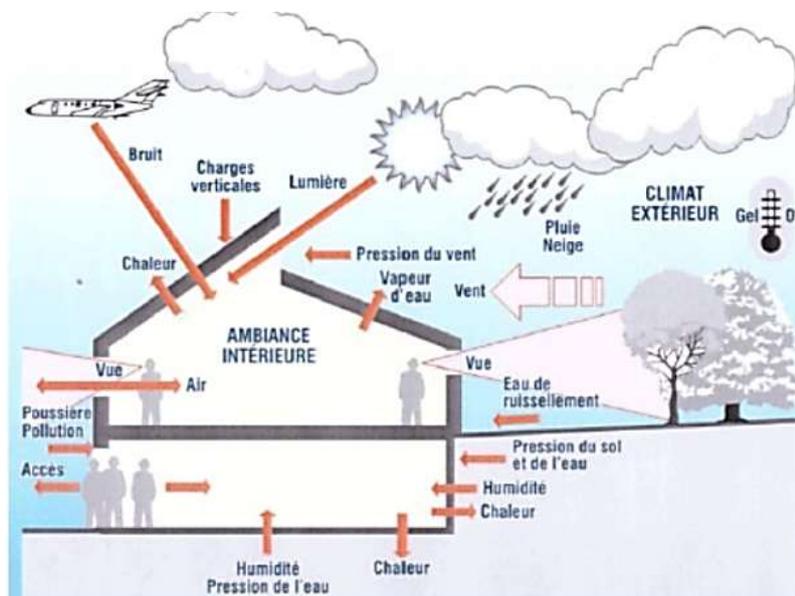


Figure 28 :Sollicitation de l'enveloppe d'après F.Simon Source : guide de l'architecture bioclimatique liebard-D'Herbe.

III .2Les fonctions de l'enveloppe :

Après avoir défini l'enveloppe voici donc ces six fonctions :

-Revêtement intérieur

³⁸ Agence française pour la maîtrise de l'énergie, "Choix climatique et construction." A. (2003), p14

³⁹ (HAUGLUSTAINE, 2006).

-Structure

-Pare-air

-Pare-vapeur

-Isolation thermique

-Parement extérieur.⁴⁰

Revêtement intérieur :

Cette fonction est réalisée par les matériaux apparents à l'intérieur. Cette fonction sert aux différents besoins de l'environnement intérieur et les matériaux utilisés doivent remplir les exigences désirées.⁴¹

Structure :

Cette fonction est réalisée par les matériaux qui serviront de support aux autres matériaux des différentes fonctions. Les composantes doivent résister aux pressions des vents et des autres éléments et devra les transmettre à charpente de l'édifice.

Pare-vapeur :

Cette fonction est réalisée par un matériau qui diminue (retarde) le passage de l'humidité au travers l'enveloppe par diffusion. Ce matériau doit pouvoir résister au vieillissement durant toute la vie du bâtiment.

Pare-air :

Cette fonction est réalisée par un matériau ou un assemblage qui diminuera le passage de l'air au travers de l'enveloppe du bâtiment.

Isolation thermique :

Cette fonction est réalisée avec un matériau qui diminue le passage de la chaleur vers l'intérieur.

⁴⁰ Idem

⁴¹ **Ould-Henia, A.** (2003). Choix climatique et construction. Zones arides et semi-arides, maison à cour de Bou-Saada, Thèse de doctorat, Ecole polytechnique Fédérale de Lausanne. P32

Parement extérieure :

Cette fonction est réalisée par un matériau qui protégera les autres composantes de la détérioration par les éléments de la nature (soleil, eau, neige, vent, etc.) et autres.

Ces fonctions sont assez simples à comprendre et on pourrait même simplifier ou complexifier leur définition selon le point de vue de chacun. Mais le point en est que ces fonctions existent et requièrent une grande simplicité de réalisation afin d'obtenir un maximum d'efficacité. Par-dessus tout, la règle numéro un pour obtenir une performance de ce concept est la continuité des fonctions.

Toute discontinuité dans l'application de ces fonctions peut rapidement engendrer un désordre pouvant détériorer l'enveloppe du bâtiment, et cela, relativement aux conditions d'environnement intérieur et extérieur.

Le comportement thermique de l'enveloppe architecturale: « Une véritable conception de bâtiment suppose la connaissance de tout ce qui concerne les échanges thermiques à travers les parois qui constituent leurs enveloppes». ⁴²

Les facteurs affectant le comportement thermique de l'enveloppe architecturale:

Paramètres liés aux conditions climatiques:

Présentation des modes de transfert de chaleurs:

L'échange de chaleur qui se produit entre deux corps qui sont à des températures différentes peut se faire selon trois modes :

⁴² (Fernandez et Lavigne, 2009).

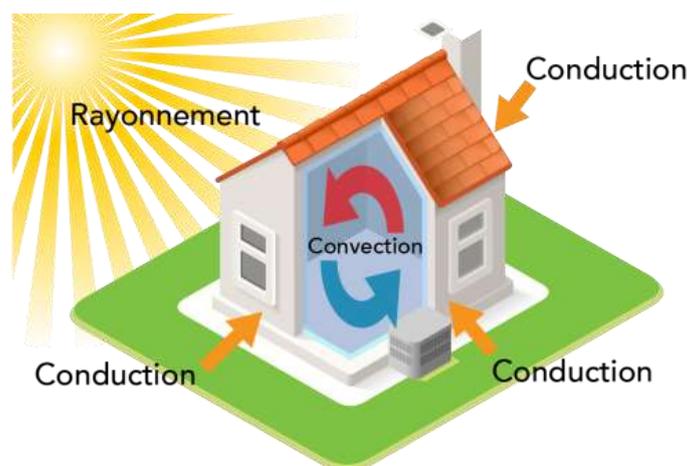


Figure 29 : les transferts de chaleur Source : parlon science.ca.

C'est la relation directe des éléments avec la chaleur, et la propagation de chaleur toujours marche de l'élément plus chaud vers le plus froid, cette chaleur qui se propage est proportionnelle à la conductivité thermique du matériau et à la différence de température les deux faces.⁴³

La conduction: C'est la relation directe des éléments avec la chaleur, et la propagation de chaleur toujours marche de l'élément plus chaud vers le plus froid, cette chaleur qui se propage est proportionnelle à la conductivité thermique du matériau et à la différence de température les deux faces.

La convection: C'est le transfert de chaleur entre deux Corps, l'un en état solide vers un autre dans l'état gazeux et cette transmission dépend à la différence de la température entre éléments et la vitesse de l'air et la surface de contact comme une paroi qui est exposé à un vent froid et puissant se refroidira très rapidement.

Le rayonnement:

Est le transfert de la chaleur par les rayonnements infrarouges à travers un vide ou un gaz, et ces modes de transmission se combinent et la transmission de la chaleur de l'air ambiant à une paroi s'effectue en partie par rayonnement et en partie par convection mais à l'intérieur de paroi, la chaleur progresse par conduction.

⁴³ (Thierry & David, Le grand livre de l'isolation, 2009).

Donc la performance thermique de l'enveloppe dépend des propriétés des matériaux qui la constituent (les propriétés thermo-physiques et l'épaisseur). « On comprend déjà que le confort des édifices dépend des matériaux qui les constituent ». ⁴⁴

La température de l'air ambiante (T_a): La température extérieure a un effet direct sur l'ambiance thermique du bâtiment en chauffant les parois externes de l'enveloppe. Cette chaleur est transmise à l'intérieur, à son tour chauffe l'air intérieur par convection.

L'enseillement :

Le rayonnement solaire affecte la température intérieure d'un bâtiment de deux manières: 1- Le rayonnement solaire absorbé par l'enveloppe externe d'un bâtiment, augmente la température des surfaces externes.

2- Presque tout le rayonnement solaire qui arrive sur une fenêtre passe directement à l'intérieur à travers le verre.



Figure 30 : Transfert de chaleur par rayonnement ou radiation (AFME) Source : « L'énergie : Les enjeux de l'an 2000 » CHITOUR.C.H.E : Vol/1 Office des Publications Universitaires ALGER, 1994. p. 41.

Le vent: Le vent joue un rôle très important dans les transferts de chaleur à la surface de l'enveloppe des bâtiments ainsi que pour la ventilation des espaces intérieurs.

⁴⁴ (Lavigne, Brejon et Fernandez, 1994).

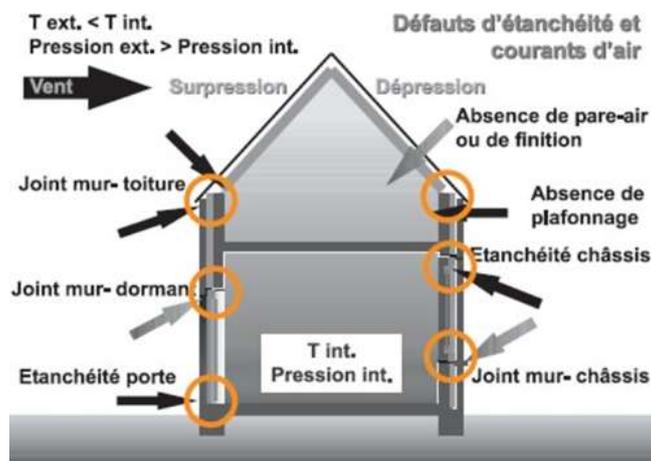


Figure 31 : ventilation naturelle mécanique [http:// écologique durable](http://écologique.durable).

L'air est mis en mouvement par des phénomènes naturels de force du vent et de tirage thermique du à la différence entre l'intérieur et l'extérieur d'un bâtiment, créant ainsi un mouvement d'air neuf réalisé par :

- _les ouvertures dans la pièce principale intégrée dans les portes, les fenêtres et dans les murs
- _les grilles d'évacuation dans les pièces de services forte humidité.

Vis-à-vis de l'air, l'enveloppe agit plus comme un régulateur que comme une barrière. Afin de

limiter les déperditions thermiques, l'enveloppe extérieure d'un bâtiment ne doit pas présenter de défauts d'étanchéité à l'air.

Ces défauts peuvent notamment survenir :

Au niveau des joints entre mur et toiture.

Au niveau des joints entre mur et châssis.

Au niveau des portes.

Par l'absence de pare-air.

Par l'absence de finition ou de plafonnage.

L'humidité: L'humidité de l'air réduit la température des surfaces et augmente la possibilité de condensation, elle affecte aussi la capacité de l'évaporation de la sueur à la surface de la peau des occupants du bâtiment.

Les précipitations: Les précipitations peuvent causer des variations dans les températures et les humidités des surfaces du bâtiment par le phénomène d'aspiration capillaire dans un mur, ou leur pénétration par les ponts, les joints et les failles.⁴⁵

Paramètres liés aux éléments conceptuels: Selon Izard J.L., la thermique du bâtiment est liée à plusieurs paramètres ou facteurs architecturaux (l'orientation, la forme architecturale, la protection solaire, l'isolation thermique, l'inertie thermique) et aux facteurs climatiques (la latitude, la nature d'occupation de l'espace par les usagers, les apports solaires, etc.).⁴⁶

L'implantation:(la localisation du bâtiment) : La localisation du bâtiment peut affecter le confort thermique de ses occupants, soit positivement ou négativement par rapport aux vents dominants sur son enveloppe soit à l'incidence du soleil. Une implantation réussie exige la prise en compte de plusieurs éléments :

- Le relief environnemental
- . - L'orientation des vents.
- Le mouvement solaire.

Ces paramètres bien étudiés et bien respectés aboutiront à des résultats performants à savoir:

- Se protéger contre les vents dominants et le soleil estival.
- Bénéficier de l'ensoleillement hivernal en évitant les masques portés par la végétation, le relief et l'environnement bâti.

⁴⁵ (Sadok. A, 2016) phénomène de l'effet de serre.

⁴⁶ Jean-Louis Izard (auteur d'archi bio)-Babelio



Figure 32 :l'implantation tien en compte du relief, des vents locaux, de l'ensoleillement, etc Source : traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques (2005).

L'orientation: « L'orientation d'un bâtiment est la direction vers laquelle sont tournées ses façades. C'est-à-dire la direction perpendiculaire à l'axe des blocs».⁴⁷

Les critères de choix de l'orientation :

il doit être fait en fonction des espaces :

Tableau 1 : Les critères de choix de l'orientation (LIEBARD, A. et HERDE, A. 2005).

La façade orientée vers le Nord	La façade orientée vers l'Est	La façade orientée vers l'Ouest	La façade orientée vers le Sud
Bénéficie toute l'année d'une lumière égale et du rayonnement solaire diffus.	Profite du soleil le matin mais le rayonnement solaire est alors difficile à maîtriser car les rayons sont bas sur l'horizon.	Présente un risque réel d'éblouissement et les gains solaires ont tendance à induire des surchauffes.	Elle entraîne un éclairage important. De plus, les pièces orientées au Sud bénéficient d'une lumière plus facile à contrôler

⁴⁷ (GIVONI. B, 1978)

Le tableau au-dessous présente les résultats de recherche au CSTB (le centre scientifique et technique du bâtiment) où ils ont déterminé les valeurs de rapport existant entre les apports calorifiques dus aux rayonnements et ceux dus à la température par rapport l'orientation.⁴⁸

Tableau 2 : Apports calorifiques sur une paroi selon son orientation (source:ONRS, 1983).

N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
13%	31%	14%	36%	21%	36%	44%	37

L'orientation et le confort thermique : l'orientation joue un rôle très important en matière de confort par : ⁴⁹

- L'utilisation du rayonnement solaire pour le chauffage en hiver.
- La protection du rayonnement solaire pour éviter les fortes chaleurs en été.
- La protection contre les vents froids d'hiver ou l'utilisation du vent rafraîchissant d'été.

La forme du bâtiment:

« L'optimum varie selon la latitude de lieu. Les rectangles allongés sont plus favorables dans les latitudes basses et les plans plus carrés pour les latitudes élevées ». ⁵⁰

La hauteur du bâtiment: L'ambiance intérieure d'un bâtiment change en fonction de sa hauteur qui agit sur la chaleur absorbée par les murs. Si on prend en considération les rayons du soleil, il est important de savoir que la hauteur du bâtiment au nord doit être inférieure à celle des bâtisses du sud.

La géométrie Del 'enveloppe: La géométrie et la taille des bâtiments ont un effet important sur les besoins en chauffage car les bâtiments mitoyens bénéficient plus de chaleur que les bâtiments isolés.

La matérialité Del 'enveloppe :

Les propriétés thermo physiques des matériaux de construction: Les propriétés des matériaux utilisés dans la conception du bâtiment ont un rôle très important dans la création

⁴⁸ (EVANS.M, 1980)

⁴⁹ (HAMDANI. M, 2012).

⁵⁰ (1 :1,64 pour 26°N)/ (1 :1,30 pour 48°N)»Camue. R, Watson donald, 1979.

d'une ambiance intérieure considérable ; ils conditionnent la chaleur provenant de l'extérieur. La matérialité de l'enveloppe.⁵¹

III.3 La position de l'isolation thermique dans la paroi :

Une isolation thermique performante c'est avant tout des économies d'énergies intéressantes en termes d'économies financières, de protection de l'environnement, mais aussi pour un niveau de confort inégalé.

L'isolation par l'intérieur est proposée en construction de manière quasi systématique. C'est en général la solution moins onéreuse et la mise en œuvre permet l'utilisation de tous les isolants possibles. Elle est cependant moins efficace pour le traitement des ponts thermiques, et diminue la surface habitable.

L'isolation extérieure permet une diminution importante des ponts thermiques, et conserve l'inertie des murs, c'est donc un choix à privilégier pour un bâtiment basse consommation. Cependant ce type d'isolation est plus rare que par l'intérieur car plus onéreux, et nécessitant des compétences particulières.⁵²

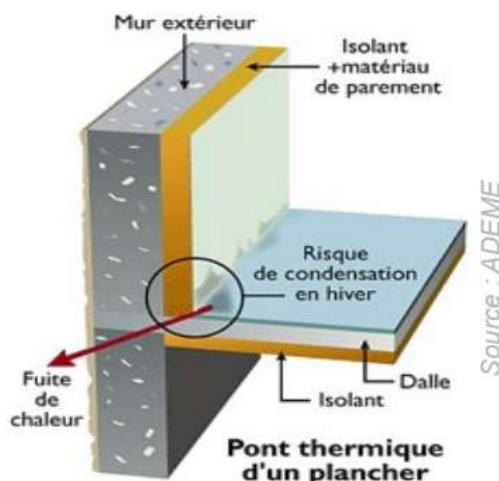


Figure 33 : Isolation de pont thermique Source (<http://www.placo.fr/Solutions/Solutions-par-benefice/Isolation-thermique/Isolation-thermique>).

⁵¹ (THIERRY et DAVID, 2010)

⁵² www.ageden.org AGEDEN «L'isolation écologique», et «Propriétés et performances thermiques des matériaux».

Ce sont les zones de déperditions de chaleur, où l'isolation est interrompue, comme les liaisons planchers-murs de refend par exemple. Cela peut induire des risques de condensation superficielle. Il convient d'y apporter une attention particulière en soignant l'isolation.

III .3.1L'inertie thermique :

L'inertie thermique est la capacité physique d'un matériau à conserver sa température. L'inertie thermique d'un bâtiment est recherchée afin de minimiser les apports thermiques à lui apporter pour maintenir une température constante. L'inertie thermique est importante pour assurer une ambiance climatique confortable pour ses occupants. Un bâtiment à forte inertie thermique équilibrera sa température en accumulant le jour, la chaleur qu'il restituera la nuit pour assurer une température moyenne. Les matériaux à forte inertie thermique sont utilisés pour accumuler la chaleur ou la fraîcheur (radiateur à accumulation, radiateur à inertie thermique, isolants à forte densité, briques réfractaires, etc.).⁵³

Cette propriété est, avec l'isolation thermique, un facteur de confort et d'économie d'énergie. En effet, un fort volant d'inertie conduit :

-en hiver, à un fonctionnement régulier de l'installation de chauffage. Ce qui permet une puissance installée moindre et des variations de la température intérieure plus lentes et plus réduites, donc plus acceptables.

-en saison d'été, à une température intérieure clémente en soirée et fraîche pendant la journée.

-Le comportement thermique d'une enveloppe opaque sans chauffage.

-Les graphiques ci-contre donnent successivement le comportement thermique d'une enveloppe opaque sans chauffage (et sans ensoleillement) en fonction de la manière dont le bâtiment est isolé.

-Le comportement thermique d'une enveloppe opaque sans chauffage.

-Les graphiques ci-contre donnent successivement le comportement thermique d'une enveloppe opaque sans chauffage (et sans ensoleillement) en fonction de la manière dont le bâtiment est isolé.

⁵³ www.climamaison.com/lexique/inertie-thermique.htm.

On constate dans les cas extrêmes que la température intérieure est directement influencée par les variations de température extérieure.⁵⁴



Figure 34 :L'inertie thermique dans un bâtiment Source :(<http://www.cap-horizon.com/actualites/?rubrique=35>).

III .3.1Le déphasage thermique: Le déphasage thermique définit le délai que met un front de chaleur pour traverser une épaisseur donnée de matériau. Il dépend également principalement de la masse volumique et de la capacité thermique massique du matériau.⁵⁵

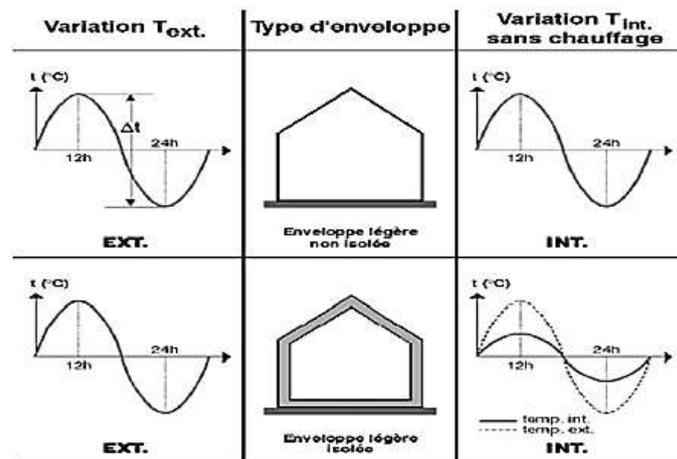


Figure 35 : Transfert de chaleur par rayonnement source : www.neo-ides.be

III .4 La relation entre l'enveloppe et l'hygrothermie :

III .4.1 Les principes et outils de conception de l'enveloppe :

-La position du soleil :

Elle permet de déterminer les surfaces éclairées suivant les journées et suivant les saisons.

La hauteur α et l'azimut γ déterminent la position du soleil et donc la direction du rayonnement solaire.

⁵⁴ Op.cit. : Rapport, A, *Pour une anthropologie ...*, p.86

⁵⁵ Source :(www.info-energie-fc.org/models/gallerymedia/assets/2//2a5aab03f6135_energivie-guide-isolants-bd-6.pdf).

-L'éclairement du soleil

Il exprime l'intensité du rayonnement solaire reçu par les surfaces. Cette intensité dépend de la composition de l'atmosphère (poussières, microgouttes d'eau en suspension, molécules d'air et toutes autres particules contenues dans l'atmosphère).

-Les conditions de température

La température extérieure révèle l'ambiance thermique du milieu. Ce critère n'est pas une grandeur physique, cela représente l'état thermique d'un corps.

Dans l'environnement humain, soit dans une couche d'une trentaine de mètres au-dessus du niveau du sol, la température est essentiellement influencée par l'ensoleillement, le vent et la nature du sol. La température varie également suivant la couverture nuageuse ; lorsque les journées sont claires, la température aura tendance à s'élever parce que les radiations reçues à la surface de la terre seront plus importantes. Par contre, lorsque les nuits sont claires, la terre et donc l'atmosphère se refroidit plus à cause des radiations nocturnes.⁵⁶

En ce qui concerne la relation entre l'enveloppe et l'hygrothermie, on peut citer cinq titres essentiels :

L'étanchéité à l'eau et à l'air :

L'étanchéité à l'eau :

Il est primordial de concevoir l'enveloppe pour éviter toute pénétration d'eau dans le bâtiment et dans la plupart des cas dans l'enveloppe elle-même.

Il existe trois systèmes de base pour garder l'intérieur d'un bâtiment au sec :

La barrière extérieure perméable :

Elle est constituée essentiellement de matériaux maçonnés, banchés ou tressés dans lesquels l'eau de pluie peut éventuellement pénétrer en quantité réduite.

Sa constitution permet à cette eau de s'évaporer avec le vent et le soleil, ainsi que grâce à la chaleur venant de l'intérieur, avant d'atteindre la face intérieure de l'enveloppe.

⁵⁶ **M'Sellem, H., & Alkama, D.** (2009). Le confort thermique entre perception et évaluation par les techniques d'analyse bioclimatique: Cas des lieux de travail dans les milieux arides à climat chaud et sec, *Revue des Energies Renouvelables*, Vol.12, N°3, pp.150

La barrière extérieure étanche à l'eau :

Celle-ci consiste à appliquer directement sur la paroi extérieure un revêtement complètement étanche à l'eau.

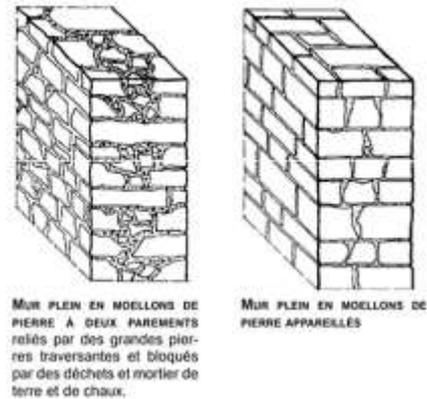


Figure 36 : La barrière extérieure étanche de l'eau source : (HAUGLUSTAINE, 2006)

- la séparation entre la barrière extérieure et la partie intérieure isolante de l'enveloppe par une coulisse continue et drainée;

Celle-ci consiste à établir une coupure entre la barrière extérieure (perméable, semi-perméable ou étanche à l'eau) et la partie isolante intérieure de la paroi.

Celle-ci assure l'étanchéité à l'air et, complète éventuellement, l'étanchéité à l'eau.

- les activités des occupants ;
- les occupants eux-mêmes ;
- humidité de construction pendant le séchage du bâtiment.⁵⁷

⁵⁷ (HAUGLUSTAINE, 2006).

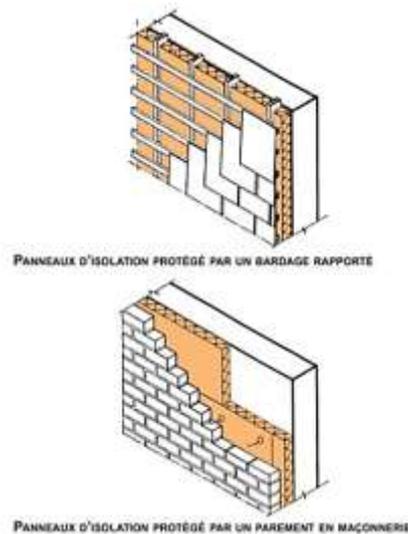


Figure 37 : Figure 37 : La séparation entre la barrière extérieure et la partie intérieure,
source : (HAUGLUSTAINE, 2006).

III .5 Les principes et outils de conception de l'enveloppe :

-La position du soleil :

Elle permet de déterminer les surfaces éclairées suivant les journées et suivant les saisons.

La hauteur α et l'azimut γ déterminent la position du soleil et donc la direction du rayonnement solaire.

-L'éclairement du soleil :

Il exprime l'intensité du rayonnement solaire reçu par les surfaces. Cette intensité dépend de la composition de l'atmosphère (poussières, microgouttes d'eau en suspension, molécules d'air et toutes autres particules contenues dans l'atmosphère).

-Les conditions de température :

La température extérieure révèle l'ambiance thermique du milieu. Ce critère n'est pas une grandeur physique, cela représente l'état thermique d'un corps.

III .5.1L'enveloppe protégée :

Les surfaces en contact avec les milieux extérieurs devront présenter des performances correspondant aux critères du développement durable. Ces performances sont liées non

seulement aux matériaux utilisés mais aussi aux détails architectoniques que l'auteur de projet met en place.

Principe de gains solaires :

Le principe consiste à stocker, dans les parois lourdes, les apports solaires directs qui passent à travers les vitrages des fenêtres pendant les périodes de chauffe.

Le contrôle des apports en énergie :

. Le contrôle des apports solaires :

Le contrôle des apports solaires est indispensable, car le rayonnement solaire peut produire des surchauffes qu'une régulation usuelle maîtrise mal.

Le mode d'occupation et les occupants :

Le concepteur devra donc introduire la notion d'occupation et du rythme de vie :

-L'occupation ponctuelle du bâtiment :

Il faudra privilégier des matériaux qui pourront se réchauffer rapidement et qui seront "chauds au toucher" comme le bois, le tapis (voir, dans l'annexe 3, la notion d'effusivité thermique).

-L'occupation permanente du bâtiment :

Il faudra privilégier la gestion du solaire passif et une construction à forte inertie, c'est-à-dire dont les parois seront capables d'accumuler de la chaleur en période de chauffe et de la retransmettre avec un certain déphasage.

