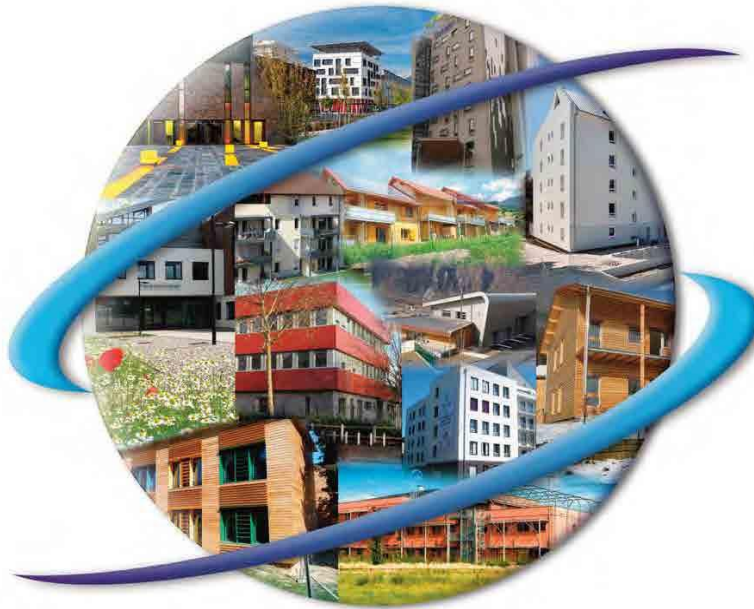


République algérienne démocratique et populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université Abderrahmane Mira – Bejaia



Faculté de Technologie
Département d'Architecture



THEME :
**EVALUATION DES POSSIBILITES D'INTEGRATION DES ENERGIES
RENOUVELABLES DANS LES EQUIPEMENTS PUBLICS**
Cas d'étude: Hotel CRISTAL 02 à Bejaia

Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en Architecture
« Architecture, ville et territoire »

Préparé par :

DERBAL Abdellah

DJERADA Madjid

GOUDJIL Lounis

Encadrés par : M^r MERZEG Abdelkader

Année Universitaire 2014 - 2015

Remerciements

Nous remercions avant tout le bon DIEU de nous avoir donné le courage et la force nécessaire à la réalisation de ce modeste travail.

Nos remerciements les plus sincères et les plus distingués du fond du cœur à nos chers parents qui nous ont accompagné et soutenu durant toute leur vie, ainsi qu'à toutes nos familles.

Egalement, nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire de recherche.

Dédicaces

A nos chers parents & à nos futures femmes...

Sommaire

REMERCIEMENT.....	i
DEDICACES.....	i
SOMMAIRE.....	iii
LISTE DES FIGURES.....	vi
LISTE DES TABLEAUX.....	ix
RESUME.....	x
ABSTRACT.....	xi
ملخص.....	xii

Chapitre introductif

1. Introduction Et Problématique Générale.....	01
2. PROBLEMATIQUE SPECIFIQUE.....	01
3. Hypothèses.....	03
4. OBJECTIFS.....	03
5. METHODOLOGIE DE RECHERCHE.....	04
6. STRUCTURE DU MEMOIRE.....	04

Premier chapitre : Développement Durable, Architecture & Energie

1. INTRODUCTION.....	06
2. DEFINITIONS ET GENERALITES.....	06
2.1. L'ENERGIE.....	06
2.1.1. DEFINITION.....	06
2.1.2. L'HOMME ET L'ENERGIE	07
2.2. LE DEVELOPPEMENT DURABLE.....	08
2.2.1. HISTORIQUE.....	08
2.2.2. DEFINITION.....	09
2.2.3. LES TROIS COMPOSANTES DU DEVELOPPEMENT DURABLE.....	10
2.3. L'ARCHITECTURE & L'ENERGIE.....	11
2.4. L'ARCHITECTURE ET LE DEVELOPPEMENT DURABLE.....	11
2.4.1. L'APPLICATION DES PRINCIPES DU DEVELOPPEMENT DURABLE A L'ARCHITECTURE.....	12
2.5. L'ENERGIE ET LE DEVELOPPEMENT DURABLE.....	13
2.5.1. L'ENERGIE ET L'ENVIRONNEMENT.....	14
2.5.2. L'IMPACT DE LA CONSOMMATION D'ENERGIE SUR L'ENVIRONNEMENT.....	15
3. CONCLUSION.....	16

Deuxième chapitre : Les énergies renouvelable & Efficacité énergétique

1. INTRODUCTION.....	17
2. LES RESSOURCES ENERGETIQUES.....	17
2.1. L'ÉNERGIE PRIMAIRE.....	17
2.2. L'ENERGIE FINALE.....	18
2.3. CONSOMMATION PAR SECTEURS ET PAR FORMES.....	19
2.3.1. LES UTILISATIONS DE L'ENERGIE PRIMAIRE.....	19
2.3.2. LA PRODUCTION D'ELECTRICITE.....	19
2.3.3. LE SECTEUR RESIDENTIEL ET TERTIAIRE.....	20
2.3.4. L'INDUSTRIE.....	21
2.3.5. LE TRANSPORT.....	21
2.4. CONSOMMATION ENERGETIQUE DES DIFFERENTS SECTEURS EN ALGERIE.....	22
3. LE RECOURS AUX ENERGIES RENOUVELABLES POUR UN DEVELOPPEMENT DURABLE.....	24
3.1. LES ENERGIES RENOUVELABLES.....	25
3.1.1. DEFINITIONS.....	25
3.1.2. LES SOURCES D'ENERGIES RENOUVELABLES.....	26

3.1.3. LES DIFFERENTES FILIERES DES ENERGIES RENOUVELABLES.....	28
3.1.4. L'ENERGIE HYDRAULIQUE.....	28
3.1.4.1. DEFINITION.....	28
3.1.4.2. L'EXPLOITATION.....	28
3.1.4.3. LA PRODUCTION.....	29
3.1.5. L'ENERGIE GEOTHERMIQUE.....	31
3.1.5.1. DEFINITION.....	31
3.1.5.2. L'EXPLOITATION	31
3.1.5.3. LA PRODUCTION.....	32
3.1.6. L'ENERGIE BIOMASSE.....	34
3.1.6.1. DEFINITION	34
3.1.6.2. L'EXPLOITATION	34
3.1.6.3. LA PRODUCTION	35
3.1.7. L'ENERGIE EOLIENNE.....	35
3.1.7.1. DEFINITION	35
3.1.7.2. EXPLOITATION	35
3.1.7.3. LA PRODUCTION	37
3.1.8. L'ENERGIE SOLAIRE.....	38
3.1.8.1. DEFINITION	38
3.1.8.2. EXPLOITATION	40
3.1.8.3. PRODUCTION	40
3.1.8.3.1. L'énergie solaire thermique.....	39
3.1.8.3.2. L'énergie solaire photovoltaïque.....	42
3.2. CARACTERISTIQUE DES ENERGIES RENOUVELABLES.....	43
4. ENERGIE RENOUVELABLE EN ALGERIE.....	43
4.1. LE POTENTIEL ÉNERGÉTIQUE EN ALGÉRIE.....	44
4.1.1. POTENTIEL SOLAIRE.....	44
4.1.2. POTENTIEL ÉOLIEN.....	44
4.1.3. POTENTIEL GEOTHERMIQUE.....	45
4.1.4. POTENTIEL DE BIOMASSE.....	45
4.1.5. POTENTIEL HYDROÉLECTRIQUE.....	46
4.2. PROGRAMME DES ENERGIES RENOUVELABLES EN ALGERIE.....	46
4.2.1. ENERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE.....	46
4.2.2. ENERGIE SOLAIRE THERMIQUE.....	46
4.2.3. ENERGIE EOLIENNE.....	47
5. EFFICACITE ENERGETIQUE EN ALGERIE.....	47
6. Exemples de projets à énergies renouvelables réalisés en Algérie.....	48
7. CONCLUSION.....	49

Troisième chapitre : Le bâtiment et les énergies renouvelables

1. INTRODUCTION.....	50
2. CONSOMMATION D'ENERGIE DU SECTEUR DE LA CONSTRUCTION EN ALGERIE.....	50
2.1 CONSOMMATION D'ENERGIE DU SECTEUR TERTIAIRE EN ALGERIE.....	51
2.1.1. LES ENERGIES FOSSILES.....	51
2.1.2. LES ENERGIES RENOUVELABLES.....	51
3. LE CADRE LEGISLATIF EN ALGERIE.....	52
3.1. LOI RELATIVE A LA MAITRISE DE L'ENERGIE.....	52
3.2. LOI RELATIVE A L'ELECTRICITE ET LA DISTRIBUTION PUBLIQUE DU GAZ PAR CANALISATION.....	52
3.3 LOI RELATIVE A LA PROMOTION DES ENERGIES RENOUVELABLES DANS LE CADRE DU DEVELOPPEMENT DURABLE.....	52
4. L'EQUILIBRE ENERGETIQUE D'UN BATIMENT.....	53
4.1. L'ORIENTATION.....	54
4.1.1 L'ORIENTATION ET LA FORME.....	54
4.1.2 L'ORIENTATION ET les COULEURS.....	55
4.1.3. L'ENVELOPPE	55

4.1.4. L'ISOLATION THERMIQUE.....	56
4.2. MATERIAUX DE CONSTRUCTION.....	56
5. QUELLE VOIE SUIVRE POUR S'INSCRIRE DANS UNE UTILISATION RATIONNELLE DE L'ENERGIE.....	57
5.1. LA MAITRISE DE L'ENERGIE.....	57
5.2. UNE NOUVELLE MANIERE DE CONSTRUIRE SON BATIMENT.....	57
5.3 SENSIBILISER L'USAGER A L'USAGE DE SON HABITAT.....	57
6. INTEGRATION DES ENERGIES RENOUVELABLES DANS LE BATIMENT, METHODES ET APPLICATIONS.....	58
6.1 INTEGRATION DE L'ENERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE ET/OU THERMIQUE.....	58
6.2 INTEGRATION DE L'ENERGIE EOLIENNE.....	61
6.2.1 CHOIX DU SITE D'INTEGRATION.....	61
6.2.2 CHOIX DU TYPE D'EOLIENNE.....	62
6.2.3 INTEGRATION SUR LE TOIT D'UN BATIMENT.....	63
6.3 INTEGRATION DE L'ENERGIE GEOTHERMIQUE ET AEROTHERMIQUE.....	67
6.3.1 ENERGIE GEOTHERMIQUE.....	68
6.3.2 L'ENERGIE AEROTHERMIQUE.....	70
6.4 L'INTEGRATION DE L'ENERGIE BIOMASSE.....	72
6.5 L'INTEGRATION DE L'ENERGIE HYDRAULIQUE.....	74
7. TYPOLOGIE ENERGETIQUE DES BATIMENTS.....	74
7.1 BATIMENT PERFORMANT « BASSE ENERGIE ».....	74
7.2 BATIMENT TRES PERFORMANT « TRES BASSE ENERGIE ».....	75
7.3 BATIMENT A ENERGIE POSITIVE « ZERO ENERGIE ».....	75
8. CRITERES D'EVALUATION ENERGETIQUE D'UN BATIMENT.....	75
9. BATIMENT BIOCLIMATIQUE.....	78
10. BATIMENT ECOLOGIQUE.....	79
11. BATIMENT INTELLIGENT.....	79
12. CONCLUSION.....	80
Quatrième chapitre: Analyse d'exemples et étude de cas	
1. Introduction.....	82
2. SECTION I : ANALYSE ET ETUDE D'EXEMPLES.....	82
2.1. Exemple n° 01 : Immeuble de bureau BONNE® ENERGIE.....	82
2.1.1. SITUATION DU PROJET.....	83
2.1.2. IDENTITE DU PROJET BONNE® ENERGIE.....	85
2.1.3. EFFICACITE ENERGETIQUE ET INTEGRATION DES ENERGIES RENOUVELABLES.....	86
2.1.3.1. EFFICACITE ENERGETIQUE.....	86
2.1.3.2. FONDEMENT DU PROJET.....	86
2.1.3.3. ENVELOPPE DU PROJET.....	87
2.1.3.4. CONCEPTION DES FENETRES.....	88
2.1.3.5. L'ECLAIRAGE, LA BUREAUTIQUE ET LES EQUIPEMENTS AUXILIAIRES.....	88
2.1.4. INTEGRATION DES ENERGIES RENOUVELABLES A PRIORI.....	89
2.1.4.1. LE CHAUFFAGE, LA VENTILATION DOUBLE FLUX ET LE RAFRAICHISSEMENT.....	89
2.1.4.2. UNE CENTRALE PHOTOVOLTAÏQUE EN TERRASSE.....	90
2.2. Exemple n° 02 : BATIMENT DE BUREAU A ENERGIE POSITIVE « GREEN OFFICE® » A MEUDON.....	92
2.2.1. SITUATION DU PROJET.....	92
2.2.2. IDENTITE DU PROJET.....	93
2.2.3. EFFICACITE ENERGETIQUE ET INTEGRATION DES ENERGIES RENOUVELABLES.....	94
2.2.3.1. EFFICACITE ENERGETIQUE.....	94
2.2.3.1.1. CONCEPTION BIOCLIMATIQUE DE L'ENVELOPPE.....	94
2.2.3.1.2. ECLAIRAGE ARTIFICIEL.....	96
2.2.3.1.3. LA VENTILATION.....	97
2.2.3.2. INTEGRATION DES ENERGIES RENOUVELABLES A PRIORI.....	97
2.2.3.2.1. ENERGIE BIOMASSE.....	97
2.2.3.2.2. ENERGIE PHOTOVOLTAÏQUE.....	98
2.2.3.2.3. PILOTAGE ENERGETIQUE DU BATIMENT.....	100
2.3. SYNTHESE DE L'ANALYSE DES EXEMPLES.....	100
3. SECTION II : ANALYSE ET ETUDE DE CAS, HOTEL CRISTAL 02 A BEJAIA	101

3.1 PRESENTATION DU PROJET.....	102
3.2. SITUATION DU PROJET.....	102
3.3. L'identité du projet.....	103
3.4. LA ZONE CLIMATIQUE ET LE POTENTIEL ENERGETIQUE DE LA REGION.....	104
3.4.1. LE POTENTIEL SOLAIRE.....	104
3.4.2. LE POTENTIEL EOLIEN.....	104
3.4.3. LE POTENTIEL BIOMASSE.....	105
3.4.4. LE POTENTIEL GEOTHERMIQUE.....	105
3.5. L'ENVELOPPE DU PROJET.....	105
3.6. L'ECLAIRAGE NATUREL.....	106
3.7. LE SYSTEME DE VENTILATION.....	107
3.8. LE SYSTEME DE CLIMATISATION.....	107
3.9. LE SYSTEME DE CHAUFFAGE.....	107
3.10. LA GESTION DE L'EAU.....	107
3.11. LA CONSOMMATION ENERGETIQUE.....	107
3.12. L'EVALUATION ENERGETIQUE DE L'HOTEL.....	107
4. L'INTEGRATION DES ENERGIES RENOUVELABLES A POSTERIORI.....	110
4.1. L'INTEGRATION DE L'ENERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE.....	113
4.1.1. L'INTEGRATION SUR LES TERRASSES.....	113
4.1.2. L'INTEGRATION SUR FAÇADE.....	116
4.2. L'INTEGRATION DE L'ENERGIE EOLIENNE.....	117
4.3. LE CALCUL ENERGETIQUE DE L'HOTEL APRES INTEGRATION.....	118
5. CONCLUSION.....	119
CONCLUSION GENERALE.....	120
BIBLIOGRAPHIE.....	121
WEBOGRAPHIE.....	124

Liste des figures

Chapitre 01.....	
Figure I.1 : Les trois composantes du développement durable.....	10
Figure I.2 : Organisations des contenus sur le thème de l'énergie.....	11
Chapitre 02.....	
Figure II. 1 : Schéma de la chaîne énergétique.....	18
Figure II.2 : La répartition de la consommation de l'énergie par secteur d'activité.....	19
Figure II.3. Production d'électricité (29%).....	19
Figure II. 4 : La consommation dans le secteur résidentiel.	20
Figure II. 5 : La consommation énergétique dans le secteur de l'industrie	21
Figure II. 6 : La consommation énergétique dans le secteur du transport	21
Figure II. 7 : Consommation d'énergie par secteur (1980 - 2000)	23
Figure II. 8 : Répartition de la consommation finale par type d'énergie.....	23
Figure II 9. La consommation par type d'énergie dans le secteur tertiaire.	24
Figure II. 10 : Part des énergies renouvelables dans la consommation énergétique mondiale finale en 2010.....	25
Figure II. 11 : Consommation mondiale par filières d'énergies renouvelables.....	26
Figure II. 12 : Part estimée des énergies renouvelables dans la production électrique mondiale en 2011.....	27
Figure II. 13 : Principe de fonctionnement d'une PCH.....	29
Figure II. 14 : Principe de fonctionnement d'une grande centrale hydraulique.....	30
Figure II. 15 : Schéma de la géothermie haute énergie.....	32
Figure II. 16 : Installation géothermique à basse énergie.....	33
Figure II. 17 : Exemple d'une très basse géothermie	33
Figure II. 18 : Parc éolien, Allemagne.....	36
Figure II. 19 : Catégories d'éoliennes.....	37
Figure II. 20 : Types d'éoliennes.....	37
Figure II. 21 : Eléments composant une éolienne.....	38
Figure II. 22 : Principe de fonctionnement du chauffe-eau solaire auto stockeur.....	40
Figure II. 23 : Principe de fonctionnement du chauffe-eau solaire thermosiphon.....	40
Figure II. 24 : Fours solaires.....	41

Figure II. 25 Centrales électriques.....	41
Figure II. 26 : Collecteur parabolique.....	42
Figure II. 27 : Concentrateur linéaire.....	42
Figure II. 28 : Exemple d'une installation photovoltaïque autonome.....	42
Figure II. 29 : Potentiel énergétique géothermique en Algérie.....	45
Chapitre 03.....	
Figure III. 1 : Perte d'énergie d'un bâtiment non isolé.....	55
Figure III. 2 : Comparaison entre différents matériaux.....	56
Figure III. 3 : Les différentes formes d'intégration du photovoltaïque au cadre bâti...	59
Figure III. 4 : Mise en œuvre technique et esthétique des panneaux photovoltaïques....	60
Figure III. 5 : Type d'éolienne.....	62
Figure III. 6 : Différents types de mats.....	62
Figure III. 7: Strata Tower Londres.....	64
Figure III. 8: World Trade Center Bahreïn.....	65
Figure III. 9: Green parking Garage – Chicago.....	66
Figure III. 10 : Le projet du Cor building à Miami.....	66
Figure III. 11 Pompage dans un forage et rejet dans un deuxième forage.....	69
Figure III. 12 : Pompage dans un puits et rejet en réseau de surface.....	69
Figure III. 13 : La mise en œuvre d'un capteur horizontal ou vertical.....	69
Figure III. 14 : Petit système commercial.....	72
Chapitre 04.....	
Figure IV. 1 : L'immeuble Bonne® énergie en 3D.....	82
Figure IV. 2 : Situation du projet.....	83
Figure IV. 3 : Localisation du projet.....	83
Figure IV. 4 : Plan de masse de la ZAC de Bonne.....	84
Figure IV 5 : L'idée initiale du projet.....	86
Figure IV. 6 : Détail de l'enveloppe.....	87
Figure IV. 7 : Façades principale et plan étage courant.....	87
Figure IV. 8 : Coupe schématique fenêtres et planchers.....	88
Figure IV. 9 : Eclairage artificiel intérieur.....	89
Figure IV. 10 : Pompe à chaleur et centrale de traitement d'air.....	89
Figure IV. 11 : La centrale photovoltaïque.....	90
Figure IV. 12 : Bâtiment de bureau Green office®.....	92

Figure IV. 13 : Situation du projet.....	92
Figure IV. 14 : Localisation du projet.....	93
Figure IV. 15 : Prise sur mur extérieur et sur les plateaux.....	94
Figure IV. 16 : Aperçu sur les fenêtres et leurs dispositions.....	94
Figure IV. 17 : Illustration d'un mur végétale et brises solaires sur façade.....	95
Figure IV. 18 : Eclairage naturel et porosité de l'enveloppe.....	95
Figure IV. 19 : L'éclairage artificiel dans le bâtiment.....	96
Figure IV. 20 : Les différentes techniques de ventilation dans le bâtiment.....	97
Figure IV. 21 : Plan du 1er sous-sol avec le système de cogénération.....	97
Figure IV. 22 : Plan de masse.....	98
Figure IV. 23 : Panneaux photovoltaïques monocristallins sur les parkings voitures....	99
Figure IV. 24 : Brise-soleils et panneaux photovoltaïque poly cristallins en bardage..	99
Figure IV. 25 : Verrière photovoltaïque située entre les deux immeubles et panneaux photovoltaïques monocristallins en toiture.....	99
Figure IV. 26 : Hôtel cristal 02.....	102
Figure IV. 27 : Situation de Bejaïa.....	102
Figure IV. 28 : Situation du projet.....	103
Figure IV. 29 : La rose des vents de Bejaïa.....	104
Figure IV. 28 : Détail mur extérieur.....	106
Figure IV. 30 : Vue générale sur l'hôtel.....	111
Figure IV. 31 : Façade principale.....	111
Figure IV. 32 : Façade postérieure.....	111
Figure IV. 33 : Plans des différentes terrasses.	112
Figure IV. 34 : Orientation des différentes terrasses.....	113
Figure IV. 35 : Gains techniques d'aération et conduites de chauffage.....	114
Figure IV. 36 : Plan de l'intégration des panneaux photovoltaïques.....	115
Figure IV. 37 : Vue en 3D de l'intégration des panneaux photovoltaïques sur la terrasse « B »	115
Figure IV. 38 : L'intégration des panneaux photovoltaïques sur la façade SUD.....	116
Figure IV. 39 : Intégration de deux petites éoliennes.....	117
Figure IV. 40 : vue en 3D de l'intégration éolienne et photovoltaïque.....	118

Liste de tableaux

Chapitre 02.....	
Tableau II. 1 : Consommation d'énergie en million de tonnes équivalentes pétrole par secteur.....	22
Tableau II. 2 : Répartition de la consommation finale par secteur et par type d'énergie, 2009	24
Tableau II. 3 : Les différentes filières d'Energies Renouvelables.....	28
Tableau II.4 : Potentiel énergétique solaire en Algérie.....	44
Chapitre 03.....	
Tableau III. 1 : Les équipements publics réalisés durant les dix dernières années.....	51
Tableau III. 2 : Consommation d'énergie par branche d'activité.....	52
Tableau III. 3 : Sources et formes d'intégration de l'énergie géothermique et aérothermique.....	67
Tableau III. 4 : Différentes technologie de captage de l'énergie géothermique et aérothermique.....	68
Tableau III. 5 : Chauffage d'un bâtiment tertiaire neuf de 1000m ²	71

Résumé

L'énergie étant une donnée relative aux pratiques de l'homme architecte et à la nature, elle joue le rôle d'une passerelle reliant l'architecture au développement durable, une jonction qui a besoin d'être consolidée et renforcée par une conscience collective, car elle se fragilise et commence à perdre sa stabilité. Les énergies renouvelables semblent être une solution alternative appropriée vis-à-vis la défaillance des anciennes pratiques, elles représentent le soutien tant attendu qui viendra renouer ce lien.

Le bâtiment public en Algérie représente un vecteur très important de la consommation énergétique. C'est un secteur qui est en perpétuelle évolution ayant un impact dévalorisant, visible et croissant des conséquences de sa dépendance énergétique, soit plusieurs raisons qui laissent apparaître la nécessité de lui intégrer les ressources alternative renouvelables, là où elles prennent vraiment toutes leurs dimensions, techniques, esthétiques, économiques et environnementales.

Procédées d'application et méthodes d'intégration dans différents contextes, sont disponibles afin de mener cette opération dans un cadre normatif spécifique à chaque type de filière énergétique. Une étude d'avant-projet sur les possibilités d'intégration est obligatoire, à savoir la disponibilité d'un potentiel énergétique renouvelable et son adaptation à l'ouvrage en question, pour une intégration efficace à long terme, économique et rentable.

Afin de transposer l'ensemble des données théoriques assimilées et obtenues à travers les différentes recherches, sur la question de l'intégration des énergies renouvelables dans les équipements publics en Algérie, un cas d'étude a été pris en considération comme sujet d'expérience, qui va attester sur la validation ou l'infirmité de la problématique soulevée à la prémisse de la thèse d'étude.

Mots clés : Bâtiment public, énergie renouvelable, développement durable, efficacité énergétique.

Summary

The energy being a datum relative to the practices of the man architect and in the nature, it plays the role of a footbridge connecting the architecture with the sustainable development, a junction which needs to be strengthened and strengthened by a collective consciousness, because it weakens and begins to lose its stability. The renewable energies seem to be an alternative suited solution closed view the failure of the old practices; they represent the long-awaited support, which will come to retire this link.

The public building in Algeria represents a very important vector of the energy consumption. It is the sector, which is in perpetual evolution having a depreciating, visible and increasing impact of the consequences of his energy dependence, is several reasons, which let, appear requires it to integrate him the resources alternative renewable, where they really take all their dimensions, technical, esthetic, economic and environmental.

Processes of application and methods of integration in various contexts are available to lead this operation in a specific normative frame to every type of energy sector. A study of draft on the possibilities of integration is compulsory, worth knowing the availability of a renewable energy potential and its adaptation for the work in question, for a long-term, economic and profitable effective integration.

To transpose all the theoretical data assimilated and obtained through the various researches, on the question of the integration of the renewable energies in the public equipment in Algeria. A case study has been considered as a subject of experience, which is going to give evidence on the validation or the invalidation of the problem lifted in the premise of the study.

Keywords: Public buildings, Renewables energies, sustainable development, efficiency energy.

ملخص

من بين المعطيات المهمة المتعلقة بممارسات المهندس المعماري والطبيعة نجد الطاقة، التي تلعب دور الجسر المتين الذي يربط الهندسة المعمارية بالتنمية المستدامة، الرابط الذي يتطلب التوحيد والتعزيز من قبل الوعي الاجتماعي بهدف تجنبه الحالة التي آل إليها من ضعف وفقدان للتوازن. وبالتالي فإن مصادر الطاقات المتجددة تبدو الحل البديل المناسب والأمثل بالمقارنة مع الممارسات السابقة التي لا تخضع لأي متطلبات في مجال الطاقة.

نظرا للتطور المستمر الذي يشهده قطاع المباني العمومية في الجزائر وعدم استقلاليته الطاقوية بصفة عامة، أثر عليه سلبا وذلك بتعلقه بطاقة أحفوريه غير دائمة، الشيء الذي جعل ادماج الطاقات المتجددة تتقدم قائمة الحلول البديلة آخذة بعين الاعتبار البعد التقني، الجمالي، الاقتصادي والبيئي للبنى ذات الطابع العمومي.

ولتحقيق هذا الإدماج بصفة مثالية ومراعية لمختلف الأنظمة الطاقوية يمكن استخدام عدة طرق وأساليب عصرية. لكن قبل ذلك كله، يجب القيام بدراسة أولية للمشروع لمعرفة إن كانت هذه الطاقات البديلة المتجددة متوفرة ومتناسبة مع البناية المعنية وذلك بغية تحقيق إدماج ذو مردود رفيع، اقتصادي وعلى المدى الطويل.

من أجل ترجمة مختلف التحصيلات النظرية المستوعبة من خلال البحوث السابقة حول دمج الطاقات المتجددة في البنايات العمومية في الجزائر، فقد تم التطرق إلى دراسة موضوع تجريبي بهدف إثبات أو إبطال صحة الفرضيات التي أثبتت في هذه الدراسة المطروحة.

الكلمات المفتاحية: المباني العمومية، الطاقات المتجددة، التنمية المستدامة، الفعالية الطاقوية.

CHAPITRE INTRODUCTIF

1. Introduction et problématique générale

LE MONDE DE DEMAIN, UN OBJECTIF, UN DEFI...???!!!

Tant d'exclamations et d'interrogations, tel est le mystère qui ronge les pensées de l'homme du XXI siècle. Quel avenir pour notre planète bleue ? Saurons-nous l'aider à retrouver ses couleurs ?

Après tous, on lui doit bien ça ! Puisque nous sommes à l'origine de la dégradation de cet écosystème, cet environnement si sain et ordonné. Avec un cycle de vie bien déterminé chaque donnée est essentielle dans une chaîne naturelle dépendante de son habitat, mais hélas notre inconscience causera notre perte, et comme on dit « la nature doit reprendre ses droits ».

Le réchauffement planétaire, l'augmentation des gaz à effet de serre et l'épuisement des ressources naturelles sont autant d'enjeux actuels qui engagent l'humanité à se sensibiliser à se mobiliser et à se responsabiliser. Il importe également de constater qu'une grande partie de l'énergie primaire est consommée dans le secteur du bâtiment, soit dans la construction.

A lui seul, le secteur de la construction utilise environ 40% des ressources énergétiques dans le monde et représente l'un des premiers émetteurs de gaz à effet de serre. Par conséquent des mesures pour réduire sa dépendance aux énergies fossiles s'imposent, telle est la réponse à l'énigme.

Avoir un habitat sain, des constructions écologiques, des équipements publics de haute qualités environnementales, c'est un objectif, faire régner la paix entre l'homme et la nature, c'est une ambition, ne pas épuiser la planète terre de ses ressources et opter pour une dynamique de développement des énergies renouvelables c'est une gloire.

ALORS, ARCHITECTURE VERTE & ENERGIE DOUCE ; REVE OU REALITE ?!

2. Problématique spécifique

L'énergie depuis le commencement des âges a été le moteur de l'activité humaine, c'est un élément qui intervient dans tous les actes quotidiens de l'homme. Cependant le chauffage, la climatisation, l'éclairage, le transport... représentent les différentes manières du besoin en énergie, dont l'augmentation illimitée relativement à la demande, ainsi que les faibles coûts, notamment le cas des pays pétroliers, ont orientés des gaspillages énormes et une consommation

très importante de ces ressources, aussi bien dans le domaine industrielle que dans le domestique.

Les sources d'énergie renouvelables ont bercé l'enfance de la civilisation humaine ; le soleil, le vent et l'eau...etc., ont donné à l'homme la possibilité de nouvelles conquêtes, à savoir un meilleur confort (thermique, acoustique, olfactif, visuel...).

Pouvant avoir différentes forme et fonction, le bâtiment a connu d'importantes modification au fil du temps pour s'adapter à un nombre énorme de facteurs, des matériaux de construction disponibles aux conditions climatiques en passant par le foncier, les conditions du terrain, la spécificité de son utilisation et autres raisons d'ordre esthétique.

Dans son rôle d'abri, un bâtiment marque une séparation physique de l'habitat de l'homme entre intérieur (un espace de confort et de sécurité) et extérieur (un espace qui peut être parfois rude et inhospitalier). Créer le microclimat intérieur nécessaire exige beaucoup d'énergie. C'est pourquoi la construction et le fonctionnement d'un bâtiment ont un impact –direct et indirect– très important sur l'environnement. En effet, autres utilisations de ressources comme l'énergie et les matières premières, les bâtiments produisent également des déchets et génèrent des émissions atmosphériques pouvant être nuisibles à l'environnement.

Face à la croissance économique et démographique continue, concepteurs et constructeurs doivent alors relever un défi bien particulier, celui de répondre aux multiples exigences qu'impose le bâtiment : fournir des installations – neuves et rénovées – répondant aux critères d'accessibilité, de sécurité, de robustesse et d'efficacité, tout en minimisant l'impact sur l'environnement social et humain.

Mais avant de penser diversification énergétique, pensons économie et maîtrise de l'énergie.

La maîtrise de l'énergie ne peut se faire que lorsqu'elle est véritablement pensée en amont du projet architectural. La conception du bâti doit s'intégrer aux différents contextes climatiques ; prendre en compte l'orientation de façon à favoriser les apports solaires, le type de matériaux utilisés, le système de rafraîchissement, la démarche de l'architecture dite bioclimatique peut rendre l'habitat autonome en énergie et minimiser sa consommation. La réduction des émissions de GES se fera aussi par l'enveloppe du bâti.

Les impératifs de maîtrise de l'énergie nous conduisent donc aujourd'hui à renouer avec d'anciennes pratiques qui consistaient à intégrer les facteurs climatiques dans les projets de construction.

L'Algérie connaît depuis une décennie un développement intense et soutenu de la construction des bâtiments publics, initiés par des promoteurs privés et publics. Il atteint les 4789 bâtiments de 1999 à 2008 et il concerne tous les secteurs d'activités confondus.

Malheureusement ces équipements ne sont soumis à aucune exigence réglementaire sur le plan énergétique, les paramètres de la construction sont d'ordre fonctionnel et architectural, et la dimension liée à la maîtrise de l'énergie, à l'efficacité énergétique et aux énergies renouvelables du projet n'est pas toujours considérée comme significative. Ce qui induit des bâtiments non confortables et énergivores.

Alors comment atteindre cette dynamique énergétique entre maîtrise, efficacité et intégration dans les équipements publics ?

Quelles voies suivre pour une meilleure intégration des énergies renouvelables dans les équipements publics, en quête des procédés les plus adaptés alliant efficacité et durabilité ?

3. Hypothèse

Aujourd'hui, le secteur du bâtiment en Algérie est à la base de 41% des consommations énergétiques finale, de ce fait, il constitue le principal gisement d'économie d'énergie au vue des défaillances constatées en termes de conception. C'est aussi le secteur dans lequel les émissions peuvent être réduites de manière très figurante, on introduisant des adaptations techniques parfois simples ou parfois complexes :

- 1) Prendre en considération les bilans énergétiques lors de la conception des bâtiments, devrait participer à minimiser les déperditions et choisir les matériaux de construction adéquats.
- 2) Maintenir une dynamique énergétique durable et renouvelable pourra assurer une autosatisfaction de la demande des bâtiments en énergie.
- 3) L'intégration des énergies renouvelables dans le bâtiment devrait contribuer dans une grande mesure à économiser l'énergie et probablement à procurer du confort aux usagers.
- 4) Sensibilisation de la société sur les dangers que peut représenter l'utilisation excessive et irrationnelle des énergies primaires, aussi bien que l'apport bénéfique et très significatif des énergies renouvelables dans le bâtiment.

