

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Mémoire de Master

Présenté à l'Université 08 Mai 1945 de Guelma

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département d'Architecture

Spécialité : Architecture

Option : Architecture Ecologique

Présenté par : ZAAFOUR Soumaya

Thème

**Vers une démarche HPE des équipements touristiques
à SOUK-AHRAS**

Sous la direction de : Mr. DECHAICHA Assoule

juillet 2019

Dédicaces

À mes très chers parents Saddek et Zoubeida, qui m'ont apporté leur soutien,
la force, la volonté, la patience et l'espoir;

À mes sœurs Fatma Zohra, Zaineb et à mon frère Abd El Hafidh,
pour leur soutien tant moral que matériel;

À mes grands-parents;

À tous les membres de Ma famille;

À mes proches et mes amies ;

À tous les enseignants qui se donnent corps et âme
pour élever notre connaissance ;

Sans oublier...

Je dédie ce travail

Remerciements

C'est avec un réel plaisir que nous réservons ces lignes en signe de gratitude et de profonde reconnaissance à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation et à l'aboutissement de ce travail.

Je tiens tous d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui m'a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

En second lieu, un très grand merci tout particulier pour mon encadreur Mr. DECHAICHA Assoule. De simples mots ne suffissent pas pour exprimer ma profonde reconnaissance et mon respect. Votre bienveillance à mon égard, votre soutien et la confiance, que vous m'avez accordés durant cette année.

Mes remerciements vont également aux membres du jury, pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail, et qui m'ont fait l'honneur d'accepter l'évaluation de ce travail.

Mes remerciements vont enfin aux tous mes enseignants du département et tous les personnes qui ont contribué, par la mise à ma disposition des informations, à l'élaboration de ce travail.

Il me reste à ne pas oublier de remercier tant de personnes, que je ne peux nommer, de peur d'en oublier ; que toutes sachent qu'elles sont bien présentes dans mon esprit et dans mon cœur.

Résumé

Les perspectives de développement des équipements conduiront à un accroissement exponentiel de la consommation énergétique en Algérie. Dans ce contexte, la conception et la réalisation des équipements énergétiquement performants s'impose comme une nécessité à la maîtrise des consommations énergétiques du secteur. L'objectif principal de ce travail est l'utilisation d'une démarche durable et écologique, afin de concevoir des bâtiments performants en terme énergétique et confortable sur le plan thermique. L'objectif de cette démarche est la réduction des dépenses énergétique et la valorisation de la performance des équipements touristiques. En outre, il présente le savoir et le savoir-faire de la conception énergétique du bâtiment. Dans ce travail, on élabore une analyse bioclimatique de la région choisie. Nous comparons en premier, les conditions extérieures de la zone d'étude et les conditions de confort thermiques intérieurs adéquates pour les occupants. Cette comparaison consiste à définir les exigences de conception architecturale, qui assurent le maintien des conditions favorables et la protection contre les conditions défavorables. Par conséquent, cela nous conduit aux choix pertinents entre les stratégies conceptuelles.

Mots clés: haute performance énergétique - Confort thermique - Etude bioclimatique - Stratégie conceptuelle - consommation énergétique.

Abstract

The development prospects for equipment will lead to an exponential increase in energy consumption in Algeria. In this context, the design and construction of energy-efficient equipment is essential for controlling energy consumption in the sector. The main objective of this work is the use of a sustainable and ecological approach, in order to design efficient buildings in terms of energy and thermal comfort. The objective of this approach is the reduction of energy expenditure and the valuation of the performance of tourist facilities. In addition, it presents the knowledge and know-how of the energy design of the building. In this work, a bioclimatic analysis of the chosen region is developed. We first compare the external conditions of the study area and the conditions of interior thermal comfort adequate for the occupants. This comparison consists of defining the architectural design requirements, which ensure the maintenance of favorable conditions and protection against adverse conditions. Therefore, this leads us to the relevant choices between conceptual strategies.

Key words: High energy performance - Thermal comfort - Bioclimatic study - Conceptual strategy - energy consumption.

ملخص

ستؤدي آفاق تطوير المعدات إلى زيادة هائلة في استهلاك الطاقة في الجزائر. في هذا السياق، يعد تصميم وبناء معدات موفرة للطاقة أمرًا ضروريًا للتحكم في استهلاك الطاقة في هذا القطاع. الهدف الرئيسي من هذا العمل هو استخدام نهج مستدام وبيئي، من أجل تصميم مباني فعالة من حيث الطاقة والراحة الحرارية. الهدف من هذا النهج هو تخفيض نفقات الطاقة وتقييم أداء المنشآت السياحية. بالإضافة إلى ذلك، فإنه يقدم المعرفة والدراية بتصميم الطاقة للمبنى. في هذا العمل، تم تطوير تحليل مناخي للمنطقة المختارة. فمنا أولاً بمقارنة الظروف الخارجية لمنطقة الدراسة وظروف الراحة الحرارية الداخلية المناسبة للركاب. تتكون هذه المقارنة من تحديد متطلبات التصميم المعماري، والتي تضمن الحفاظ على الظروف المواتية والحماية من الظروف المعاكسة. لذلك، هذا يقودنا إلى الخيارات ذات الصلة بين الاستراتيجيات المفاهيمية

الكلمات المفتاحية: الأداء العالي للطاقة - الراحة الحرارية - دراسة المناخ الحيوي - الإستراتيجية المفاهيمية - استهلاك الطاقة

Table des matières

Dédicaces.....	
Remerciements	
Résumé.....	
Abstract	
ملخص.....	
Liste des figures.....	
Liste des tableaux.....	
Introduction générale.....	1
Problématique :.....	2
Hypothèse :	3
Objectifs :	3
Structure de travail :.....	3
1 Chapitre I : Construction, consommation énergétique et environnement	5
1.1 Introduction.....	5
1.2 Les notions d'environnement et d'impact sur l'environnement	5
1.2.1 Concepts.....	5
1.2.2 Eléments composants l'environnement.....	7
1.2.3 La notion d'impact environnemental.....	8
1.2.4 Les défis environnementaux	10
1.3 La consommation énergétique	13
1.3.1 L'énergie.....	13
1.3.1.1 Le secteur du bâtiment : principal consommateur énergétique dans le monde	14
1.3.2 La consommation énergétique en Algérie	16
1.3.2.1 Consommation énergétique par type d'énergie en Algérie	16
1.3.2.2 La consommation énergétique en Algérie par secteur.....	17
1.3.3 La consommation énergétique dans le secteur tertiaire	18
1.3.4 La consommation énergétique dans le secteur hôtelier.....	19
1.3.4.1 Le secteur hôtelier : Un secteur énergivore	19
1.3.4.2 Les besoins en énergie.....	20
1.3.4.3 Récapitulatif	24
1.4 Construction et environnement.....	25
1.4.1 Le climat en Algérie	25
1.4.1.1 Définition du climat.....	25
1.4.1.2 Données géographiques.....	25

1.4.1.3	Les zones climatiques en Algérie	26
1.4.1.4	Relation : architecture / climat	28
1.4.1.5	Influence du climat sur la construction.....	28
1.4.2	Le confort : Eléments de définition et de compréhension.....	29
1.4.2.1	Définitions	29
1.4.2.2	La notion du confort dans le bâtiment	29
1.4.2.3	Types et Critères du confort	30
1.5	Conclusion	31
2	Chapitre II : De l'architecture bioclimatique à la performance énergétique	33
2.1	Introduction.....	33
2.2	Le développement durable	33
2.2.1	Définitions	33
2.2.2	Principes	34
2.3	L'architecture Bioclimatique : Principes, Avantages et Etapes	34
2.3.1	Présentation	35
2.3.2	Les principes	35
2.3.3	Avantages	36
2.3.4	Etapes	36
2.3.4.1	Analyse de l'environnement de la construction	36
2.3.4.2	La forme, l'orientation et l'organisation de la construction	37
2.3.4.3	L'isolation thermique	38
2.3.4.4	Captage du soleil et emmagasinassions d'énergie.....	39
2.3.4.5	La ventilation.....	40
2.3.4.6	La lumière.....	40
2.3.5	Les éléments du bioclimatisme :	41
2.4	Le tourisme durable	41
2.4.1	Définir les différentes formes de tourisme	41
2.4.2	Quelques dates clés.....	42
2.4.3	Les principes du tourisme durable	42
2.4.4	Les différentes formes du tourisme durable.....	43
2.5	Les certifications et les labels énergétiques.....	44
2.5.1	Définitions	44
2.5.2	Les certifications et les labels énergétiques.....	46
2.5.2.1	La certification Haute Qualité Environnementale (HQE)	46

2.5.2.2	Le label Haute Performance Énergétique (HPE).....	46
2.5.2.2.1	Haute Performance Énergétique (HPE) 2005.....	47
2.5.2.2.2	Haute Performance Énergétique, Énergies Renouvelables (HPE EnR) 2005	47
2.5.2.2.3	Très Haute Performance Énergétique (THPE) 2005	47
2.5.2.2.4	Très Haute Performance Énergétique, Énergies Renouvelables (HPE EnR) 2005....	47
2.5.2.2.5	Bâtiment Basse Consommation (BBC) 2005	48
2.5.2.3	Les Bâtiments à Énergie Positive	48
2.5.3	Systèmes d'évaluation des bâtiments durables.....	48
2.5.3.1	Les certifications:	49
2.5.3.1.1	DGNB (Germany) 20 07	49
2.5.3.1.2	Green Star (Australia)20 03.....	50
2.5.3.1.3	CASBEE (Japan) 20 01.....	51
2.5.3.1.4	BEPOS-EFFINERGIE	51
2.5.3.1.5	Minergie (Switzerland) 19 98	53
2.5.3.1.6	LEED® – Leadership in Energy and Environmental Design	55
2.5.3.1.7	BREEAM -Environmental Assessment Method (Great Britain)).....	56
2.5.3.2	Comparaison entre certains systèmes de notation	57
2.5.3.3	Influence des certifications sur les bâtiments écologiques :.....	58
2.5.3.4	Pourquoi poursuivre une qualification ou une certification ?.....	58
2.6	La démarche HPE.....	58
2.6.1	La construction à Haute Performance Energétique	58
2.6.1.1	Définition d'une construction HPE	59
2.6.1.2	La performance énergétique d'un bâtiment.....	59
2.6.1.3	Evolution des bâtiments performants	59
2.6.1.4	Paramètres de la conception d'un bâtiment énergiquement efficace.....	60
2.6.1.5	Les critères d'évaluation propres aux bâtiments performants	60
2.6.1.6	Principes de conception des bâtiments dans les régions du climat méditerranéen	61
2.7	Mesures et méthodes de diagnostic	62
2.7.1	Bilan carbone.....	62
2.7.2	L'empreinte écologique.....	62
2.7.3	Etiquette Energie ou Etiquette Climat (ou CO2)	63
2.7.4	Les matériaux	64
2.7.4.1	Les états du matériau	64
2.7.4.2	Les critères de choix des matériaux.....	65

2.7.5	Cycle de vie d'un bâtiment.....	65
2.7.6	L'énergie grise	66
2.8	Conclusion	67
3	Chapitre III : Analyse et application.....	68
3.1	Premier exemple : hôtel 3* parisien (Castille Paris – Paris maintenant)	68
3.1.1	Introduction.....	68
3.1.2	Description de l'hôtel	68
3.1.2.1	Localisation	68
3.1.2.2	Catégorie et profil d'occupation de l'hôtel.....	68
3.1.2.3	Appareillage électriques	69
3.1.2.4	Conditionnement de l'air.	71
3.1.2.5	Appareils divers.....	72
3.1.2.6	Caractéristiques thermiques du bâtiment.....	72
3.1.3	Analyse des consommations d'électricité.....	74
3.1.3.1	Consommation électrique totale et choix de l'abonnement	74
3.1.4	Conclusion :	77
3.2	Deuxième exemple : Hôtel Amstelkwartier , Amsterdam.....	79
3.2.1	Introduction :	79
3.2.2	Présentation :	79
3.2.3	Les phases de construction :	81
3.2.3.1	Phase (1) : Collecte des informations sur le système et la construction.....	81
3.2.3.2	Phase (2) : Prédiction de la performance énergétique	81
3.2.3.3	Phase (3) : Définition des options et offres d'amélioration	82
3.2.3.4	Phase (4) : Analyse optimalité coûts et analyse de sensibilité.....	82
3.2.4	Conception du Bâtiment	83
3.2.5	Façade adaptable	83
3.2.5.1	Système énergétique.....	86
3.2.5.2	Zone disponible sur le site pour la technologie des énergies renouvelables	92
3.2.6	Conclusions.....	95
3.2.7	Recommandations.....	96
3.3	Troisième exemple : Hôtel du Grand-Duché de Luxembourg, à Weiswampach	97
3.3.1	Description architecturale du projet.....	97
3.3.2	Différentes affectations de l'hôtel	99
3.3.3	Evaluation des besoins par méthode dynamique (TRnsys ©)	99

3.3.3.1	Présentation du logiciel :	99
3.3.3.2	Avantage :	100
3.3.3.3	Limite :	100
3.3.3.4	Fonctionnalités :	100
3.3.3.5	L'analyse par simulation dynamique	101
3.3.3.6	Dessin Sketchup	102
3.3.3.7	Paramétrage dans TRnbuild	103
3.3.4	Evaluation de la demande énergétique de l'hôtel	107
3.3.4.1	Demande en chaud et froid de la zone A	107
3.3.4.2	Demandes en chaud et froid de la zone B	108
3.3.4.3	Demande en chaud et froid de la zone C	109
3.3.5	Recommandations :	110
3.4	Synthèse	111
4	Chapitre IV: Site et intervention	116
4.1	Introduction :	116
4.2	La population :	116
4.3	Climat Souk Ahras	117
4.3.1	Températures et précipitations moyennes	117
4.3.2	Ciel nuageux, soleil et jours de précipitations	118
4.3.3	Températures maximales	119
4.3.4	Quantité de précipitations	119
4.3.5	Tableau climatique Souk-Ahras	120
4.3.6	Vitesse du vent	120
4.4	IDENTIFICATION DU SITE	121
4.4.1	Les limites du site :	121
4.4.2	Hiérarchisation des vois	121
4.4.3	Le flux mécanique et piéton	122
4.4.4	Les Nœuds	122
4.4.5	Terrain de conception :	123
4.4.5.1	Situation	123
4.4.5.2	Accessibilité :	123
4.4.5.3	Les axes :	124
4.4.5.4	La surface :	124
4.4.5.5	Topographie :	124

4.4.5.6	L'ensoleillement :	124
4.4.5.7	Les vents :	125
4.4.5.8	Les points forts :	125
4.4.5.9	Problèmes :	125
4.5	Programmation :	126
4.5.1	Programme officiel	126
4.5.2	Programme retenu	127
4.6	Démarche et processus	129
4.7	Organisation des espaces :	131
4.8	Plan de masse	132
4.9	Simulation d'une chambre de l'hôtel	133
4.9.1	Présentation :	133
4.9.2	Déroulement de la simulation :	135
4.9.2.1	Création du projet simulation (fichier météo-salle-traceur)	135
4.9.2.2	Création de la chambre	135
4.9.2.3	Création des liaisons entre les éléments de projet :	136
4.9.2.4	Lancement de simulation et obtention des résultats	137
4.9.3	Résultat	138
4.9.4	Conclusion et perspectives	138
	Conclusion générale	139
	Bibliographie	

Liste des figures

Figure 1 : relation entre source et impact	9
Figure 2 : effet de serre. Source : météo France / François poulain.....	11
Figure 3 :Evolution du taux de concentration de différents gaz à effet de serre depuis 2000 ans. Source : GIEC.....	12
Figure 4 : Scénarios d'émissions de GES pour la période 2000–2100 (en l'absence de politiques climatiques additionnelles) et projections relatives aux températures en surface (Tiré d'IPCC, 2007).....	12
Figure 5 : Ressources énergétiques fossiles et consommation d'énergie. Source : Jean Marc Jancovici (SIDLER, 2007).	14
Figure 6 : répartition par sources des émissions de CO2 dans le monde. Source : GIEC, 2007.....	15
Figure 7 :répartition de la consommation énergétique mondiale par secteur. Source : AIE ,2010.	15
Figure 8 :Consommation énergétique finale en Algérie en 2005 (APRUE, 2007)	16
Figure 9 :Consommation énergétique finale en Algérie en 2010 (APRUE , 2010)	16
Figure 10 : Consommation énergétique finale en Algérie par secteur en 2005 (APRUE, 2007).....	17
Figure 11 : Consommation énergétique finale en Algérie par secteur en 2010 (APRUE, 2010).....	17
Figure 12 :La structure de la consommation d'énergie par branche.....	18
<i>Figure 13</i> :La structure de la consommation d'énergie par énergie	19
<i>Figure 14</i> : Graphique récapitulatif.....	21
Figure 15 :La répartition des consommations d'énergie dans les hôtels 1 étoile.....	22
Figure 16 :La répartition des consommations d'énergie dans les hôtels 2 étoile.....	22
<i>Figure 17</i> :La répartition des consommations d'énergie dans les hôtels 3 étoiles	23
<i>Figure 18</i> :La répartition des consommations d'énergie dans les hôtels 4 étoiles	23
Figure 19 :Graphique des résultats.....	24
<i>Figure 20</i> : Coupe transversale Nord-Sud du relief. Source : (OULD-HENIA, 2003).	25
Figure 21 : Schéma récapitulatif des classifications des zones climatiques en Algérie à la base des données météorologique.....	26
Figure 22 : Carte des zones climatiques d'été.....	26
Figure 23 : Carte des zones climatiques d'hiver.	27
Figure 24 : présentation de la localisation d'un bâtiment adapté à son climat en couleur bleue et un autre bâtiment énergivore inadapté en couleur rouge ; la bonde verte représente les exigences de confort. Elles varient selon la saison.....	30
Figure 25 : Schéma du développement durable (ARPE2001).....	34
Figure 26 : effet de l'environnement sur la construction en été.	37
Figure 27 : effet de l'environnement sur la construction en hiver.	37
Figure 28 : effet de la forme et l'orientation sur la construction.....	38
Figure 29 : maison à ossature bois qui présente l'effet du matériau dans l'isolation thermique (archit.Anne Kergrohenn).	39
Figure 30 : Captage du soleil et emmagasinassions d'énergie.....	40
Figure 31 : L'étiquette énergétique.	46
Figure 32 : Le label DGNB Swiss peut être octroyé en quatre étapes (état : oct. 2015).	49
Figure 33 : Aspects certifiés dans le système DGNB	50
Figure 34 : Expression de l'exigence du label. Source : jean.carassus@immobilierdurable.eu	53
Figure 35 : Exigence des standards MINIERGIE, MINIERGIE P, et MINIERGIE A. (Source: STAUFFACHER CHARPENTES.)	54
<i>Figure 36</i> : représentation du concept d'empreinte écologique.	63
<i>Figure 37</i> : Exigence Le diagnostic de performance énergétique (DPE) Etiquette Energie à gauche ; Etiquette Climat (ou CO2) à droite. (Source: Guide de la maison écologique, 2015.)	64
Figure 38 : schéma représentatif du cycle de vie d'un matériau	64
Figure 39 : Les critères de choix des matériaux.....	65

Figure 40: Schéma du cycle de vie d'un bâtiment	66
Figure 41: Évolution de la proportion entre énergie grise et énergie d'exploitation du bâtiment.....	66
Figure 42: plan de l'hôtel -étage courant-	69
Figure 43: la cuisine et le restaurant de l'hôtel.....	71
Figure 44: Evolution mensuelle de la consommation d'électricité de l'hôtel.....	75
Figure 45: Profil typique d'appel de puissance en hiver	76
Figure 46: Structure de la consommation d'électricité	76
Figure 47: Structure de la facture d'électricité.....	77
Figure 48: paysage urbain d'hôtel.....	79
Figure 49: le paysage urbain d'hôtel.....	80
Figure 50: plan de masse du l'hôtel. Source: Jp van eastern/croon/wolter and dros.....	82
Figure 51 : hôtel Amstelkwartier et sa façade adaptable.....	84
Figure 52: plan du 1er étage.....	84
Figure 53: Disposition de la partie inférieure du bâtiment, représentative des étages 2 à 6 [Plan de 'JP van Eesteren'].....	85
Figure 54: Disposition de la partie supérieure du bâtiment, représentative des étages 7 à 19 [plan de l'opération «JP van Eesteren»].....	85
Figure 55: Diagrammes entourant la demande annuelle d'énergie primaire, l'approvisionnement en chaleur et l'alimentation en électricité selon les calculs de Wolter & Dros.....	87
Figure 56: Comparaison de la demande de chauffage et de climatisation pour les scénarios d'occupation 1, 2 et 3.....	87
Figure 57: Partie inférieure du bâtiment en IES VE, représentative des étages 2-6.....	89
Figure 58 : Partie supérieure du bâtiment en IES VE, représentant les étages 7 à 19.....	89
Figure 59: Demande de chauffage et de refroidissement prévue dans l'hôtel Amstelkwartier de IES VE avec et sans façade adaptable, y compris la consommation électrique prévisionnelle de la pompe à chaleur.....	90
Figure 60: Consommation totale d'électricité prévue pour les scénarios d'occupation 1, 2 et 3.....	92
Figure 61: A : Plan de l'hôtel Amstelkwartier situé sur le toit, B : Environnement de l'hôtel Amstelkwartier et C : Façade sud de l'hôtel Amstelkwartier.....	93
Figure 62: (A) Vitesse mensuelle du vent [m / s] et (B) Indice mensuel de radiations et de netteté [kWh / m ² / jour] à Amsterdam.....	94
Figure 63: Influence du bâtiment sur la vitesse du vent sous la forme du rapport de vitesse du vent simulé pour le bâtiment du WTC à Amsterdam (A) Vue de côté du bâtiment (B) Vue de face du bâtiment. La hauteur possible d'une éolienne de toit est indiquée.....	95
Figure 64: Dessin Sketchup de la façade EST de l'hôtel.....	97
Figure 65: Dessin Sketchup de la façade Ouest de l'hôtel.....	97
Figure 66: vue du dessus de l'hôtel.....	98
Figure 67: Orientation du bâtiment telle que reprise sur l'illustration présidente.....	98
Figure 68: représentation Sketchup des parois.....	103
Figure 69: Modèle TRnsys utilisé pour l'évaluation des besoins chaud et froid.....	105
Figure 70: étiquette énergétique d'hôtel.....	110
Figure 71: étiquette énergétique d'hôtel après les modifications.....	111
Figure 72: carte de situation du SOUK-AHRAS	116
Figure 73: évolution de la population selon les recensements.....	117
Figure 74: Températures et précipitations moyennes.....	117
Figure 75: Ciel nuageux, soleil et jours de précipitations	118
Figure 76: Températures maximales	119
Figure 77: Quantité de précipitations	119
Figure 78: Vitesse du vent.....	120
Figure 79: vue aérienne du site. Source : Google earth.....	121

Figure 80: photos représentant les flux mécanique.	122
Figure 81: situation et photos du Carrefour Badji Mokhtar	122
Figure 82: situation et photos du Carrefour Coopérative.	123
Figure 83: Etude topographique du site (A) vue aérienne du terrain et tracées des coupes (B) Coupe longitudinale (C) Coupe transversale.	124
Figure 84: représentation de l'ensoleillement.	124
Figure 85: représentation des vents dominants.	125
Figure 86: outil d'inspiration de la conception (clé).	130
Figure 87: jeunesse de la forme.....	130
Figure 88: l'organisation spatiale de la conception	131
Figure 89: Plan de masse.....	132
Figure 90: Plan 1er étage du projet source : auteur.....	133
Figure 91: La chambre étudiée source : auteur	133
Figure 92: Création du projet simulation source (auteur)	135
Figure 93: Création de la chambre source (auteur)	135
Figure 94: Création des liaisons entre les éléments de projet source (auteur).....	136
Figure 95: Création des liaisons entre les éléments de projet source (auteur).....	136
Figure 96: Création des liaisons entre les éléments de projet source (auteur).....	137
Figure 97: Lancement de simulation et obtention des résultats source (auteur)	137
Figure 98: Classification de la chambre dans l'étiquette énergétique source : auteur	138

Liste des tableaux

Tableau 1: Les consommations et les surfaces des activités.....	18
Tableau 2 : La consommation énergétique des hôtels	21
Tableau 3: Consommations par usage	24
Tableau 4: Tableau récapitulatif des données climatiques des zones climatiques d'été.....	27
Tableau 5: Tableau récapitulatif des données climatiques des zones climatiques d'hiver.	28
Tableau 6: <i>Les paramètres du confort.</i>	31
Tableau 7: Consommation énergétique maximale d'un bâtiment BBC.	48
Tableau 8: les Aspects clés du LEED.	55
Tableau 9 : les Aspects clés du BREEAM.....	57
Tableau 10: différences entre certains systèmes de notation. Source : auteur.	58
Tableau 11: Les critères d'évaluation propres aux bâtiments performants.....	60
Tableau 12: répartition spatiale des pièces d'hôtel.	69
Tableau 13: isolation des parois.....	72
Tableau 14: les déperditions des parois.	72
Tableau 15: les valeurs prévues à la construction du bâtiment.	73
Tableau 16: Dates d'occurrence des appels maximaux de puissance de l'hôtel.	75
Tableau 17: légende de la figure.	83
Tableau 18: tableau descriptif des étages.....	86
Tableau 19: Epaisseur d'isolant sélectionnée pour atteindre les objectifs fixés.....	104
Tableau 20: Sélection des débits de ventilation en fonction de l'affectation des différents locaux	106
Tableau 21: Evaluation de la demande en chaud de la zone A	107
Tableau 22: Evaluation de la demande en froid de la zone A.....	107
Tableau 23: Evaluation de la demande en chaud de la zone B	108
Tableau 24: Evaluation de la demande en froid de la zone B	109
Tableau 25: Tableau récapitulatif des recommandations (source : auteur).....	115
Tableau 26: tableau climatique Souk-Ahras	120
Tableau 27: programme officiel.....	126
Tableau 28: Programme du projet.....	129
Tableau 29: Description de la chambre.....	134
Tableau 30: Données des différentes couches de l'enveloppe extérieure	134

Introduction générale

"Nous n'héritons pas la terre de nos ancêtres, nous l'empruntons à nos enfants"

Antoine De Saint Exupéry.

La demande d'un environnement durable et en particulier l'architecture durable est omniprésente. Il est bien connu que le secteur de la construction est le premier consommateur d'énergie dans le monde : plus de 40% par rapport aux autres secteurs (industrie 28%, transport 32%). La véritable consommation de ces énergies fossiles conduit à l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre comme le dioxyde de carbone, le méthane, etc... Et par conséquent, le réchauffement de la planète. Les projections des modèles climatiques présentées dans le dernier rapport du GIEC indiquent que la température de la surface du globe est susceptible d'augmenter de 1,1 à 6,4 °C supplémentaires au cours du 21^{ème} siècle et une élévation additionnelle de niveau de la mer de 0,1 à 0,25 mètres d'ici 2100. Ces conséquences vont déséquilibrer l'écosystème terrestre.

Le secteur de la construction est l'un des secteurs les plus dynamiques dans les pays émergents, résultat d'un rythme élevé de croissance de la population et d'urbanisation. L'Algérie ne fait pas exception, dont la croissance de sa population est spectaculaire, passant de 7.4 millions d'habitants en 1970 à 35 millions en 2009. Par conséquent, l'urbanisation augmente considérablement et fait de la construction l'un des principaux moteurs de la croissance du pays.

L'homme est donc le responsable principal de cette catastrophe environnementale, à cause de sa mauvaise compréhension et sa mauvaise gestion de cet environnement fragile. A partir de 1980, l'union internationale sur la conservation de la nature a publié un rapport titré "La Stratégie Mondiale sur la Conservation de la Nature" ou apparut pour la première fois la notion de développement durable.

Au-delà, plusieurs démarches ont progressivement été développées pour caractériser et évaluer la performance énergétique des bâtiments et converge vers la réduction de la consommation énergétique et le recours à des énergies propres, renouvelables et locales tout en assurant une vie confortable pour les occupants , parmi lesquelles on trouve : les Bâtiment de Basse Consommation énergétique BBC, les bâtiments à Zéro énergie, les bâtiments à énergie positive, les Bâtiments HPE ; ces derniers nous ont intéressé et faisant objet de notre présente étude.

Dans une démarche HPE, deux aspects complémentaires sont à rechercher. D'une part, l'amélioration des qualités thermiques et énergétiques de l'enveloppe architecturale. D'autre part,

l'amélioration du rendement des équipements énergétiques (chauffage, rafraîchissement, éclairage, électroménager, etc.).

Dans cette perspective, notre travail de recherche consiste à mettre en évidence les tendances visant à réduire la consommation énergétique afin de minimiser l'impact des projets d'architecture sur l'environnement, en se focalisant sur la démarche HPE comme approche écologique cherchant à mettre l'aspect énergétique comme enjeu primordial à prendre en compte dans la conception architecturale des équipements touristiques.

Problématique :

De nos jours, plus de 55 % de la population mondiale vit dans un milieu urbain. Pour affronter défis environnementaux posés par cette urbanisation, les villes, particulièrement le secteur de bâtiment, devront réduire les niveaux de pollution et améliorer l'efficacité d'usage des ressources. Ils devront être capables de mesurer leurs performances environnementales avec des outils fiables. Définir la ville durable, évaluer l'empreinte environnementale urbaine, construire des indicateurs de mesure pertinents...

L'amélioration de la performance énergétique des bâtiments constitue une source importante d'économie d'énergie, étant donné la part que représentent les bâtiments dans la demande d'énergie commerciale. Les gestionnaires considèrent souvent la dépense énergétique comme un coût fixe sur lequel ils n'ont aucune emprise.

En Algérie, une nouvelle phase est aujourd'hui amorcée, celle de la qualité. Le choix du type et des matériaux de construction ne prend pas en considération les spécificités climatiques des régions. La négligence de ces paramètres engendre des désagréments aux occupants et induisent des dépenses excessives en matière de consommation d'énergie.

Concernant la conception des équipements touristiques énergétiquement efficace, l'objectif de performance repose sur une conception bioclimatique, une optimisation des apports solaires, une organisation des espaces intérieurs, une isolation très renforcée et une performance des équipements.

Ces éléments nous amènent à poser le questionnement suivant :

Question de recherche :

*L'approche HPE peut-elle amener à une production architecturale énergétiquement performante ?

Hypothèse :

La réduction des dépenses énergétique et la valorisation de la performance des équipements touristiques peuvent être effectuées via une démarche HPE.

Objectifs :

Le travail s'inscrit dans une démarche de la maîtrise de l'énergie dans un équipement touristique et vise à intégrer le concept de la performance énergétique. L'objectif fixé à travers ce travail de recherche est d'apporter des solutions aux problèmes relatifs à l'utilisation rationnelle de l'énergie dans la construction, afin de limiter la pollution et assurer le confort.

Egalement, ce travail vise à :

- Comprendre les phénomènes qui interagissent dans la construction.
- Savoir profiter et travailler avec les données climatiques.
- Proposer des solutions pour concevoir des bâtiments performants sur le plan énergétique et confort (thermique, acoustique, olfactif...etc.).

A cet effet notre travail se propagera sur :

- L'amélioration du confort (thermique, acoustique, olfactif...etc.) et la réduction de la consommation énergétique.
- La prise en considération des aspects de maîtrise de l'énergie dans la conception architecturale.
- L'analyse des cas d'étude pour déceler les problèmes en termes de consommation énergétique et de confort pour proposer des solutions convenable aux données climatiques de la ville de Souk Ahras.

Structure de travail :

Afin de répondre à la problématique et d'atteindre les objectifs, j'ai structuré mon travail en deux parties : une partie théorique et une autre pratique, introduite par une introduction générale qui comporte la problématique, l'hypothèse et les objectifs.

→ La première partie est théorique basée sur une recherche bibliographique : Elle est composée de deux chapitres et a pour objectif de comprendre tous les éléments, les définitions et les concepts de bases en rapport avec le sujet.

→ La deuxième partie concerne le volet pratique : C'est une étude analytique mettant en examen notre cas d'étude. Elle est composée de deux chapitres et a pour objectif la

présentation et l'analyse des exemples : propriétés conceptuelles (spatiales, formelles et compositionnelles), climatiques et énergétiques (techniques passives et actives) et une analyse du site proposé pour le projet

1 Chapitre I : Construction, consommation énergétique et environnement

1.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous nous intéresserons tout d'abord à l'état du monde actuel : Réchauffement climatique, Pollution, effet de serre ainsi que les impacts négatifs sur l'environnement. Par la suite on parlera sur la consommation énergétique, sur les enjeux envisagés et les politiques abordées pour maîtriser l'énergie au niveau mondiale et dans le contexte algérien. En fin on parlera sur la consommation énergétique dans le secteur de bâtiment.

1.2 Les notions d'environnement et d'impact sur l'environnement

1.2.1 Concepts

Environnement : D'une manière générale, la notion d'environnement exprime la présence d'objets qui entretiennent avec un sujet, des relations ayant une certaine fréquence, une certaine stabilité (Bernard-Becharies, 1975).

Les objets de l'environnement le cadre de ce travail, volontairement limités à la dimension écologique, c'est-à-dire celle qui traite des relations avec les composantes biologiques et biogéochimiques. L'objectif n'est pas d'entreprendre la modélisation de l'ensemble des relations environnementales.

Par la suite, l'environnement sera le milieu avec lequel il aura des échanges avec la composante écologique. Ce milieu inclut l'air, l'eau, les sols, les ressources naturelles, la flore, la faune et les êtres humains (aspects biologiques et sociaux).

Cet environnement peut être considéré selon plusieurs niveaux spatiaux :

- Niveau local (sols, nappes phréatiques,...)
- Niveau régional ou continental (fleuves,...)
- Niveau planétaire (atmosphère, climat, océans,...)

L'influence des autres dimensions de l'environnement, à la fois sur le système mais également sur la dimension écologique, ne doit pas être négligée. Au contraire, cette influence, qui peut s'exprimer sous forme de contraintes techniques ou réglementaires, doit faire partie du processus d'évaluation ; chaque système présentant des caractéristiques contextuelles.

Chapitre I : Construction, consommation énergétique et environnement

Les sciences environnementales étudient les éléments du milieu à partir d'une vision anthropocentrique. La notion « environnement », apparue dans le Larousse seulement en 1972 - 100 ans après la notion écologie – reste plus attaché à la physique mécaniste.

*Ecosystème : Tandis que certains auteurs affirment qu'il n'y a pas d'écosystème urbain, d'autres l'étudient sans prendre la peine de le définir. C'est une précaution pourtant élémentaire puisque ce concept a été élaboré à partir de milieux peu anthropisés (Drouin J.M., 1991) donc à l'opposé de la ville.

L'écosystème est un concept vivant, qui a évolué vers une complexité croissante (Acot P., 1988). Son fondateur se référait à la physique pour le situer dans une échelle de systèmes entre l'atome et l'univers (Tansley, 1934), puis Lindeman (1942) y ajouta la notion essentielle de cycle trophique en se référant à la thermodynamique, enfin l'hypothèse Gaia (Lovelock J.E, 1986) introduisit une vision globalisante de la planète qui se réclamait de la cybernétique (Drouin J.M., 1993 ; Delage J.P., 1991).

L'écologie contemporaine serait à la recherche d'un concept «d'intégration supérieur à celui d'écosystème». Ceux de géo système ou même de paysage rapprocheraient «l'écologie et la géographie pour répondre aux demandes sociales concernant l'impact des activités humaines» (Drouin J.M., 1993).

Pour l'inventeur du terme, l'écosystème représente les «sous-ensembles du monde de la nature qui présentent une certaine unité fonctionnelle» (Tansley, 1934 cité par Delage J.P., 1991). Il est aussi défini comme l'association à un environnement physico-chimique spécifique - le biotope - d'une communauté d'êtres vivants, ou «biocénose» (Ramade E, 1987). L'homme fait partie de la biocénose et l'espace qu'il construit, transforme ou utilise, du « biotope ».

Interaction et rétroaction : L'essentiel des échanges entre les deux composantes de l'écosystème, le biotope et la biocénose, a lieu en permanence et de manière paroxystique lors de catastrophes naturelles ou technologiques.

L'aspect brutal des échanges, qui interviennent alors, acquiert une dimension dramatique en raison d'une conjonction de facteurs humains, technologiques et naturels. Citons l'exemple de la récente catastrophe de Drunka (Habib A., 1994) : Un réservoir de pétrole installé en amont d'un cône de déjection a explosé sous l'effet d'un court-circuit dû à un orage. L'événement a tourné en catastrophe en raison de la situation du réservoir, au débouché de l'oued et en amont du village implanté lui aussi sur le cône de déjection : le flux torrentiel de l'eau a porté celui de l'essence enflammée, les deux se combinant pour provoquer un millier de morts environ.

Les relations qui se sont établies entre les diverses composantes (naturelles, humaines, technologiques) révèlent bel et bien un écosystème.

Pour illustrer la notion de ville-système, le dictionnaire de l'urbanisme retient les termes d'écosystème, d'écologie et de « climax ». Car ces notions « permettent de concevoir les rapports d'interaction » dans la ville (Merlin P., Choay E, 1988). Mais ces auteurs se réfèrent plus à la systémique qu'à l'écologie.

* Equilibre : La notion d'équilibre est sans aucun doute la référence à l'écologie la plus fréquente dans la littérature sur l'environnement. Cette notion renvoie au « climax » de la géographie des formations végétales du début du siècle. Il correspond à « une phase d'équilibre entre la communauté végétale et son milieu » (Cléments F. 0916, cité par Drouin, J.M., 1993).