La texture:

La définition de la texture: Vu la complexité du terme texture on ne lui trouve pas une définition précise, pour mon thème de recherche je le définie comme suit : la texture comprend tous les détails et les matériaux qui compose le revêtement d'une façade (par exemple les murs rideaux, double peau, le crépissage ...).

III .5.2L'enveloppe opaque:

Appareillage et crépissage: Une texture rigoureuse, telle qu'un appareillage en pierre ou en brique ou simplement en enduit tyrolien apporte un ombrage additif au fond (Abdou. S, 2003), traditionnellement, une technique de Crépissage très intéressante fut utilisée pour

ombrager au maximum le fond de façade. « Le crépissage étant constitué de boules semi sphérique étalées avec la main sur le mur ; chacune ombrage sa moitié et porte une ombre sur la boule en dessous ou d'un côté selon l'orientation de la façade et la course du soleil ». ⁵⁸



Figure 38 :Figure 38 :appareillage de brique sur façades Figure : crépis rugueux d'une façade (Source : http://kamenchiki.ru/gallery_w_ger.htm).

III.5.3L'enveloppe légère: (Les surfaces vitrées ont un rôle important dans les échanges thermiques entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment. Le verre permet aux rayonnements solaires de pénétrer à l'intérieur qui pourrait générer le phénomène de l'effet de serre. ⁵⁹

III .5.3L'enveloppe végétalisée: L'enveloppe végétalisée consiste à protéger les façades d'un bâtiment avec de la végétation qui participe, elle aussi, à la réduction de la température et au rafraîchissement du bâtiment grâce à l'évaporation de l'eau qu'elle transpire. Les bâtiments dans les zones à climat semi-aride, peuvent être enveloppés et protégés contre l'insolation avec de la végétation à feuilles caduques qui perd son feuillage pendant l'hiver permettant de profiter des rayons du soleil et reprend son feuillage en été permettant d'ombrer et participer au rafraîchissement du bâtiment. ⁶⁰

Tableau 3 : Tableau 5 :L'enveloppe végétalisé Source : <http://www.architecte-bio.com/bioclimate.html>

⁵⁸ BENNADJI. A, 1999

⁵⁹ Saddok. A, 2016).

⁶⁰ (Benhalilou. K, 2008).

la façade végétalisée	
toiture végétalisée	
pergola végétalisée	

III .6 La couleur Del ‘enveloppe: « Ce paramètre varie avec le facteur d’absorption (couleur) des surfaces externes, les surfaces blanches absorbent seulement à peu près 15% du rayonnement incident, les couleurs claires ordinaires, telles que le blanc crème ou le gris clair absorbent 40 à 50% les couleurs sombres moyennes (gris foncé, vert, rouge, etc.) 60 à 70% les surfaces noires 80 à 90%». ⁶¹

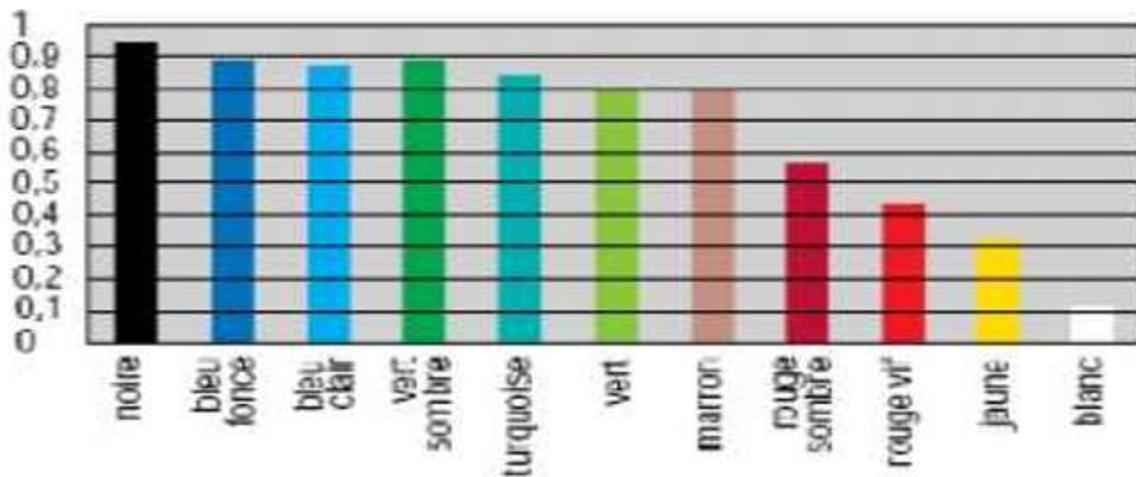


Figure 39 : valeur du coefficient d’absorption pour laques celluloseuses. Source (IZARD.J. et GUYOT, 1979).

⁶¹ GIVONI. B, 1978).

La couleur de l'enveloppe participe soit au rafraîchissement ou à la surchauffe de l'édifice ; les couleurs claires absorbent moins les rayons du soleil par rapport aux couleurs foncées ou sombres bien évidemment. Du point de vue thermique, la teinte des couleurs influence fréquemment le comportement thermique des murs extérieur.

Certaines couleurs des matériaux présentent une meilleure absorption de la chaleur. Pour la conserver, les parois qui sont directement exposées au soleil doivent être de couleur foncée.

Conclusion :

Dans ce chapitre, Un bâtiment performant sur le plan thermique permettra d'atteindre trois objectifs : la protection de l'environnement extérieur, des économies d'énergie, ainsi que l'amélioration du confort thermique. Afin de réduire les besoins énergétiques dans les bâtiments en Algérie, on peut intervenir sur plusieurs paramètres dans le bâtiment lui-même par l'intégration du concept bioclimatique qui vise à utiliser les ressources naturelles renouvelable, ainsion a essayé de fournir un maximum de connaissances théoriques sur la définition de l'enveloppe architecturale, et ses propriétés physiques et physiologiques qui déterminent l'importance de cet élément principale dans la régulation thermique du bâtiment notamment sur le plan de confort thermique des espaces intérieurs.

CHAPITRE 03 PARTIE ANALITIQUE

Chapitre 03 partie analytique

III. Approche analytique :

Introduction

Dans cette partie nous allons analyser les différents exemples choisis et le programme officiel et déduire un programme final, le 1^{er} chapitre consacrer à l'analyse des exemples choisis et le deuxième se focaliser sur l'étude de composants de programme officiel et le programme déduit.

III. Analyse des exemples :

Dans ce chapitre on va analyser 3 exemples livresques et faire sortir tableau comparatif.

III.1. Exemples 1 : Le centre Multifonctionnel de la Mecque En Arabie Saoudite

L'étude de cet ensemble est orienté essentiellement vers son rôle de rénovation du centre-ville est le principe de conception pour tout le complexe.

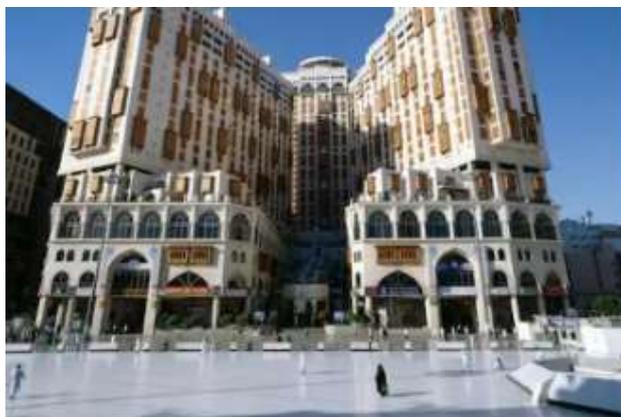


Figure 39: Hotel Makkah Hilton towers source: Alibabuy .com

III.1.1. Situation :

Le projet d'étude est un Centre multifonctionnel qui situé exactement au centre-ville de « La Mecque » près « d'El Masjid El Harem » construit en (1989), il a comme fonctions :

Centre commercial.

Bureaux

Habitats La surface du terrain qui occupe l'équipement est : 13700 m².



Figure 40 : Plan de situation de CMF à Mecque source : <http://image Digital Globe2006>

III.1.2. Environnement immédiat :

Le projet est implanté dans une zone urbaine, il est bien situé au Sud-Ouest d'El Masjid El Haram.



Figure 41 : Situation urbaine de CMF source : source auteur

III.1.3. Composition de masse :

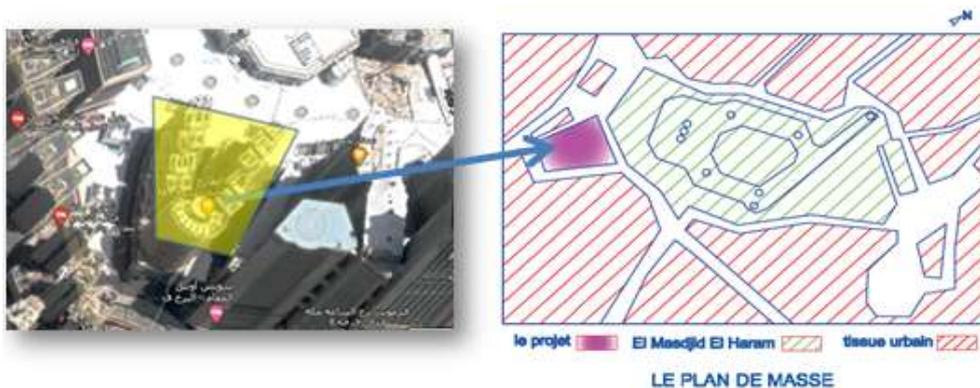


Figure 42 : organisation plan de masse source : auteur

III.1.4. Accessibilité :

Le projet est accessible à partir de:

Les murs extérieurs entourant le projet au niveau du RDC et cela à partir des accès piétons pour le personnel et pour le public.

03 accès mécaniques à l'arrière de l'édifice (deux entrées et une sortie).

13 accès piétons. Plus une accessibilité à partir de la rue intérieure piétonne (07 accès) qui offre une promenade architecturale tout en conduisant aux divers niveaux de l'équipement et facilite la pénétration au centre de n'importe quel endroit.

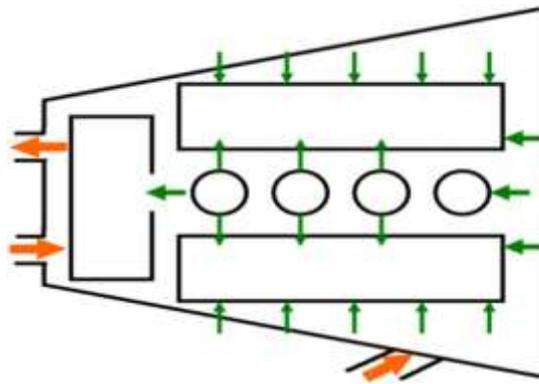


Figure 43 :accessibilité de CMF Mecque source : auteur



Figure 44 : Accès de CMFsource : google.com

On résulte que:

- La séparation des accès selon les fonctions.
- La répartition des accès pour répondre à la grandeur de l'équipement.
- Le nombre élevé des accès a été programmé pour absorber le maximum de flux (surtout dans la période du pèlerinage).
- On peut dire que le CMF de Mecque est bien desservi surtout pour les piétons, vu sa masse et sa situation.

III.1.5. Composition volumétrique :

Le C.M.F se présente sous la forme de monobloc divisé en deux parties (ailes) par un axe de symétrie (la vue intérieur).

Sur ce dernier sont posés verticalement cinq parallélépipèdes (tours d'habitation). Les deux ailes se convergent vers un demi-cylindre (l'hôtel).

Dans la composition des volumes, en remarque qu'il y a un accotement avec un angle (en plan) et un dégradé (en élévation), et l'objectif de ces deux principes est d'avoir un axe visuel sur El Masjid El Harem.



Figure 45 : Volume de CMF Mecque source : auteur

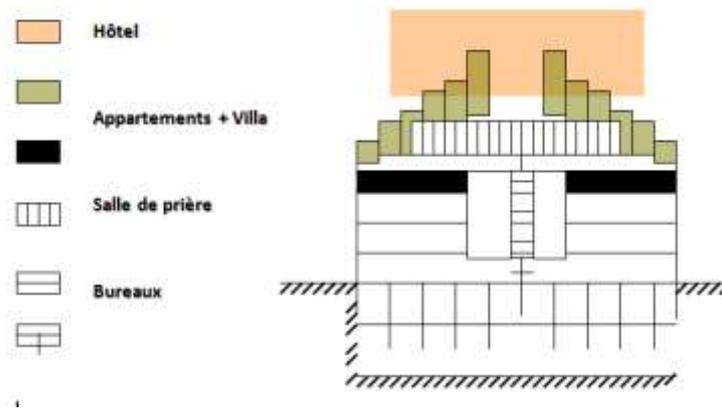


Figure 46 : Schéma de composition de CMF Mecque source : Fichier PDF

Coupe :

vue en plan gradins :

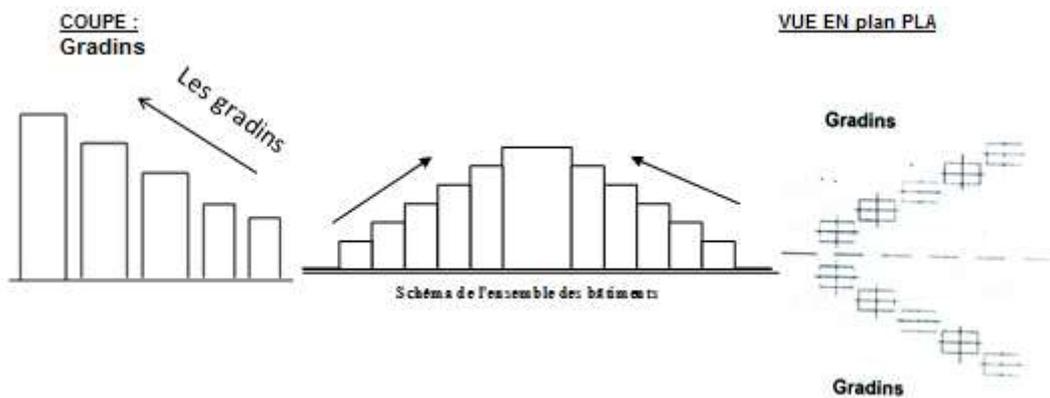


Figure 47 : Schéma de l'ensemble des bâtiments source : Fichier PDF

Le gradin à l'horizontal :

Pour répondre à l'exigence de la vue panoramique sur El Masjid El Harem.

Le gradin à la verticale :

- Pour la mise en valeur de l'objet.
- Pour intégrer le projet dans le tissu urbain.

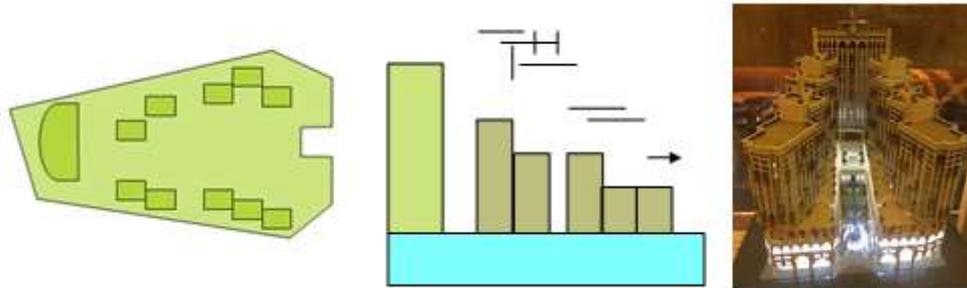


Figure 50 : Organisation spatial de CM Source : hauteur

III.1.6. Les façades :

On remarque qu'il y a une symétrie au niveau de traitement des façades par rapport à la rue intérieure, et on peut distinguer deux parties :

La première partie: c'est la base qui est travaillée **horizontalement** en utilisant des

Arcades monumentales pour marquer les accès du projet et **des arcs complètement vitrés assurant la relation visuelle avec l'extérieure** et pour attirer le public à l'intérieure, ces arcs nous font rappeler en particulier le traitement d'El Masjid El Haram (l'intégration à l'environnement).



Figure 51 : Composition des façades source : google.com

La deuxième partie : c'est les tours d'habitation et l'hôtel, ils ont été traités verticalement en utilisant un élément de base vertical, avec des petites ouvertures et des moucharabihs en bois pour des exigences climatiques et fonctionnelles, on remarque que la répétition de cet élément dans l'hôtel est faite par translation en gardant toujours le même point de départ, par contre dans les tours d'habitations il y a un décalage.



Figure 52 : Façade principale source : Fichier PDF

On constate que la présence des arcs, des coupoles et l'utilisation du verre coloré nous fait rappeler l'architecture arabo musulmane.



Figure 53 : Composition volumétrique façade en relief source : Fichier PDF

Analyse écologique :

Réalisation des petits ouvertures avec moucharabihs en bois pour:

_La décoration des façades

_pour des exigences climatique « climat chaud » inspire de l'architecture traditionnelle,

_protection du soleil « assurer le confort ».

_Et lorsque le bois est un matériau écologique caractérisé par une forte qualité technique et thermique

_Isolation

Analyse des exemples

Le verre est un matériau neutre et le plus naturelle du matériau d'emballage, que l'on peut conserver, réutiliser, collectionner et exposer

Le verre un matériau écologique recyclable 100% et contribue à la protection de l'environnement.



Figure 54 : des moucharabihs en boissource : google.com

La végétation :



Figure 55 : placette jeu d'eau source : google.com

III.1.7. Aspect fonctionnel:

Les différentes espaces du projet sont reliées entre eux selon des relations :

Horizontale : par des passerelles, des galeries et la rue intérieure qu'est l'élément structurant.

Verticale : selon un ensemble des cages d'escaliers, des escalators et des ascenseurs.



Figure 56 :Makah hotel source: google.com

Organisation relationnelle :

D'après l'organisation relationnelle (qui va suivre, on remarque que le centre Commercial est l'espace le plus important du point de vue des relations (espace qui occupe la base de l'équipement, attire les individus et les distribue vers les différents (espaces). Du point de vue grandeur, on remarque la dominance verticale des habitations et la dominance horizontale du Centre Commercial.

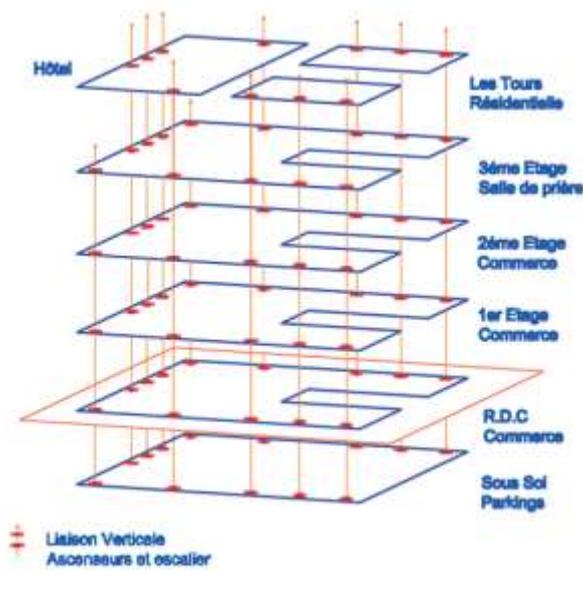


Figure 57 :Organigramme relationnellesource : Fichier PDF (.pdf)

III.1.8. L'étude de programme :

Éléments programmatiques:

Centre commercial	17888m ² .
Salle de prière	24442m ² .
Les bureaux	5524m ² .
Habitat	89285m ² .
Hôtel	5091m ² .
Locaux techniques	38183m ² .
Parking.....	24532m ² .
Surface occupée au sol.....	13700m ² .
Surface total de plancher	

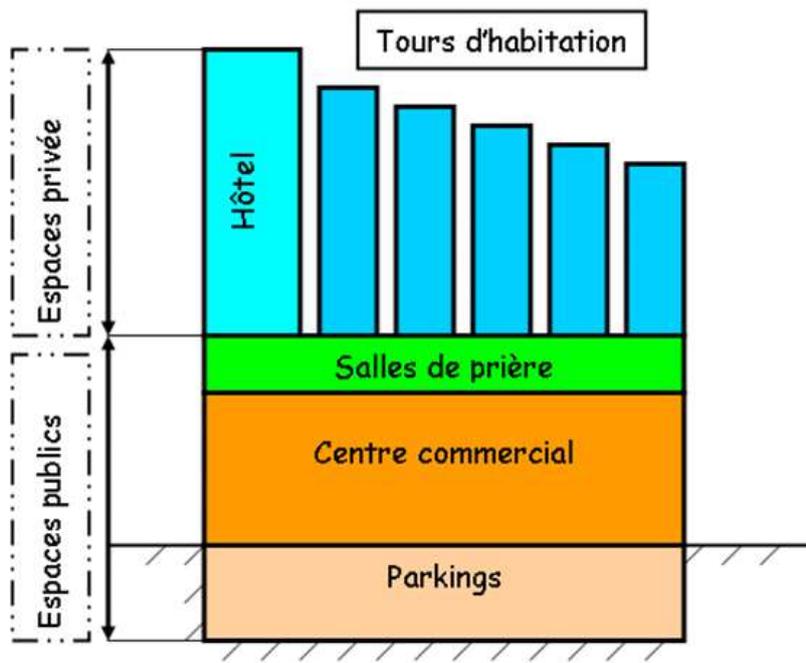


Figure 58 : Schéma de Séparation des espaces de CMF Mekkahsource : Fichier PDF (.pdf)

III.1.8. Lecture des différents plans :

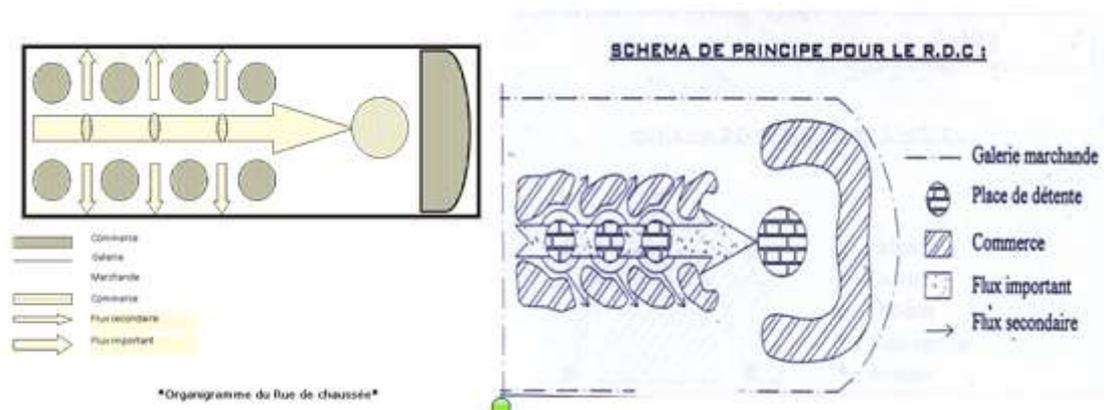


Figure 59 : Schéma de principe de RDCsource : Fichier PDF

Commerce :

Le commerce est reparti sur 3 étages:

Le rez-de-chaussée: est entouré par une galerie marchande où se trouve des magasins qui donnent sur l'extérieur ce qui rend l'espace plus dynamiques et plus animé et attire les gens vers l'intérieur.

Le rez-de-chaussée est divisé par un axe de symétrie en deux ailes, les boutiques et les supermarchés d'une surface de 2000m².

La surface de plancher est de 38183m². Les niveaux contenant les activités commerciales s'organisent



Figure 60 : Plan de RDC source : auteur

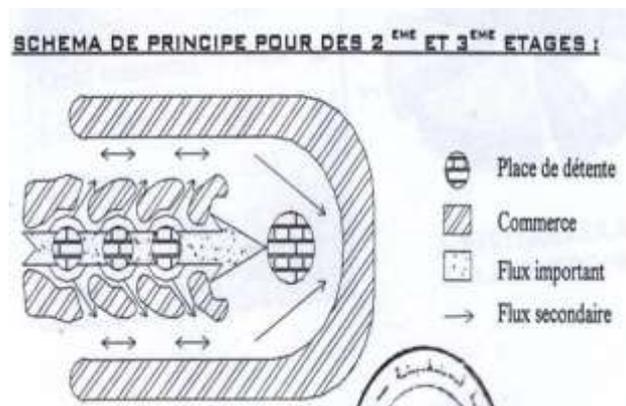


Figure 61 : Schéma de principe de 1 étage source : Fichier PDF

L'espace intermédiaire :

- Selon le principe d'organisation : un axe de distribution se développe l'espace intermédiaire.
- Un axe principale axe secondaires axes tertiaires
- L'espace intermédiaire donne la qualité à l'équipement d'où s'affectent les boutiques commerciales.

Schéma de principe représente l'organigramme du 2^{ème} et 3^{ème} étage par rapports aux Autres composants du projet.

L'espace intermédiaire :

Selon le principe d'organisation : un axe de distribution se développe l'espace intermédiaire .

Un axe principale axe secondaires axes tertiaires

L'espace intermédiaire donne la qualité à l'équipement d'ou s'affectent les boutiques commerciales.