4. Objectifs

Le secteur du bâtiment est, parmi les secteurs économiques, le plus consommateur d'énergie. Les récentes statistiques (entre 2000 et 2005 la consommation finale du secteur a progressé

annuellement de 6%) de consommation d'énergie en Algérie indiquent que la consommation annuelle d'énergie a considérablement augmenté. Dans l'avenir, il est prévu que la consommation d'énergie dans le secteur public est susceptible d'augmenter considérablement. Les bâtiments publics sont non seulement de gros consommateurs d'énergie, mais également contribuent énormément à l'émission de CO₂.

D'où l'intérêt de notre étude sur la possibilité d'intégration des énergies renouvelables dans les équipements publics, étant donné que ces derniers sont une propriété étatique à usage public, ce qui augmente les chances et opportunités d'intervention des autorités concernées vis-à-vis cet axe de développement durable.

Cette démarche vise à :

- Prendre conscience des pertes énergétiques qu'engendrent ce secteur et son impact sur l'environnement.
- Localiser les défaillances et l'inefficacité énergétiques dans les bâtiments publiques.
- Procéder avec des techniques d'intervention pour diminuer les défaillances énergétiques.
- Voir les possibilités d'intégration des énergies renouvelables dans un contexte précis.

5. Méthodologie de recherche

Notre étude s'est basée sur deux grandes parties, la première étant théorique, elle nous permettra une acquisition pointue de l'information sur un savoir-faire technique et environnemental, à savoir une démarche sur le processus d'intégration des énergies renouvelables dans les équipements publics en Algérie. La seconde partie, qui est le complément pratique de notre recherche, s'est appuyé sur une étude d'exemples étrangers, pour ainsi mieux appréhender la problématique soulevée sur une échelle globale plus significative, en suite viens un cas d'étude local sur lequel se portera l'intégration de la synthèse de l'ensemble du corpus théorique assimilé avec l'art et la manière, épaulé par une enquête sur le terrain et un entrevu avec les acteurs de la profession.

6. Structure du mémoire

Notre recherche est organisée sous une structure méthodologique traitée sur deux phases :

- **La Chapitre introductif** : admet une problématique et introduction générale, une problématique spécifique, les hypothèses, les objectifs de même que la méthodologie de recherche.

➤ **La première partie :** étant théorique elle fera office d'une étude approfondie sur les notions de base introduisant notre thématique de recherche, une approche globale sur la compréhension du processus d'intégration des énergies renouvelables dans les bâtiments publics. Assisté par une base de données, cette phase est structurée sur trois chapitres. Le premier consiste en une introduction sur l'axe de recherche, à savoir « architecture durable et efficacité énergétique », pour faire le lien entre les notions architecture, énergie et développement durable ainsi qu'une intention sur les interactions existantes entre chacune d'elles. Dans le deuxième chapitre vient le temps de la compréhension de la notion d'énergie avec ses différents aspects, son importance capitale et son impact sur les pratiques de l'homme, d'où l'apparition de la révolution d'une dynamique énergétique renouvelable, des ressources alternatives propres, saine et inépuisables. Concernant le troisième chapitre, l'accent est mis sur la consommation énergétique du secteur de la construction en Algérie ainsi que sur les procédés et méthodes d'intégration des énergies renouvelables dans les équipements publics.

➤ **La deuxième partie :** étant pratique, elle est composée en deux parties, dont la première fait référence à une étude d'exemples internationaux, et par rapport à la deuxième, elle représente un cas d'étude national sur le quel sera portée l'initiative de l'intégration des énergies renouvelables.

➤ **La conclusion générale :** portera sur une réflexion logique vis-à-vis le travail effectué, d'où l'émergence d'une repense à la problématique spécifique de l'étude concernant la possibilité d'intégration des énergies renouvelables dans les équipements publics en Algérie

PREMIER CHAPITRE

*Développement durable, architecture &
énergie*

1. Introduction :

Aujourd'hui, les modifications climatiques amorcées au XX^{ème} siècle deviennent de plus en plus sensible, face au danger qu'elles représentent, l'opinion publique et les décideurs politiques commencent à prendre conscience de la nécessité de protéger le milieu naturel. Aborder l'énergie et l'architecture selon une approche respectueuse de l'environnement qui est l'un des axes du développement durable, d'autant que ce dernier est une réponse aux problèmes soulevés lors des sommets internationaux.

De plus en plus la pratique du développement durable dans l'architecture et ses besoins énergétiques est l'une des premières démarches où la prise de conscience individuelle et collective peut se traduire en un impact visible, sensible et mesurable.

Alors pour bien cerner la question, la compréhension de ces trois pilier est nécessaire afin d'appréhender l'interaction directe et indirecte entre chaque valeur, une réponse inévitable qui va faire régner la paix entre l'homme, architecte, et la nature, source d'énergies, vers une économie rationnelle et compétitive, en d'autre termes, vers un développement durable.

2. Définitions Et Généralités

2.1. L'énergie

2.1.1. Définition

Le mot énergie est d'origine latine, « energia »qui veut dire « puissance physique qui permet d'agir et de réagir ».¹ L'énergie est capable de produire soit du travail, soit de la chaleur, soit tous les deux. Parce que le travail et la chaleur sont fondamentaux pour notre vie.

La définition de l'énergie est vague, elle a une acceptation large suivant les différents domaines ou on se trouve :

- Par rapports aux physiciens et naturalistes ; l'énergie est la puissance matérielle du travail. ²

¹ -**Grand Larousse De La Langue française**, librairie Larousse, tome2 paris, 1972, p.1613.

² **Donald.W.Curran**, la nouvelle donnée énergétique, Masson, collection géographie 1981, p.17

- Par rapports aux économistes ; C'est la quantité de l'énergie mécanique commercialisée ; c'est-à-dire l'ensemble des sources et des formes d'énergie susceptibles d'utilisation massive, aussi bien pour produire de la chaleur que pour actionner des machines.³

Dans tous les cas elle contribue au bien être de l'individu c'est pourquoi elle est considérée comme un bien social elle est :

- Limitée : au sens où il ne s'agit que d'un bien de consommation pour les ménages.
- Et considérable : Car sans énergie tout s'arrête. Ce qui explique l'importance qu'on y attache.⁴

2.1.2. L'homme et l'énergie

La seule source dont disposait l'homme primitif était sa nourriture où il consomme environ 200 Kcal/jour, soit environ 66Kg de pétrole par an ou 100Kg de charbon.

Il y a environ 10 000 ans, l'homme après la maîtrise du feu, avait plus d'aliments et brûlait du bois pour se chauffer et cuisiner ; il consommait environ 5000 Kcal/jour.

Par contre au moyen âge, l'homme utilisait déjà le charbon pour se chauffer, l'énergie hydraulique, éolienne et l'énergie animale pour le transport ; sa consommation d'énergie était double de la précédente soit 24 000 Kcal/jour

Avec la révolution industrielle, l'homme consommait en moyenne 70 000 Kcal/jour. Dont environ 10% pour sa nourriture, 10% pour le transport, 50% pour le domestique et le tertiaire (chauffage...) et 30% pour l'industrie et l'agriculture.

La société technique se représente vers les années 70, l'énergie était disponible à l'échelle de l'unité individuelle. Le taux de croissance de la consommation d'énergie par habitant aux Etats-Unis par exemple avait atteint 230 000Kcal /jour /habitant.⁵

³ Donald.W.Curran, la nouvelle donnée énergétique, Masson, collection géographie 1981, p.17

⁴ LOUAFI CHAHRAZED –L'énergie Electrique En Algérie – Université de Constantine 1998. p.191.

⁵ Ch.E. Chitour. 1994. l'énergie, Les enjeux de l'an 2000. Vol/1 Office des publications Universitaires ALGER p.91

2.2. Le Développement Durable

2.2.1. Historique

Le développement durable est une notion qui vient de l'extérieur, de l'international. Tout commence véritablement dans les années 60 avec les premières critiques du monde de croissance productiviste. Le club de Rome industriel fondé en 1968, est la tête de ce mouvement.

Ce qui suit expose l'ordre chronologique de mutation de la notion de « développement durable » :

- **1968 :** la fondation de club de Rome industriel.
- **1970 :** Les premiers ministères de l'environnement sont créés.
- **1971 :** Organisation de Coopération et de Développement Economique(OCDE) : « principe de pollueur-payeur ».
- **1972 :** Massachusetts Institute of Technologie (M.I.T) : l'ouvrage « Halte à la croissance ».
- **1972 :** Conférence des nations unies sur l'environnement à Stockholm en Suède :
 - L'interdépendance entre les être humain et l'environnement naturel.
 - Les liens entre le développement économique et social et la protection de l'environnement.
 - La nécessité d'une vision mondiale et de principes communs.
- **1972 :** Création du programme des nations unies pour :
 - l'environnement (PNUE)
 - le développement (PNUD).
- **1980 :**
 - Sensibilisation au « Problème du climat »
 - Phénomène de « Biodiversité » et principe de précaution.
 - L'union mondiale pour la nature (UICN) parle pour la première fois de « Développement Durable ».
- **1983 : ONU** créa une commission d'enquête sur l'environnement globale et de développement.

➤ **1987 :**

- Remise du rapport de l'enquête qui a pour titre « Notre avenir à tous » et prône ainsi le concept de « Développement Durable ».

- La commission mondiale sur l'environnement et le développement a publié un rapport : « répondre aux besoins du présent sans compromettre la possibilité pour les générations futures de satisfaire les leurs ».

➤ **1992 :** Sommet de la terre de rio : identification des trios piliers ; social, économique et environnemental sur les quels doit reposer ce développement durable

C'est ainsi que cette notion du développement durable a vu le jour en appuyant sur nombre de faits, d'évènements et de réflexions.

2.2.2. Définition

Le développement durable, connu grâce au « **rapport Brundtland** » du nom de la présidente de la Commission Mondiale sur l'Environnement et le développement, se définit comme

« **Un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs** »⁶.

Le développement durable se veut en effet un processus de développement qui concilie des exigences écologiques, économiques et sociales, qui soit économiquement efficace, socialement équitable et écologiquement soutenable.

Le développement durable repose en fait sur une nouvelle forme de gouvernance où la mobilisation et la participation de tous les acteurs de la société civile aux processus de décision doivent prendre le pas sur le simple échange d'information. Le développement durable entend promouvoir la démocratie participative et rénover l'approche citoyenne. L'accès à l'information et la transparence en sont les prérequis.

⁶ Extrait de rapport **BRUNDTLAND**, développement durable, 1987.

2.2.3. Les trois composantes du développement durable

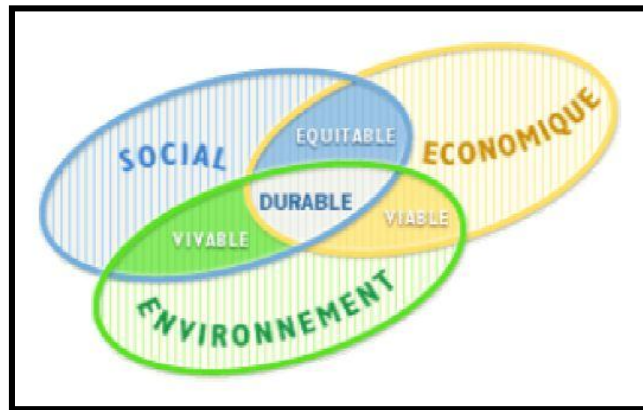


Figure I.1: Les trois composantes du développement durable

Source : <http://www.agora21.org>

Le développement économique, le progrès social et la protection de l'environnement sont en effet indissociables ; négliger l'un de ces thèmes conduirait tôt ou tard à l'échec sur les deux autres, et finirait donc par interdire toute avancée positive. Pour s'en convaincre, il faut comprendre les points suivants :

- Il ne peut y avoir de programme sociaux ambitieux (réduction de la pauvreté, éducation,...etc.) sans développement économique pour les financer. c'est aussi le développement qui conduit à la mise au point de nouvelle technologie permettant de réduire les impacts de l'homme sur l'environnement (matériaux biodégradables,...etc.)
- Il ne peut y avoir de développement économique sur le long terme sans protection de l'environnement. L'épuisement des ressources naturelles (pétrole, bios...etc.), la désertification, ainsi que la pollution des terres, des océans et de l'air sont en effet des freins majeurs à ce développement.
- Il ne peut y avoir de protection de l'environnement sans réduction de la pauvreté. Pour survivre, les populations les plus pauvres sont en effet amenées à saccager les forêts, polluer les rivières, chasser des espèces animales protégées...etc.

En visant simultanément le développement économiques, le progrès social et la protection de l'environnement, le développement durable éviterait à l'humanité de négliger l'un de ces trois thèmes, donc de compromettre son avenir. Il faut donc mettre en place un développement économiques qui repose sur l'équité sociale et qui soit économe en énergie, ressources, déchet...etc.

2.3. L'architecture & l'énergie

L'architecture et l'énergie ont été et seront toujours en interaction permanente, car toute matière abrite en elle une certaine quantité d'énergie, avec des formes et des origines différentes.

L'énergie peut s'introduire dans l'architecture à travers deux axes principaux :

- Le coût énergétique « initial » de la construction à partir du coût énergétique des matériaux et de la construction.
- Le coût énergétique « vécu » de la consommation du au chauffage, climatisation, éclairage et alimentation.

Ceci est démontré dans le schéma ci-dessous :

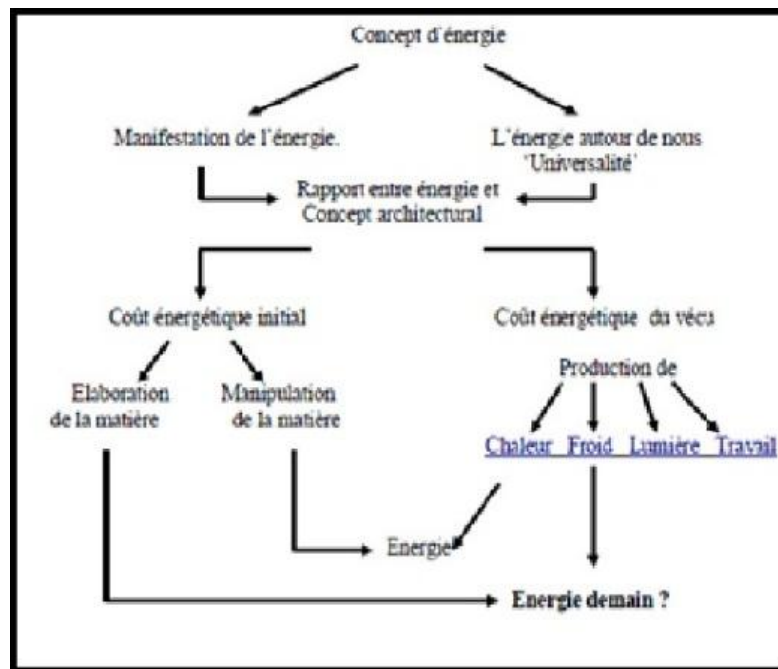


Figure 2: Organisations des contenus sur le thème de l'énergie
Source : DEPECKER. P, 1985

2.4. L'architecture et le développement durable

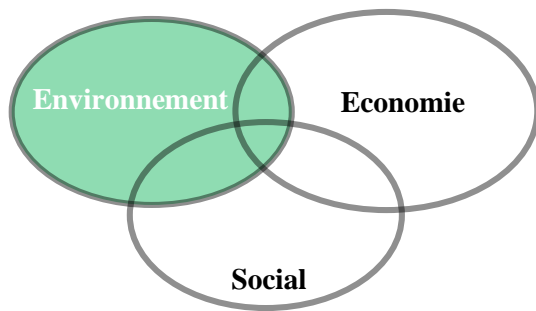
L'architecture ne cesse de se développer, et de se transformer pour s'adapter aux besoins de son initiateur, lui qui cherche toujours à atteindre la perfection en termes de confort, de sécurité et de bien-être, a négligé de prendre en compte quelques facteurs très important dans ce processus, tel le volet environnemental et le lien social.

Le temps s'est écoulé et la notion du développement durable a fait surface, un développement qui apporte à notre architecture de nouvelles perspectives, une nouvelle vision qui favorise les solidarités et qui soit efficace sur le plan environnemental, économe en ressources et créateur d'esthétique.

L'augmentation de la croissance démographique induit à la forte demande des usagers en matière de construction, un grand enjeu économique et environnemental fait son apparition.

L'architecture se doit de répondre présente, satisfaire le grand public d'un côté et tenir compte des répercussions de ses pratiques sur l'environnement de l'autre. Le tous par une appréhension plus économique, plus efficace et plus créative à la fois des modes de conception et de gestion du bâti, on parle d'une architecture durable, une tendance qui concilie les besoins de protection de l'écosystème, d'un faire-valoir des besoins sociaux, dans un contexte politique et économique qui prend appuis sur le dialogue et l'échange du savoir ainsi que la complémentarité des volontés.

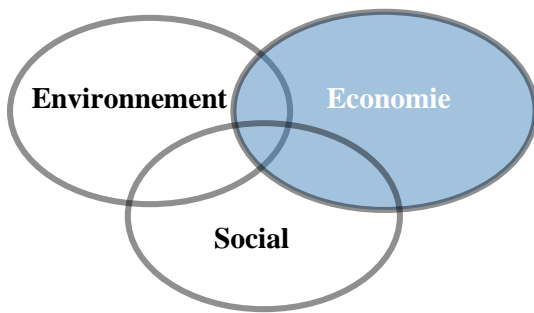
2.4.1. L'application des principes du développement durable à l'architecture



Performances

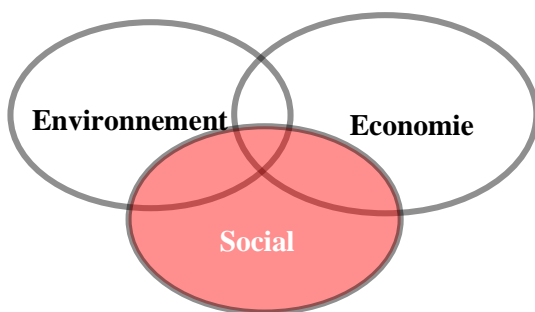
environnementales :

- ✓ Limiter les impacts sur l'ensemble du cycle de vie.
- ✓ Economiser les ressources dont l'énergie.
- ✓ Réduire les émissions de gaz à effet de serre.
- ✓ Générer moins de déchets.
- ✓ Limiter les pollutions de l'eau, de l'air et des sols.
- ✓ Maintenir la biodiversité.
- ✓ Limiter les nuisances...



Performances économiques

- ✓ Concevoir selon une approche économique globale.
- ✓ Raisonner en coût global sur l'ensemble du cycle de vie des bâtiments.



Performances sociales

- ✓ Favoriser le progrès Social.
- ✓ Assurer la qualité d'air intérieur et celle de l'eau.
- ✓ Assurer le confort thermique, visuel, olfactif et acoustique.
- ✓ Optimiser l'accessibilité et l'adaptabilité des logements.
- ✓ Augmenter la sécurité et prévenir les risques.
- ✓ Réduire les nuisances sur le voisinage.
- ✓ Assurer la traçabilité des matériaux.
- ✓ Impliquer les utilisateurs dans les processus de décision...

2.5. L'énergie et le développement durable

Le concept de développement durable est un modèle de développement qui a pour but la satisfaction des besoins fondamentaux de l'humanité (produit industriel, énergie, nourriture,

transport, abri...) et la gestion rationnelle et efficace des ressources, tout en conservant et protégeant la qualité Environnementale. Ce concept, appliqué à la conception architecturale, à la construction, et à l'exploitation des bâtiments, permet d'augmenter le bien-être des populations, de réduire la facture énergétique et de garantir un environnement de qualité pour l'humanité.

Le développement ne doit plus exister au détriment de la nature mais en accord avec elle, 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 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 exigences :

- La satisfaction des besoins énergétiques actuels, liés au confort et au développement économiques.
- Le respect de l'environnement et la préservation des ressources et de la capacité au "bien-être énergétique" pour les générations futures.

Un développement énergétique durable implique donc trois priorités :

- Mener une politique active pour une économie d'énergie.
- Développer l'utilisation des énergies renouvelables.
- Rechercher de nouvelles sources d'énergie permettant une plus grande efficacité et une indépendance optimale des pays.

2.5.1. L'énergie et l'environnement

L'humanité se lance vers de nouvelles conquêtes énergétiques, étant donné l'impact de l'économie et de la puissance mondiale, l'industrie énergétique a toujours œuvré dans le seul but de produire, d'extraire et de contrôler cette force, sans se préoccuper des pollutions qu'elle engendre à la fois son retrait et son exploitation qui sont de plus en plus croissantes, ceci a perturbé à des degrés très importants l'équilibre de notre environnement.

Même si aujourd'hui la prise de conscience vis-à-vis de ce danger est considérable, les actions requises pour y remédier sont encore à envisager, dans une manifestation commune entre producteurs et consommateurs, visant un seul et unique objectif d'un revenu collectif.

2.5.2. L'impact de la consommation d'énergie sur l'environnement

La combustion d'énergie fossile est la première activité humaine responsable de l'émission de gaz à effet de serre. Selon l'Agence Internationale de l'Energie, la consommation humaine d'énergie fossile a rejeté 22639 millions de tonnes de CO₂ en 2000 (Mons, 2005).

➤ Les Emissions Gazeuses :

Les rejets de la combustion des carburants représentent les trois-quarts des émissions humaines de dioxyde de carbone. La concentration de ce gaz dans l'atmosphère augmente régulièrement.

➤ Les Marées Noires :

Tristement célèbres pour avoir souillé la mer et le littoral des côtes. L'histoire de l'industrie pétrolière est jalonnée de marées noires.

Les conséquences de ces accidents sont désastreuses pour la faune, la flore et les activités humaines (pêche, ostréiculture, tourisme, etc.).

➤ L'effet de serre et le réchauffement du climat :

En rejetant des gaz à effet de serre dans l'atmosphère, l'Homme contribue activement au réchauffement du climat.

L'effet de serre est avant tout un phénomène naturel. Le rayonnement émis par le soleil est en partie réfléchi par l'atmosphère (par les nuages, les gaz et les poussières), en partie absorbé par la surface de la terre, qui se réchauffe. A son tour, la Terre réémet vers l'atmosphère une partie de l'énergie absorbée sous forme de rayonnement thermique (infrarouge). Une partie de ce rayonnement traverse l'atmosphère et est renvoyée vers l'espace, mais la plus grande partie est arrêtée par les nuages, la vapeur d'eau et certains gaz dits à effet de serre. Le rayonnement thermique reste ainsi piégé dans l'atmosphère, qui se réchauffe. C'est l'effet de serre.

➤ Les pluies acides :

Les pluies acides agressent les forêts, mais aussi les bâtiments en pierre (corrosion des pierres calcaires). Elles entraînent l'acidification des eaux de surface et des sols, perturbant gravement la flore et la faune, avec souvent une perte de biodiversité.

➤ Les déchets radioactifs :

Les déchets radioactifs représentent un risque majeur pour les générations futures. Certains ont une durée de vie pouvant atteindre plusieurs centaines de milliers d'années. Leur enfouissement et leur stockage posent encore question.

3. Conclusion

L'architecture aujourd'hui, peut s'inscrire dans une dimension de développement durable, un développement qui a pour devise la protection et la préservation de la planète et de ses ressources.

Une architecture qui répond aux besoins du présent, sans compromettre la capacité des générations futures à satisfaire les leurs, est une architecture durable. Elle a pour but de combler le manque des anciennes pratiques en leur apportant l'équilibre tant convoité entre l'homme et son environnement.

D'abord par une meilleure insertion de cette architecture dans un contexte donné, on arrive : à conserver l'harmonie et l'authenticité de ce dernier, avoir un paysage homogène sans rupture avec une continuité visuelle, contrôler les rejets et préserver la beauté de la nature ainsi que la qualité sanitaire de l'environnement. En suite une architecture n'est durable que lorsqu'elle est pensée du berceau à la tombe, en portant un intérêt aux origines des matériaux et aux techniques de construction, ce qui veut dire à leur cycle de vie : production, transport et mise en œuvre, mais aussi leur impact sur l'environnement, sur la nature, ressources énergétiques, et sur la société, hygiène de vie, pollution...etc.

Une bonne réflexion mène forcément à une bonne action, alors planifier pour toute mesure en amont du projet architectural est nécessaire à une meilleure maîtrise du contexte globale du processus de réalisation, en d'autres termes penser globalement et agir localement.

Deuxième CHAPITRE

*Les énergies renouvelables & efficacité
énergétique*

1. Introduction

De nos jours, les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique sont vue comme un enjeu majeur, et leur injection dans les différents secteurs est considérée en tant qu'un processus spécifique primordial. Différentes démarches politiques, individuelles et collectives sont issus des ambitions du développement durable, des démarches qui consistent à évaluer la possibilité d'intégration de ces deux paramètres dans multiples secteurs. Cela, afin de satisfaire les besoins socio-économique par une qualité environnementale durable à travers les aspects suivants : confort, énergie,...etc.

Une maîtrise optimale des énergies renouvelables permet d'attendre une efficacité énergétique, ainsi une amélioration continue des performances recherchées.

L'énergie, étant le moteur de toutes activités à différentes formes et différents aspects, destiné à multiples exploitation et consommation abusives, est un souci majeur qui menace le devenir de ces ressources, quelle alternative et quelle solution !

Tel est l'objectif des énergies renouvelables, une nouvelle manière de faire, une émergence énergétique saine..., comment les adopter, les distinguer et les intégrer ?

2. Les ressources énergétiques

2.1. L'énergie primaire

L'énergie primaire : c'est toutes formes d'énergies disponibles dans la nature avant toutes transformations. Elles ne sont pas toujours utilisables directement et doivent, le plus souvent, être transformées avant d'être utilisés.

Elles peuvent être classées selon trois groupes : les énergies fossiles, les énergies fissiles, et les énergies renouvelables.⁷

⁷ <http://www.notre-planete.info>

➤ Les énergies fossiles

Ce sont des matières premières issues de la décomposition de matières organiques (végétaux et organismes vivants). Tels que le charbon, le gaz naturel et le pétrole (combustibles). Ces ressources sont épuisables, car leur formation s'élève à des millions d'années.

➤ Les énergies fissiles

C'est l'énergie et la chaleur libérée par la fission des atomes tels que l'énergie nucléaire.

➤ Les énergies renouvelables

Ce sont les énergies issues des sources naturelles inépuisables à l'échelle de l'homme, elles dépendent d'éléments que la nature renouvelle en permanence : le vent, le soleil, le bois, l'eau, la chaleur de la Terre.

2.2. L'énergie finale

L'énergie finale c'est l'énergie consommée par les utilisateurs, issue d'un processus d'extraction jusqu'à la distribution. En d'autre terme c'est l'énergie facturé pour le consommateur tel que le gaz, électricité, carburant...etc.

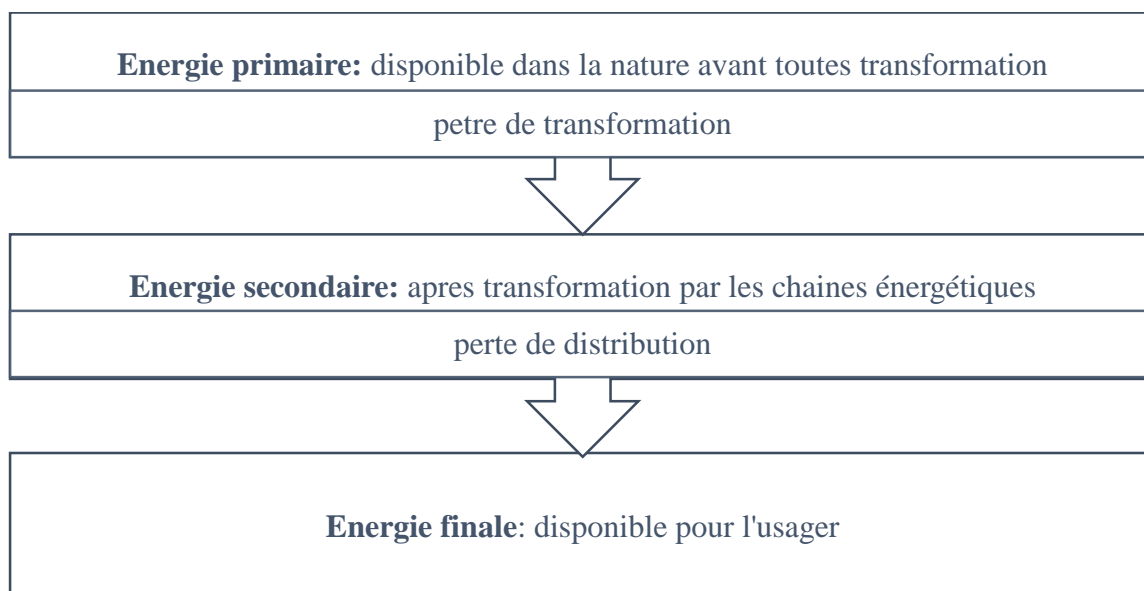


Figure II. 1 : Schéma de la chaîne énergétique⁸

⁸ GRIGNON-Masse, L, « Développement d'une méthodologie d'analyse cout-bénéfice en vue d'évaluer le potentielle de réduction des impacts environnementaux liés au confort d'été ».Thèse de doctorat, l'école national supérieure des mines de paris, 2010.

2.3. Consommation par secteurs et par formes

2.3.1. Les utilisations de l'énergie primaire

« L'énergie primaire » répond aux besoins de quatre grandes catégories de consommation : production d'électricité, résidentiel et tertiaire, industrie et transports. Ainsi la source primaire la plus consommée dans le monde en premier plan demeure le charbon, comme le présente la figure ci-dessous.

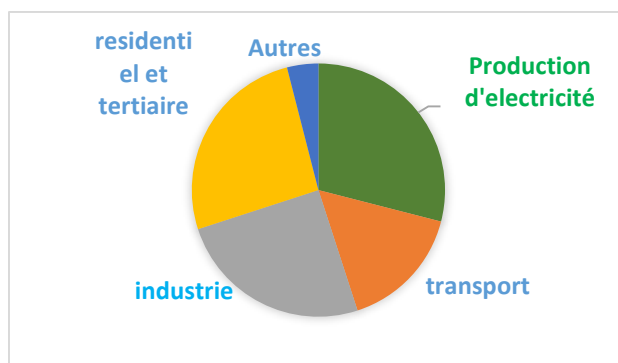


Figure II. 2: La répartition de la consommation de l'énergie par secteur d'activité

Source : Mons, 2005

2.3.2. La production d'électricité

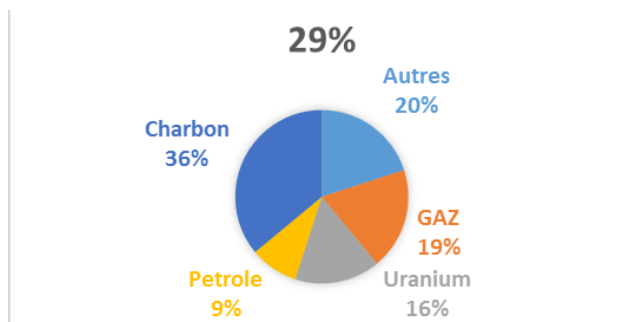


Figure II. 3. Production d'électricité (29%)

Source : Mons, 2005

Le secteur de la production d'électricité demeure le plus grand consommateur d'énergie primaire dans le monde, soit un taux de 29%, sous cinq modes de production principaux :

- **Production par charbon :** Le charbon est la première matière exploitée dans le secteur de production d'électricité avec 36%⁹ de la production finale, cela renvoie à la

Mons, L. (2005) Les enjeux de l'énergie, Larousse, France

disponibilité des réserves de charbon dans la nature et leurs faibles coûts d'exploitation. En revanche l'impact environnemental de ce dernier est très négatif même avec les technologies les plus avancées.

➤ **Production par gaz naturel**

Le gaz naturel présente la deuxième matière exploitée dans ce secteur avec 19% dans la production finale. La turbine à gaz à cycle combiné est la principale technologie de production d'électricité mise en service dans le monde, en particulier en Europe. A titre d'exemple, en 2000, au Royaume-Uni, 32% de l'électricité était produite à partir du gaz naturel, contre seulement 2% en 1990¹⁰.

➤ **Production par le nucléaire**

Le nucléaire demeure le troisième mode de production dans le monde soit 16% de la production finale. L'énergie nucléaire est toutefois réservée aux pays les plus riches en raison de complexité du processus d'exploitation. (Environ 80% de la consommation d'énergie électrique française issue du nucléaire).

Enfin, le pétrole avec 9% et les autres énergies (énergie renouvelable,...) qui représentent 20% figurent peut utiliser dans la production finale d'électricité.

2.3.3. Le secteur résidentiel et tertiaire

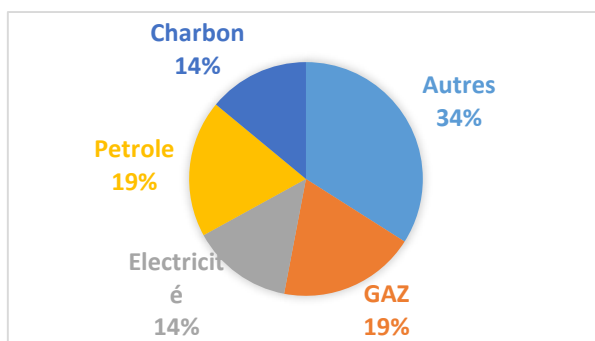


Figure II. 4: La consommation dans le secteur résidentiel.