Depuis, l'idée qu'un milieu évoluait vers un état d'équilibre fut remplacée par celle du changement perpétuel. Le « climax » ne représente plus qu'une étape dans une succession d'états. Dans « la réalité écologique, l'équilibre n'est que relatif local et temporaire » (Drouin J.M., 1991).

Néanmoins, on s'y réfère encore pour décrire les catastrophes comme l'expression de la rupture d'un état d'équilibre. Ce dernier correspondant à l'état du système avant l'événement et immédiatement après celui-ci. La référence à un concept qui fut central en écologie mais qui est aujourd'hui dépassé montre les limites d'une transdisciplinarité « par analogie ».

Refuge biologique : Le concept de refuge biologique vise la conservation de la biodiversité associée aux vieilles forêts vierges par l'élaboration d'un réseau de forêts de faible superficie où la protection intégrale est assurée de façon permanente. La protection de ces refuges permet de conserver une variété d'habitats ainsi que les espèces floristiques et fauniques qui y sont associées. Les multiples refuges, répartis sur le territoire québécois, diminuent la possibilité qu'une perturbation ne détruise en totalité l'habitat protégé. Le pourcentage de territoires ciblés pour les refuges biologiques est fixé à 2 % de la superficie forestière productive de chaque unité d'aménagement forestier (Leblanc et Déry, 2005). Les refuges biologiques sont considérés comme un outil complémentaire à la stratégie d'établissement du réseau des aires protégées.

1.2.2 Éléments composants l'environnement

Milieu physique : Les composantes du milieu physique susceptibles d'être touchées par un projet durant les phases d'aménagement, d'exploitation et de démantèlement sont les suivantes :

- la stabilité des substrats ;
- la qualité des sols ;

Chapitre I : Construction, consommation énergétique et environnement

- le drainage des eaux de surface ;
- la qualité des eaux de surface ;
- la qualité des eaux souterraines.

Milieu biologique : Les composantes du milieu biologique susceptibles d'être touchées par un projet pendant les phases d'aménagement, d'exploitation et de démantèlement sont les suivantes :

- La végétation ;
- les mammifères (incluant les chiroptères) ;
- l'herpétofaune ;
- l'ichtyofaune ;
- l'avifaune.

Milieu humain : Les composantes du milieu humain susceptibles d'être touchées par un projet durant les phases d'aménagement, d'exploitation et de démantèlement sont les suivantes :

- le profil socioéconomique ;
- l'utilisation du territoire ;
- les infrastructures ;
- l'archéologie ;
- le milieu visuel ;
- l'environnement sonore ;
- la sécurité publique ;
- la qualité de vie et santé humaine.

1.2.3 La notion d'impact environnemental

Certains auteurs utilisent indistinctement les termes d'impact, d'effet ou encore d'incidence environnementale pour désigner les conséquences des activités humaines sur le milieu environnant. Pour plus de clarté, en particulier en raison de l'ambiguïté qui existe entre les termes

impact et effet, la Figure illustre les relations entre une (des) source(s) et un (des) impact(s).

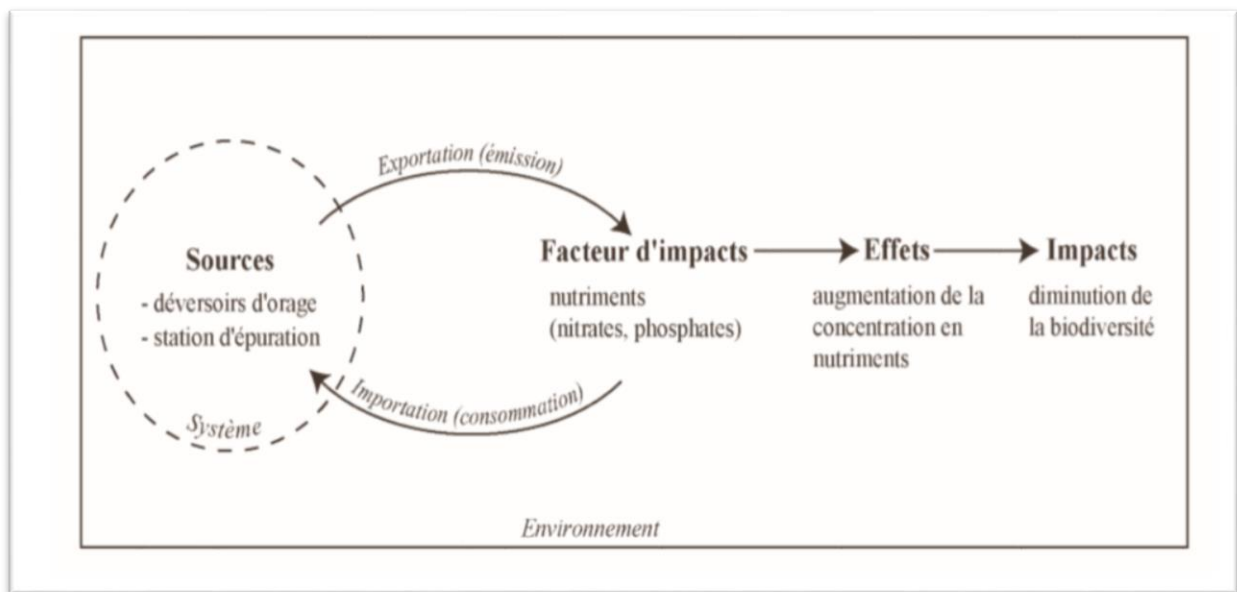


Figure 1 : relation entre source et impact

Les termes de la Figure sont explicités ci-dessous.

Source : une source est un élément physique du système, qui en raison des processus dont elle est le siège, exerce une influence sur l'environnement pendant le cycle de vie du système. La station d'épuration et les déversoirs d'orage sont des éléments du système qui déversent ou sont susceptibles de déverser des eaux usées dans la rivière. D'un point de vue systémique les sources correspondent aux processeurs et font partie du système opérant.

Facteur d'impacts (ou charges) : un facteur d'impacts est un bien tangible (substance chimique, ressource, matière, ...). La variation de sa quantité (concentration, volume, masse,...) se traduit par une modification de la qualité de l'environnement. Un facteur d'impacts peut être exporté (émis) dans l'environnement ou importé (consommé) depuis l'environnement, par une source. Les substances émises sont des facteurs d'impacts et leur flux correspond aux interactions entre le système et son environnement.

Effet : un effet environnemental est le résultat du rejet ou du prélèvement d'un facteur d'impacts. Il existe entre les sources, les facteurs d'impacts et les effets des relations causales régies par des processus physiques, chimiques ou biologiques. Les mécanismes en jeu modifient les caractéristiques de l'environnement. Parfois, les phénomènes physiques liés à l'environnement sont tels que des effets primaires entraînent des effets secondaires, également dans une relation de cause à effet. Dans la Figure, l'introduction de nitrates et de phosphates entraîne l'augmentation des concentrations ce qui, contribue au phénomène d'eutrophisation des lacs et rivières. Une des

manifestations de l'eutrophisation sera à terme une baisse de la concentration en oxygène dissous. La baisse de la concentration en oxygène dissout est un effet secondaire.

Impact : un impact est la conséquence et la signification, pour les cibles réceptrices (êtres humains et écosystèmes), d'un effet environnemental. L'impact se place du point de vue des récepteurs concernés par les effets, et la relation d'effet à impact est délicate à définir. Les impacts peuvent se présenter eux-mêmes en chaînes, formant des séries souvent complexes et encore mal connues. Par exemple, les modifications morphologiques du milieu récepteur liées à l'eutrophisation du milieu conduisent à une disparition de certaines espèces animales et végétales.

Les relations entre chaque concept sont multiples et souvent complexes. Une source peut émettre ou consommer plusieurs facteurs d'impacts. Ces mêmes facteurs d'impacts sont, à leur tour, susceptibles de provoquer plusieurs effets et impacts sur l'environnement. L'évaluation de la contribution des différentes sources à un seul impact ou à un groupe d'impacts sur le même milieu (par exemple l'eau) n'est pas toujours réalisable. Il est possible que les données nécessaires à cette évaluation fassent défaut ou que les processus ne soient pas connus pour distinguer les différentes contributions.

1.2.4 Les défis environnementaux

Pollution urbaine : La pollution est la contamination de l'air, de l'eau ou du sol par des substances qui altèrent le fonctionnement naturel des écosystèmes, ainsi que la qualité de vie et la santé humaine. C'est la conséquence des progrès techniques de l'humanité et de la concentration des activités.

La pollution nuit à la terre à plusieurs niveaux allant de sa couche extérieure (atmosphère,...) jusqu'à ses profondeurs (nappes phréatiques,...).

L'effet de serre et le réchauffement climatique : L'effet de serre est un phénomène naturel provoquant une élévation de la température à la surface de notre planète. Indispensable à notre survie, ce fragile équilibre est menacé. Les activités humaines affectent la composition chimique de l'atmosphère et entraînent l'apparition d'un effet de serre additionnel, responsable en grande partie du changement climatique actuel.

Les différentes composantes de l'effet de serre sont : Les gaz à effet de serre (vapeur d'eau, gaz carbonique, méthane...) sont pratiquement transparents au rayonnement solaire (longueur d'onde du visible) et opaques au rayonnement infrarouge émis par la Terre. La chaleur est piégée.

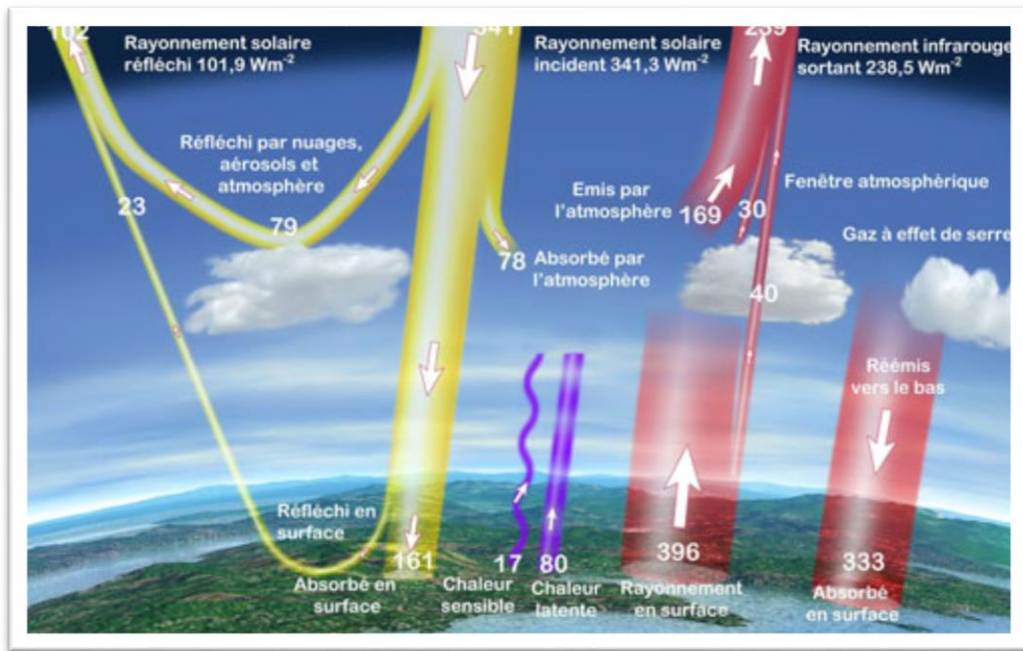


Figure 2: effet de serre. Source : météo France / François poulain

La lutte contre le réchauffement climatique est un des plus importants défis actuels auxquels doit se confronter l'humanité. Les conséquences du réchauffement climatique sont multiples et ont divers degrés d'impact et de réversibilité. On pourra citer entre autres que l'on peut s'attendre à une fonte des glaces aux pôles, à des phénomènes naturels extrêmes plus fréquents, une mise en péril d'espèces animales et florales, etc... [GIEC, 2007].

La cause principale de ce dérèglement climatique est, ainsi que de manière plus générale la perturbation des écosystèmes et l'exploitation des ressources naturelles, très probablement l'activité humaine. En effet, l'évolution rapide et alarmante de concentration de gaz à effet de serre (comme le CO_2) depuis les années 1850 coïncide avec une activité humaine qui s'est alors grandement développée avec l'ère de la révolution industrielle [MULT, 2003].

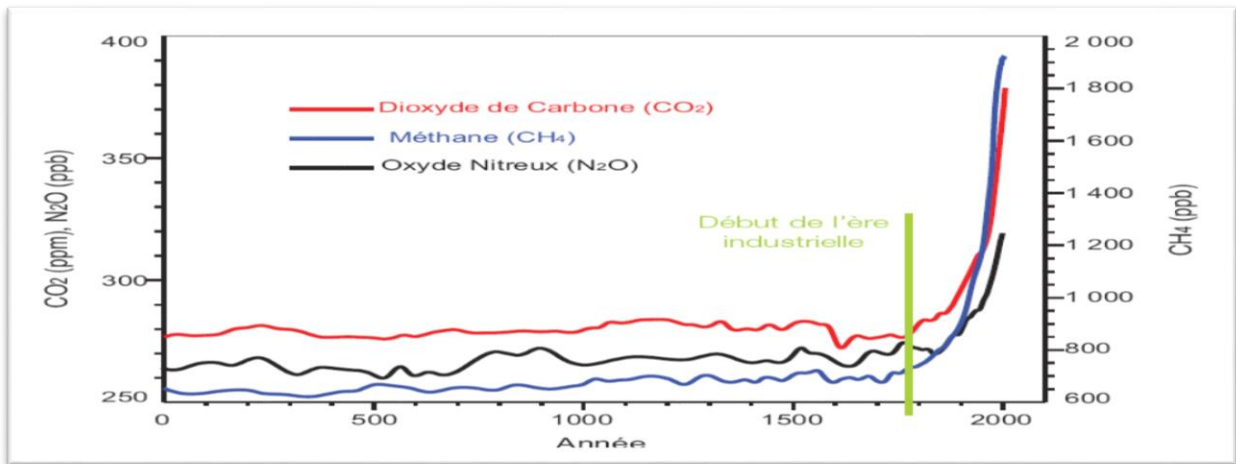


Figure 3: Evolution du taux de concentration de différents gaz à effet de serre depuis 2000 ans.

Source : GIEC.

Du fait des activités humaines, les concentrations de gaz à effet de serre ont fortement augmenté entre la période préindustrielle et la période actuelle, comme l'illustre la figure de droite pour le dioxyde de carbone, le méthane et l'oxyde nitreux (l'augmentation de la concentration des gaz fluorés de synthèse n'est pas représentée... tout simplement parce qu'ils n'existaient pas dans l'atmosphère avant d'être émis par l'homme au cours de la seconde moitié du 20^e siècle !). (ppm = partie par million, c'est à dire une molécule pour 1 million de molécules. ppb = partie par milliard, c'est à dire une molécule pour un milliard de molécules)

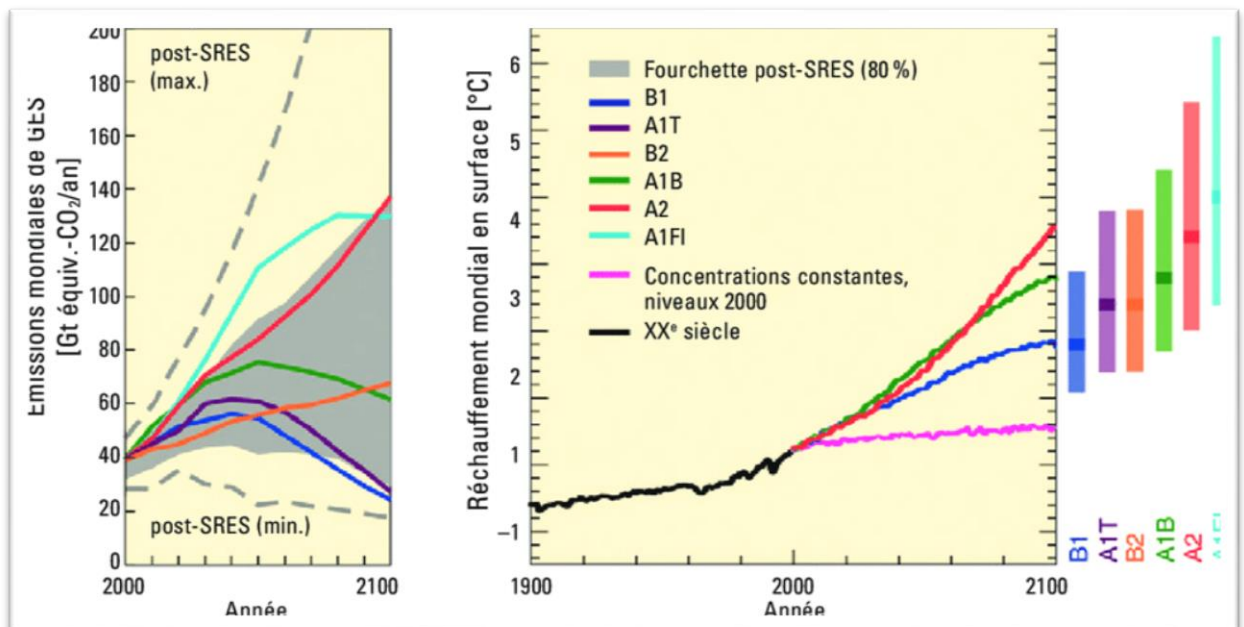


Figure 4: Scénarios d'émissions de GES pour la période 2000–2100 (en l'absence de politiques climatiques additionnelles) et projections relatives aux températures en surface (Tiré d'IPCC, 2007).

A gauche : Émissions mondiales de GES (en Gt équiv.-CO₂) en l'absence de politiques climatiques : six scénarios illustratifs de référence (SRES, lignes colorées) et intervalle au 80e percentile des scénarios publiés depuis le SRES (post-SRES, partie ombrée). Les lignes en pointillé délimitent la plage complète des scénarios post-SRES. Les GES sont le CO₂, le CH₄, le N₂O et les gaz fluorés.

À droite : Les courbes en trait plein correspondent aux moyennes mondiales multi-modèles du réchauffement en surface pour les scénarios A2, A1B et B1, en prolongement des simulations relatives au XXe siècle. Ces projections intègrent les émissions de GES et d'aérosols de courte durée de vie. La courbe en rose ne correspond pas à un scénario mais aux simulations effectuées à l'aide de modèles de la circulation générale couplés atmosphère-océan (MCGAO) en maintenant les concentrations atmosphériques aux niveaux de 2000. Les barres sur la droite précisent la valeur la plus probable (zone foncée) et la fourchette probable correspondant aux six scénarios de référence du SRES pour la période 2090-2099. Tous les écarts de température sont calculés par rapport à 1980-1999.

1.3 La consommation énergétique

1.3.1 L'énergie

La raréfaction des ressources fossiles (pétrole, gaz, charbon), la recherche d'une moindre dépendance énergétique et la lutte contre les émissions de gaz à effet de serre, imposent de plus en plus le recours à des sources d'énergies renouvelables. C'est dans ce contexte que ces énergies sont devenues plus que jamais d'actualité.

Par définition, une énergie renouvelable est une énergie produite à partir d'une source qui, contrairement aux énergies fossiles, se régénère au moins au même rythme que celui auquel on l'utilise. Le soleil étant la source de réapprovisionnement énergétique quotidien qui crée le vent et la pluie, son énergie constamment renouvelée peut être récoltée et consommée sans polluer l'environnement.

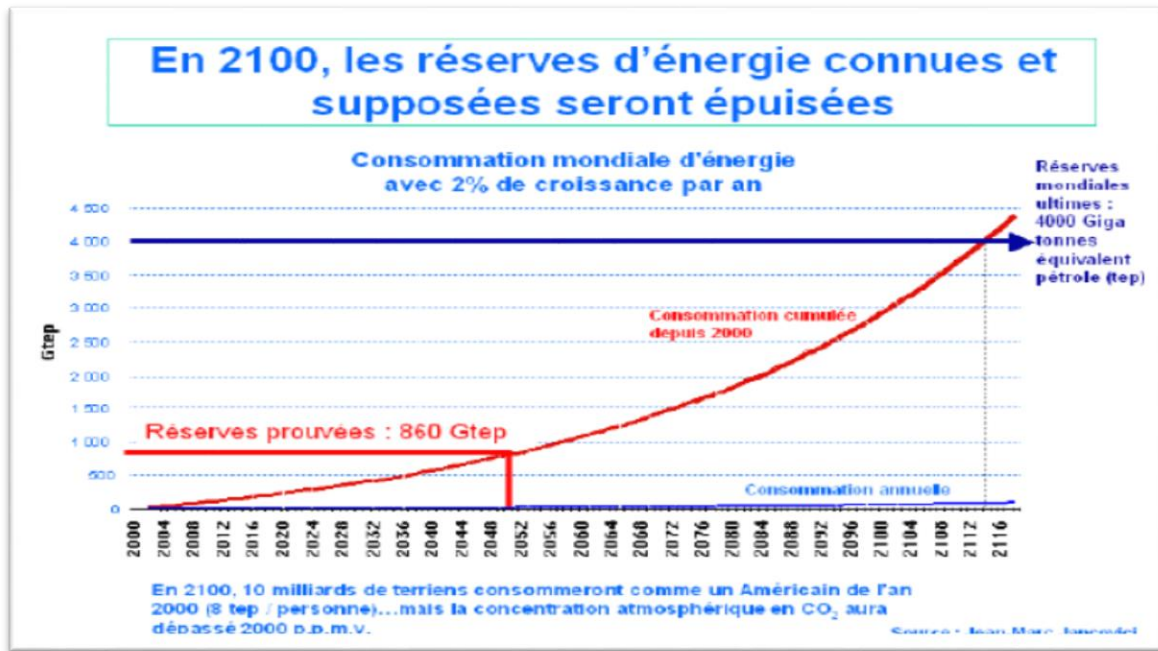


Figure 5: Ressources énergétiques fossiles et consommation d'énergie. Source : Jean Marc Jancovici (SIDLER, 2007).

Les énergies renouvelables constituent une solution respectueuse de l'environnement. Elles permettent d'acquérir une certaine autonomie énergétique et de réaliser des économies moyennes et long terme. Selon Sidler, (2007), dans la situation d'urgence actuelle, il faut d'abord maîtriser l'énergie parce que c'est facile et spectaculaire, puis rechercher des solutions énergétiques de substitution pérennes capables de répondre à nos besoins à long terme.

1.3.1.1 Le secteur du bâtiment : principal consommateur énergétique dans le monde

L'énergie est à l'heure actuelle omniprésente dans l'activité humaine tant l'ensemble de la vie humaine quotidienne est dépendante d'objets qui requièrent de l'énergie transformée pour fonctionner et aussi pour les fabriquer. L'accès à l'énergie et la production d'énergie, qui provient en grande partie des énergies fossiles émettrices massives de CO₂ (principal gaz à effet de serre identifié) (voir la répartition d'émission de CO₂ dans le monde figure 3), constituent dès lors des problématiques énergétiques auxquelles doivent se confronter les sociétés actuelles car celles-ci impliquent des dimensions environnementales, économiques et politiques d'envergure.

Dans ce cadre, la réduction de la consommation énergétique est indispensable [COCH, 2009]: - pour des raisons éthiques : actuellement, 28% de la population mondiale consomment 77% de l'énergie produite dans le monde, les 72% de la population restant se partageant les 23% restants de l'énergie produite - pour des raisons stratégiques : l'Europe et en particulier la France, dépendent d'autres pays pour son approvisionnement en énergies fossiles, dont certains sont plutôt

Chapitre I : Construction, consommation énergétique et environnement

instables politiquement (Afghanistan, Libye, Irak,...). - pour des raisons financières : la facture annuelle d'électricité est aujourd'hui l'un des principaux postes de dépenses des ménages européens.

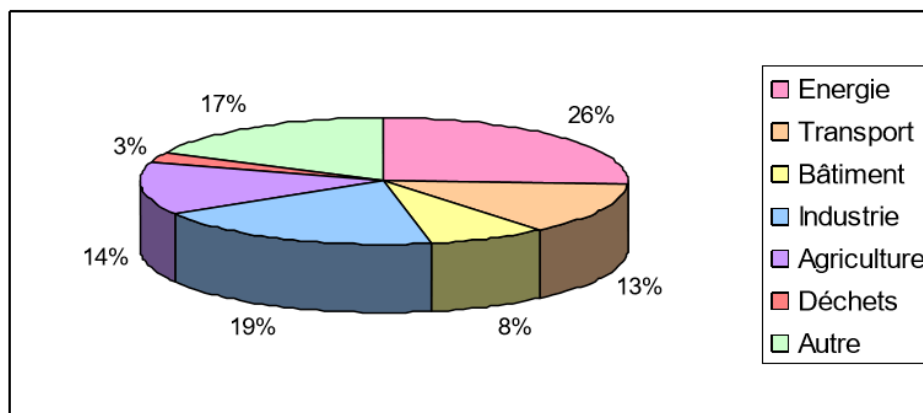


Figure 6: répartition par sources des émissions de CO2 dans le monde. Source : GIEC, 2007

Parmi les postes de consommation d'énergie, le secteur du bâtiment (résidentiel et tertiaire) fait partie des postes les plus importants d'émission de CO2, compte tenu de l'importance et de la diversité des énergies consommées (figure 3). En effet, le secteur du bâtiment représente le plus important secteur consommateur d'énergie au niveau mondial : 37% de la consommation énergétique mondiale en 2008 (figure4). Cette demande énergétique, compte tenu de l'accroissement de la démographie mondiale, ne cesse de croître (+ 35% depuis 1990 [AIE, 2010])). On se rend compte que les autres secteurs de consommation ont, dans le même temps, eu une progression moins importante voire, en terme d'émissions de gaz à effet de serre, une progression inverse en réduisant leur impact grâce à des réglementations strictes [AIE, 2010].

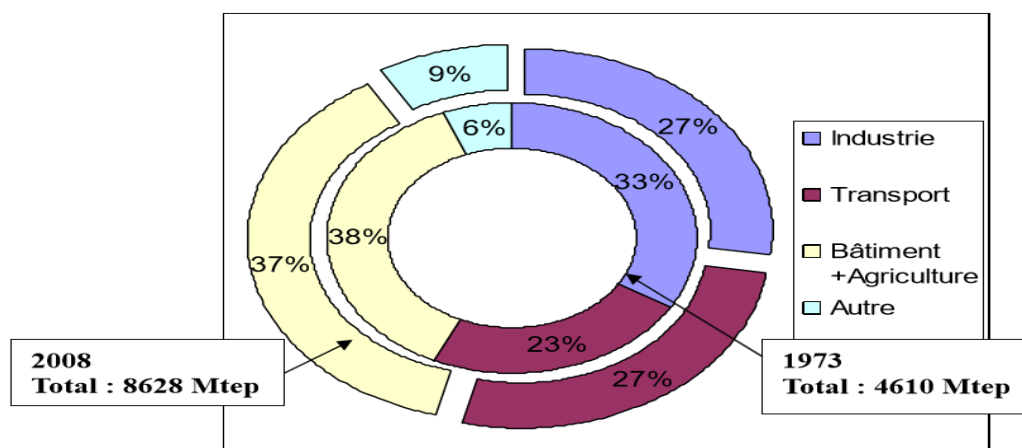


Figure 7: répartition de la consommation énergétique mondiale par secteur. Source : AIE, 2010.

1.3.2 La consommation énergétique en Algérie

1.3.2.1 Consommation énergétique par type d'énergie en Algérie

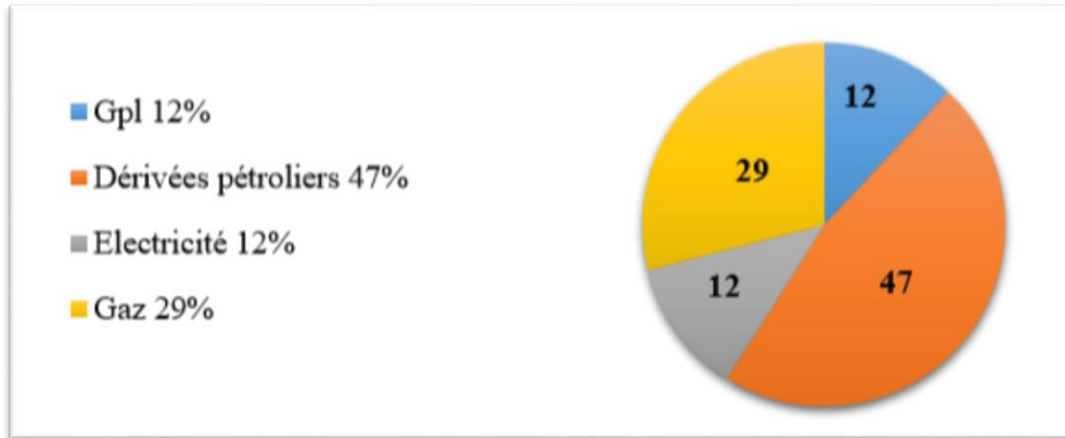


Figure 8: Consommation énergétique finale en Algérie en 2005 (APRUE, 2007)

La consommation énergétique en 2005 a comme source exclusive des énergies de nature primaires (Gaz et pétrole). L'Algérie reste massivement dépendante aux produits pétroliers qui représentent quasiment la moitié de l'assiette énergétique globale. Le constat s'inverse puisque la production électrique repose presque entièrement sur une production à base de centrales alimentées aux gaz, dans ce cas, ce dernier devient la source dominante. Le GPL qui représente 12 % est un sous-produit gazier. Nous arrivons donc à 41% d'énergie d'origine gazière.

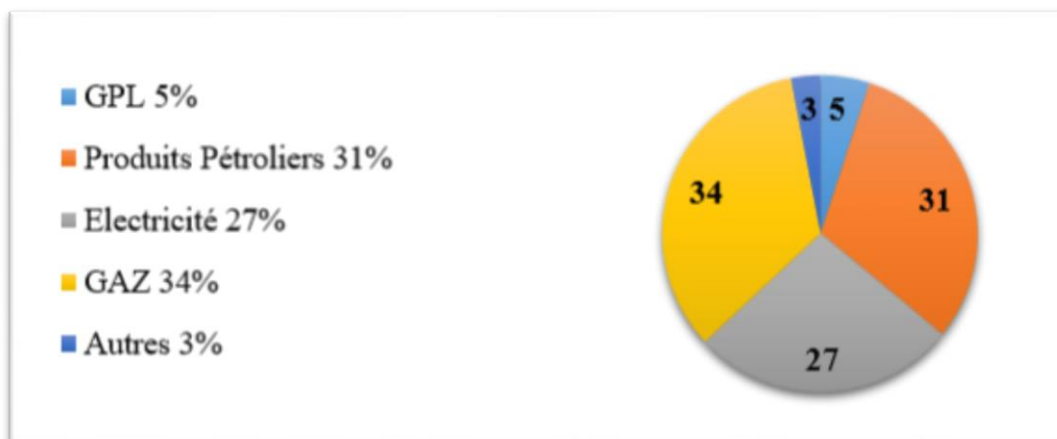


Figure 9: Consommation énergétique finale en Algérie en 2010 (APRUE, 2010)

En 2010 la consommation finale par type d'énergie montre que : les produits pétroliers sont en nets replis passant de 47% à 31%, l'électricité a progressé passant de 12% à 27%, le gaz se stabilise plus au moins en gagnant cinq points culminants ainsi à 34% et le GPL est lui le grand perdant en chutant de 12% à seulement 5% de la consommation globale.

1.3.2.2 La consommation énergétique en Algérie par secteur

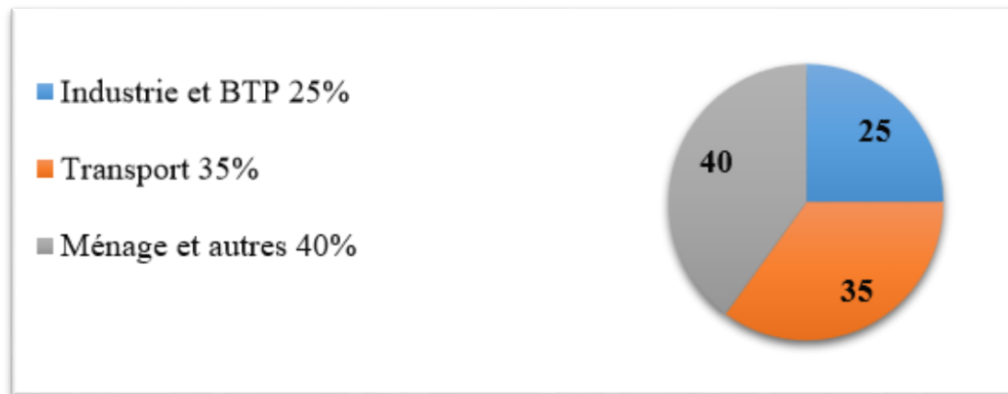


Figure 10: Consommation énergétique finale en Algérie par secteur en 2005 (APRUE, 2007)

En 2005, Le secteur des ménages et autres, est le secteur qui inclut le secteur résidentiel-tertiaire avec le secteur de l'agriculture, est le secteur le plus demandeur d'énergie avec 40%, l'industrie a une part de 25% et le transport 35%.

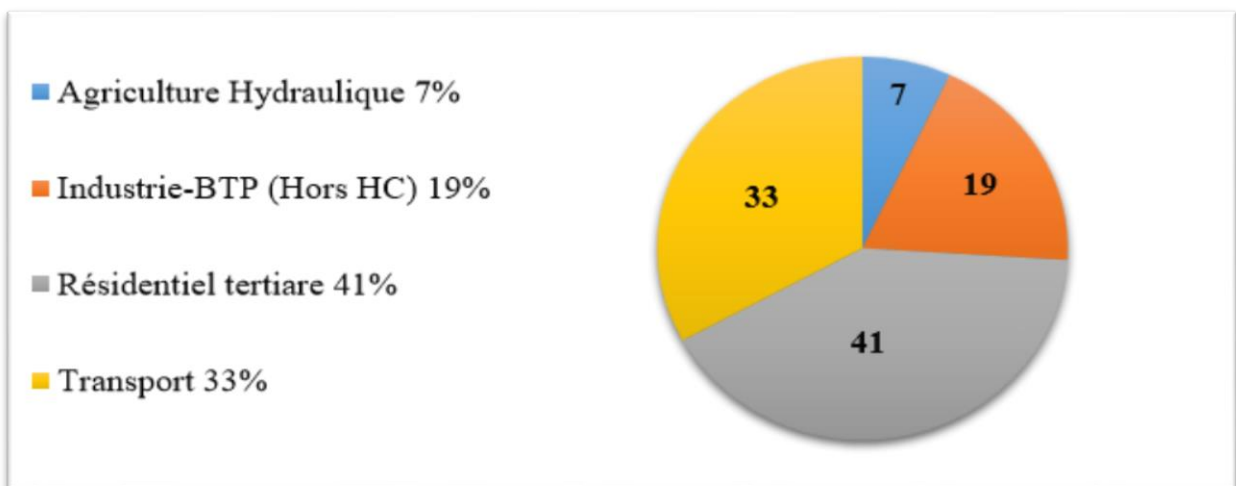


Figure 11: Consommation énergétique finale en Algérie par secteur en 2010 (APRUE, 2010)

En 2010, le secteur résidentiel-tertiaire est celui qui demande le plus d'énergie avec pas moins de 41%, suivi du secteur du transport avec 33%, vient ensuite loin le secteur de l'industrie et de l'agriculture avec respectivement 19% et 7%. Ces statistiques indiquent qu'il est urgent de rééquilibrer la consommation en passant par une politique de réduction de la consommation et/ou un réajustement à travers l'efficacité énergétique dans le secteur du bâtiment. Comparé à l'année 2005, en 2010 le secteur résidentiel-tertiaire reste encore le plus énergivore, d'autant plus que la consommation du secteur de l'agriculture est comptabilisée séparément du secteur résidentiel-tertiaire.