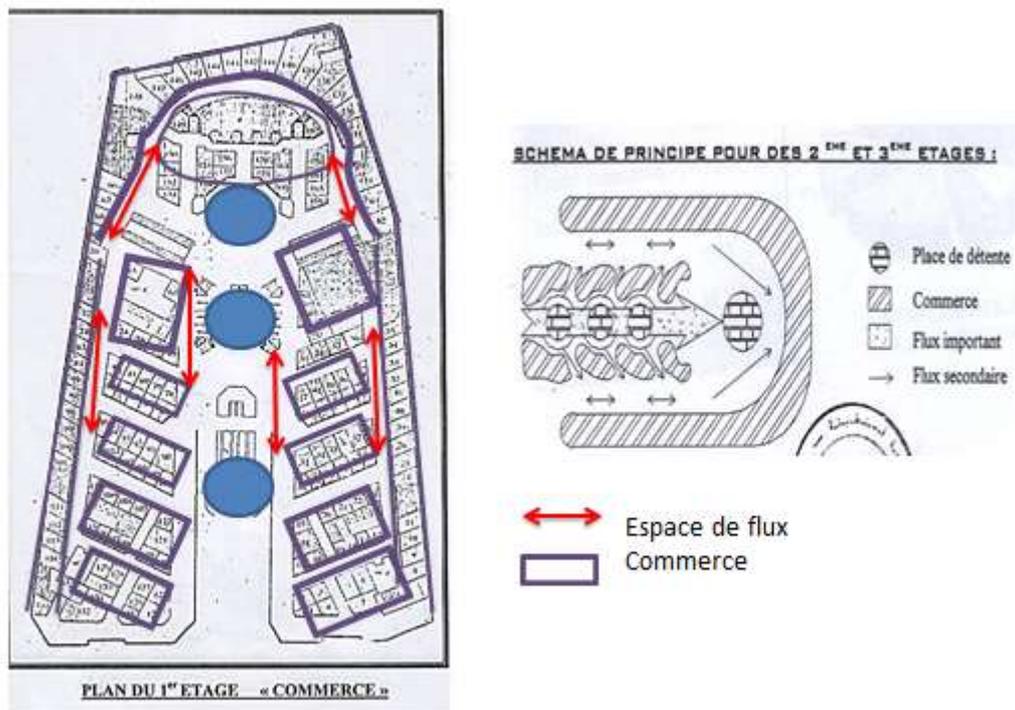


Figure 62 :Plan de 2ème étagesource : Fichier PDF (.pdf)

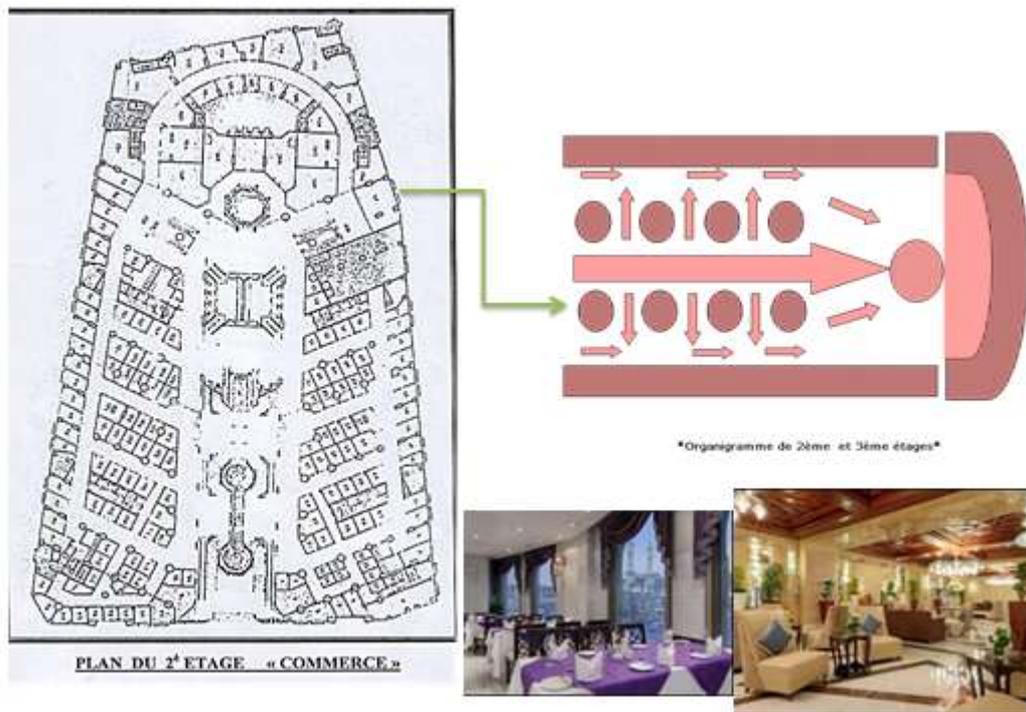
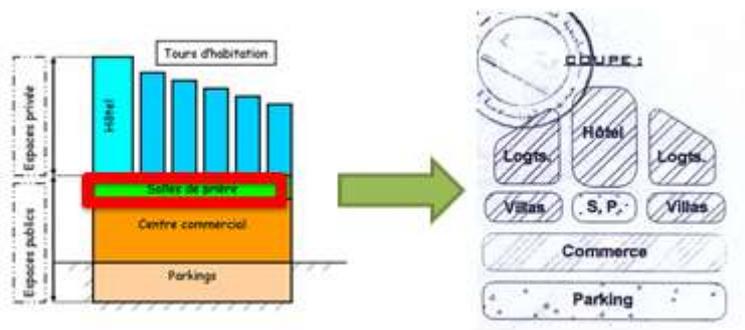


Figure 63 :Organigramme de 2ème étage source : Fichie PDF (.pdf)

La salle de prière:



Espace pour la prière (la salle de prière)

Sa surface est 17888m², elle contient un mousalah et des sanitaires.

Oum El Koura:

Ce village se trouve au-dessus des tours d'habitation et au-dessous le moussallah il se trouve de 46 villas, avec une surface du plancher de 89288m².

Tours d'habitation:

Elles sont réparties en deux rangées de part et d'autre, chaque rangée est composée de 5 tours.



Figure 64 : Plan de 4ème étage source : Fichier PDF

Hôtel:

Sa forme est demi cylindrique, sa surface est de 50918m², il comprend une grande salle polyvalente pour conférence, spectacle et 660 chambres et suites.

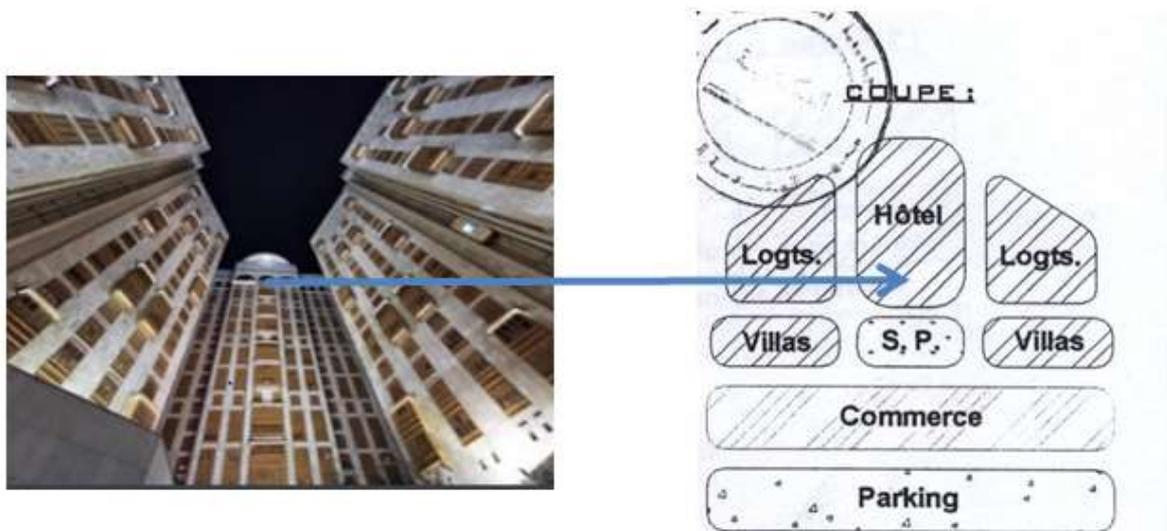
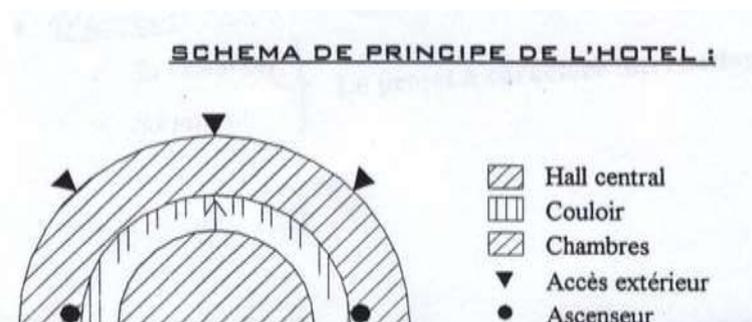


Figure 65 ; Hotels Mekkah source : www.hotels.com Fichier PDF (.pdf)

L'hôtel, qu'est organisé autour d'un hall central donnant sur le couloir, à partir duquel s'organisent les chambres en volume demi cylindrique, ce dernier à l'avantage d'élargir le champ visuel et d'avoir une relation visuelle directe entre les chambres et la mosquée.



Synthèse :

- Le projet se situe dans un site urbain particulier (Intégration passive).
- L'accès principal du projet se fait du grand flux.
- Le nombre d'articulation verticale et sa réparation répondent à la capacité du projet.
- L'apparence de la hiérarchisation des espaces (Exigence fonctionnel).
- L'organisation spatiale se fait à partir d'un axe de distribution répond à une exigence fonctionnel.
- L'aspect architectural répond au besoin de situation géographique.

III.2. Exemples 2 : Complexe multifonctionnel Arribat Center : une nouvelle centralité urbaine pour l'Agdal

III.2.1. Motivation du choix :

On a choisi cet exemple pour

- Son inscription dans le développement durable : faible consommation énergétique, Haute Qualité Environnementale HQE, lumière naturelle, végétalisation.
- Un projet présente une mixité fonctionnelle

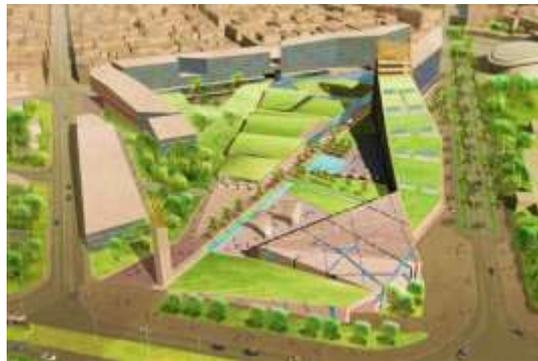


Figure 66 : CMF Arribat center Source : <http://www.foncierechellah.ma/actifs/arribat>

Le centre commercial dispose d'une situation idéale, en plein cœur du quartier très commerçant de Rabat Agdal.

III.2.2. Situation du projet :



Figure 67 : Plan de situation arribat centre Source : www.extra-maroc.c

_orientation : Le projet est implanté d'une façon à ce que les façades orientées majoritairement au nord et à l'est.



Figure 68 : les accès de CMF Source : <http://www.foncierechellah.ma/actifs/arribatcenter>

III.2.3. Limite et accessibilité :

La séparation entre la circulation piétonne et mécanique

Le CMF est béni d'une bonne accessibilité grâce à leur situation au cœur du quartier de l'Agdal à Rabat, et représentera un véritable lieu de vie et d'animation pour la communauté de la ville.



Figure 69 : Concept d'îlot ouvert. Source : Auteur

III.2.4. Composition volumétrique :

III.2.5. Genèses de projet :

Le concept d'**îlot ouvert** repose sur la qualité des espaces généreux propres à l'architecture traditionnelle marocaine.

On prévoit **qu'une partie des terrasses du complexe soit recouverte de jardins**. Car Rabat, à travers son histoire, est considérée comme une ville jardin.

D'îlot ouvert :

Les volumes décroissants des bâtiments vers l'avenue des Nations Unies qui permet une parfaite intégration au paysage résidentiel et boisé situé à l'est.



Figure 70 : intégration au paysage urbain. Source : <http://www.foncierechellah.ma/wp>

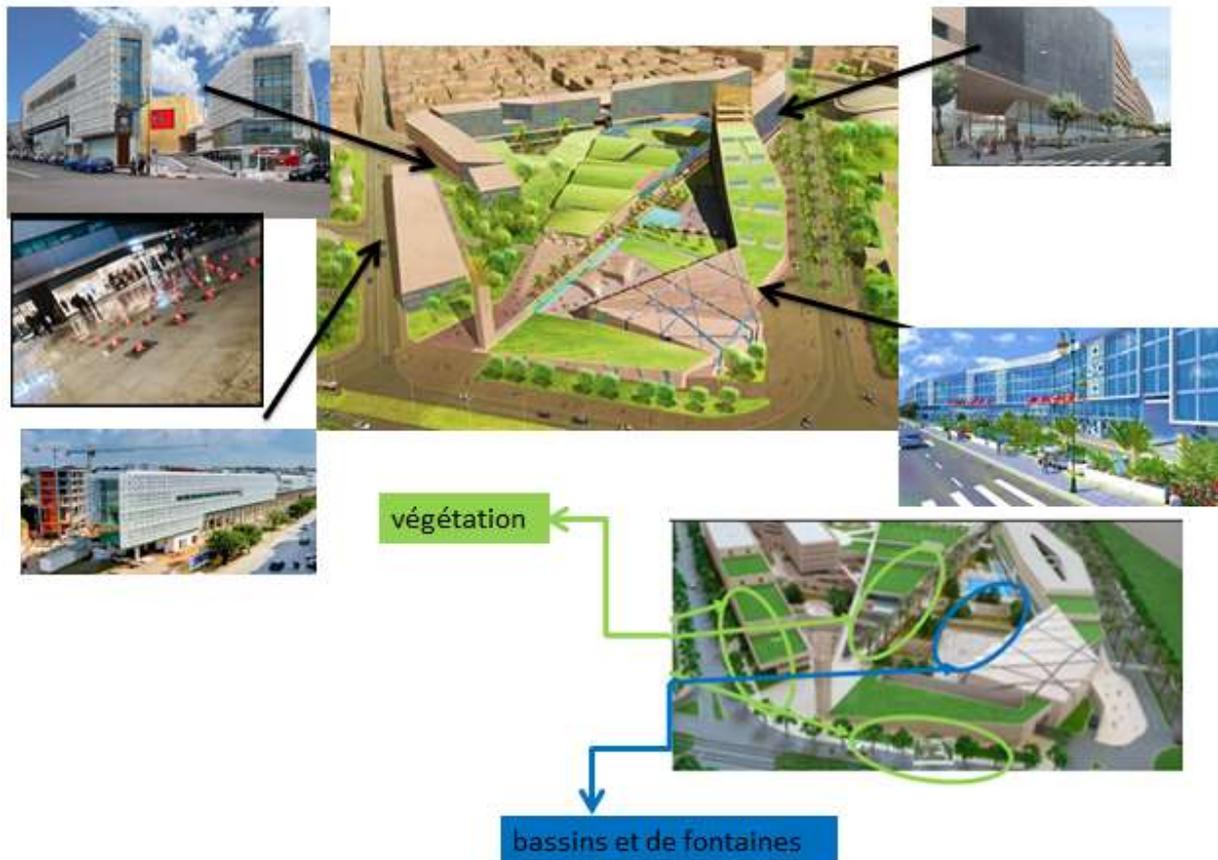


Figure 71 : Le volume de CMFSource : 1, 2,3 <http://www.foncierchellah.ma/wp->

L'environnement et le paysage au cœur des préoccupations :

-Le cœur de l'îlot, très végétal, offre **un parc urbain ouvert** et accueillant. C'est un lieu de détente et de rencontre. Avec ses places et ses nombreux cheminements, il constitue un véritable cadre de vie et de mixité sociale.

-Le projet vise à développer **un modèle soucieux de l'environnement et de l'intégration paysagère**. Il se donne pour ambition de conserver l'esprit de « cité - jardin » propre au quartier de l'Agdal, tout en affirmant son ambition urbaine.



Figure 72 : L'intégration paysagère. Source : <http://www.foncierchellah.ma/wp->

Des espaces généreux où l'élément eau est omniprésent : piscine, bassins, fontaines... assurent au site un confort hygrothermique. De larges espaces verts ont aussi pour fonction d'infiltrer largement les eaux de ruissellement, de filtrer les poussières et d'absorber partiellement les émissions de CO².

Les eaux pluviales sont réutilisées pour assurer l'arrosage des espaces verts et le nettoyage des abords des commerces. **Les installations de climatisation** sont équipées de dispositifs économiques.

_En épousant le terrain en dénivelé, le projet assure une juste intégration au site tout en reliant entre elles les différentes activités.

III.2.6. Analyse des façades :



Figure 73 : Façade de CMF

Source : <http://www.foncierechellah.ma/wpcontent>

La double peau, faisant office de moucharabieh ainsi que le choix de vitrages sélectifs, jouent d'ailleurs, à ce titre, un rôle important dans la régulation thermique du bâtiment.

Analyse des exemples

Sont protégées par des débords de toiture et/ou des dispositifs de brise-soleil offrent à la fois une lumière naturelle confortable et filtrée sans apport. Thermique.

Aspect fonctionnel :

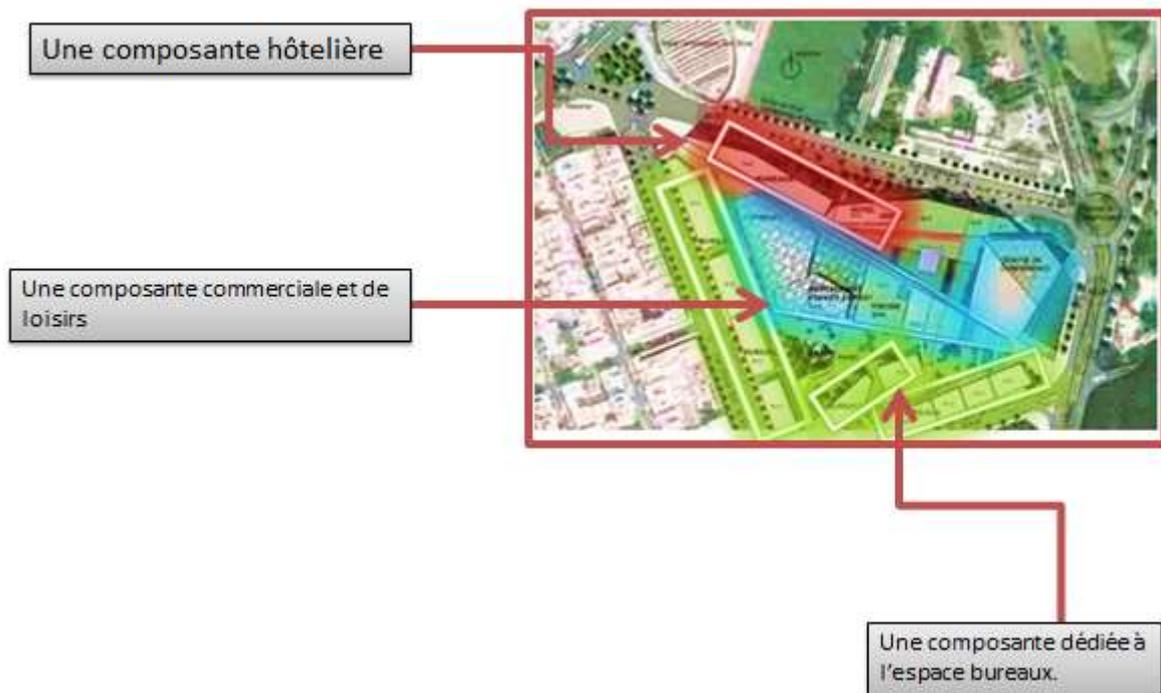


Figure 74 : les trois axes de CMF d'arribat. Source : <http://www.foncierechellah.ma/actifs/arribatcenter>

III.2.8. Organigramme spatial:

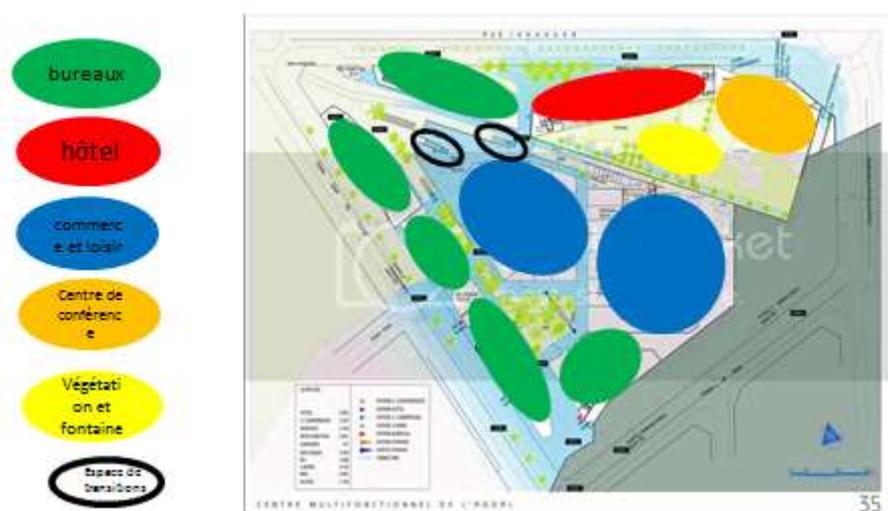


Figure 75 : Organisation et distribution spatiale source : auteur

Tableau 4 :L'étude de programme source : mémoire khedairia corrigé.pdf p.33

Espace	Surface	Description
deux parkings sous terrain	1.800 places 76,380m ²	Les parkings ditués sur l'ensemble de site ; son organiser sur deux niveaux de sous-sol est répartis en un parking public située sous le programme commerciale, des parkings de stationnement dédiés aux bureaux et le parking de l'hôtel avec un propre accès
L'hypermarché et la galerie commerciale	31.000 m	Le centre commercial est constitué en partie d'un mail « à ciel ouvert », limitant ainsi les dépenses énergétiques. Le choix des matériaux, des procédés constructifs, de la gestion du chantier et des déchets, a été dicté par la recherche d'un impact limité sur l'environnement selon les recommandations de l'étude environnementale.
Coté loisirs	1.600 places	Le cœur de l'îlot, très végétal, offre aux riverains un parc urbain ouvert et accueillant. C'est un lieu de détente et de rencontre
La composante hôtelière 4* R+4	200 chambres	L'hôtel 5 * manifeste sa présence sa forme incurvée qui permet d'aménager un espace d'accueil privilégié aux clients, accompagnateurs et visiteurs de l'hôtel.
Un centre de conférence	2.800 m ²	Un centre de conférences de 2.800 m ² (soit aux alentours de 700 places
Les plateaux de bureaux R+1. R+4	35,240m ²	Les ensembles de bureaux se composent de bâtiments de 1 à 4 niveaux. Ils trouvent

III.2.10. Lecture des différents plans :

Plan RDC :

L'hyper marché **Marjane** est le plus grand jamais construit au Maroc, il est totalement encastré dans le terrain, et directement connecté à la galerie marchande et aux parkings par l'intermédiaire d'escalators, ascenseurs et travelators.



Figure 76 : Plan RDC du centre commercial de Rabat Agdalsource : <http://arribat-centre.net/horaires>

Outre les plus grandes marques de la restauration et les nombreuses boutiques ...

Plan 1^{er} étage :

Le centre commercial dispose également d'un Hôtel, d'une piscine, d'un spa, et même d'un cinéma MEGARAMA.



Figure 77 : Cinéma MEGARAMA.source : <http://arribat-centre.net/arribat>.



Figure 78 : Plan 1ère étage du centre commercial de Rabat Agdal source : <http://arribat-centre.net/horaires>

L'hôtel dispose de 190 chambres, couplé à un centre de conférences de 2.800 m² (soit aux alentours de 700 places).

Un hôtel 5 étoiles d'une capacité de 190 chambres, le Marriott vous accueille en plein cœur de Rabat Agdal dans le fabuleux centre commercial : Arribat.

Plan 2^{ème} étage :

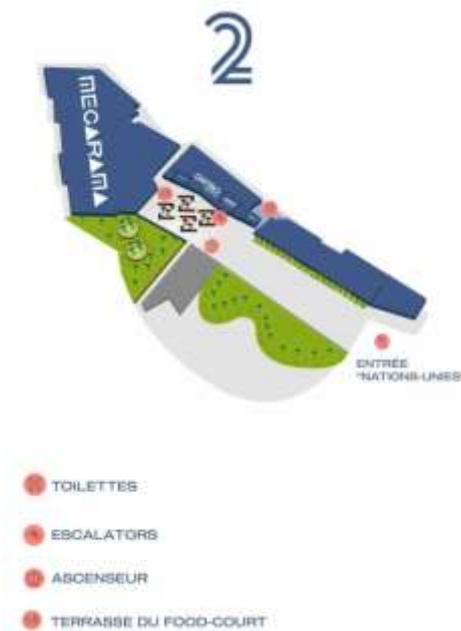


Figure 79 :plan 2ème étage du centre commercial de RabatAgdal source : <http://arribat-centre.net/horaires>.

Synthèse :

L'utilisation des matériaux moderne écologiques, économiques et recyclables qui respectent la nature

- L'utilisation de concept d'îlot ouvert.
- Capacité en relation avec la taille du projet
- L'aménagement extérieur crée l'harmonie entre l'intérieur et l'extérieur et assure l'équilibre nature.
- l'intégration du projet dans son environnement immédiat
- Des volumes riche et varié d'une nature importante.
- Assurer une pénétration et une circulation fluide, souple et accueillante pour permettre une bonne utilisation de l'équipement.
- Forme compacte
- Agrandir les lieux de rencontre et les favoriser par l'aménagement des espaces : eau, végétation, placettes, ... etc.

III.3. Exemples 3 : CNIT (Paris La Défense)

III.3.1. Présentation de la défense:

Paris La Défense est un quartier d'affaire situé dans l'Ouest parisien dans le département des Hauts-de-Seine. Il s'étend sur trois communes Nanterre principalement mais aussi Puteaux et Courbevoie, construit sur l'une des plus vastes dalles en béton du monde (125ha), c'est une destination majeure du tourisme d'affaire en **Europe**.



III.3.2. Situation du projet :

Situé dans l'ouest parisien dans le département des hautes de seine ; s'étend sur trois communes. D'une superficie de 125 ha.

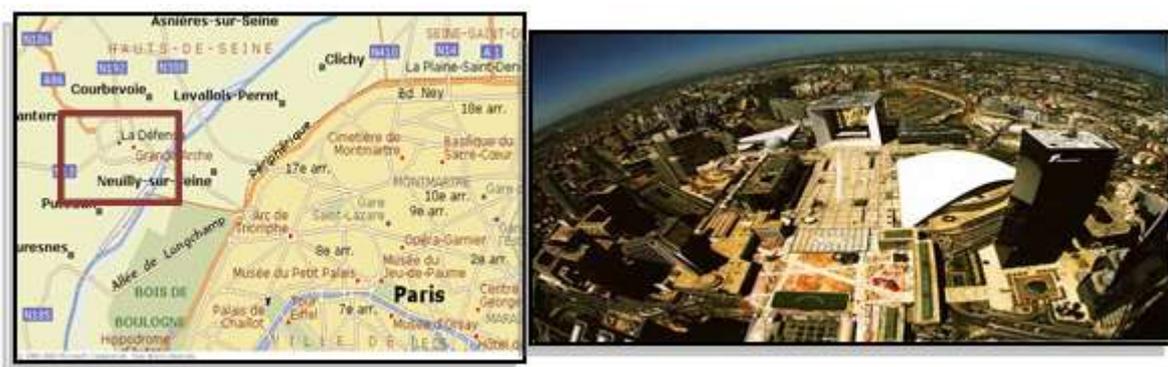


Figure 80 : Plan de situation de la défencesource : www.google.com/maps

Plan de masse :

Le terrain occupe une surface triangulaire alignée par rapport à la route voisine.

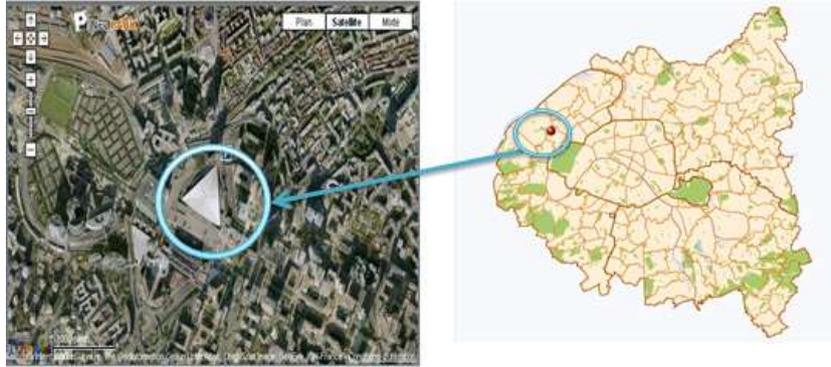


Figure 81 : Vue aérienne de Paris la défense. source : Fichier PDF

III.3.3. Limite et accessibilité :

Localisation du CNIT sur le quartier de défense

Accessibilité :

Circulation piétonne :

Pour les accès piétons, le grand boulevard qui englobe tous les quartiers ainsi que le CNIT.