Source : Mons, 2005

Ce secteur occupe la seconde place dans la consommation d'énergie primaire au monde, soit 26%, cependant que l'énergie primaire dans ce secteur est l'électricité, étant donné qu'elle

¹⁰ Mons, 2005

propulse les premier usages primordiaux au vécu, tel que ; l'éclairage, la cuisson, la climatisation, les appareils ménagers...etc. D'une autre part la consommation du chauffage prime sur les usages, celle-ci est alimentée par les combustibles au moyen des cas.

2.3.4. L'industrie

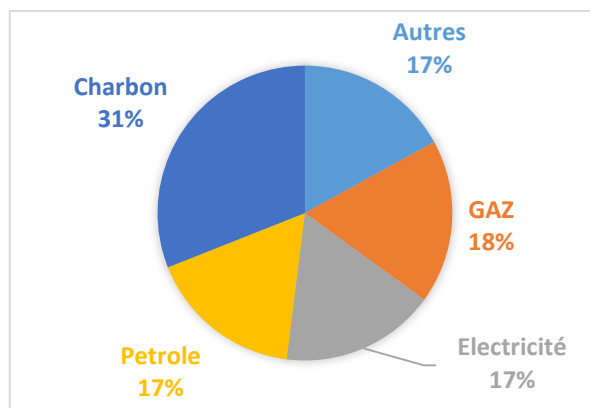


Figure II. 5: La consommation énergétique dans le secteur de l'industrie

Source : Mons, 2005

Ce secteur figure en troisième position dans la consommation énergétique primaire mondiale avec 25%, il présente le bilan le plus équilibré dans sa consommation globale en énergie.

Le charbon prime sur les autres matières premières avec 31%, cette ressource est très largement utilisée dans les régions industrielles des pays émergents, ainsi l'exploitation du pétrole avec un taux de 17%, pour produire de l'énergie, mais aussi pour extraire des sous-produits. (Environ 15% du pétrole consommé par l'industrie sert de matière première).

2.3.5. Le transport

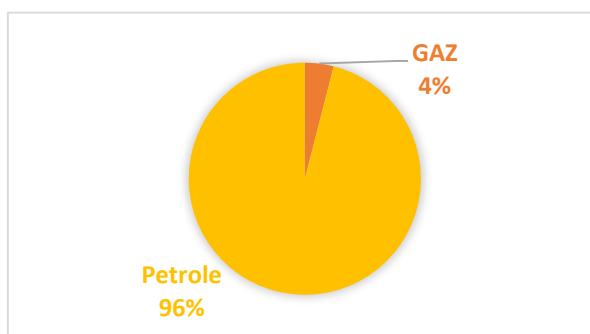


Figure II. 6: La consommation énergétique dans le secteur du transport

Source : Mons, 2005

Ce secteur reste le dernier dans la consommation d'énergie primaire dans le monde avec 16%. Il prend son énergie quasi exclusivement du pétrole qui représente un taux de 96%, cette forte dépendance pose de nombreux problèmes tels que la pollution.....etc.

2.4. Consommation énergétique des différents secteurs en Algérie

L'Algérie demeure parmi les pays les plus riches en ressources naturelles, et se présente comme l'un des plus grand pays producteur des hydrocarbures.

Le pétrole et le gaz, ont prouvé leur centralité dans l'économie nationale et cela à partir de la décision du 24 février 1971, où l'Algérie prend la décision de nationaliser le secteur pétrolier et recouvre ainsi la maîtrise et le contrôle de ses ressources pétrolières et gazières.¹¹

De ce fait, ces énergies sont une source essentielle pour les différents secteurs d'activité tel que le résidentiel et tertiaire, l'industrie et le transport...etc.

	1980	1983	1985	1990	1993	1995	1997	1999
Secteur «industrie »	2609	3577	4270	3874	4077	4167	3802	4218
Secteur « transports »	2598	3373	3688	4384	4583	4262	4148	4324
Secteur « ménages et autres »	3286	4148	5285	5942	6990	7317	7276	8658
Consommation finale	8493	11098	13243	14200	15650	15746	15226	17200

Tableau II. 1: Consommation d'énergie en million de tonnes équivalentes pétrole par secteur.
Source : DGE, 2000

La consommation finale des différents type d'énergie en Algérie nous montre que ; le secteur tertiaire et résidentiel prime sur les autres avec un taux de 45,7%, suivi par celui de transport de l'ordre 27,8% et enfin l'industrie avec 26,8%. Cela se justifier par plusieurs raisons et explications qui interviennent dans cette utilisation de l'énergie telle que le contexte socio-économique (indique le niveau de vie des algériens, la croissance démographique et économique...etc.) ainsi le contexte architectural (l'isolation thermique des constructions, l'introduction du confort dans le bâtiment et l'augmentation de la demande, la densité des groupements...etc.).

¹¹ CHITOUR.Ch.E, L'énergie -les enjeux de l'an 2000 – vol/2 offices des publications universitaires, 1994.

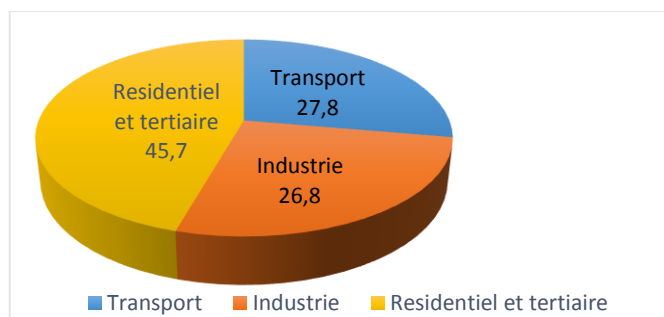


Figure II. 7: Consommation d'énergie par secteur (1980 - 2000)

Source : DGE (Direction Générale de L'énergie. Algérie) , 2000.

Etant donné que le niveau de vie des algériens s'accroît, La consommation d'énergie finale augmente de 0.48 TEP en 1990 à 0.71 TEP en 2000 et 1.35 TEP en 2010, aussi probablement 1.88 TEP à l'horizon de 2020.

La consommation énergétique finale nationale a enregistré un taux de croissance moyen annuel de l'ordre de 6,32% entre 2000 et 2007, et l'intensité énergétique finale a atteint 6 TEP/MDA en 2007, ainsi les émissions de GES dues à cette consommation affiche près de 46 millions de TCO₂.¹²

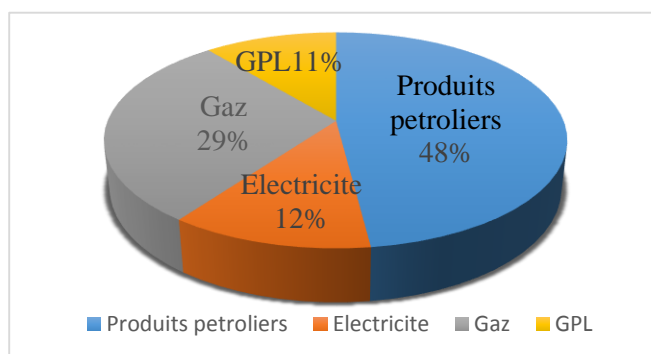


Figure II. 8: répartition de la consommation finale par type d'énergie.

Source : APRUE (agence de promotion et de rationalisation de l'utilisation de l'énergie)

On constate que l'énergie la plus consommée en Algérie est l'énergie pétrolière qui est presque à la moitié de la consommation globale énergétique nationale, sachant bien que l'Algérie est un pays producteur.

¹² Ministère de l'énergie et des mines.

	Essence	Gasoil	Fuel lourd	Fuel léger	GPL	G.N	Electricité	Total
Industrie	0	669,63	0	0	74,28	2438	5580,67	4239,63
Résidentiel	0	1421,80	0	20,46	1611,58	2747,7	769,90	6571,45
Tertiaire	0	122,94	0	0	55,23	376,04	635,71	1189,91
Transport	2530,73	3030,80	595,87	0	379,20	0	2,67	6539,23
Agriculture & Hydraulique	0	1052,60	0	0	0	0	345,15	1450,97
Consommation finale	2530,73	6297,75	595,87	20,46	2120,28	5561,8	2334,10	19991,2

Tableau II. 2: Répartition de la consommation finale par secteur et par type d'énergie 2009.

Source : APRUE- Edition 2009.

Le secteur tertiaire selon le tableau 02 apparaît en dernière position dans tous les types d'énergies consommées avec une moyenne totale de 5,95%, mise appart l'énergie électrique ou il figure en troisième position, soit un taux de 27,23%, de la consommation électrique finale.

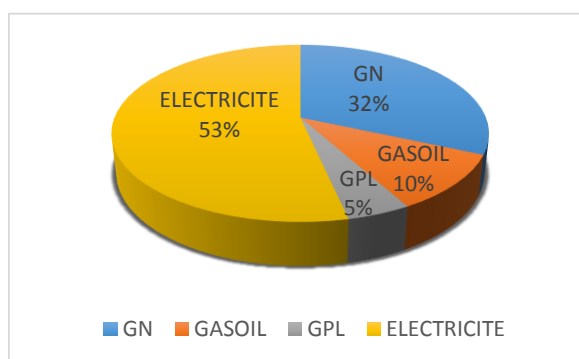


Figure II 9. La consommation par type d'énergie dans le secteur tertiaire.

Source : APRUE- Edition 2009

La figure 09 montre que l'électricité est de loin l'énergie la plus consommée dans le secteur tertiaire, avec une part supérieure à la mi- consommation globale, d'où l'intérêt d'une intervention porteuse sur la possibilité de remplacer son origine.

3. Le recours aux énergies renouvelables pour un développement durable

L'énergie renouvelable appelée aussi usuellement énergie verte, s'inscrit dans l'optique du développement durable, elle est une source d'énergie générée par un fait naturel, exploitable,

inépuisable et durable. Contrairement aux énergies fossiles qui sont des énergies de stock, épuisables et polluantes tel que les hydrocarbures (pétrole, gaz...etc.).

3.1. Les énergies renouvelables

3.1.1. Définitions

Etant donnée l'absence d'une définition unique, l'énergie a une signification diverse d'une personne à une autre.

La définition de l'énergie renouvelable peut être largement comprise dans le nom même : c'est une source d'énergie qui se régénère assez rapidement pour être considéré comme inexhaustible à l'échelle de l'homme.

L'énergie renouvelable est une énergie qui est dérivée d'un approvisionnement rempli constamment et naturellement dans une période relativement courte.¹³

Les énergies renouvelables sont définies comme un ensemble de filières diversifiées dont la mise en œuvre n'aboutit pas à l'épuisement de la ressource originale et est renouvelable à l'échelle de l'homme. Les énergies renouvelables sont multiples et fondamentalement diverses par leur mécanismes physiques, chimiques ou biologiques.¹⁴

Une autre nous montre : les énergies renouvelables sont issues de phénomènes naturels réguliers ou constants provoqués par les astres, principalement le soleil (rayonnement), mais aussi la lune (marée) et la terre (énergie géothermique).¹⁵

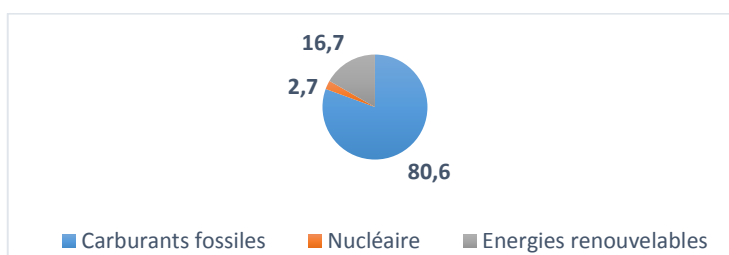


Figure II. 10: La part des énergies renouvelables dans la consommation énergétique mondiale finale en 2010.

Source: REN 21, renewable energy policy Network for the 21 st Century

¹³ Cutler J. Cleveland, Encyclopedia of energies, Ph.-S, volume 5, Elsevier academic press 2004.

¹⁴ http://www.actuenvirennemnt.com/ae/dictionnaire_envirennement/definition/energie_renouvelable.php4?mode=mot_cle&word=energie+renouvelable

¹⁵ http://fr.wikipedia.org/wiki/Energie_renouvelable

D'une certaine importance il est primordial de signaler le paramètre de consommation des énergies renouvelable et la vitesse ou la rapidité dont ces sources se régénèrent. Tel est le cas du bois par exemple, il peut être considéré comme une énergie renouvelable si on abat moins d'arbre qu'il n'en pousse.

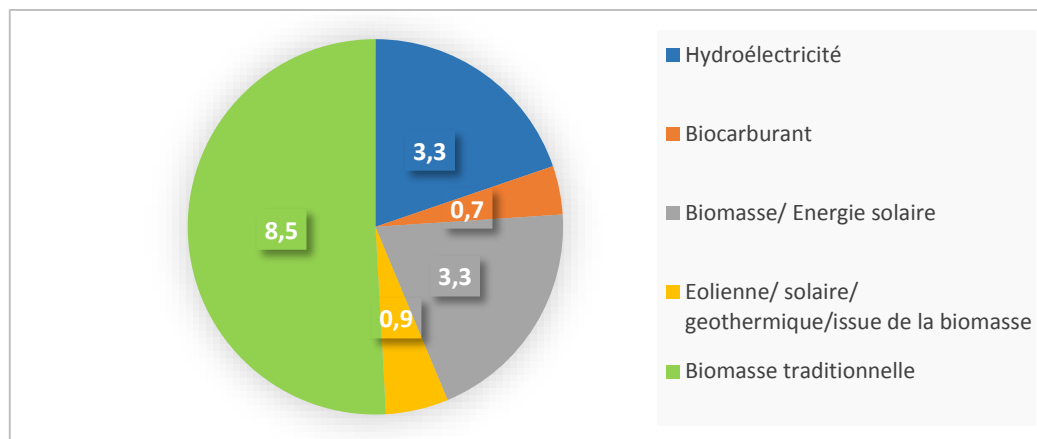


Figure II. 11: La consommation mondiale par filières d'énergies renouvelables.

Source: REN 21, renewable energy policy Network for the 21 st Century.

La consommation des énergies renouvelables dans le monde est de l'ordre de 16,7% en 2010, ce taux est loin d'être satisfaisant en vue d'un développement durable ; économique (politique d'efficacité énergétique), environnementale (l'impact de la pollution), sociale (inégalité sociale).

3.1.2. Les sources d'énergies renouvelables

Les énergies renouvelables ou **énergies vertes**, sont des ressources qui nous proviennent de la nature, elles sont caractérisées par leurs propriétés et leurs durabilités.

Pour les distinguer, l'originalité et la finalité sont deux critères essentiels, de ce fait trois grandes familles se manifestent :

- ✎ L'énergie d'origine et à finalité mécanique (à partir du vent, des mouvements de l'eau...).
- ✎ L'énergie à finalité électrique (à partir de panneaux photovoltaïques, d'éoliennes, de barrages hydrauliques...).
- ✎ L'énergie d'origine et à finalité thermique (géothermie, solaire thermique...).

Puisque elle est difficilement transportable, l'énergie d'origine et à finalité mécanique n'est exploitable que localement, c'est pour cela, dans la majorité des cas elle est transformée en énergie électrique.

A l'exception de la biomasse et de l'hydraulique, un inconvénient majeur des énergies renouvelables provient de la non-régularité des ressources. De plus, les fluctuations saisonnières et journalières de la demande en puissance ne sont pas forcément synchronisées avec les ressources. La diversification de ces dernières permet statistiquement de limiter ces inconvénients. (Mirecki 2005). Le stockage de l'énergie électrique supprime ces inconvénients lorsque la technologie le permet.

- ❖ En respectant au mieux l'environnement, les formes d'énergie renouvelables à finalité électrique les plus exploitées sont l'hydraulique, le solaire photovoltaïque et l'éolien.

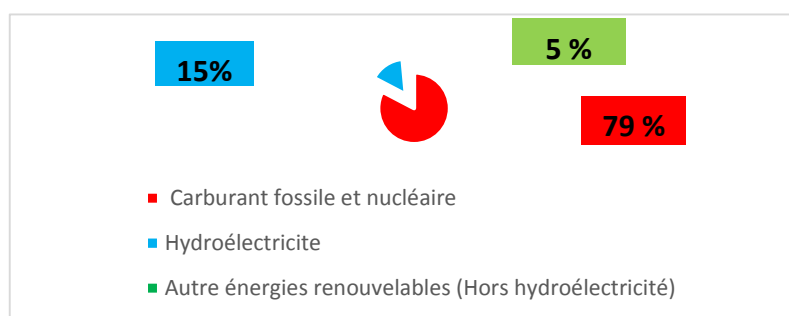


Figure II. 12: Part estimée des énergies renouvelables dans la production électrique mondiale en 2011.

Source: REN21, Renewable Energy Policy Network for the 21st Century

Les énergies renouvelables dans la production électrique mondiale sont évaluées à 20,3% en 2011, dont 15,3% pour l'hydroélectricité et 5% concernant le reste des énergies renouvelables, cela est due à la régularité, à la puissance de la production et au caractère économique de cette ressource hydraulique.

Les sources d'énergies renouvelables sont :

- ↳ Le vent : éolienne.
- ↳ Le soleil : thermique, photovoltaïque, thermodynamique.
- ↳ La chaleur terrestre : géothermie.
- ↳ L'eau : hydroélectrique, marémotrice.
- ↳ La biomasse : biodégradation

3.1.3. Les différentes filières des énergies renouvelables

Solaire	Utilisation Passive (bio-climatisation)
	Photovoltaïque (Électrification rurale)
	Thermique (Chauffe-eau solaire Distillation, production de la vapeur d'eau)
Géothermie	Hautes Tempe. 150° à 320°C (Production d'électricité)
	Moyenne Tempe. 90° à 150°C (Chauffage urbain et eau chaude sanitaire)
	Basse Tempe. 50° à 90°C (Chauffage urbain, serres, thermalisme...)
Biomasse	Bois Energie
	Biogaz
	Biocarburants
Hydraulique	Marémotrice
	Barrage
	Hydrolienne
Eolienne	Eoliennes Sup. à 2 m/s (Pompage mécanique)
	Aérogénérateurs Sup. à 6 m/s

Tableau II. 3: Les différentes filières d'Energies Renouvelables

Source : Ministère de l'énergie et des mines, Guide des énergies renouvelables, Edition 2007.

3.1.4. L'énergie hydraulique

3.1.4.1. Définition

C'est l'énergie produite par une chute d'eau entre deux niveaux, l'un étant plus élevé que l'autre.¹⁶

L'énergie hydraulique est l'énergie mise en jeu lors du déplacement ou de l'accumulation d'un fluide incompressible telle que l'eau douce ou l'eau de mer. Ce déplacement va produire un travail mécanique qui est utilisé directement où converti sous forme d'électricité.¹⁷

3.1.4.2. L'exploitation

L'exploitation de l'énergie hydraulique se manifeste par l'énergie mécanique provenant de l'eau qui est convertie en énergie électrique. Le déplacement de l'eau entraîne une turbine qui à son tour entraîne un alternateur. C'est ce dernier qui assure la transformation de l'énergie mécanique en énergie électrique. L'hydroélectricité est la première source

¹⁶ Dr Marwan JARKAS, cour sur les énergies renouvelables.

¹⁷ Guide pédagogique sur les énergies renouvelable, conférence de presse-salon de l'habitat, 2004.

d'énergie renouvelable utilisée dans le monde, toutefois son exploitation nécessite aujourd'hui des installations de grande taille.

La puissance d'un générateur hydraulique, ou centrale hydroélectrique, dépend de deux facteurs : la hauteur de la chute d'eau (dénivelé) et le débit de l'eau¹⁸. On arrive à deux solutions possibles : les petites centrales hydrauliques (dérivation de l'eau) et les barrages (rétention de l'eau).

3.1.4.3. La production

➤ Les petites centrales hydrauliques

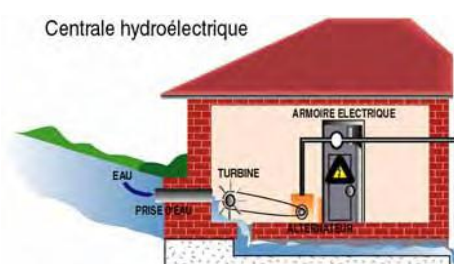


Figure II. 13: Principe de fonctionnement d'une PCH

Source : ADEME (Agence De l'Environnement et de la Maitrise de l'Énergie)

Également appelées PCH, elles ont une puissance qui varie de quelques centaines de watts à une dizaine de mégawatts (MW). Elles sont mises en place sur les petites rivières et elles ne barrent pas le cours d'eau. Enfin l'électricité produite peut être :

- ↳ Soit stockée dans des batteries d'accumulateurs « haute chute » qui veut dire grand dénivelé, faible débit.
- ↳ Soit utilisée directement en « basse chute » c'est-à-dire faible dénivelé, haut débit, dans ce cas l'eau est dérivée dans un canal sur lequel sera aménagée la petite centrale hydraulique.

Ces unités peuvent permettre l'auto alimentation d'unités de production d'eau potable ou de centrales de traitement des eaux usées. Elles ne rejettent aucun déchet dans l'eau et n'émettent aucun gaz polluant. La plupart des PCH sont aujourd'hui équipées d'échelles à poissons qui sont des passes spécialement aménagées qui permettent aux poissons de franchir la centrale.

¹⁸ Guide pédagogique sur les énergies renouvelable, conférence de presse-salon de l'habitat, 2004.

➤ Les barrages hydrauliques

Les grandes centrales hydroélectriques sont construites sur les grands fleuves ou en bas des montagnes. Son rôle se définit par trois éléments qui sont les suivants :

- ↳ Un barrage : qui sert à retenir l'eau pour créer une importante chute d'eau artificielle.
- ↳ Une conduite de dérivation : L'eau qui s'engouffre au bas du barrage, est canalisée dans des conduites forcées, gros tuyaux fixés sur la pente, au bout desquels se situent les turbines.
- ↳ Une centrale ou usine électrique : Le passage de l'eau fait tourner les hélices de la turbine, appelés aubes ou ailettes, qui entraîne l'alternateur.

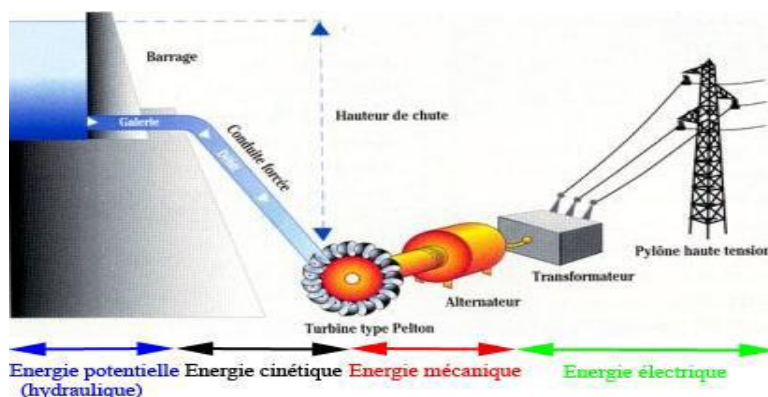


Figure II. 14: Principe de fonctionnement d'une grande centrale hydraulique.

Source : <http://www.ener.fr>

1/5 des besoins en énergie totale de la terre sont couverts par l'énergie hydraulique. Elle est produite dans le monde entier par environ 45.000 barrages.

La construction en Chine de la plus grande centrale électrique au monde. La Barrage des Trois Gorges qui produira environ 18.200 mégawatts.¹⁹

➤ Hydrolienne

Est l'énergie obtenue par l'attraction des courants marins qui contrairement aux vents, sont constants et prévisibles, à partir de 2010, la France mettra à l'eau la première turbine expérimentale hydrolienne de 4 à 6MW.²⁰

¹⁹ Dr Marwan JARKAS, cour sur les énergies renouvelables.

²⁰ EDF (Electricité De France).

➤ Marémotrice

L'énergie marémotrice est issue du mouvement de l'eau. Le phénomène de marée est dû aux forces de gravitation entre la Terre et les autres astres, principalement la Lune et le Soleil. Il se traduit en mer par l'apparition d'ondes de gravité qui se manifestent par des variations périodiques du niveau de la mer, associées à des courants. Cette énergie peut être captée sous deux formes :

- ↪ Une énergie potentielle issue des variations du niveau de la mer.
- ↪ Une énergie cinétique issue des courants qui peut actionner une turbine.

3.1.5. L'énergie géothermique

3.1.5.1. Définition

La géothermie consiste à capter la chaleur contenue dans la croûte terrestre pour produire du chauffage ou de l'électricité.²¹

L'ensemble des applications techniques qui permettent d'exploiter les sources d'énergies géothermiques.²²

3.1.5.2. L'exploitation

C'est une application suivant la profondeur, chaque fois que l'on descend de 100m sous terre, on gagne 2 à 3°C en moyenne :²³

- ↪ la température élevée du gisement entre 80°C et 300°C : permettant la production d'électricité.
- ↪ La température de l'eau entre 30°C et 100°C : utilisée principalement pour le chauffage urbain collectif par réseau de chaleur.
- ↪ la température est comprise entre 10 °C et 30 °C : appliquée au chauffage et la climatisation avec la pompe à chaleur géothermique.

²¹ Dr Marwan JARKAS, cour sur les énergies renouvelables.

²² J.N. Abaléo Pierre Mendès-France, Dossier sur les énergies renouvelables.

²³ Guide pédagogique sur les énergies renouvelable, conférence de presse-salon de l'habitat, 2004.

3.1.5.3. La production

On distingue quatre type de géothermie ; la haute, la moyenne, la basse et la très basse énergie.

➤ **La géothermie haute énergie (150°C-320°C)**

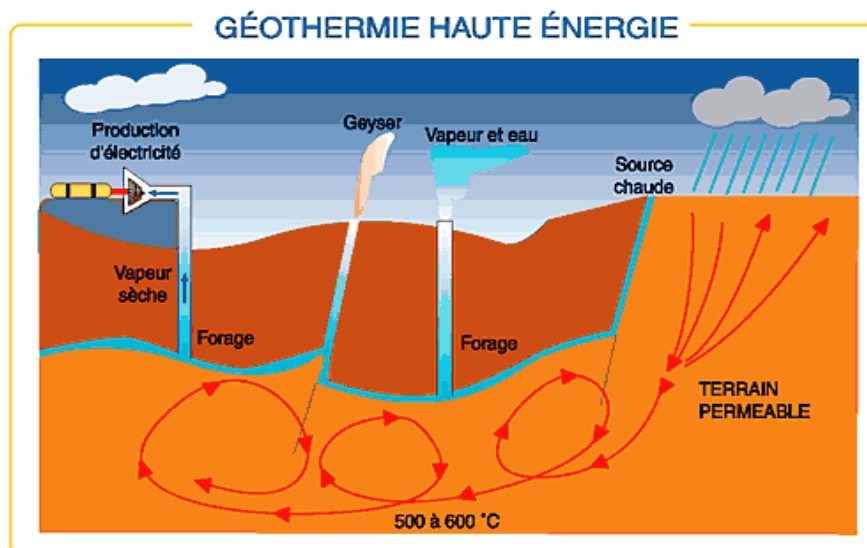


Figure II. 15: Schéma de la géothermie haute énergie

Source : ADEME-BRGM (Bureau de recherches géologiques et minières)

Généralement exploitée dans des régions volcaniques abritant une convection magmatique très importante qui réchauffe les réservoirs d'eau superficiels, grâce au captage de ces grandes quantités de vapeur, on peut faire tourner des générateurs qui alimentent le réseau électrique.

En 1995, la capacité de production dans le monde était d'environ 5800 MW dont 46 % aux Etats-Unis et 15 % aux Philippines.²⁴

➤ **La géothermie moyenne énergie (90°C-150°C)**

Elle correspond à l'exploitation de la chaleur des nappes profondes dans des régions géologiques présentant un gradient de température non particulier comme dans le cas précédent.

Après forage, on injecte dans le sol un fluide caloporteur, tel que le Fréon ou l'ammoniac, qui est chauffé et ramené à la surface où on l'utilise pour chauffer des bâtiments, produire de l'eau chaude sanitaire.

²⁴ J.N. Abaléo Pierre Mendès-France, Dossier sur les énergies renouvelables.

Le principe est identique à celui d'une machine frigorifique fonctionnant à l'envers. Ces installations ne sont généralement pas économiques.

➤ **La géothermie basse énergie (50°C-90°C)**

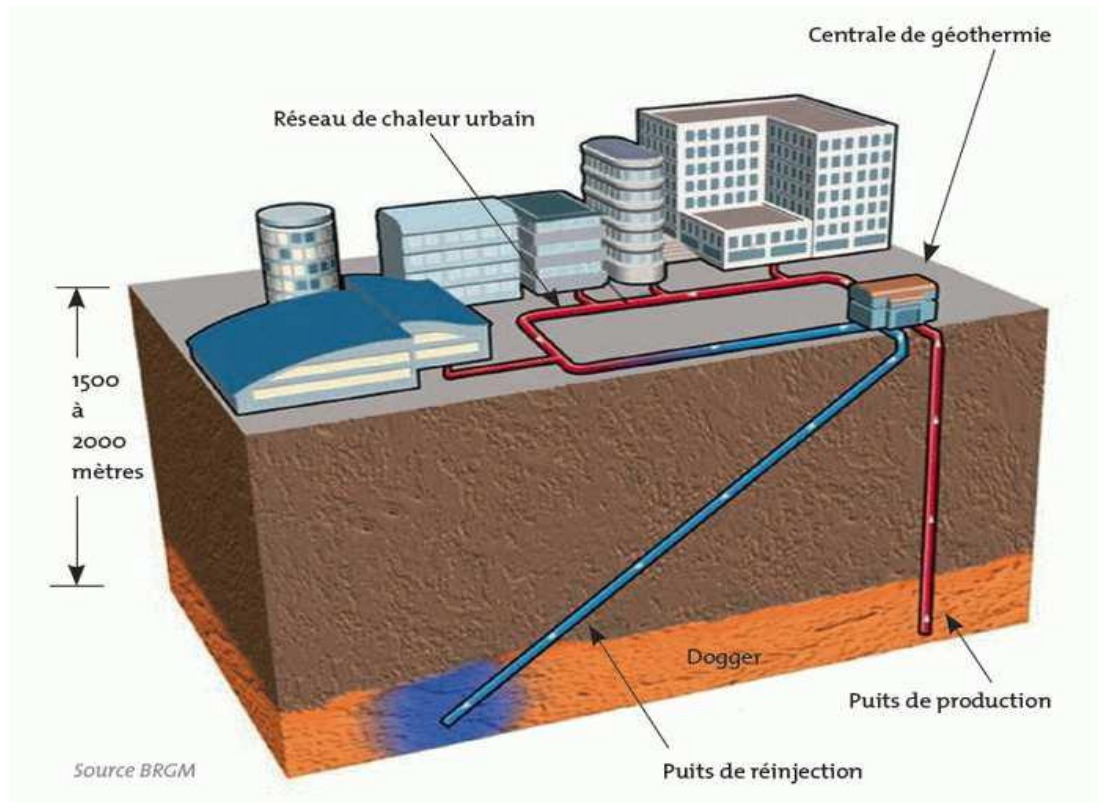


Figure II. 16: Installation géothermique à basse énergie
Source : BRGM

Elle se caractérise par une faible profondeur de la source géothermique (de 1000 à 2500m). Le forage est donc plus rapide et plus économique. Ainsi, il n'est pas toujours nécessaire de réinjecter le fluide caloporteur, l'installation est donc moins complexe.

➤ **La géothermie très basse énergie**



Figure II. 17: Exemple d'une très basse géothermie
Source : BRGM

Cette énergie nous provient de la chaleur du soleil et du ruissellement de l'eau de pluie. Le sol a une forte inertie thermique où l'eau chaude est captée à faible profondeur et utilisée dans des pompes à chaleur. Ces dernières, peuvent être utilisées pour chauffer ou pour rafraîchir les maisons ou les bureaux.

Le principe de fonctionnement est le suivant :

Un circuit où circule un fluide frigorigène à l'état liquide, récupère la chaleur de l'eau chaude de la nappe et se transforme ainsi en gaz. Comprimé, puis détendu, il retrouve son état liquide et cède alors sa chaleur au circuit de chauffage du bâtiment. L'été, le système peut s'inverser et "pomper" la chaleur du bâtiment pour la restituer à la nappe.

3.1.6. L'énergie biomasse

3.1.6.1. Définition

Dans le domaine de l'énergie, le terme de biomasse regroupe l'ensemble des matières organiques pouvant devenir des sources d'énergie.²⁵

On parle de la biomasse comme d'une source d'énergie quand on utilise ces matières ou leurs sous-produits (bois, paille, fumier, herbe...) pour fournir de l'énergie.

3.1.6.2. L'exploitation

L'énergie de la biomasse constitue 40 %²⁶ des sources d'énergie utilisées pour le chauffage et la cuisson dans le Tiers-monde, tel que : le bios, les déchets des cultures et le purin des animaux...etc.

↳ En Afrique, comme combustible pour les tracteurs, on exploite l'huile de tournesol.

↳ Au Brésil, on utilise un biocarburant à base d'essence et de méthanol.

L'exploitation énergétique peut transformer les différentes ressources de la biomasse en diverses formes, soit en chaleur, en électricité, en combustibles liquides solides et gazeux, et cela à travers plusieurs procédés :

↳ La combustion directe : Fait pour un corps de brûler.

²⁵ Dr Marwan JARKAS, cour sur les énergies renouvelables.

²⁶ J.N. Abaléo Pierre Mendès-France, Dossier sur les énergies renouvelables.

- ↳ La pyrolyse : Décomposition chimique obtenue par la chaleur.
- ↳ La gazéification : Faire passer (un corps) à l'état de gaz.
- ↳ La digestion anaérobie : l'action de bactéries en absence de l'oxygène.
- ↳ La fermentation : décomposition enzymatique de la matière organique.