1.3.3 La consommation énergétique dans le secteur tertiaire

Le secteur tertiaire regroupe l'ensemble des activités de services, c'est-à-dire toutes les activités qui ne sont ni agricoles, ni industrielles ni de construction. Il s'agit de la plus grande partie de la production et des emplois de la nation : 62% de la valeur ajoutée et 72% des emplois. Les consommations et les surfaces par branches se répartissent de la façon suivante :

Consommation d'énergie et parc tertiaire en 1998	Milliers de tep	Surfaces chauffées (millions de m ²)
Total du secteur tertiaire	27500	769
Commerces	7003	179
Bureaux, Administration	7342	160
Enseignement, Recherche	2779	160
Santé, Action sociale	2965	89
Sport, loisirs, culture	(1)	55
Café, hôtel, restaurant	2750	52
Habitat communautaire	(1)	51
Transport	(1)	23

Tableau 1: Les consommations et les surfaces des activités

(1): La consommation des branches sport, habitat communautaire et transport est de 4400 milliers de tep

Les commerces, les bureaux et l'administration représentent la moitié de la consommation et du parc du secteur. La structure de la consommation d'énergie est la suivante, par branche et par énergie :

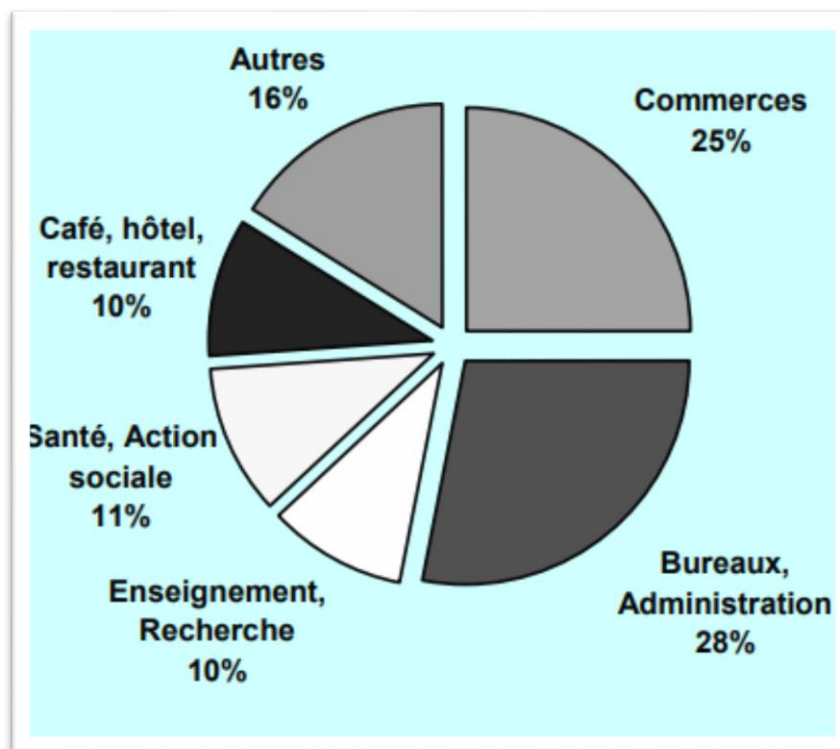


Figure 12: La structure de la consommation d'énergie par branche

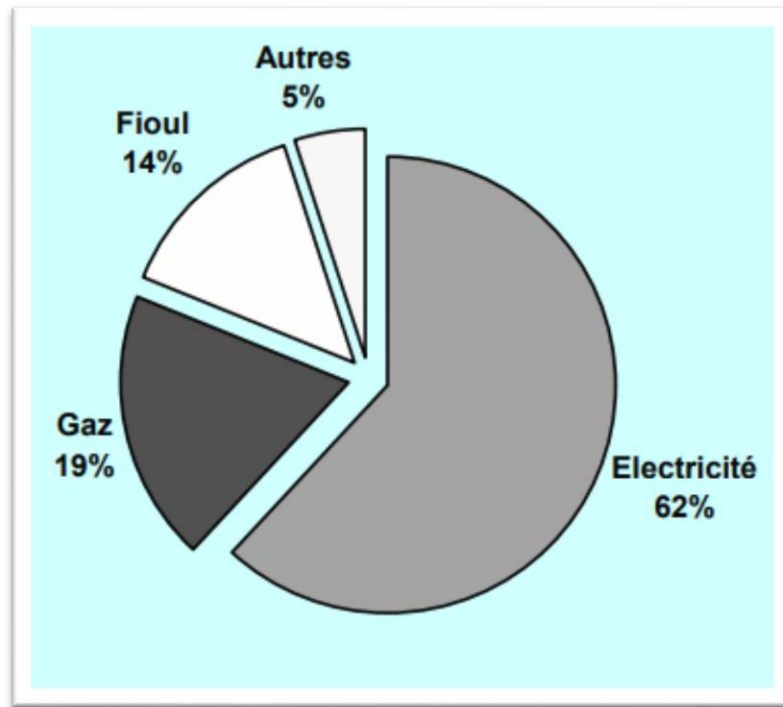


Figure 13: La structure de la consommation d'énergie par énergie

1.3.4 La consommation énergétique dans le secteur hôtelier

1.3.4.1 Le secteur hôtelier : Un secteur énergivore

Le parc d'hôtels, cafés et restaurants représente environ 10% de l'ensemble des bâtiments tertiaires. Ces bâtiments consomment 241 kWh/m²/an, soit une facture énergétique moyenne de 21,6 €/m²/an. Les experts de l'énergie estiment que ce sont les filières du domaine tertiaire qui sont susceptibles d'obtenir les économies d'énergie les plus importantes. Ceci grâce à la conception propre à ces bâtiments ; effectivement ces structures facilitent un zonage précis des consommations d'énergie ce qui permet une industrialisation des solutions de management énergétique. Mesurer et analyser ces dépenses énergétiques apparaît alors comme indispensable dans un tel contexte.

En outre, le secteur de l'hôtellerie est un secteur fortement impacté par le besoin de confort des occupants, ce qui en fait donc des bâtiments particulièrement énergivores. Les clients des hôtels ont tendance à modifier leurs usages des énergies (lumière, électricité, eau, etc.) lors de leurs séjours. Prenons l'exemple de l'eau : un client consomme en moyenne 300 litres d'eau par nuitée d'hôtel contre 150 litres à son domicile personnel.

Dès lors, il apparaît comme indispensable pour les responsables hôteliers de mettre en place des solutions de management énergétique visant à réaliser des économies d'énergie.

1.3.4.2 Les besoins en énergie

Le secteur de l'hôtellerie rencontre une problématique supplémentaire puisque les besoins en énergie ne sont pas similaires selon le type d'établissement. La superficie, la conception, le standing, l'ancienneté, le climat, le taux d'occupation ainsi que le nombre de chambres influencent, parfois de façon conséquente, la consommation d'énergie des différents bâtiments. Il est donc difficile pour les hôteliers de mener un projet de management de l'énergie homogène sur l'ensemble de leur parc immobilier.

La structure même de l'hôtel considéré influence la consommation d'énergie. Assurément, un bâtiment ancien consommera davantage qu'un bâtiment récent. Cette consommation varie d'autant plus selon la nature de l'installation technique : chaufferie gaz, installation thermodynamique chaud et froid, climatisation, ventilation, LED ou éclairage traditionnel.

Un hôtel dispose en moyenne de 36 chambres. Ce chiffre est nettement inférieur pour les hôtels indépendants (25 chambres en moyenne) et grimpe considérablement pour les chaînes d'hôtels (82 chambres en moyenne).

En conséquence, la consommation moyenne par hôtel est de 240kWh/m²/an. Pour autant, les raisons énumérées ci-dessus font varier les consommations de chaque hôtel. Certains peuvent consommer jusqu'à 500kWh/m²/an tandis que d'autres peuvent ne consommer que 50kWh/m²/an, pour les hôtels très optimisés à énergie positive. Les consommations et ratios des hôtels sont répartis selon le standing des hôtels, leur nombre d'étoiles :

	Hôtel 1 étoile			Hôtel 2 étoiles			Hôtel 3 étoiles			Hôtel 4 étoiles		
	Min	Moy	Max	Min	Moy	Max	Min	Moy	Max	Min	Moy	Max
Coût énergétique / chambre louée (F/ch)	4.49	5.33	6.8	6.64	10.26	16.68	11.88	20.04	28.14	19.31	24.75	33.36
Coût eau / chambre louée (F/ch)	1.35	3.15	4.67	1.97	3.67	5.93	3.85	5.71	8.65	2.11	4.67	8.43
Coût électricité / chambre louée (F/ch)	3.66	4.78	6.8	6	9.34	16.68	11.88	19.61	28.14	13.05	17.36	22.12
Consommation énergie (kWh/m ²)	144.5	181.48	267.5	174.85	260.57	372	182	269	345	200.09	289.53	332.31
Consommation énergie (kWh/chambre)	3595	3838	4631	5272	6831	9300	9437	11831	15380	11189	16719	21002
Puissance électrique souscrite par chambre(W/ch)	796	1319	1543	902	1636	2800	1985	2836	3597	1529	1796	2296

Tableau 2 : La consommation énergétique des hôtels

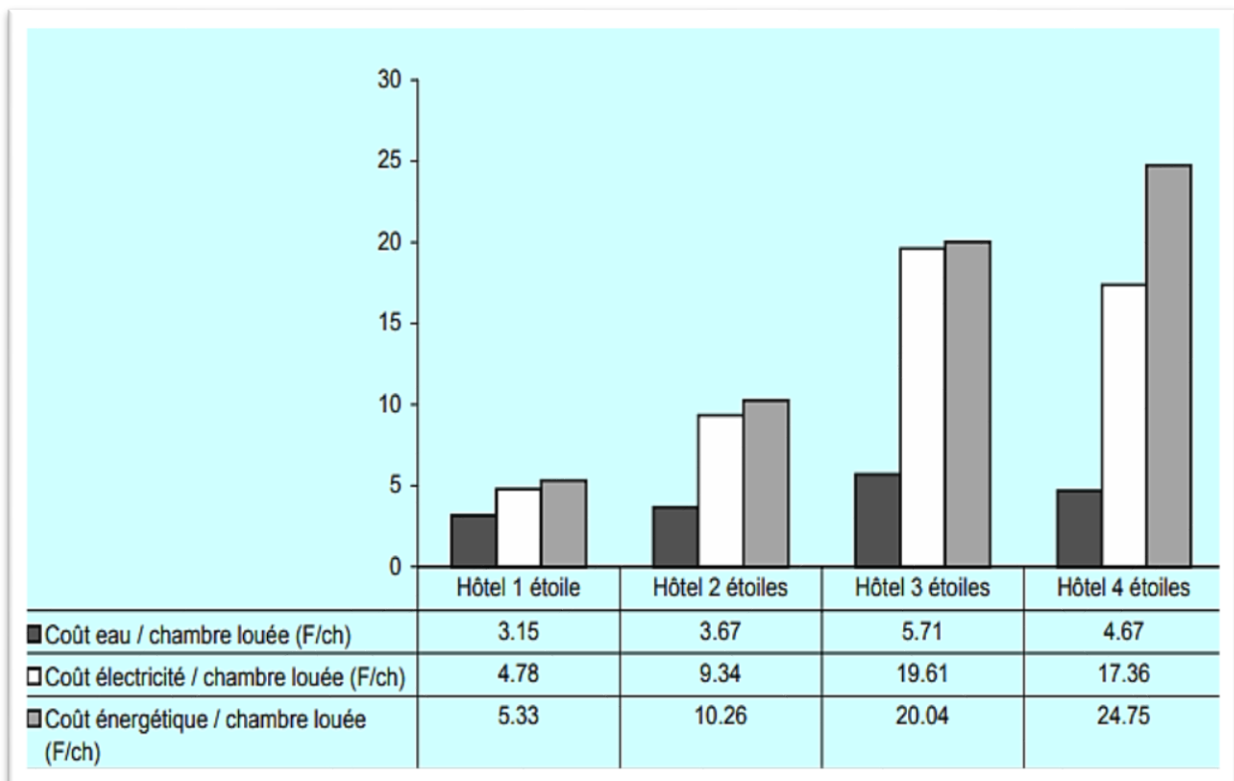


Figure 14: Graphique récapitulatif

Chapitre I : Construction, consommation énergétique et environnement

La répartition des consommations d'énergie des hôtels se fait comme suit :

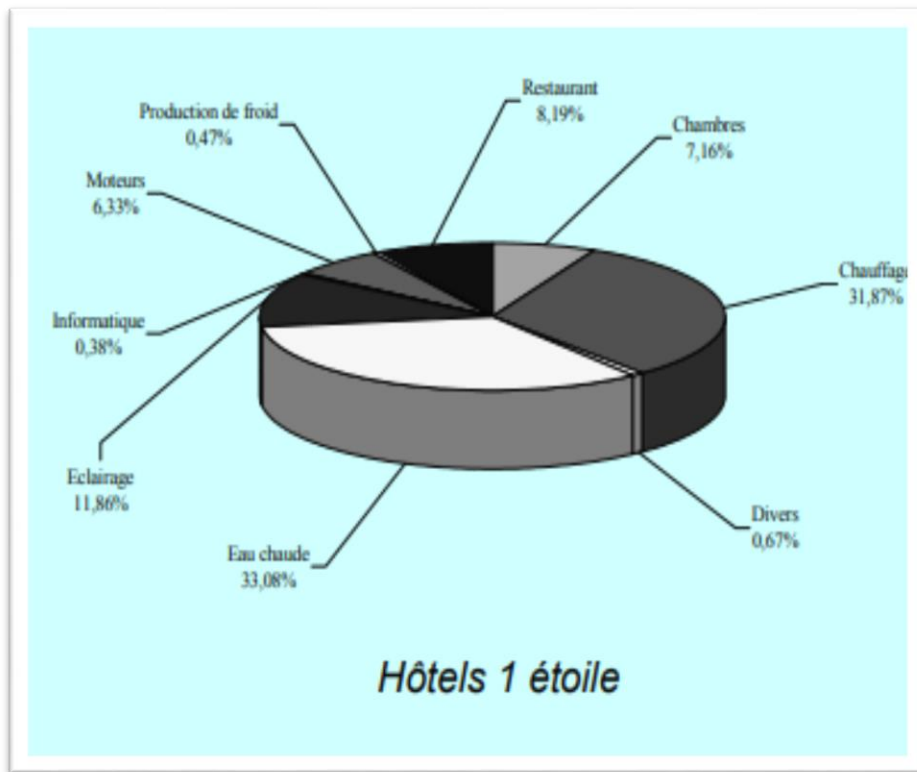


Figure 15: La répartition des consommations d'énergie dans les hôtels 1 étoile

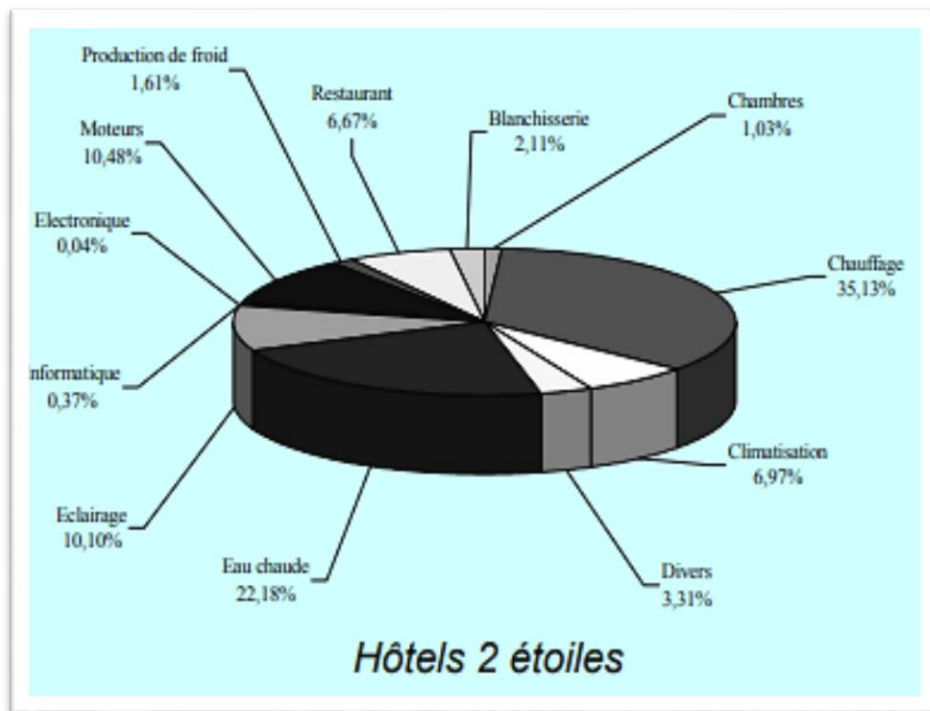


Figure 16: La répartition des consommations d'énergie dans les hôtels 2 étoiles

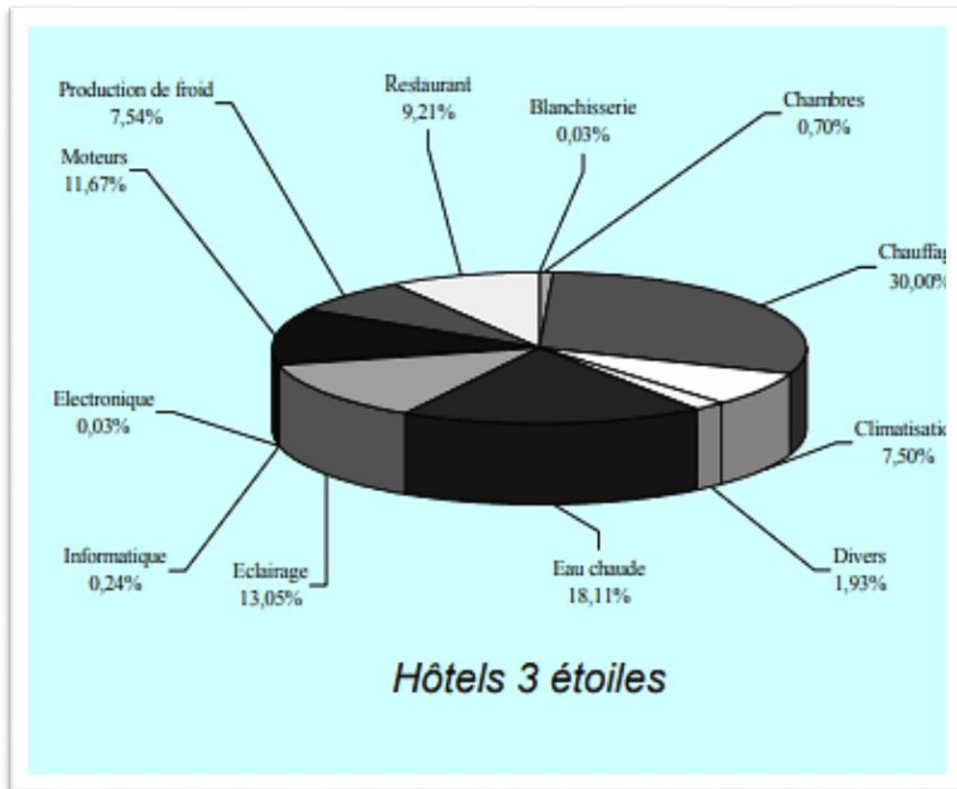


Figure 17: La répartition des consommations d'énergie dans les hôtels 3 étoiles

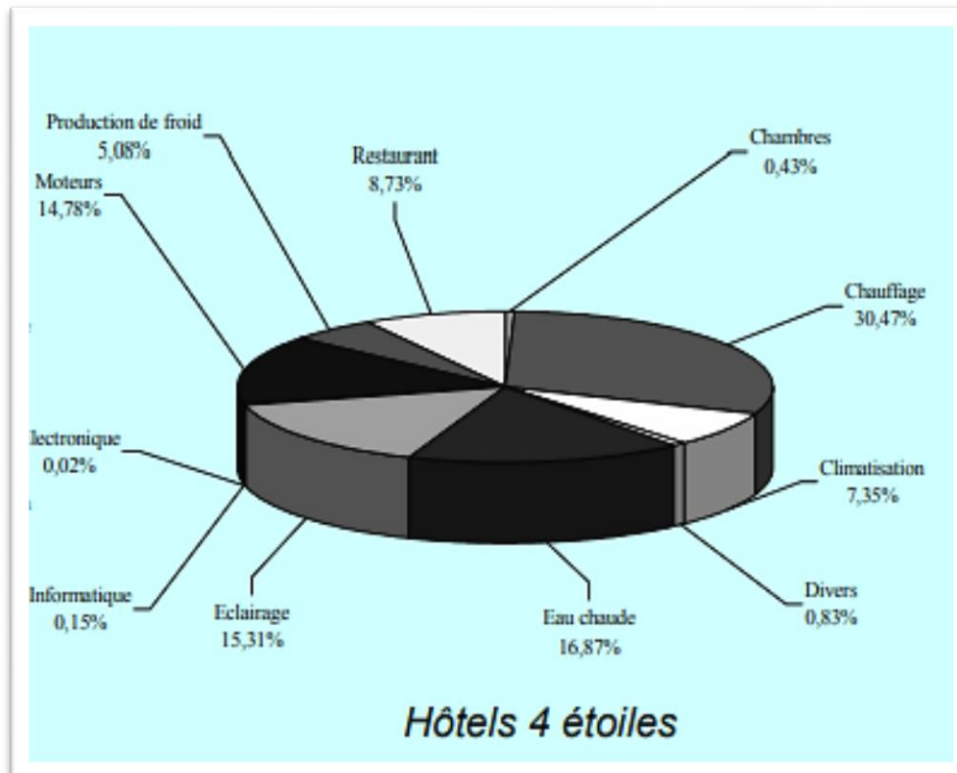


Figure 18: La répartition des consommations d'énergie dans les hôtels 4 étoiles

	Hôtels une étoile		Hôtels deux étoiles		Hôtels trois étoiles		Hôtels quatre étoiles	
	Part des usages	Consommation kWh / m ²	Part des usages	Consommation kWh / m ²	Part des usages	Consommation kWh / m ²	Part des usages	Consommation kWh / m ²
Chauffage	32%	58	35%	91	30%	81	30%	87
ECS	33%	60	22%	57	18%	48	17%	49
Cuisine	8%	14	7%	18	9%	24	9%	26
Autres	27%	49	36%	94	43%	116	44%	128
Consommation globale	100%	181	100%	261	100%	269	100%	290

Tableau 3: Consommations par usage

Les résultats disponibles sont regroupés dans le graphique suivant

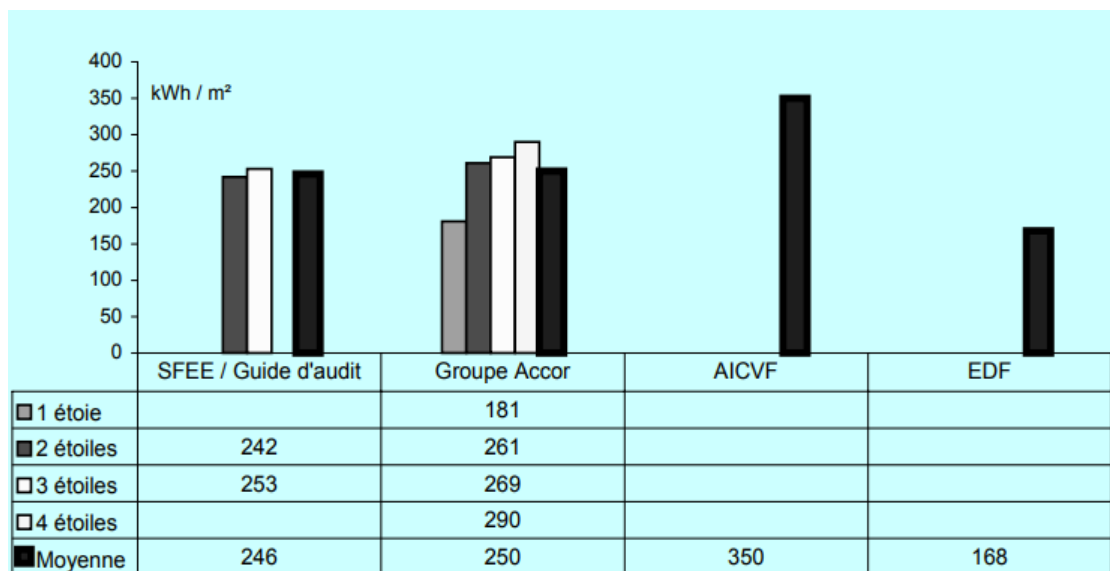


Figure 19: Graphique des résultats

1.3.4.3 Récapitulatif

Ratio de consommation moyenne : 250 kWh / m²

Ratio de coût énergétique : 15.1 F / chambre louée

Ratio de coût de dépense d'eau : 4.3 F / chambre louée

Ratio de coût de l'électricité : 12.8 F / chambre louée

Ratio de consommation d'énergie : 9805 kWh / chambre

Ratio de consommation par usage :

- Chauffage 79 kWh / m²
- ECS 54 kWh / m²
- Cuisine 21 kWh / m²
- Autres 97 kWh / m²

1.4 Construction et environnement

1.4.1 Le climat en Algérie

1.4.1.1 Définition du climat

Le climat est une ressource naturelle qui affecte une bonne partie des activités humaines telles que la production agricole, la consommation d'énergie, l'utilisation de certaines ressources comme l'eau etc. son influence sur notre vie est très grande. Donc, il faut l'observer, l'étudier pour le reconnaître et le quantifier. Le terme climat est d'origine grecque « Klima » qui signifie l'inclinaison de la terre par rapport au soleil. Il dépend des conditions moyennes de température, de vent et de précipitations existantes à un moment donné. Il résulte de la superposition des types de temps caractéristiques d'une région plus ou moins étendue suivant que l'on considère avoir des climats zonaux, généraux ou régionaux (Cité par Nadia. K, intégration du concept bioclimatique et utilisation rationnelle de l'énergie dans le bâtiment tertiaire en climat méditerranéen (cas de l'Algérie). Mémoire de magister à l'université de Tizi Ouzou).

1.4.1.2 Données géographiques

D'une superficie de 2.381.741 km², l'Algérie présente une diversité de zones climatiques qu'on peut classer en trois catégories : **Le Tell** (climat tempéré humide de type méditerranéen), **les Hautes plaines** (climat de type continental) et **le Sahara** (climat aride et sec).

Elle est comprise entre la latitude 18° et 38° Nord, et entre 9° de longitude Ouest, et 12° de longitude Est, le méridien international 0° Greenwich passant près de Mostaganem.

Les distances entre le Nord et le Sud, l'Est et l'Ouest varient de 1500 à 2000 Km. Plus de 4/5 de sa superficie est désertique. D'où une large variété géographique et climatique allant du littoral au désert.

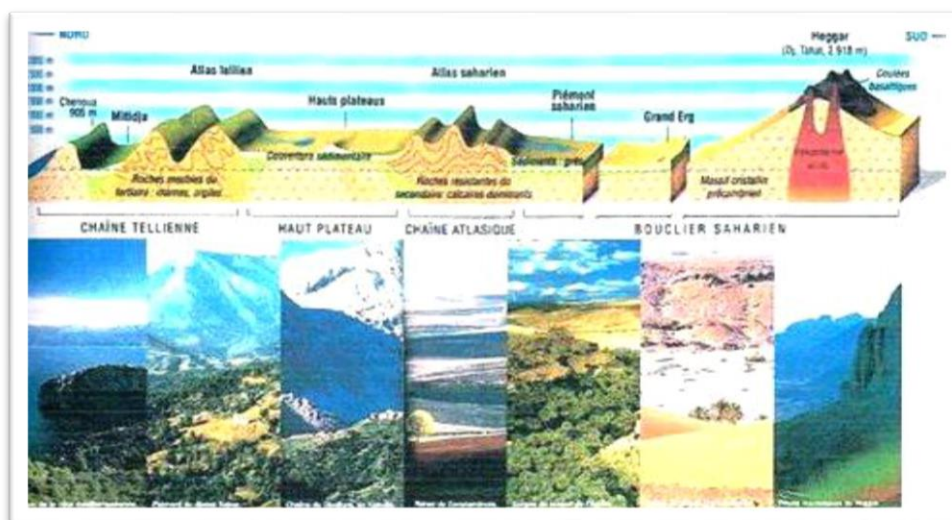


Figure 20: Coupe transversale Nord-Sud du relief. Source : (OULD-HENIA, 2003).

1.4.1.3 Les zones climatiques en Algérie

La classification climatique en Algérie permet de distinguer deux grandes catégories : les zones climatiques d'hiver et les zones climatiques d'été.

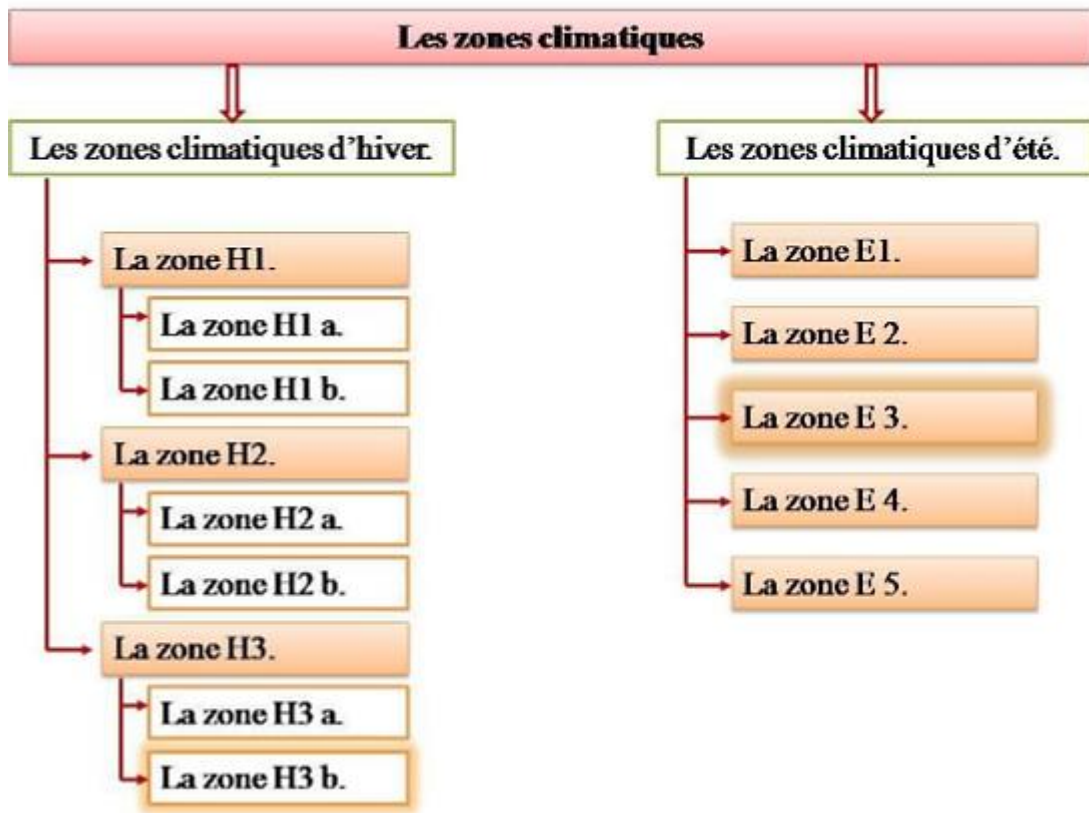


Figure 21: Schéma récapitulatif des classifications des zones climatiques en Algérie à la base des données météorologique.

Les zones climatiques d'été :

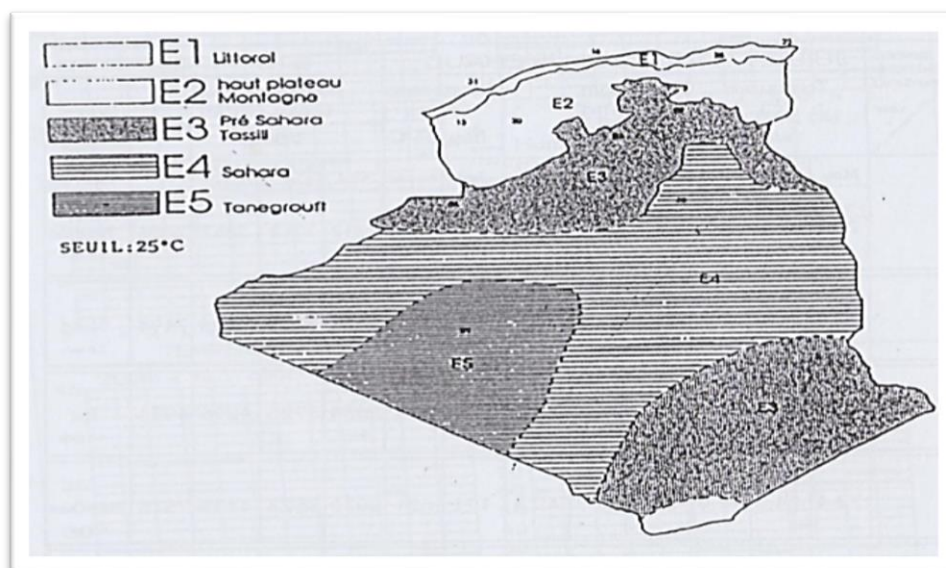


Figure 22: Carte des zones climatiques d'été.

Chapitre I : Construction, consommation énergétique et environnement

	JUILLET: MOIS LE PLUS CHAUD								ETE				VENT DOMINANT Vitesse (m/s)
	TEMPERATURE (°C)			HUMIDITE RELATIVE (%)			DEGRES-JOURS CHAUDS		IRRADIATION SOLAIRE GLOBAL (WH/M ²)				
	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Juil.	Année	Vertical			Horiz.	
									Sud	SE ou SO	E ou O		
E1	24,2	18,4	30,6	68,7	40,8	91,2	39	95	2312	3362	3857	6936	NE 3,4 m/s
E2	24,9	14,7	34,5	54,4	27,0	83,8	70	171	2548	3773	4408	7494	N 2,6 m/s
E3	32,5	24,5	40,4		16,9	55,8	95	394	2634	3723	4296	6924	E 4,3 m/s
E4	33,4	24,3	42,0	24,1	10,8	42,5	171	621	2072	3523	4439	7516	NO 4,3 m/s
E5	36,5	26,8	44,9	12,7	9,1	20,5	210	880	2374	3953	4940	8108	E 5,8 m/s

Tableau 4: Tableau récapitulatif des données climatiques des zones climatiques d'été.

Les zones climatiques d'hiver :

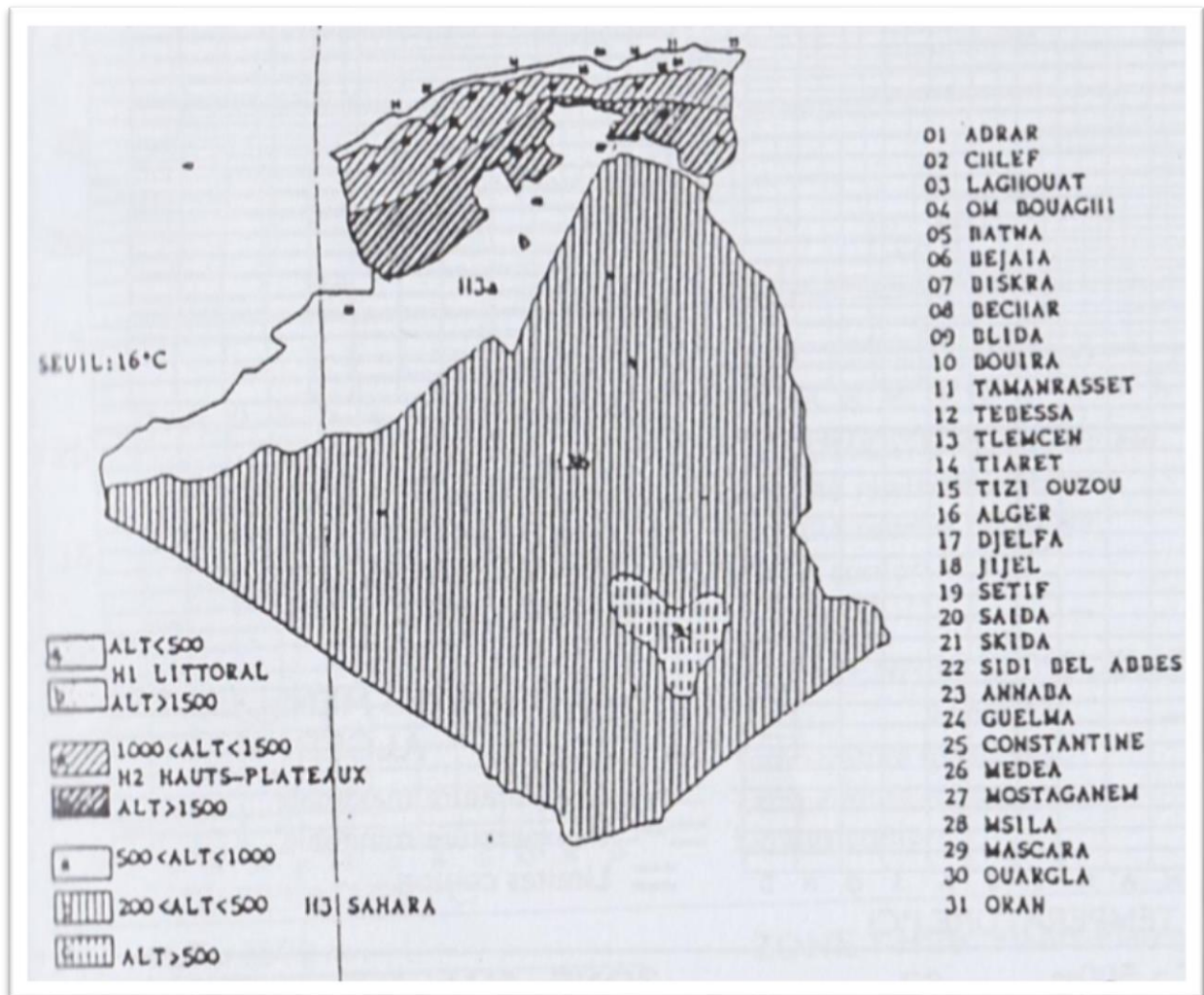


Figure 23: Carte des zones climatiques d'hiver.

		JANVIER: MOIS LE PLUS CHAUD								ETE				VENT DOMINANT
		TEMPERATURE (°C)			HUMIDITE RELATIVE (%)			DEGRES-JOURS FROIDS		IRRADIATION SOLAIRE GLOBAL (WH/M²)				
		Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Jan v.	Anné e	Vertical			Horiz.	
										Sud	SE ou SO	E ou O		
H1	H1a	10,5	5,4	16,5	77,1	51,2	93,5	151	649	3602	2798	1545	2196	SO 3,4 m/s
	H1b		5,4	14,4				189	742					
H2	H2a	4,9	1,7	10,4	75,4	47,0	96,6	308	1447	4966	3844	2114	2976	N 3m/s
	H2b	4,6	-0,8	9,3	73,5	49,1	92,0	364	1800	4444	3472	1976	2800	NO 3.2m/s
H3	H3a	9,8	3,6	16,6	45,8	26,3	66,5	183	589	5878	4589	2604	3716	N 2.5m/s
	H3b	12,1	3,5	21,2	48,0	25,0	72,9	137	391	6440	5131	3138	4340	NE 5.7 m/s
	H3c	12,6	5,3	20,5	27,3	13,9	45,5	116	334	6342	5207	3461	4960	NE 2,4m/s

Tableau 5: Tableau récapitulatif des données climatiques des zones climatiques d'hiver.