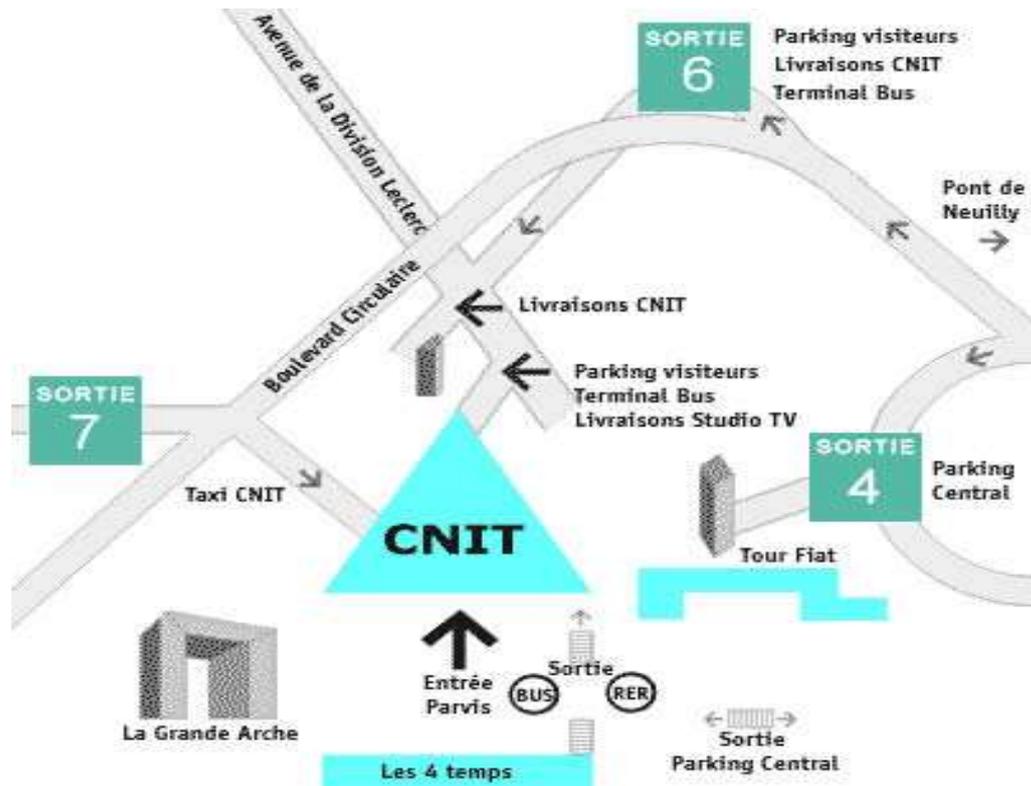


Figure 82 : Accessibilité de CNIT source : www.google.com

Circulation mécanique :

Ce quartier possède une circulation mécanique très dense à partir des différents moyens de transport (métro, gare, SNCF, et voie circulaire).

III.3.4. Composition volumétrique :

Pour cette forme ils ont choisi la forme triangulaire associée à la forme circulaire compacte (monobloc).

Volumétrie :

C'est un monobloc d'une forme triangulaire définissant la plus grande voûte du monde symbolise la puissance économique. Dimensions: Espace couvert: 220500m² ,Distance entre appuis : 218m, Gabarit: 46,30m.

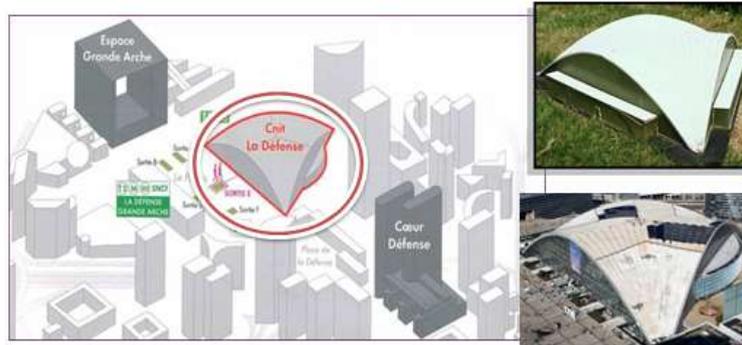


Figure 83 : Volume de CNIT. source www.google.com.

III.3.5. Analyse des façades :

Les façades du CNIT sont en verre tenu par des profilés très minces en acier inoxydable.

Façade principale



Façade latérale



Figure 84 : Façades de CNIT. Source : <http://cdn.ampproject.org>.

On remarque l'utilisation de la forme circulaire seulement, couverte d'un **verre omni cristal** pour éviter l'effet écran, cette forme imposante va renforcer le caractère français et montré sa puissance économique.



Figure 85 : Façade de CNIT source : le parisien-fr.cdn.ampproject.org.

L'acier inoxydable:

Est un acier à base fer et de carbone avec plus de 10,5% de chrome dont la propriété

Caractéristique est une bonne résistance à la corrosion grâce à la formation d'une couche

Protectrice d'oxyde de chrome en surface

Il fait partie des produits qui impact environnemental très faible.

III.3.6. Point de vue écologique :

Structure et matériaux :

Sa structure triangulaire repose sur trois points qui sont 218m distance « 217,93m » entre

Eux, le centre du toit se lève plus de 46 m au-dessus du sol à l'intérieur ne fournissent aucun soutien Structurel offrant plutôt l'apparence d'être pendu de la durée elle-même

Élévations verre qui est le coté murs sont détendus par des sections très minces de l'acier.

Inoxydable.

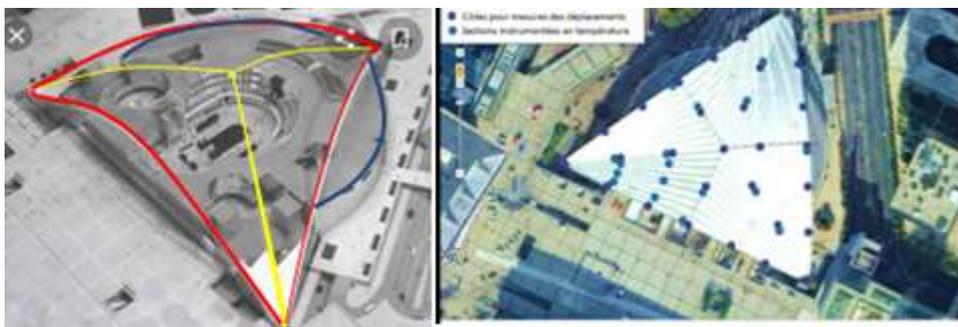


Figure 86 : Vue aérienne de la route de CNIT. Source : www.google.com

Principe de construction:

L'ingénieur Nicolas est inspiré par les voûtes nervurées gothiques pour résoudre les problèmes structurels posés par le plafond triangulaire.

Jean Prouvé a choisi la conception des entrées pour le CNIT.

Oscar Neimeyer et Philip Johnson ont conçu 3 façades, panneaux mobiles, le verre afin qu'ils puissent développer si l'humidité.



III.3.7. Aspect fonctionnel :

Le CNIT de 4 niveaux, chaque niveau contient un espace qui facilite l'accès aux autres espaces.

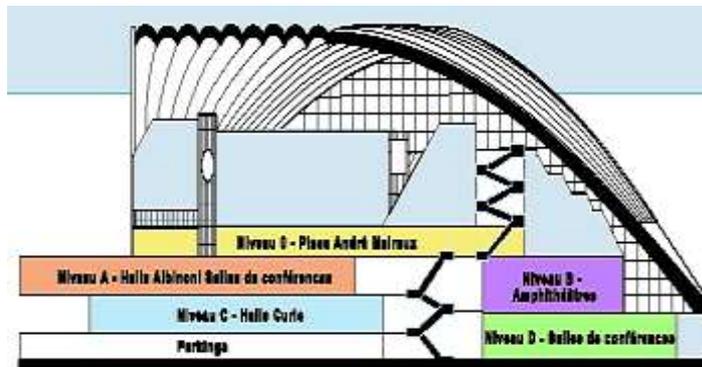


Figure 87 : Coupe schématique de CNIT. Source : fichier PDF

III.3.8. Lecture des différents plans :

Niveau O

Niveau C :

Vestiaires, commissariats, accueil, hall

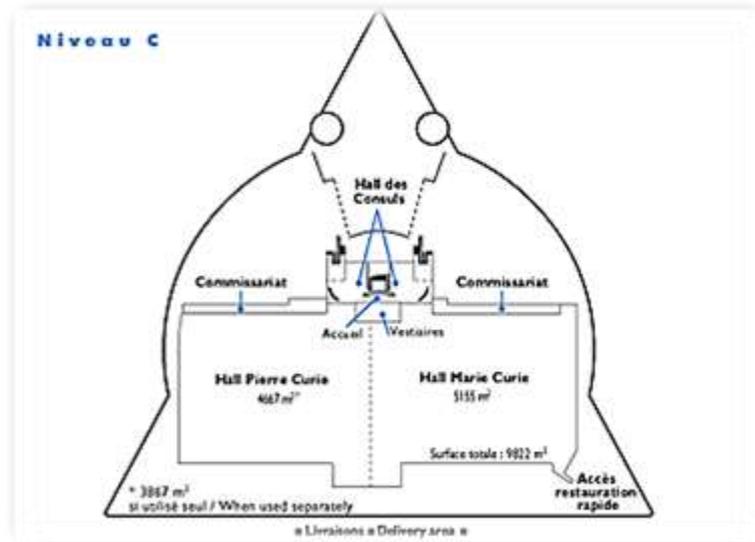


Figure 90 : Plan de niveau C. Source : fichier PDF (pdf)

Niveau D :

Bureaux, vestiaires, amphithéâtres, commissariats, espaces polyvalents

Tableau 5 : L'étude de programme. source : fichier PDF (pdf)

	Activités	Locaux	Surface (M²)	Confort	Remarque
Affaire	-Conférence -Réunion Fonctions libérales	-03 salles conférence -21 salles de réunions - 06 salles - 03salles - 12 salles 39 bureaux	300 750 120 110 80 50 /	-Isolation thermique et phonique assurées par sa voûte en double coque (6cm chacune), reliées par des aunes et des tympans préfabriqués.	-Chaque niveau du CNIT regroupe deux fonctions ou plus reliées entre elles avec un grand hall.
Commerce	/	24 locaux commerciaux	/		-Les espaces de commerces occupent le RDC, afin de faciliter l'accès aux services quotidiens et de proximité qui reçoivent le plus grand nombre d'usagers.
Hébergement	Détente / Travail	Chambres	/		
Détente et loisir	Accueil exposition	- hall (1) - hall (2) - hall (3) - hall (4) -Salle (1) -Salle (1) -Salle (1) -Salle (1)	335 400 400 500 2877 5232 3867 5155		-Les espaces d'accueil et d'exposition couvrent la majorité de la surface ce qui affirme la vocation de ce bâtiment (exposition des nouvelles industries et technologies).

Les recommandations retenues d'après les analyses :

- Le C.M.F est le cadre bâtis englobe les fonctions de la ville : Travailler, se cultiver, se détendre et habiter.
- il est possible de cerner un certain nombre des points fondamentaux
- le bon choix de terrain assure une animation continue.
- l'existence d'une placette ou esplanade assure une continuité urbaine.
- diversité d'accès donne une flexibilité à l'accessibilité
- optimisation de la technologie dans les matériaux et traitement de façade assure une valeur architecturale très importante.
- les différentes astuces pour une haute qualité architecturale Ces informations nous permettent à présent d'avoir une approche plus claire du sujet de notre recherche.
- Forme compacte
- Agrandir les lieux de rencontre et les favoriser par l'aménagement des espaces : eau, végétation, placettes, ... etc.

Conclusion :

Les trois exemples s'intègrent parfaitement avec leurs environnements par ses volumétries et ses façades qui répondent parfaitement à l'architecture de la nature et de plus l'utilisation des matériaux écologiques et recyclables. Les deux projets respectent l'architecture traditionnelle de leurs régions mais dans une vision contemporain.

IV_ Approche contextuelle :

Dans cette partie on va présenter la commune de Hammam Dbegh on général et le site et le terrain d'intervention en détails, réaliser une étude générale pour le site pour une bonne exploitation de cette terrain, elle se compose de 2 chapitres le premier chapitre se focaliser sur la région de Hammam Dbegh et le deuxième consacrer pour le terrain d'implantation.

IV. 1Présentation et situation de la commune « Hammam Dbegh » :

Hammam Meskhoutine (bain des damnés), aussi connu sous le nom de Hammam Meskoutine (bain de musc et d'argile), est une station thermale située à 15 km de la ville de Guelma au nord-est de l'Algérie et est une des nombreuses stations thermales de cette région.



Figure 91 : plan de situation de la commune Hammam Dbegh source :www.google.com

IV.3.Situation du Hammam Dbegh par rapport à la ville Guelma :

La commune de Hammam Dbegh est située à l'Ouest du chef-lieu de la wilaya de Guelma. Elle appartient à la région montagneuse de la wilaya et s'étend sur une superficie de 58.75 km² avec un nombre de population de 18032 habitants, selon RGPH 31-12-2015.

Elle est délimitée par :



Figure 92 : La commune de hammam Debagh Source : Personnel

Au Nord : la commune de Roknia.

Au Sud : la commune de Houari Boumediene.

A l'Est : la commune de Medjaz Ammar.

A l'Ouest : la commune de Bouhamdane.⁸²

IV. 1.4-accessibilité :

La commune de Hammam Debagh est accessible par les chemins de la wilaya CW 122 et le CW 27, (Représentés sur la carte suivante).



Figure 93 :Situation de terrain par rapport à la ville Source : Google Earth

IV.3.Historiques de la région de Hammam Debagh :

L'histoire, nous résume le passé de toute la région fondée par les numides et conquises par les romains, Elle fut saccagée par les vandales et fortifier par les byzantins puis tomba de bonne

Heure, aux mains des arabes et dynastie qui se succédèrent, puis vint l'hégémonie turque, l'occupation et la construction de Guelma, avec une rapide croissance après l'indépendance.



Figure 94 : développement historique de Hammam Dbegh

Source : www.google.com

IV.4.La Topographie :

La commune de Hammam Debagh est située dans une zone accidentée, à part les zones qui longent l'Oued Bouhamdane, tout le reste est composé de collines, piémonts et enclaves.

- Le terrain de la commune varie en fonction de la diversité topographique du domaine, on retrouve donc les zones montagneuses de la région plus ou moins au Nord représenté par Jabal al-Dabbagh avec une altitude 1049 m.
- Djebel Grar avec 10510 m.
- Djebel Taya avec 1208 m.
- A l'Est Djebel Fedj Abdellah et Djebel Groua.

dont les pentes dépassent 50%, et les pentes des montagnes



Figure 95 : carte topographique de Hammam Dbegh

Géographie physique :

En résumé soit :

- 30% montagnes.
- 20% de collines.
- 20% de plaines.
- 30 % reste ou autres.

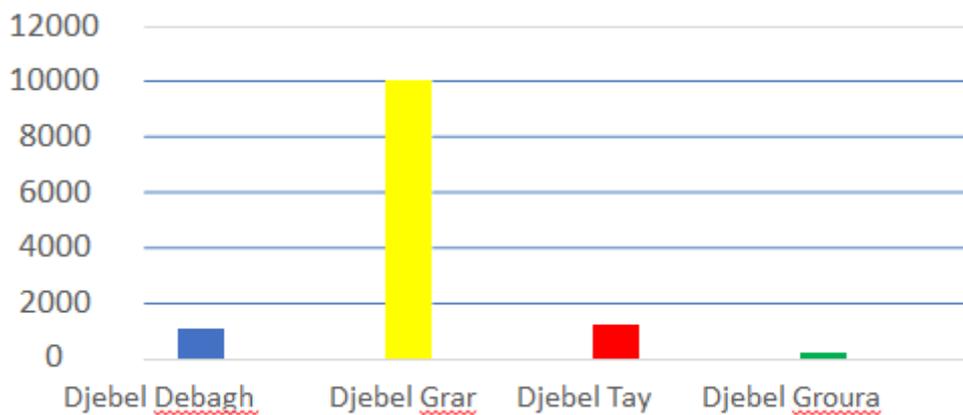


Figure 96 :Diag : Les altitudes des montagnes qui entourent Hammam Debagh

IV.5.Hydrographie :

Deux grands bassins de collecte d'eau.

- Un bassin majeur est le cours de la vallée de Bohmedan, où il est alimenté par plusieurs récifs et cours d'eaux
- Un bassin de collecte qui forme le cours de Wadi Al-Rukniya: Il est situé dans la partie nord du commun.



Figure 97 : la vallé Bouhamdan à Guelma source : google.com

- Eau Souterrain (Puits Bir Osman) :
- C'est en fait merveille géologie qui correspond au lac souterraine découvert par l'accident au début du siècle dernier, suite à l'effondrement d'une roche, le lac contient de l'eau fraîche et une taille considérable d'une capacité de 100 m de long et 35 m de large et 13 m en profondeur.



Figure 98 : Lac souterrain à Bir Osmane source : <http://www.facebook.com>

IV.6. Les richesses de la commune de Hammam Debagh :

Des richesses en Ruines (Cascade, Dolmens-bains, la forêt, les sources d'eaux)

IV.6.1. La Cascade « bain de chellala » :

C'est une image majestueuse d'une cataracte pétrifiée. Elle est caractérisée par le calme, la beauté et les paysages pittoresques, et il est mondialement connu car c'est une zone touristique unique et d'un caractère agricole, elle est très située dans un endroit merveilleux où les gens peuvent se promener car son eau coule sur un petit ruisseau relié à la montagne de calcaire, et son eau naturelle émet du sol à une température de 96 degrés Celsius et dépasse 6500 litres par minute. Si elle est d'une blancheur éclatante, là où l'eau coule en abondance, affectant les

couleurs les plus variées, aux endroits secs ou à courant peu considérable, ses incrustations calcaires sont colorées en teintes diverses dont les jaunes rougeâtres provenant de la présence de champignons microscopiques.

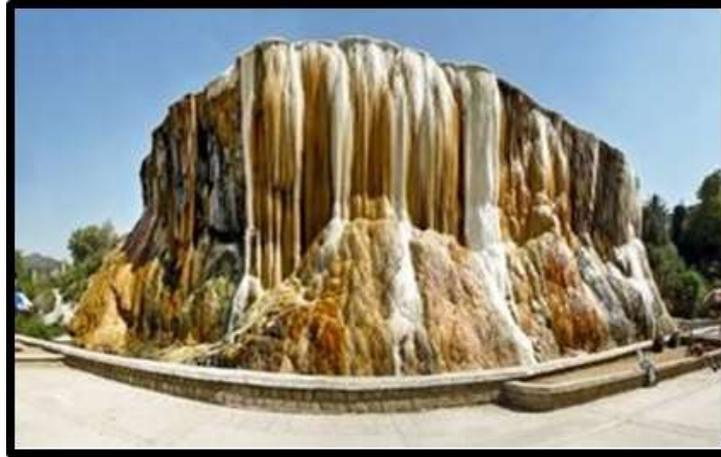


Figure 99 : Cascade de Hammam Debagh source : <http://www.andi.dz/PDF/monographies/Guelma.pdf>

IV.6.2. Les dolmens :

Il y a d'autres extraordinaires curiosités dans la partie Nord. Cette attraction occupe l'un de ces stupéfiants lieux par le silence et la solitude qui y règne. Les dolmens tombeaux néolithique formés de massives tables de pierre brute, sont groupés sur un plateau rocheux au bord d'une falaise.



Figure 100 ; Nécropole de Dolmens et grottes funéraires de Roknia Source : <http://www.wikipedia.com>

IV.6.3.Les forêts:

La richesse forestière de cette région offre un grand bien fait pour l'adoucissement du climat et de sa filtration des polluants. Les oliviers et les eucalyptus sont les principaux types existants

IV.6.4.Les sources et les eaux :

Elles se divisent en neuf groupes :

1. Ain Skhouna.
2. Source du ruisseau.
3. Celle de la grande Cascade.
4. Celles dites des bains.
5. Aïn Echfaa.
6. Sources du plateau des cônes.
7. Celles de l'ancien chemin de fer.
8. Celles de Bouhamdane.
9. Quatre autres affleurements.
10. Les sources de l'eau.

Tableau 6: Les principales sources thermales à Hammam Debagh source : mémoire PDF

Dénomination de la source	Débit L/S	Commune	Effet Thérapeutique
• Ain Cheddakha	17	Hammam Debagh	Affections Rhumatismes, Affections neurologiques, Affection de peau, Affection du domaine de l'Auto-rhino, Affections respiratoires...
• Ben Nadji	21		
• Ain Chefa	11		

▪ **Les caractéristiques physiques :**

Température : 97°C, Eaux hyperthermales PH : 7.6 à neutralité alcaline (PH Alcaline)

▪ **Les caractéristiques chimiques :**

Minéralisation principale :

-Eaux sulfatés mixtes Minéralisation secondaire :

- Eaux bicarbonatées mixtes

IV.7.Climatologie :

Le climat:

La région est située dans la région de l'Atlas, qui est caractérisée par le même climat, c'est-à-dire le climat de l'Atlas, qui se distingue Avec un hiver froid et pluvieux et un été chaud et sec, nous parlerons de plusieurs facteurs climatiques.

La précipitation :

Analyse cas d'étude :

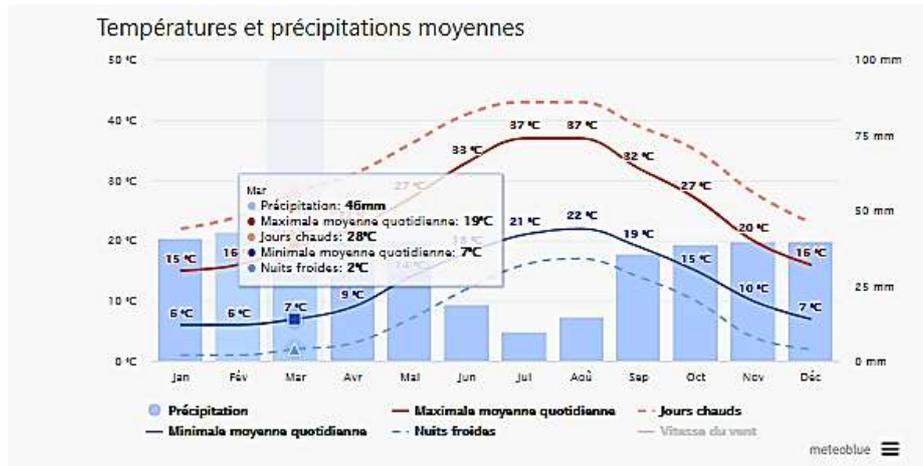


Figure 101: carte de précipitation à Hammam Dbegh source : météo-Blue Hammam Miskoutine

La zone d'étude est généralement caractérisée par de fortes précipitations, surtout en hiver, où les précipitations moyennes pendant les mois de décembre, janvier et février, respectivement 97 mm et 102 mm 84 mm, et cette quantité diminue à l'approche de la saison estivale,

Puisqu'elle atteint en juillet et parfois seulement 08 mm et aucune précipitation Souvent en été.

Tableau 7:Tableau montrant les précipitations mensuelles source : doc pdf Hammam Dbegh

Le mois	sept	oct.	nov.	déc.	jan	fév	mars	avril	mai	juin	juillet	Août	total
tomber	37	53	66	97	102	84	68	35	54	21	08	11	654

La température :

Analyse cas d'étude :

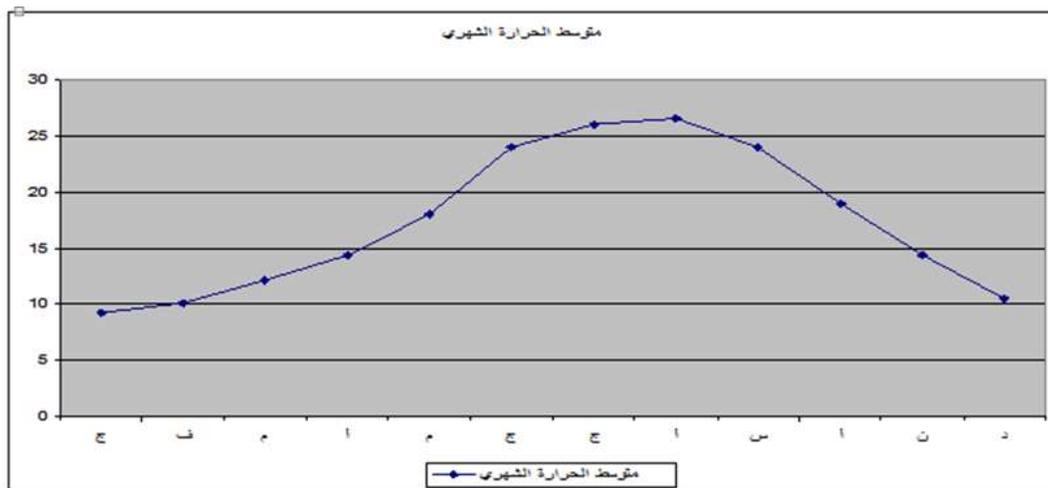


Figure 102 : diagramme de température annuelle source : pdf

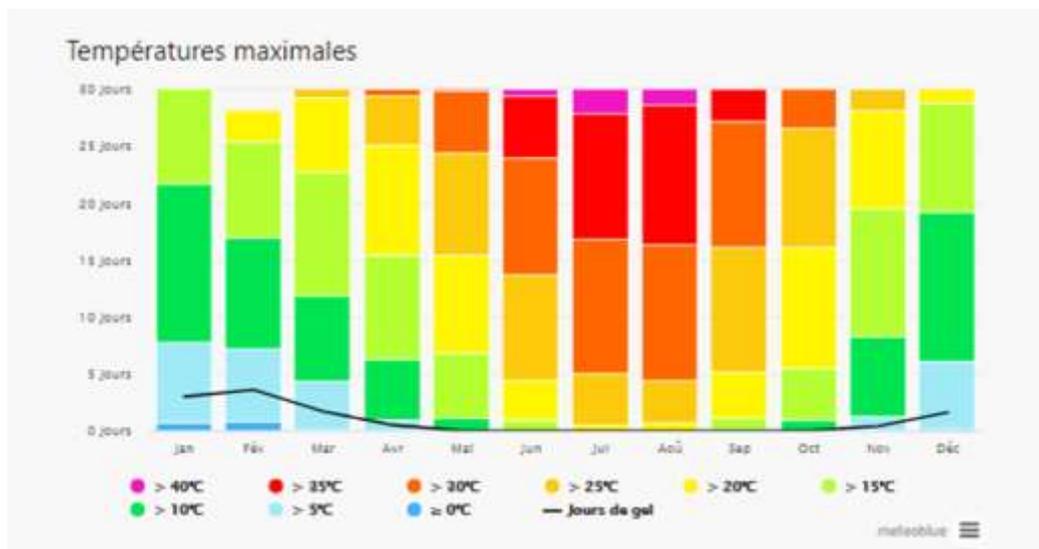


Figure 103 : la température maximal à Hammam Dbeghs source : Météo Blue Hammam Miskoutine

À travers le graphique, on note que la région est caractérisée par deux périodes de chaleur

* Une période froide et s'étend de novembre à avril, lorsque la température est la plus basse du mois de Janvier, une moyenne mensuelle de 9,3

* Une période chaude qui s'étend de mai à septembre, où la température maximale est le 26 août.