3.1.6.3. La production

Aujourd'hui le potentiel en biomasse prend une nouvelle envergure qui est de taille, les déchets organiques industriels et ménagers constituent une filière de production à part entière. Ainsi la biomasse permet de produire trois formes d'énergie :

- ↳ de l'énergie thermique par combustion dans une chaudière, (on parle d'incinération pour les déchets).
- ↳ de l'énergie électrique ou/et thermique par cogénération.
- ↳ de l'énergie chimique par méthanisation (le biogaz) ou par synthèse d'alcools ou d'huiles (le biocarburant).

3.1.7. L'énergie éolienne

3.1.7.1. Définition

L'énergie éolienne (du mot grec Eole, le Dieu du vent) est l'énergie produite par le vent.²⁷

L'énergie éolienne est l'énergie du vent et plus spécifiquement, l'énergie directement tirée du vent au moyen d'un dispositif aérogénérateur.

Processus permettant de transformer l'énergie cinétique du vent en une énergie cinétique de rotation utilisable pour bien des applications (puiser de l'eau, moudre du grain, production d'électricité à petite ou à grande échelle...).²⁸

3.1.7.2. Exploitation

Elle peut être utilisée de deux manières :

²⁷ Dictionnaire Antidote

²⁸ J.N. Abaléo Pierre Mendès-France, Dossier sur les énergies renouvelables.

- ↪ Conservation de l'énergie mécanique : navire à voile, pour pomper l'eau, pour faire tourner la meule d'un moulin.
- ↪ Transformation en énergie électrique : l'éolienne ou aérogénérateur directement relié au réseau ou de manière indépendante.

➤ **Les éoliennes mécaniques**

La première transformation de l'énergie cinétique du vent est mécanique. Le vent source d'énergie, fait tourner les pales du moulin qui sont couplées à un rotor. Ces éoliennes mécaniques servent le plus souvent au pompage de l'eau.

➤ **Les aérogénérateurs**



Figure II. 18: Parc éolien, Allemagne

Source : www.enr.fr

La deuxième transformation permet de produire de l'énergie électrique à partir de l'énergie mécanique, en couplant le rotor à une génératrice. Ces éoliennes sont appelées aérogénérateurs.

La quantité d'énergie, qui récoltée par une éolienne n'est pas conditionner par le nombre d'hélice, mais relative à la surface balayée par le vent. Ce sera parfois une simple question d'esthétique.

Une seule éolienne peut servir à alimenter une maison, un village. Cependant elles sont souvent regroupées dans un endroit bien exposé au vent, près d'une ligne à haute tension, parfois même dans la mer (Offshore), et formant ce que l'on nomme un « parc éolien ».

3.1.7.3. La production

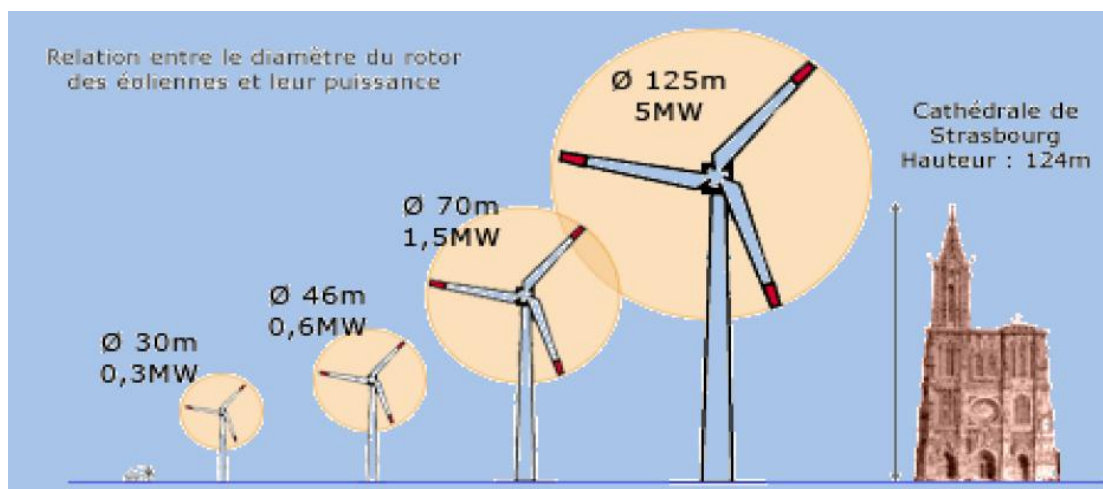


Figure II. 19: Catégories d'éoliennes

Source : <http://www.ggg-enrgy.com>

Il existe deux grandes catégories d'éoliennes : les éoliennes de faible puissance ou éolienne urbaine (quelques centaines de watts à quelques dizaines de kilowatts) et les grandes éoliennes de fortes puissances raccordées aux réseaux nationaux, dont les plus grandes atteignent des puissances supérieures à 2 500 kW²⁹, ces dernières une fois rassemblées, constituent des parcs éoliens terrestres, ou parc éolien off-shore sur mer.

Les éoliennes modernes ne produisent pas plus de bruit que le vent dans un grand pylône électrique. L'origine du bruit est le glissement du vent sur les pales. Le bruit diminue rapidement quand on s'éloigne (inaudible à 400 m).

Les éoliennes modernes sont dites à axe horizontal, leur axe de transmission est parallèle au sol. Les éoliennes à axe vertical sont beaucoup plus rares.

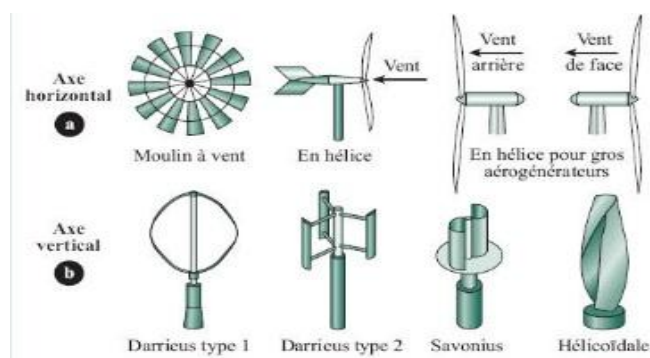


Figure II. 20: Types d'éoliennes

Source : <http://www.ggg-enrgy.com>

²⁹ Guide pédagogique sur les énergies renouvelable, conférence de presse-salon de l'habitat, 2004.

➤ Principe de fonctionnement

Quand le vent souffle, il exerce un système de force sur les pales qui se mettent à tourner. Le rotor entraine une génératrice qui produit de l'électricité. C'est le même principe de la dynamo de vélo.

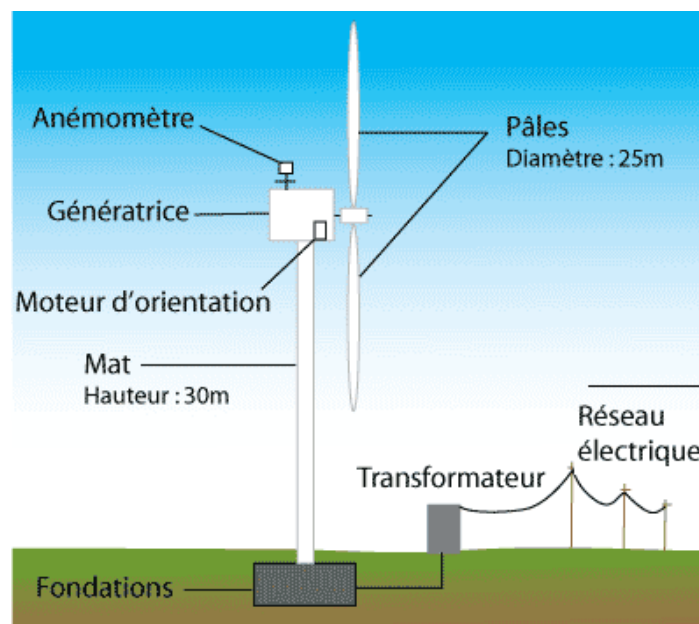


Figure II. 21: Eléments composant une éolienne

Source : <http://www.atmosphere.mpg>

3.1.8. L'énergie solaire

3.1.8.1. Définition

Énergie solaire, produite par le Soleil à la suite de réactions de fusions nucléaires, source de la plupart des énergies disponibles sur terre et exploitable pour la production d'électricité. L'énergie solaire se propage dans l'espace sous forme de «grains», ou quanta d'énergie, les photons ; elle est sans cesse renouvelée.³⁰

L'énergie solaire reçue chaque année sur la terre est égale à plus de 20 fois nos besoins énergétiques, ce qui fait du soleil notre plus grande source d'énergie, inépuisable malgré l'alternance jour / nuit.³¹

³⁰ J.N. Abaléo Pierre Mendès-France, Dossier sur les énergies renouvelables.

³¹ Hespul, energie renouvelable.

3.1.8.2. Exploitation

Le soleil est la source d'énergie la plus puissante et cette énergie est gratuite, il n'y a qu'à l'exploiter ! Du fait de sa nature et de sa puissance très variable à la surface de la terre en un point donné, il est difficile d'exploiter ou de stocker l'énergie solaire sans la transformer au préalable.

De ce fait les technologies sont réparties entre actives et passives.

- ↳ Les technologies actives transforment l'énergie solaire en une forme électrique ou thermique que nous pouvons utiliser directement. C'est le cas des cellules photovoltaïques qui transforment la lumière du soleil directement en énergie électrique, ou des collecteurs solaires qui permettent de chauffer l'eau des maisons.
- ↳ Les technologies passives consistent à bien orienter les bâtiments par rapport au soleil ou à utiliser des matériaux spéciaux et des modèles architecturaux qui permettent d'exploiter l'énergie solaire.

3.1.8.3. Production

Deux conversions directes possibles :

- ↳ En chaleur : capteurs solaires thermiques.
- ↳ En électricité : capteurs solaires photovoltaïques.

3.1.8.3.1. L'énergie solaire thermique

La production de l'énergie solaire thermique est à la base d'un procédé qui constitue le captage et l'absorption des photons solaires et les transforme en chaleur. Le matériau qui constitue le capteur thermique doit être fortement absorbant, exemple : l'oxyde de chrome. Cette chaleur est ensuite transmise à un liquide ou un gaz caloporteur qui la transporte vers un réservoir de stockage d'énergie. Cette technologie est utilisée principalement pour le chauffage de l'eau ou des locaux.

L'énergie solaire thermique permet également de produire de l'électricité par voie thermodynamique. Les températures mises en jeu sont de valeurs très élevées ($\sim 1000^{\circ}\text{C}$)³², et sont obtenues par concentration de la lumière solaire avec des miroirs.

³² EDF

➤ Le chauffe-eau solaire auto stockeur

Le soleil chauffe un ballon d'eau peint en noir dans une caisse isolante. Il se raccorde comme un chauffe-eau électrique : C'est de la plomberie classique.

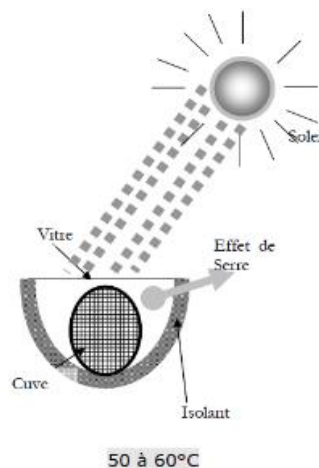


Figure II. 22: Principe de fonctionnement du chauffe-eau solaire auto stockeur
Source : CNRS Héli odyssée

➤ Le chauffe-eau solaire à thermosiphon

Il existe deux types de chauffe-eau solaire à thermosiphon : chauffe-eau à élément séparé et chauffe-eau monobloc.

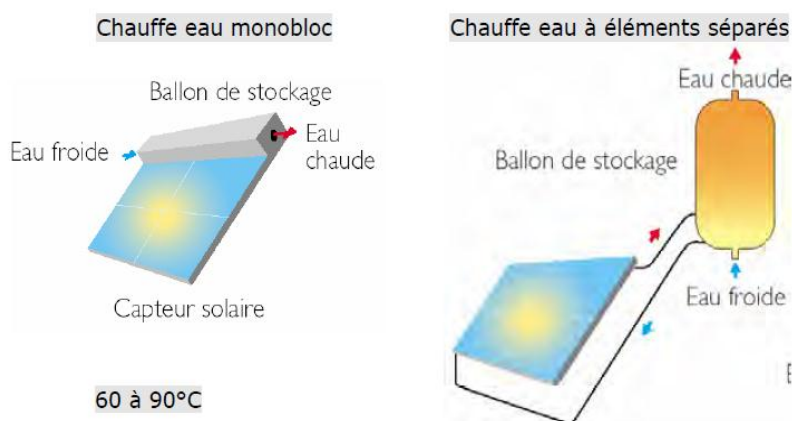


Figure II. 23: Principe de fonctionnement du chauffe-eau solaire thermosiphon
Source : CNRS Héli odyssée

Le capteur solaire comprend une plaque et des tubes métalliques noirs, l'ensemble forme l'absorbeur. Il est placé dans un coffre rigide dont la partie supérieure est vitrée pour laisser pénétrer le soleil et retenir la chaleur.

Le liquide caloporteur circule naturellement dans des tubes, du capteur au ballon grâce à sa différence de densité avec l'eau contenue dans le ballon. Tant que sa température est supérieure à celle de l'eau, donc moins dense, il s'élève vers le ballon qui doit être placé plus haut que le capteur.

➤ Solaire haute température

La concentration optique permet d'obtenir de très hautes températures (de 400°C à 1000 °C), pour produire de la vapeur qui, faisant tourner une turbine, génère de l'électricité.

Il existe quatre types de capteurs : ³³

- ↳ Le collecteur parabolique concentre entre 200 et 3000 fois les rayons du Soleil ; il est adapté pour des puissances électriques modestes (5 à 20 kW).
- ↳ Le concentrateur cylindro-parabolique ou concentrateur linéaire à auge concentre entre 20 et 80 fois le rayonnement.
- ↳ Le capteur à héliostats ou centrale à tour concentre entre 300 et 800 fois les rayons du Soleil. De nombreux héliostats orientables suivent le soleil et concentrent son rayonnement sur un récepteur placé au sommet d'une tour.
- ↳ Le four solaire concentre environ 10 000 fois le rayonnement ; il utilise un champ d'héliostats orientables et un grand miroir parabolique fixe qui renvoie les rayons sur un récepteur.



Figure II. 24 : Fours solaires.
Puissance qui peut atteindre
150MW (Californie)



Figure II. 25 Centrales électriques
thermiques Solaires (miroirs plans)
Température qui peut atteindre 3800°C
puissance 1000kW (Pyrénées-Orientales)

³³ Guide pédagogique sur les énergies renouvelable, conférence de presse-salon de l'habitat, 2004.



Figure II. 26: Collecteur parabolique
Puissance qui peut atteindre
5 à 20 KW



Figure II. 27: Concentrateur linéaire.
Puissance qui peut atteindre de 20 à 50 kWh

3.1.8.3.2. L'énergie solaire photovoltaïque

L'effet photovoltaïque permet de convertir directement l'énergie du Soleil en électricité. Le capteur est un semi-conducteur traité dont les propriétés optoélectronique permettent de convertir l'énergie lumineuse en énergie électrique.

La photovoltaïque c'est la manière la plus élégante de produire de l'électricité. Elle se produit sans bruit, sans parties mécaniques et sans que des produits toxiques soient libérés.³⁴

1m² de cellules photovoltaïque délivre une puissance d'environ 100 à 200 w.³⁵

➤ Les installations autonomes



Figure II. 28: Exemple d'une installation photovoltaïque autonome.
Source : www.enr.fr

³⁴ <http://www.greenunivers.com>

³⁵ Dr Marwan JARKAS, cour sur les énergies renouvelables.

Les installations autonomes sont un système doté de l'énergie solaire photovoltaïque raccordé à des batteries de stockage d'énergie (alternance jour / nuit et saisons des pluies) afin d'assurer les différents besoin énergétique électrique. Ces petites installations sont bien adaptées dans le cadre des sites isolés, aux petits besoins en électricité, ou quand le coût du raccordement d'un site au réseau public est trop élevé.

L'exploitation de l'énergie électrique générée par ces installations sont destinée aux divers usages tel que : éclairage publics, petit outillage électrique, télécommunications, la signalisation terrestre (routière), maritime (phares et balises) et aérienne, l'électrification rurale, le mobilier urbains (horodateurs, abris bus, ...).

3.2. Caractéristiques des énergies renouvelables

Les sources d'énergies renouvelables se différencient des énergies traditionnelles :

- ↳ Elles sont inépuisables, non-polluantes et gratuites ou quasi gratuites.
- ↳ Elles permettent de préserver et de réserver des sources précieuses (comme le pétrole) à des utilisations plus valorisantes que la chaleur.
- ↳ Elles sont exploitables sans produire de déchet, ni d'émissions polluantes.
- ↳ Elles contribuent ainsi à la lutte contre l'aggravation de l'effet de serre

4. L'énergie renouvelable en Algérie

Les énergies renouvelables et efficacité énergétique deviennent une question prépondérante en Algérie, de ce fait, une dynamique d'énergie verte a été enclenchée par le billet d'un programme ambitieux de développement des énergies renouvelables, une initiative qui figure comme une priorité nationale et internationale dans notre pays.

Ce programme consiste à une valorisation des ressources renouvelables tel ; l'énergie solaire, éolienne, géothermique, hydrolienne et biomasse, en vue de préparer dès aujourd'hui l'après pétrole, mais aussi, l'avenir des générations futures, étant donné que les ressources fossiles principalement pétrole et gaz sont limitées, épuisables et non renouvelables. Pour ce faire, notre pays doit saisir toutes les opportunités présentes afin de mieux préparer les jours à venir. Car, a priori l'Algérie dispose d'un potentiel énergétique inépuisable, hélas non exploité.

4.1. LES POTENTIELS ÉNERGÉTIQUES EN ALGÉRIE

4.1.1. LE POTENTIEL SOLAIRE

De par sa situation géographique, l'Algérie dispose d'un des gisements solaires les plus importants du monde. La durée d'insolation sur la quasi-totalité du territoire national dépasse les 2000 heures annuellement et atteint les 3900 heures (hauts plateaux et Sahara). L'énergie reçue quotidiennement sur une surface horizontale de 1 m² est de l'ordre de 5 KWh sur la majeure partie du territoire national.³⁶

Régions	Côtière	Haut plateaux	Sahara
Superficie (%)	4	10	86
Durée moyenne d'ensoleillement (heure/an)	2650	3000	3500
Energie moyenne reçue (KWh/m2/An)	1700	1900	2650

Tableau II.4: Potentiel énergetique solaire en Algérie.

Source : CDER(Centre de Développement des Energies Renouvelables)

4.1.2. Le potentiel éolien

La ressource éolienne en Algérie varie beaucoup d'un endroit à un autre. Ceci est principalement dû à une topographie et un climat très diversifiés. En effet, l'Algérie se subdivise en deux grandes zones géographiques distinctes :

- ↳ Le Nord méditerranéen est caractérisé par un littoral de 1200 Km et un relief montagneux, Entre elles, s'intercalent des plaines et les hauts plateaux de climat continental. Le concernant, en générale, la vitesse moyenne du vent est peu élevée.
- ↳ Le Sud, se caractérise par un climat saharien, avec des vitesses de vent plus élevées que le nord, plus particulièrement dans le sud-ouest, supérieures à 4 m/s et qui dépassent la valeur de 6 m/s dans la région d'Adrar.³⁷

³⁶ Ministre de l'Energie et des Mines, guide des énergies renouvelables, édition 2007.

³⁷ Ibidem

4.1.3. Le potentiel géothermique

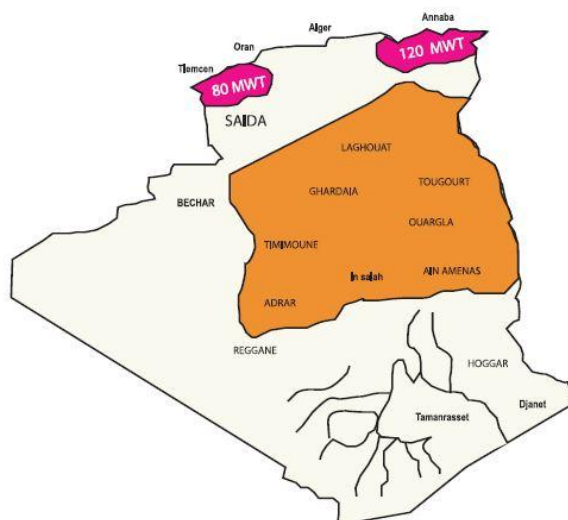


Figure II. 29: Potentiel énergétique géothermique en Algérie

Source : CDER

L'énergie géothermique du Nord algérien constitue d'importants réservoirs, plus de 200 sources thermales localisées principalement dans les régions du Nord-Est et Nord- Ouest du pays. La température de ces dernière s'élève de 40°C à 96°C (Hammam al-maskoutaine) avec un débit de 2 m³/s.

Par ailleurs, le sud constitue un vaste réservoir géothermique appelé « nappe albiennne » qui s'étend sur plusieurs milliers de Km², avec une température moyenne de 57°C et un débit d'exploitation à plus de 4 m³/s.

Si on associe le débit d'exploitation de la nappe albiennne au débit total des sources thermales, cela représenterait, en termes de puissance, plus de 700 MW.³⁸

4.1.4. Le potentiel en biomasse

- ↳ L'Algérie couvre une richesse brute forestière d'environ un peu plus de 10% de la surface totale du pays au nord et 90% constitue les régions sahariennes au sud.
- ↳ La valorisation des déchets organiques tels que les déjections animales pour la production du biogaz.

³⁸ Ministre de l'Energie et des Mines, guide des énergies renouvelables, édition 2007.

4.1.5. Le potentiel hydroélectrique

La part de capacité hydraulique dans le parc de production électrique total est de 5% ; soit 286 MW. Cette faible puissance est due au nombre insuffisant des sites hydrauliques et à la non-exploitation des sites hydrauliques existants.³⁹

4.2. Programme des énergies renouvelables en Algérie

Le programme des énergies renouvelables est défini ainsi pour les différentes phases⁴⁰:

- ↳ A l'horizon 2015, une puissance totale de près de 650 MW serait installée.
- ↳ D'ici 2020, il est attendu l'installation d'une puissance totale d'environ 2 600 MW pour le marché national et une possibilité d'exportation de l'ordre de 2 000 MW.
- ↳ D'ici 2030, il est prévu l'installation d'une puissance de près de 12 000 MW pour le marché national ainsi qu'une possibilité d'exportation allant jusqu'à 10 000 MW.

4.2.1. L'énergie solaire photovoltaïque

La stratégie énergétique de l'Algérie repose sur l'accélération du développement de l'énergie solaire. Le gouvernement prévoit le lancement de plusieurs projets solaires photovoltaïques d'une capacité totale d'environ 800 MWc d'ici 2020. D'autres projets d'une capacité de 200 MWc par an devraient être réalisés sur la période 2021-2030.

4.2.2. L'énergie solaire thermique

Deux projets pilotes de centrales thermiques à concentration avec stockage d'une puissance totale d'environ 150 MW chacune ont été lancés sur la période 2011-2013. Ces projets s'ajouteront à la centrale hybride de Hassi R'mel d'une puissance de 150 MW, dont 25 MW en solaire.

Sur la période 2016-2020, quatre centrales solaires thermiques avec stockage d'une puissance totale d'environ 1 200 MW devraient être mises en service.

³⁹ Ministre de l'Energie et des Mines, guide des énergies renouvelables, édition 2007.

⁴⁰ Ministre de l'Energie et des Mines, programme des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique, édition 2011.

Le programme de la phase 2021-2030 prévoit l'installation de 500 MW par an jusqu'en 2023, puis 600 MW par an jusqu'en 2030.

4.2.3. L'énergie éolienne

Le programme énergies renouvelables algérien a prévu dans un premier temps, sur la période 2011-2013, l'installation de la première ferme éolienne d'une puissance de 10 MW à Adrar. Entre 2014 et 2015, deux fermes éoliennes de 20 MW chacune devraient être réalisées.

Des études seront menées pour détecter les emplacements favorables afin de réaliser d'autres projets sur la période 2016-2030 pour une puissance d'environ 1 700 MW.

5. L'efficacité énergétique en Algérie

L'efficacité énergétique est un état de fonctionnement d'un système pour lequel la consommation d'énergies est minimisée pour un service rendu maximal.⁴¹

Le programme d'efficacité énergétique obéit à la volonté de l'Algérie de favoriser une utilisation plus responsable de l'énergie et d'explorer toutes les voies pour préserver les ressources et systématiser la consommation utile et optimale.

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.

Le plan d'action en matière d'efficacité énergétique se présente comme suit :⁴²

- ↳ Isolation thermique des bâtiments.
- ↳ Développement du chauffe-eau solaire.
- ↳ Généralisation de l'utilisation des lampes à basse consommation d'énergie.
- ↳ Introduction de la performance énergétique dans l'éclairage public.
- ↳ Promotion de l'efficacité énergétique dans le secteur industriel.
- ↳ Promotion du GPL/C et G N/C.
- ↳ Introduction des principales techniques de climatisation solaire.

⁴¹ <http://www.wikipédia.fr>

⁴² Ministre de l'Energie et des Mines, programme des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique, édition 2011.

6. Exemples de projets à énergies renouvelables réalisés en Algérie

- ✧ Electrification à l'énergie solaire de 18 villages isolés de grand sud de l'Algérie. Entre 1998 et 2000.
- ✧ Mini centrale photovoltaïque du centre de développement des énergies renouvelables raccordée au réseau électrique national. En 21 juin 2004.
- ✧ Installations de chauffe-eau solaire pour sonelgaz (à l'école technique de Blida, au centre de formation de ben Aknoute).
- ✧ Approvisionnement en énergie solaire de la station-service NAFTAL DE–STAOUELI.

7. Conclusion

A travers l'ensemble de la recherche effectuée sur les énergies renouvelables, entre analyse, compréhension et application de chaque ressource, l'attention nous amène à faire valoir les intérêts et inconvénients d'une source vis-à-vis une autre, pour ainsi mieux cerner notre appréhension sur le sujet.

Mais avant, malgré la diversité de ces énergies vertes, il en reste moins qu'elles sont toutes porteuses d'une dimension de noblesse, prenant leurs origines des trois éléments soleil, eau et terre, réputées d'être douces, étant donné qu'elles n'agressent pas l'environnement et à caractère renouvelable, un atout majeur dans l'avenir de l'humanité.

Avec de multiples façons de produire de l'énergie, elles permettent :

- ✧ La décentralisation qui privilégie des petites unités de production locales.
- ✧ Plus les sources sont variées, plus l'indépendance énergétique est assurée.
- ✧ La facilité d'installer, d'utiliser et de combiner plusieurs sources en même temps.
- ✧ Coût au kWh fixe, faible et stable.
- ✧ Pas d'émission de CO2 Pour les plus parts des méthodes.
- ✧ L'investissement et le rendement sont prévisibles à long terme.

Mais le chemin est encore long, puisque ces technologies ne sont qu'à leurs début, et leurs optimisation est en cour.

De ce fait, elles comportent aussi plusieurs inconvénients dont on peut citer :

- ↳ Un investissement important.
- ↳ L'installation doit s'intégrer dans l'environnement.
- ↳ Variabilité de la production en dépendance avec le climat.
- ↳ Projets de longue durée.
- ↳ Le stockage de l'électricité.

A noter qu'il faut bien commencer par la rationalisation des consommations, ceci se réalise par une conception architecturale globale et réfléchie accompagnée par des équipements économes. Une fois les consommations diminuée (maîtrise de l'énergie), on peut envisager l'intégration des systèmes de production d'énergie renouvelables.

TROISIEME CHAPITRE

Le bâtiment & les énergies renouvelables

1. Introduction

L'homme a toujours cherché à se mettre à l'abri, à créer un microclimat interne qui lui procure sécurité et confort. De ce fait l'attribution de ces derniers au détriment de la nature et ces ressources énergétiques ont engendré des conséquences considérables.

A l'échelle mondiale, le domaine de la construction représente à lui seul 40% de la consommation annuelle d'énergie et qui peut s'étaler jusqu'à 50% avec l'inclusion de la consommation énergétique lors de la construction.⁵³

Afin de répondre à l'ampleur de ces enjeux mondiaux, la réduction des consommations énergétiques qui implique la préservation de l'environnement et l'introduction de l'efficacité énergétique dans le secteur du bâtiment s'avère primordiale.

Par ailleurs, ce secteur est le mieux placé pour jouer le rôle clé dans la mise en place d'un développement énergétique réellement durable, et plus particulièrement à travers les bâtiments tertiaires qui sont des vecteurs non négligeables de l'efficacité énergétique.

Alors, un programme d'actions concert et mesurable pour réduire les consommations énergétiques des bâtiments tertiaires est une initiative à envisager ! Un processus qui nous amène à une étude approfondis sur le bâtiment, son évaluation d'un point de vue énergétique et sur la possibilité de lui injecter la dimension renouvelable.

2. Consommation d'énergie du secteur de la construction en Algérie

Ayant deux exploitations possibles, le bâtiment prend alors deux vocations :

- ↳ A caractère résidentiel : le bâtiment d'habitation, maison individuelle...etc.
- ↳ A caractère public : généralement tous les établissements destinée à recevoir du public. La vocation d'un bâtiment public et avant tout, d'offrir un service public et d'accueillir des personnes, utilisateurs et usagers.

Le secteur de la construction en Algérie a connu un développement majeur soutenu par l'état et les promoteurs privés, dont Le nombre des bâtiments publics réalisés atteint les 4789

⁵³ WBCSD:Le World Business Council for Sustainable Development (WBCSD, Conseil mondial des affaires pour le développement durable)

bâtiments de 1999 à 2008 et il concerne tous les secteurs d'activités confondus. Les réalisations annuelles sont en progression constante, passant d'un totale de 332 projets en 1999 à un chiffre de 693 projets réalisés pour l'année 2008.⁵⁴

Les principaux secteurs ayant bénéficié de ses réalisations sont d'ordre dégressif comme suit : l'éducation nationale (2149 projets entre 1999 et 2008), l'enseignement supérieur (854 projet), la jeunesse et les sports (659 projets), et les structures administratives (584 projets). Le secteur de la santé a, pour sa part, bénéficié de la réalisation de 325 projets sur l'ensemble de la période.

SECTEUR	ANNEE										TOTAL
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
Education nationale	124	158	176	197	197	210	193	283	232	379	2149
Formation	16	14	13	15	14	03	01	03	01	01	81
Enseignement supérieur	40	52	48	76	59	74	113	126	95	171	854
Administratif	48	42	58	62	69	45	52	52	42	114	584
Jeunesse et sport	55	83	89	161	220	34	09	03	03	02	659
Santé	34	48	150	53	33	-	01	04	-	02	325
Justice	06	02	08	05	06	09	02	06	04	03	51
Culture	09	06	04	06	07	12	03	08	06	17	78
Affaires religieuses	-	-	-	-	-	-	-	-	01	04	05
Solidarité	-	-	-	-	-	-	-	-	-	03	03
Total	332	405	546	575	605	387	374	485	387	693	4789

Tableau III. 1 : Les équipements publics réalisés durant les dix dernières années.⁵⁵

Il faut signaler encore que le programme 2010- 2014 a prévu la construction de nouveau projets pour le secteur public, qui consiste en la réalisation de 5000 écoles, collège et lycées, la construction de 172 hôpitaux, 80 stades, 160 salle polyvalentes et de 80 mosquées.⁵⁶

2.1 Consommation d'énergie du secteur tertiaire en Algérie

2.1.1 Les énergies fossiles

La consommation énergétique finale du secteur tertiaire en Algérie se totalise dans un ordre de 5,95%, qui se répartit comme suit :

⁵⁴ La revue de l'habitat. (Revue d'information du ministère de l'habitat et de l'urbanisme N°3 – Mars 2009, p 35)

⁵⁵ Ministère de l'habitat, Ed 2009

⁵⁶ La revue de l'habitat. (Revue d'information du ministère de l'habitat et de l'urbanisme N°3 – Mars 2009, p 35)

Branches	Consommation (%)
Commerces	39
Administration centrale	19
Tourisme	8
Santé	12
Education	8
Eclairage public	5
Autres	5

Tableau III. 2 : Consommation d'énergie par branche d'activité⁵⁷

2.1.2 Les énergies renouvelables

Le niveau d'exploitation des énergies renouvelable dans le bilan énergétique national, estimé à seulement 0,05% actuellement, sera porté à 6% à l'horizon 2017⁵⁸. A noter que la production d'électricité par les énergies renouvelables représente 0,028% du bilan de production en 2005⁵⁹.

Ainsi, la part des énergies renouvelables dans la consommation énergétique nationale est très loin d'être suffisante en vue du potentiel dont l'Algérie en dispose, en particulier la filière du solaire thermique et photovoltaïque. A ce jour la production énergétique par voie des énergies renouvelables n'en est qu'au stade expérimental par le biais de quelques projets réalisés.

Comme tous les autres secteurs, le secteur tertiaire ne bénéficie pas réellement de l'apport en énergies renouvelables, cause d'un cadre législatif timide qui n'est toujours pas mis au point par les organismes concernés.

3. Cadre législatif en Algérie

Les principaux textes régissant les énergies renouvelables sont⁶⁰ :

1. La loi sur la maîtrise de l'énergie.
2. la loi sur la promotion des énergies renouvelables dans le cadre du développement durable.
3. la loi sur l'électricité et la distribution publique du gaz, avec son corollaire le décret exécutif relatif aux coûts de diversification.

⁵⁷ APRUE 2007

⁵⁸ L'ACTUEL, le magazine de l'économie et du partenariat international, décembre 2010, p 19

⁵⁹ APRUE 2007

⁶⁰ Ministère de l'énergie et des mines, guides des énergies renouvelables, Ed 2007

3.1 Loi relative à la maîtrise de l'énergie (Loi n° 99-09 du 28 juillet 1999, J.O. n° 51)

Cette loi, adoptée en 1999, trace le cadre général de la politique nationale dans le domaine de la maîtrise de l'énergie et définit les moyens d'y parvenir.