1.4.1.4 Relation : architecture / climat

En considérant l'architecture dans une recherche d'intelligence, celle-ci doit créer elle-même, par son enveloppe (forme, matériaux, répartition des ouvertures) et ses structures intérieures, un microclimat confortable. L'architecture doit être étudiée en fonction du climat (LAVIGNE Pierre : « Architecture climatique une contribution au développement durable Tome 1 : bases physiques » EDISUD 1994 p 13).

Aujourd'hui, il faut réorganiser la relation entre l'architecture et son milieu, sous l'angle de la double responsabilité : par rapport au milieu actuel et par rapport à celui des générations futures (développement durable). En d'autre terme, on doit adapter le bâtiment au climat et au mode de vie des futurs habitants.

Pour cela, des concepts nouveaux dans le vocabulaire architectural tel que : « Architecture bioclimatique », « solaire passive » ou « architecture climatique » ou une conception consciente de l'énergie ont pris en considération les mécanismes du confort et l'économie d'énergie.

Alexandroff.G et J.M (1982) insistent sur la relation de l'habitation au climat en vue de créer des ambiances «confortables» par des moyens spécifiquement architecturaux.

1.4.1.5 Influence du climat sur la construction

Il est tout à fait naturel qu'une construction de n'importe quel type (bâtiment, pont, réseau enterré, route...), soit soumise aux agents climatiques. Ce qui explique d'ailleurs sa fonction de base qui est celle de protéger ses occupants et leurs biens de ces agents. Cette protection peut être contre le froid, le chaud, la pluie, le vent, la neige...etc. Les variations des phénomènes climatiques

dans le temps et d'une région à une autre ne sont plus à démontrer, c'est pour cela que l'homme a de tout temps essayé de limiter les impacts de ces aléas naturels, en améliorant son savoir-faire dans le domaine de la construction en s'adaptant à chaque climat, selon les aléas dominants, les matériaux disponibles, les reliefs, les habitudes...etc.

Ce savoir-faire ancestral fait l'objet aujourd'hui d'une démarche scientifique et technique. La deuxième moitié du 20ème siècle a vu apparaître des réglementations techniques spécifiques à quelques agents climatiques tel que : les règles « neige et vent » en France, 1946. Les règles techniques évoluent du fait des avancées dans la connaissance des phénomènes. Il faut donc que l'homme puisse concilier entre le climat, l'environnement et son confort (KESRAOUI, N «Intégration du concept bioclimatique et utilisation rationnelle de l'énergie dans le bâtiment tertiaire en climat méditerranéen (cas de l'Algérie) » .Mémoire de magister. Université Mouloud Mammeri à Tizi Ouzou).

1.4.2 Le confort : Eléments de définition et de compréhension

1.4.2.1 Définitions

Etymologiquement, le terme confort, tiré du mot anglais « comfort », est défini comme « un sentiment de bien-être et de satisfaction » ou comme un « ensemble des éléments qui contribuent à la commodité matérielle et au bien-être » (Microsoft® Encarta® 2007. © 1993-2006 Microsoft Corporation.) . Le confort peut être défini comme le degré de désagrément ou de bien-être produit par les caractéristiques de l'environnement intérieur d'un bâtiment. Une telle définition considère une interaction entre l'individu et l'espace qui l'entoure, c'est-à-dire, entre des conditions ambiantes physiquement mesurables et certaines conditions individuelles qui affectent notre perception (Esteban Emilio Montenegro Iturra. « Impact de la configuration des bâtiments scolaires sur leurs performance lumineuse, thermique et énergétique. ». Thèse de doctorat Faculté des études supérieures de l'université Laval. Canada, 2011.P64).

1.4.2.2 La notion du confort dans le bâtiment

La fonction essentielle d'une construction est de créer un climat intérieur bien adapté aux besoins de ses usagers et de leurs bien être.

En d'autre termes à leur confort qui se définit comme une sensation subjective fondée sur un ensemble de stimuli. Le confort à l'intérieur des bâtiments est la synthèse de perceptions multiples (lumineuse, thermique, aéraulique, sonore) qui répondent à la fois aux exigences physiologiques et aux aspects d'usage et de culture. Les normes en définissent les limites (la qualité et taux de renouvellement de l'air, température minimum et maximum, niveau

d'éclairément) pour préserver la santé des habitants. Le confort est donc une sensation psycho-physiologique faisant intervenir plusieurs paramètres. Il est difficile de cerner la notion du confort d'un point de vue scientifique.

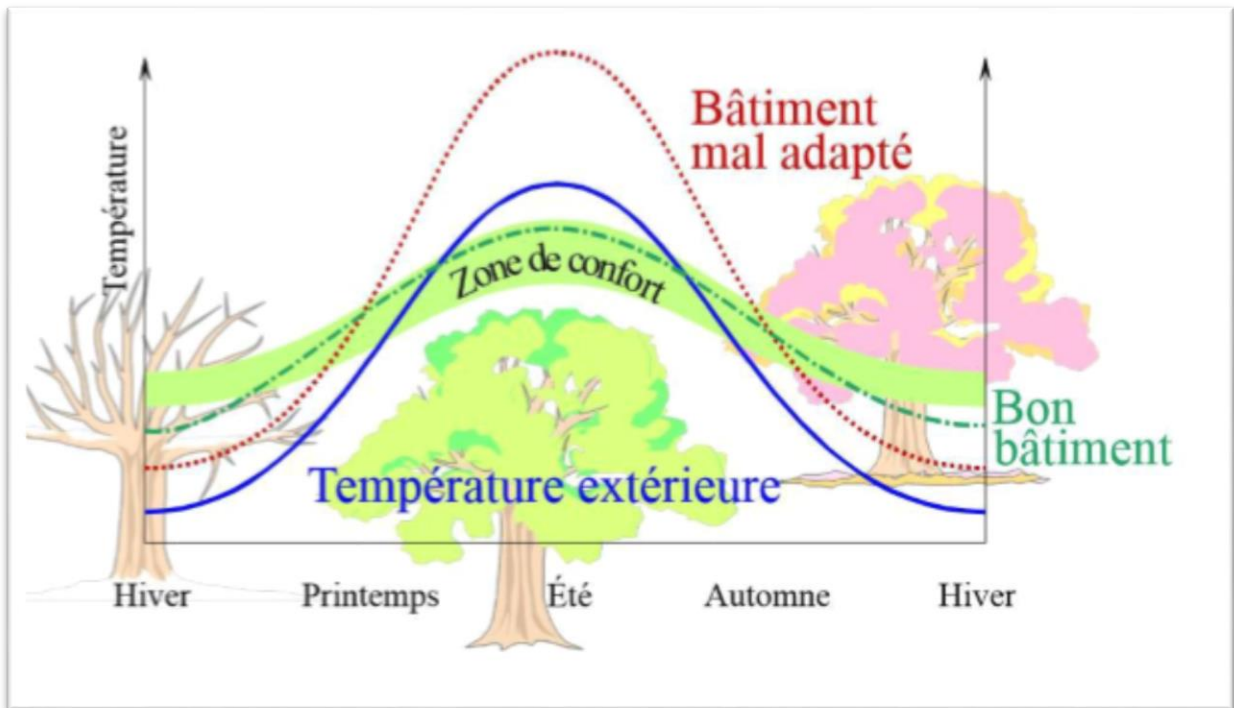


Figure 24: présentation de la localisation d'un bâtiment adapté à son climat en couleur bleue et un autre bâtiment énergivore inadapté en couleur rouge ; la bande verte représente les exigences de confort. Elles varient selon la saison.

1.4.2.3 Types et Critères du confort

Les conditions propres à l'individu, qui sont son métabolisme, son activité, son habillement et sa santé jouent un rôle primordial sur la perception que cette personne aura de son confort. Il convient donc de le reconnaître, même si l'architecte n'a aucune influence sur ces paramètres. D'autre part, les paramètres sur lesquels l'architecte peut avoir de l'influence et qui interviennent dans le confort sont les suivants :

Type de confort	Paramètres (indicateurs)
Thermique	Température de l'air ambiant. Sources de rayonnement. Température des surfaces environnantes. Perméabilité thermique du sol. Métabolisme Habillement Température des parois Humidité Vitesse de l'air Température de l'air
Visuel	Eclairage naturel et artificiel Couleurs Volumes intérieurs et leurs distributions Niveau d'éclairage de la tâche visuelle Répartition harmonieuse de la lumière dans l'espace Rapports de luminance présents dans le local
Acoustique	Niveau sonore Sensibilité de l'oreille à la basse fréquence Dynamique sonore : l'émergence du son sur le bruit de fond
Respiratoire	Composition de l'air et les besoins physiologiques Renouvellement de l'air Ventilation

Tableau 6: Les paramètres du confort.

1.5 Conclusion

Le premier constat est que l'accélération du changement climatique est brutale, profonde, définitive. L'effet de serre inaugure une période nouvelle sur toute la surface de la terre et pour tous les peuples, l'Algérie pays appartenant au bassin méditerranéen, considéré comme vulnérable

ne sera pas à l'abri. L'immobilisme est interdit, les effets de cette menace sont prévisibles, calculés, dévastateurs, ces changements climatiques se déroulent sous nos yeux : des perturbations considérables, des catastrophes multipliées, dont les images devraient affoler les plus incrédules. Nos sociétés ont atteint une étape particulière dans la maturité de leur organisation, nous sommes dans des temps très modernes. Cette modernité, cet accaparement du progrès, cette obsession quantitative de besoins non réfrénés, voilà qu'il va falloir en briser l'agencement. Cette nécessité est là, tout à fait nouvelle dans son affirmation internationale officielle, d'une double solidarité : solidarité entre tous les peuples de la planète et solidarité entre les générations. Chaque acteur de chaque secteur de la vie économique se trouve donc confronté à la responsabilité qui lui incombe dans la gestion globale des ressources et de l'environnement.

Il faut cependant, savoir que le bâtiment et son usage peuvent présenter de nombreux inconvénients, particulièrement pour l'environnement. Le secteur du bâtiment (constitué par le résidentiel et le tertiaire) est l'un des principaux consommateurs d'énergie, et l'un des principaux émetteur des gaz à effet de serre (GES) au monde. A cet égard, il apparaît bien que le secteur du bâtiment est l'un des acteurs majeurs de l'intégration du développement durable et présente un très fort potentiel d'amélioration d'efficacité énergétique.

2 Chapitre II : De l'architecture bioclimatique à la performance énergétique

2.1 Introduction

Aujourd'hui, Les concepteurs plutôt que de considérer l'environnement comme étant hostile au confort de l'être humain, le considèrent comme la source potentielle de son confort, et recherchent une symbiose de manière à le préserver pour les générations futures. Ainsi dans la pratique la conception bioclimatique est accompagnée de réflexions et de démarches plus larges sur le respect de l'environnement et de la biosphère, et a donc une dimension écologique et s'inscrit dans les principes du développement durable. Plusieurs recherches et travaux ont été poussés sur les bâtiments énergétiquement performants. Ces derniers connaissent actuellement un grand intérêt, grâce au rôle important qu'ils jouent : d'une part, leur contribution à la réduction des émissions des gaz à effet de serre par la réduction des besoins énergétiques, et d'autre part, leur garanti de bien être des occupants (notamment le confort thermique). Dans ce chapitre on va étudier l'approche écologique dans le volet bioclimatique et énergétique ainsi que, l'évolution des bâtiments performants, les définitions des concepts et leurs principaux caractéristiques, ainsi sur les principales réglementations thermiques et les labels d'efficacités énergétiques.

2.2 Le développement durable

2.2.1 Définitions

Le développement durable est un nouveau concept qui se présente comme la solution à la tension entre progrès et nouvelles menaces (Le développement durable – Fabrice Flipo, 2007). Mais, Chercher à faire durer le développement exige tout d'abord de savoir ce que le mot « développement » signifie. « Le développement doit répondre aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs » (Méthodologie d'évaluation d'un projet d'aménagement durable d'un quartier - Méthode ADEQUA - Frédéric CHERQUI 2005 ; Définition du principe de développement durable énoncée en 1987 par Gro Harlem Brundtland, Ancienne Présidente de la commission Mondiale sur l'environnement et de développement).

Dès les premiers constats de catastrophes environnementales et humanitaires, et depuis les cris d'alarme des associations de protection de l'environnement, différentes théories se sont manifestées vers un développement durable, dont le but est de concilier développement et écologie, concilier efficacité économique, protection de l'environnement et équité sociale.

2.2.2 Principes

« Le développement durable se caractérise par l'utilisation prudente des ressources et de la technologie, dans un souci de minimiser l'impact négatif du développement humain sur l'écosystème planétaire» (Le développement durable – Fabrice Flipo, 2007).

Le développement durable engage l'interaction de l'économie, le social, l'environnement et la participation citoyenne dans leur ensemble, afin de parvenir à un développement qui soit à la fois équitable, viable et vivable.

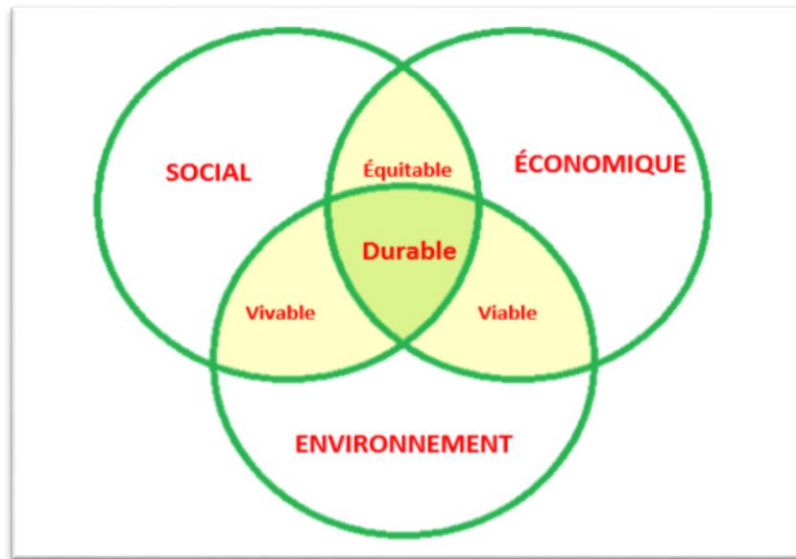


Figure 25: Schéma du développement durable (ARPE2001)

Il faut travailler sur 03 axes principaux à savoir :

- Efficacité énergétique en vue de réduire la demande en énergie.
- Innovation pour favoriser l'émergence de nouvelles technologies efficaces et respectueuses de l'environnement.
- Production d'énergies vertes et renouvelables, plus écologiques.

2.3 L'architecture Bioclimatique : Principes, Avantages et Etapes

L'architecture bioclimatique tient compte, dès la conception d'une maison, du climat et de l'environnement dans lequel cette habitation va s'intégrer. Cette démarche, qui tire le meilleur profit possible de l'énergie solaire gratuite, permet de réduire considérablement les besoins en énergie pour le chauffage et la climatisation de l'habitat.

2.3.1 Présentation

L'architecture bioclimatique consiste à construire des habitations en tirant le meilleur parti du rayonnement solaire et de la circulation naturelle de l'air pour le chauffage et la climatisation du bâtiment.

La conception bioclimatique de l'habitat, aussi appelée bioclimatisme, recherche donc la meilleure adéquation entre l'habitat, les habitudes des occupants et le climat pour réduire au maximum les besoins de chauffage ou de climatisation.

2.3.2 Les principes

→ Capter l'énergie solaire

L'architecture bioclimatique repose sur trois grands principes à concilier dans une démarche cohérente : capter la chaleur, la transformer, la diffuser et la conserver. Dans l'hémisphère nord, ce type de conception architecturale consiste par exemple à placer les ouvertures vitrées principales au sud, pour capter la chaleur du soleil. Le verre permet de laisser passer la lumière et d'absorber les rayons infrarouges, c'est-à-dire de convertir la lumière du soleil en chaleur et de retenir la chaleur du soleil à l'intérieur de la maison par "effet de serre".

Par ailleurs, ces surfaces vitrées sont protégées par des volets, des avancées de toiture ou des brise-soleil extérieurs horizontaux, conçus pour empêcher le rayonnement solaire direct et la surchauffe en été. Un habitat bioclimatique compte aussi très peu d'ouvertures au nord et adapte ces principes en fonction du milieu (climat et environnement de la région) et des rythmes de vie des habitants.

→ Diffuser la chaleur dans la maison

Pour diffuser la chaleur ainsi captée, l'architecture bioclimatique utilise des matériaux opaques, notamment une dalle ou des Murs peints d'une couleur sombre (une teinte brune ou terre cuite qui ne réfléchit pas la lumière).

Le matériau utilisé doit aussi être très dense et très lourd pour absorber par inertie une quantité d'énergie importante pendant la journée et la rediffuser pendant toute la nuit. Cette surface, appelée mur capteur, joue le rôle d'un radiateur et peut éviter le recours à un système de chauffage central. La majorité des apports d'énergie est alors d'origine solaire et l'on peut les compléter par un chauffage d'appoint, généralement au bois.

→ Conserver la chaleur

Pour conserver l'énergie solaire à l'intérieur de la maison le plus longtemps possible, l'architecture bioclimatique comprend aussi une isolation efficace des murs, dans toute leur épaisseur et/ou à l'extérieur.

La conception de l'habitat prévoit enfin que les pièces annexes soient placées au nord, du côté de la façade fermée, tandis que les pièces de vie sont placées du côté sud, là où la façade est ouverte.

2.3.3 Avantages

L'architecture bioclimatique a pour principal avantage de réduire les besoins énergétiques d'une maison, tout en y assurant des températures agréables et une bonne luminosité, grâce à l'éclairage naturel.

Les principes présentés ici sont notamment appliqués pour la construction des bâtiments HQE (haute qualité environnementale). Sous un climat tempéré, une maison bioclimatique peut couvrir plus des deux tiers de ses besoins de chauffage uniquement grâce à l'énergie solaire. On parle aussi d'habitat solaire passif pour désigner les maisons dont l'orientation, la conception des murs, toits et fenêtres a pour but de capter les rayons du soleil.

2.3.4 Etapes

L'idée est simple : un bâtiment doit, par sa conception, se protéger du froid et des intempéries mais également du soleil et de la chaleur.

2.3.4.1 Analyse de l'environnement de la construction

Pour sa construction, de nombreux éléments sont pris en compte :

- L'orientation de la construction ;
- Sa forme ;
- Les matériaux de construction ;
- L'isolation des murs et de la toiture ;
- La dimension des fenêtres ;
- Les protections solaires, ...

Tous ces éléments dépendent de facteurs extérieurs qui sont autant de ressources à exploiter :

- La situation géographique (montagne, côte, plaine, ...) ;
- La topographie du terrain ;
- L'environnement (rural, urbain) ;
- Le microclimat (soleil, vent, pluie, végétation ...).

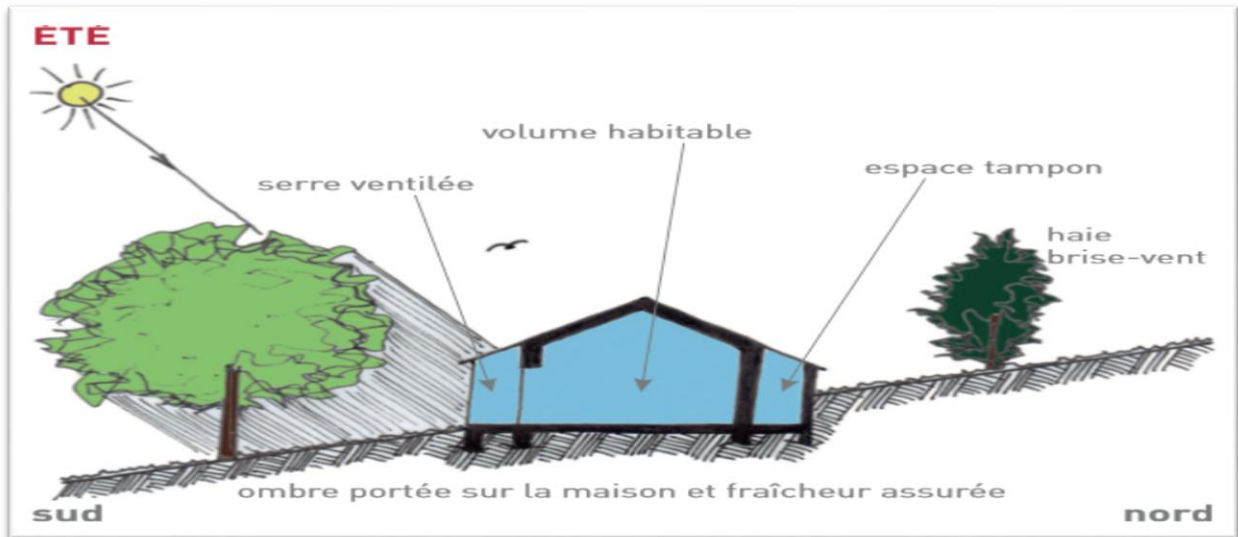


Figure 26: effet de l'environnement sur la construction en été.

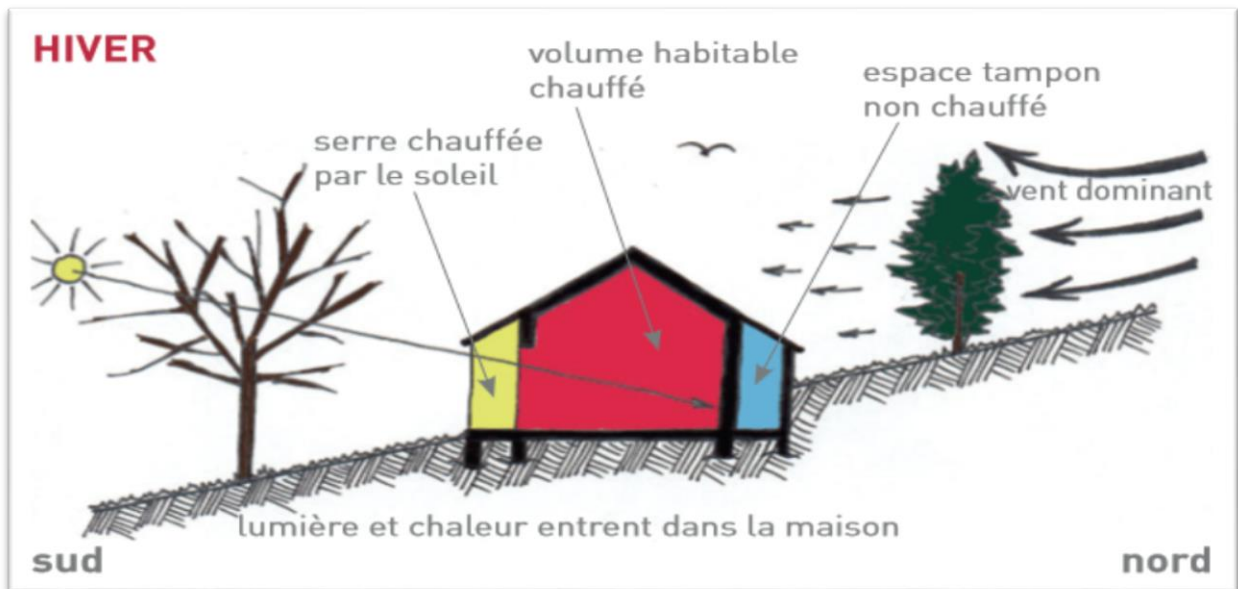


Figure 27: effet de l'environnement sur la construction en hiver.

Le but est de créer les meilleures conditions de confort physiologique (température, humidité, aération, ...) pour les occupants, tout en limitant le recours aux systèmes mécaniques et énergétivores de chauffage, de climatisation et de ventilation.

2.3.4.2 La forme, l'orientation et l'organisation de la construction

L'orientation des façades et la répartition des différentes pièces permettent de bénéficier des apports du soleil d'hiver mais aussi de protéger du soleil en été et en mi-saison. Plus la surface des parois en contact avec l'extérieur et avec le sol est réduite, plus les économies en énergie et en investissement sont importantes. Pour un même volume et une même surface, une habitation compacte consomme moins d'énergie qu'une habitation qui ne l'est pas.

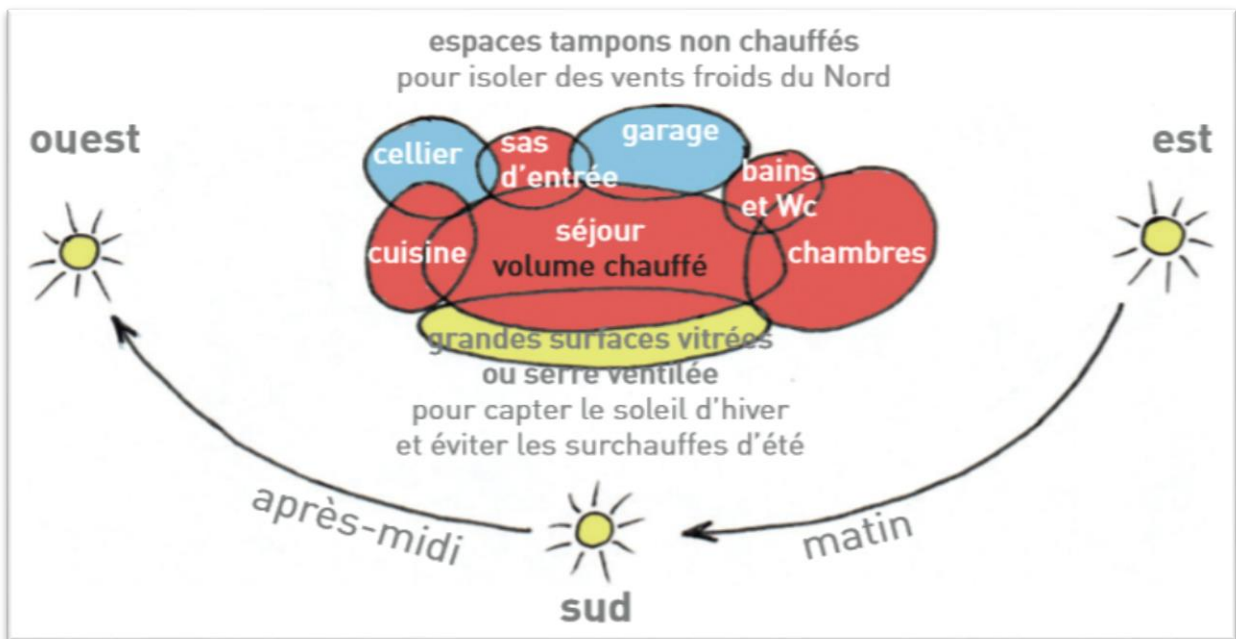


Figure 28: effet de la forme et l'orientation sur la construction.

2.3.4.3 L'isolation thermique

Le confort thermique dépend en grande partie du niveau d'isolation. En hiver, elle ralentit la fuite de la chaleur. En été, au contraire, elle permet de maintenir la fraîcheur du logement.

Les meilleures solutions pour bénéficier de l'isolation thermique des murs sont :

- L'isolation des murs rapportée par l'extérieur sur une épaisseur de 10 à 20 cm (laines de chanvre, de lin, de bois, de coton recyclé, de mouton, ouate de cellulose, liège, paille, mortier de chanvre et chaux, etc.). Elle permet en outre de bénéficier de l'inertie thermique du matériau de structure (briques alvéolées de terre cuite, blocs de béton cellulaire ou de béton léger de 30 à 50 cm d'épaisseur, terre crue, paille et terre, fustes de bois, bois cordé, etc.) et de limiter les ponts thermiques ;

- La structure bois avec remplissage d'isolant thermique (laines de chanvre, de lin, de bois, de coton recyclé, de mouton, ouate de cellulose, liège, paille, mortier de chanvre et chaux, etc.). Dans ce cas, on créera l'inertie thermique dans les planchers ou des murs de refend maçonnés.



Figure 29: maison à ossature bois qui présente l'effet du matériau dans l'isolation thermique (archit. Anne Kergrohenn).

2.3.4.4 Captage du soleil et emmagasinages d'énergie

Grands vitrages, serres ou vérandas, murs capteurs permettent de récupérer la chaleur gratuite du soleil pour réduire de 10 à 30% les besoins de chauffage. Cette énergie peut ensuite être emmagasinée dans la masse de la maison pour amortir les variations de température grâce à l'inertie thermique des murs et / ou du sol.

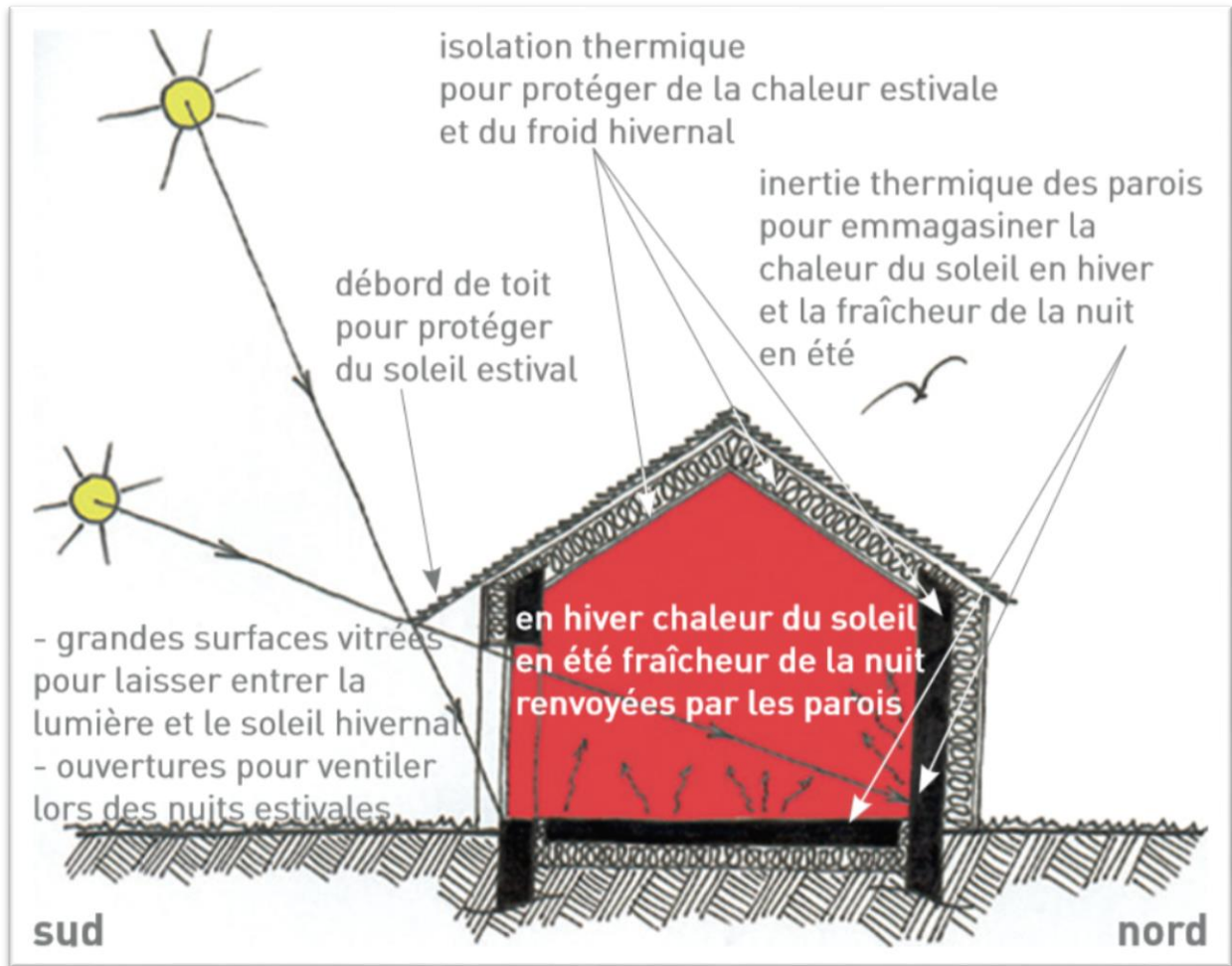


Figure 30: Captage du soleil et emmagasinassions d'énergie

En hiver, les rayons solaires pénètrent à travers les vitrages et frappent le sol et les murs. Si ces parois sont à forte inertie, elles rayonnent ensuite lentement leur chaleur dans l'habitation. Inversement en été, l'inertie permet de bénéficier de la fraîcheur de ces parois refroidies la nuit par ventilation.

2.3.4.5 La ventilation

La ventilation est un élément clé de l'architecture climatique. La ventilation naturelle ou une ventilation mécanique efficace permet de renouveler l'air et d'évacuer le surplus d'humidité ainsi que les nombreux polluants présents à l'intérieur.

2.3.4.6 La lumière

Laisser largement entrer la lumière du jour favorise l'éclairage naturel, limite la consommation d'électricité et participe à l'assainissement de l'air intérieur. Il faut cependant veiller aux risques d'éblouissement ou de surchauffe.

2.3.5 Les éléments du bioclimatisme :

- Pièces de jour (séjour, cuisine, bureau, ...) orientées au sud pour bénéficier du maximum de lumière naturelle.
- Pièces de nuit (chambres, salon, ...) orientées au sud et à l'est pour profiter du lever du soleil et garder la fraîcheur en fin de journée.
- Espaces peu ou non chauffés (garage, atelier, cellier, buanderie, ...) orientés au nord ou à l'ouest pour protéger des intempéries et du froid et faire tampon avec les pièces chauffées et isolées.
- Façade sud ouverte au maximum (baies vitrées, serre, véranda, ...) avec des vitrages verticaux pour favoriser la chaleur solaire gratuite en hiver.
- Façades ouest et sud-ouest faiblement ouvertes pour protéger des surchauffes estivales.
- Façade nord également peu ouverte pour protéger du froid hivernal.
- Murs et sols intérieurs en matériaux à forte inertie (terre crue, terre cuite, pierre, béton de chaux, ...) pour stocker les apports solaires gratuits.
- Avancées de toiture, brise-soleil, volets ou stores extérieurs, pergolas, végétation à feuillage caduc pour protéger du soleil d'été.
- Haie brise-vent pour protéger des vents froids.
- Isolation thermique dans toutes les pièces de vie (murs, sols, plafonds ou toitures, menuiseries extérieures à double ou triple vitrage de faible émissivité et à isolation renforcée, volets extérieurs, ...).
- Si nécessaire, système de chauffage performant et peu polluant.

2.4 Le tourisme durable

2.4.1 Définir les différentes formes de tourisme

Le tourisme responsable, solidaire, équitable ou encore l'écotourisme... le domaine du tourisme durable possède un nombre incalculable de variantes. Le point commun entre toutes ces notions est le respect des principes du développement durable.

Si l'objectif de ces formes de tourisme alternatif est la prise en compte des « impacts économiques, sociaux et environnementaux actuels et futurs » (Organisation Mondiale du Tourisme), il est difficile aujourd'hui de différencier ces termes. Souvent confondus, les nuances entre eux sont parfois très subtiles.

Le tourisme durable est défini par l'Organisation Mondiale du Tourisme (OMT) comme “un tourisme qui tient pleinement compte de ses impacts économiques, sociaux et environnementaux actuels et futurs, en répondant aux besoins des visiteurs, des professionnels, de l'environnement et des communautés d'accueil”. Il vise l'équilibre entre les trois piliers du développement durable dans la production et réalisation d'activités touristiques.

2.4.2 Quelques dates clés

- 1980 Conférence mondiale sur le tourisme, Manille - Déclaration de Manille sur le tourisme mondial
- 1992 Sommet de Rio, Rio de Janeiro - Vote de l'agenda 21
- 1995 Conférence mondiale du Tourisme durable de Lanzarote, Canaries - Définition des principes du tourisme durable et Charte mondiale du tourisme durable
- 1999 Adoption du Code mondial d'éthique du tourisme par l'Assemblée générale de l'OMT
- 2000 Sommet mondial sur la paix par le tourisme, Jordanie - Déclaration d'Amman sur la paix par le tourisme
- 2004 Actualisation des principes du tourisme durable par le Comité de développement durable du tourisme de l'OMT
- 2006 Création du Groupe de Travail International sur le Développement du Tourisme Durable (GTI -DTD)
- 2010 Lancement du Partenariat Mondial pour le tourisme durable (PMTD), piloté par le PNUE (Programme des Nations Unies pour l'Environnement)
- 2017 Année internationale du tourisme durable pour le développement, proclamée par l'ONU

L'objectif du développement touristique durable a été défini par l'Agenda 21 (plan d'action pour le 21^{ème} siècle) en 1992 : « rendre compatible l'amélioration des conditions environnementales et sociales qui résultent du développement touristique avec le maintien de capacités de développement pour les générations futures ».

2.4.3 Les principes du tourisme durable

Les principes du tourisme durable ont été définis en 1995 par le Comité 21 et actualisés en 2004 par le Comité de développement durable du tourisme de l'Organisation Mondiale du Tourisme (OMT) : ils sont applicables à toute forme et tout créneau touristique jusqu'au tourisme de masse, dans tous types de destinations. D'après ces principes, le tourisme durable doit :

- Exploiter de façon optimum les ressources de l'environnement qui constituent un élément clé de la mise en valeur touristique, en préservant les processus écologiques essentiels et en aidant à sauvegarder les ressources naturelles et la biodiversité ;
- Respecter l'authenticité socioculturelle des communautés d'accueil, conserver leurs atouts culturels bâtis et vivants et leurs valeurs traditionnelles et contribuer à l'entente et à la tolérance interculturelles ;
- Assurer une activité économique viable sur le long terme offrant à toutes les parties prenantes des avantages socioéconomiques équitablement répartis, notamment des emplois stables, des possibilités de bénéfices et des services sociaux pour les communautés d'accueil, et contribuant ainsi à la réduction de la pauvreté.