L'ensoleillement :

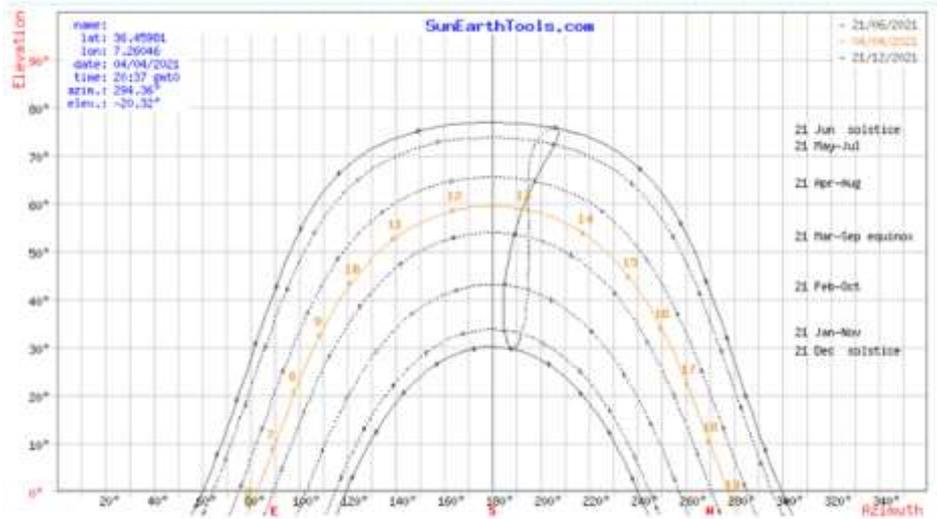


Figure 104 : diagramme solaire source : Météo Blue Hammam Miskoutine

L'humidité

: l'humidité relative à Hammam Dbegh8 Tableau

Le mois	sept	oct	nov	déc	Jan	fév	mars	avril	mai	juin	juillet	août	L'année
Le jour	54	64	69	70	70	69	64	64	62	55	48	46	61

L'humidité augmente pendant les mois de novembre, décembre, janvier et février de 69% à 70%, puis commence à diminuer pendant les autres mois, car l'humidité en saison estivale, en particulier en août, atteint 46%.

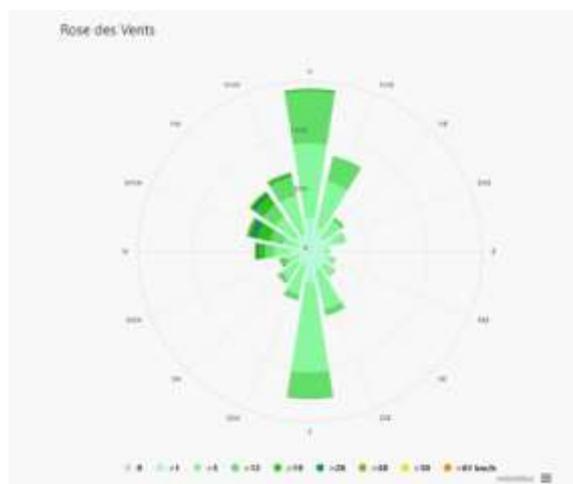


Figure 105 : les vents dominants à Hammam Dbegh source Météo Blue Hammam Miskoutine

Tableau 9 : les vents dominants source : pdf

Le mois	Fréquence annuelle
nord	14,14
Nord est	18,72
est	6,91
Sud est	11,36
sud	04,22
Sud-ouest	08,80
ouest	12,08
Nord-ouest	23,77

IV.7.La ZET (Zone d'Expansion Touristique) de Hammam Debagh :

La Zone d'Expansion Touristique set un plan de l'occupation du sol, dans le but de créer un centre touristique, autonome et répondant aux différents besoins et exigences des visiteurs et touristes qui fréquent.

La ZET de Hammam Debagh est définie par le PDAU dans le but de créer un support touristique pour la commune de Hammam Debagh. En fait la ZET occupe une superficie de 57 ha, est situé à une altitude de 330 m. le site se trouve à proximité des équipements administratifs, scolaires, culturelles et commerciaux.

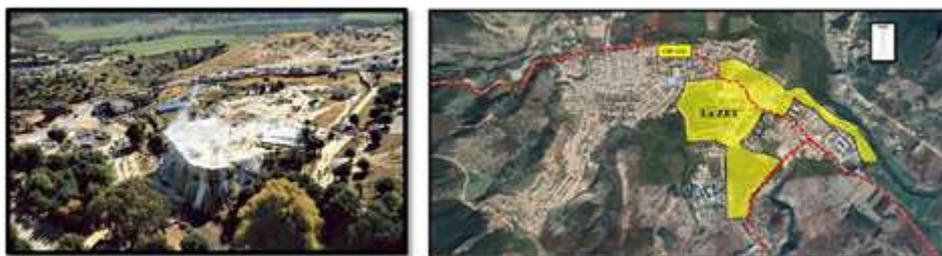


Figure 106 : situation de la zet à Hammam Dbegh source google earth

IV.7.1 La situation de la ZET :

La ZET de Hammam Debagh est située à l'Est de la région de Hammam Debagh, elle est limitée comme suit :

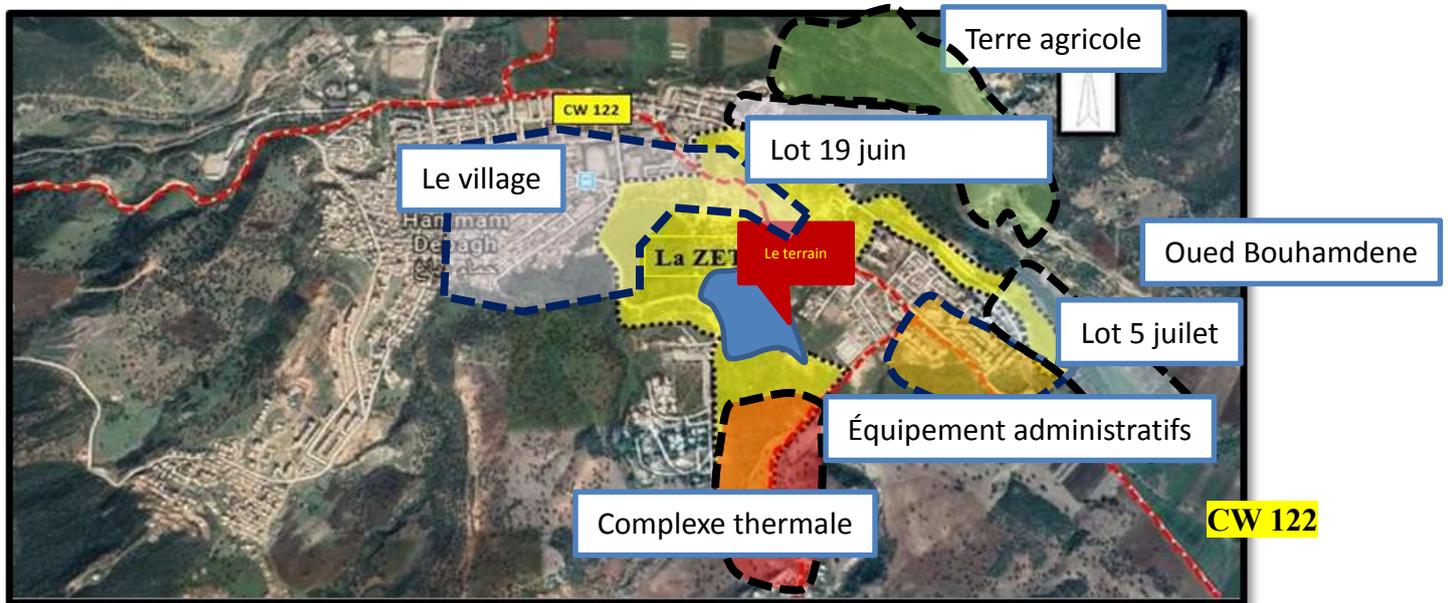


Figure 107 : les limites abordées de la zet source : mémoire pdf

- **A l'Est :** Par des équipements administratifs (Daira, Lycée, Commissariat) et par le CW 122
- **A l'Ouest :** Par Chaaba Zerdaouine. Complexe Thermal Chellala, et par la zone d'habitat à faible densité.

Remarque:

La ZET est un terrain en pente, et on remarque qu'il y a un manque des escaliers reliant entre la partie basse et haute de la zone d'étude.



Figure 108 : les différents accès à la zet source : auteur

Chapitre 1 : terrain d'intervention

Motivation du choix de terrain d'étude :

- la situation du terrain dans un environnement très riche au niveau du plan écologique et de vues panoramique: permet de bien profiter de cette richesse dans l'intervention touristique dans le site
- le terrain favorise les espaces de détente, on peut intégrer les espaces verts et assurer la continuité entre notre projet et les lieux avoisinants surtout que le terrain est inscrit dans un site paysagère agréable
- Surface suffisante.
- Accessibilité au terrain par deux (02) accès.
- le terrain situé dans une région touristique très connue par les visiteurs et les touristes qui nous permettent de créer un écran panoramique grâce à
- sa topographie

IV.8.Présentation du terrain :

IV.8.1.Situation du terrain par rapport à la ville de Guelma

Le terrain se situe sur la commune de Hammam Debagh presque 16 km de distance par rapport au centre-ville de Guelma.



Figure 109 : localisation de Hammam Dbegh à Guelma source Google Earth

IV.8.2.Situation du terrain par rapport à hammam dbegh



Figure 110 : localisation de terrain d'intervention source : auteur

Le terrain d'intervention se situe est nord-ouest. À une altitude de 350m occupant une superficie d'environ 7.7 Hectares, le terrain se trouve dans la Z.E.T de Hammam Débagh



Figure 111 : le terrain d'étude source : auteur

IV.8.3.Limite abords le terrain d'étude :

Notre terrain est limitée par :

- Au Nord : il est limité par le réseau d'assainissement (Chaaba).
- à l'EST : par la fameuse Cascade de Hammam Debagh.
- à l'OUEST : par le forêt.
- Au Sud : par Le complexe thermal Chellala.



Figure 112 : les limites de terrain d'étude source : auteur

IV.8.4. Accessibilité de terrain :

Notre terrain est limitée par :

- Au Nord : il est limité par le réseau d'assainissement (Chaaba).
- à l'EST : par la fameuse Cascade de Hammam Debagh.
- à l'OUEST : par le foret.
- Au Sud : par Le complexe thermal Chellala.

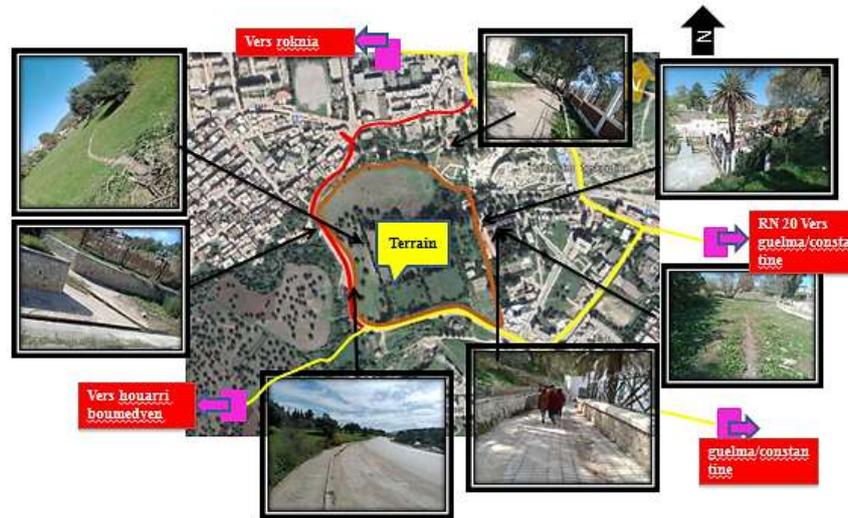


Figure 113 Accessibilité au terrain source : auteur

Le Terrain est accessible par 02 voies secondaires avec un Flux mécanique différents :

La voie jaune de flux mécanique fort. La voie rouge de flux mécanique faible.

IV.8.5. Le maillage :

Le réseau mailler des voiries est planifié en deux formes hiérarchisé et articulé

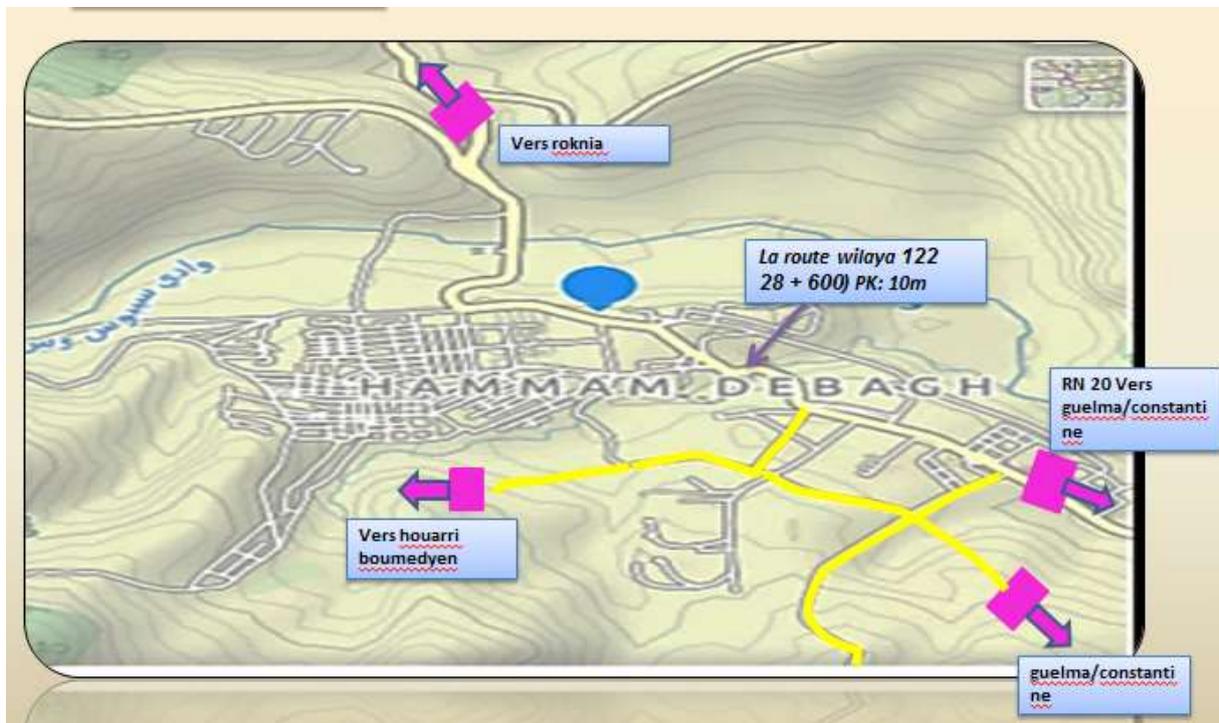


Figure 114 : maillage des voiries de zone d'étude source : auteur

IV.8.6. Les points de repères :



Figure 115 : les points fortes repérés le terrain source google earth

_ Notre terrain est bien repéré par.

_ la cascade de l'eau bouillante.

_ L'hotel de Djihane.

IV.8.7. L'entourage de terrain :

notre terrain d'intervention trouve dans un contexte urbain et thermale grâce à la présence de la cascade thermale et dans une zone végétale : les espaces verts, il se limite par un canal d'eau bouillante

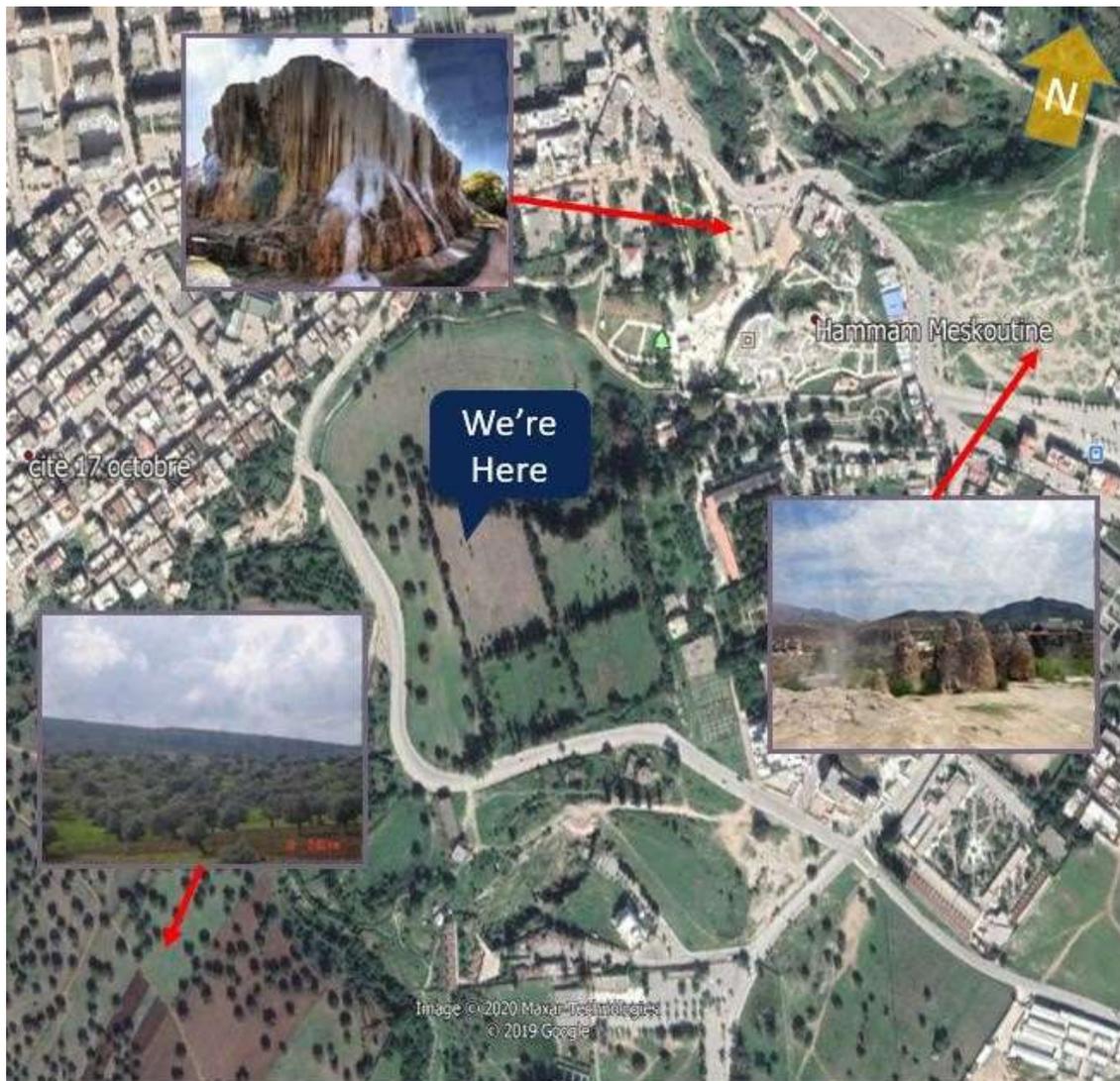


Figure 116 :L'entourage de terrain source : google earth

IV.8.8.Hydrologie:

Les propriétés de l'eau **thermale** de la source: « Ain_Ech'ffa »

Ses eaux sont d'une nature saline, avec une odeur sulfureuse , leurs faciès chimique est bicarbonaté calcique ,radioactives ,avec dégagement d'hydrogène sulfuré

Les indications sont prioritairement rhumatologiques mais aussi respiratoires, L'utilisation de petit pont comme un espace de jeter les poubelles et les déchets des maisons. Le bruit sonore de visiteurs de la Cascade de Hammam Debagh.

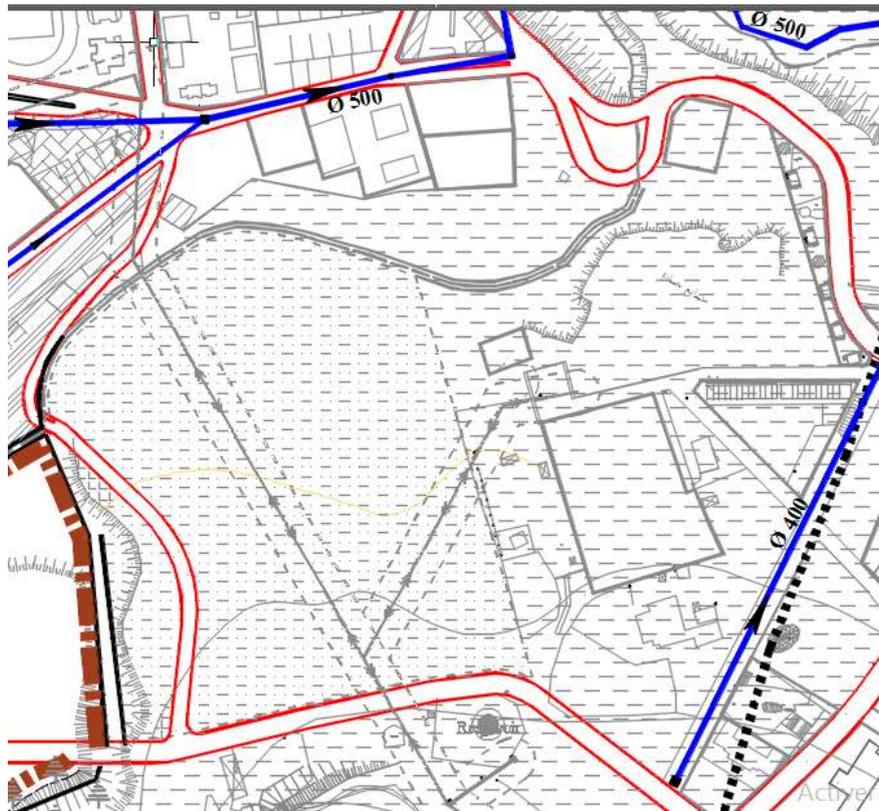


Figure 117 : carte d'assainissement d'eau source : pos n°5 hammam dbegh



Figure 118 : la canal d'eau bouillante source : auteur

IV.8.9.Climatologie :

L'enseillement :

Le terrain est bien ensoleillé, sa situation permet d'enseillé le terrain.



Figure 119 : ensoleillement de terrain source : sun earth

IV.8.10.les vents dominants:

Les vents: Il Ya deux types des vents:

- _ Les vents froids venant du nord-ouest
- _ Les vents chauds venant du Sud, et Sud-est

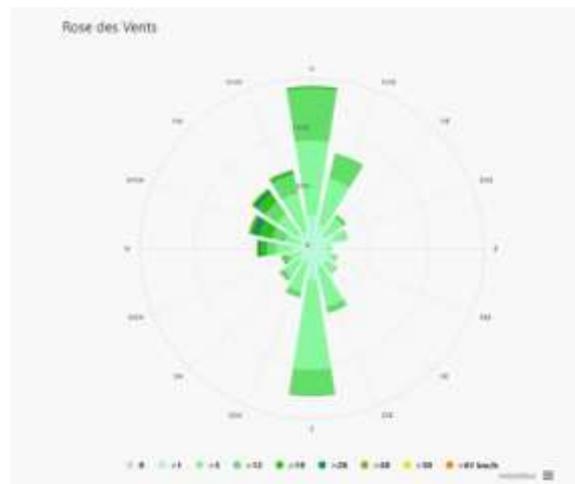


Figure 120 : les vents dominant le tarrain source : google earth

Forme et superficie :

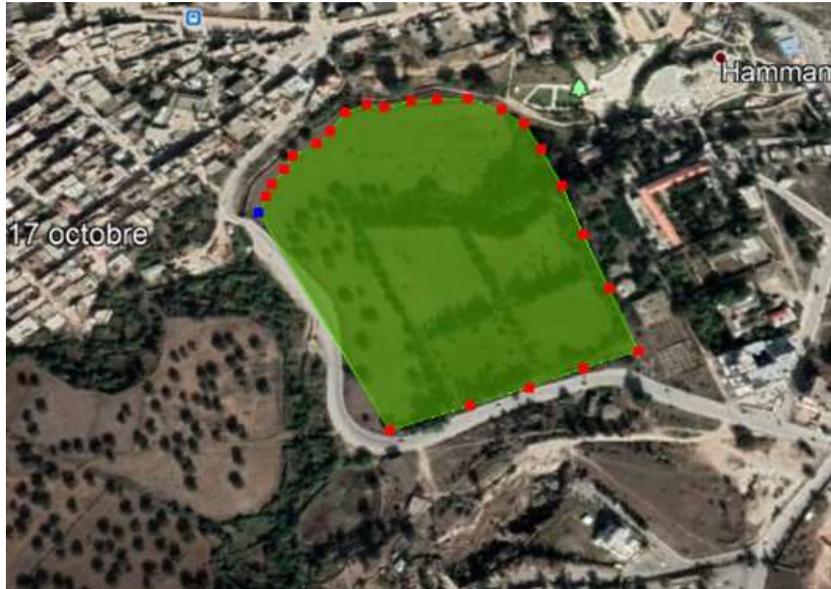


Figure 121 : superficie de terrain source : google earth

Notre terrain est de superficie de 7.28 hectare On peut diviser notre terrain en deux partie

Chaque partie est de forme irrégulière.

IV.8.11.Topographie du terrain :

La topographie du terrain d'intervention :

Topographie : On a fait 03 coupes topographiques : A partir du plan topo présenté sur la figure les différentes coupes on remarque queLa pente de terrain est variée entre 3% et 4%.

Elle est favorable à tout type de construction (équipement). C'est un terrain de composition géologique rocheuse Il est caractérisé par une grande force portante du sol « marno-calcaire,calcaire conglomératique albien » donc favorable à la construction.

Selon les pentes, on peut partager le terrain en trois zones : zone de faible pente, zone de pentes moyenne et zone de forte pente (la circulation).