A cet effet, la promotion des énergies renouvelables y est inscrite comme l'un des outils de la maîtrise de l'énergie à travers les économies d'énergies conventionnelles qu'elle permet de réaliser.

3.2 Loi relative à l'électricité et la distribution publique du gaz par canalisation (Loi n° 02-01 du 05 février 2002, J.O. n° 8)

La loi sur l'électricité et la distribution publique du gaz qui libéralise ce secteur a prévu des dispositions pour la promotion de la production d'électricité à partir des énergies renouvelables et son intégration au réseau.

C'est dans le cadre de la mise en œuvre de cette loi que le décret sur les coûts de diversification a été récemment promulgué. Il prévoit d'accorder des tarifs préférentiels pour l'électricité produite à partir des énergies renouvelables et la prise en charge du raccordement des installations y afférentes par le gestionnaire du réseau de transport et/ou de distribution à ses propres frais. La prime accordée peut aller jusqu'à 300% du tarif normal.

3.3 Loi relative à la promotion des énergies renouvelables dans le cadre du développement durable (Loi n° 04-09 du 14 août 2004, J.O. n° 52)

La loi sur la promotion des énergies renouvelables dans le cadre du développement durable prévoit l'élaboration d'un programme national de promotion de ces énergies, ainsi la mise en place d'un Observatoire National des Energies Renouvelables en charge de la promotion et du développement des énergies renouvelables.

4 Équilibre énergétique d'un bâtiment

Un bâtiment, étant donné un corps physique et creux abritant plusieurs fonctions et activités qu'exerce l'homme dans un microclimat sain et confortable, marque une rupture dans

l'espace extérieure, de cette nature le bâtiment doit respirer pour éviter que l'intérieur ne soit pénible et pour atteindre un bon équilibre entre gain et pertes énergétiques.

Pour atteindre cet équilibre énergétique, un nombre de facteurs devront être pris en considération comme suit :

4.1 L'orientation

L'orientation est la disposition d'un bâtiment ou d'un aménagement urbain par rapport aux éléments d'un site ou au point cardinal.⁶¹

L'orientation d'un bâtiment est désignée par celle de sa face principale, c'est-à-dire en générale celle qui comporte la plus grande surface de vitrage.⁶²

Le choix de l'orientation d'après GIVONI. B (1980) est soumis à de nombreuses considérations, telles que :

- ↳ La vue
- ↳ La position par rapport aux voies
- ↳ La topographie du site
- ↳ La position des sources des nuisances et la nature du climat (facteurs climatiques, les radiations solaires et le vent).

4.1.1. L'orientation et la forme

La consommation énergétique d'un bâtiment dépend de deux facteurs primaires qui entre en jeux avant toutes autres opérations de conception.

D'abord l'orientation car elle permet de bénéficier des apports climatiques et énergétiques spécifiques au contexte d'implantation. A noter que l'orientation la plus favorable se trouve être la direction SUD, puisque cette orientation bénéficie des radiations intense en hiver et des radiations minime en été. Elle reste aussi la plus favorable quel que soit la latitude.⁶³

Ensuite vient la forme du bâtiment, ou celle-ci est optimale lorsqu'elle permet un minimum de gains solaire en été et un maximum de gains solaire en hiver. A ce titre la forme compacte

⁶¹ **R. Brunet**, « Antimonde », Les mots de la géographie – Dictionnaire critique, Reclus-La documentation Française, 1992, p. 34-36.

⁶² GUIDE POUR LA REGION PROVENCE-ALPES-COTE D'AZUR « conception thermique de L'habitat »EDTSUD. France, 1988,page.39

⁶³ OLGYAY, design with climate - bio climatic approach to architectural regionalism, 1962 page.30

et plus économe en énergie que la forme éclatée, puisque elle présente un minimum d'échange thermique entre intérieur et extérieur.

4.1.2. L'orientation et les couleurs

En été, les orientations les plus chaudes sont l'EST et l'OUEST, ainsi les façades surchauffées au-dessus de la température de l'air résulte de l'absorption continue du rayonnement solaire, donc principalement de l'orientation et des couleurs qui influencent le degré de la surchauffe.

A noter que la couleur a un impact sur les températures de surface, ou la couleur claire est préférable quel que soit l'orientation.

4.1.3. L'enveloppe

L'enveloppe s'avère être comme l'habillement d'un bâtiment, elle constitue l'interface avec l'extérieur, aussi elle crée une limite entre le microclimat intérieur et le climat extérieur. Elle englobe les différentes façades, les planchers, la toiture aussi que les ouvrants, elle permet de majorer la performance énergétique d'un bâtiment par le biais de plusieurs paramètres tel que : l'isolation, l'étanchéité à l'eau et à l'air et la gestion des apports solaires...etc.

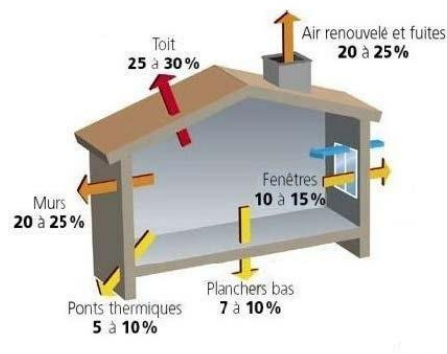


Figure III. 1 : Perte d'énergie d'un bâtiment non isolé
Source : ADEME

Donc un système d'enveloppe performant est égal à une meilleure efficacité énergétique, alors qu'une enveloppe inadaptée induit une perte d'énergie, soit une surconsommation énergétique.

4.1.4. L'isolation thermique

Est dit isolant thermique de tous matériaux ayant une grande résistance au transfert des flux de chaleur. Ces matériaux isolants peuvent être classés :

↳ Selon leur nature :

1. Végétale : liège, fibre de bois, lin, paille, etc.
2. Minérale : fibre de verre, laine minérale, argile expansée, carbure métallique, verre expansé, etc.
3. Synthétique : polystyrène expansé, mousse de polyuréthane ou mousse phénolique, PVC, etc.

↳ Selon leurs formes : Isolants rigides, couvertures isolantes (panneaux ou rouleaux), Fibres soufflées, Isolants sous forme de mousse et d'aérosols...etc.

Naturellement, la propriété d'isolation thermique dépend du type de matériaux utilisés, de son épaisseur et de sa densité. Une comparaison entre un isolant thermique épais de 10 cm avec d'autres matériaux de construction, nous montre leurs avantages énergétiques et économiques comme suit :

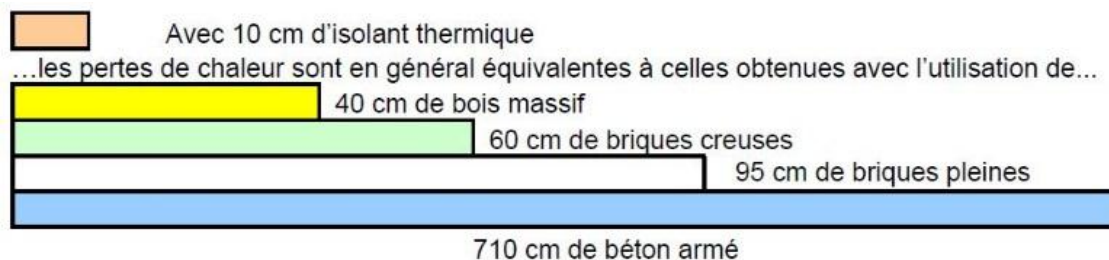


Figure III. 2 : Comparaison entre différents matériaux
Source : ADEME

4.2. Matériaux de construction

Le choix des matériaux de construction est une étape très importante dans le processus de construction, pour l'effectuer plusieurs paramètres doivent être tenus en considération.

Les critères de sélection pour une construction varient selon :

- ↳ Les zones géographiques (climat).
- ↳ Les caractéristiques physiques du matériau.

Un matériau de construction bien choisi permet de bénéficier d'un haut niveau de confort pour une durée de vie considérable, énergétiquement efficace et économiquement rentable.

5. Quelle voie suivre pour s'inscrire dans une utilisation rationnelle de l'énergie

Avant de penser diversification énergétique, pensons économie et maîtrise de l'énergie.

5.1 La maîtrise de l'énergie

Toutes interventions et toutes actions nécessite une conscience, un motif et une connaissance approfondies sur le phénomène en question. Alors dans le cas de la maîtrise de l'énergie, un bilan énergétique du bâtiment à traiter s'impose en amont du projet architectural, localiser les fuites, réduire les déperditions, soit maîtriser son énergie.

Ces travaux peuvent se répartir en deux groupes :⁶⁴

- ↳ Les travaux d'amélioration du système de chauffage (33%).
- ↳ Les travaux d'isolation sur le bâti (67%).

5.2 Une nouvelle manière de construire son bâtiment

Aujourd'hui, la conception architecturale passe par un processus, une procédure réfléchi qui introduit beaucoup de paramètres et de facteurs, de nature différente, en vue d'un développement durable, ou l'action de bâtir ne met pas en danger ni l'avenir de la société, ni celui de l'environnement.

Donc le bâtiment doit obéir à la triade nature, équilibre énergétique et énergies renouvelables, des notions qui nous conduisent alors à renouer avec d'anciennes pratiques (facteurs climatiques) couplés avec de nouvelles tendances énergétiques (énergies renouvelables).

5.3 Sensibiliser l'utilisateur à l'usage de son habitat

A partir de gestes quotidiens simples, on peut minimiser la consommation énergétique d'un bâtiment, comme le fait d'éteindre la lumière, de fermer portes et fenêtres d'un bureau climatisé, et de beaucoup d'autres encore. Les ignorer ne serait qu'une grave erreur, un acte d'inconscience qui cause un surcoût et une surconsommation énergétique, ainsi une demande supplémentaire qui est de trop, donc une extraction et un abus dans les ressources

⁶⁴ Observatoire français de l'énergie, 2002

naturelles. Tout cela engendre la dégradation de l'environnement (pollution) et une atteinte à la santé publique.

Alors le bâtiment peut s'avérer gaspilleur en énergie et en paysage dans le cas où on n'éveille pas notre conscience.

6. Intégration des énergies renouvelables dans le bâtiment, méthodes et applications

Une fois équilibre énergétique optimisé et maîtrise énergétique conjugué, le tout dans un cadre réglementaire bien déterminé, on peut dire que notre bâtiment a atteint un niveau élevé d'efficacité énergétique, mais pas la perfection recherchée. A ce titre l'intégration des énergies renouvelables émerge comme une initiative incontournable pour compléter l'équation, et ainsi sortir d'une dépendance fossile à une autonomie renouvelable.

6.1 Intégration de l'énergie solaire photovoltaïque et/ou thermique

Dans les constructions neuves, les panneaux photovoltaïques sont utilisés comme éléments architecturaux à part entière. Dans les mises en œuvre sur des ouvrages déjà existants, il s'agit d'une adaptation, d'une incorporation des panneaux au bâti.

On distingue alors actuellement deux méthodes d'intégrations des panneaux solaires photovoltaïques :

A. Les réalisations surimposition sur des ouvrages existant, ou solutions additives :

- ↳ Sur toit incliné.
- ↳ Sur toiture-terrasse.
- ↳ Sur un mur isolé ou non isolé par l'extérieur.
- ↳ Fixation sur une façade.
- ↳ Visière de balcon ou brise soleil.
- ↳ Garde-corps de balcon.
- ↳ Les réalisations en intégration :
 - ↳ Élément de toiture incliné.
 - ↳ Élément de verrière.

- ↪ Paroi extérieure opaque d'un remplissage de façade rideau.
- ↪ Élément verrier extérieur d'un vitrage isolant.
- ↪ Élément de bardage devant un mur en béton.

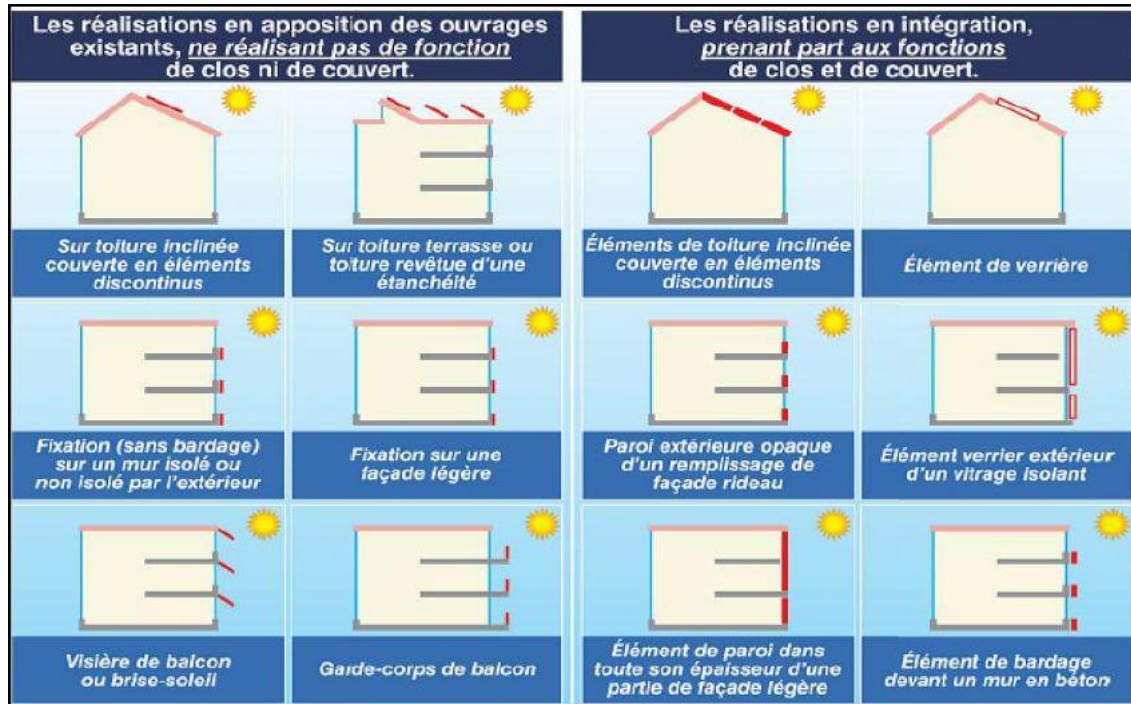


Figure III. 3: Les différentes formes d'intégration du photovoltaïque au cadre bâti.

Source : ADEME

Dans le cas des éléments toits et façades, l'intégration des panneaux photovoltaïques est caractérisée par :

- ↪ Dans le cas additif, les modules photovoltaïques sont fixés au toit ou sur la façade en utilisant une structure en métal, la fixation des panneaux se fait sur rails ou directement avec attache sur l'ossature. En conséquence, le système photovoltaïque sera un élément structural technique additionnel au bâtiment avec la fonction unique de développer la puissance, tous en obéissant aux exigences esthétiques.
- ↪ Dans la solution intégratrice, des composants de construction du toit ou de la façade sont remplacés par les composants photovoltaïques, ceci est également connu en tant que photovoltaïque intégré au bâtiment. Le système photovoltaïque devient une partie de l'enveloppe du bâtiment, et en plus de la fonction de développer la puissance, remplit des fonctions telles que la protection contre les intempéries, l'isolation thermique, l'isolation acoustique...etc.

L'intégration a pour but de minimiser l'impact visuel de cet élément à la construction sans qu'il y ait impact sur l'équilibre du bâti et du paysage.

➤ **Mise en œuvre technique et esthétique des panneaux photovoltaïques :**

- ↳ Penser aux possibilités d'intégrations autour des bâtiments existants : il n'y a pas que sur le bâtiment principal que les panneaux peuvent être placés.
- ↳ En cas d'implantation en toiture : garder une proportion cohérente sensiblement équivalente à un quart de la toiture (de 25 à 30% maxi)⁶⁵, ou réaliser une couverture totale solaire.
- ↳ Regrouper tous les capteurs en un seul panneau : il faut éviter autant que possible de disperser les panneaux, cela fait désordre et rompt l'esthétique.
- ↳ Encastrer les panneaux dans le toit : une installation solaire encastrée dans le toit ou peut saillante se remarque à peine, elle se fond dans le reste de la couverture.
- ↳ Tenir compte de l'ordonnancement des façades : aligner les capteurs avec les ouvertures existantes en privilégiant une certaine symétrie.
- ↳ Sur un toit plat, placer les capteurs en retrait et pas trop en hauteur : ils doivent présenter la même inclinaison et orientation, l'installation doit s'inscrire dans un volume délimité par une hauteur maximale de 120 cm.⁶⁶
- ↳ Éviter la pose sur une façade où l'on retrouve de nombreux éléments architecturaux différents.
- ↳ Privilégier les implantations en bandeau, en crête ou en bas de toiture selon les cas.
- ↳ Adapter forme, proportion et position des capteurs : un panneau de la même forme qu'une autre partie du bâtiment s'intègre mieux à l'ensemble : ainsi sur le plan esthétique, il est important de ne pas déborder.
- ↳ Assortir les couleurs : si la couleur du cadre est assortie au reste du bâtiment, le panneau du capteur ne sera pas perçu comme un corps étranger.

Dôme solaire photovoltaïque

esthétique et énergie
Photovoltaïque

solaire thermique



Figure III. 4 : Mise en œuvre technique et esthétique des panneaux photovoltaïques

Source : www.solar-estheticenergies.fr

⁶⁵ Conférence Romande des Délégués à l'Énergie (CRDE), Novembre 2007.

⁶⁶ CRDE.

6.2 Intégration de l'énergie éolienne

Jusqu'à très récemment, les principales énergies renouvelables utilisées en milieu urbain étaient le solaire thermique, le photovoltaïque et les pompes à chaleur. L'insertion de l'éolien en milieu urbain est une tendance très récente, un projet de niche encore naissant qui n'est qu'au stade de l'expérimentation à travers le monde, cette nouvelle technologie permet d'élargir le choix en matière d'énergie renouvelable.

L'intégration de l'éolien dans le bâtiment s'avère être une rude épreuve. En effet la rugosité du milieu urbain induit des turbulences perturbant le fonctionnement des éoliennes utilisées jusqu'à présent. Cependant, des études sur le vent rencontrant un obstacle tel un bâtiment montre que le vent s'accélère au contact de ce dernier.⁶⁷

De ce fait, certains constructeurs se sont penchés sur la question et ont conçu différents types d'éoliennes qui rependent aux contraintes des zones urbaines. Le petit éolien couvre la gamme des puissances de 20W à 100kW⁶⁸ réparties en trois catégories : micro-éoliennes, mini-éoliennes et petites éoliennes. Au-delà les projets s'apparentent au grand éolien.

6.2.1 Choix du site d'intégration

Comme premier facteur à prendre en considération pour l'intégration d'une petite éolienne en milieu urbain on cite le vent. Même si les systèmes de production nécessitent un minimum de vent, il y a beaucoup d'endroit en ville où l'éolien n'est absolument pas envisageable.

Généralement, on considère qu'un vent de 4m/s moyenne annuelle mesuré à 10m de haut est un minimum et que les systèmes éoliens atteignent leurs optimal au tour de 7m/s.⁶⁹

Alors les paramètres d'un bon site éolien en milieu urbain se réfèrent à :

- ↳ La quantité de vent exploitable durant l'année.
- ↳ La qualité du vent ; régularité d'écoulement, l'absence de turbulence...etc.
- ↳ La vitesse du vent.

⁶⁷ Intelligent Energy Europe.

⁶⁸ Dr Adam MIRECKI, Etude comparative de chaînes de conversion d'énergie dédiées à une éolienne de petite puissance, 2005

⁶⁹ Http// : www.equitao.fr

6.2.2 Choix du type d'éolienne

Il existe une gamme très vaste de modèles de petit éolien, à axe vertical ou horizontal. Les plus adaptés en milieu urbain, là où la vitesse du vent et sa direction sont imprévisibles, sont du model à axe vertical. Car ce dernier résiste mieux aux turbulences et peut facilement capter la ressource contenu dans le vent.

Selon leurs caractéristiques aérodynamiques, les éoliennes à axe horizontale fonctionnent avec un design utilisant la portance, alors que celles qui sont à axe vertical tournent avec un design utilisant la trainée* (Savonius) ou la portance* (Darrieus).

A noter que l'éolienne de modèle Savonius utilisant la trainée a une vitesse de démarrage qui est plutôt basse avec seulement 2m/s⁷⁰, de plus elle s'adapte particulièrement bien aux effets de la turbulence et ne fait pas beaucoup de bruit. Donc ce modèle est le plus approprié dans les milieux urbains.



Figure III. 5 : Type d'éolienne
Source : ADEME

➤ Choix du type de mat

Il existe différents types de mats pour les éoliennes à axe horizontale ou verticale comme suit :⁷¹

Treillis haubané	Tubulaire haubané basculant	Treillis Auto-porteur	Tubulaire Auto-porteur Basculant	Tubulaire Auto-porteur
- économique - Facile à monter	- Facilite la maintenance	- Grandes hauteurs	- Faible emprise au sol - Facilite la maintenance	- Faible emprise au sol

Figure III. 6 : Différent types de mats
Source : ADEME

* La trainée : Force aérodynamique qui s'oppose à l'avancement d'un mobile dans l'air. Antidote, 2009.

* La portance : Force perpendiculaire à la direction de la vitesse qu'a un corps dans un fluide. Antidote, 2009.

⁷⁰ [Http// :www.urbanwind.org](http://www.urbanwind.org)

⁷¹ Clean Tech Republic, Le guide du petit éolien, p11.

Le choix du mat dépend de plusieurs paramètres :

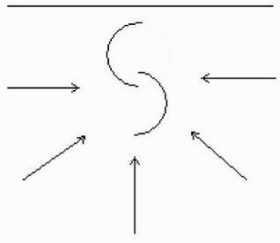
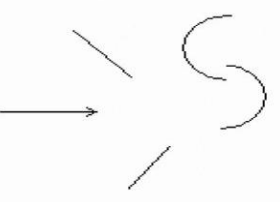
- ↳ Le cout.
- ↳ La maintenance et son cout.
- ↳ Hauteur utile du mat.
- ↳ Les dispositions administratives selon les pays.

6.2.3 Intégration sur le toit d'un bâtiment

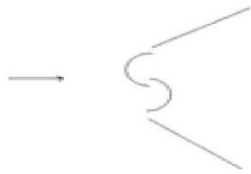
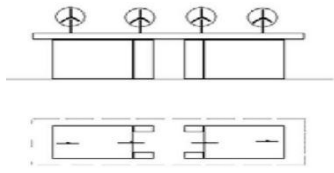
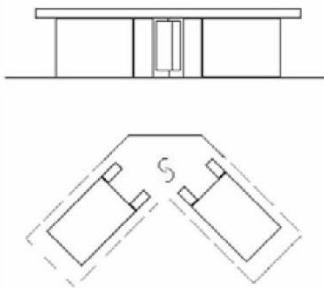
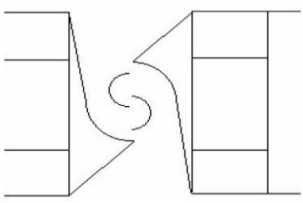
Après avoir choisis le type d'éolienne et son mat appropriés, haubané ou autoporteur, l'aérogénérateur est hissé sur le toit du bâtiment à l'aide d'une grue puis fixé au sommet du mat choisis. En fin le système sera raccordé au réseau électrique de la construction en vue de sa consommation.

Les haut bâtiments ou les tours semblent offrir des grandes possibilités pour capter des vents avec de plus grandes vitesses, cela rend les installations en ville alors plus économique, donc une intégration raisonnable en termes d'espace. De plus certains systèmes semblent ne nécessiter aucune maintenance.

Différentes configurations permettent de concentrer l'énergie du vent et ainsi mieux positionner la petite éolienne au sein d'une construction, elles sont représentées comme suit :⁷²

	<p>Avec paroi</p> <ul style="list-style-type: none"> • L'éolienne est fixée à une certaine distance de la paroi, sur un côté du bâtiment. • On aboutit à une amélioration du rendement allant jusqu'à 300% pour des angles d'incidence situés entre 30° et 150°.
	<p>Avec deux déflecteurs</p> <ul style="list-style-type: none"> • Deux déflecteurs dirigent le flux sur la pale motrice. • On aboutit à des améliorations de 50 à 100%.

⁷² Dr Adam MIRECKI, Etude comparative de chaînes de conversion d'énergie dédiées à une éolienne de petite puissance, 2005.

	<p>Avec diffuseur</p> <ul style="list-style-type: none"> Le diffuseur augmente le rendement de l'éolienne en étant à l'origine d'une dépression qui fait converger les lignes de champ dans la voilure de l'éolienne. Un phénomène de blocage est néanmoins possible mais n'a pas été particulièrement constaté lors des études. On aboutit à des améliorations de 50 à 100%.
	<p>Eoliennes disposées sur le toit</p> <p>On peut imaginer des éoliennes classiques, à axe horizontal ou vertical, dans la limite des autorisations réglementaires.</p>
	<p>Effet convergent/diffuseur au centre d'un bâtiment</p> <p>Le bâtiment lui-même est en deux parties et joue le rôle d'un concentrateur/diffuseur.</p>
	<p>Effet Venturi au centre d'un bâtiment</p> <p>Le bâtiment est ici utilisé pour créer un effet Venturi accélérant le vent en son centre.</p>

Autant l'intégration de l'éolien au bâtiment s'effectue à travers le toit, d'autre méthodes d'intégration sont possible, comme il est le cas sur ces exemples.

➤ Projet Strata Tower Londres



Figure III. 7 : Strata Tower Londres
Source : APER

- ⇒ Hauteur 135 m
- ⇒ Vents moyens de 56 km/h.
- ⇒ 3 turbines à 5 pales de 19 kW.
- ⇒ Devrait produire 50 MWh/an.
- ⇒ Soit 8% de l'électricité que le gratte-ciel utilise.

Le projet Strata Tower Londres, présente une intégration de trois éoliennes à axe horizontal sur la cinquième façade qui couronne l'immeuble d'une esthétique particulière, avec un aérodynamisme qui favorise le captage des vents.

➤ **Projet World Trade Center Bahreïn**



Figure III. 8: World Trade Center Bahreïn
Source: APER

- ⇒ 1er gratte-ciel au monde à intégrer des éoliennes (04/2008).
- ⇒ Hauteur bâtiment : 240 m.
- ⇒ Hauteur éoliennes : 60 m – 98 m – 136 m.
- ⇒ Puissance nominale : 3 x 225 kW.
- ⇒ Diamètre : 29 mètres.
- ⇒ Production estimée : 1200 MWh/an, soit 11 à 15% des besoins du bâtiment.

Avec deux tours pyramidales en forme de S, le World Trade Center Bahreïn est conçues en entonnoir pour créer un couloir de vent, qui est affecté à la prémisses du projet à recevoir trois éoliennes à axe horizontal, et ainsi accélérer la vitesse du vent au niveau des World Trade.

➤ **Projet du Green-parking Garage - Chicago**



Figure III. 9 : Green parking Garage – Chicago
Source : APER

- ⇒ Production estimée : 10.000 – 15.000 kWh/an.
- ⇒ vitesse de démarrage : 2,8 m/s.
- ⇒ Vitesse nominale : 14,2 m/s.
- ⇒ « Captera les vents de toutes directions ».

Le projet Green Parking Garage marque une intégration exceptionnelle de six éoliennes à axes vertical sur l'angle du bâtiment le plus exposé au vent.

➤ **Le projet du Cor building à Miami**



Figure III. 10: Le projet du Cor building à Miami
Source : APER

Une intégration remarquable de plusieurs éoliennes à axe horizontale au sommet et sur les quatre façades du bâtiment, une insertion homogène qui est en harmonie avec l'esthétique de l'enveloppe.

6.3 Intégration de l'énergie géothermique et aérothermique

De nos temps, la géothermie et l'aérothermie sont parmi les énergies renouvelables les plus utilisées dans le bâtiment, cette énergie est gratuite et totalement exploitable grâce aux pompes à chaleur. Le choix d'intégration de l'un de ces systèmes dans un bâtiment relève de plusieurs paramètres qu'il faut prendre en considération.


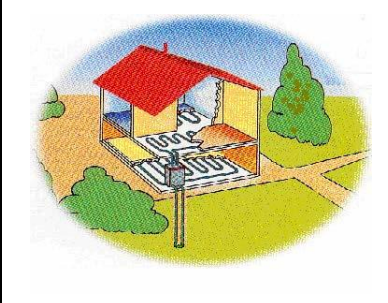
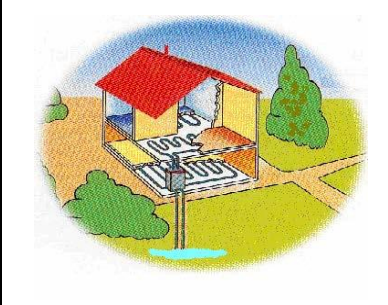
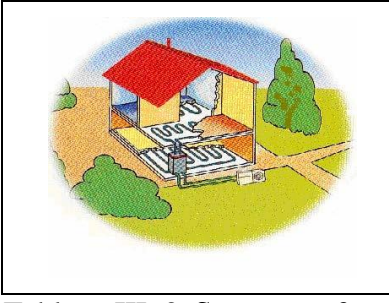
	Source d'énergie	Type de captage
	sol	Captage horizontal enterré
	Sous-sol	Sonde vertical placée dans un forage
	Nappe d'eau souterraine	Pompe immergée dans la nappe
	Air extérieur	Ventilateur Aspiration / rejet

Tableau III. 3: Sources et formes d'intégration de l'énergie géothermique et aérothermique⁷³

⁷³ Conseil général de la Vendée, Eléments de résumé de l'Etude du potentiel vendéen et des applications possibles de la géothermie et de l'aérothermie - BE Axenergie, février 2007.


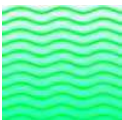

Source froide	Capteur	Procédé de transfert de chaleur	Système de pompe à chaleur	Fluide du capteur	Fluide de la pompe à chaleur	Fluide des émetteurs de chaleur
Sol ou sous-sol 	Capteur enterré horizontal	Détente directe	Sol/sol	Fluide frigorigène		
		Mixte	Sol/eau	Fluide frigorigène		Eau de chauffage
		Fluides intermédiaires	Eau glycolée/Eau	Eau-glycolée (eau + antigel)	Fluide frigorigène	Eau de chauffage
	Capteur enterré vertical	Fluides intermédiaires	Eau glycolée/Eau	Eau-glycolée	Fluide frigorigène	Eau de chauffage
Eau 	Captage sur l'eau d'une nappe phréatique	Fluides intermédiaires	Eau/Eau	Eau de la nappe phréatique	Fluide frigorigène	Eau de chauffage
Air 	Captage sur l'air extérieur	Mixte	Air/eau	Fluide frigorigène		Eau de chauffage

Tableau III. 4: Différentes technologie de captage de l'énergie géothermique et aérothermique⁷⁴

6.3.1 L'énergie géothermique

On peut capter la chaleur de la terre par l'intermédiaire de trois procédées comme suit :

➤ Récupération sur eau de nappe

Les eaux de nappe constituent un gisement énergétique important et stable, leur température va de 8°C à 12°C quel que soit la saison. Une fois récupérée, cette énergie nous sert au chauffage des bâtiments via une pompe à chaleur eau / eau.

Le prélèvement de l'eau de la nappe peut s'effectuer de deux manières : ⁷⁵

⁷⁴ IBIDEM

⁷⁵ CIAT Habitat, guide technique géothermie et aérothermie, pp 15,16.

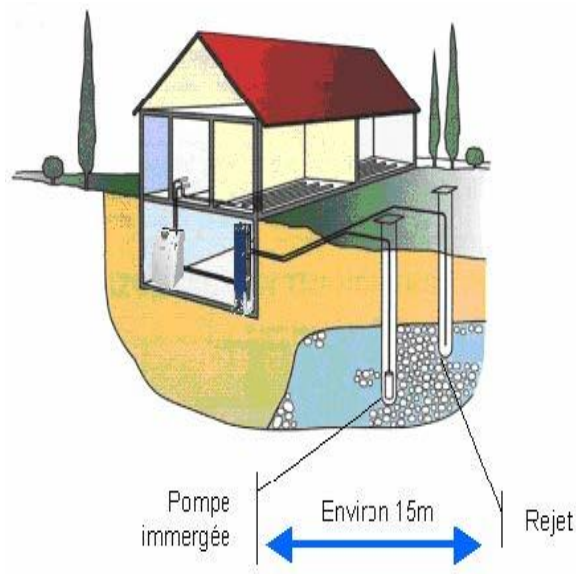


Figure III.09 Pompage dans un forage et rejet dans un deuxième forage

Soit par le principe du doublet, un forage pour pomper l'eau, et un forage pour réinjecter cette eau dans la nappe d'origine, à une distance définie à 15m minimum

en aval du pompage

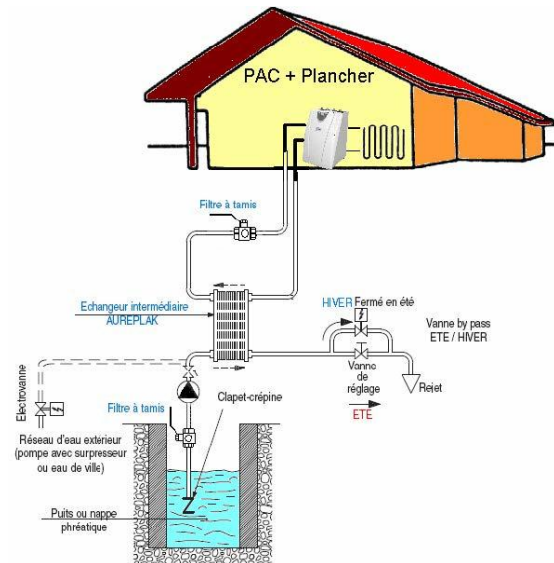


Figure III.10 : Pompage dans un puits et rejet en réseau de surface

Soit par un puits unique et dans ce cas, après passage dans la pompe à chaleur, cette eau est rejetée dans un réseau de surface, cours d'eau, mare, lac...