2.4.4 Les différentes formes du tourisme durable

L'Organisation Mondiale du Tourisme (OMT) définit le tourisme durable ou responsable comme : Un tourisme qui tient pleinement compte de ses impacts économiques, sociaux et environnementaux actuels et futurs, en répondant aux besoins des visiteurs, des professionnels, de l'environnement et des communautés d'accueil.

Tourisme responsable : le tourisme responsable est une démarche volontaire du voyageur ou du voyageur. Voyager responsable, c'est minimiser au maximum son impact sur l'environnement et sur le mode de vie local.

Tourisme durable : Il s'agit d'une philosophie directement inspirée du développement durable. Il englobe toutes les formes de tourisme respectueuses de l'environnement et soucieuse du bien-être des populations hôtes.

Tourisme communautaire : le tourisme communautaire est une forme de tourisme dans lequel l'accueil est intégralement géré par les populations locales.

Slow Tourisme : il consiste à découvrir une destination à son propre rythme. Plus qu'une forme de tourisme, ce mouvement est un véritable mode de vie qui va à la rencontre des populations locales et sort des sentiers battus.

Tourisme équitable : concept directement inspiré du commerce équitable, le tourisme équitable permet une rémunération plus juste des communautés locales.

Tourisme Participatif : il a pour but de construire des relations entre les populations d'accueil et le voyageur. Réinvention de l'hospitalité, le voyageur participe activement à la vie locale.

Écotourisme : l'écotourisme est une forme de tourisme respectueuse de l'environnement et du bien-être des populations. Il se pratique exclusivement en milieu naturel et doit être une source financière viable pour les communautés d'accueil.

Tourisme solidaire : le tourisme solidaire permet la création d'un lien de solidarité entre le voyageur et les populations. Une participation financière du voyageur ou du voyageur est reversée à des projets de développement locaux. Les communautés locales sont parties prenantes de ces projets dont la finalité est l'amélioration de leurs conditions de vie.

Agrotourisme : l'agrotourisme est une forme de tourisme durable dans les milieux agricoles. Il se pratique de plusieurs façons : hébergement en chambre d'hôtes, visite de la propriété, dégustation des produits du terroir. Son but est de faciliter la rencontre avec le producteur et pérenniser leur activité en leur permettant de se diversifier.

Tourisme humanitaire : séjour éthique et durable, le tourisme humanitaire participe à l'amélioration des conditions de vie des populations locales. Transmettre son savoir et aider au développement local sont autant de tâches auxquelles les touristes sont amenés à participer.

2.5 Les certifications et les labels énergétiques

2.5.1 Définitions

Marque : La marque est un signe distinctif qui permet au consommateur de distinguer le produit ou service d'une entreprise de ceux proposés par les entreprises concurrentes. La marque peut être matérialisée par un nom propre, un mot, une expression ou un symbole visuel. La marque constitue un repère pour le consommateur.

Label : Un label est une marque collective qui se matérialise par des signes distinctifs (nom, logo...) et qui peut être utilisée par les différentes marques se conformant au cahier des charges du label.

Déclaration environnementale : La série de normes ISO 14020 définit 3 types d'étiquettes et de déclarations environnementales :

- Type I sur les écolabels (ISO14024) : logo officiel, labellisant une démarche d'écoconception aboutie (démarche multicritère et multi-étage). Le certificat s'appuie sur un cahier des charges public.
- Type II sur l'auto-déclaration environnementale (ISO 14021) : allégations environnementales avancées sous la seule responsabilité d'un producteur, prestataire de

Chapitre II : De l'architecture bioclimatique à la performance énergétique

service ou distributeur. Elle est souvent limitée à une caractéristique environnementale du produit ou concerne une seule étape du cycle de vie du produit.

- Type III sur l'éco-profil (ISO 14025) : il consiste en la mise à disposition de données quantitatives sur les impacts environnementaux d'un produit, lesquelles sont souvent présentées sous forme de diagrammes parfois accompagnés de quelques informations qualitatives.

Ecolabel : C'est un label officiel délivré aux produits présentant des avantages environnementaux, correspondant au type I de la norme ISO 14024. L'écolabel est attribué à un produit ayant fait l'objet d'un contrôle par une tierce partie et répondant à un cahier des charges préétabli fixant un ou plusieurs critères pour la catégorie de produits concernée. Le cahier des charges est établi selon une analyse de cycle de vie du produit.

Norme : Une norme est un document de référence élaboré de manière consensuelle par toutes les parties intéressées et approuvé par un organisme compétent, portant sur des règles, des caractéristiques, des recommandations ou des exemples de bonnes pratiques relatives à des produits, à des services, à des méthodes, à des processus ou à des organisations. Les normes environnementales visent à encourager le développement économique et l'innovation, tout en prenant en compte des objectifs de développement durable.

Accréditation : Procédure par laquelle une instance habilitée reconnaît formellement à la fois la compétence technique et l'impartialité d'un organisme pour mener des tâches particulières, notamment la certification, la validation ou la qualification. L'accréditation peut être soit réglementaire et obligatoire soumise à un organisme national d'accréditation, le COFRAC, soit relevé d'une démarche volontaire.

Agrément : Un agrément est le fait pour une autorité d'accorder à une personne physique ou morale une fonction ou un pouvoir, de l'autoriser à exercer une activité réglementée. L'agrément procède de la même logique que l'accréditation mais repose généralement sur un degré moindre de formalisme.

Certification : La certification est une procédure par laquelle une tierce partie indépendante, l'organisme certificateur, donne une assurance écrite qu'un système d'organisation, un processus, une personne, un produit ou un service est conforme à des exigences spécifiées dans une norme ou un référentiel. La certification autorise généralement l'utilisation d'un label qui atteste de la qualité de son produit ou service auprès du consommateur. *Par exemple, une*

entreprise peut apposer sur un produit de sa marque un label qui est une déclaration environnementale. La réalité de cette déclaration est certifiée par un organisme accrédité.

2.5.2 Les certifications et les labels énergétiques

Le bâtiment est le premier secteur consommateur d'énergie. Avec une consommation annuelle moyenne de 240kWhEP1/m², il représente 43% de la consommation totale d'énergie du pays. La prise de conscience environnementale a conduit le gouvernement et les acteurs de ce secteur à créer des démarches volontaires et des labels énergétiques afin de favoriser des bâtiments moins énergivores.

2.5.2.1 La certification Haute Qualité Environnementale (HQE)

Apparue dans les années 90, cette démarche a été développée par l'ATEQUE (Atelier d'Évaluation de la Qualité Environnementale) dans le cadre du Plan Construction Architecture. Elle vise à obtenir des bâtiments « durables » qui assurent un confort de vie appréciable par un management de projet méticuleux et précis. Trois documents définissent les « règles » des bâtiments HQE :

- le référentiel Système de Management Environnemental
- le référentiel Définition Explicite de la Qualité Environnementale
- la note de l'Association HQE qui formalise l'accomplissement d'une démarche HQE

2.5.2.2 Le label Haute Performance Énergétique (HPE)

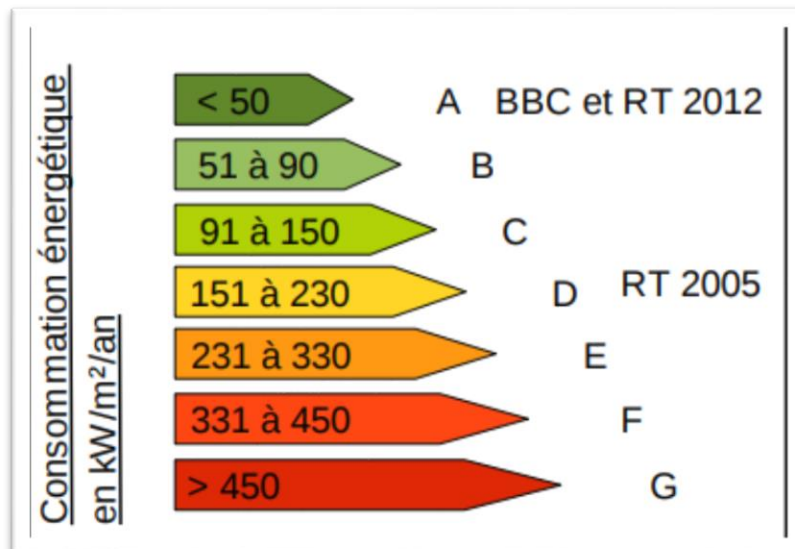


Figure 31: L'étiquette énergétique.

Ce label est défini par l'arrêté du 3 mai 2007 qui en précise le contenu et les conditions d'attributions. Il fait partie de la démarche HQE et atteste qu'un bâtiment a un niveau de

performances énergétiques plus important que les bâtiments qui répondent aux exigences réglementaires (figure ci- contre). Il possède cinq niveaux : HPE, HPE EnR, THPE, THPE EnR et BBC.

2.5.2.2.1 Haute Performance Énergétique (HPE) 2005

La consommation conventionnelle d'énergie du bâtiment est au moins inférieure de 10 % à la consommation de référence définie par la RT 2005.

2.5.2.2.2 Haute Performance Énergétique, Énergies Renouvelables (HPE EnR) 2005

La consommation conventionnelle d'énergie du bâtiment est au moins inférieure de 10 % à la consommation de référence définie par la RT 2005.

Au moins 50% de l'énergie employée pour le chauffage est issue d'un générateur utilisant la biomasse ou alimentation du système par un réseau de chaleur utilisant plus de 60% d'énergies renouvelables.

2.5.2.2.3 Très Haute Performance Énergétique (THPE) 2005

La consommation conventionnelle d'énergie du bâtiment est au moins inférieure de 20 % à la consommation de référence définie par la RT 2005.

2.5.2.2.4 Très Haute Performance Énergétique, Énergies Renouvelables (HPE EnR) 2005

La consommation conventionnelle d'énergie du bâtiment est au moins inférieure de 30 % à la consommation de référence définie par la RT 2005. Répondre à l'un des six points suivants :

- panneaux solaires fournissant au moins 50% de l'énergie destinée à l'eau chaude sanitaire et système biomasse fournissant au moins 50% du chauffage
- panneaux solaires assurant au moins 50% de l'énergie destinée à l'eau chaude sanitaire et système de chauffage alimenté par des énergies renouvelables à hauteur de 60% minimum
- panneaux solaires fournissant au moins 50 % de l'ensemble des consommations de l'eau chaude sanitaire et du chauffage
- système de production d'énergie électrique utilisant les énergies renouvelables assurant une production annuelle d'électricité de plus de 25 kWh/m²surface de plancher en énergie primaire
- bâtiment équipé d'une pompe à chaleur (caractéristiques définies dans l'arrêté)
- immeubles collectifs et bâtiments tertiaires à usage d'hébergement : panneaux solaires fournissant au moins 50 % de l'énergie destinée à l'eau chaude sanitaire

2.5.2.2.5 Bâtiment Basse Consommation (BBC) 2005

Ce label est attribué par Effinergie à des bâtiments qui sont composés de matériaux et équipements économes en énergie et qui répondent à des conditions énergétiques particulières. La consommation en énergie primaire de ce type de bâtiment est inférieure de 80% par rapport à la RT 2005.

Bâtiment neuf	Bâtiment rénové (BBC Rénovation)
50 kW/m ² /an	80 kW/m ² /an

Tableau 7: Consommation énergétique maximale d'un bâtiment BBC.

Attention : nouvelle réglementation thermique RT 2012, généralisation des Bâtiments Basse Consommation pour tous les bâtiments neufs à partir du 1er janvier 2013.

2.5.2.3 Les Bâtiments à Énergie Positive

Un bâtiment à Énergie Positive est un bâtiment qui produit plus d'énergie qu'il n'en consomme. La Stratégie Nationale de Développement Durable (SNDD) vise la généralisation de ce type de bâtiment à l'horizon 2020.

Un tel bâtiment est conçu de manière à réduire les besoins énergétiques par réduction des pertes d'énergies par les parois, réduction des pertes par la ventilation et les infiltrations et la gestion des apports gratuits d'énergie (chaleur humaine, électroménager, énergie solaire...).

Il produit également de l'énergie : chaleur, électricité et éventuellement froid. La technique la plus commune est l'utilisation du photovoltaïque (voir fiche « Les panneaux solaires » pour plus d'information). L'énergie micro-éolienne, une autre solution pour produire de l'énergie renouvelable, commence à se développer (Source: livre du Green building /Guidebook for sustainable architecture).

2.5.3 Systèmes d'évaluation des bâtiments durables

Des systèmes de notation ont été mis au point pour mesurer le niveau de durabilité des bâtiments écologiques et fournir une expérience des meilleures pratiques dans leur niveau de certification le plus élevé. Les systèmes de notation ont pour objectif de certifier les différents aspects du développement durable au cours des étapes de planification et de construction.

Les critères ne couvrent que des aspects de l'approche du bâtiment en matière de durabilité, tels que l'efficacité énergétique, ou couvrent l'ensemble de l'approche du bâtiment en identifiant les performances dans des domaines clés tels que l'aménagement durable du site, la santé humaine

Chapitre II : De l'architecture bioclimatique à la performance énergétique

et environnementale, les économies d'eau, le choix des matériaux, la qualité de l'environnement intérieur, aspects sociaux et qualité économique.





2.5.3.1 Les certifications:

2.5.3.1.1 DGNB (Germany) 20 07



2.5.3.1.1.1 Aspects clés :

- qualité écologique
- Qualité économique
- Qualité sociale
- Qualité technique
- Qualité du processus
- Qualité du site

Degré de performance global	Degré de performance minimum	Label	
de 35 %	— %	Bronze*	
de 50 %	35 %	Argent	
de 65 %	50 %	Or	
de 80 %	65 %	Platine	

*Ce label ne s'applique qu'aux bâtiments existants.

Figure 32: Le label DGNB Swiss peut être octroyé en quatre étapes (état : oct. 2015).

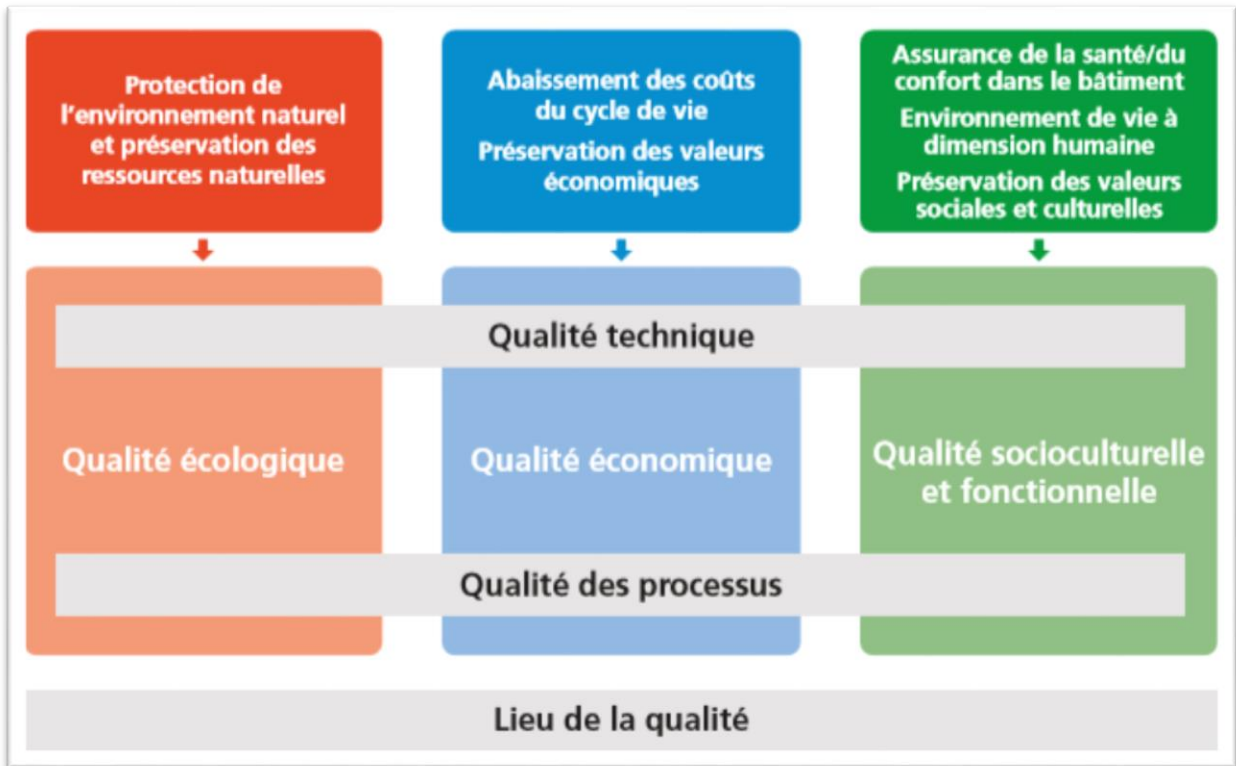


Figure 33: Aspects certifiés dans le système DGNB

2.5.3.1.1.2 Objet du certificat DGNB :

Application pour bâtiments de tout type (immeubles de bureaux, résidences isolées, bâtiments d'infrastructure, etc.)

2.5.3.1.2 Green Star (Australia)20 03



2.5.3.1.2.1 Aspects clés :

- La gestion
- Confort intérieur
- énergie
- Transport
- Eau
- Matériel

- Consommation des terres et écologie
- Les émissions
- Innovations

2.5.3.1.3 CASBEE (Japan) 20 01



Certification sur la base du «facteur d'efficacité environnementale du bâtiment»

2.5.3.1.3.1 Critères principaux :

- Efficacité énergétique
- Efficacité de la consommation des ressources
- Environnement du bâtiment
- Intérieur du bâtiment

2.5.3.1.4 BEPOS-EFFINERGIE

2.5.3.1.4.1 Objectif

Les présentes Règles Techniques établies par l'association Collectif EFFINERGIE, prises en application des Règles d'usage de la marque effinergie®, précisent les exigences techniques spécifiques du label Beposeffinergie 2013. Elles font l'objet de conventions passées entre l'association Collectif Effinergie et les certificateurs et sont transposées dans le Référentiel de certification pour la délivrance du label Bepos-effinergie 2013 en association avec la marque de certification. Ce document inclut en annexe les explications des hypothèses faites pour établir ces Règles Techniques.

2.5.3.1.4.2 Introduction

L'objectif du label Bepos-effinergie 2013 est de préfigurer les engagements pris dans la loi Grenelle II pour 2020 en matière de bâtiment à énergie positive qui sont exprimés comme suit : « Toutes les constructions neuves faisant l'objet d'une demande de permis de construire déposée à compter de la fin 2020 présentent, sauf exception, une consommation d'énergie primaire inférieure à la quantité d'énergie renouvelable produite dans ces constructions, et notamment le bois-énergie ». La difficulté pour atteindre ces engagements varie en fonction du contexte de la construction : zone climatique, zone urbaine ou rurale, usage du bâtiment (logement, école, bureaux...).

2.5.3.1.4.3 Champ d'application

Le champ couvert par le présent référentiel technique concerne les bâtiments du secteur résidentiel individuel ou collectif ainsi que du secteur non résidentiel en France métropolitaine. L'association Collectif EFFINERGIE se réserve le droit de le faire évoluer afin qu'il s'applique à d'autres régions, produits et services liés à l'objet de l'association.

2.5.3.1.4.4 Expression de l'exigence du label

Pour obtenir le label Bepos-effinergie 2013, le projet doit respecter l'exigence suivante : La consommation d'énergie primaire non renouvelable entrant dans le projet, diminuée de la production locale d'énergie sortant du projet doit être inférieure ou égale à un écart autorisé.

Ceci s'écrit : $\text{Bilanepnr} \leq \text{Ecartautorisé}$ Avec :

- Bilanepnr est le bilan d'énergie primaire non renouvelable. C'est la différence entre l'énergie primaire non renouvelable entrant et l'énergie primaire sortant.
- Ecartautorisé est l'écart à l'énergie positive accepté.

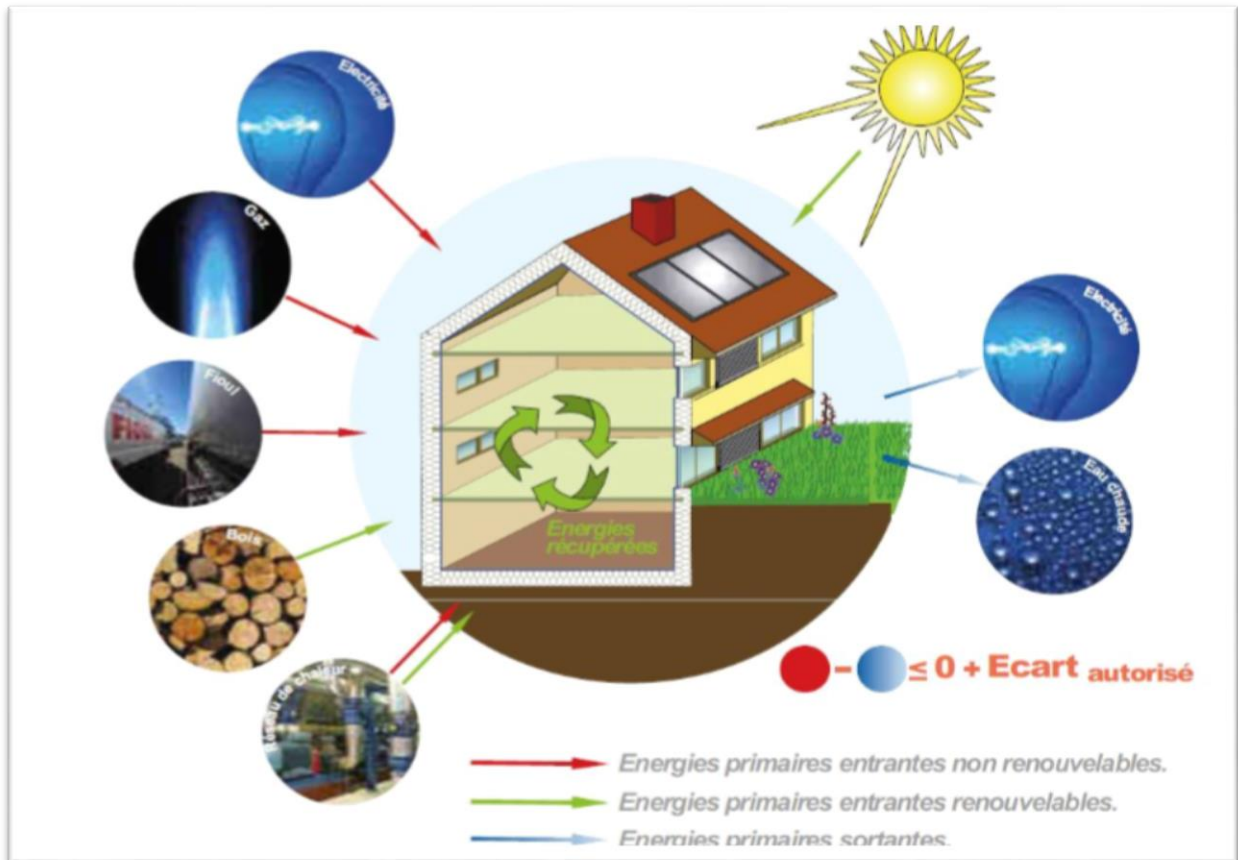


Figure 34: Expression de l'exigence du label. Source : jean.carassus@immobilierdurable.eu

2.5.3.1.5 Minergie (Switzerland) 19 98



Il existe quatre normes de construction disponibles:

2.5.3.1.5.1 Minergie

- Enveloppe de bâtiment dense
- Système de chauffage efficace
- Ventilation de confort

2.5.3.1.5.2 Minergie-P

Critères supplémentaires à (1):

Chapitre II : De l'architecture bioclimatique à la performance énergétique

- Étanchéité à l'air de l'enveloppe du bâtiment
- Efficacité des appareils ménagers

2.5.3.1.5.3 Minergie-Eco

Critères supplémentaires à (1):

- Mode de construction écologique et sain (conditions de lumière du jour optimisées, faibles émissions de bruit et de polluants)

2.5.3.1.5.4 Minergie-P-Eco

Respect des critères de Minergie-P et Minergie-Eco

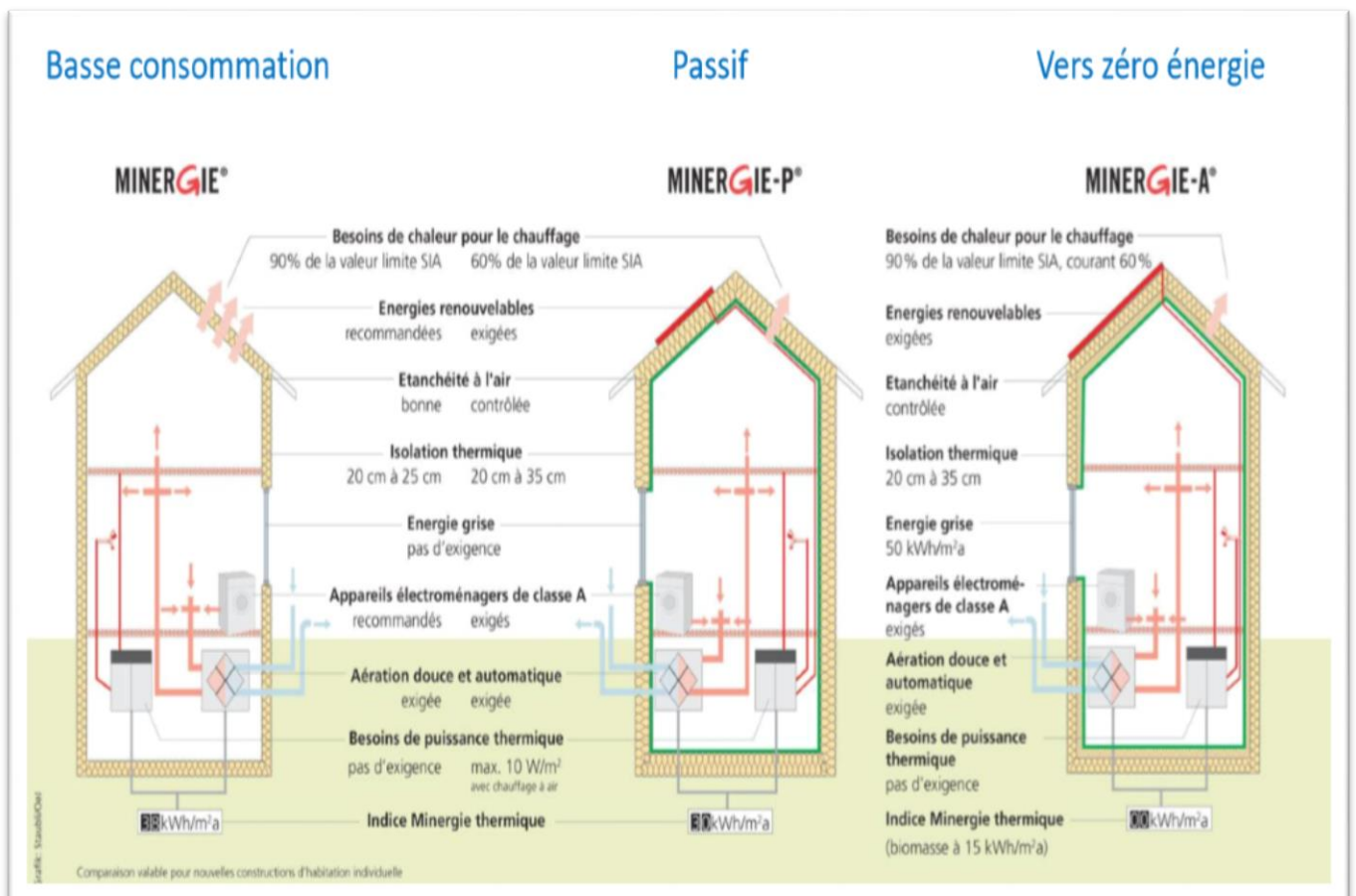


Figure 35: Exigence des standards MINERGIE, MINERGIE P, et MINERGIE A. (Source: STAUFFACHER CHARPENTES.)

2.5.3.1.6 **LEED® – Leadership in Energy and Environmental Design**



2.5.3.1.6.1 Définition :

Il s'agit d'une norme volontaire et consensuelle visant à soutenir et à certifier la conception, la construction et l'exploitation de bâtiments écologiques réussies. Elle a été créée en 1998 aux États-Unis.

2.5.3.1.6.2 Rôle :

Il guide les architectes, ingénieurs, maîtres d'ouvrage, concepteurs et les professionnels de l'immobilier pour transformer l'environnement de la construction en l'un de la durabilité.

2.5.3.1.6.3 Aspects clés :

- -Sites durables
- Efficacité de l'eau
- Energie & Atmosphère
- Ressources matérielles
- Qualité de l'air intérieur
- Innovation & Design

Integrative Design	Planification intégrée	1 %
Location & Transport	Emplacement et transports	15 %
Sustainable Sites	Sites durables	9 %
Water Efficiency	Gestion efficace de l'eau	10 %
Energy & Atmosphere	Energie et atmosphère	30 %
Material & Resources	Matériaux et ressources	12 %
Indoor Environmental Quality	Qualité de l'environnement intérieur	15 %
Innovation in Design	Innovation et design	5 %
Regional Priority	Priorité régionale	4 %

Tableau 8: les Aspects clés du LEED.

2.5.3.1.6.4 Méthode d'évaluation :

L'évaluation est effectuée sur la base de formulaires et autres documents qui peuvent être gérés et déposés sur une plateforme en ligne. L'assurance qualité incombe au Green Building Certification Institute (GBCI), institut fondé par l'USGBC lui-même. Les experts « Green Building » peuvent se faire accréditer en passant le LEED Accredited Professional Exam pour évaluer les bâtiments et les certifier selon les différents systèmes LEED.

La certification LEED est la confirmation par un institut tiers indépendant (Green Building Certification Institute) que le bâtiment a été conçu, planifié et réalisé conformément à des critères mesurables en matière de durabilité.

2.5.3.1.7 BREEAM -Environmental Assessment Method (Great Britain))



2.5.3.1.7.1 Définition :

Le processus d'évaluation BREEAM a été créé par le BRE (Building Research Establishment) en 1990. Le BRE est l'organisme de certification et d'assurance qualité des notations BREEAM.

2.5.3.1.7.2 Rôle :

Son rôle est d'aider les professionnels de la construction à comprendre et à atténuer les impacts environnementaux des aménagements qu'ils conçoivent et construisent.

2.5.3.1.7.3 Aspects clés :

- -La gestion
- Santé et bien-être
- Energie
- Eau

Chapitre II : De l'architecture bioclimatique à la performance énergétique

- Matériel
- Ecologie du site
- La pollution
- Transport
- consommation de terres

BREEAM SECTION	PONDÉRATION (%)
Management	12
Confort et Santé	15
Énergie	19
Transport	8
Eau	6
Matériaux	12.5
Déchets	7.5
Écologie	10
Pollution	10
Innovation	10




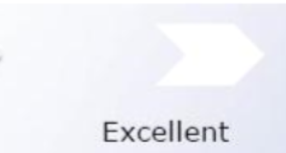
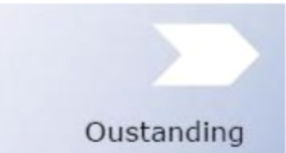
≥ 30%	≥ 45%	≥ 55%	≥ 70%	≥ 85%
 Pass	 Good	 Very Good	 Excellent	 Outstanding

Tableau 9 : les Aspects clés du BREEAM.

2.5.3.2 Comparaison entre certains systèmes de notation

	BREEAM	LEED	CASBEE
Année de début	1990	1998	2001
Pays d'origine	Uk	Etats Unis	Japon
Développé par	Building research establishment	US GREEN BUILDING COUNCIL(USGBC)	Japan sustainable building consortium (JSBC)

Chapitre II : De l'architecture bioclimatique à la performance énergétique

Foyer géographique	Global	Global	Global mais spécialement au Japon
Coût de la certification	1290 \$ chaque stage	1,250-17500\$	3570-4500 \$
Présentation des résultats	pass ,good ,very good, excellent	Certified 40%,silver 50%,gold 60%,platinum 80%	Spider web diagram,histograms and BEE graph
Résultat produit	certificat	Lettre d'attribution, certificat et plaque	Résultats publiés du certificat et du site Web

Tableau 10: différences entre certains systèmes de notation. Source : auteur.

2.5.3.3 Influence des certifications sur les bâtiments écologiques :

Les pratiques de construction durable peuvent considérablement réduire ou éliminer les impacts négatifs sur l'environnement et améliorer la conception existante non durable. En outre, les mesures de conception écologiques réduisent les coûts d'exploitation, améliorent les possibilités de vente des bâtiments, accroissent la productivité du personnel et réduisent les risques éventuels de problèmes de qualité de l'air intérieur.

2.5.3.4 Pourquoi poursuivre une qualification ou une certification ?

Les raisons de demander une certification de bâtiment écologique pour un projet sont variées. La certification par tout système de notation permet de vérifier la nature verte du projet et peut constituer un outil pédagogique et de marketing précieux pour les propriétaires et les équipes de conception et de construction tout au long du processus de création d'un bâtiment plus durable. La certification de bâtiments écologiques peut également constituer un moyen d'inciter les clients, les propriétaires, les concepteurs et les utilisateurs à développer et à promouvoir des pratiques de construction hautement durables. Il est important de noter qu'un bâtiment n'a pas besoin d'être certifié pour être durable et bien construit.

2.6 La démarche HPE

2.6.1 La construction à Haute Performance Energétique

Dans cette section, on analysera les connaissances existantes relatives au concept de la performance énergétique dans le bâtiment.

2.6.1.1 Définition d'une construction HPE

C'est un bâtiment qui vise à introduire des mesures d'efficacité énergétique afin d'optimiser le confort thermique des logements et de réduire leur consommations énergétiques nonobstant les retombées bénéfiques sur l'environnement en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre (APRUE).

2.6.1.2 La performance énergétique d'un bâtiment

C'est la quantité d'énergie effectivement consommée ou estimée pour répondre aux différents besoins liés à une utilisation standardisée du bâtiment, ce qui peut inclure entre autres le chauffage, l'eau chaude, le refroidissement, la ventilation et l'éclairage.

Cette quantité est exprimée par un ou plusieurs indicateurs numériques résultant d'un calcul, compte tenu de l'isolation, des caractéristiques techniques des installations, de la conception du bâtiment et de son emplacement eu égard aux paramètres climatiques, à l'exposition solaire et à l'indice des structures avoisinantes, de l'autoproduction d'énergie et d'autres facteurs, y compris le climat intérieur, qu'influencent la demande d'énergie.

La « Haute performance énergétique » est un ensemble de normes et de prescriptions réglementaires qui s'est progressivement établi à partir de 1978 entre divers acteurs du bâtiment, de l'environnement, des services publics de l'énergie comme l'EDF, des maîtres d'ouvrages et des organismes publics de certification (PUCA, Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment - CSTB, la Fédération française du bâtiment. C'est une démarche qualitative qui intègre toutes les activités liées à la conception, la construction, le fonctionnement et l'entretien d'un bâtiment (logement, bâtiment public, tertiaire ou industriel).

2.6.1.3 Evolution des bâtiments performants

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

Après le choc pétrolier de 1973 qui confirme notre dépendance énergétique, la maîtrise des dépenses énergétique est devenue un enjeu majeur. Ce dernier a orienté les architectes à réfléchir autrement (Parce que l'architecture dite internationale (style international) a été imposée pendant une grande partie du 20ème siècle.), ce qui s'est traduit tout d'abord par une approche solaire en architecture. Elle visait une indépendance totale du bâtiment par rapport aux ressources

Chapitre II : De l'architecture bioclimatique à la performance énergétique

traditionnelles d'énergie (FERNANDEZ, LAVIGNE, 2009), elle consistait à concevoir un bâtiment afin qu'il présente des caractéristiques thermique performantes.

2.6.1.4 Paramètres de la conception d'un bâtiment énergiquement efficace

Selon R. Gonzalo et Karle J. Habermann., (2008), une architecture énergiquement efficace suppose un bon équilibre entre les mesures en faveur des économies d'énergie et celles mises en oeuvre pour le produire. Les premières concernant surtout la compacité et une bonne enveloppe isolante alors que l'utilisation passive de l'énergie relève des secondes.

En matière de conception ce sont surtout les proportions d'un bâtiment et son orientation qui sont concernées. On peut classer les paramètres de la conception d'un bâtiment énergiquement efficace comme suit l'implantation, l'orientation, La forme, L'enseillement, la compacité, l'enveloppe, le choix des matériaux, organisation des espaces intérieurs, la ventilation naturelle, les dispositifs climatiques.

2.6.1.5 Les critères d'évaluation propres aux bâtiments performants

Il apparaît une forte convergence de concepts autour de quelques caractéristiques :

Caractéristiques principales	Caractéristiques secondaires
<ul style="list-style-type: none">- Le besoin énergétique annuel de chauffage, rapporté à une surface, généralement la surface chauffée.- La consommation d'énergie, également par unité de surface, pouvant inclure le chauffage, mais aussi l'eau chaude sanitaire, l'éclairage, la ventilation, les auxiliaires, voire les autres usages de l'électricité, cet indicateur étant le plus souvent exprimé en énergie primaire.- La production d'énergie à partir de ressources renouvelables.- Les concepts diffèrent surtout par les niveaux d'exigence de chacun d'eux vis-à-vis de ces caractéristiques. Ces niveaux d'exigence constituent des critères permettant de vérifier si les objectifs du concept sont atteints.	<ul style="list-style-type: none">- L'étanchéité du bâtiment à l'air.- Les performances des équipements et des matériaux mis en oeuvre.- Des éléments non énergétiques, tels que la nature des matériaux (naturelle ou synthétique), le surcoût de la construction, les émissions de CO₂, le niveau de confort thermique etc. (THIERS, S. « bilans énergétique et environnementaux de bâtiment a énergie positive », thèse de doctorat, Ecole nationale supérieure des mines de Paris.2008)

Tableau 11: Les critères d'évaluation propres aux bâtiments performants.