Figure 122 : carte topographique de terrain source : google earth

IV.8.12.Obstacles et interactions naturels et technologiques :

Le terrain d'études comporte plusieurs obstacles dont les plus importants sont:

- Récifs profonds dont le cours ne peut pas être modifié et peuvent avoir un débit élevé, notamment en saison des pluies, en fonction de la superficie de leur bassin. Il est situé dans tous les secteurs de la municipalité au nord, au sud et au centre, et il occupe une superficie totale de 283,14 hectares après avoir déterminé sa servitude.
- Le réseau électrique moyenne tension (30-60-90) a un couloir de 30 mètres (15 mètres de chaque côté) ... et s'étend sur une longueur de 23,79 km et a une superficie de servitude de 71,37 hectares.

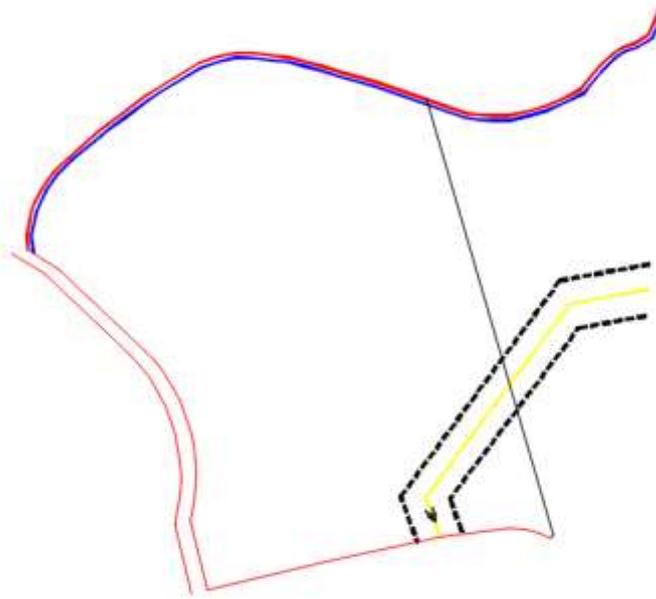


Figure 123 : carte des servitudes présente au terrain source : pos n° 5 hammam dbegh

Les végétations :

Il existe plusieurs types d'arbres dans le site dont les caractéristiques et l'utilité sont multiples

-L'élévation du taux d'humidité.

-Euration de l'air.

-La création d'un microclimat. On cite :

L'olivier: C'est l'arbre le plus fréquent dans le site, il est caractérisé par ses feuilles persistantes c'est-à-dire l'obtention de l'ombre pendant toute l'année.

L'eucalyptus : C'est un arbre de grande taille qui existe dans le terrain, il est caractérisé aussi par ses feuilles persistantes. On peut l'utiliser comme un brise-vent.



Figure 124 : la végétation de terrain source : auteur

Le cupressus :

Se trouve aussi mais à quantité moyenne, il est immaculé par

Des feuilles persistantes, Sa plantation en serré nous permet de

Se protéger contre les vents dominants froids.



Figure 125 : la végétation de terrain source auteur

Conclusion

La synthèse des données topographique, hydrographique et géologique nous permet de noter que ce soit la ville ou le site ou le terrain, il présente l'endroit favorable pour l'implantation de notre projet. La conception doit être à l'image de paysage riche et variée.

- Il est caractérisé par une stabilité du sol (marno-calcaire conglomératique albien), donc favorable à la construction.

V. Analyse de programme:

V.1. Étude quantitative :

Gestion du centre :

- Gérer administrativement l'équipement
- Intermédiaire entre les locataires et les services externes.
- Entretien de matériels, réparation, nettoyage.

1- Travail + échanges et communication :



2- Cultures et Loisirs : Ce sont les différentes fonctions qui font introduire le public dans l'équipement, et qui permettent de lui une meilleure rentabilité, on distingue les fonctions suivantes :

Détente et loisir :



Définition :

Dans le centre multi fonctionnel, chaque individu trouvera un moyen de détente, et pour cela on programme différents espaces comme :

Restauration : Restaurant, Self-Service, Salon de thé

Salles de jeux pour enfants et adultes

3-Commerce :

Définition

-Élément moteur de la vie urbaine. -Un acte d'achat. -Il participe dans l'ambiance et la vitalité du projet.

V.2.Recommandations générales :

-Il doit être pour toutes les catégories d'âge. -Il doit être élaboré suivant les besoins de l'environnement immédiat.

V.3.Recommandations à prendre pour les différentes activités : Il faut prévoir des surfaces :

-D'exposition « vitrine ». -D'aménagement « vente ». -De stockage « dépôt ».

V.4. Qualités spatiales :

-Transparence et lisibilité de type de commerce. -Il faut les prévoir flexibles pour faciliter l'aménagement. -Il faut prévoir une meilleure organisation pour la portée de l'usage au Premier plan.

HEBERGEMENT :

L'hébergement est un espace qui fonctionne pour une longue durée ; lieu de détente et de consommation.

Utilisateurs :

Le public qui vient assister aux représentations dans le centre

Les gens venant des équipements administratifs et commerciaux proches

Passants (voyageurs)

Caractéristiques Des Chambres :

Créer les différentes catégories de chambres

- Avoir un bon ensoleillement, on oriente donc les chambres vers le Sud Est, Ouest.
- Il est préférable d'avoir un éclairage naturel pour un meilleur déroulement des activités et s'il y a un manque on utilise l'éclairage artificiel.
- Et pour un bon travail acoustique on fait les moquettes ou les tapis pour les planchers.
- Relations spatiales :

Les chambres doivent être en relation forte avec la restauration, elles doivent avoir un Accès pratique avec un salon d'honneur.

D'après l'analyse des trois projets, on constate que notre projet s'articule sur les parties suivantes:

La répartition des espaces « La relation verticale »

Les méthodes et les techniques modernes

Matériaux de constructions écologiques

Le confort visuel

La végétation intérieure

La performance énergétique

V.5.La répartition des espaces (la relation verticale) :

Les escaliers, les ascenseurs ... sont des éléments techniques de distribution ...mais du point vu architecturale, ils sont des espaces conçus par l'architecte, dès la première esquisse et ils sont des éléments qui s'intègrent dans la composition architecturale. Ils permettent la circulation verticale dans un immeuble. Cette circulation concerne les personnes, les objets, l'air, la fumée et les ordres.

Les escaliers mécaniques : Escalier dont les marches sont mises en mouvements par un système d'entraînement mécanique: Escalier mécanique Pour une circulation intense et de faible déplacement (un a deux étages) les escalier Mécanique présentent une alternative très

Analyse cas d'étude :

intéressante par rapport aux ascenseurs : ils permettent une circulation fluide en continue, et a grand débit reviennent moins cher (investissement, entretien) et occupent un volume réduit .



Figure 126 : les escaliers mécaniques source: www.google.com

➤ Fonction des escaliers

Les escaliers ne répondent qu'à deux fonctions : une fonction d'usage, et une fonction esthétique

-



Figure 127 : fonction des escaliers source: pdf

- Les assesseurs et le monte-charge :



Figure 128 : le monte de charge source: www.google.fr

Appareil pour handicapé

Ces appareils constitués d'une plateforme sont destinés à être installés dans les escaliers le long des parois. Ils permettent aux personnes en fauteuil roulant de prendre l'escalier en l'absence d'ascenseurs pouvant les recevoir.

L'escalier de secours : est un escalier alternatif, imposé par une réglementation urbanistique, afin de permettre l'évacuation des occupants d'une immeuble.



Figure 129 : appareil pour les handicapés source: www.google.com

Matériau nouvel et transparent (le verre) : est un matériau ou un objet est qualifié de transparent lorsqu'il se laisse traverser par la lumière. le verre est un matériau high tech, fonctionnel et raffiné, jouant pleinement ou discrètement de ses qualités de transparence.



Figure 130 : matériau transparent le verre source: pdf

Matériaux de construction



Les apports solaires
L'isolation thermique
La lumière naturelle
Les caractéristiques de verre :

Utilisation des vitrages dans d'un garde-corps

La protection contre les blessures et les chutes



Figure 131 : le vitrage d'un garde-corps source : www.google.com

Matériau noble et luxe :

Le marbre :



Figure 132 : le marbre un matériau noble luxe source : pdf

Le bois :

Le bois est un matériau particulier dont ses propriétés varient en fonction de différents facteurs, est un matériau écologique par excellence.

4_Le confort visuel :

L'éclairage naturel et artificiel :



Figure 133 : l'éclairage naturel et artificiel source: pdf

La végétation intérieure :



Figure 134 : la végétation source: www.google.com

Tableau 10: Programme dimensionnel source : mémoire khdairia PDF

Nature des locaux	Nature des locaux	Surface unitaire m2	Surface construite par fonction m2
/ Commerce : - type 01 : boutique	15	70	1050
- Type 02 : magasins	10	70	700
- Type 03 : détente	4	150	600
B/ Culture :			
- Atelier de créations	2	70	140
- Salle d'exposition	1	150	150
- Club scientifique	6	70	420
- Périodique	1	70	70
- Médiathèque	1	70	300
- Salle de lecture	2	150	
- Salon de thé	1	70	70
/cafétéria			
- Salle des conférences	1	150	150
- Salle internet	1	70	70
- Sanitaires H/F	4	20	80
C/ Affaire :			
1-Administration :	1	25	25
- Bureau directeur	1	25	25
- Bureau secrétaire	1	25	25
- Bureau gestionnaire	1	25	25
- Bureau comptable	1	120	120
- Salle de réunion	8	25	200
- Bureaux			
2-Entreprise :			
- Moyenne	1	70	70
- Petite	1	70	70

Analyse cas d'étude :

- Grande	1	70	70
- Sanitaire F/H	4	20	80
D/ Hébergement :			
Chambre :			
- type 1 : 1lis	20	20	400
- type 2 : 2lits	40	30	1200
- sanitaire 1/ch.	60	10	600
Locaux technique :	/	/	400
Parking :	/	/	6000
Espace vert :	/	/	5000

Tableau 11 : comparaison entre les trois exemples source: auteur

Espace	Exemple 01 CMF DE MECQUE	Exemple 02 CMF ARRIBAT	Exemple 03 CNIT DE PARAIS
Parking	24532m ² .	1.800 places	
Locaux technique :	38183m ² .	76,380m ²	
- Chaufferie :			
- Salle de climatisation :			
- Vestiaires + Sanitaires			
personnel			
_ Dépôt :			
_ Contrôle et sécurité			

Analyse cas d'étude :

<p>1- Commerce : type 01 boutique : - Bijouterie Photographe Cosmétique Vêtement Homme Vêtement Femme Vêtement Enfant Chaussure Homme Chaussure Femme Superettes Tissu Articles de sport Artisanat Sanitaire Parfumerie - Type 02 : magasins _Magasin _Electro- ménager _ Magasin de jouet</p>	<p>17888m².</p>	<p>31.000 m²</p>	<p>24 locaux commerciaux</p>
<p>1. Détente et loisir - Restaurant + terrasse : Salle à manger - Office + vestiaire - Préparation - Chambre froide Salle de sport : +Salle aérobic : - Dépôt journalier - Dépôt permanent 2_ Cuisine : Sanitaire Cafétéria : Salle de consommation - Dépôt journalier - Dépôt permanent - Plonge Salon de thé : - Salle + service - Dépôt journalier - Dépôt permanent - Plonge</p>		<p>1.600 places</p>	<p>335 400 400 500</p>
<p>2. Culture : Salle de spectacle : Hall - Guichet Cabines de projection - La salle</p>			

Analyse cas d'étude :

<ul style="list-style-type: none"> - Salle de répétition - Loges individuelles - Loges collectives - Scène + Sanitaires Cabine d'exposition : - Aire d'exposition - Local de stockage - Bureau du conservateur - Sanitaire - Bibliothèque : Salle de lecture adulte + prêt + fichier - Salle de lecture enfant + prêt + fichier - Box de chercheurs - Archives - Dépôt - Magasin de livres -sanitaire 			<p>2877</p> <p>5232</p> <p>3867</p> <p>5155</p>
<p>3. Affaire :</p> <p>1-Administration :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bureau directeur - Bureau secrétaire - Bureau gestionnaire - Bureau comptable - Salle de réunion - Bureaux <p>2-Entreprise</p> <ul style="list-style-type: none"> - Moyenne - Petite - Grande - Sanitaire F/H <p>Salle de conférence :</p>	5524m ² .		<p>120m²</p> <p>2.800 m²</p> <p>300m²/03</p>
<p>4. Fonction libérales :</p> <p>Bureau d'architecture</p> <p>Bureau d'informatique</p> <p>Bureau d'avocat :</p> <p>Bureau de comptabilité</p> <p>Cabinet médecin :</p> <p>Cabinet dentiste :</p> <p>Conseiller juridique :</p>	/	/	/
<p>5. Hébergement :</p> <p>1 – locaux communs</p> <ul style="list-style-type: none"> - Réception : - Bagagerie : <p>2_administration : -</p> <ul style="list-style-type: none"> Bureau directeur : - Bureau de comptabilité - Bureau secrétariat : 	5091m ² .	200 chambres	/

Analyse cas d'étude :

<p>3- cafeteria : - Salle : Sanitaires clients H+F</p> <p>4 - hébergement : - Chambres simples : - Chambres doubles : Sanitaire ch. 01</p>			
	89285m ² .		

Tableau 12 : programme retenu

Espaces	Nombre	Surface
Sous-sol		
- Chaufferie :	01	75m ²
- Salle de climatisation :	01	50m ²
- Vestiaires + Sanitaires personnel	01	30m ²
-Dépôt :	01	500m ²
-Contrôle et sécurité	01	30m
RDC		
Commerce /		
Boutiques	14	50m ²
Pharmacie	01	63m ²
Cabiner medecin ORL	01	128m ²
Cabiner dentiste	01	95m ²
Cabiner medecin	01	98m ²
Medecin cardiologue	02	128m ²
Medecin pédiatre	01	95m ²
Medecin dermatologue	01	98m ²

Analyse cas d'étude :

Salle de repos	01	63m ²
Cafétéria	01	190m ²
Restaurant	01	374m ²
Espace de préparation	01	100m ²
Affaire/		
Agence immobilière	01	50m ²
Agence publicitaire	01	70m ²
Agence bancaire	02	75m
Agence touristique	01	100m ²
Agence postale	01	100m ²
Agence de transport	01	70m ²
Agence d'assurance	01	50m ²
Sanitaires h/f	3	80m ²
Salle de conférence	01	500m ²
1^{ère} étage		
Boutiques	14	50m ²
Magazin	01	70m ²
Medecin radiologue	01	190m ²
Génécologue	02	20m ²
Prothes dentaire	01	98m ²

Analyse cas d'étude :

Salon de beauté	01	50m ²
Salle de musculation	01	120m ²
Article de sport	01	50m ²
Salle de jeux	01	120m ²
Sanitaire f/h	03	80m ²
Cafétéria	01	190m ²
Salon de thé	01	200m ²
Super marché	01	336m ²
Fast food	01	70m ²
Fleuriste	01	50m ²
Poissonerie	01	60m ²
Boulangerie	01	50m ²
Produit de nettoyage	01	60m ²
Produit alimentaire 2ème étage	01	60m ²
Affaire :		
Binformatique	01	95m ²
b.avocat	01	190m ²
Boutiques	03	50 m ²
B d'architecture	01	95m ²
B génie civil	01	98m ²
B informatique	01	95m ²

Analyse cas d'étude :

B comptabilités	01	190m ²
Cyber	01	80m ²
Bibliothèque	02	120m ²

médiathèque	02	100m ²
Cosmétique naturel	01	90m ²
Parfumerie	01	50m ²
Prêt à porte femme	01	60m ²
Prêt à port homme	01	50m ²
Prêt à porte bébé	01	60m ²
Robe blanche	01	70m ²
Horlogerie	01	50m ²
Coiffure h	01	50m ²
Coiffure femme	03	50m ²
Sanitaire h/f	01	40m ²
Tessu	01	80m ²
Prêt de porte fille	01	60m ²
Pret de porte garçon	01	50m ²

Analyse cas d'étude :

3^{ème} étage		
boutiques	03	
Tabac+jouenaux	01	50m ²
Magazin de jeux	01	190m ²
Vaisselle	01	190m ²
Décoration	01	190m ²
Photographe	01	190m ²
Matériel électro informatique	01	190m ²
Artisan	01	120m ²
Électro ménager	01	100m ²
Meuble	01	50m ²
Fourniture bureaux	01	110m ²
Sanitaire h/f	03	80m ²

Analyse cas d'étude :

4ème étage		
Étage technique	/	/
5 et 6 è me étage		
Hébergement		
Chambre 1 lit	24	50m ²
Chambre 2 lit	08	60m ²
Suite	08	100m ²
Sanitaire h/f	03	80m ²
7ème étage administration		
B directeur	01	45m ²
B secrétariat	01	120m ²
B économe	01	80m ²
B comptable	01	80m ²
Salle de réunion	01	80m ²
Sanitaire	01	120m ²

V.6.Approche architecturel : mise en forme de projet

Présentation

Dans cette partie, on illustre les principes de composition de notre projet en tenant compte des synthèses tirées des étapes précédentes et en prendre en considération les concepts qui interviennent sur un aspect particulier de la conception.

V.6.1.schema de principe :

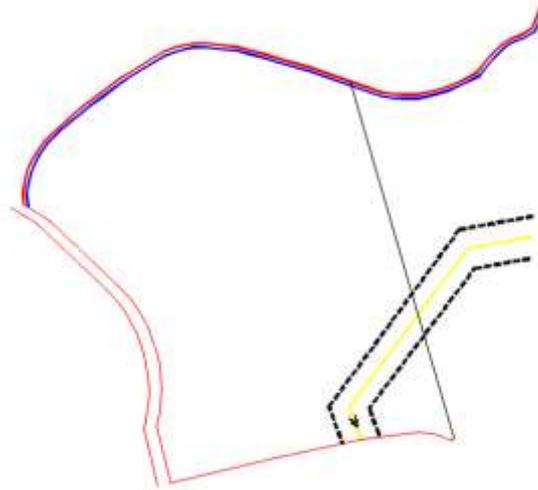


Figure 135 : cartes dde servitude source pos n° 5 hammam dbegh

1. Le Terrain est accessible par 02 voies secondaires

La voie jaune de flux mécanique faible.

La voie rouge de flux mécanique forte.

Les Contraintes :

Il y a deux lignes d'électricité de moyenne tension. Afin de respecter l'interdiction du code du travail de s'approcher à moins de 5m des conducteurs nus sous tension, et afin de

Conserver un libre accès aux façades et toitures des bâtiments pour leur entretien, nous préconisons un recul des constructions :

-Dans le plan vertical à plus de **7 mètres des conducteurs** (5 mètres plus 2 mètres).

-Dans le plan horizontal à plus de **7 mètres des conducteurs** (5 mètres plus 2 mètres).

Schéma de Principe

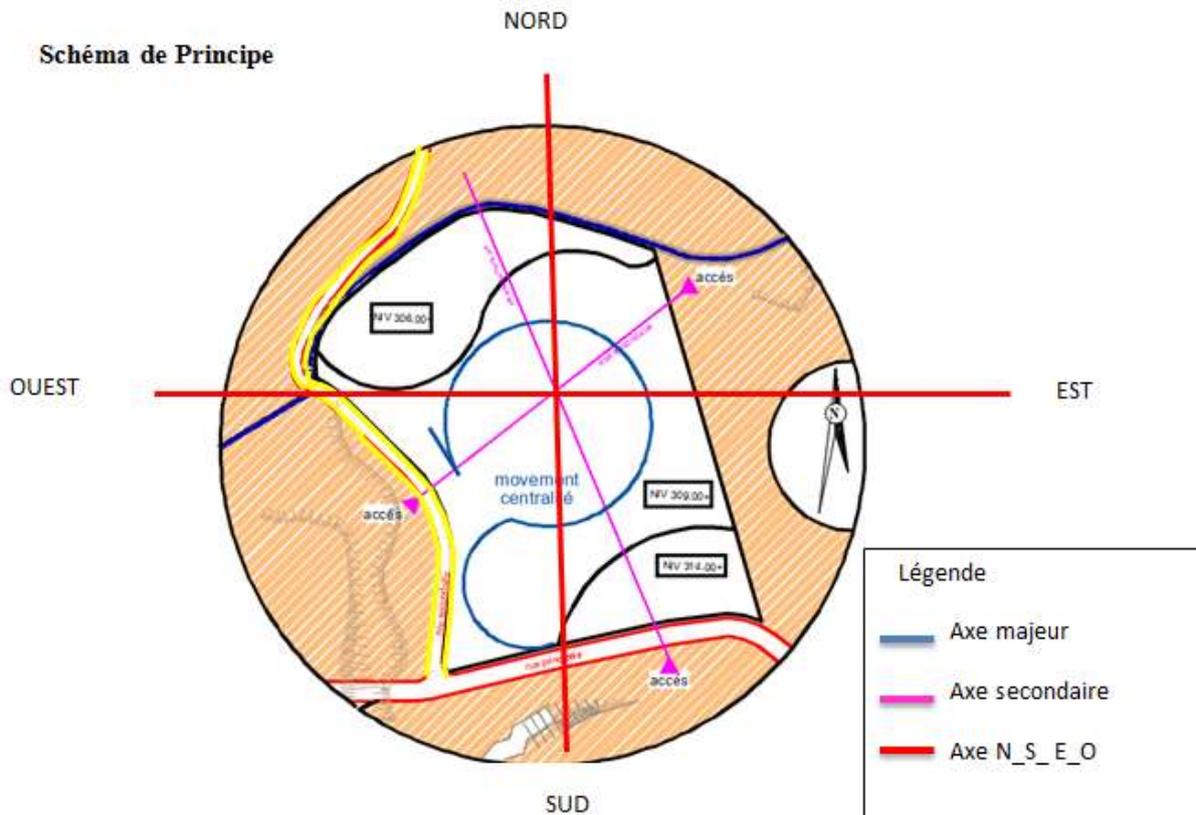


Figure 136 : schéma de principe du projet

Source : auteur

Étape 01 : Les axes d'implantation

On a essayé d'organiser notre projet selon 02 Grands axes :

- L'axe Nord-Sud et Est-Ouest qui nous facilite l'orientation du projet.
- L'axe majeur sous forme d'arc qui traverse le terrain ; autour de le quel s'articule tout le projet on peut le considère aussi comme un axe visuel qui va nous offrir une vue globale

Et générale de l'équipement.

- Les deux autres axes sont :

Axe principale vers le sud et axe secondaire d'où en va implanter les différentes entités du projet afin de créer un certain équilibre sur l'ensemble de terrain.

Étape 02 : Accessibilité :

On a essayé de projeter des différents accès afin d'accéder à notre projet :

Trois accès principal mécaniques situé sur la voie secondaire en jaune

Analyse cas d'étude :

- Accès principale situé sur l'axe majeur pour qu'il soit visible, cet accès donne naissance aux autres accès secondaires.
- Des autres accès piétons pour faciliter l'accessibilité du projet du côté de la cascade.

Étape 3 : L'organisation spatiale et fonctionnelle (Zoning) :

L'organisation des fonctions de projet se fait selon deux zones : calme et bruyante + aménagement extérieur (esplanade, jeux d'eau, espaces de stationnement).

Le projet est un monobloc prend la position centrale sur l'axe majeur. Pour avoir une bonne orientation l'implantation de chaque entité est choisie après une étude et une recherche d'une meilleure orientation, confort (séparation espace calme et bruit).

Notre projet porte dans sa globalité des différentes fonctions (loisir et détente, affaire, hébergement et commerce) tout en les reliant par des espaces de circulation verticale (ascenseurs, escalateurs, escaliers...).

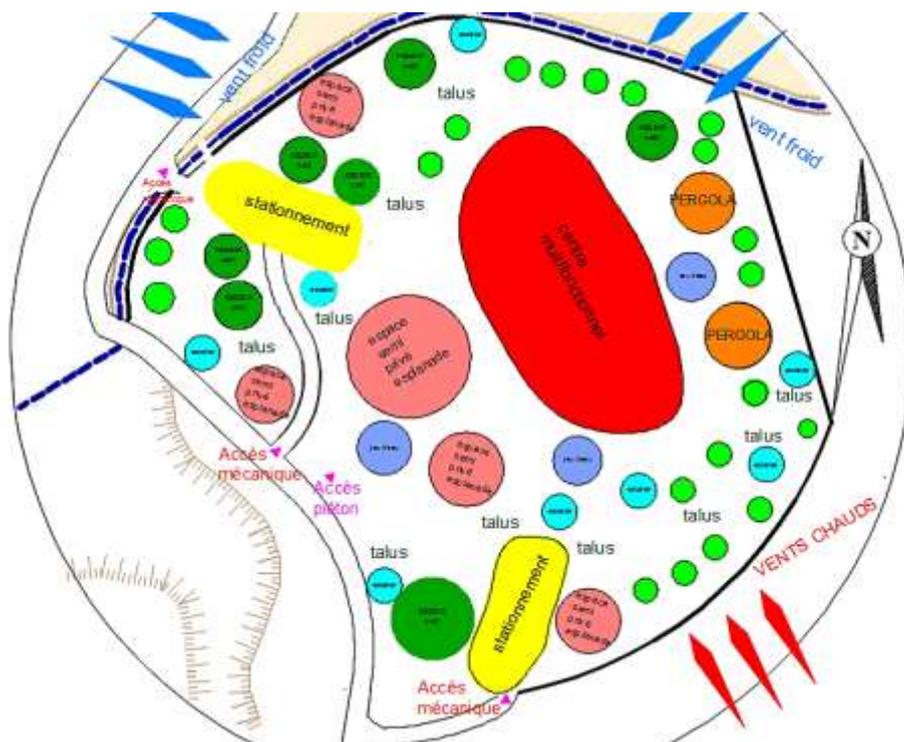


Figure 137 : organigramme zoning source : auteur

Relation entre les espaces

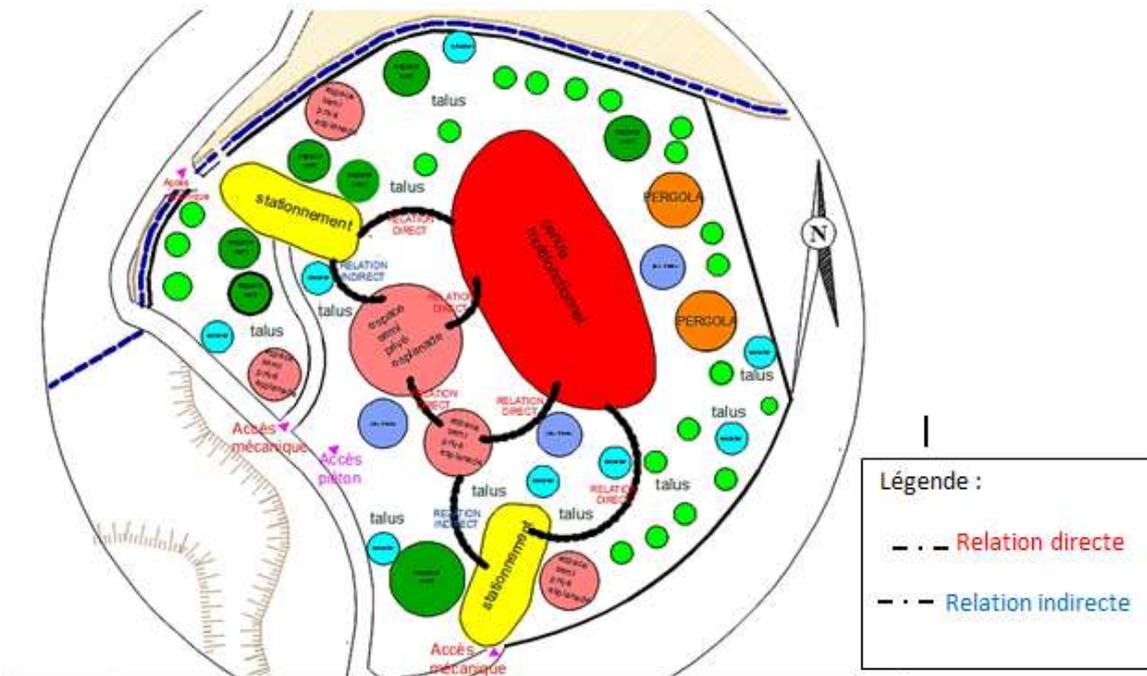


Figure 138 : organigramme spatial de projet source : auteur

V.6.2 La genèse de la forme

Principe de conception

Le projet s'organise autour d'un espace central qui joue le rôle d'ordonnateur, organisateur de regroupement et de convivialité dans les fonctions et les espaces intérieurs. Cette introversion permettra l'enrichissement des façades intérieures.