➤ Récupération par capteur horizontal ou vertical

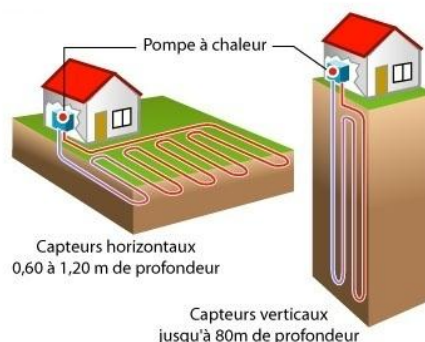


Figure III.11 : La mise en œuvre d'un capteur horizontal ou vertical
Source : ADEME

Le principe de récupération de chaleur est le même dans les deux systèmes : on récupère les calories en faisant circuler un fluide caloporteur dans des tubes enterrés pour les amener à la pompe à chaleur.

➤ **Intégration de la pompe à chaleur**

Les pompes à chaleur géothermiques sont généralement installées soit, dans un local fermé, soit dans un local semi-ouvert. Toutes les précautions devront être prises au niveau de la conception et de la construction afin d'obtenir des pompes à chaleur les plus sécurisées et silencieuses possibles.

6.3.2 L'énergie aérothermique

L'énergie thermique de l'air représente l'autre potentiel énergétique qui peut être amplifié et restitué sous forme d'eau chaude à l'intérieur d'un bâtiment à chauffer. Extraite à l'aide d'une pompe à chaleur, celle-ci est en permanence renouvelée par le soleil et les précipitations.

➤ **Intégration de la pompe à chaleur**

Une pompe à chaleur bien installée est une pompe à chaleur qui ravit l'utilisateur et qui ne perturbe pas le voisinage. Ni bruits, ni vibrations, ni défauts de fonctionnement : quelques consignes à respecter en vue d'une bonne intégration sont nécessaires.

- ↳ En vue d'une installation acoustique :
 - ↳ Ne pas installer la pompe à chaleur sous le nez du voisin.
 - ↳ Si possible, choisir un emplacement qui bénéficie d'un écran acoustique naturel ou intercaler un écran acoustique entre la pompe à chaleur et le voisinage.
 - ↳ Ne pas installer la pompe à chaleur dans un lieu qui pourrait faire office de caisse de résonance.
- ↳ En vue du confort de son utilisateur :
 - ↳ Eviter de placer une pompe à chaleur à proximité des pièces de vie.
 - ↳ Eviter de placer la pompe à chaleur face à une paroi vitrée.
 - ↳ Préférer une façade borgne ou avec uniquement des ouvertures de pièces de passage.

➤ **En vue d'une optimisation technique :**

- ✎ Installer de préférence la pompe à chaleur sur une face ensoleillée plutôt que sur une face nord (en permanence à l'ombre), afin de bénéficier des effets du soleil lors des périodes de dégivrage.
- ✎ Possibilité de mettre la pompe à chaleur sous abri (auvent, avant-toit).
- ✎ Mettre la machine hors d'eau et hors neige.

Pour vérifier les avantages et gains d'une installation de chauffage géothermique ou aérothermique à court et à long terme, d'un point de vue énergétique et économique entre anciennes pratiques et nouvelle tendances, le tableau suivant nous montre la consommation annuelle moyenne d'un bâtiment tertiaire de 1000m².

	Aérothermie avec appoint électrique	Géothermie à capteur horizontal	Géothermie à capteur vertical	Fuel	Electricité	Gaz Naturel
Besoins en chauffage annuels (kWh/an)	70 000		70 000	70000	70 000	70 000
Consommation électrique annuelle (kWh)	27 639		18 919	N / A	77 778	N / A
Consommation énergie fossile annuelle (kWh)	0		0	93 333	0	93 333
Coût d'investissement du système (€ HT)	34 200		66 000	16600	10 100	10 100
Coût global du système sur 20ans (€ HT)	115 912		124 646	19 6339	220 444	141 746
Emissions de CO2 Sur 20ans (tonnes)	88		60	560	249	437

Tableau III. 5 : Chauffage d'un bâtiment tertiaire neuf de 1000m² ⁷⁶

⁷⁶ IBID.

6.4 L'intégration de l'énergie biomasse



Figure III. 12: Petit système commercial.

Source : Grove Wood Heat

La filière énergétique biomasse s'avère être un moyen efficace, économique et durable. Son intégration dans le domaine de la construction constitue un objectif que plusieurs institutions et organisme tente de réaliser et d'optimiser en vue d'une démarche de développement durable. Dans cet axe, son insertion est beaucoup plus visible à l'échelle urbaine, aux réseaux de chaleur urbaine.

En effet, la biomasse voit son efficacité en une transformation énergétique organique vers une finalité thermique.

Vue la complexité du système de chauffage biomasse, son intégration dans les bâtiments individuelle apparaît comme une contrainte d'adaptation, qui nécessite réflexions techniques, fonctionnelle et opérationnelle.

De plus, une large gamme de biocombustible se présente à cet effet pour enrichir la palette de création, de production et ainsi rompre avec l'emploi des combustibles fossiles.

L'intégration de la biomasse dans le bâtiment suscite une intention particulière lors de la conception telle que le local technique qui relève de plusieurs critères à prendre en considération comme suit :⁷⁷

Taille physique	Les systèmes de chauffage à la biomasse occupent plus d'espace que les systèmes de chauffage conventionnels. Ils requièrent un espace pour la livraison et le déchargement du biocombustible, de l'espace de stockage et une chaufferie plus grande pour accueillir les systèmes d'alimentation en biomasse et d'enlèvement des cendres.
------------------------	--

⁷⁷ RETScreen® International, Centre d'aide à la décision sur les énergies propres (www.etscreen.net), pp 21.22.

Combustible	Contrairement au gaz et au pétrole, les caractéristiques des biocombustibles ne sont pas normalisées ou homogènes. De plus, ces biocombustibles ne sont pas distribués par de gros fournisseurs à l'échelle nationale. La qualité du biocombustible, sa constance et la fiabilité de l'approvisionnement sont des éléments de préoccupations. Aussi, la valeur énergétique varie de manière significative selon le type de biocombustible utilisé.
Opération	Les systèmes de chauffage à la biomasse requièrent un entretien plus fréquent et une attention plus soutenue de la part des travailleurs que les systèmes conventionnels. Par conséquent, une attention particulière des opérateurs est un élément critique.
Complexité	Les systèmes de chauffage à la biomasse sont plus complexes que les systèmes de chauffage conventionnels, surtout en ce qui concerne le stockage du biocombustible, sa manipulation et sa combustion. Cette complexité accrue, causée par les caractéristiques variables des biocombustibles, se traduit par des coûts d'investissement supplémentaires, plus difficiles à estimer.
Pollution locale	Les systèmes de chauffage à la biomasse génèrent des émissions qui peuvent affecter la qualité de l'air et être sujettes à réglementation. Les émissions du système dépendent du type de combustible, mais aussi de la taille et de la nature du système de combustion. La réglementation locale peut être différente d'un lieu à l'autre selon le type de biocombustible et de système de combustion. De plus, les cendres doivent être éliminées dans le respect de la réglementation en vigueur.
Risques	Les systèmes de chauffage à la biomasse nécessitent des primes d'assurances additionnelles contre le feu et une attention particulière aux enjeux de sécurité.

Les avantages des systèmes de chauffage à la biomasse :

Bénéfices économiques locaux	Le biocombustible est souvent cultivé, collecté et livré par des fournisseurs locaux. De ce fait l'argent demeure au sein de la communauté, au lieu de quitter la région, créant ainsi des emplois localement et améliorant les revenus publics.
Confort du chauffage	un faible coût du biocombustible pour un confort thermique constant
Flexibilité	Les systèmes de chauffage à la biomasse sont très flexibles. Les systèmes pour combustibles solides peuvent être facilement adaptés afin d'accepter presque tous les types de combustible (solide, liquide, gazeux), augmentant ainsi les possibilités futures d'adaptation aux besoins de l'utilisateur.
	Les végétaux qui sont cultivés de manière durable sont considérés

Environnement	comme étant une source d'énergie renouvelable. Puisque la culture de la biomasse permet de capturer une quantité de carbone équivalente à celle relâchée dans l'atmosphère lors de la combustion, il n'y a aucune augmentation nette des gaz à effet de serre.
Stabilité des prix	Le prix des biocombustibles a tendance à demeurer relativement stable et contrôlé au niveau local.

6.5 Intégrations de l'énergie hydraulique

La production de l'énergie hydraulique se trouve être la seule filière renouvelable à ne pas trouver encore sa place au sein des bâtiments publics, cause de plusieurs critères qui favorisent beaucoup plus l'intégration à une échelle urbaine plus tôt qu'au domaine individuel, à savoir un système de production consistant en une grande envergure, avec un haut rendement énergétique qui dépasse largement les besoins d'un bâtiment tertiaire. De plus le positionnement au près d'un cours d'eau est primordiale pour ainsi parler d'intégration.

Alors, toutes ces contraintes laissent cette filière s'orienter vers un schéma de production englobant quartiers, village voire toute une ville.

7. Typologie énergétique des bâtiments

La question énergétique dans le bâtiment est devenue une actualité et une réalité qu'il faut estimer et n'en pas sous-estimer. L'ensemble des acteurs touchés par cette urgence se sont rués alors vers de nouvelles expériences réalisations, visant ainsi l'optimisation et la performance énergétique.

En conséquence, plusieurs concepts, labels et classifications ont vu le jour et viennent comme éléments de réponse qui réorientent concepteurs, constructeurs et usagers vers un courant énergétique durable.

7.1 Bâtiment performant « basse énergie »

Se caractérise par une conception architecturale tirée du Bioclimatisme, une bonne isolation thermique ou une attention particulière est portée à la perméabilité à l'air et aux ponts thermiques.

Ce concept ne comprend a priori aucun moyen de production locale d'énergie, sans pour autant l'exclure.

Applicable sur des constructions neuves ou rénovées, les certifications et marques de qualités dans le bâtiment les plus connues sont : les labels Suisse **MINERGIE** et **BBC Effinergie**.

7.2 Bâtiment très performant « très basse énergie »

Très économique et faible consommateur en énergie, ils sont définis comme étant des bâtiments munis d'une ambiance intérieure confortable en hiver qu'en été. Les apports passifs solaires et les systèmes de ventilation suffisent et assurent ce confort sans devoir faire appel à aucun apport actif.

Les certifications et marques de qualités dans le bâtiment les plus connues sont : le label allemand **Passivhaus**.

7.3 Bâtiment à énergie positive « zéro énergie »

Reconnue comme étant auto-producteur de l'énergie qu'elle consomme, avec parfois des excès qui expliquent le côté positif de cette classe, le bâtiment zéro énergie est la combinaison de concept passif ou basse énergie avec des systèmes d'énergies renouvelables.

8. Critères d'évaluation énergétique d'un bâtiment

D'après ce qui a été abordé dans ce chapitre entre paramètres influents et techniques d'intégration des énergies renouvelables dans le bâtiment on a pu conclure vers un ensemble de critères d'évaluation énergétique présentés dans le tableau ci-dessous comme suit

CRITERES D'EVALUATIONS		OUI	NON	Observation
INTEGRATION AU CONTEXTE URBAIN ET IMMEDIAT	Implantation			
	↳ Diminuer l'énergie liée au transport effectué par les usagers du bâtiment (favoriser le transport collectif...etc.)			
	↳ Accessibilité au site.			
	Orientation			
	↳ Confort et orientation climatique.			
	↳ Intégration à la topographie du site.			
	↳ Nuisances (visuelles, olfactives, sonores...etc.)			
	Forme			
	↳ Compacte			
	• Avec patio.			
	• Dynamique.			
	• Statique.			
	↳ Eclatée.			
	Conception			
	↳ Gestion technique des espaces.			
	↳ Matériaux de constructions durables.			

EFFICACITE ENERGETIQUES	Enveloppe			
	↳ Isolation thermique / acoustique.			
	↳ Apports solaires.			
	↳ Ventilation naturelle.			
	↳ Eclairage naturel.			
	Efficacité du système de chauffage			
	Efficacité du système de climatisation			
	Efficacité des équipements électriques			
	Gestion rationnelle des eaux / déchets			
CONSOMMATION ENERGETIQUE	Consommation de l'énergie fossile			
	Consommation de l'énergie renouvelable			
	Impact sur l'environnement			
FACTEUR ECONOMIQUE	Cout globale de la construction			
	Cout de la consommation des énergies fossiles			
	Cout d'intégration des énergies renouvelables			
	Cout de la consommation des énergies renouvelables			

9. Bâtiment bioclimatique

L'architecture bioclimatique est l'architecture de nos ancêtres, une culture que l'homme a su exploiter pendant différentes époques de son existence, malheureusement ces pratiques tentent à disparaître et cette culture à s'éteindre.

Aveuglée par une soif de progrès aberrants ; avec toujours plus d'énergie, plus de technologies, plus de pétrole, plus de gaspillage et plus de pollution, ou la standardisation actuelles tend à éloigner l'architecture de son environnement, mais le retour de tels concepts apparait comme inévitable sur tout dans des pays confrontés à un manque de moyens et a un problème d'accès à l'énergie.

L'architecture bioclimatique répond en partie à cette problématique par l'intégration de concepts passifs permettant de minimiser le recours à la consommation énergétique et l'impact sur l'environnement sans négliger le bien être de l'occupant.

- ↳ L'architecture bioclimatique est un mode de conception qui consiste à trouver le meilleur équilibre entre un bâtiment, le climat environnant et le confort de l'habitant.
- ↳ La conception bioclimatique du bâtiment consiste à adapter ce dernier aux conditions météorologiques spécifiques et à obtenir le plus grand confort en s'appuyant sur un minimum de source d'énergie auxiliaire. Le soleil est le principal fournisseur d'énergie dans la conception bioclimatique.
- ↳ Un bâtiment bioclimatique est une construction qui tire le meilleur parti du rayonnement solaire et de la circulation naturelle de l'air pour maintenir des températures agréables, contrôler l'humidité, favoriser l'éclairage naturel, tout en réduisant les besoins énergétique.
- ↳ Cet ouvrage est conçu donc pour capter l'énergie solaire, la stocker et la rediffuser à l'intérieure de lui-même. C'est une construction dite passive car c'est le simple choix des matériaux de construction et une astucieuse disposition des espaces qui permet la captation d'énergie.

A noter que il n y a pas de prototype idéal de construction bioclimatique car la conception des bâtiments varie d'un lieu à l'autre suivant le climat et le site d'implantation.

10. Bâtiment écologique

L'architecture écologique se préoccupe des paramètres qui conditionnent le bien-être de l'habitant, mais celui-ci doit apprendre à vivre en symbiose avec son environnement, au rythme des jours et des saisons, il doit s'y intégrer et le respecter.

Etant un concept global qui regroupe l'occupant, le constructeur et le bâtiment, l'architecture écologique s'occupe dès la conception et la construction de la nécessité de penser à préserver l'environnement et à améliorer la qualité de vie, cela durant l'ensemble du cycle de vie du bâtiment jusqu'à sa destruction.

L'architecture écologique prend en compte aussi le besoin de développer l'utilisation des énergies renouvelables sous toutes leurs formes et leurs intégrations ainsi que la mise en œuvre de matériaux respectueux de l'environnement et de l'habitant ; ce qui peut nous permettre de réduire la demande énergétique et par conséquent les rejets polluants.

➤ Principe de l'architecture écologique

- ↳ Bioclimatisme.
- ↳ Matériaux : Bilan carbone d'un bâtiment, matériaux non polluants...etc.
- ↳ Energies renouvelables.
- ↳ Gestion de l'eau : Eau de pluie, eau usées...etc.
- ↳ Gestion chantier, produits et déchets de construction.
- ↳ Tri et traitement des déchets, recyclage...etc.
- ↳ Cycle de vie d'un bâtiment : Comprend plusieurs phases qui vont de l'extraction des éléments primaires et la fabrication des composant de construction, jusqu'à sa déconstruction sélective en fin de vie et à la remise en état du site.

11. Bâtiment intelligent

L'intelligence peut être définie comme l'ensemble des facultés permettant de comprendre les choses, l'aptitude à lier des éléments entre eux et la capacité à agir de manière adaptée aux différentes situations. Transposé au secteur de la construction, cela signifie qu'un bâtiment doit pouvoir fonctionner de façon autonome et interactive avec son environnement extérieur et intérieur, en fonction de l'évolution des besoins des utilisateurs.

- ↳ **Le bâtiment intelligent** : est généralement défini comme un bâtiment à haute performance énergétique, qui intègre une gestion optimisée des équipements consommateurs, de la production et du stockage de l'énergie.
- ↳ **Domotique et immotique** : désigne l'ensemble des équipements techniques (physique, informatique et de communication) permettant l'automatisation et l'amélioration de la gestion des tâches domestiques. De la domotique pour l'habitat (smart home) à l'immotique pour le tertiaire (smart building), elle vise à apporter des solutions de maîtrise du confort, de l'énergie, de la sécurité et de la communication.
- ↳ **La gestion optimisée de l'énergie** : comme principal service rendu avec :
 - ↳ Suivi des consommations : suivi et alerte sur la consommation détaillée, par poste, par zone et par équipement.
 - ↳ Pilotage actif : gestion à distance, centralisée et automatisée de tous les équipements.
 - ↳ Production locale : suivi de la production et alerte en cas de panne.

12. Conclusion

Le secteur de la construction en Algérie représente un vecteur très important de la consommation énergétique, et vu la potentiel national en énergie renouvelable d'une part, notamment la filière solaire, puis la maîtrise de la faisabilité des systèmes de production d'autre part, nous conduit alors vers la nécessité d'injecter ces ressources alternative dans le bâtiment algériens, ce qui semble être une opérations très prometteuse en particulier de ce qui est du domaine du tertiaire.

Pour se faire, une étude de compatibilité de l'énergie renouvelable et de l'ouvrage destiné à la recevoir est de vigueur, pour une production optimale d'une exploitation maximale. Des exemples et formules d'efficacité énergétique ou labels et marque de qualité dans le bâtiment nous ouvre la voie de cette nouvelle tendance, des références en termes de conception architecturale et environnementale.

Néanmoins, toutes ces pratiques ne peuvent se concrétiser sans une conscience des acteurs usagers et intervenant a des échelles différentes, mais surtout d'une réelle volonté de nos décideurs politiques à donner un coup de pousse à l'Algérie d'aujourd'hui pour ainsi faire un grand pas dans cette dynamique d'énergie renouvelable, qui vas assurer l'avenir de l'Algérie de demain.

Différentes échelles et systèmes d'intégration des énergies renouvelables peuvent se présenter comme schémas d'intervention selon les besoins :

Energie	Utilisation	Système et échelle pour la mise en place	
Éolien	Électricité	Petit éolien	Bâtiment/Quartier
		Grand éolien	>Ville
Solaire	thermique Chaleur	Panneaux solaires thermiques (indépendants)	Bâtiment
		Ensemble de panneaux solaires thermiques (rassemblés en un site ou diffus sur plusieurs bâtiments), avec réseau de chaleur	Quartier
			Quartier / Ville
Solaire photovoltaïque	Électricité	Panneaux solaires photovoltaïques (indépendants)	Bâtiment
		Ferme solaire photovoltaïque	Quartier / Ville
Géothermie	Chaleur/ Froid	Géothermie superficielle avec pompe à chaleur	Bâtiment
		Géothermie sur sondes (éventuellement avec réseau de chaleur basse température)	Bâtiment/Quartier
		Géothermie profonde (avec réseau de chaleur / froid)	Ville
Aérothermie	Chaleur/ Froid	Pompe à chaleur.	Bâtiment
Hydraulique	Électricité	Petit hydraulique.	Quartier / Ville
		Grand hydraulique.	> Ville
Biomasse	Chaleur / Électricité	Chaudière biomasse individuelle ou d'immeuble (avec ou sans cogénération).	Bâtiment
		Chaudière biomasse collective (avec ou sans cogénération), avec réseau de chaleur.	Quartier / Ville

QUATRIEME CHAPITRE

Analyse d'exemples & étude de cas

1. Introduction

Chaque théorie a besoin d'une pratique, une réalité qui viendra éclaircir encore d'avantages les ambiguïtés de l'étude en question. Pour appuyer nos propos, on va s'épauler d'un cas d'étude sur le quel sera porté une évaluation, voir la possibilité de lui intégrer les énergies renouvelables.

Un travail sur terrain, d'analyse et de compréhension va être mené, suivi d'un bilan puis d'un programme d'intervention sur différentes échelles de l'ouvrage, qui comprendra bien évidemment le point ou l'objectif principal de notre thématique de recherche, à savoir l'injection d'une dimension renouvelable sur un immeuble tertiaire dans la ville de Bejaïa.

Une première dans cette ville qui pourra peut-être donner une autre vision énergétique à toute la population en vue d'un développement durable économique, social et environnemental.

Mais avant, nous allons faire un petit détour par quelque exemples et références internationales afin de voir la portée de cette nouvelle dynamique énergétique, son emploi et sa dimension vis-à-vis l'importance qu'on lui atteste dans le monde.

2. Partie 0I : analyse et étude d'exemples

2.1. Exemple n° 01 : immeuble de bureau bonne® énergie



Figure IV. 1: L'immeuble Bonne® énergie en 3D

Source : www.prd-fr.com

Ce bâtiment est exemplaire, il est très prospectif, en avance sur son temps 10 ans. Ce type de bâtiment est à la norme prévu pour 2020 en France. L'immeuble Bonne énergie est intéressant parce qu'il a été conçu et réalisé sans rupture technologique. Ce n'est pas une simple question de maîtrise de consommation énergétique, il s'agit aussi de concevoir un bâtiment à énergie positive qui ne dégrade pas les conditions de confort en toutes saisons. C'est une conception globale, multicritères qui montre la voie à suivre à l'ensemble des acteurs du bâtiment.

2.1.1. Situation du projet



Figure IV. 2 : Situation du projet

Source : Google earth 2015

L'immeuble bureau se situe au sud-est de la France à Grenoble, plus exactement dans l'éco-quartier de la ZAC de Bonne.

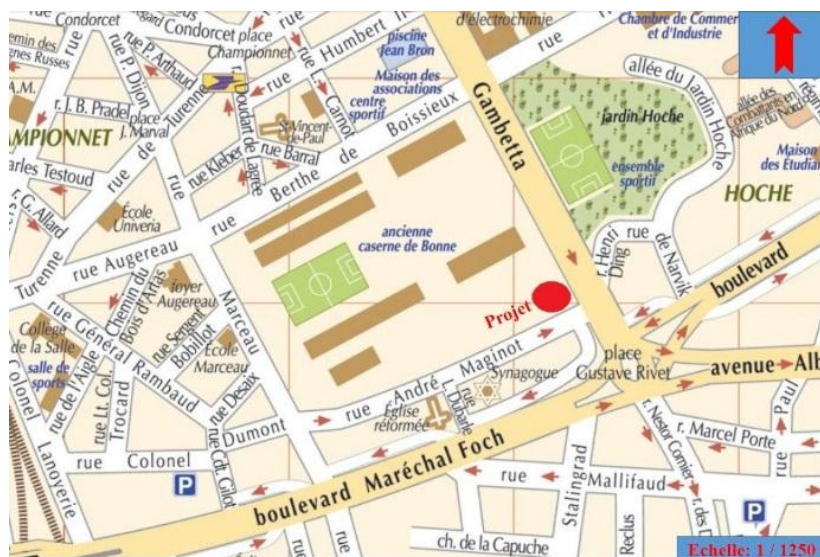


Figure IV. 3 : Localisation du projet

Source : office de tourisme, Grenoble

Le projet s'implante dans un îlot ouvert, délimité par les deux boulevards 56 Gambetta au Nord et le boulevard Maréchal Foch au SUD.

L'ouvrage se localise à moins de 10 mn à pied des transports en commun structurant (RER, métro, tramways, bus) soit 600 m maximum et à 5 mn de route du stade des alpes.

Avant de s'approfondir plus dans le sujet, une intention particulière nous impose de faire un détour par l'éco-quartier de la ZAC de bonne, son innovation et son aménagement urbain écologique. Réalisé au cœur du centre-ville de Grenoble, il s'étend sur un espace de 8.5 ha, avec 850 logements dont 40% de logements sociaux, un parc urbain écologique de 5 ha et 16 000 m² de commerce y compris les bureaux.¹



Figure IV. 4 : plan de masse de la ZAC de Bonne, Ech: 1/ 1000

Source : www.debonne-grenoble.fr

L'éco-quartier de bonne propose une nouvelle façon d'habiter, plus économe, plus respectueuse de l'environnement, en réduisant les rejets de gaz à effet de serre. Le projet s'attache également à assurer le confort d'été des bâtiments qui est l'un des défis majeurs du réchauffement climatique en milieu urbain. Il poursuit trois objectifs majeurs :

- ↳ Favoriser l'approche bioclimatique des bâtiments.
- ↳ Développer une nouvelle démarche constructive d'isolation par l'extérieur favorisons l'efficacité énergétique.

¹ Amenage.grenoble@wanadoo.fr

✎ Instaurer une gestion innovante et rationnelle des énergies.

2.1.2. L'identité du projet bonne® énergie

FICHE D'IDENTITE TECHNIQUE	Intitulé du Projet	Immeuble de bureaux à énergie positive
	Localisation	ZAC de Bonne – Grenoble (38)
	Maitre d'ouvrage	La Foncière Innovation
	Promoteur	PRD ?????
	Maitre d'œuvre	HTC
	Architectes	CHARON et RAMPILLON
	Contrôle technique	Alpes contrôles
	Surface du terrain	291m ²
	Surface utile	1599m ²
	Surface hors œuvre nette	1865m ²
	Nombre de niveaux	R+6
	Procédées constructif	Béton - ossature bois au RDC et mezzanine
	Lancement des travaux	Novembre 2008
	Réception des travaux	Janvier 2010
FICHE D'IDENTITE DURABLE	Label	Le bâtiment ne sera pas labélisé
	Enveloppe	Mur : voile béton +20 cm de laine de verre haute densité. Toiture : 25 cm de laine de roche. Menuiserie : triple vitrage. Conception des fenêtres alliant une utilisation optimales de la lumière naturelle. Compacité : volume compacte qui réduit les surfaces de déperdition.
	Sources énergétique	PAC géothermique eau- air réversible sur eau de nappe. Ventilation double flux avec récupération de chaleur. 380m ² de panneaux photovoltaïques.
	Emissions gazeuses	2.5 tonne de CO ₂ évitée par an.
	La gestion technique du bâtiment	Automatisation de certaines fonctions pour optimiser le rapport consommation d'énergie /confort des occupants : Eclairage piloté par détecteur de présence. Gradation en fonction de la luminosité. Ventilation nocturne. Protection solaire pilotée par un logiciel et la station météo.
Les couts et les financements en(€)		Montant totale des travaux : 3 600 000 € HT Aide PREBAT ADEME / Région : 169 000 €. Aide région photovoltaïque : 55 000 €.

2.1.3. L'efficacité énergétique et l'intégration des énergies renouvelables

2.1.3.1. L'efficacité énergétique

2.1.3.1.1. Fondement du projet

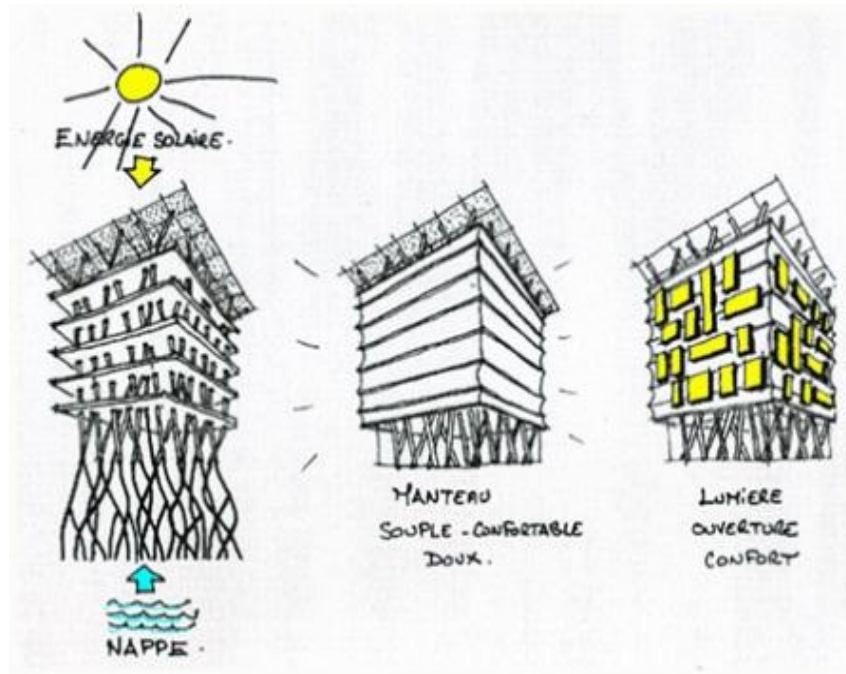


Figure IV 5: l'idée initiale du projet

Source : www.prd-fr.com

- ↳ C'est une vision réinventée, plus douce, plus harmonieuse, de la relation entre l'homme et son environnement. Bonne® énergie est un bâtiment vivant, comme un arbre établissant un lien naturel est fondamental entre les éléments, qui décrit un trait continu de la terre au soleil, de l'eau vers le ciel.
- ↳ Pour protéger, envelopper, un manteau souple, confortable et doux : comme un vêtement, la peau de l'immeuble habille la structure par l'intermédiaire des panneaux en alucobond.
- ↳ Pour éclairer, ouvrir et contrôler une multitude de baies offrent : lumière, ouvertures et confort.

A signaler l'originalité de l'idée initiale du projet bonne énergie qui sera confronté par la suite à de nombreuses contraintes de conception et de réalisation liées au site, et dont on peut citer :

- ↳ Une optimisation du foncier : terrain de 291m², Shon de 1865m².

- ↪ Intégration dans un Eco quartier aux règles d'urbanisme exigeantes
- ↪ Sol de qualité géotechnique médiocre situé en zone sismique.
- ↪ Nécessité d'une architecture valorisante et pédagogique.

2.1.3.1.2. L'enveloppe du projet



Figure IV. 6 : détail de l'enveloppe
Source : www.debonne-grenoble.fr

L'objectif est de limiter les consommations de chauffage toutes en assurant le confort des occupants, en toutes saisons. Sachant que Grenoble avec un climat montagnard méditerranéen, est l'une des villes de France ayant les plus grands écarts de température pendant l'année (-15°C l'hiver jusqu'à +40°C l'été).²



Figure IV. 7: façades principale et plan étage courant, Ech : 1/200.
Source : www.amenage.grenoble@wanadoo.fr

- ↪ L'inertie thermique lourde permet de garantir un très bon confort thermique avec une grande régularité des températures sans avoir recourt à une production de froid en dehors des périodes de canicule et donc une économie de consommation d'énergie.
- ↪ pour le chauffage et le rafraîchissement.

² ADEME, 2008

- ↗ L'isolation thermique est de 20 cm en parois et de 25cm en terrasse, 7 cm en planchers bas (sous faces).
- ↗ Traitement de tous les ponts thermiques et parfaites étanchéité à l'air.
- ↗ L'excellente qualité de l'enveloppe est complétée par la qualité des ensembles fenêtres, brise soleil et volets isolants.

2.1.3.1.3. La conception des fenêtres

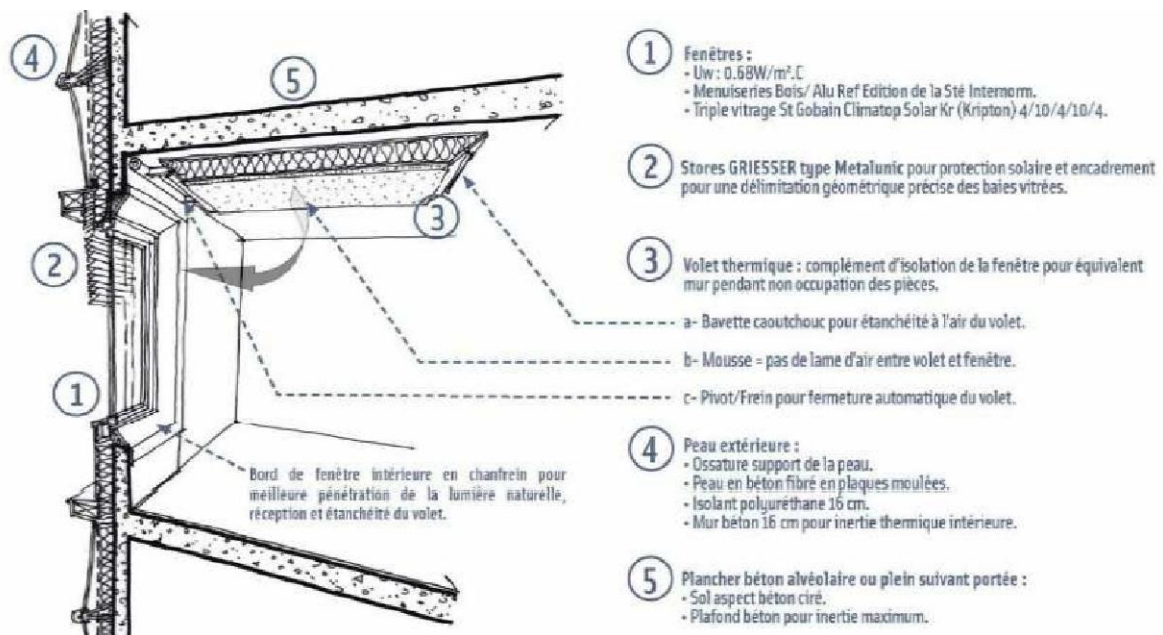


Figure IV. 8: coupe schématique fenêtres et planchers.