2.6.1.6 Principes de conception des bâtiments dans les régions du climat méditerranéen

La conception des bâtiments dans la zone méditerranéenne, doit répondre à certaines spécificités qui peuvent mettre en valeur les opportunités climatiques méditerranéennes et en contrepartie, empêcher ou minimiser l'effet de différents facteurs pouvant générer un micro climat désagréable au sein du bâtiment, on rappelle toutefois que l'humidité dans cette zone est assez importante alors que l'éclairement solaire est peu violent. (Kaoula, Lehtihet. 2009).

Selon De herde A. et Liebard (2005), dans les régions du climat méditerranéen, la proximité de la mer a pour effet de diminuer les écarts journaliers de température et de provoquer une humidité relativement importante. Les pluies apparaissent principalement pendant la saison froide et sont plus rares pendant la saison chaude.

En raison d'humidité de la saison chaude, il est nécessaire de favoriser les mouvements d'air. Au niveau du plan de masse, il est préférable d'orienter le bâtiment selon l'axe est-ouest afin de minimiser les surfaces exposées au rayonnement solaire bas, dont il est difficile de se protéger.

Selon (Givoni, 1978), les principaux objectifs climatiques de conception architecturale dans ce climat peuvent se résumer de la manière suivante :

- Prévoir une ventilation efficace.
- Prévenir tout sur-échauffement du bâtiment en été.
- Se protéger de la pénétration de la pluie.
- Prévenir toute condensation en hiver.

Recommandations pour une conception efficace (Givoni, 1978) :

- Une ventilation transversale pour toute pièce habitable, soit directement, soit par l'intermédiaire d'autres pièces qui peuvent être maintenues ouvertes si nécessaire.
- Prévoir une position favorable au vent si les ouvertures sont relativement petites.
- Prévoir de la protection si les ouvertures sont relativement grandes.
- Les balcons sont très utiles dans ces climats aussi bien pour porter de l'ombre sur les murs et offrir aux occupants une surface plus confortable que l'intérieur pendant les soirées d'été.
- Le choix des matériaux dans ce type de climat doit prendre en compte les facteurs de l'hiver et de l'été. La résistance thermique totale requise pour les murs avec coloration extérieure claire va de 0.25 à .65 m².c/w en été et 0.3 à 0.54 m².c/w en hiver.

2.7 Mesures et méthodes de diagnostic

2.7.1 Bilan carbone

Le bilan carbone est une méthode qui comptabilise les émissions de gaz à effet de serre à partir des données disponibles pour parvenir à une évaluation des émissions au niveau d'un bâtiment (ou patrimoine) ou des activités sur un territoire : Chauffage des bâtiments, Transports des marchandises, Déplacements des personnes (ménages, usagers, visiteurs...), fabrication de produits et de matériaux consommés, Traitement des déchets.

Les résultats obtenus identifient les principales sources d'émissions pour pouvoir élaborer un programme d'actions dans l'ordre des priorités afin de les réduire.

2.7.2 L'empreinte écologique

C'est l'indicateur le plus calculé par les collectivités locales, il n'est pourtant pas reconnu comme indicateur mais seulement outil de communication ou de sensibilisation.

Fondé sur la superficie utilisée pour les activités humaines et uniquement environnemental :

- Elle correspond à la surface nécessaire pour les constructions, les forêts utilisées, les forêts qui seraient nécessaires pour absorber les émissions de CO₂ liées à la consommation et à la production d'énergie...
- Elle correspond à la mesure de l'impact des activités de l'homme sur le milieu naturel.
- Elle s'exprime en (ha) par personne et par an.
- Elle se rapporte à la surface nécessaire pour produire tout ce que consomme un être humain ou l'ensemble d'une population pour ses besoins principaux, tels que l'habitat, l'alimentation, les déplacements et aussi pour l'absorption des déchets rejetés. Le but de ce calcul est la prise de conscience de l'impact sur l'écosystème.

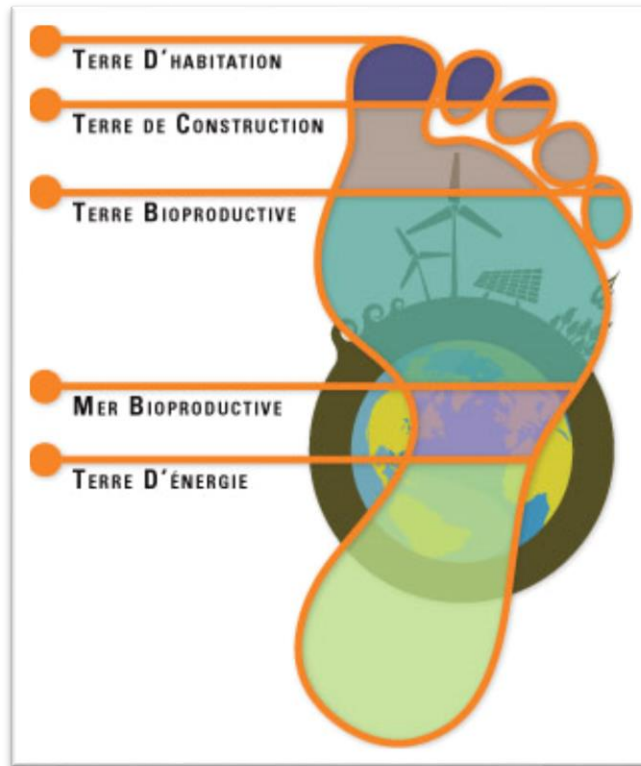


Figure 36: représentation du concept d'empreinte écologique.

2.7.3 Etiquette Energie ou Etiquette Climat (ou CO₂)

Indicateurs reconnus. Etiquette apposée sur différents équipements électroménagers, sur les voitures et sur les bâtiments les classant en fonction de leur consommation d'énergie (étiquette énergie) ou de leurs émissions de gaz à effet de serre (étiquette Climat ou étiquette CO₂). Ce système est issu d'une directive européenne de 2002 (EPBD) visant à réduire les consommations d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre.

Les étiquettes sont élaborées selon les régions afin de tenir compte des différences climatiques.

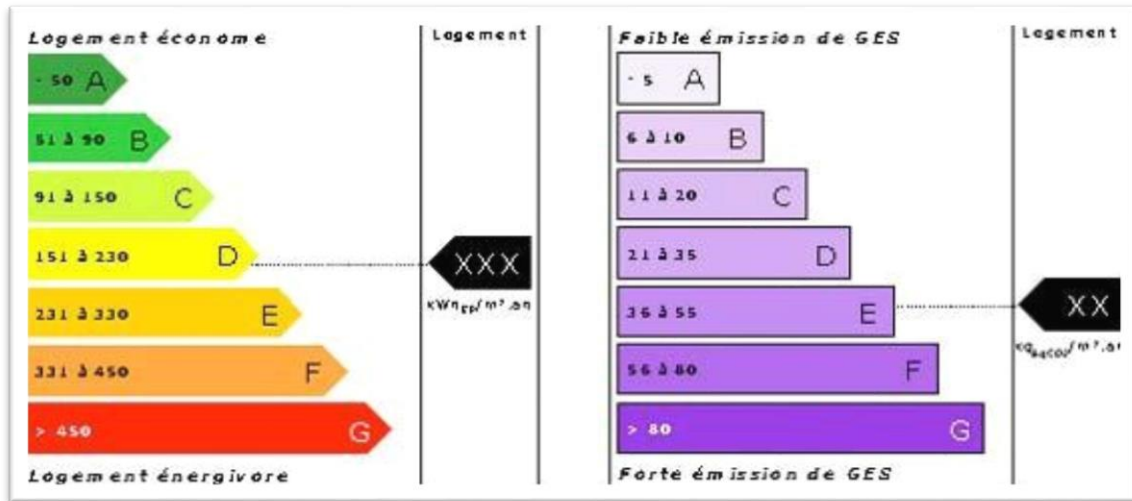


Figure 37: Exigence Le diagnostic de performance énergétique (DPE) Etiquette Energie à gauche ; Etiquette Climat (ou CO2) à droite. (Source: Guide de la maison écologique, 2015.)

2.7.4 Les matériaux

2.7.4.1 Les états du matériau

Au cours de son cycle de vie, le matériau subit un certain nombre de transformations. Ces transformations, matérielles ou conceptuelles, lui confèrent des propriétés précises à un temps de son évolution, définies par son état. Dans une économie durable, la succession de ces états s'enchaîne en boucle, selon un processus qui se renouvelle sur lui-même.

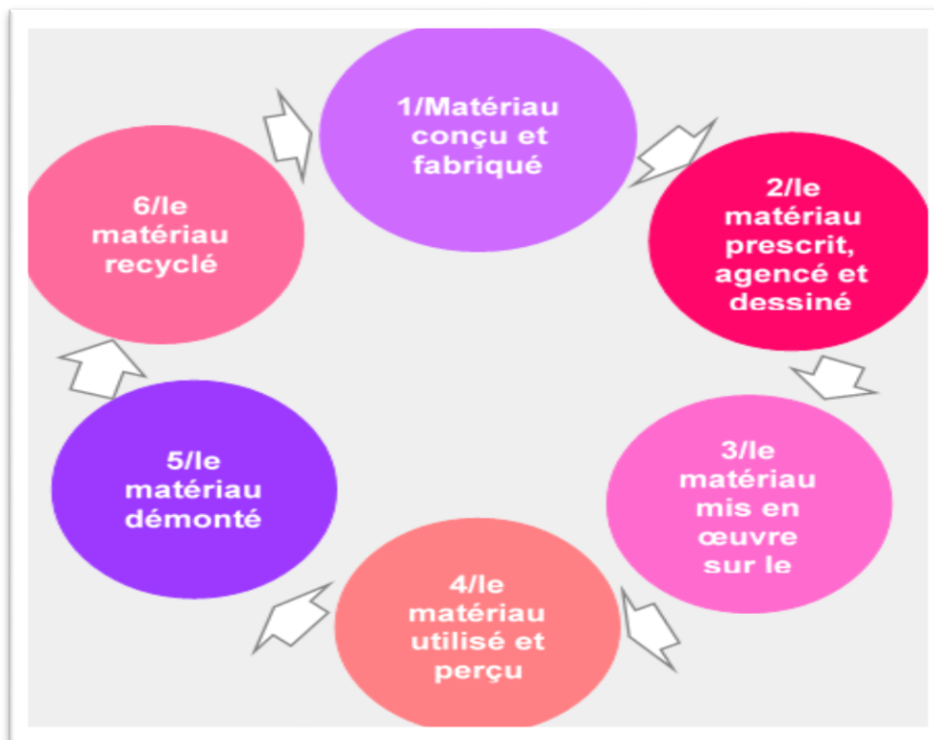


Figure 38: schéma représentatif du cycle de vie d'un matériau .

2.7.4.2 Les critères de choix des matériaux

Les critères de choix d'un matériau sont déterminés par leurs propriétés, elles-mêmes déterminées par leur fabrication ou leur origine.

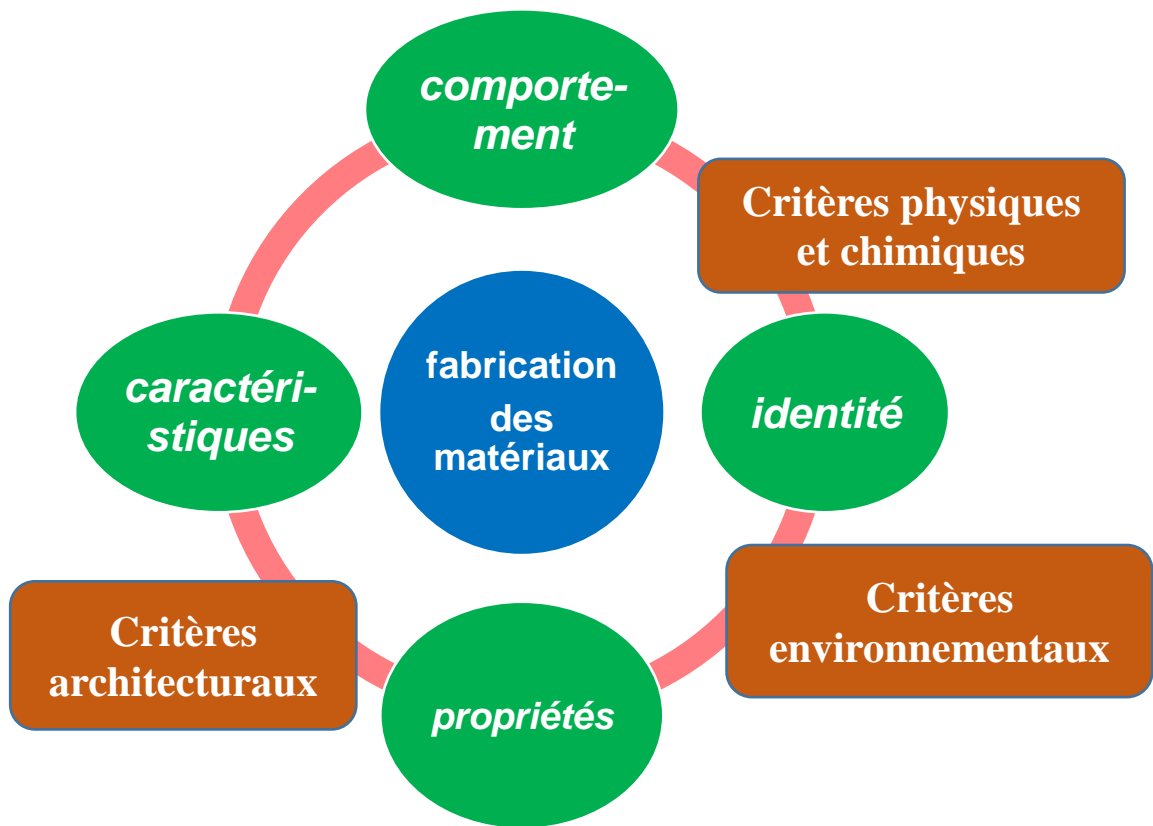


Figure 39: Les critères de choix des matériaux.

2.7.5 Cycle de vie d'un bâtiment

- Bilan comptable des prélèvements et rejets (matière et énergie) des procédés inclus dans le périmètre du système évalué.
- Répartition des flux de l'inventaire dans des indicateurs d'impacts : l'utilisation de ressources et l'impact potentiel sur l'environnement.

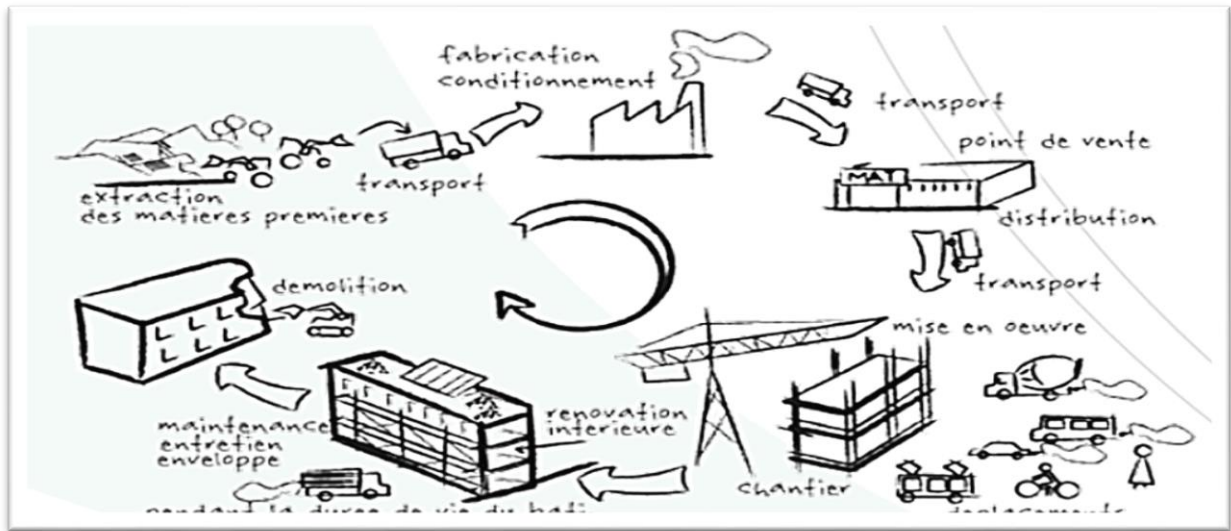


Figure 40: Schéma du cycle de vie d'un bâtiment

2.7.6 L'énergie grise

- L'énergie nécessaire au déplacement des matériaux et équipements entre l'usine et le chantier
- La consommation d'énergie du chantier complémentaire à celle déjà intégrée dans l'énergie grise des composants et équipements (base vie, énergie de mise en œuvre, transport des personnes) ;
- Les énergies grises liées au renouvellement des matériaux et équipements
- L'énergie nécessaire à la déconstruction de l'ouvrage.

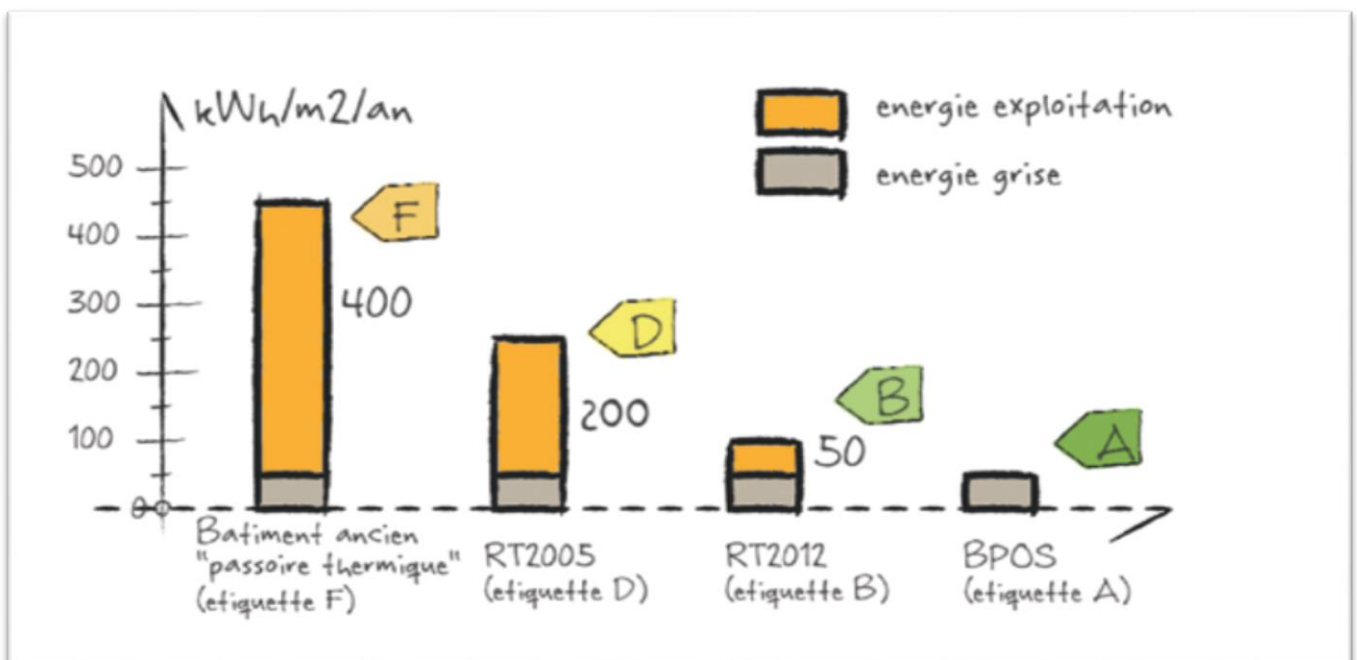


Figure 41: Évolution de la proportion entre énergie grise et énergie d'exploitation du bâtiment

2.8 Conclusion

A la fin de ce chapitre, on a vu que la démarche HPE est une alternative environnementale qui cherche à maîtriser la consommation énergétique et réduire l'impact de projet architecturale sur l'environnement à travers une conception passive, en tenant compte des seuils définis par les différents labels et normes énergétiques qui sont des indicateurs de performances énergétiques basées sur des références. En effet, ils représentent un levier très important pour le développement de technologies innovantes (pompes à chaleur, capteurs solaire, ventilation double flux,...). Par ailleurs, les méthodes et les labels globaux visant à réduire l'impact des constructions sur l'environnement (en particulier : LEED, CASBEE, BREEAM, HQE) évaluent le bâtiment en tant que (construit) plutôt qu'en tant que (conçu), et qu'elles ne permettent pas d'orienter la conception en phase préliminaire.

3 Chapitre III : Analyse et application

3.1 Premier exemple : hôtel 3* parisien (Castille Paris – Paris maintenant)

3.1.1 Introduction

Une campagne de mesure détaillée des consommations d'électricité d'un hôtel parisien a été réalisée entre juillet 2002 et août 2003. Cet hôtel récent présente de nombreuses particularités telles qu'un niveau d'isolation thermique particulièrement élevé (pour son époque), un système de chauffage et de climatisation par pompe à chaleur réversible et une gestion centralisée avec supervision de l'ensemble des régulateurs du site.

Construit en 1995, l'hôtel a déjà fait l'objet d'un audit durant la première année de fonctionnement et la présente étude permet ainsi d'observer l'évolution des performances des appareils en place. L'ensemble des mesures effectuées a été placé dans une base de donnée constituée de manière à permettre une analyse poussée des modes de fonctionnement des appareils et de connaître leur consommation électrique et coût d'utilisation annuels.

Les mesures montrent un niveau de consommation électrique élevé (261 kWh/m²/an) malgré des choix de matériels et une conception a priori performants. Le système de gestion centralisé, dont les possibilités sont exceptionnelles, n'est pas utilisé de façon optimale. La documentation de la régulation n'est pas à jour et rend très difficile toute intervention. Si bien qu'en définitive, la conduite de l'installation est majoritairement effectuée de façon manuelle. Les débits de ventilation, très élevés notamment dans les services généraux, contribuent très lourdement à la facture d'énergie du site, en dépit de la présence de récupérateurs de chaleur sur l'air extrait.

3.1.2 Description de l'hôtel

3.1.2.1 Localisation

L'hôtel est situé à Paris, en bordure du périphérique. La station météorologique de référence est celle de Trappes (2620 Degrés-jours annuels pour une base de 18°C). L'hôtel comprend 151 chambres, 3 salons ainsi qu'un restaurant et un bar. Les chambres sont réparties sur 9 niveaux similaires. La surface totale de locaux chauffés atteint environ 6528 m² dont 1500 m² pour les parties communes.

3.1.2.2 Catégorie et profil d'occupation de l'hôtel

L'hôtel est un « 3 étoiles ». La clientèle est à la fois professionnelle et constituée de touristes, notamment durant les mois d'été et les fins de semaines et les vacances. L'affluence varie

Chapitre III : Analyse et application

peu au cours de l'année. Le taux d'occupation des chambres sur la période de mesure atteint 62% et, en moyenne, 64 repas sont servis quotidiennement.

3.1.2.3 Appareillage électriques

Chambres : A l'exception des suites (1 par étage), les chambres de l'hôtel sont toutes identiques du point de vue du confort et des appareils présents. Leur surface atteint 24,5 m². Les orientations des chambres sont Sud, Ouest ou Nord. La hauteur sous plafond est de 2,45 m.

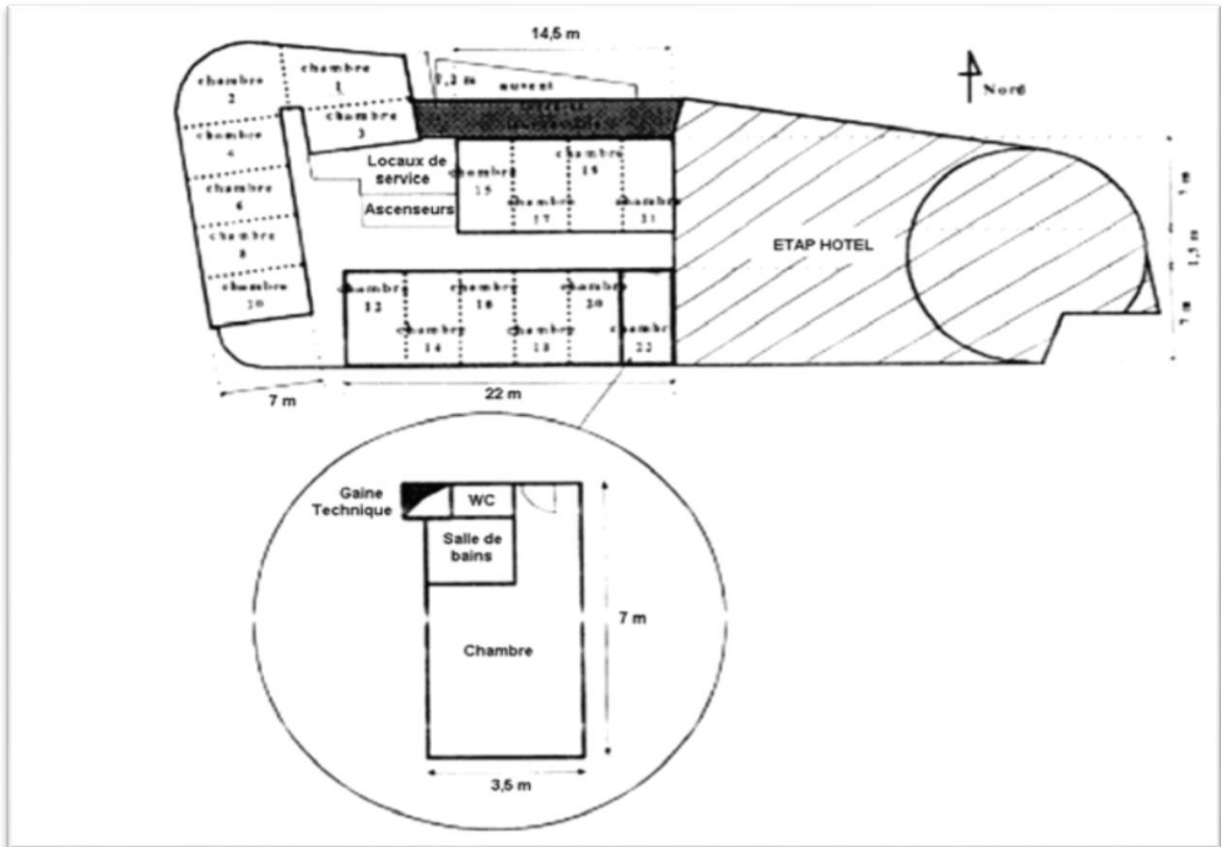


Figure 42: plan de l'hôtel -étage courant-

Pièce	Surface	Part
Chambres	435	76,9 %
Locaux de service	30	5,3 %
Circulation	101	17,8 %
Total	566	100 %

Tableau 12: répartition spatiale des pièces d'hôtel.

Chapitre III : Analyse et application

Les appareils électriques qui équipent les chambres sont tous de même modèle. Il s'agit des télévisions, minibars, sèche-cheveux avec prise de sécurité pour rasoir électrique. Les télévisions des suites sont cependant de dimensions plus importantes. Des prises de courant rendent possible l'utilisation d'appareils appartenant aux clients. L'éclairage est assuré principalement par des lampes à incandescence (bureau, WC), fluorescentes (entrée et salle de bain) ou halogènes (salle de bain).

Salles de conférence : Trois salles de conférence sont utilisées pour des réunions ou pour la prise de petits déjeuners de groupes de tourisme. L'éclairage (tubes fluorescents et spots halogènes) constitue l'essentiel des usages électriques de ces pièces.

Hall et Circulations : L'hôtel comprend un vaste hall d'accueil qui dessert le bar, le restaurant et les salons. Les chambres ne sont accessibles que par deux ascenseurs. Un troisième ascenseur est réservé au service pour le personnel de l'établissement. Les escaliers qui desservent également les étages sont peu utilisés.

Parking : Au sous-sol, un parking privatif sur 2 niveaux est réservé à la clientèle. Il est accessible par les ascenseurs et par des escaliers. Les parkings sont éclairés par des tubes fluorescents montés dans des luminaires étanches et allumés en permanence.

Cuisine, restaurant : L'hôtel dispose d'un restaurant situé au rez-de-chaussée haut. Le restaurant comporte un éclairage décoratif important en dépit d'une bonne exposition et d'un éclairage naturel conséquent.

La cuisine est alimentée au gaz et utilise l'électricité pour les appareils de froid, de lavage ainsi que les fours.

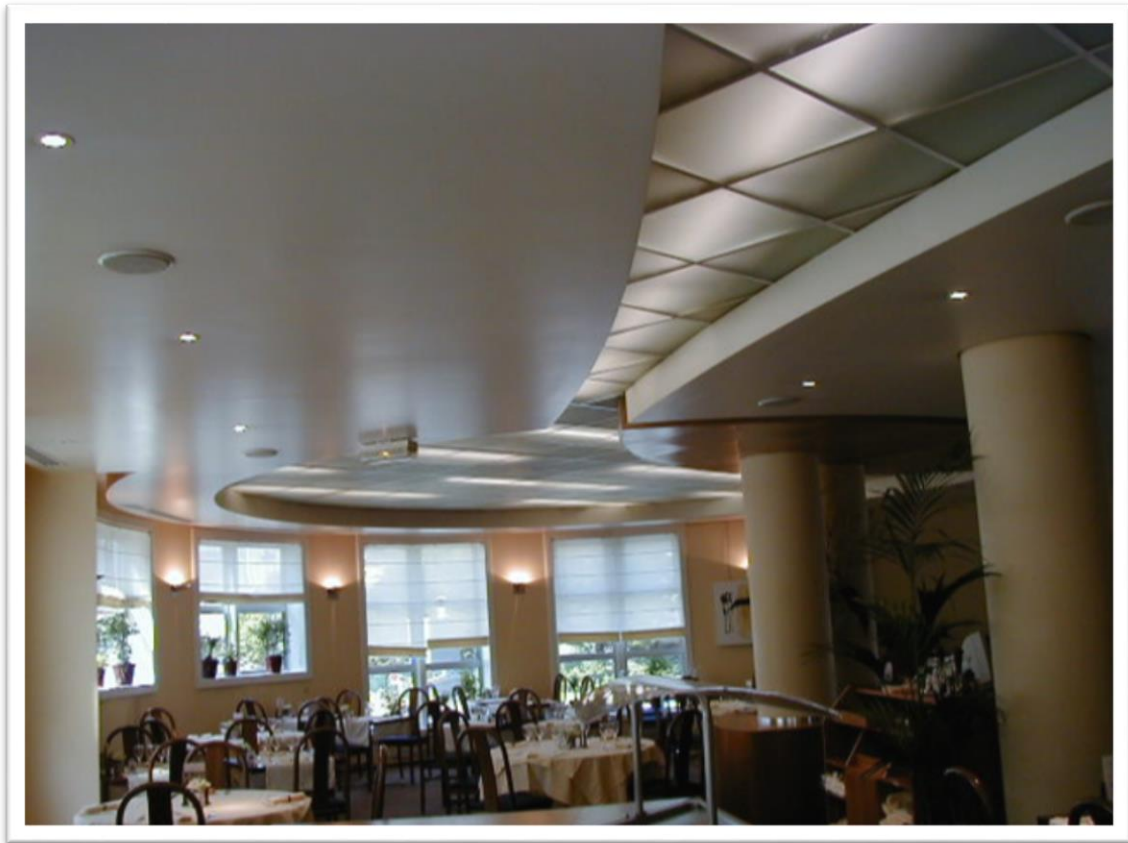


Figure 43: la cuisine et le restaurant de l'hôtel.

Bar : Le Bar est situé au rez-de-chaussée bas. L'éclairage est assuré par des spots halogènes ainsi que des tubes fluorescents masqués par des luminaires décoratifs. Une rénovation a eu lieu en cours de campagne qui a consisté à rajouter de nombreux spots pour augmenter le niveau d'éclairage du bar, très faible initialement.

Bureaux : L'hôtel dispose de plusieurs bureaux et locaux techniques utilisés par le personnel. Ces locaux comprennent principalement des appareils d'éclairage et de technologie de l'information.

3.1.2.4 Conditionnement de l'air.

L'hôtel est chauffé et climatisé par un réseau d'air à double flux. Une centrale de traitement d'air est dédiée aux chambres et une autre, à débit variable, sert aux services généraux. La cuisine dispose d'une extraction propre ainsi que d'un ventilateur de transfert pour la reprise de l'air du restaurant.

Deux pompes à chaleur réversibles assurent le maintien en température d'un réseau caloporteur qui alimente les centrales de traitement d'air ainsi que des batteries terminales dans chaque chambre. Les boîtes de détente des chambres et des services généraux sont toutes équipées

de résistances électriques avec une commande progressive par triac. Enfin, le hall est équipé d'un plancher chauffant électrique alimenté principalement en heures creuses.

3.1.2.5 Appareils divers.

Compte tenu de la hauteur de la construction, l'hôtel est équipé d'un sur-presseur. Par ailleurs, un groupe électrogène est installé pour faire face à d'éventuelles coupures d'alimentation mais n'a jamais fonctionné durant la campagne. (Il ne semble pas prévu pour un fonctionnement en parallèle du réseau afin de limiter les pointes de consommations par grand froid)

3.1.2.6 Caractéristiques thermiques du bâtiment.

Le bâtiment a été conçu selon la réglementation du 13 avril 1988 relatif aux équipements et caractéristiques thermiques dans les bâtiments à usage d'hôtellerie. Les chambres font partie de la catégorie C tandis que les services généraux sont compris dans la catégorie D. Le chauffage est de type II, zone climatique H1 région V.

Isolants : Les parois principales sont isolées comme résumé dans le tableau suivant :

Paroi	Nature isolation	Type	Epaisseur	K (W/m²/°C)
Murs extérieurs	Laine de roche	extérieur	7.5 cm	0.51
Toiture terrasse	Mousse de polyuréthane		10 cm	0.24
Vitrages chambres	2 doubles vitrages	Menuiseries PVC et aluminium	9/20/4 et 11/20/4	1.4

Tableau 13: isolation des parois.

Calcul des déperditions par les parois :

Paroi	Services généraux (W/°C)	Chambres (W/°C)
Murs extérieurs	500	980
Toiture terrasse	16	136
Portes vitrées et entrée	64	0
Vitrages	580	495
Total :	1160	1611

Tableau 14: les déperditions des parois.

Pour un volume total des Services Généraux de 5 000 m³, le coefficient G1 est de 0.27 W/m³/°C et pour les chambres, soit 12 100 m³, le coefficient G1 est de 0.13 W/m³/°C. Globalement pour l'hôtel, le coefficient G1 est de 0.17 W/m³/°C. La compacité du bâtiment et l'isolation poussée des vitrages (pour des raisons phoniques) conduisent à des déperditions particulièrement réduites par rapport aux constructions habituelles, même récentes. Le coefficient

Chapitre III : Analyse et application

G1 est près de 2.5 fois inférieur à la valeur imposée par la réglementation (certes peu contraignante) à la date de construction !

Renouvellement d'air : Le tableau suivant résume les valeurs prévues à la construction du bâtiment :

Local	Débit de la boîte de détente	Air neuf (m ³ /h)		Air extrait (m ³ /h)		Transfert
		Maxi	Mini	Maxi	Mini	
Hall	variable	4600	1440	2400	750	Vers mezz. et sanitaires
mezzanine	variable	800	360	1900	860	Vers bureaux
bar	variable	2600	2160	2000	1660	Vers sanitaires
restaurant	variable	4400	3800	600	0	Vers cuisine
Salons	variable	3600	2700	3600	2700	
Salon mezzanine	variable	1200	870	1060	770	Vers mezzanine
bureaux	constant	520	0	580	0	Vers mezzanine
Sanitaires publics	constant	0	0	900	0	Du hall et du bar
Sanitaires sous sol	constant	0	0	180	0	Des dégagements
Sanitaires étages	constant	0	0	420	0	Des circulations
Locaux service	constant	0	0	270	0	Des circulations
Dégagements sous sol	constant	1560	0	0	0	Vers offices
ECS, lingerie	constant	150	0	790	0	Des dégagements
		19430	11330	14700	6740	

Local	Débit de la boîte de détente	Air neuf (m ³ /h)		Air extrait (m ³ /h)		Transfert
		Maxi	Mini	Maxi	Mini	
Chambres	constant	60	60	0	0	Vers SDB
Salles de Bains	constant	0	0	60	60	De Chambre
Paliers d'ascenseurs	constant	30	30	0	0	
Locaux de service	constant	0	0	60	60	
Cuisine	2 vitesses	3 800	0	7 400	3 800	Du restaurant

Tableau 15: les valeurs prévues à la construction du bâtiment.

Pour 151 chambres et 9 étages, le débit d'air neuf soufflé est de 9 330 m³/h et le débit extrait total est de 9 600 m³/h.

Le débit total moyen de renouvellement du volume chauffé est d'environ 25000 m³/h et représente un échange de chaleur de 8500 W/°C avec l'extérieur. Comparé aux 2800 W/°C des déperditions par les parois, le renouvellement d'air apparaît donc critique en ce qui concerne les dépenses de chauffage et de climatisation du bâtiment. Les récupérateurs de chaleur sur l'air extrait viennent cependant limiter ces pertes.