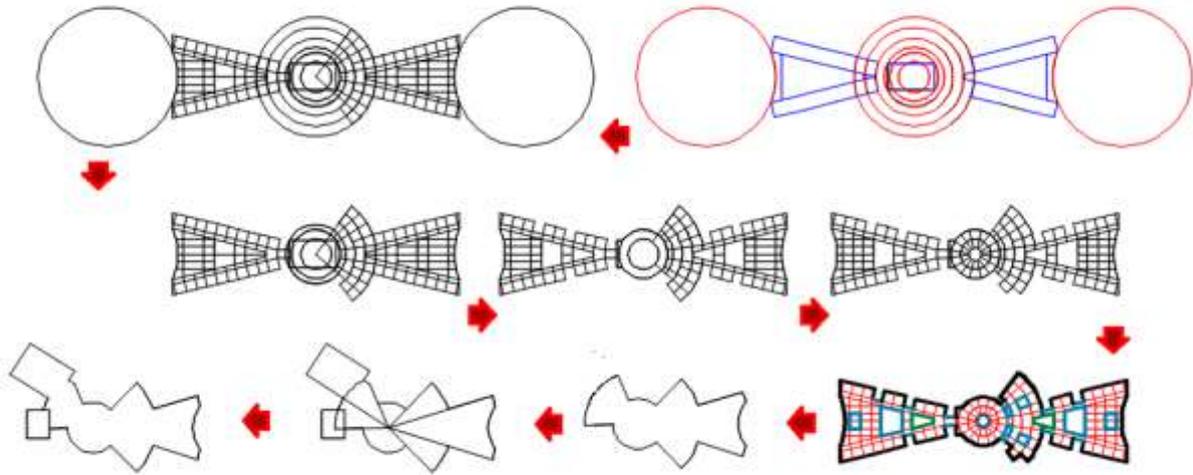


Figure 139 : genèse de forme de projet source auteur

Les différents Plans





Figure 140 : Plan de masse source auteur

Volumétrie

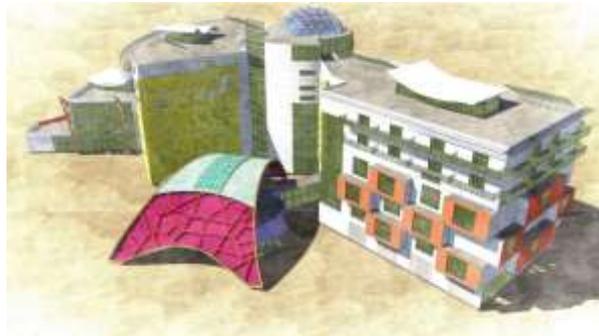


Figure 141 : volumétrie de projet source auteur

Concept Technique utilisées dans l'élaboration du projet

Il s'agit de déterminer le type de structure choisis afin de répondre aux critères suivants :

- La stabilité de l'ouvrage.
- Le confort.
- La sécurité.
- L'économie.

-L'esthétique.

Choix de la structure :

-Le choix du type de structure adoptée on superstructure doit répondre aux critères déjà définit. Il dépend de :

La nature des espaces.

La forme générale du projet.

La portée.

-Sans oublier les côtés esthétique et pratique.

-Cependant une structure poteau-poutre ou métallique peut répondre à ces critères ; car elle assure la transparence et la légèreté des façades.

Le type de la structure choisis est structure complexe de grandes portées. utilisé presque sur tout le projet.

Le style des façades :

Pour les façades on a instauré le même principe de la transparence, la légèreté, le même cas pour les chambres ou on a utilisé de grandes baies vitrées profitant pleinement des vues naturelles.

La technologie appliquée sur le projet :

Le projet porte sur les aspects de la conception durable, parmi ces principes :

Les terrasses végétalisés :

Les toitures végétalisées représentent un authentique bouclier thermique régulateur grâce à leur substrat, ce qui permet de protéger le bâtiment d'importants écarts de température. Le seul ennui apparait lorsque le substrat est humide.⁶²

⁶² <http://www.neolife-solutions.com/blog/index.php/les-toits-vegetalises-en-plein-essor/>



Figure 142 : Composants d'étanchéité terrasse Le drainage source : pdf

L'énergie solaire photovoltaïque

Est une énergie électrique produite à partir du rayonnement solaire. Energie produite par une centrale solaire photovoltaïque est dite renouvelable, car sa source est considérée comme inépuisable à l'échelle de temps humaine. Ces matériaux photosensibles libèrent des électrons sous l'influence de l'énergie rayonnante : c'est l'effet photovoltaïque.

L'énergie photovoltaïque :

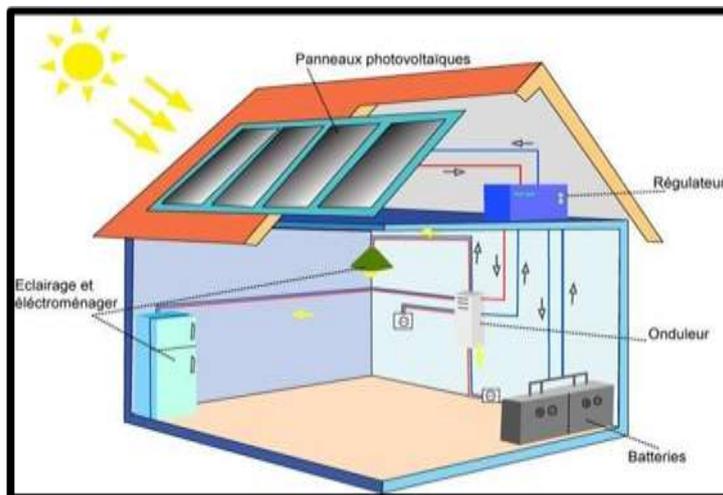


Figure 143 : panneaux solaire photovoltaïques source :

Les méga-arbres :

Sont inspirés de la technologie des « capteurs de vent ou tours à vent »



Figure 144 : les méga arbres source : ccentre multifobctionnel à égypte

CHAPITRE 04
SIMULATION DE CAS D'ETUDE

Chapitre 04 : La simulation énergétique de l'enveloppe architecturale

Introduction

La simulation est une technique numérique pour conduire des expériences sur un ordinateur qui peut inclure des caractéristiques stochastiques soit microscopiques soit macroscopiques et implique l'utilisation de modèles mathématiques qui décrivent le comportement d'un système de transport sur des périodes étendues de temps réel.⁶³

VI. Définition :

On appelle simulation l'ensemble constitué par un modèle, les ordres d'entrée, les paramètres et contraintes, et les résultats obtenus.

-«Simuler=reproduire»

- « Simulation = Représentation du comportement d'un processus physique, industriel, biologique, économique ou militaire au moyen d'un modèle matériel dont les paramètres et les variables sont les images de ceux du processus étudié ». ⁶⁴

La simulation est une technique numérique pour conduire des expériences sur un ordinateur qui peut inclure des caractéristiques stochastiques soit microscopiques soit macroscopiques et implique l'utilisation de modèles mathématiques qui décrivent le comportement d'un système de transport sur des périodes étendues de temps réel.

La simulation de circulation peut servir dans plusieurs cas : Choisir entre différentes alternatives de conception Tester une nouvelle conception Raffiner une nouvelle conception Etre intégré dans d'autres outils (pour l'étude d'optimisation d'un feu par exemple) Entraîner le personnel de surveillance de réseau Etudier la sécurité routière

Un modèle est pour sa part une description logique d'un système physique qui prend en compte les comportements que le créateur du modèle considère comme significatifs.

Historique :

Années 30 : 1ers travaux sur un ordinateur digital

⁶³ 16-Simulation.pdf

⁶⁴ Définition (Source LAROUSSE)

Années 40 : 1eres simulations sur ordinateur : Neumann et Ulam ont résolu des problèmes concernant des boucliers nucléaires qui étaient trop dangereux et chers à expérimenter et trop compliqués pour être étudiés analytiquement.

Années 50 : 1ers travaux de simulation sur le transport sur les autoroutes

Années 60 et 70 : développement des modèles de simulation 1981 : Les modèles de simulation du trafic sont tellement développés aux Etats-Unis qu'une conférence spéciale de 3 jours est tenu à ce sujet et conduite par le Transportation Research Board.⁶⁵

VI. 1.Objectifs de simulation :

1. Bonne manière de rassembler systématiquement des données pertinentes. Cela contribue à une large connaissance des caractéristiques de trafic et de leur opération.
2. Permet de voir les variables importantes et comment elles sont reliées. Cela peut mener éventuellement à des formulations analytiques pertinentes.
3. Parfois on souhaite connaitre les distributions de probabilité plutôt que seulement les moyennes et les variances.
4. Peut parfois permettre de vérifier une solution analytique incertaine.
- 5-La simulation coute moins cher que de faire des expériences.
6. La simulation donne un contrôle sur le temps. Il est possible d'étudier des effets sur des périodes de temps longues ou au contraire de passer au ralenti certains événements.
7. La simulation est sans danger. On peut étudier divers effets sans déranger les usagers.

VI. 2.Avantages de la simulation :

D'autres approches analytiques peuvent ne pas être appropriées. Peut-être expérimenté en laboratoire sans nécessiter une approche essai-erreur sur le terrain. Peut-être expérimenté avec de nouvelles situations qui n'existent pas encore aujourd'hui. Peut donner une idée des variables importantes et de leurs relations. Fournit des informations sur les séquences spatiales et temporelles, pas seulement les centres et les variances. Le système peut être étudié en temps réel, en temps compressé ou en temps étendu. Des simulations potentiellement peu sécuritaires peuvent être réalisées sans risques pour les usagers du système. Il est possible de copier les conditions de base pour effectuer équitablement des

⁶⁵ Simulation 16.pdf

comparaisons entre les différentes alternatives d'amélioration. Il est possible d'étudier les conséquences d'un changement sur l'opération du système. Peut réaliser des procédures de file d'attente interactives. Peut transférer des files d'attentes non résorbée d'une période de temps à une autre. La demande peut varier à travers le temps et l'espace. Des conditions d'arrivée et de départ non habituels qui ne suivent pas des distributions mathématiques traditionnelles peuvent être modélisées.

VI. 3. Inconvénients de la simulation :

Il peut exister des solutions plus faciles pour résoudre le problème. Il faut considérer toutes les alternatives possibles. La simulation demande du temps et de l'argent. Il faut faire attention de ne pas mal estimer ces derniers. Les modèles de simulation exigent un nombre considérable de données et de caractéristiques d'entrée qui peuvent être difficiles voire impossible à obtenir. Les modèles de simulation nécessitent une vérification, une calibration et une validation qui, si elles ne sont pas réalisées avec attention, rendent le modèle inutile. Le développement d'un modèle de simulation exige des connaissances dans un grand nombre de disciplines, y compris la théorie d'écoulement du trafic, la programmation, les probabilités, la prise de décision et l'analyse statistique. La simulation n'est possible que si le développeur comprend parfaitement le système. Le modèle de simulation peut être difficile à comprendre pour les personnes qui n'ont pas développé le programme en raison du manque de documentation.

Certains utilisateurs peuvent appliquer le modèle sans chercher à comprendre son fonctionnement et ce qu'il représente. Certains utilisateurs peuvent appliquer le modèle sans connaître et apprécier les limites.

VI.4. Différents types de simulation :

Il existe deux types de simulations :

Simulation numérique lorsque l'outil de simulation utilise un ordinateur.

Simulation analogique lorsque ce dernier utilise de l'électronique analogique (durant les années 1970 il a été envisagé d'en construire des stochastiques).⁶⁶

La simulation thermique dynamique est de plus en plus souvent demandée dans les programmes de projets de construction et est considérée parfois comme une fin en soi.

⁶⁶ <http://wikipedia.com>

Pourtant, il s'agit bien d'un outil au service de la conception qui peut apporter de multiples indications aux concepteurs et aux maîtres d'ouvrages.

Comme tout outil, la simulation thermique dynamique présente des limites et des domaines d'application qu'il est important de connaître pour l'exploiter dans des conditions optimales. Après avoir examiné les différentes étapes d'un calcul de simulation thermique dynamique, nous décrirons certaines de ces limites et les applications possibles des outils de simulation thermique dynamique.

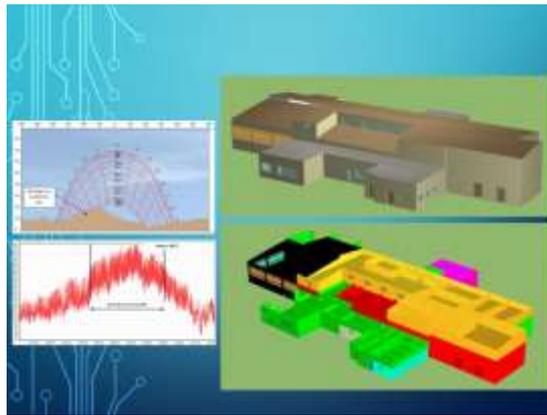


Figure 145 : Simulation thermique dynamique Source : www.cjconsultants.com

VI.5. Les logiciels de la simulation :

Les professionnels exploitent aujourd'hui des modèles numériques que l'on retrouve dans les différents logiciels disponibles:

Les logiciels de **STD** décrivent les échanges thermiques classiques (convection, conduction, rayonnement, changement d'Etat).

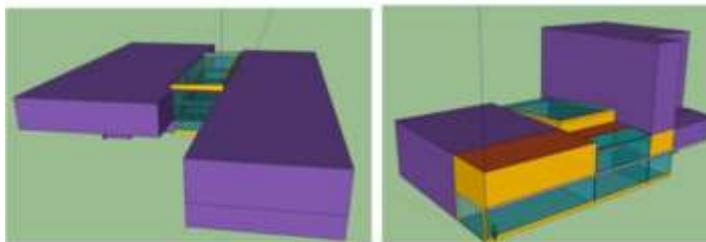


Figure 146 : Etude de cas simulation thermique dynamique : 42 logements en accession Nîmes source : La trilogie de l'homme, le confort et l'espace architectural page.35

Leurs développements récents leur confèrent aussi la capacité très appréciée:

VI. 5.1. Les atouts de la simulation thermique dynamique :



Logiciel STD.source : [cour 7La trilogie de l'homme, le confort et l'espace architectural PDF](#)

Les logiciels de STD contribuent à :

À l'aide d'études de sensibilité en intégrant des phénomènes complexes et transitoires
Concevoir des projets avec des approches, des systèmes, des techniques non courantes et/ou
manquant ère tours d'expériences.

VI. 6. Méthode de la simulation thermique dynamique :

1. Analyser : quel est mon domaine d'étude ?

Cette phase fondamentale a pour objet de cerner la ou les questions à traiter par simulation thermique dynamique, tout en imposant au praticien de cadrer son intervention.

2. Comprendre : quels sont les phénomènes physiques mis en jeu concrètement, les constructions étudiées par simulation thermique dynamique sont des ouvrages complexes. Cela demande donc une forte expertise : •Des compétences en thermodynamique •Une expérience approfondie des bureaux d'études •Une bonne connaissance des outils logiciels •Une maîtrise des ordres de grandeurs à manier.

3. Représenter et modéliser : quels modèles physiques, mathématiques et empiriques seront employés ?

Il est conseillé de poser, si possible de manière contractuelle, les données de base d'un projet. Ces informations seront validées avant le montage du modèle par l'architecte et l'économiste, d'une part, et par le maître d'ouvrage, d'autre part. Les praticiens reconnaissent d'ailleurs qu'il n'existe pas de logiciels STD « défaillants ». En cas d'erreur d'évaluation, ils préfèrent souligner qu'il s'agit généralement d'appréciations liés aux utilisateurs eux-mêmes.

Simuler : ai-je bien identifié une image du problème à résoudre?

Comme toute réflexion rationnellement menée, l'opération de simulation thermique dynamique demande de se poser initialement la question de ce que l'on recherche. Par exemple : « modéliser une pompe à chaleur par une matrice de coefficient de performance et non mettre en évidence le modèle pour une pompe à chaleur spécifique ». En clair, ne pas simuler ou reproduire la réalité mais trouver une image du problème à résoudre.

Par ailleurs, d'expérience, il est plus rapide et plus fiable de réaliser une simulation par problème : le confort d'été dans quelques zones judicieusement choisies ou systématiquement retenues ; la consommation énergétique, avec une vision globale et exhaustive du bâti et des systèmes...

Interpréter : quel angle choisir? : Les études courantes de simulation thermique dynamiques portent: •sur les conditions de confort d'été, avec calcul des dépassements de seuils et présentation de la situation sous forme de diagramme de Givoni ou de Brager •sur l'optimisation de l'enveloppe en vue dès la minimisation des besoins de chauffage ,de rafraîchissement et d'éclairage •sur l'aide au choix de systèmes techniques, comme la comparaison entre différents types d'émetteurs •sur l'optimisation du dimensionnement, avec la présentation de monotonnes de puissance; •sur le calcul des consommations énergétiques, avec engagement sur les performances dans le cadre de contrats de réalisation entretien et maintenance (CREM), de contrats de performance énergétique (CPE) ou de partenariat public-privé (PPP).

6. synthétiser:quelles informations clés à mettre en valeur ? Les informations sont livrées de manière à la fois complète (sous forme de fichiers de données) et démonstrative. Elles renseignent sur: l'évolution des températures selon un pas de temps fin (généralement horaire, voire de 10 minutes) en différentes zones du bâtiment et surtout l'année

- les puissances thermiques (chauffage, rafraîchissement, ventilation) dimensionnées de manière optimale
- les consommations prévisionnelles annuelles du bâtiment

Ces résultats sont fournis sous la forme de courbes de température, de diagrammes, de flux présentant le bilan des apports et des déperditions thermiques, voire d'une modélisation 3D de l'ouvrage.

VI. 7. Logiciel « ARCHIWIZARD » :

Le logiciel Archiwizard est un logiciel produit par la société RAYCREATIS.

-Ce logiciel permet de simuler des performances énergétiques de bâtiments, et même de réaliser des bilans conformément à la réglementation thermique française RT 2012.

-De nombreuses activités de simulation et d'analyse sont réalisables en classe avec des élèves.

Le logiciel pour l'optimisation et la validation réglementaire de la performance énergétique et environnementale du bâtiment dès l'esquisse et jusqu'à l'achèvement des travaux, en neuf comme en rénovation, en connexion directe avec la maquette numérique BIM.

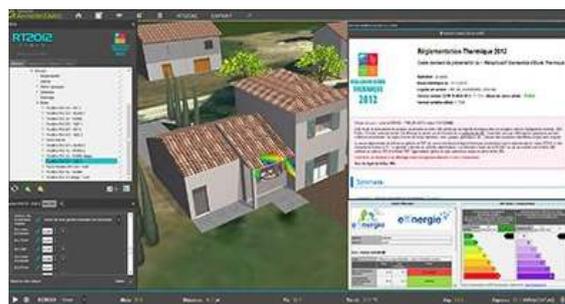
VI. 7.1 Les avantages de l'archiwizard :

1-Intégration complète dans Revit et archicad : L'ensemble des fonctionnalités d'ArchiWIZARD sont accessibles et opérationnelles dans l'environnement Revit, pour une exploitation directe de la maquette BIM.

2-STD & Rénovation énergétique :

La façon la plus rapide et la plus aisée de valider et d'optimiser la performance de votre projet selon la RT2012, **ArchiWIZARD est approuvé par le CSTB et la DHUP** pour l'application de la RT2012. L'ergonomie incomparable de la maquette thermique ArchiWIZARD associée au moteur de calcul RT2012 officiel permet une productivité optimale pour la réalisation des études réglementaires :

- Renseignement automatique de l'intégralité des paramètres relatifs au bâti et à l'environnement (métrés, masques solaires, parois, baies, ponts thermiques en accord avec les règles Th-U, Th-S et Th-L RT2012).⁶⁷



L'application de RT 2012 .source : www.google.com

- Génération du Rapport Standardisé d'Etude Thermique (RSET) pour le dépôt de permis de construire et pour l'achèvement des travaux ;

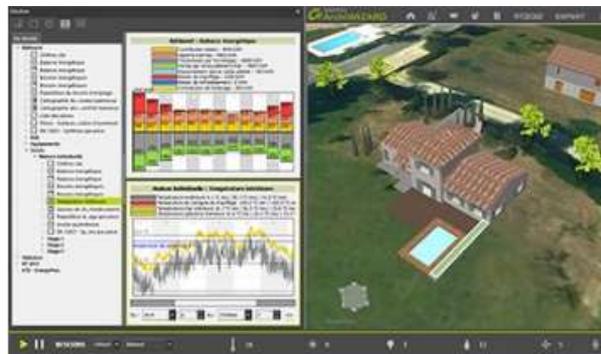
⁶⁷ <http://moodle.polymtl.ca>

La simulation énergétique de l'enveloppe architecturale

- Rapport d'étude détaillé à destination pour une description exhaustive des éléments du projet.
- Bibliothèque d'équipements génériques, de solutions complètes préparamétrées et Titres V.
- Contrôle de la conformité aux labels (Effinergie+...).
- Génération des résultats DPE Construction.
- Génération des résultats nécessaires à l'étude de faisabilité en approvisionnement en énergies.

3-Interopérabilité avec la maquette numérique et les solutions BIM

ArchiWIZARD permet une liaison avec l'ensemble des solutions BIM du marché grâce à un import direct du format IFC. ArchiWIZARD se charge de la création automatique du modèle énergétique (pièces, parois, baies, ponts thermiques, éléments d'environnement) à partir de la maquette numérique architecturale 3D.



Un modèle énergétique. Source : www.google.com

Ce modèle énergétique commun permet d'alimenter l'ensemble des moteurs de simulations d'ArchiWIZARD. La simulation thermique depuis votre modèle CAO / BIM n'a jamais été aussi rapide et intuitive.

4-Une interface ergonomique autour de la maquette 3D :

L'interface 3D d'ArchiWIZARD apporte un grand confort d'utilisation et accroît votre efficacité lors de vos simulations et analyses. L'ergonomie de la maquette 3D et les nombreuses fonctionnalités de mise en données combinées au tableau de bord des résultats temps réel vous assurent une productivité optimale et une aide à la décision efficace.

Evitez les ressaisies inutiles : toutes les simulations thermiques, solaires, lumières et calculs réglementaires s'effectuent sur la base d'une seule et même maquette 3D.

5-Automatisation du calcul de la performance de l'enveloppe

Exploitez pleinement la puissance de la maquette numérique pour le calcul des performances thermiques et énergétiques des éléments de l'enveloppe du bâtiment dans le respect des règles Th-Bât RT2012 ! ArchiWIZARD propose une détermination des propriétés entièrement automatisée à partir de votre maquette 3D :

- Catégorisation automatique des parois.
- Calcul des performances des parois selon les règles Th-U RT2012.
- Calcul des performances des baies avec et sans protection (calcul des facteurs U_w et des facteurs solaires et lumineux Sw_1 , Sw_2 , Sw_3 , T_l ainsi que des propriétés détaillées des vitrages selon les règles Th-U RT2012, EN 13363-2 et XP P50-777)..
- Détection et catégorisation des ponts thermiques.
- Détermination des valeurs de ponts thermiques selon les règles Th-U RT2012.

5-Aide à la conception bioclimatique et simulation énergétique en temps réel :

ArchiWIZARD vous permet de bénéficier d'une simulation énergétique multizone au pas de temps horaire en temps réel, basée sur les méthodes de calcul réglementaires et normatives pour la modélisation énergétique et combinée à notre technologie de lancer de rayons (raytracing) pour la simulation précise et performante du rayonnement solaire et lumineux.



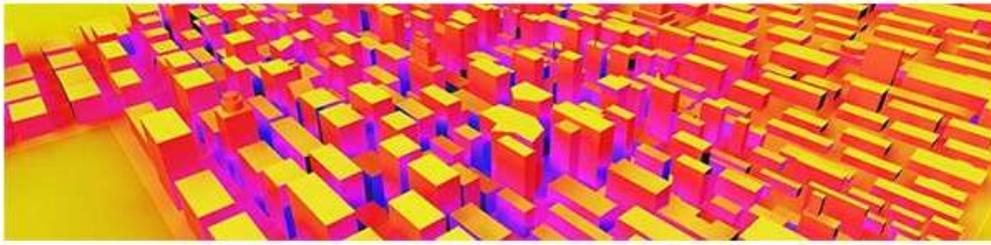
Simulation énergétique en temps réel.source :www.google.com

Modifiez les données et évaluez directement l'impact sur vos calculs de besoins énergétiques et sur le confort thermique dans les différentes zones du projet.

Les nombreux indicateurs et le volet de résultats dynamique vous offrent une solution d'aide à la décision d'une puissance incomparable sur le marché.

Simulez et évaluez l'impact des choix architecturaux et techniques de façon interactive et rapide afin d'optimiser la performance bioclimatique de votre projet dès les premières esquisses.

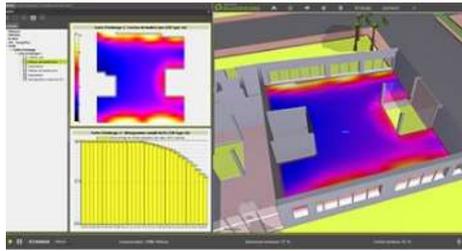
6-Etude du potentiel solaire : ArchiWIZARD dispose d'outils ergonomiques et efficaces pour analyser en détail l'ensoleillement et l'irradiation de vos projets et optimiser l'exploitation de la ressource solaire. Ces fonctionnalités en font une solution incontournable pour l'évaluation et la démonstration visuelle et pédagogique des choix effectués, que ce soit pour l'implantation du bâtiment dans son îlot, ou encore le dimensionnement des baies, protections solaires, installations photovoltaïques, etc.