Source : daniela.sanna@ademe.fr

- ↗ Fenêtres bois ouvrantes aluminium à rupture de pont thermique en liège.
- ↗ Triple vitrage faible émissivité à l'argon.
- ↗ Protection solaire extérieur à lames orientables pilotées par façades avec la station météo de l'immeuble.
- ↗ Le pilotage automatique des stores optimise les apports de chaleur solaire et l'éclairage naturel, limitant ainsi les besoins de rafraîchissement.
- ↗ Volets intérieur motorisés.

2.1.3.1.4. L'éclairage, la bureautique et les équipements auxiliaires

Limiter les consommations d'électricité liées à l'éclairage et à la bureautique, tout en conservant d'excellentes conditions de confort et de travail.

- **Eclairage :** 4 kW/m²/an ; soit 16% de la consommation totale.

- ↪ Les luminaires des bureaux sont graduables : leurs puissances déjà faible, s'ajuste en fonction de la lumière naturelle pour plus de confort et une meilleure santé.
- ↪ Les bureaux et les zones d'occupation passagers sont équipés de détecteurs de présence temporisée permettant le pilotage des luminaires.
- **Bureautique** : 13kw/m²/an ; soit 52% de la consommation totale.
- **Equipements auxiliaires** : 4kw/m²/an ; soit 16% de la consommation totale.
- ↪ Moteur de ventilation, pompe hydraulique et moteur d'ascenseur haut rendement.



Figure IV. 9: éclairage artificiel intérieur
Source : www.charon-rampillon.com

2.1.3.2. L'intégration des énergies renouvelables a priori

2.1.3.2.1. Le chauffage, la ventilation double flux et le rafraîchissement



Figure IV. 10: Pompe à chaleur et centrale de traitement d'air
Source : www.charon-rampillon.com

Il s'agit d'assurer le confort thermique des occupants en réduisant très fortement la consommation électrique et permettre d'atteindre un équilibre positif entre production et consommation d'énergie.

- ✧ L'énergie de chauffage transite par le système de ventilation et évite radiateurs ou convecteurs.
- ✧ Le chaud et le froid sont produits par une pompe à chaleur eau / air, réversible sur la nappe, situé dans les locaux techniques en terrasse.
- ✧ La distribution de l'air est assurée par une centrale de traitement d'air avec récupération d'énergie et son stockage, ainsi avec grille de soufflage et de reprise.
- ✧ Le système général a l'immeuble, s'auto-équilibre pour une température de consigne de 19°C.
- ✧ L'apport d'air neuf est maîtrisé en fonction de l'occupation ce qui permet de ne pas chauffer inutilement les espaces.
- ✧ En complément, la ventilation naturelle par ouvertures des fenêtres est privilégiée.

A NOTER, l'intégration du système de production de l'énergie géothermique à travers la pompe à chaleur eau / air, c'est effectuée dans des locaux techniques installés sur la terrasse. Etant donné l'absence de sous-sol, qui aurait pu permettre cette intégration, pour des raisons techniques à savoir le forage de la nappe phréatique. Les tubes véhiculant la chaleur de cette dernière font office d'un élément de composition sur la façade, c'est ainsi que l'immeuble bonne énergie se réjouit d'une intégration particulière délivrant à la fois l'esthétique et la productivité.

2.1.3.2.2. Une centrale photovoltaïque en terrasse



Figure IV. 11 : La centrale photovoltaïque

Source : www.prd-fr.com

Pour produire de l'électricité, le bâtiment est équipé de 380 m² de panneau photovoltaïque raccordé aux réseaux publics, après transformation en courant alternatif via un onduleur.

Installé au-dessus de la terrasse du bâtiment, ils forment une pergola apportant une ombre bien venue à la fois pour l'usage de la terrasse elle-même et pour le confort thermique du dernier niveau intérieur. La centrale photovoltaïque offre ainsi un double gain : celui de la recette de l'exploitation garantie par la revente d'électricité et celui de la valeur d'usage qu'autorise la configuration adoptée.

- ↳ 576 de modules photovoltaïques de 0,66m² chacun.
- ↳ Puissance installée 48 000w.
- ↳ Production annuelle estimée a : 47 500 kWh / an soit 124 kWh /m² panneau /an.
- ↳ Consommation totale annuelle de l'immeuble (y compris consommations informatiques et tous usages tertiaire) : 41 000 kWh / an.
- ↳ Recette annuelle : vente électricité à Gaz Electricité de Grenoble : 28 500 €HT / an.
- ↳ Coût brut de la centrale hors ossature primaire : 340 000 €HT. (subvention région : 55 000 €).

A NOTER, l'intégration des panneaux photovoltaïques sur terrasse est une idée pensée au primis du projet qui offre une multitude d'avantage hors la production électrique.

Un espace extérieur situé en terrasse du bâtiment, couvert par la pergola que constituent les panneaux de la centrale photovoltaïque, est dédiée au rôle pédagogique du projet. Un espace public doté d'un accès autonome, pour être à la fois, lieu de visite, d'exposition ou de rencontre et point de vue sur le quartier.

Vue de la rue, cette couronne de cellules assemblées constitue un signe lisible, évidant, participant à la communication du projet. La production d'énergie elle-même peut être affichée en temps réel, dans une des vitrines du rez-de-chaussée et indiquer au passant la performance de l'installation.

Remarque : à signaler l'absence de la production d'eau chaude sanitaire malgré les possibilités d'inclure cette filière dans le projet.

Pour y remédier nombres de solutions et d'interventions sont à envisagées et dont on peut citer :

- ↳ Intégration de quelques cellules solaires thermiques sur façades ou sur terrasse par la substitution de quelques modules photovoltaïques (vu la surproduction électrique).
- ↳ L'exploitation d'une partie du potentiel géothermique pour la production d'eau chaude sanitaire.

2.2. Exemple n° 02 : bâtiment de bureau a énergie positive

« green office® » à Meudon



Figure IV. 12: Bâtiment de bureau Green office®
Source : [www.greenoffice Meudon Bouygues immobilier.fr](http://www.greenoffice-meudon-bouygues-immobilier.fr)

Le futur est déjà derrière nous. Depuis juin 2011, le bâtiment green office, situé dans la zone d'activité de Vélizy, sur le territoire de Meudon, crée de l'énergie au lieu d'en détruire. Il a appliqué les préconisations 2020 du Grenelle de l'environnement. Imaginé par le cabinet d'architectes Ateliers 115, cet ensemble de 23 300 m² est l'un des premiers bâtiments tertiaires de grande ampleur à énergie positive en France. Une conception bioclimatique intégrant des énergies renouvelables (photovoltaïque, cogénération et biomasse), et des outils spécifique (pilotage énergétique...etc.) ont été mis en place afin de garantir les performances dans le temps.

2.2.1. Situation du projet



Figure IV. 13 : Situation du projet
Sources : www.meudon-details.fr et Google earth 2015.

L'immeuble de bureau green office est situé en France à 10 km au sud de Paris, dans la zone d'activités de Vélizy, sur le territoire de Meudon.

Sis à Meudon-la-forêt, dans les Hauts-de-Seine, Green Office® Meudon n'est qu'à 40 mn du centre de Paris. A deux pas de la future ligne de Tram et en lisière de la forêt de Meudon, le bâtiment bénéficie d'un environnement privilégié où la zone tertiaire voisine de Vélizy attire les plus grandes entreprises, à l'image d'Alcatel, Alstom, Bouygues Telecom, Dassault Systèmes, France Telecom, Nestlé ou Thales.



Figure IV. 14: Localisation du projet
Source : www.meudon-details.fr

2.2.2. L'identité du projet

FICHE D'IDENTITE TECHNIQUE	Intitulé du Projet	Immeuble de bureaux à énergie positive
	Localisation	11 avenue du Marechal juin / 92 Meudon FRANCE
	Zone climatique	Atlantique centrale
	Maitre d'ouvrage / Promoteur	Bouygues Immobilier
	Propriétaire	Groupe Scor
	Maitre d'œuvre	Atelier 115 architectes
	Architecte	Ion Enescu
	Locataire	Steria France (siège social)
	Effectifs	1 250 personnes
	Nombre d'unités fonctionnelles	1300 postes de travail
	Consommation énergétique	62 kWh / m² / an
	Production d'énergie renouvelable	64 KWh / m² / an
	Réduction des émissions de CO ₂	400 tonnes / an
	Surface hors œuvre nette	23 300m ²

	Nombre de niveaux	Deux bâtiments en R+7 reliés entre eux
	Lancement des travaux	Janvier 2009
	Réception des travaux	Juin 2011
	Certifications	BBC / HQE [®] /BREEAM
	Récompense	Pyramide d'argent de l'innovation 2011
Les couts et les financements en(€)		Montant totale des travaux : 100 000 000€ Coût / m ² :4292€ Coût / poste de travail : 76 923€ Coût des systèmes d'énergie renouvelables : 8 000 000 €

2.2.3. L'efficacité énergétique et l'intégration des énergies renouvelables

2.2.3.1. L'efficacité énergétique

2.2.3.1.1. Conception bioclimatique de l'enveloppe



Figure IV 15: prise sur mur extérieur et sur les plateaux

Source : www.Green Office® Meudon-Bouygues Immobilier.fr

➤ Le bâtiment est doté d'une forte inertie thermique :

- ↪ Les murs sont en structure béton (20cm de béton) isolés par l'extérieur.
- ↪ Les plateaux sont en béton sans faux plafonds afin d'optimiser la forte inertie thermique de ce matériaux. La dalle en béton directement accessibles, peut stocker pendant l'été la fraîcheur de la nuit et pendant l'hiver la chaleur de la journée avant de les restituer par rayonnement.

➤ Composition de l'enveloppe



Figure IV. 16: aperçu sur les fenêtres et leurs dispositions

Source : www.steria.fr

- ✎ **Les murs** sont de 48 cm d'épaisseur isolés par l'extérieur : 20 cm de béton, 20 cm de laine de verre, une lame d'air de 3 cm et 5 cm d'aluminium.
- ✎ **Les menuiseries** sont mixtes bois-aluminium (bois à l'intérieur et aluminium à l'extérieur), en double vitrage avec lame d'argon. Elles s'intègrent des volets coulissants munies de brises soleils.

➤ **Confort hygrothermique**



Figure IV. 17: Illustration d'un mur végétale et brises solaires sur façade

Source : www.steria.fr

Afin d'assurer un confort thermique satisfaisant sans utiliser le climatiseur :

- ✎ Des protections solaires ont été mises en place : brises soleils, volets coulissants munis aussi de brises soleils, stores extérieur motorisés.
- ✎ Une ventilation naturelle nocturne, et des brasseurs d'air permettent de diminuer la température en été.
- ✎ L'aménagement intérieur a été choisi afin de permettre une bonne circulation de l'air.
- ✎ Les toitures végétalisées et les murs végétalisés contribuent au confort d'été.

➤ **Confort visuel et éclairage naturel**



Figure IV. 18 : éclairage naturel et porosité de l'enveloppe

Source : www.meudon-details.fr

La conception architecturale a favorisé la lumière naturelle :

- ↳ Afin de laisser pénétrer la lumière au mieux dans les bureaux, les plateaux sont de faibles profondeurs.
- ↳ 40% de la surface totale des façades est vitrées (rapport plein / vide).
- ↳ Il n'y a pas de pièces aveugles : des cloisons vitrées ont été utilisées afin de laisser la lumière circuler dans le bâtiment.

Afin d'inciter les employés à prendre les escaliers plutôt que les ascenseurs, un travail pour rendre cet espace agréable a été réalisé : éclairage naturel par des puits de lumière et des fenêtres, et mise en œuvre de murs végétaux.

2.2.3.1.2. L'éclairage artificiel



Figure IV. 19: l'éclairage artificiel dans le bâtiment

Source : www.meudon-details.fr

L'éclairage des bureaux est assuré par le système « Vélum » ; assurant le confort phonique, le chauffage et l'éclairage. Il est asservi à une sonde de lumière naturelle grâce à la gradation en fonction de l'ensoleillement (deux rampes d'éclairage à gestion distincte en façades et en fond de bureaux), et à la présence des occupants (détecteurs de présence).

Il est programmé de la façon suivante :

- ↳ De 9h à 18h30 : mode actif.
- ↳ De 8h30 à 9h et de 18h30 – 20h : mode réduit.
- ↳ De 20h à 8h30 : mode arrêt.

En mode arrêt ou réduit l'éclairage se coupe toutes les 15mn en l'absence de mouvement dans les bureaux. En mode réduit, seul 1/3 de l'éclairage des circulations et des parkings est allumé. Le reste se met en route suite détection de présence.

2.2.3.1.3. La ventilation



Figure IV. 20: les différentes techniques de ventilation dans le bâtiment

Source : www.green-office.fr

Est une ventilation double flux permettant(en hiver) de réchauffer l'air avec la chaleur récupérer sur l'air vicié.

Il n'y pas de climatisation : le rafraîchissement s'effectue par une ventilation naturelle nocturne en été avec un système d'ouvrant motorisé.

Les brasseurs d'air se mettent en route automatiquement dès que la température intérieure dépasse les 26°C, ce qui permet d'abaisser la température ressentie de 3°C, avec possibilité de commander leur fonctionnement via l'interface « Modulo ».

2.2.3.2. L'intégration des énergies renouvelables a priori

2.2.3.2.1. L'énergie biomasse

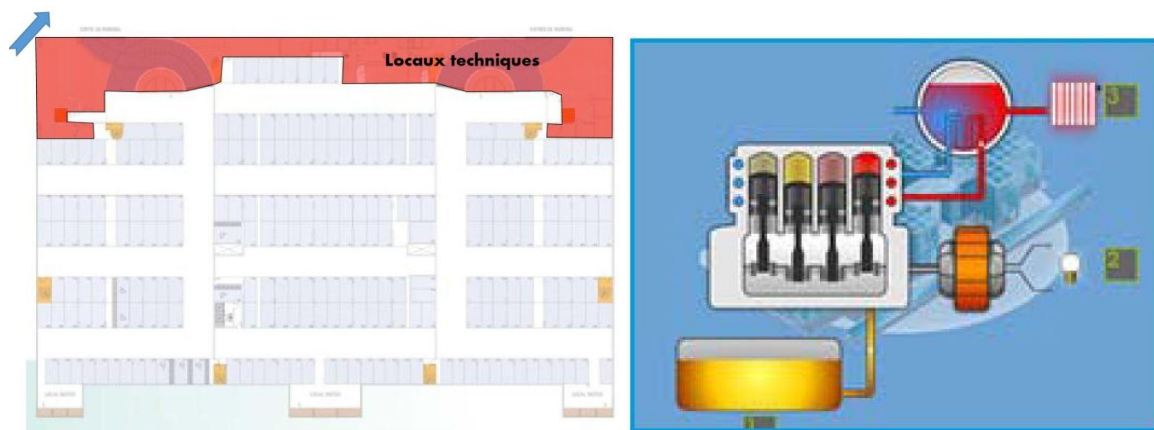


Figure IV. 21: plan du 1^{er} sous-sol avec le système de cogénération

Source : www.cogengreen.com

L'intégration de la chaudière à cogénération dans cet immeuble est remarquable au niveau du 1er sous-sol, dans les locaux techniques, cela pour divers raisons techniques et d'accessibilité, vu la nécessité d'alimenter ce système en matière première à savoir l'huile végétale de colza.

La chaudière à cogénération biomasse assure la totalité du chauffage en hiver grâce à trois moteurs à cogénération. Elle est alimentée par de l'huile végétale (filière locale issue de résidus de colza produit dans les Yvelines). Un échangeur thermique permet de récupérer la chaleur de combustible produite par les moteurs. Cette chaudière produit également 55% de l'électricité renouvelable réutilisée sur site, d'une valeur de 954 MWh /an.

La température de consigne est réglée à une température de confort de 20°C en hiver (de lundi au vendredi, de 8h à 20h), grâce à la gestion technique du bâtiment (GTB).

Cependant, les occupants peuvent agir sur leurs confort dans une plage de $\pm 1^\circ\text{C}$.

2.2.3.2.2. L'énergie photovoltaïque



Figure IV. 22: plan de masse, Ech 1/500, Montrant l'intégration des panneaux photovoltaïques

Source : www.construction21.fr

L'intégration de l'énergie photovoltaïque dans le bâtiment green office® est visible notamment sur toutes les surfaces de l'immeuble (terrasses, façades), mais aussi sur les structures d'accompagnement tel que les parkings extérieurs.

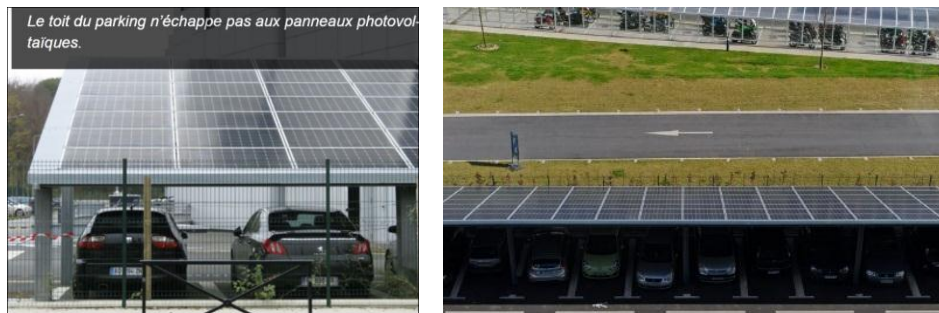


Figure IV. 23: panneaux photovoltaïques monocristallins sur les parkings voitures

Source : www.gpsso-energie.fr

Par rapport aux élévations, d'une part l'installation des panneaux s'est faite à l'aide de bardages métalliques fixés sur les murs isolés de l'extérieur, et d'autre part comme brises soleils, pour donner un aspect cristallisé des façades qui rayonnent sous l'effet des rayons du soleil.



Figure IV. 24: brise-soleils et panneaux photovoltaïque poly cristallins en bardage

Source : www.gpsso-energie.fr

Quant aux terrasses, une intégration plane intensive sur ossature métallique fait nettement voir la domination de l'unité photovoltaïque sur la masse du bâtiment. On peut voir l'acheminement de ces cellules qui laissent apparaître un parcours périphérique sur chacune des terrasses, ou montées sur pergola pour marquer une transition entre deux entités.



Figure IV. 25: verrière photovoltaïque située entre les deux immeubles et panneaux photovoltaïques monocristallins en toiture

Source : www.gpsso-energie.fr

Les 4 200 m² de panneaux photovoltaïque produisent 435 MWh d'électricité renouvelable par an (soit 45% de l'électricité produite sur le site) cette électricité est revendue à EDF.

2.2.3.2.3. Le pilotage énergétique du bâtiment

La station météorologique installée sur la toiture permet de disposer des paramètres de mesures précis, le bâtiment se trouvant dans un microclimat local du à la proximité de la forêt de Meudon : régime de vent, température et hygrométrie spécifiques.

De plus, 18 000 capteurs et 400 point de mesures permanant sont repartis sur le bâtiment (température, détecteurs de présences... etc.).

Ces informations sont recueillies environ toutes les 15 mn et sont des données d'entrée pour la gestion technique du bâtiment.

- ↳ Consommation prévue : 62 kWh /m².an tous postes confondus : comprenant les usages réglementaires et les consommations électriques.
- ↳ Bâtiment basse consommation (labélisation BBC Effinergie)
- ↳ Production prévue : 64 kWh / m².an (supérieur à la consommation) dont :
 - 23 kWh /m².an de chaleur renouvelable par chaudière à cogénération
 - 21 kWh /m².an d'électricité renouvelable par la chaudière à cogénération
 - 20 kWh / m².an d'électricité renouvelable par les panneaux photovoltaïque
- ↳ Bâtiment e énergie positive (BEPOS ; label 2020).

2.3. La synthèse de l'analyse des exemples

Les immeubles analysés présentent une grande innovation technologique et architecturale en terme d'efficacité énergétique dans le bâtiment et de la notion d'énergie renouvelable au détriment des énergies fossiles.

Cette avancée, a impliqué plusieurs acteurs et intervenants issues de différentes filière professionnelles afin d'avoir un meilleur résultat soutenu par l'avis social, ainsi se rayonnement d'idées et de concepts converge vers une seule source mère qui est le développement durable.

D'après cette analyse, notre attention a été retenue sur quelques conclusions concernant une bonne intégration des énergies renouvelables et leurs durabilités dans le bâtiment :

- ✧ Un cadre réglementaire exigeant peut aider et amener à une meilleure optimisation énergétique de la conception architecturale.
- ✧ Dès la genèse du projet, la prise en compte de l'intégration des énergies renouvelables est nécessaire en vue d'une bonne adaptation aux bâtis.
- ✧ La prise en compte réfléchi des énergies renouvelables, en amont du projet architectural, implique une réussite à 100% de son intégration et de son efficacité sur le plan technique et esthétique.
- ✧ L'intégration des énergies renouvelables ne se limite pas à une seule filière comme on a pu le constater, tous se réfère au contexte et aux données relatives à une région donnée, et son potentiel énergétique.
- ✧ Quelques énergies peuvent faire office d'une double fonction voir plus, production énergétique, esthétique, isolation...etc. notamment le cas photovoltaïque.
- ✧ Pour une optimisation de l'intégration des énergies renouvelables et sa longévité dans le temps, la GTB émerge comme un outil de contrôle et de suivi nécessaire et efficace.
- ✧ L'intégration des énergies renouvelables étant une nouvelle tendance et une nouvelle culture à adopter dans notre société, elle doit faire passer un message de loin ou de près à l'ensemble de la communauté, la sensibiliser et la responsabiliser.

3. L'étude de cas : hôtel cristal 02 à Bejaia

L'objectif de l'analyse de l'état initial du site est de disposer d'un état de référence de l'environnement physique, naturel, paysager et humain du site avant de prendre l'initiative de lui injecter les énergies renouvelables. Il doit fournir des données suffisantes pour identifier, évaluer et hiérarchiser les effets possibles de l'intégration.

Pour aboutir à cette référence, l'étude doit prendre appui sur une base de données techniques et graphiques à l'aide des outils de mesures appropriés (anémomètres, station météorologique locale, caméra infrarouge...etc.).

Dans notre cas, l'indisponibilité des équipements techniques de mesures, nous oriente vers des références constituées par des études et des travaux publiés auparavant, enquête sur le terrain (entrevu, relevé, prise de photos...etc.) et analyse des données relatives au contexte d'étude.

3.1. Présentation du projet



Figure IV. 26 : Hôtel cristal 02

L'hôtel cristal 02 d'une capacité d'accueil de 120 lits, surplombe une bonne partie de la ville de Bejaïa, se situant au pied du mont Gouraya sur les hauteurs de la colline de sidi Ahmed, il offre de belles vues dégagées sur presque l'ensemble de la côte EST de la ville, ainsi que sur la mer.

Le projet s'est implanté sur la périphérie centrale de la ville, ce qui lui procure un sentiment de paix et de tranquillité, mais aussi un rapide accès vers le centre-ville, notamment aux autres infrastructures urbaines grâce à son accessibilité via la disponibilité des moyens de transports.

De part tous les services, avantages et confort que peut l'hôtel a sa clientèle, il en a été récompensé par une classification d'un nombre de trois étoiles.

3.2. Situation du projet

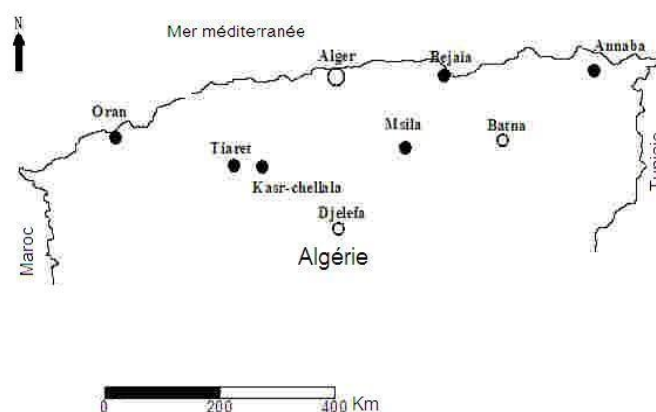


Figure IV. 27: situation de Bejaïa

Source : International Journal of computer applications, volume 56-No. 2, octobre 2012.

Au centre de la façade méditerranéenne de l'Afrique du nord, à 230 Km à l'est d'Alger, se présente le golf de Bejaïa, large de 45 Km et profond de 15 Km. Il est compris entre le cap cavallo a l'est et le mont Gouraya a l'ouest au pied du quel se situe la ville.



Figure IV. 28: situation du projet

Source : Google earth

Le projet hôtel cristal 02, se situe dans le périmètre central de la ville de Bejaïa, au lieudit Aamriw sur la voie mécanique menant à sidi Ahmed. A l'intersection des deux rues AMARI abdelhamid et Frères FAZAOUÏ. Soit à 20mn de marche et 5 mn de route en partant de la maison de la culture.

3.3. L'identité du projet

FICHE D'IDENTITE TECHNIQUE	Intitulé du Projet	Hôtel urbain LE CRISTAL
	Zone climatique	Méditerranéenne
	Maitre d'ouvrage / Propriétaire	M ^r RAHMANI. L
	Maitre d'œuvre et suivi	BET ARCHITOP
	Architecte	HAYOUNE.N.S
	Nombre d'unités fonctionnelles	80 postes de travail directs et d'autres indirects
	Consommation énergétique	147.78 kWh / m ² / an
	Surface du terrain	1583.10 m ²
	Surface totale utile	7824.52 m ²
	Surface hors œuvre nette	5820,48m ²
	Emprise au sol	1269.10 m ²
	C.E.S.	0.8
	Nombre de niveaux	R+7 avec 02 entresols
	Procèdes constructif	Système en béton armé avec poteaux poutres + voiles de contreventement
	Ouverture du chantier	2003
	Année d'inauguration	2008
	Ouverture officielle	2013

	Classification	03 étoiles
Les couts et les financements en(DA)		Environ 650 000 000.00 DA

3.4. La zone climatique et le potentiel énergétique de la région

L'assiette du projet jouit d'un climat méditerranéen qui se caractérise par un hiver doux / humide, dont les précipitations atteignent en moyenne 65 mm, et un été chaud / sec, avec une température moyenne annuelle de 17°C.

3.4.1. Le potentiel solaire

D'après le guide des énergies renouvelable en Algérie, édition 2007, le potentiel énergétique le plus important sur l'ensemble du territoire national est belle et bien le solaire, avec une moyenne d'énergie reçue quotidiennement sur une surface horizontale de 1 m² qui est de l'ordre de 5 kWh.

La région côtière ne fait pas exception, dont particulièrement la ville de Bejaïa qui reçoit en moyenne 1700 kWh/m²/an, avec une durée d'« ensoleillement » de 2650 heures/an, soit 15 000 fois la consommation algérienne en électricité, et 160 fois la consommation de l'Europe.

3.4.2. Le potentiel éolien

La rose des vents joue un rôle important dans la localisation de sites appropriés à l'installation d'éoliennes, par conséquent la connaissance de la fréquence du vent et sa direction dans la ville de Bejaïa est une opération importante à ne pas négliger.

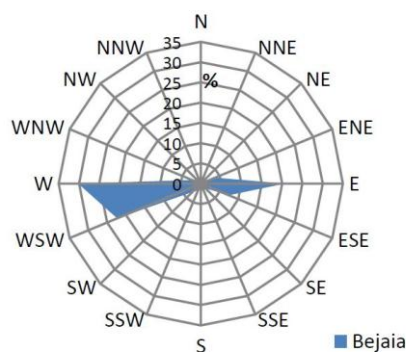


Figure IV. 29: la rose des vents de Bejaïa

Source : International Journal of computer applications, volume 56-No. 2, octobre 2012.

Pour le site de Bejaïa le secteur ouest représente 30.46% des fréquences de vent, la direction Ouest-sud-ouest et l'Est qui sont deux secteurs prédominants avec un pourcentage à l'ordre de 20% pour chacune d'elle.

Ainsi Bejaia se trouve parmi les régions les plus ventées en Algérie avec une vitesse moyenne qui est à l'ordre de 4.2 m/s, dont la direction du vent est caractérisée par une certaine stabilité, de ce fait, la ville de Bejaïa constitue un potentiel énergétique éolien qui peut être effectivement exploité.

3.4.3. Le potentiel biomasse

Bejaïa comme toutes les autres régions côtières de l'Algérie dispose d'une couche forestière variée et remarquable. De ce fait cette région s'ouvre sur un potentiel énergétique relatif à la biomasse susceptible à une certaine valorisation et une exploitation dans un long terme tel que :

- ↳ Le bois énergie issue des forêts avoisinantes.
- ↳ Les résidus qui nous proviennent des huileries environnantes.

3.4.4. Le potentiel géothermique

La présence de deux forages sur le site implique la présence d'une nappe phréatique qui pourrait être exploité comme source géothermique.

3.5. L'enveloppe du projet

➤ La volumétrie

Le projet se caractérise par une volumétrie compacte d'une forme polygonale imposante. Il est composé de deux ailes, dont la jonction est faite par un volume arrondie, abritant à l'intérieur un vide (percée verticale) traversant tous les étages, formant ainsi un puits de lumière. Le volume formant l'auditorium se détache de l'ensemble, créant ainsi une saillie en forme dynamique.

➤ Les murs extérieurs

L'enveloppe de l'hôtel cristal 02 est constituée d'un mur en maçonnerie d'une épaisseur de 30 cm, composé de 03 couches qui vont de l'intérieur vers l'extérieur par ordre comme suit :

1. Une cloison en brique creuse de 10 cm.

2. Une couche isolante de 4 cm d'épaisseur en polystyrène allant du rez-de-chaussée au quatrième étage, et une lame d'air de 5 cm concernant les autres niveaux.
3. Une autre cloison en brique creuse de 15 cm.

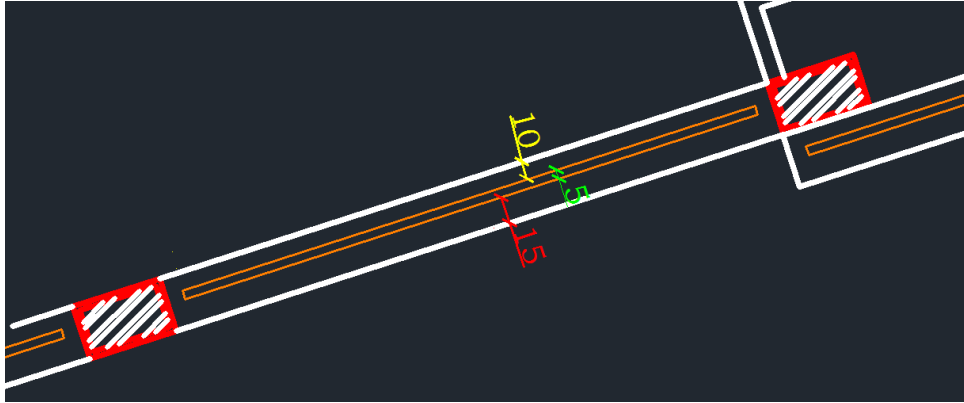


Figure IV. 28 : détail mur extérieur

Tous les murs de l'enveloppe ont de l'intérieur un enduit au plâtre, ou ciment (espace humide), et de l'extérieur une couche isolante de ciment, à laquelle on ajoute, soit une couche d'un autre ciment moucheté cas des deux façades mitoyennes, soit un revêtement de façade ventilée en terre cuite avec lame d'air de 8 cm pour la principale et la postérieure.

➤ Les terrasses

Les planchers coiffant l'hôtel sont réalisés en corps creux d'une épaisseur de 20 cm, avec une couche d'étanchéité de l'extérieur, et une couche de plâtre à l'intérieur.

➤ Ouvertures et baies

L'ensemble des façades de l'hôtel sont percées de fenêtres, portes fenêtres et murs rideaux. Ces éléments sont fabriqués en menuiserie aluminium avec cadre cernant, un double vitrage pour les fenêtres et portes fenêtres (avec lame d'air de 22mm), et un simple vitrage concernant les murs rideaux.

3.6. L'éclairage naturel

L'hôtel se réjouit d'un éclairage naturel optimal via l'ensemble des ouvertures de l'enveloppe, et du puits de lumière qui éclaire les espaces centraux, de transition et de consommation.

3.7. Le système de ventilation

La ventilation de l'hôtel est purement naturelle, elle se fait à partir des ouvertures de l'enveloppe, du puits de lumière central et des niches technique primaire d'aération.

3.8. Le système de climatisation

L'hôtel est doté d'un système de climatisation centralisé par conduit d'aération avec un mode de cassettes encastré dans un faux plafond distribuant l'air frais sur les différents espaces. Les centrales de climatisation sont disposées sur les terrasses inaccessibles.

3.9. Le système de chauffage

Le chauffage est assuré par un système central constituer d'une chaudière à gaz qui alimente d'une part les différents espaces via un réseau de distribution en corps de chauffe, et d'autre part assure le ravitaillement de l'hôtel en eau chaude sanitaire. Un local technique de 44m² bien ventilé au 2^{eme} entresol abrite cette installation.

3.10. La gestion de l'eau

Pour assurer l'alimentation de l'hôtel en eau ; Une bâche à eau d'une capacité de 80 000 litres localisée dans un local technique de 67 m² au 2eme entresol derrière la chaufferie. Ainsi que deux sources d'eau, l'une non potable issue d'un fourrage et l'autre, naturelle et potable, survint lors des terrassements drainée et réhabilitée pour l'hôtel.

3.11. La consommation énergétique

D'après l'architecte concepteur de l'hôtel et le tableau III.5 du chapitre 03 (la consommation annuelle moyenne d'un bâtiment tertiaire neuf de 1 000m²), la consommation des énergies fossiles annuelles de l'hôtel cristal est estimée à 860 000.00 kWh/an soit 148 kWh/m²/an.

A noter que l'hôtel a à sa disposition un groupe électrogène de 500 kVa soit 450 kW, situé au 2^{eme} entresol en face de la chaufferie.