Par ailleurs, les locaux poubelles et linge-salle disposent d'une extraction indépendante de 550 m³/h en terrasse et à fonctionnement permanent, de même que les locales machineries ascenseurs (120 m³/h). Les parkings sont équipés de ventilateurs axiaux dont les débits d'extraction sont de 22200 m³/h pour le 1er sous-sol et 23400 m³/h pour le 2ème (en grande vitesse).

3.1.3 Analyse des consommations d'électricité

3.1.3.1 Consommation électrique totale et choix de l'abonnement

Consommation totale de l'hôtel : La consommation d'électricité de l'hôtel atteint en moyenne 4705 kWh par jour soit près de 1,7 GWh par an. Les variations mensuelles sont limitées car les consommations de climatisation l'été remplacent les consommations de chauffage l'hiver. Une base continue de consommation est due aux appareils de ventilation, aux éclairages des communs, aux mini bars des chambres et à tous les autres appareils de froid. La légère surconsommation des mois de janvier et février est due au chauffage électrique direct lorsque les pompes à chaleurs ne peuvent assumer la demande en raison des conditions de températures extérieures trop basses ou de problèmes techniques. La consommation ne diminue pas sensiblement en mi saison car durant ces périodes, on produit alors à la fois du froid par les PAC le jour et de la chaleur par les résistances la nuit.

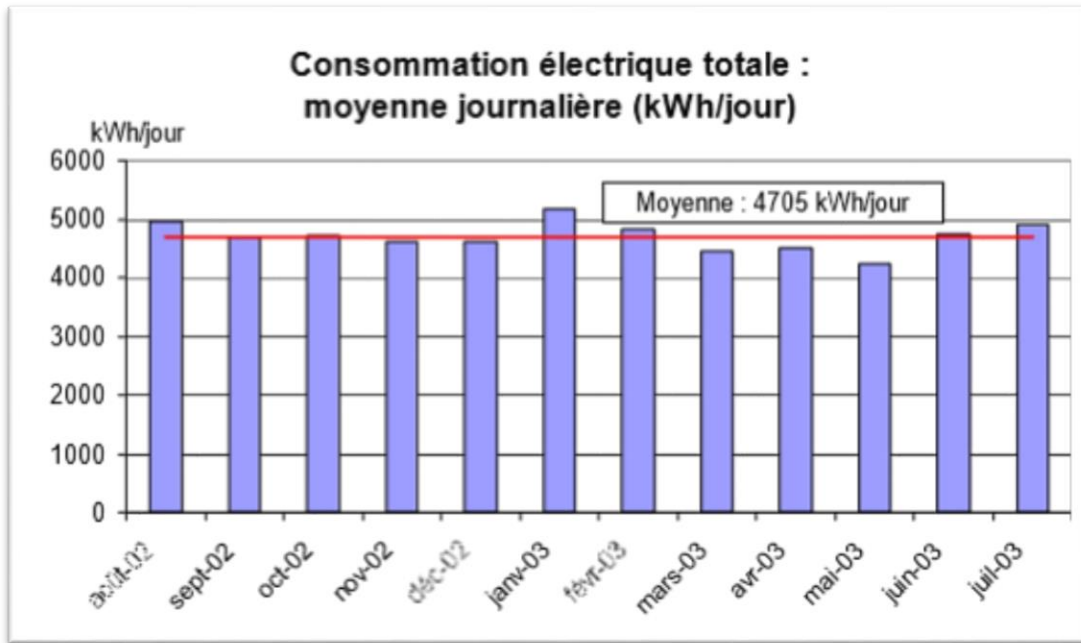


Figure 44: Evolution mensuelle de la consommation d'électricité de l'hôtel

La consommation annuelle du bâtiment est très proche de celle mesurée durant la campagne de 1996-1997 (moins de 1% d'écart).

Périodes d'occurrences des pointes de consommation de l'hôtel : Les mesures détaillées issues du compteur général de l'hôtel ont permis de connaître les moments des appels maximaux de puissance par période tarifaire. Ces valeurs correspondent aux relevés des feuillets de gestion fournis par EDF pour la période août 2002 à juillet 2003.

Période tarifaire	jours d'occurrence	heures	Puissance atteinte (kW)
P	08/01/03	10:00	328 (dépassement)
HPH	08/01/03	17:00	333 (dépassement)
HCH	08/01/03	01:00	455 (dépassement)
HPE	18/10/02	13:30	309
HCE	03/10/02	01:00	384 (dépassement)

Tableau 16: Dates d'occurrence des appels maximaux de puissance de l'hôtel.

Les appels maximaux de puissance l'hiver correspondent à un jour parmi les plus froids mais surtout pour lequel les PAC n'était pas en service et l'ensemble du chauffage du bâtiment était donc produit par des résistances. Des dépassements de puissance ont alors eu lieu sur des durées importantes et pour un montant total de plus de 2000 Euros pour janvier 2003. La pointe d'été en heures pleine du 18 octobre est très ponctuelle (moins d'une heure) et due à la remise en route en mode chaud des deux PAC simultanément. L'appel maximal d'heures creuses d'été a eu lieu le 3 octobre et correspond à l'heure où l'ensemble des ballons ECS sont en fonction. Le

Chapitre III : Analyse et application

conditionnement d'air était alors en mode climatisation et le plancher chauffant du hall d'entrée en fonction. Ce cas n'est pas un phénomène isolé mais il a été accru ce jour-là du fait d'une forte occupation.

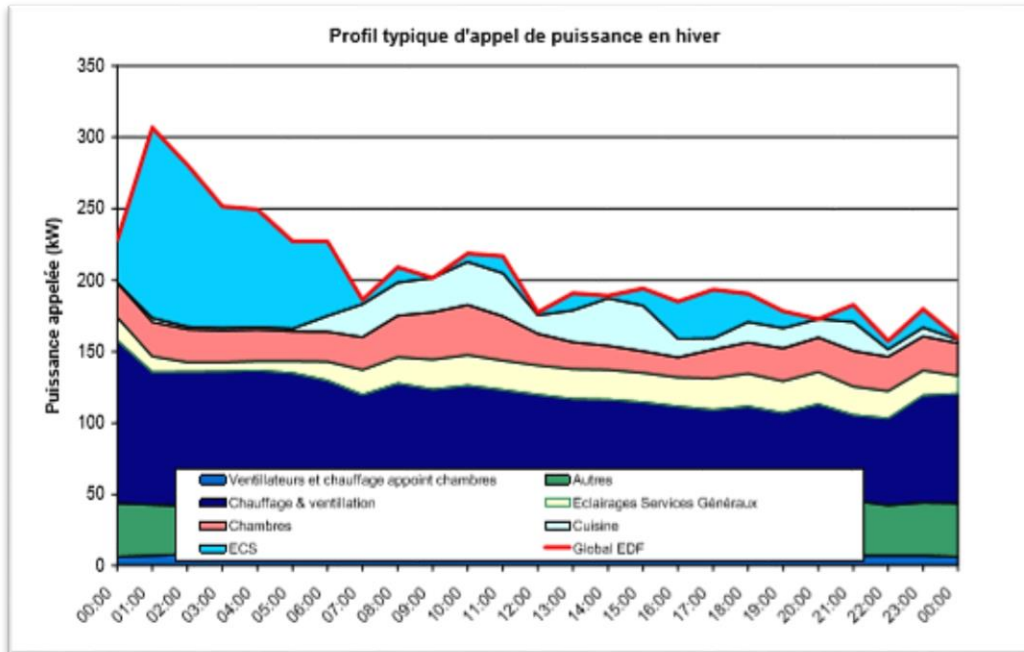


Figure 45: Profil typique d'appel de puissance en hiver

Répartition par usage de la consommation électrique : Près de la moitié de la consommation électrique de l'hôtel est utilisée pour le conditionnement de l'air (ventilation, climatisation et chauffage du bâtiment). Les chambres représentent moins de 10% des consommations malgré la présence de mini bars et d'éclairages peu performants.

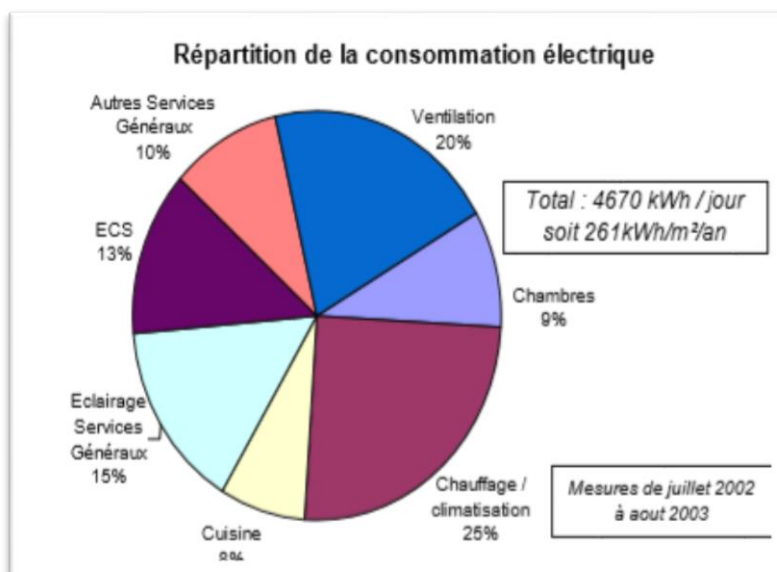


Figure 46: Structure de la consommation d'électricité

En ce qui concerne les coûts, la part du conditionnement d'air augmente du fait principalement d'un prix élevé de l'énergie pour le chauffage.

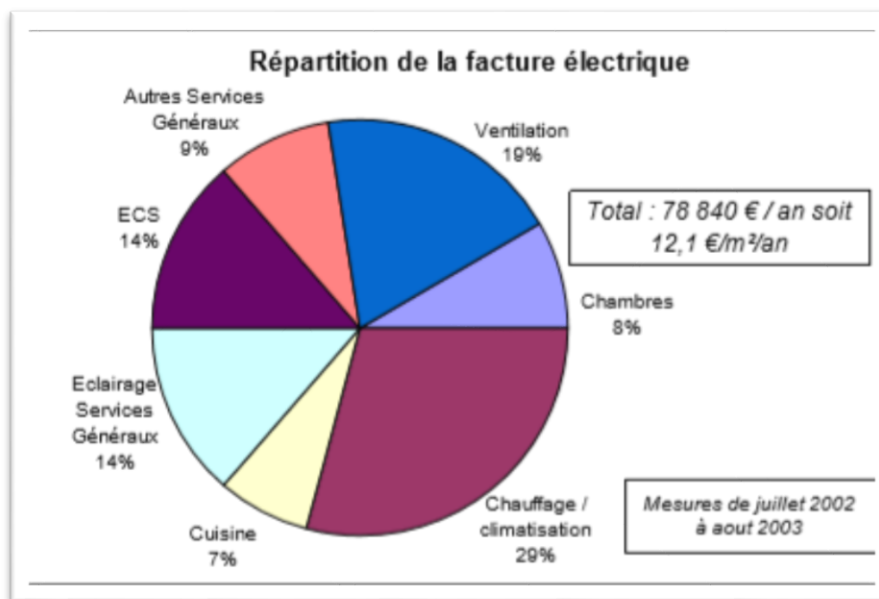


Figure 47: Structure de la facture d'électricité

Compte tenu du taux d'occupation de l'hôtel, le coût énergétique atteint 2,3 Euros par chambre vendue (50,2 kWh).

3.1.4 Conclusion :

Situé à Paris, l'hôtel est un trois étoiles de 150 chambres avec bar, restaurant et trois salons de conférence. Le taux d'occupation durant la période de mesure a été de 62% et une moyenne de 65 repas ont été servis quotidiennement.

Le bâtiment a été construit en 1995 en tout électrique avec un objectif de bonnes performances énergétiques. Il présente une très bonne isolation thermique ($G1=0,17$) et dispose de pompes à chaleur et de récupérateurs de chaleur pour assurer le conditionnement d'air. Une gestion centralisée équipe l'ensemble du site et la supervision contrôle les régulateurs de tous les locaux, y compris les automates de chacune des chambres.

La consommation annuelle totale de l'hôtel atteint 1 700MWh (79 000 € HT.) correspondant à un ratio de 261 kWh/m²/an. Ces valeurs globales sont presque identiques à celles obtenues en 1996-1997.

Les principaux dysfonctionnements rencontrés concernent le conditionnement d'air :
La campagne a permis entre autre de constater que :

- Le renouvellement d'air des chambres est très faible du fait du colmatage de la prise d'air neuf.
- La commande du récupérateur de chaleur de la centrale de traitement d'air des chambres était inversée (le récupérateur était actif lorsque la température extérieure dépassait 15°C et en bipasse en cas contraire) Ce défaut a été corrigé en cours de campagne mais la régulation de marche des récupérateurs n'est toujours pas optimale.
- La sonde de régulation du mitigeur ECS est mal positionnée entraînant une température de distribution mal maîtrisée et une surconsommation du réchauffeur de boucle.
- Le plancher chauffant électrique du hall peut être actif même en période de climatisation.
- Les températures de production du circuit hydraulique des PAC sont à des niveaux qui conduisent à des coefficients de performance limités pour les pompes à chaleur.

3.2 Deuxième exemple : Hôtel Amstelkwartier , Amsterdam.

Vers un hôtel à énergie presque nulle en appliquant une technologie d'énergie renouvelable



Figure 48: paysage urbain d'hôtel.

3.2.1 Introduction :

Cette étude concerne le nouvel hôtel Amstelkwartier, dont la construction est achevée à la fin de l'année 2015. Les entreprises TBI J.P. van Eesteren, Croon Elektrotechniek et Wolter & Dros sont responsables de la réalisation du bâtiment. L'hôtel Amstelkwartier est le premier hôtel d'Europe (2015) à se voir décerner un certificat LEED Platine pour son exploitation. Ce prix récompense principalement la faible consommation d'énergie attendue de l'hôtel, son système d'eau grise, son toit végétal, la production d'énergie renouvelable par le système de cogénération et l'utilisation de matériaux durables. La faible demande d'énergie thermique attendue est principalement due à la façade adaptable, qui s'adapte sous l'influence des conditions météorologiques en augmentant la valeur U globale et en régulant l'admission au soleil.

Wolter & Dros sont responsable de la mise en service du bâtiment, où le certificat LEED platine pour l'exploitation du bâtiment doit être conservé.

3.2.2 Présentation :

L'hôtel Amstelkwartier est sur le point de devenir un hôtel 4 étoiles extrêmement durables sur la rivière Amstel, près de la gare Amstel à Amsterdam. Un nouvel espace résidentiel et de travail dynamique sera développé ici dans les années à venir. Amstelside BV a chargé Mulderblauw architecten et Achitectenbureau Paul de Ruiters de concevoir le premier hôtel certifié LEED Platinum en Europe.

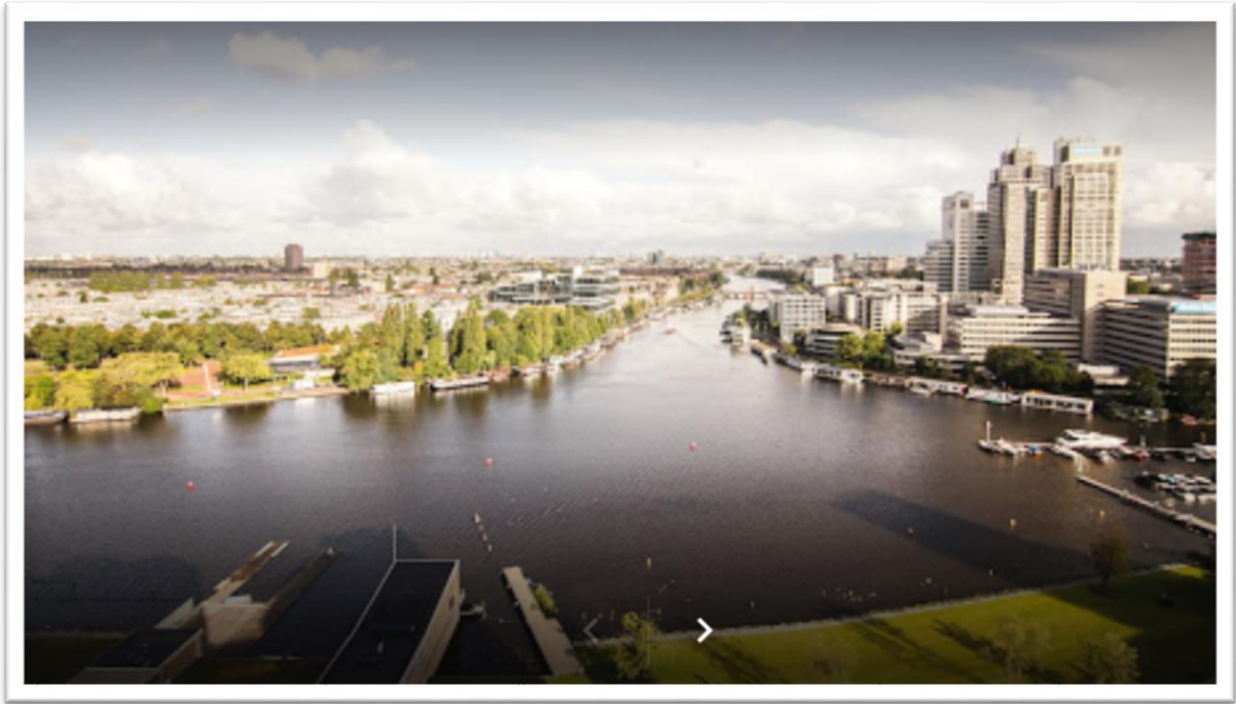


Figure 49: le paysage urbain d'hôtel.

L'hôtel disposera de plus de 300 chambres et répondra à toutes les attentes des hôtes du XXI^e siècle: luxe et confort dans le souci de préserver notre planète. Cela nécessite une durabilité intégrée dans les domaines de la conservation de l'énergie et des opérations commerciales, ainsi que de la qualité de l'hébergement. L'objectif principal pour y parvenir est de fermer tous les cycles possibles dans les domaines de l'énergie, des eaux usées et de l'utilisation des matériaux. L'objectif secondaire est de concevoir un hôtel spécial qui soit relié à son emplacement et à la ville d'Amsterdam de différentes manières. Ces points focaux forment ensemble le sens du lieu de l'hôtel.

Le bâtiment consistera en un noyau compact d'installations logistiques entourées d'espaces d'hébergement spécialement conçus pour une exposition maximale à la lumière du jour. Les chambres d'hôtel auront des baies vitrées pour assurer une qualité spatiale exceptionnelle et une vue à couper le souffle. Une ventilation naturelle utilisant l'air extérieur sera possible dans toutes les pièces, même au 20^{ème} étage. Les grandes parties de la journée où les clients sont absents de l'hôtel ou dorment dans leur chambre seront intelligemment utilisées, la façade réagissant au climat extérieur pour éviter les pertes de chaleur et la surchauffe. Cela signifie que la coque extérieure architecturale fournira la plus grande économie de consommation d'énergie. La façade sera dynamique et changera continuellement en fonction des clients de l'hôtel, de la météo, de l'heure et de l'année.

Les besoins énergétiques restants seront générés à l'interne, en partie grâce à la biomasse de l'hôtel. Les eaux grises seront utilisées pour tirer la chasse d'eau des toilettes ; l'eau de pluie pour les herbes cultivées dans la serre au dernier niveau. Les plantes absorberont le CO₂ de l'air de ventilation utilisé. La chaleur de l'air de ventilation extrait sera collectée et réutilisée. L'utilisation de matériaux sera réduite autant que possible par une conception intelligente. Les matériaux nécessaires auront un contenu recyclé et proviendront de fournisseurs et de fabricants locaux dans la mesure du possible.

Tous les domaines de l'hôtel, du restaurant public aux salles de réunion, en passant par les couloirs les plus intimes et les chambres d'hôtel, jusqu'au sky bar situé au dernier étage, seront axés sur une relation spécifique avec la ville. L'utilisation de matériaux, d'aliments et de ressources locaux, la relation avec le climat néerlandais en mutation et le sentiment de lien spatial et social avec le quartier et la ville empêcheront l'hôtel de devenir un arrêt générique et consommable. Dans tous les éléments de design, l'hôtel tire son caractère unique de son emplacement et fait en sorte que ses clients se sentent comme de vrais résidents d'Amsterdam pendant leur séjour (<https://archello.com/project/hotel-amstelkwartier>).

3.2.3 Les phases de construction :

Le travail est structuré selon 4 phases.

3.2.3.1 Phase (1) : Collecte des informations sur le système et la construction

L'objectif de la phase 1 est d'obtenir une compréhension complète de la conception et du système énergétique de l'hôtel. Wolter & Dros a fourni les informations sur l'hôtel, le système énergétique et la prévision de la performance énergétique. Les prévisions de performance énergétique sont obtenues par des calculs et des simulations avec le programme «VABI14», donnant lieu à des données annuelles sur la performance énergétique prédite. Les données annuelles de la consommation d'énergie prévue sont utilisées pour prévoir les données horaires et pour valider les simulations effectuées avec l'outil de simulation de bâtiment IES VE pour la demande de chauffage et de refroidissement.

3.2.3.2 Phase (2) : Prédiction de la performance énergétique

Pour évaluer l'amélioration du système d'alimentation en énergie actuel en appliquant RET, une prévision des données de charge électrique horaire est nécessaire. L'objectif de la phase 2 est de prévoir la charge horaire d'électricité du réseau.

Dans le système énergétique de l'hôtel, les différents types de demande d'énergie tels que le chauffage, la climatisation, l'ECS et l'électricité influent tous sur la demande résultante en

électricité du réseau. Par conséquent, il est nécessaire de prévoir les besoins énergétiques de l'hôtel, ce qui se traduira par une prévision des besoins énergétiques par le réseau.

3.2.3.3 Phase (3) : Définition des options et offres d'amélioration

L'objectif de la phase 3 est de définir les options d'amélioration et les offres.

Un inventaire est fait de la situation actuelle du système d'approvisionnement en énergie, de l'espace disponible pour le RET et des sources d'énergie renouvelables disponibles à l'hôtel Amstelkwartier.

3.2.3.4 Phase (4) : Analyse optimalité coûts et analyse de sensibilité

L'objectif de la phase 4 est de choisir les ensembles de coûts optimaux et d'analyser leur sensibilité aux différents scénarios de demande d'électricité, climat et économie.

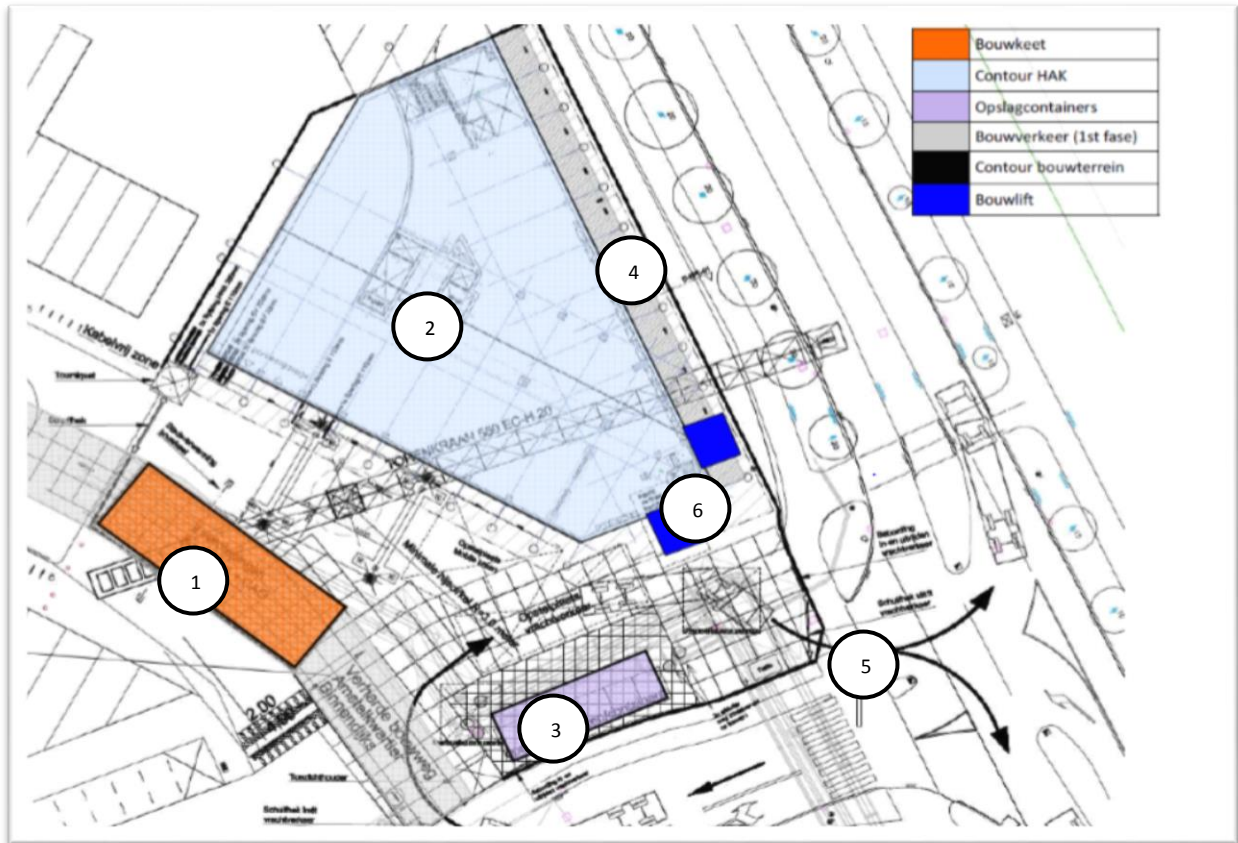


Figure 50: plan de masse du l'hôtel. Source: Jp van eastern/croon/wolter and dros.

1	cabane de construction
2	contour HAK
3	conteneurs de stockage
4	trafic de construction 1 ^{ère} phase
5	chantier de construction
6	ascenseur de construction

Tableau 17: légende de la figure.

3.2.4 Conception du Bâtiment

Cet hôtel, qui compte 308 chambres, un parking, des restaurants, des bars, un centre de bien-être et se verra attribuer le label platine LEED d'Europe, couvrira une superficie de 16 890 m². Toutes les installations logistiques sont situées au cœur du bâtiment, tandis que les chambres sont situées autour de l'enveloppe du bâtiment.

3.2.5 Façade adaptable

Le bâtiment est doté d'une façade adaptable qui s'adapte sous l'influence de l'occupation des invités et des conditions météorologiques extérieures. Si une pièce est inoccupée, le système de contrôle de la façade adaptable détermine le moment de la fermeture des volets extérieurs pour éviter les pertes d'énergie en hiver ou la surchauffe en été en augmentant la valeur U globale de la façade ou en bloquant l'irradiation entrante. La valeur U d'une façade ouverte s'élève à 1,8 W / m² * K et à l'état fermé à 0,5 W / m² * K. En conséquence, la façade est dynamique et change continuellement au cours de la journée sous l'influence des conditions météorologiques et de l'occupation.

La figure montre une impression de l'hôtel Amstelkwartier et de sa façade adaptable. L'Annexe présente un agencement typique des étages avec des chambres pour la partie inférieure la plus large du bâtiment (étages 2-7) et la partie supérieure du bâtiment (étages 8-19).



Figure 51 : hôtel Amstelkwartier et sa façade adaptable.



Figure 52: plan du 1er étage.

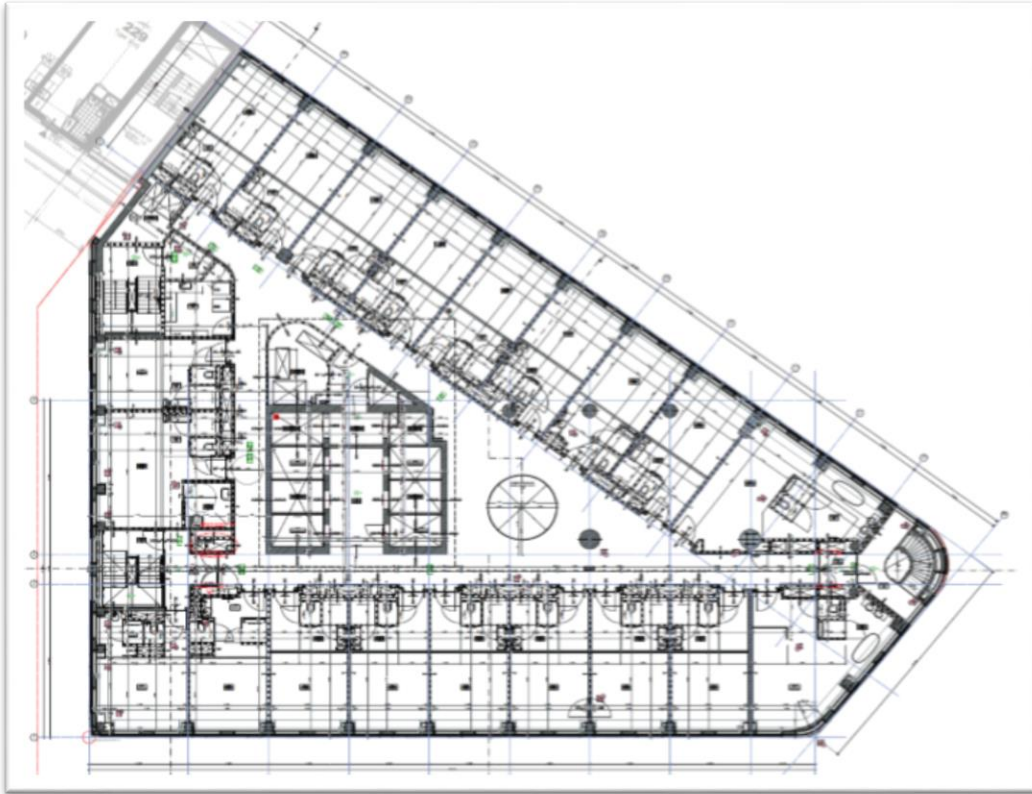


Figure 53: Disposition de la partie inférieure du bâtiment, représentative des étages 2 à 6 [Plan de 'JP van Eesteren'].

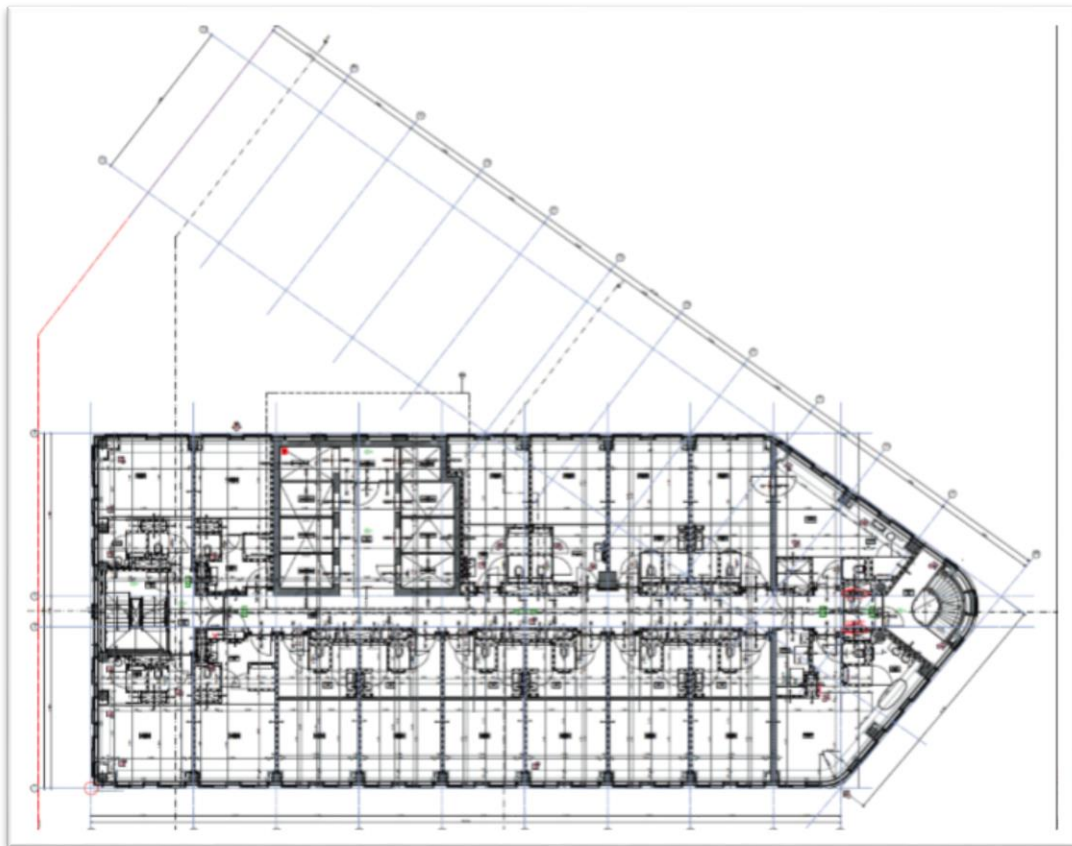


Figure 54: Disposition de la partie supérieure du bâtiment, représentative des étages 7 à 19 [plan de l'opération «JP van Eesteren»].

Floor	Description
-2	Technical rooms, parking, dressing rooms
-1	Parking, toilets, kitchen, facility rooms
0	Reception, restaurants, kitchen, bicycle storage
Mezzanine	Diner rooms, toilets
1	Restaurant, meeting rooms
2-6	Guestrooms
7	Guestrooms, green roof, technical installations on roof
8-19	Guestrooms
20	Wellness
21	Bar/lounge, roof terrace, multi functional room
22	Roof terrace, green roof, green house. Possibility of 234m ² of pv panels

Tableau 18: tableau descriptif des étages.

3.2.5.1 Système énergétique

Cette section décrit les parties les plus importantes du système énergétique et les flux d'énergie annuels prévus.

Le système d'alimentation en énergie actuel de l'hôtel Amstelkwartier est doté de son propre générateur de chaleur et de courant électrique. Une production combinée de chaleur et d'électricité (cogénération) produit à la fois de la chaleur pour répondre à la demande en eau chaude domestique et de l'électricité pour couvrir les besoins en électricité de l'hôtel. La cogénération fonctionne à l'huile BIOil (huile usée de friteuses) et est considérée comme un système d'énergie renouvelable, contribuant au RF.

Le système principal destiné à répondre à la demande de chauffage et de refroidissement des locaux est la pompe à chaleur géothermique. Cette pompe à chaleur est équipée d'un stockage souterrain qui stocke la chaleur perdue en été et le froid en hiver. La pompe à chaleur utilise la chaleur ou le froid stockés pendant la saison suivante, ce qui augmente considérablement le COP. Lors des pics de demande et en guise de secours pour le système de chauffage, le système de cogénération et le chauffage urbain sont utilisés. Les unités de refroidissement de pièce fonctionnent sans arrêt pour refroidir les salles de communication.

Wolter & Dros ont prédit les flux d'énergie : La figure présente la consommation d'énergie annuelle prévue et l'alimentation du système pour le scénario de base.

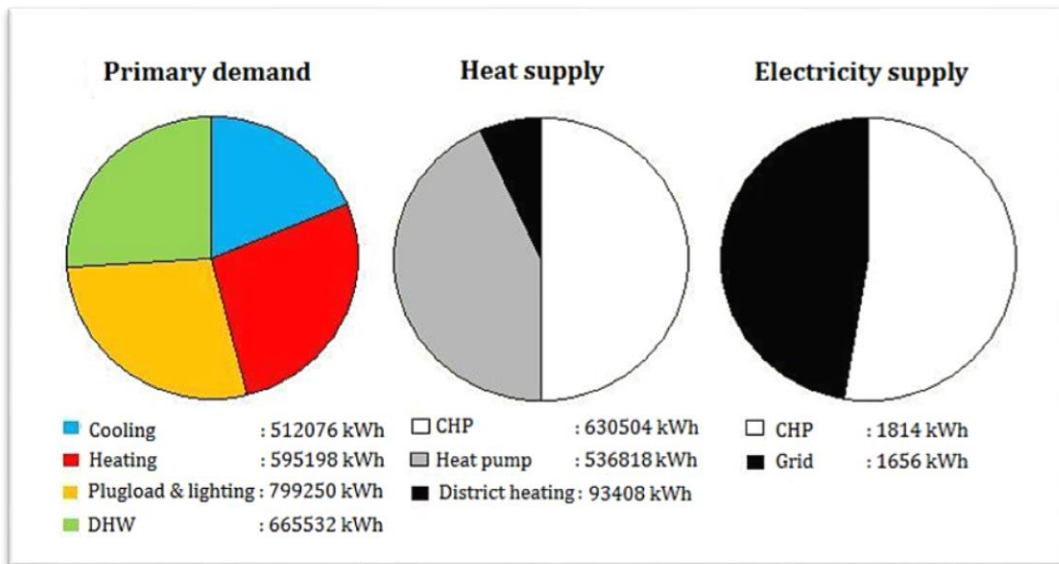


Figure 55: Diagrammes entourant la demande annuelle d'énergie primaire, l'approvisionnement en chaleur et l'alimentation en électricité selon les calculs de Wolter & Dros.

Le schéma détaillé des flux d'énergie est présenté à la figure suivante.