Etude du potentiel solaire.source :www.google.com

- Prise en compte de géométrie 3D complexe par « raytracing » (protections, brise-soleil, vêtements, résilles,...).
- Cartographie solaire 3D.
- Observation des ombres portées sur différentes plages horaires.
- Visualisation des trajectoires solaires.
- Outil interactif d'analyse solaire détaillée (résultats horaires d'irradiation sur une façade, bilan de masquage, rayonnement direct, diffus, réfléchi, ...).
- Aide au dimensionnement d'installations solaires.

7-Simulation d'éclairage et d'accès à la lumière naturelle :



Simulation d'éclairage et d'accès à la lumière naturelle. Source : www.google.com

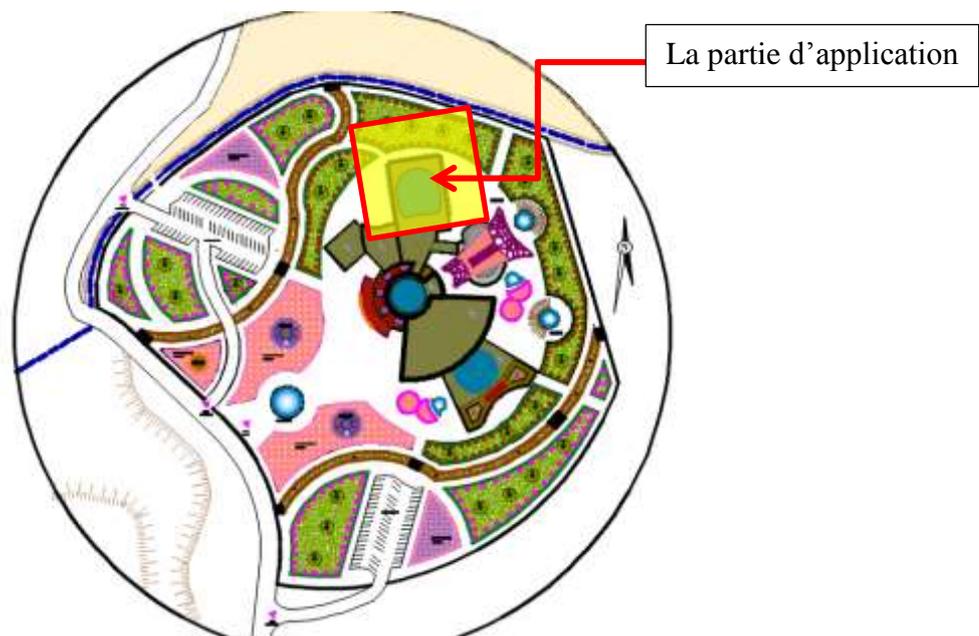
Assurez un accès à la lumière naturelle et un confort visuel optimaux dans vos projets à l'aide de cartographies d'éclairage précises. L'utilisation de la maquette numérique 3D et de la technologie de lancer de rayons (« raytracing ») d'ArchiWIZARD permettent une prise en compte complète des éléments de votre projet et de son environnement même avec des géométries complexes.

Les simulations d'éclairage couplées aux simulations thermiques impactent directement les besoins énergétiques (apports de chaleur dû aux équipements d'éclairage, calcul des consommations d'éclairage artificiel, prise en compte de l'accès à la lumière naturelle et du pilotage des protections mobiles).

Optimisez l'accès à la lumière naturelle, analysez en détail le flux lumineux à l'intérieur de vos pièces et menez des études de Facteur Lumière Jour sur vos projets sans aucune ressaisie sur les modèles énergétiques.

VI.8.Présentation de cas d'étude :

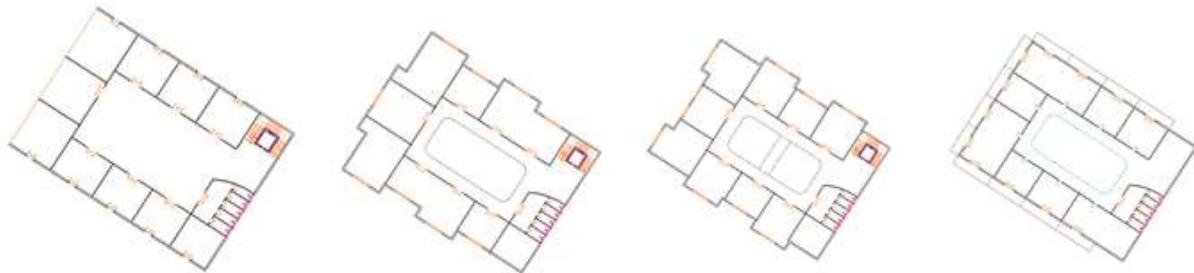
Type de projet : Le projet est un équipement commercial centre multifonctionnel de R+7.



La simulation énergétique de l'enveloppe architecturale

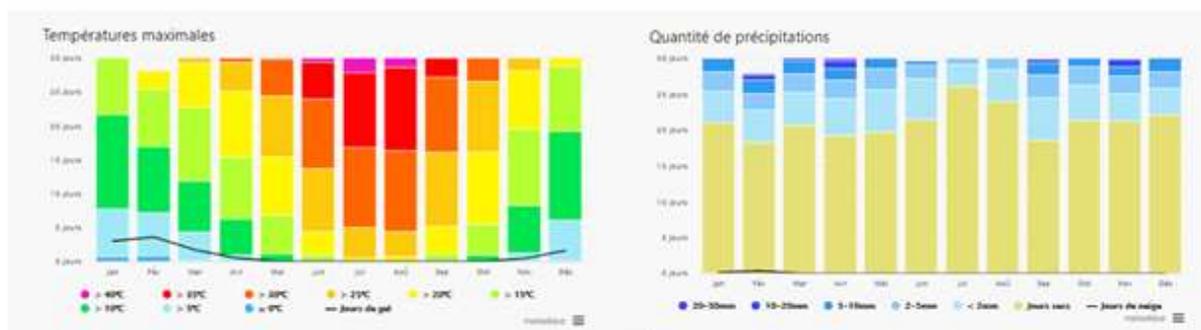
Plan de masse présente la partie d'application source : autocad auteur

Les données de la partie d'application :



Plan de cas d'étude. Source : archicad auteur

Les données climatiques de SA HAMMAM DBEGH Guelma :



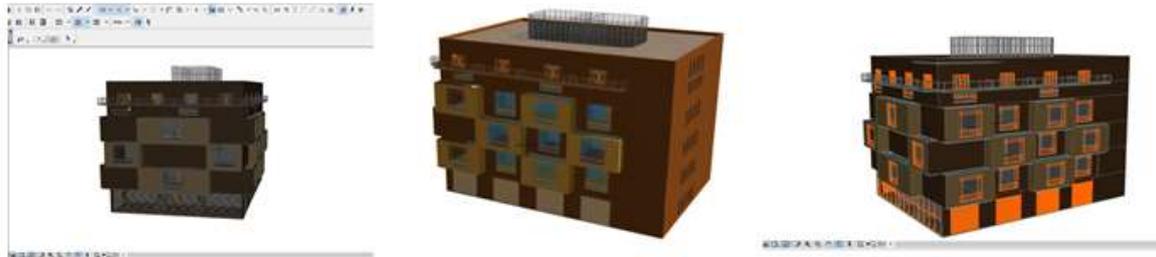
La température et la précipitation source : sunearth

L'humidité source :

Le mois	sept	oct	nov	déc	Jan	fév.	mars	avril	mai	juin	juillet	août	L'année
Le jour	54	64	69	70	70	69	64	64	62	55	48	46	61

Matériel de simulation utilisé : on utilise logiciel ARCHIWIZARD

Méthodologie de travail :



Modèle 3D source : archicad auteur

1-Modélisation : c'est la première étape en infographie tridimensionnelle, on a créé dans un logiciel ARCHCAD un objet qui vont passer du dessin en 2D au volume 3D.

2-Importer le fichier sue logiciel ARCHIWIZARD :



Tableau de paramétrage énergétique source :(archiwizard auteur)

 Compacité de l'enveloppe	S/N S étant la surface déperditive et V le volume du bâtiment. On considère que ce critère est performant d'il est inférieur à 0.8
---	---

<p>Ubat</p>	<p>Indicateur de performance thermique de l'enveloppe. L'Ubat du bâtiment est comparé à un Ubat calculé avec des performances de parois et de baies de références proposées par l'observatoire BBC. l'indicateur passe au vert si la performance de l'enveloppe est supérieure ou égale à la performance de référence</p>
<p>Ratio Ψ Ratio w/ (m²SRT.K)</p>	<p>Ratio de transmission thermique linéique moyen global. $\text{Ratio } \Psi = \sum_i (\Psi \cdot L_i) / \text{SRT}$. La RT 2012 exige qu'il soit inférieur à 0.28 w/(m²SRT.K.).si cette valeur est supérieure, il faut modifier le mode constructif (isolation par l'extérieur, par exemple) ou utiliser des rupteurs de ponts thermiques (0.10 w/ (m²SRT.K.).</p>
<p>Valeur du pont thermique</p>	<p>Moyen de la jonction plancher intermédiaire-façade la RT 2012 exige qu'il soit inférieur à 0.6 W/(m.K). si cette valeur est supérieure, il faut modifier le mode constructif (isolation par l'extérieur par exemple) ou utiliser des rupteurs de pont thermiques</p>

Résultats et interprétations :



Figure 147 : Indicateur de compacité de l'enveloppe

Sources : archiwizard auteur

Parmi les normes l'indicateur de la compacité de l'enveloppe, le résultat de simulation est **0.6** donc inférieure à 0.8 donc on considère que cette bâtiment est performant.



Figure 148 : Indicateur de performance thermique de l'enveloppe Ubat

Source : (archiwizard auteur)

Ubat (Indicateur de performance thermique de l'enveloppe) est verte il est, acceptable donc la performance de l'enveloppe est supérieure ou égale à la performance de référence.



Figure 149 : Indicateur Ration de transmission thermique

Source : (archiwizard d'auteur)

La simulation énergétique de l'enveloppe architecturale

L'indicateur Ratio Ψ de transmission thermique linéique moyen global est soit inférieur à 0.28. d'après les résultats de la simulation, la Ratio de notre bâtiment donne la valeur **0.18** ($m^2SRT.K.$). Donc est acceptable lorsqu'il est inférieur à 0.28 ($m^2SRT.K.$).



Figure 150 : pont thermique

Source : archiwizard auteur

Selon les normes, la Valeur du pont thermique soit inférieur à 0.6 W/(m.K), on résulte la valeur **0.09** donc la valeur est acceptable.

Imagerie soleil :

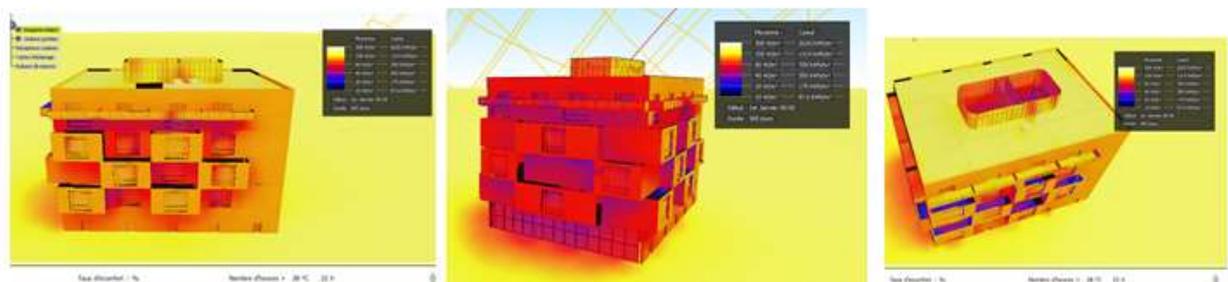


Figure 151 : Imagerie solaire

Source : (archiwizard auteur)

D'après les figures on constat que le toit c'est la partie le plus exposée au soleil dans notre bâti.

Indicateur de besoin et production énergétique :

Résultat Avant d'ajouter les panneaux solaires :

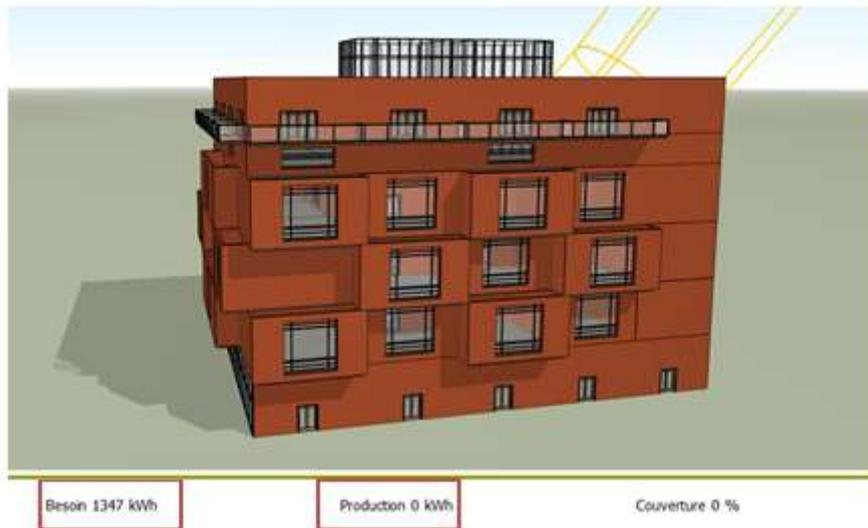


Figure 152 : Indicateur de besoin et production énergétique

Source (archiwizard auteur)

Selon les normes on résulte une déséquilibre entre la valeur de production est de besoin énergétique

On ajoute des panneaux solaires thermiques :

On utilise des panneaux solaires thermiques pour créer un équilibre entre la valeur de besoin et de production énergétique donc le résultat est acceptable par rapport au premier résultat.

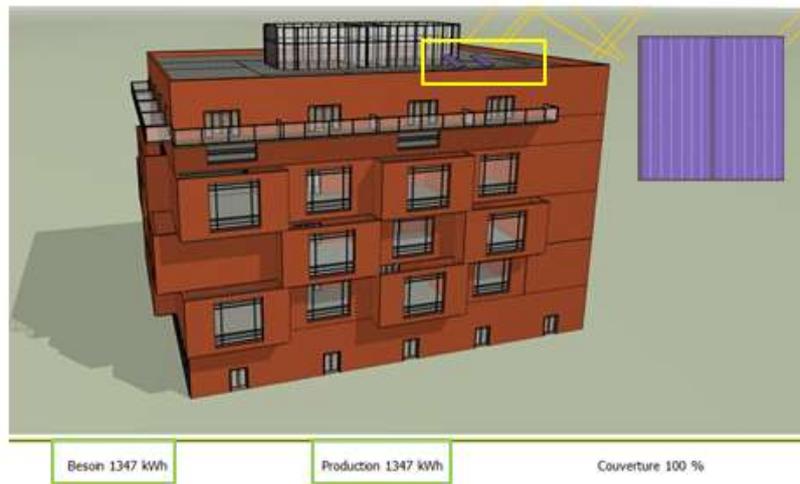


Figure 153 : production énergétique avec les panneaux solaire thermique

Source : archiwizard auteur

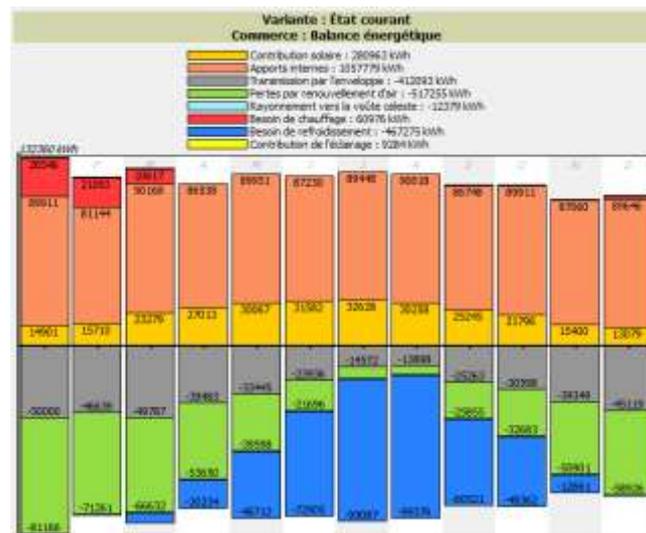


Figure 154 :Balance énergétique

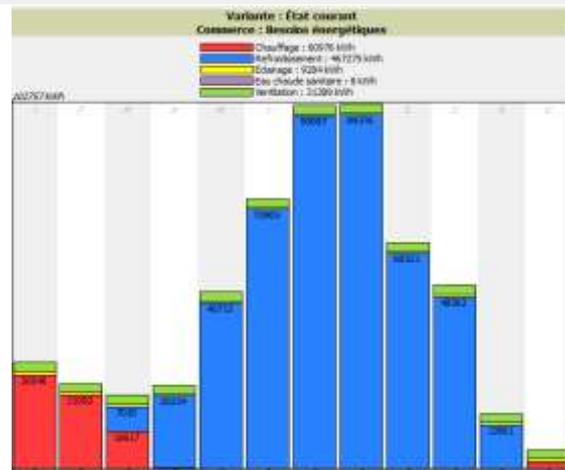
Source : (archiwizard modifier par l'auteur)

Cette variante représente les différents paramètres de balance énergétique, parmi les résultats la valeur des pertes par renouvellement de l'air et le besoin de refroidissement sont très faibles, par rapport aux normes.

La simulation énergétique de l'enveloppe architecturale

Tableau 13 : les besoins énergétiques source ;archiwizard auteur

Variante : État courant Commerce : Besoins énergétiques													
Besoins mensuels (kWh)	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc	Annuel
Chauffage	26546	21093	10618	581	0	0	0	0	0	0	0	2139	60976
Refroidissement	0	0	7020	20235	46712	72905	99087	99377	60521	48362	12661	394	467275
Eclairage	1002	813	816	652	635	587	595	673	700	869	934	1010	9284
Eau chaude sanitaire	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	8
Ventilation	2708	2407	2708	2507	2708	2607	2607	2708	2507	2708	2607	2607	31389



Besoin énergétique source : (archiwizard modifier par l'auteur)

Selon les résultats de cette variante, on constate que notre bâti besoin d'un refroidissement, de chauffage et de ventilation.

Conclusion :

La simulation a été effectuée en faisant recours au logiciel Archiwizard. Les résultats de la modélisation de la simulation énergétique montrent des valeurs synthétiques et des niveaux de confort et de consommation énergétique qui varient entre les plages acceptables selon notre modèle de référence RT2012. La performance énergétique de notre cas d'étude peut être considérée comme conforme au label de référence. Cette application nous a permis de montrer aussi l'importance des outils de simulation pour une conception environnementale des projets architecturaux.

Conclusion général :

Cette recherche s'est basée sur le principe que : « l'énergie la plus respectueuse de l'environnement, c'est l'énergie qui n'est pas dépensée », et elle s'attache à répondre aux

Objectifs ambitieux avec des solutions fiables pérennes à l'enveloppe architecturale des bâtiments selon le suivant une démarche bioclimatique.

L'enveloppe est un élément primordial par le biais duquel l'efficacité énergétique du bâtiment peut être examinée. Ainsi, pour contrôler la consommation de l'énergie et améliorer l'efficacité du bâtiment l'enveloppe architectural peut jouer le rôle de stabilisation des interactions aérothermiques, c'est une barrière pour certains éléments et un filtre pour d'autres, car elle enclore un espace qu'elle protège des variations du climat extérieur.

On arrive à en déduire que la performance énergétique est atteinte par le biais de l'intervention sur l'enveloppe extérieur du bâtiment vu qu'elle est l'élément qui perde le plus d'énergie comme on la expliqué précédemment. La simulation énergétique permet également de tester, examiner et évaluer les besoins énergétiques proposés à la fin de la conception architecturale.

Les études à l'échelle du globe montrent que le secteur du bâtiment est l'un des consommateurs principaux qui affectent la dépense énergétique et les émissions des gaz à effet de serre.

Cette recherche s'est basée sur le principe que : « l'énergie la plus respectueuse de l'environnement, c'est l'énergie qui n'est pas dépensée », et elle s'attache à répondre aux

Objectifs ambitieux avec des solutions fiables pérennes à l'enveloppe architecturale des bâtiments selon le suivant une démarche bioclimatique.

Il est très important de prendre en considération l'impact de l'enveloppe architecturale sur la consommation de l'énergie lors de la conception ou la rénovation des bâtiments afin de réduire leur consommation d'énergie de la manière la plus rentable. Par exemple, avec un nouveau bâtiment, il est mieux de choisir un design avec une enveloppe de bâtiment à haute performance et plus coûteuse mais qui réduit considérablement le besoin de chauffage et de refroidissement avec un système de CVC plus petit et moins coûteux. Pour les bâtiments

existants, il peut être mieux d'ajouter de l'isolant à un bâtiment que d'installer un système de chauffage plus efficace.

À travers l'analyse du cas d'étude et les exemples étudiés, nous avons tenté de proposer notre intervention avec le projet HPE et de mettre en exergue l'aspect énergétique de l'enveloppe architecturale. Dans cette recherche, le but était de réduire l'énergie consommé par un bâtiment public, mais pour des recherches futures il est recommandé de prendre en considération que les bâtiments de demain seront inévitablement à « énergie positive ». Le bâtiment à énergie positive n'est pas autonome du point de vue énergétique, mais seulement surproducteur.

Bibliographie :

Livres et articles

The International Energy Outlook(EIA) 2011, p.9

Lie bard, A et De Herder, A. Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques : Concevoir, édifier et aménager avec le développement durable. Décembre 2005

-Guide « financier les actions de lutte contre la précarité énergétique

-Rappel, mai 2019 publié le 27 mai 2019.

-S'informer sur les différents types d'énergie et le développement durable, Qu'est-ce qu'une - énergie renouvelable ?, [www.jeunes.edf.com/article/qu-est-ce-qu-une-energie renouvelable](http://www.jeunes.edf.com/article/qu-est-ce-qu-une-energie-renouvelable), 79, 24/04/2015 à 14 :56

-La revue de l'habitat, revue d'information du ministère de l'habitat et de l'urbanisme N° 03-Mars 2009, Alger, 74p

- « L'homme l'architecture et le climat » édition le moniteur Paris, 1978 ».

-Shobhakar D. « Comment infléchir les émissions de CO2 dans quatre mégapoles d'Asie » in La Revue Durable, « Vivre ensemble en mégapole », n° 14.2005

-Ministère de l'économie et des finances, guide relatif à l'efficacité énergétique dans les bâtiments, mars 2013.

-CARBONE, C. (2015). « la construction verte, durable et soutenable : une démarche intrinsèque à l'architecture ». Dans GAGNON,C.(Ed).Guide québécois pour des AGENDAS 21^e siècle locaux

-Loi n° 99-09 du 28 juillet 1999 relative à la maîtrise de l'énergie- article 02

-Rapport : Bulletin trimestriel APRUE numero 18. septembre 2010. En ligne sur: Aprue.org.dz consulté le 10/04/2017).

-Schneider Electric. Le livre blanc de l'Efficacité énergétique. février 2011.

-JORA, 1999 : Journal officiel de la république Algérienne n° 51 du 02/08/1999

-Idem

-Bulletin trimestriel n° 10 septembre. APRUE 2006, p8.

-(CERTU, 2003).

-Agence française pour la maîtrise de l'énergie, '' *Choix climatique et construction.*'' A. - (2003)., p14

-(HAUGLUSTAINE, 2006).

-(Fernandez et Lavigne, 2009).

-(Thierry & David, *Le grand livre de l'isolation*, 2009).(Lavigne, Brejon et Fernandez, 1994).

-(Sadok. A, 2016) phénomène de l'effet de serre.

-Jean-Louis Izard (auteur de *archi bio*)-Babelio (GIVONI. B, 1978)

- (EVANS.M, 1980)

- (HAMDANI. M, 2012).

-(1 :1,64 pour 26°N)/ (1 :1,30 pour 48°N)»Camue. R, Watson donald, 1979.

Soi Salomon, S et Bedel, S .*La maison des méga watts, Le guide malin de l'énergie chez.* Terre vivante.2004.

Schneider Electric. *Le livre blanc de l'Efficacité énergétique.* février 2011.

(Catherine BALTUS, Sophie LIESSE, 2006)

Mémoires et thèses :

-Fadi Chlela .Thèse de doctorat : Développement d'une méthodologie de conception de bâtiments à basse consommation d'énergie.. Université de La Rochelle. 2008.

-Source : TIBERMACHINE Islam .Mémoire magister : L'impact de la typologie des habitats collectifs sur les conditions thermiques intérieures et l'efficacité énergétique.. Université de Biskra. Année 2016. Traité par : auteurs 2017).

-Ould-Henia, A. (2003). Choix climatique et construction. Zones arides et semi-arides, maison à cour de Bou- Saada, Thèse de doctorat, Ecole polytechnique Fédérale de Lausanne. P32.

Mémoire khairia Amira : La qualité environnemental et la mixité fonctionnelle -Centre multifonctionnel

-mémoire fnides Abdallah : Influence de l'enveloppe architecturale sur la performance Énergétique des bâtiments.

-Mémoire fnides Randa : Tourisme thermal et projet urbain durable.

-mémoire Benchabane Salah Aymene : Centre Thermale et de Bien-être à Hammam Debagh ; Guelma.

-mémoire Ansar Ahmed Mounir Djebaili Imed Abd Errahmane : L'efficacité énergétique dans le bâtiment architectural. Cas d'étude : Évaluation des performances énergétiques du rectorat de l'université d'Oum El Bouaghi.

Sites web :

-www.connaissancedesenergies.org.. Consulté le 02/01/2017

-http://www.explorateurs-energie.com/index.php/les_energies/fossiles

-http://www.if_penergiesnouvelles.fr/espace-decouverte/les_cles_pour_comprendre/les_sources_d_energie.

-Formation des hydrocarbures-planete-energies.com

-<http://owl-ge.ch> »article »impact de la consommation d'énergie sur l'environnement

-www.planetoscope.com/Source-d-energie/229-.html.

-<http://DI.ummt0.dz/bitstream/handle/ummt0/877/chabi%20Mohammed.pdf>

-www.FUTURA-ENVIRONNEMENT.com

Définition du DD et grands principes entd.ac-bordeaux.fr

-<http://www.demarches territoriales de développement durable/verte/>(page consultée le jour mois année).

L'impact de l'enveloppe extérieure du bâtiment tertiaire sur le confort thermique.pdf.

-www.ageden38.org/wp-content/uploads/2014/05/performance_energetique_nov12.pdf.

-C6 l'évaluation environnementale du projet architecturale approches et méthodes/ fichier pdf page 1 et 2 consulté le 18/03/2021.

-www.proparco.fr .consulté le 12/03/2017. Article Fonds français pour l'environnement mondiale article publié le 01/11/2010

-[Http://media.xpair.com](http://media.xpair.com), mercredi 22 avril 2015 17:28:21

-Définition de l'enveloppe des bâtiments BTS Enveloppe eduscol.education.fr

L'impact%20de%20l'enveloppe%20exterieure%20du%20batiment%20tertiaire%20sur%20le%20confort%20thermique.pdf

TAB. 3 Les principaux labels de performance énergétique.