3.12. L'évaluation énergétique de l'hôtel

CRITERES D'EVALUATIONS		OUI	NON	Observation	Note
INTEGRATION AU CONTEXTE URBAIN ET IMMEDIAT	Implantation				
	↳ Diminuer l'énergie liée au transport effectué par les usagers du bâtiment (favoriser le transport collectif...etc.)	/	/	A noter la présence d'un arrêt de bus à proximité de l'hôtel (arrêt Aamriw)	0/1
	↳ Accessibilité au site.	X			1/1
	Orientation				
	↳ Confort et orientation climatique.	X			0.5/1
	↳ Intégration à la topographie du site.	X			1/1
	↳ Nuisances (visuelles, olfactives, sonores...etc.)		X		1/1
	Forme				
	↳ Compacte	X			1/1
	• Avec patio.	X			1/1
	• Dynamique.	X			0/1
	• Statique.	/	/		
	↳ Eclatée.	/	/		
	Conception				
	↳ Gestion technique des espaces.	X			1/1
	↳ Matériaux de constructions durables.	X			0.5/1

EFFICACITE ENERGETIQUES	Enveloppe				
	↪ Isolation thermique / acoustique.	X		Certes il y a une isolation thermique et acoustique, mais elle n'est pas optimale.	0.5/1
	↪ Apports solaires.	X			0.5/1
	↪ Ventilation naturelle.	X			1/1
	↪ Eclairage naturel.	X			1/1
	Efficacité du système de chauffage		X		0/1
	Efficacité du système de climatisation		X		0/1
	Efficacité des équipements électriques		X		0/1
	Gestion rationnelle des eaux	X		Utilisation des ressources naturelles en eau (nappe phréatique).	1/1
CONSOMMATION ENERGETIQUE	Consommation de l'énergie fossile	X		Une consommation relativement élevée avec 860 138.89 kWh/an (soit 3 fois la consommation d'un BBC).	0/1
	Consommation de l'énergie renouvelable		X		0/1
	Impact sur l'environnement	X		Pollution, environ 200 tonnes.CO ₂ /an	0/1
FACTEUR ECONOMIQUE	Cout globale de la construction	Environ 650 000 000.00 DA			11/21
	Cout de la consommation des énergies fossiles	Environ 3 500 000.00 DA/an			
	Cout d'intégration des énergies renouvelables	/			52%
	Cout de la consommation des énergies renouvelables	/			

➤ Bilan de l'évaluation

D'après l'évaluation accomplie sur l'efficacité énergétique de l'hôtel CRISTAL, on a pu conclure sur une qualification modérée, voir moyenne de l'ouvrage.

Pour y remédier, on fera appel aux sources alternatives renouvelables, une intégration qui apportera une indépendance mesurable en terme de diminution de la consommation énergétique fossile, et ainsi améliorer ses performances en vue d'une rentabilité économique et environnementale.

4. L'intégration des énergies renouvelables a posteriori

➤ L'avis de l'architecte concepteur de l'hôtel CRISTAL

A travers un entretien avec l'architecte, la question sur la possibilité d'intégration des énergies renouvelables dans les équipements publics en Algérie, en particulier dans l'hôtel CRISTAL, a été soulevée. Son avis est le suivant : « les énergies renouvelables sont les bienvenues mais à savoir leurs efficacités, surtout le coût de leurs entretiens. Pratique, coût et maintenance sont les points sur lesquels il faut se baser pour voir la possibilité d'injection des énergies renouvelables. Faire attention à la lourdeur et vibrations des installations, et leurs effets sur la structure du bâtiment. Pour l'installation photovoltaïque la question est de savoir si le nombre de panneaux installés pourra subvenir au besoin de l'hôtel. »

➤ Le choix du type d'énergie renouvelable appropriée pour l'hôtel

Type d'énergie	Adaptation	Justification du choix
Solaire photovoltaïque et éolienne	Oui	L'intégration de ces deux énergies hors la surface utile de l'hôtel est envisageable (intégration sur terrasse, façades...etc.). La consommation énergétique de l'hôtel est à environ 90 % électrique. En vue d'une anticipation sur les coupures électriques auxquelles s'expose l'hôtel.
Biomasse et géothermique	Non	Surface utile de l'hôtel très limitée, rationalisation maximale de l'espace en vue de satisfaire le programme spatial conçu, alors que l'intégration de ces deux énergies prend énormément d'espace (un local technique de taille, grand espace de stockage...etc.).



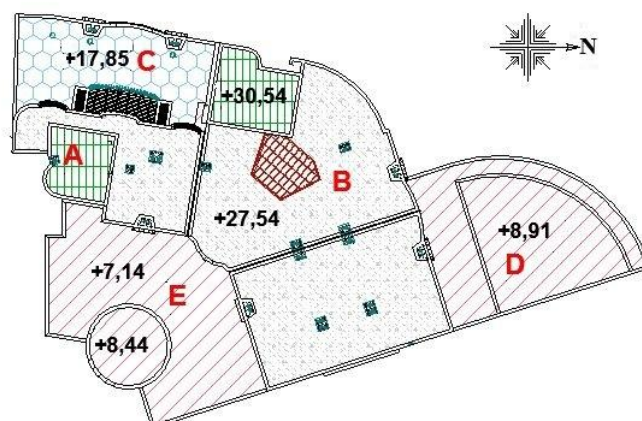
Figure IV. 30: vue générale sur l'hôtel



Figure IV. 31 : façade principale.



Figure IV. 32 : façade postérieure




ECH:1/50

Figure IV. 33 : Plans des différentes terrasses.

➤ Caractéristiques de l'installation photovoltaïque et éolienne

Installation photovoltaïque CONDOR, Algérie					
	Type P.V	Puissance	Inclinaison	P.U. TTC	Durée de vie
Sur toit	Monocristalline	200 W	30°	22.230,00 DA	+ de 25 ans
Sur façade	Poly-cristalline	285 W	90°	30.010,50 DA	

Source : Portail Algérien des ENERGIES RENOUVELABLES

Caractéristiques	Petite éolienne à axe vertical	Illustration
Type	Skyline SL-10 made in Italia	
Diamètre	4 m	
Hauteur de pale	2 m	
Surface Balayée	12 m²	
Matériaux	Fibre du carbone	
Poids	80 kg	
Tour	5 m	
Puissance nominale (12m/s)	3.000 w	
Puissance maximum	3.230 w	
Energie par an	3.400 KWh (à 5.5 m/s)	
Système de freinage	frein électromécanique	
Vitesse de démarrage	3 m/s	
Vitesse de rotation	300 rpm	
Prix	24700 euro soit 345 800.00 DA	
Durée de vie de l'éolienne	30 ans	
Avantages	Des paramètres de solidité élevés Dimensions et poids réduits Absence d'impact sonore Adaptabilité à des installations dans des zones urbaines et suburbaines	

Source : www.en-eco.com

4.1. L'intégration de l'énergie solaire photovoltaïque

Concernant l'intégration de l'énergie solaire, on a opté pour deux modes d'intégrations, le premier sur terrasse, le second sur façade.

4.1.1. L'intégration sur les terrasses

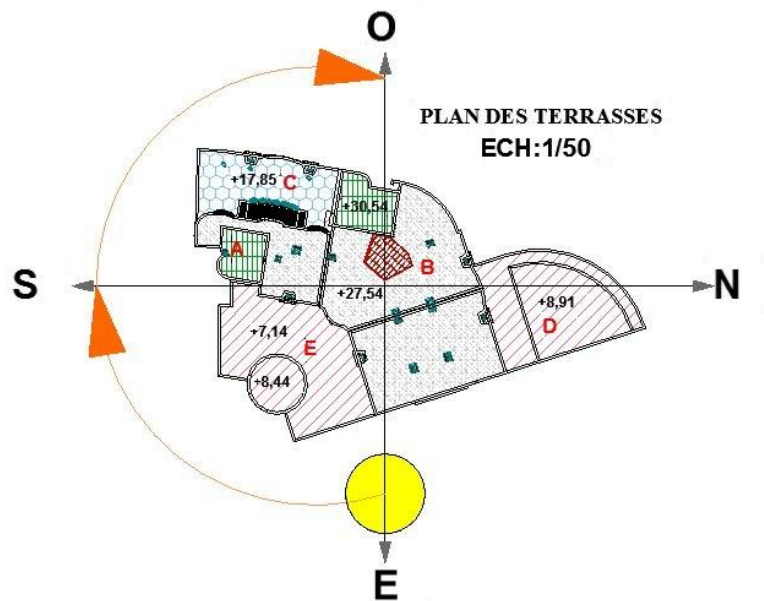


Figure IV. 34 : Orientation des différentes terrasses.

L'ensemble des terrasses est présentée comme sur la figure ci-dessus, avec un ordre de hauteur décroissant allant de « A » jusqu'à « E ».

D'après la course du soleil, on a constaté que parmi toutes les terrasses, celles qui sont les plus aptes à recevoir une installation solaire photovoltaïque, sont respectivement les terrasses « B » et « E », y compris la verrière du puits de lumière se trouvant sur la terrasse « B ».

Ce choix s'est appuyé sur des raisons techniques, économiques et esthétiques, à savoir que les deux terrasses sont exemplaire pour une bonne intégration, puisque elles présentent une orientation optimale (SUD & SUD-EST) par rapport à l'ensoleillement de la région.

➤ En ce qui concerne la terrasse « B », c'est elle qui coiffe l'immeuble prenant ainsi la position la plus élevée et la plus favorable à un ensoleillement optimal en longueur de journée, donc une productivité maximale de l'installation.

A savoir aussi que l'absence de masques et le caractère inaccessible de la terrasse, laisse cette dernière s'imposer comme la plus favorable pour recevoir l'installation solaire, avec en prime la sécurité des équipements.

- ↳ A noter que l'intégration de l'installation sur la terrasse « B », se fera sur une ossature métallique en pergola, pour cause des gaines techniques d'aération et des conduites de chauffage qui occupent la surface de la terrasse.
- ↳ Ainsi une verrière photovoltaïque sera substituée à la place de la verrière initiale.



Figure IV. 35: Gains techniques d'aération et conduites de chauffage.

➤ Maintenant pour la terrasse « E », certes elle n'est qu'à 7.14 m du sol, mais son orientation plein SUD, SUD-EST et l'absence de masques qui pourraient nuire à la productivité de l'installation, lui procure aussi bien, en deuxième position, toutes les conditions requises pour une bonne intégration.

- ↳ A noter que l'intégration de l'installation sur la terrasse « E », se fera en surface sur des supports métalliques. D'autant que l'inaccessibilité de la terrasse procure un périmètre de sécurité pour les équipements de l'installation.

➤ Pour ce qui est des deux terrasses « C » et « D », leurs niveaux inférieurs qui est respectivement 17.58 m et 8.91 m, ainsi que la présence d'un masque représenté par l'hôtel lui-même, exclue ces deux terrasses d'une éventuelle intégration, vu qu'elles ne reçoivent pas de rayonnement solaire mise à part une courte période de la journée.

➤ Enfin pour les deux terrasses « A », qui représentent le niveau le plus élevé de l'hôtel avec 30.54 m de hauteur, elles sont destinées à recevoir deux éoliennes.

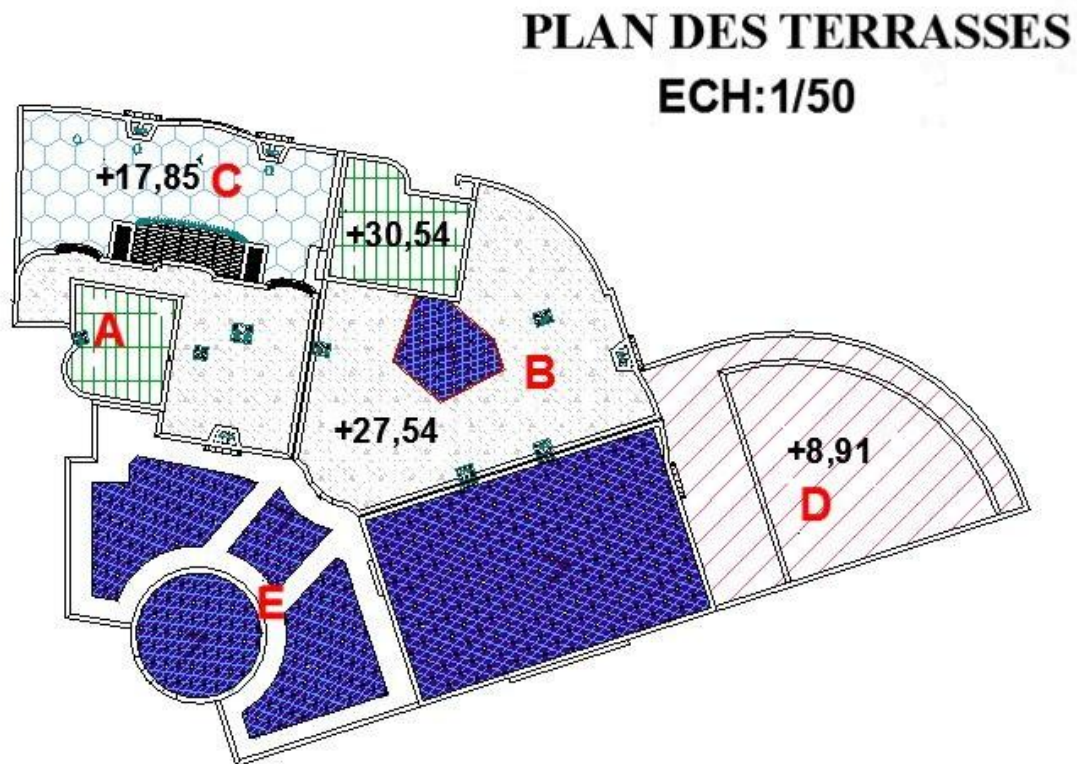


Figure IV. 36 : Plan de l'intégration des panneaux photovoltaïques.



Figure IV 37: Vue en 3D de l'intégration des panneaux photovoltaïques sur la terrasse « B ».

4.1.2. L'intégration sur façade

L'hôtel avec ses quatre façades laisse apparaître le choix d'une multiple intégration, mais réellement il n'y a qu'une seule façade susceptible d'accueillir une intégration solaire photovoltaïque, c'est la façade SUD qui est une élévation aveugle.

Avec son orientation plein SUD, qui est la plus favorable avec un taux d'ensoleillement maximal durant toute la journée, ainsi que l'absence de masques pouvant nuire à l'apport de la façade en énergie solaire, promet une bonne intégration efficace et rentable.

➤ La façade principale de l'hôtel avec son orientation NORD-OUEST, n'est pas favorable à une bonne intégration photovoltaïque, mais encore le revêtement spécifique de cette élévation à savoir un parement façade ventilé en terre cuite, pose des contraintes techniques, économique et esthétiques à une installation solaire adaptée.

➤ La façade postérieure quant à elle malgré sa bonne orientation, présente les mêmes contraintes techniques et esthétiques que la façade principale. C'est avec un revêtement qui lui est similaire et par crainte de rompre l'équilibre et l'homogénéité de cette élévation, que l'intégration d'une installation photovoltaïque n'est pas envisageable.

➤ Pour la façade NORD-EST, de par son orientation qui n'est pas favorable, elle est une façade mitoyenne, ce qui complique d'avantage la démarche d'intégration d'une installation solaire photovoltaïque.

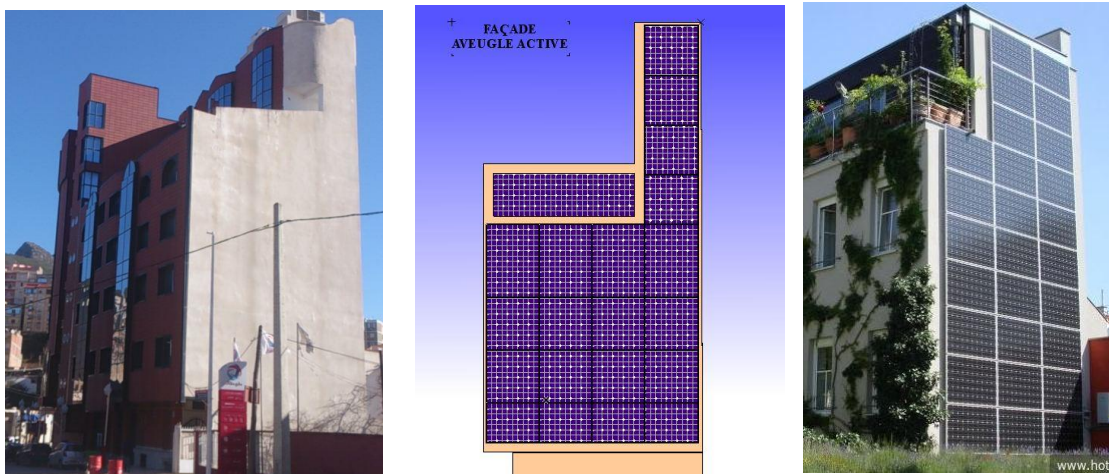


Figure IV. 38: L'intégration des panneaux photovoltaïques sur la façade SUD.

4.2. L'intégration de l'énergie éolienne

Par rapport au potentiel éolien de la région d'étude, l'intégration de cette énergie dans l'hôtel CRISTAL s'est avérée prometteuse. Alors pour réaliser cette démarche, notre intervention se portera sur une installation de deux éoliennes à axe vertical hissé sur les deux terrasses « A », les plus hautes de l'immeuble avec une hauteur de 30.54 m.

➤ L'intégration des deux petites éoliennes urbaines sera effectuée sur les deux terrasses « A » pour des raisons techniques, économiques et esthétiques. Les deux terrasses abritent respectivement, deux ascenseurs et une cage d'escalier pour la première, et un monte-charge, une cage d'escalier de secours pour la deuxième, donc ce sont là, deux structures conçues pour résister au mieux aux vibrations. D'un autre côté, ce sont les deux points les plus hauts de l'hôtel à capter les vents les plus forts, enfin avec ces deux éléments d'appel, l'hôtel CRISTAL deviendra un point de repère faisant valoir la possibilité d'intégration des énergies renouvelables dans le milieu urbain.

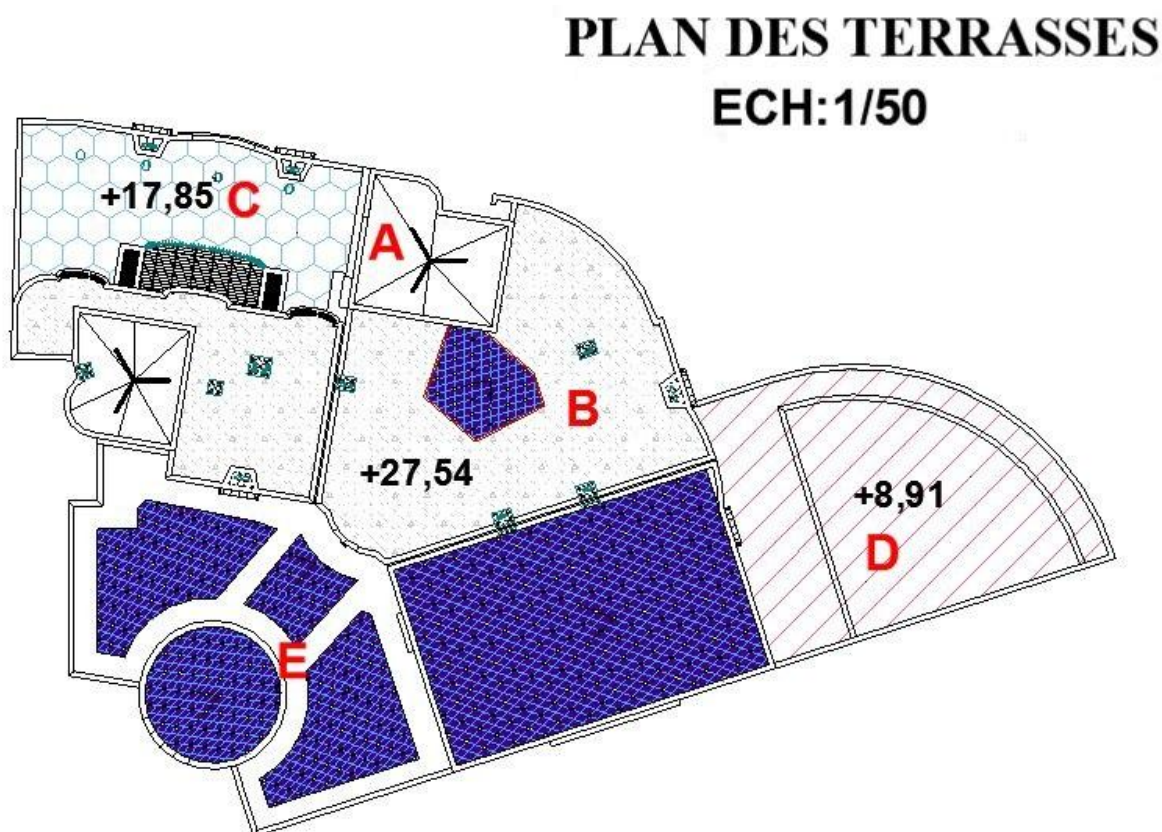


Figure IV. 39: Intégration de deux petites éoliennes



Figure IV. 40: vue en 3D de l'intégration éolienne et photovoltaïque.

4.3. Le calcul énergétique de l'hôtel après intégration

Consommation énergétique fossile avant l'intégration en kWh/an		860 000
Energie solaire		
Surface de l'installation photovoltaïque en m ² (1 module P.V= 1m ²)		588
Production en kWh/an		378400
Production en kWh/jour		1037
Production en kWh/m ² /an		49
Production totale par rapport à la consommation totale fossile de l'hôtel en %		44
Prix de l'installation en DA		1 5 358 707.00
Energie éolienne		
Nombre d'éoliennes installées		02
Production en kWh/an		6800
Production en kWh/jour		19
Production totale par rapport à la consommation totale fossile de l'hôtel en %		0,9
Prix de l'installation en DA		691 600.00
Consommations énergétique		
Production de l'énergie renouvelable totale en kWh/an		385 200
Consommation énergétique fossile après l'intégration en kWh/an		474 800
Consommation énergétique fossile après l'intégration en kWh/an/m ²		61

A noter que, environ 45 % de la consommation totale de l'immeuble est comblée par la production de l'installation hybride.

Le raccordement de l'installation hybride photovoltaïque - éolienne avec tous les équipements nécessaires, batteries de stockages et onduleur, se fera au niveau d'un local technique situé au niveau de 2^{ème} entresol.

Afin d'assurer la durabilité et l'efficacité du système hybride intégré à l'hôtel et de garantir une productivité optimale, un système de contrôle et de gestion centralisée est recommandé.

4.4. Conclusion

L'étude d'exemples nous a permis d'ouvrir la voie sur l'intégration des énergies renouvelables dans les équipements publics. Des projets d'envergure qui encouragent toutes initiatives innovatrices proposant de faire avancer le développement énergétique durable.

Le cas d'étude choisi, notamment l'hôtel cristal, est un équipement public présentant des défaillances en terme d'efficacité énergétique, ainsi que sa consommation vis-à-vis les ressources fossiles. D'autant que le site abritant l'hôtel présente de grands potentiels énergétiques renouvelables, à savoir un gisement solaire considérable et des vents suffisamment forts qui peuvent être exploités pour une éventuelle intégration éolienne. Face à cette base de données, une intégration à posteriori s'imposait comme réponse à la question.

Alors après une étude de faisabilité de l'opération, on a pu intégrer une installation photovoltaïque sur terrasses et sur façade d'une superficie de 588m², à laquelle on a associé deux petites éoliennes urbaines à axe vertical. Un système hybride alliant efficacité, esthétique et économie, d'une capacité de production estimée à 45% de la consommation totale de l'immeuble, une réduction à presque la moitié de la demande en énergie fossile.

Une intégration qui peut être considérée comme onéreuse sert, mais par rapport au coût de construction de l'ouvrage, on se rend compte que cette installation est tout à fait abordable, sans oublier que à long terme cette opération est toujours rentable, et après tout l'environnement n'a pas de prix, alors faisons des ressources alternatives notre énergies de demain.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

La démarche d'intégration des énergies renouvelables dans le bâtiment prend appui sur plusieurs facteurs, économiques, sociaux et environnementaux.

Ces ressources alternatives semblent offrir en Algérie cette chance tant convoitée de se libérer en fin d'une dépendance fossile, pour adhérer à une dynamique énergétique renouvelable.

Les processus d'injection de cette nouvelle tendance dans les bâtiments tertiaires paraissent abordables et adaptable au contexte algérien, avec une mise en application démontrée et expérimentée dans le respect de l'art. Les techniques d'intégration des énergies renouvelables dans le bâtiment publics en Algérie ne figure pas comme un obstacle ou une contrainte à ce développement durable, par contre le frein majeur de cette opération se dévoile être l'efficacité énergétique du bâtiment algérien, laissant ce dernier qualifié d'énergivore.

Donc une injection réussit de la dimension renouvelable dans l'énergétique du bâtiment appelle forcément à une rénovation énergétique.

L'Algérie est un pays riche en énergie fossile, donc une ressource facilement accessible et a prix raisonnable, mais vouée à disparaître dans un proche avenir, de ce fait l'initiative des énergies renouvelables peut être la solution à long terme, malheureusement l'accès à cette technologie s'avère être difficile voir coûteux, alors que ce n'est pas la vision qui devrait être diffusée de la part d'un pays pétrolier. Par conséquent l'état devra subventionner l'importation de cette technologie et ainsi faciliter son accès à la population.

BIBLIOGRAPHIE

*Ouvrages, ouvrages collectifs,
publications, thèses, guides.*

Bibliographie

DUTRIEX, Armand. *Bioclimatisme et performance énergétique des bâtiments*, éd. Paris : groupe Eyrolles, 2010, 239 p.

HETZEL, Jean. *Indicateurs du développement durable dans la construction*, éd. Paris : afnor éditions, 2009, 182 p.

JEAN-CHRISTIAN, l'homme. *La maison économe dépenser moins d'énergie pour vivre mieux*, éd. préparée par, Sabrina Mathez, Paris, delachaux et niestlé, 2005, 190p.

Alain, Ricaud. *Construire une maison à énergie positive*, éd. préparée par, ISMAËL lokhat, Paris, dunod, 2010, 186 p.

JEAN-MARIE, Hauglustaine. *La performance énergétique des bâtiments expliquée*, éd. préparée par, Michel Delnoy, Belgique, edipro, 2009, 192 p.

DOMINIQUE, Gauzin-muller. *L'architecture écologique 29 exemples européens*, éd. préparée par, Nicolas favet, Paris, le moniteur, 2001, 287 p.

HAKIM, Hamadou. *Guide technique les bâtiments à basse énergie*, Rhône-Alpes, 2011, le COSTIC, 159 p.

BENAMRA, Mostefa Lamine. (2013), « *Intégration des systèmes solaires photovoltaïques dans le bâtiment : Approche architecturale* », Mémoire pour l'obtention du diplôme de magister en Architecture, formes, ambiances et développement durable, Université Mohamed Khider – Biskra, (Algérie). 197 p.

BELLARA, Samira. (2005), « *Impact de l'orientation sur le confort thermique intérieur dans l'habitation collective Cas de la nouvelle ville Ali Mendjeli Constantine* », Mémoire pour l'obtention du diplôme de magister en architecture bioclimatique, Université Mentouri Constantine, (Algérie). 260p.

BOUAMAMA, wahiba. (2013), « *la politique d'efficacité énergétique en Algérie : approche systémique pour un développement durable cas de : programme éco-bat* », Mémoire pour l'obtention du diplôme de magister en génie-civil, Université de Tlemcen, (Algérie). 119p.

MAZARI. Mohammed. (2012), « *Etude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère publics : Cas du département d'Architecture de Tamda (Tizi-Ouzou)* », Mémoire pour l'obtention du diplôme de magister en architecture et développement durable, Université de Tizi-Ouzou, (Algérie). 146 p.

ADEME, (1999), « *Gestion énergétique dans les bâtiments publics- guide méthodologique*», Décembre 1999, (France).

ADEME, (2003), « *Mesure des performances énergétiques des collectivités* », Janvier 2003, (France).

ADEME, (2007), « *Bâtiment et démarches HQE* », Avril 2007, (France).

ADEME, (2007), « *Construire durable – Une question durable et de financement ?* », Mai 2007, (France).

APRUE, (2009), « *Consommation énergétique finale de l'Algérie* », Donnée et indicateurs, Chiffres clés Année 2007, (Algérie).

APRUE, (2009), « *Consommation énergétique finale de l'Algérie* », Donnée et indicateurs, Chiffres clés Année 2007, (Algérie).

APRUE, (2010), « *Recueil de textes législatifs et règlementaires sur la maîtrise de l'énergie*», Edition 2010, (Algérie).

BRUNOFLECHE, « *Énergies renouvelables : Solaire Thermique* », (France).

Vendée, « *Eléments de résumé du dossier : Etude du potentiel vendéen Et des applications possibles De la géothermie et de l'aérothermie* », 2007, (France).

Vendée, « *maitrise de l'énergie, Axenergie, Bureau d'études en Maîtrise des Ressources – Energies Nouvelles* », 2007, (France).

DERBI, « *Conférence Architecture et énergies renouvelables* », 2008, la région Languedoc Roussillon, (France).

ADEME, « *Utilisation rationnel de l'énergie dans les bâtiments publics* », 2009, (France).

ADEME, 3^{eme} éditions, « *Énergies renouvelables et systèmes électriques intelligents* », (France).

ADEME, « *Guide d'intégration architecturale des capteurs solaires* », 2011, (France)

ADEME, Axenne-2008, « *le petit éolien usage raccorde au réseau Conseil Général des Landes* », 2008, (France).

ADEME, « *Guide technique de mise en œuvre des plateformes et hangars de stockage de bois énergie* », 2009, (France).

CLEANTECH REPUBLIC, « *Les guides Le petit éolien* », 2010, (Belgique).

D'énergies dédiées à une éolienne de petite puissance 2005 N° d'ordre : 2213

Marie-Michèle, Paradis. (2011), « *Analyse de la réglementation entourant l'implantation d'infrastructures d'énergies renouvelables en milieu urbain* », Essai

présenté au Centre Universitaire de Formation en Environnement en vue de l'obtention du grade de maître en environnement, Université de Sherbrooke, Québec, (Canada).

INTELLIGENT ENERGY, « *Europe petites éoliennes en milieu urbain* », 2009, (Belgique).

KABOUCHE, AZOUZ. (2012), « *Architecture et efficacité énergétique des panneaux solaires* », mémoire pour l'obtention du diplôme de magistère option : architecture bioclimatique, université mentouri Constantine, (Algérie).

DuloSolar, « *Le spécialiste de l'énergie solaire photovoltaïque intégrée au bâtiment* », 2007, (France).

CIAT, « *guide technique géothermie & aérothermie* », 2008, (France).

Écotral, « *Conception et réalisation d'une installation de pompes à chaleur sur sondes profondes* », 2013, (France).

ADEME, « *Cahier des Charges Diagnostic énergétique Tertiaire Version* », 2003, (France).

INES, « *Dossier de presse : Bâtiments intelligents et efficacité énergétique* », 2011, (France).

ADEME, « *une nouvelle génération d'immeubles économes, Bonne Energie immeuble de bureaux à énergie positive* », 2010, (France).

SEM SAGES, « *Dossier de presse : Aménageur de la ZAC de Bonne - Grenoble Le bâtiment de bureaux à énergie positive* », 2010, (France).

ADEME, « *Bureaux Green Office ® Bureaux Meudon* », 2014, (France).

Construction 21.eu, « *green office® Meudon* », 2014, (France).

ADEME, « *collective : bonnes pratiques* », 2005, (France).

ADEME, « *Eau chaude solaire collective : bonnes pratiques* », 2005, (France).

LOUAFI, Chahrazed. (1998), « *L'énergie Electrique En Algérie* », Université de Constantine, (Algeire). 191p.

WEBGRAPHIE

Webographie

- www.energies-renouvelables.org (Le 10/08/2014).
- www.ademe.fr (Le 16/08/2014).
- Guide de conception solaire thermique de l'ASDER : Disponible en ligne : <http://www.asder.asso.fr/httpdocs/index.php3> (Le 25/08/2014).
- INES : Institut National de l'Énergie Solaire : www.institut-solaire.com (Le 02/09/2014).
- ADEME : Le site de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie : www.ademe.fr (Le 11/09/2014).
- CIEL : Centre d'Information sur l'Énergie et l'Environnement www.ciele.org/filieres/solairethermique.htm (Le 15/09/2014).
- Le site de la Mission interministérielle de l'effet de serre : - <http://www.effet-de-serre.gouv.fr/> (Le 22/09/2014).
- Le site de l'Agence internationale de l'énergie : <http://www.iea.org/> (Le 30/09/2014).
- <http://www.rt-batiment.fr/> RT2005 : Le site de la Réglementation Thermique (novembre 2006). (Le 30/09/2014)
- http://www.logement.gouv.fr/IMG/pdf/rt2005_version09102006.pdf (Le 06/10/2014).
- HPE et HQE : Efficacité énergétique des bâtiments 2007-2008 : http://www.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/Dossier_Batimat_cle25956f.pdf (le 23/10/2014).
- www.axenergie.com (Le 07/11/2014).
- www.apere.org (Le 29/11/2014).
- www.dulosolar.com (Le 13/12/2014).
- www.retscreen.net (Le 28/12/2014).
- www.montpellier-agglo.com (le 08/01/2015).
- www.prd-fr.com (Le 15/01/2015).
- www.actuenvirennemnt.com (Le 18/01/2015).
- www.solar-estheticenergies.fr (Le 20/ 01/2015).
- amenage.grenoble@wanadoo.fr (Le 30/01/2015).
- www.green-office.fr (Le 07/02/2015).
- <http://www.construction21.eu/france> (Le 15/02/2015).
- <http://www.notre-planete.info> (Le 15/02/2015).