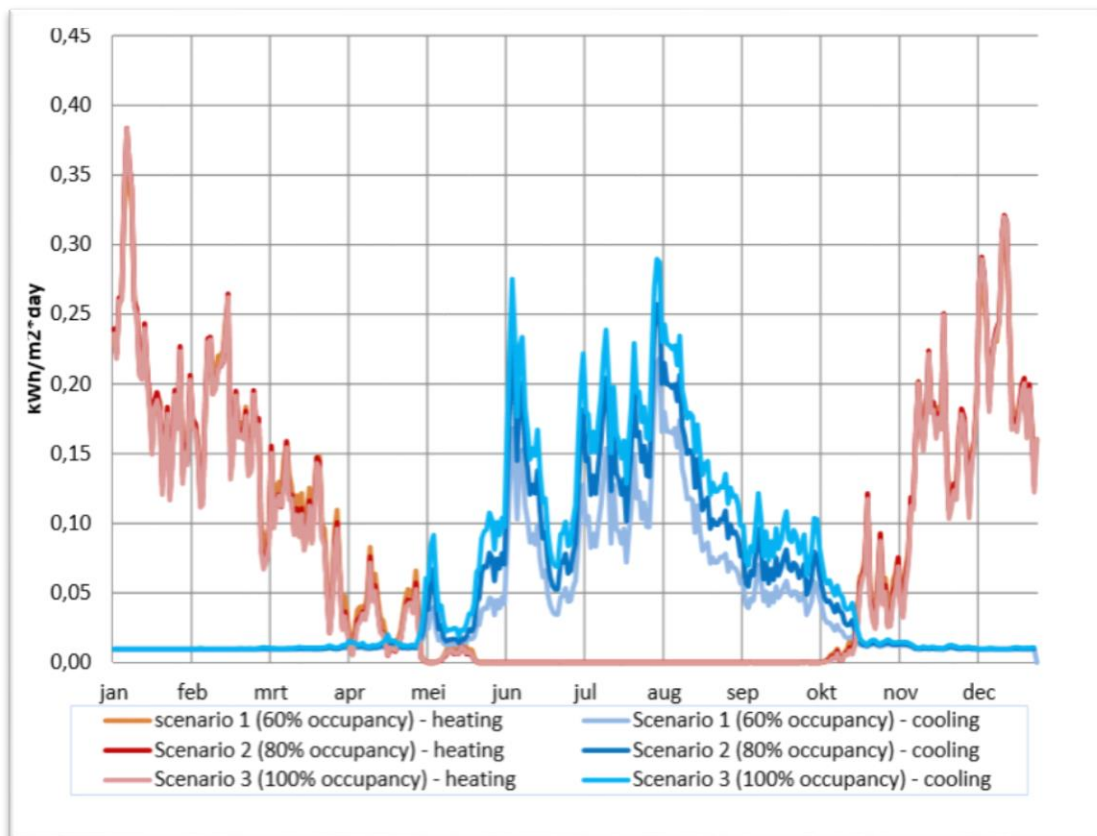


Figure 56: Comparaison de la demande de chauffage et de climatisation pour les scénarios d'occupation 1, 2 et 3.

Prédiction de la performance énergétique : La prévision de la consommation annuelle d'électricité de l'hôtel est établie par Wolter & Dros. Pour une évaluation fiable du RET, cependant, une prévision plus détaillée du profil saisonnier et journalier de la consommation d'énergie est nécessaire. L'objectif concerne les données de charge électrique horaire qui sont utilisées comme entrée dans les simulations HOMER.

HOMER est un progiciel d'optimisation qui simule de nombreuses configurations système et les fait évoluer sur la base de la faisabilité technique et du coût de revient. HOMER utilise un pas de temps d'une heure pour saisir l'essentiel de la variabilité de la charge et des ressources renouvelables fluctuantes. HOMER nécessite des entrées de charge horaire et environnementales pour évaluer le potentiel technique de RET via RF et la viabilité économique via LCC.

Chauffage et refroidissement : La demande de chauffage et de climatisation du bâtiment de l'hôtel est principalement fournie par une pompe à chaleur qui consomme beaucoup d'énergie électrique. La demande de chauffage et de climatisation influence les besoins en électricité résultants du réseau et est simulée avec le programme IES VE.

IES VE est un logiciel de simulation énergétique basé sur des réseaux qui résolvent des équations comme la conservation de la masse, de l'énergie et de la concentration des espèces. L'option 'Apache' dans IES VE est utilisée pour les calculs thermiques du bâtiment de l'hôtel.

Modèle : Dans IES VE, les mêmes données d'entrée sont utilisées comme les simulations VABI14 effectuées par Wolter & Dros. Contrairement à VABI14, le programme de simulation IES VE dispose d'une option de sortie des données horaires de la demande de chauffage et de refroidissement. Afin de réduire le temps de simulation, seules quelques salles typiques réparties sur plusieurs étages du bâtiment sont choisies pour servir de salles de référence permettant d'estimer la demande totale de chauffage et de climatisation du bâtiment.

L'annexe présente les données d'entrée du modèle sous forme d'agencement, y compris les salles de référence utilisées pour la simulation, les charges internes, les valeurs U et les points de consigne de chauffage et de climatisation.

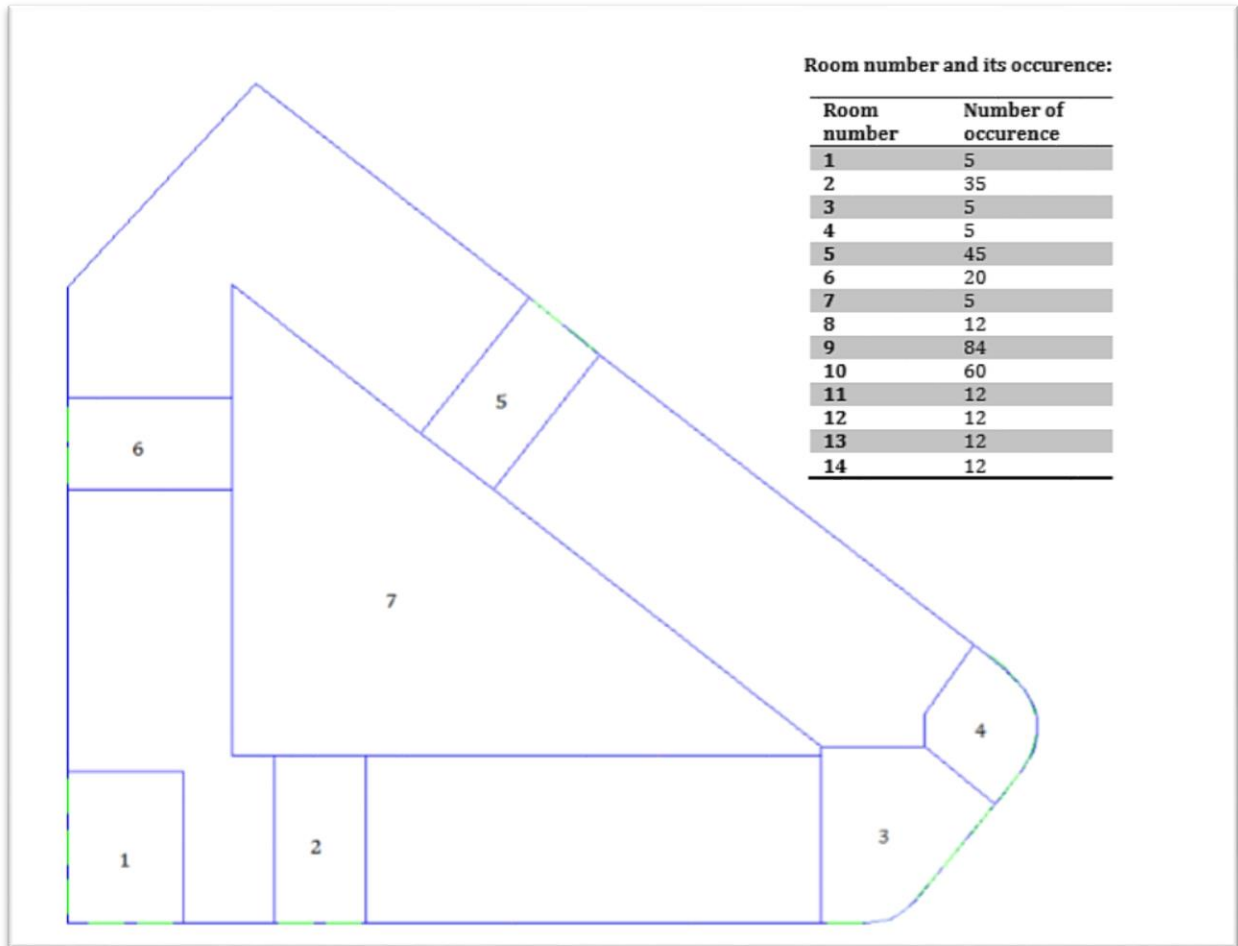


Figure 57: Partie inférieure du bâtiment en IES VE, représentative des étages 2-6.

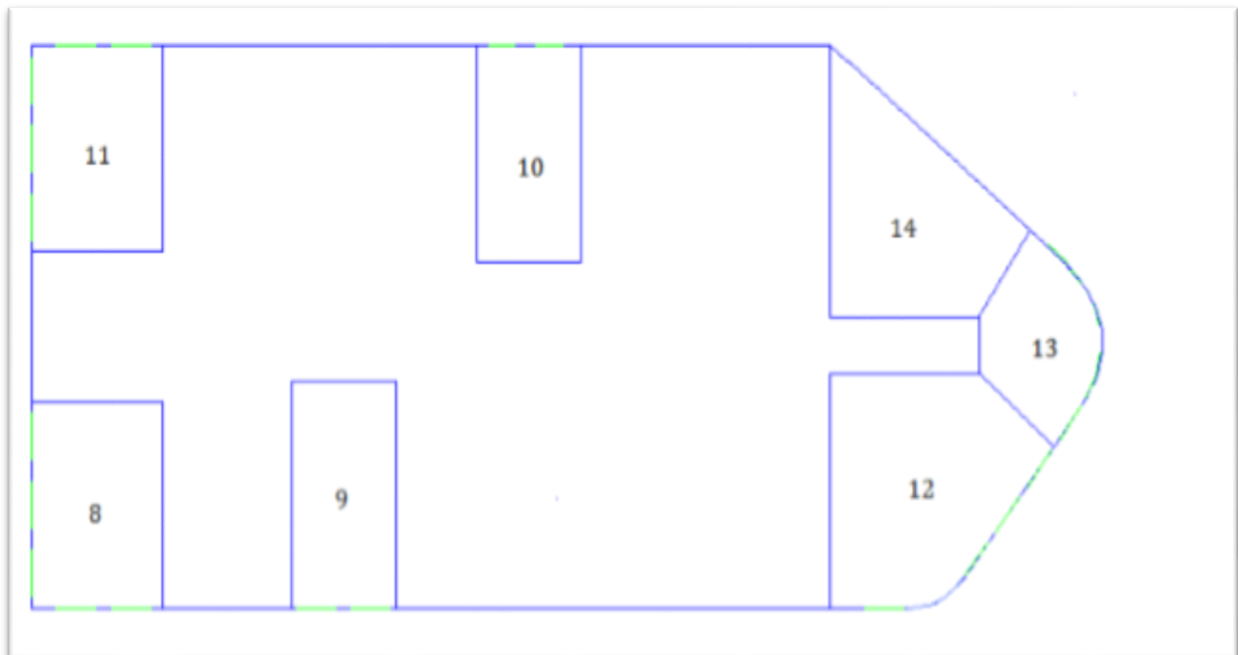


Figure 58 : Partie supérieure du bâtiment en IES VE, représentant les étages 7 à 19.

Chapitre III : Analyse et application

La façade adaptable est simulée sous la forme de stores extérieurs dont la valeur U augmente en position abaissée et dont l'effet de blocage des radiations est identique à celui de la façade adaptable.

Wolter & Dros a distingué la prévision de la demande annuelle de chauffage et de climatisation pour les chambres et les parties publiques du bâtiment. La demande de refroidissement des salles de communication est traitée séparément et est considérée comme constante dans le temps.

Résultats : La demande de chauffage et de climatisation est convertie en une consommation d'électricité à l'aide d'un système COP en fonction de la charge partielle de la pompe à chaleur et des unités de refroidissement supplémentaires. La figure montre l'influence de la façade adaptable sur la demande de chauffage et de climatisation de l'hôtel Amstelkwartier, avec une occupation de 80%. La demande en électricité résultante de la pompe à chaleur et des unités de refroidissement est également affichée.

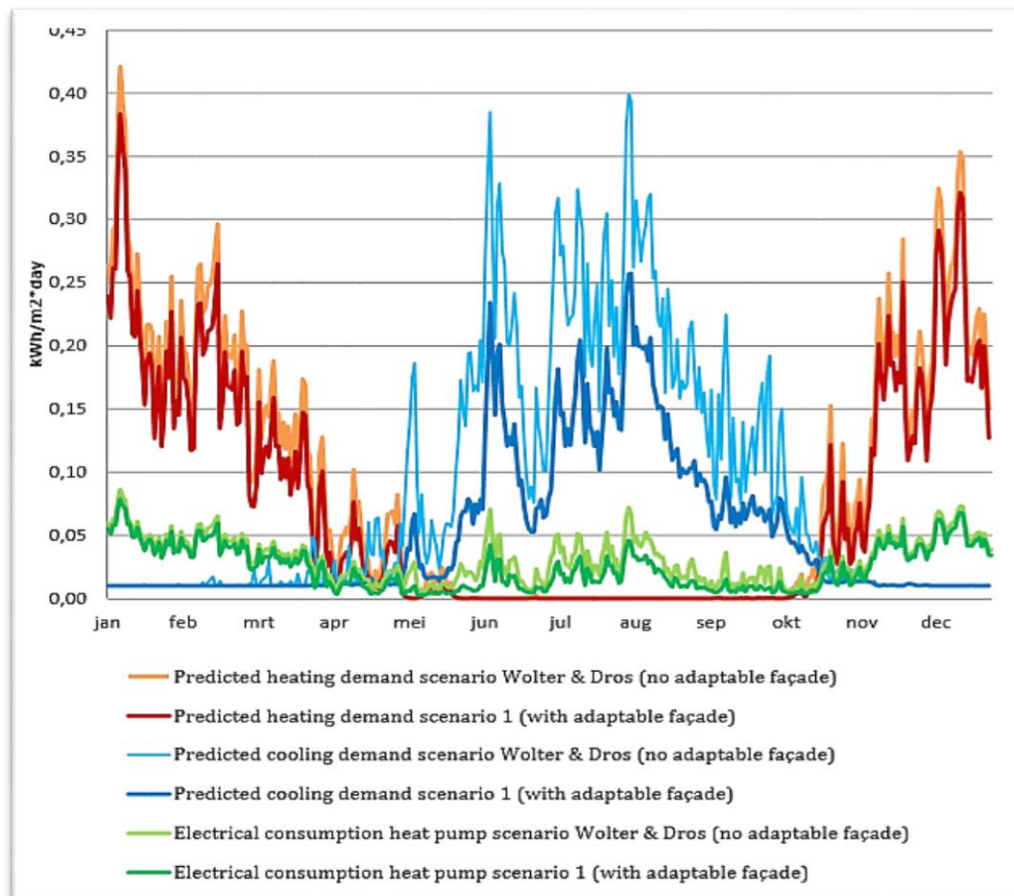


Figure 59: Demande de chauffage et de refroidissement prévue dans l'hôtel Amstelkwartier de IES VE avec et sans façade adaptable, y compris la consommation électrique prévisionnelle de la pompe à chaleur.

L'effet de la façade adaptable est directement visible en comparant les demandes de chauffage et de refroidissement des scénarios 1 et 2. Les simulations prévoient une économie de 16% de la demande de chauffage et de 41% de la demande de refroidissement grâce à la façade adaptable.

L'économie de 41% de la demande en refroidissement peut s'expliquer par le faible taux d'occupation d'un hôtel pendant la journée, ce qui permet de fermer la façade adaptable dans une grande partie du bâtiment, bloquant ainsi l'irradiation entrante afin d'éviter une surchauffe. Les 16% d'économie de la demande de chauffage des locaux, tels que prédits par les simulations IES VE, sont dus à la diminution des pertes d'énergie dues à la transmission pendant la nuit. La façade adaptable se ferme lorsque les invités sont endormis, ce qui augmente la valeur U de la façade.

La façade adaptable entraîne une économie d'énergie électrique de la consommation de pompe à chaleur de 23% (à partir de 149 MWh au lieu de 195 MWh). Le même graphique pour la demande de chauffage et de climatisation pour la comparaison des scénarios 1, 2, 3 et 4 est présenté à l'Annexe (Comparaison de la demande de chauffage et de climatisation pour les scénarios d'occupation 1, 2 et 3).

Notez que les économies réelles d'énergie de chauffage pourraient être supérieures à celles obtenues dans les simulations IES VE. Par temps froid, le système de contrôle de la façade adaptable détermine s'il faut ouvrir ou fermer la façade adaptable en fonction des gains de chaleur estimés de l'irradiation et des pertes de chaleur dues à la transmission. Cette option n'est pas disponible dans IES VE. Par conséquent, la réduction possible de la demande de chauffage pendant la journée en fermant la façade adaptable n'est pas prise en compte.

Estimation de l'électricité basée sur des statistiques : La demande totale en électricité prévue par Wolter & Dros s'élève à 799 250 kWh, en supposant une occupation de 80%. L'éclairage de secours et l'éclairage dans les couloirs, ainsi que la consommation d'électricité des locaux publics, sont considérés comme constants lors du changement d'occupation de l'hôtel. L'électricité restante pour l'éclairage, les pompes, les ventilateurs, les ascenseurs et la prise est considérée comme proportionnelle à l'occupation.

La figure montre la différence de consommation totale d'électricité pour une journée d'hiver en scénarios 1, 2 et 3.

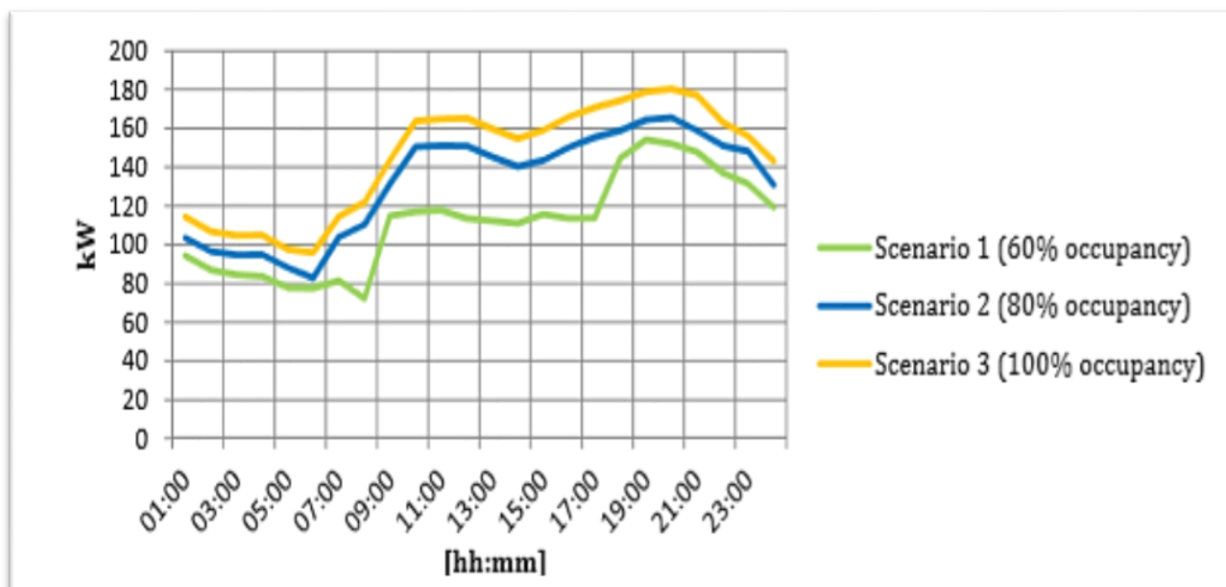


Figure 60: Consommation totale d'électricité prévue pour les scénarios d'occupation 1, 2 et 3.

3.2.5.2 Zone disponible sur le site pour la technologie des énergies renouvelables

Dans les immeubles de grande hauteur, une surface généralement limitée est disponible pour l'installation de RET. Les panneaux photovoltaïques et les éoliennes, en particulier, nécessitent une grande surface. Dans l'hôtel Amstelkwartier, le toit de la serre représente une surface horizontale potentielle de ± 240 m² pour l'installation de panneaux photovoltaïques, comme le montre la figure. La façade sud du bâtiment de l'hôtel constitue une grande surface potentielle pour l'installation de panneaux photovoltaïques verticaux. Sur les panneaux fixes de 65 cm de largeur de la façade adaptable (les panneaux noirs de la figure 9C), des panneaux photovoltaïques verticaux peuvent être installés. Compte tenu de l'effet d'ombrage des bâtiments voisins situés du côté sud de l'hôtel, les panneaux photovoltaïques de façade peuvent être installés à partir du 7^{ème} étage, créant ainsi un espace photovoltaïque potentiel de 530 m² sur la façade sud.

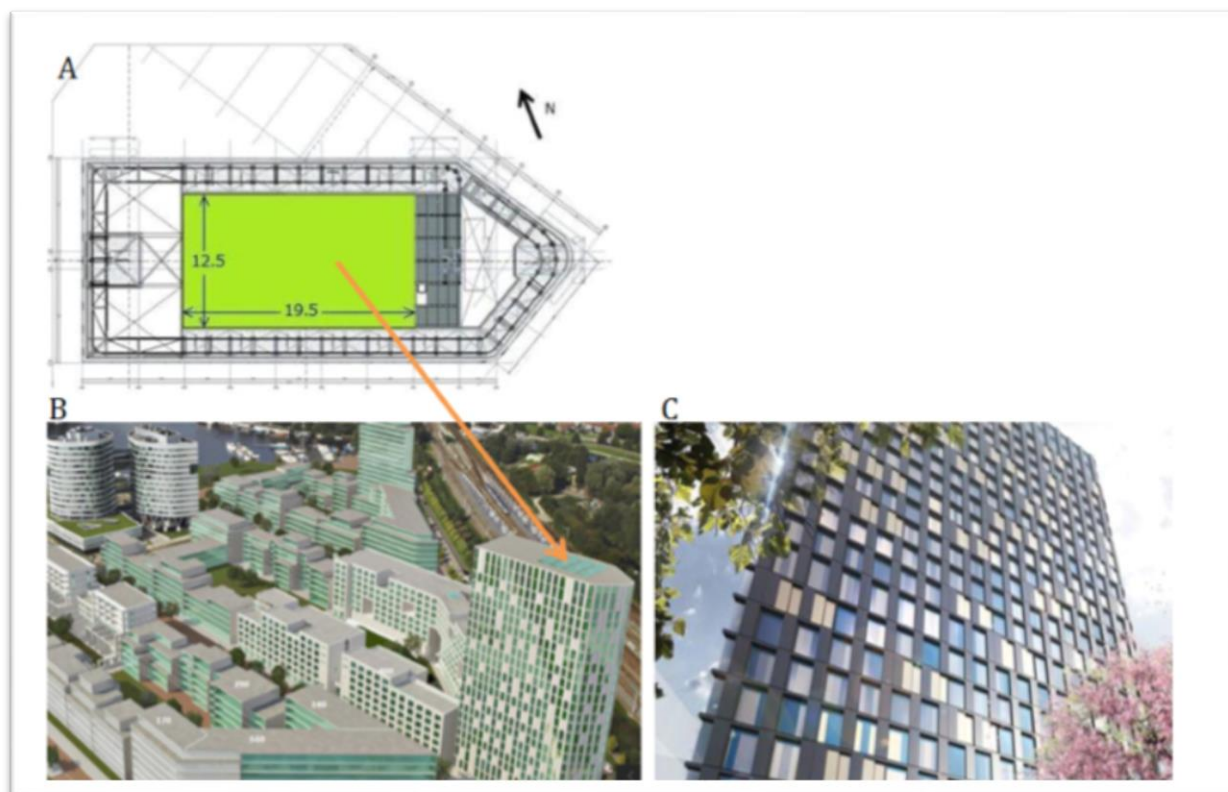


Figure 61: A : Plan de l'hôtel Amstelkwartier situé sur le toit, B : Environnement de l'hôtel Amstelkwartier et C : Façade sud de l'hôtel Amstelkwartier.

Le toit de l'hôtel, la façade sud de l'hôtel et les toits des bâtiments situés à proximité de l'hôtel fournissent 3 types de panneaux photovoltaïques à prendre en compte:

- PV sur le toit, sur la verrière de l'hôtel ;
- Façade PV, sur les panneaux stables de la façade sud de l'hôtel ;
- PV à proximité, sur le toit d'un (des) bâtiments voisins.

L'installation de panneaux photovoltaïques sur l'un des bâtiments voisins augmente considérablement le nombre de mètres carrés de panneaux photovoltaïques. Le nouveau bâtiment situé du côté sud de l'hôtel contient une grande surface potentielle pour les panneaux photovoltaïques. Les panneaux photovoltaïques de ce bâtiment voisin seront visibles dans l'hôtel Amstelkwartier à partir du 7^{ème} étage et sensibiliseront davantage les clients à la durabilité de l'hôtel.

Le bénéfice potentiel de l'installation de panneaux photovoltaïques sur un toit extérieur est évalué dans ce rapport avant que la disponibilité éventuelle d'un toit extérieur ne soit garantie. Afin de prédire la zone potentielle à évaluer dans les simulations HOMER, l'environnement de l'hôtel Amstelkwartier est illustré à la figure précédente(B). Plusieurs bâtiments offrent un toit potentiel pour l'installation de panneaux photovoltaïques pour l'hôtel Amstelkwartier. La location

Chapitre III : Analyse et application

de toits pour installations photovoltaïques existe déjà dans des entreprises professionnelles sous le nom de «Sun-United», où une indemnité annuelle est versée au propriétaire du toit.

L'installation d'une éolienne sur le toit du 7ème étage n'est pas une option compte tenu de l'effet de blocage du vent sur le vent comme sur le côté sous le vent du bâtiment. Une éolienne sur le toit du 7ème étage gênerait également la vue des clients sur l'environnement. La seule option restante pour l'installation d'une éolienne est le toit situé au 22e étage. Une autorisation du gouvernement devrait être demandée avant d'installer une éolienne sur ce toit.

Sources d'énergie renouvelables disponibles sur le site : Les profils de rayonnement solaire, de clarté et de vitesse du vent d'Amsterdam ($52^{\circ} 22,2'N$, $4^{\circ} 53, 7'E$) sont pris en compte pour ce travail, obtenu de la NASA Surface Meteorology and Site Web sur l'énergie solaire. Le rayonnement solaire annuel moyen pour cette région est de $3,02 \text{ kWh} / \text{m}^2 / \text{jour}$ et la vitesse moyenne annuelle du vent pour cette région est de $7,07 \text{ m} / \text{s}$, mesurée sur une hauteur de 50 m.

La figure (A) montre la vitesse moyenne du vent sur une période d'un an. La figure (B) montre le profil de rayonnement solaire et l'indice de clarté sur une période d'un an.

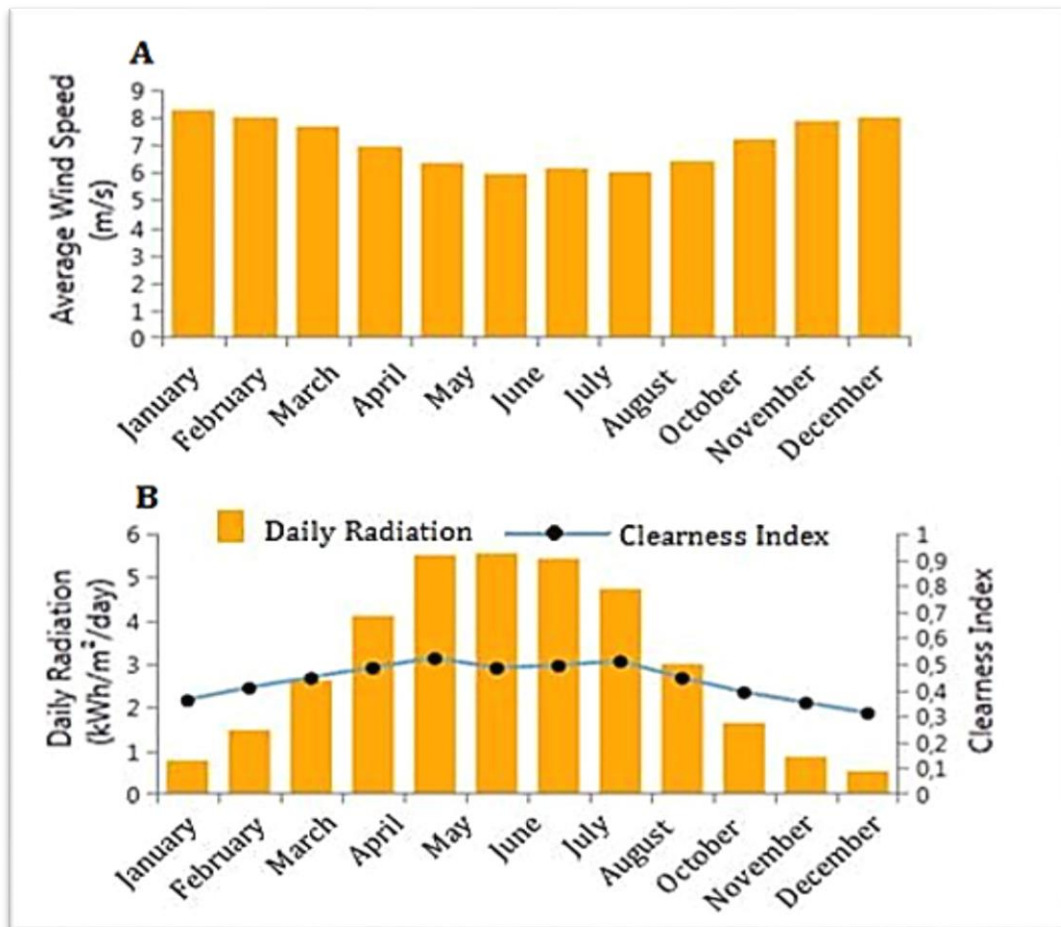


Figure 62: (A) Vitesse mensuelle du vent [m / s] et (B) Indice mensuel de radiations et de netteté [kWh / m² / jour] à Amsterdam.

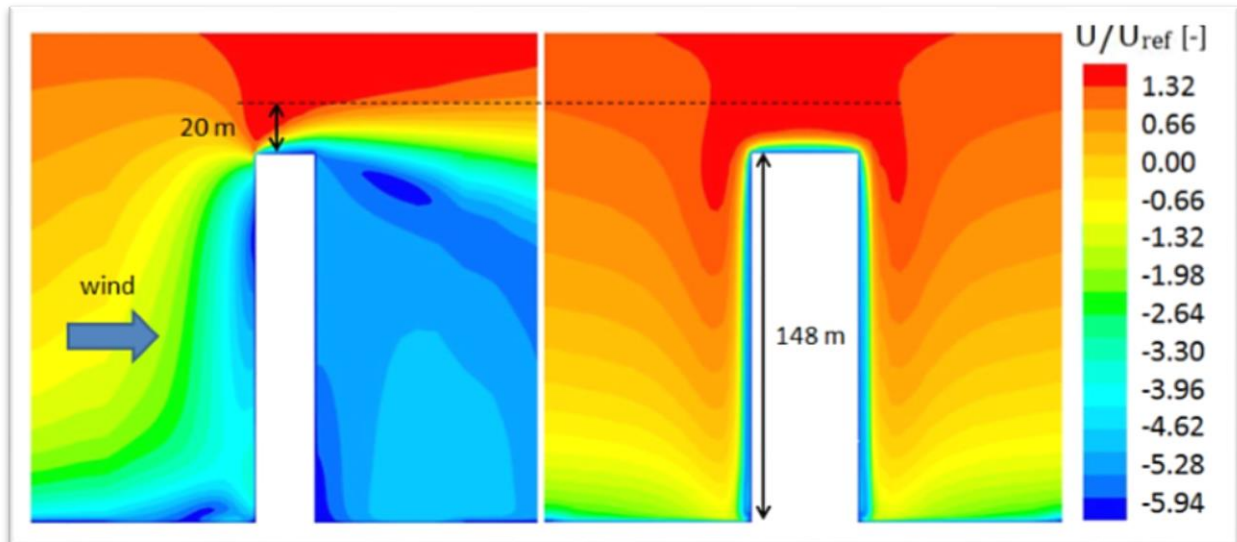


Figure 63: Influence du bâtiment sur la vitesse du vent sous la forme du rapport de vitesse du vent simulé pour le bâtiment du WTC à Amsterdam (A) Vue de côté du bâtiment (B) Vue de face du bâtiment. La hauteur possible d'une éolienne de toit est indiquée.

La vitesse de référence est la vitesse du vent à 148 m, non perturbée par le bâtiment, est de 9,7 m / s. Dans cette étude de cas, l'augmentation du rapport de vitesse du vent dans certaines zones situées au-dessus du bâtiment peut atteindre plus de 1,32, ce qui dépend notamment de la direction du vent. Sa magnitude et sa superficie sont différentes pour chaque bâtiment et restent un facteur incertain pour l'évaluation des éoliennes de l'hôtel Amstelkwartier.

La hauteur du moyeu de l'éolienne peut être livrée entre 12 et 24 mètres. La figure précédente montre une hauteur de 20 m de l'éolienne. L'éolienne serait dans ce cas le bâtiment du WTC situé dans la zone où la vitesse du vent a augmenté de 1,32.

3.2.6 Conclusions

Dans le système énergétique actuel de l'hôtel Amstelkwartier, les demandes de chauffage, de refroidissement, de production d'eau chaude sanitaire et d'alimentation et de l'éclairage ont toutes une incidence sur les besoins en énergie du réseau. Une prévision de toutes les demandes en énergie est établie, ce qui aboutit à une prévision du besoin horaire en énergie du réseau pour 4 scénarios d'occupation différents. L'influence de l'occupation sur le besoin en électricité du réseau est faible, car la consommation supplémentaire d'électricité en raison de l'occupation croissante est réduite par l'augmentation de la production d'électricité de la cogénération. Le scénario d'occupation 4, avec l'occupation saisonnière dépendante, est pris en compte dans l'évaluation des options d'amélioration et de l'offre.

La visibilité de la façade PV donne une image «verte» de l'hôtel, mais ne semble pas réalisable. Le coût de la surface optimale de la proximité PV sur des bâtiments voisins dépend fortement du coût de la location du toit. Lorsque le coût de la location du toit est de 5 € / m², la surface optimale pour le coût de la protection solaire à proximité est de 500 m².

Un changement du contrôle de la cogénération du chauffage suivi en électricité suivie augmente la RF de 57,5% à 70,5%. Le seuil de rentabilité est atteint lorsque l'excédent de chaleur peut être vendu à 0,05 € / kWh ou lorsque l'utilisation de l'excès de chaleur à des fins personnelles permet d'économiser 0,05 € / kWh.

L'installation d'une éolienne n'est pas rentable. Cependant, on peut se demander si cette prévision est fiable, car HOMER n'inclut pas l'influence du bâtiment sur la vitesse du vent à proximité, ce qui rendrait l'installation d'une éolienne potentiellement rentable. La vitesse du vent au-dessus du bâtiment reste toutefois un facteur incertain, déterminant dans la prise de décision pour l'installation d'une éolienne. Par conséquent, des recherches supplémentaires sont nécessaires sur le comportement du vent au-dessus du bâtiment.

3.2.7 Recommandations

Cette section présente les possibilités de recherches plus approfondies en plus de cette étude et de recommandations concernant les procédures de recherche futures.

La prévision de la charge énergétique horaire de l'hôtel a pris beaucoup de temps. La génération de tous les types de données à partir du même outil de simulation par Wolter & Dros réduirait l'effort des futures recherches sur la performance des bâtiments.

Wolter & Dros est responsable de la mise en service de l'hôtel Amstelkwartier. Les données de tous les flux d'énergie seront enregistrées. Une analyse de l'écart de performance énergétique entre les flux d'énergie prévus et les flux d'énergie réels mesurés pourrait être réalisée pour accroître la précision des prévisions dans les projets futurs.

Dans cette recherche, seuls la quantité de chaleur excédentaire et le prix de rentabilité sont analysés. Des recherches plus poussées pourraient viser à élaborer un plan d'utilisation des excès de chaleur parfaitement élaboré.

Dans la recherche actuelle, seules les batteries sont considérées pour le stockage de l'électricité. D'autres systèmes de stockage moins connus, tels que le volant d'inertie et le réservoir d'hydrogène, associés à un électrolyseur, pourraient constituer des objectifs pour une recherche ultérieure.

3.3 Troisième exemple : Hôtel du Grand-Duché de Luxembourg, à Weiswampach

3.3.1 Description architecturale du projet

Le bâtiment analysé ici est situé dans le nord du Grand-Duché de Luxembourg, à Weiswampach plus précisément. Il sera implanté dans une zone touristique déjà existante et à cheval entre deux lacs de 3 hectares chacun. L'ensemble du site est bordé d'un massif forestier relativement important.

De par son aspect architectural assez complexe, il est intéressant d'analyser brièvement l'architecture de l'hôtel et les différents zonages qui ont été réalisés pour faciliter l'analyse. L'illustration ci-dessous, reprise en grand format en annexe, illustre la complexité architecturale du bâtiment.



Figure 64: Dessin Sketchup de la façade EST de l'hôtel.

Il est simple de constater qu'une des particularités du bâtiment est la surface vitrée importante, que ce soit au niveau des chambres (zone A), au niveau de l'accueil et des bureaux (zone B) ou de la partie Wellness (zone C). Comme illustré sur l'image ci-dessous, la façade Ouest est également concernée par une surface importante de fenêtres. Nous analyserons également l'impact de cette surface vitrée sur les consommations énergétiques du bâtiment.

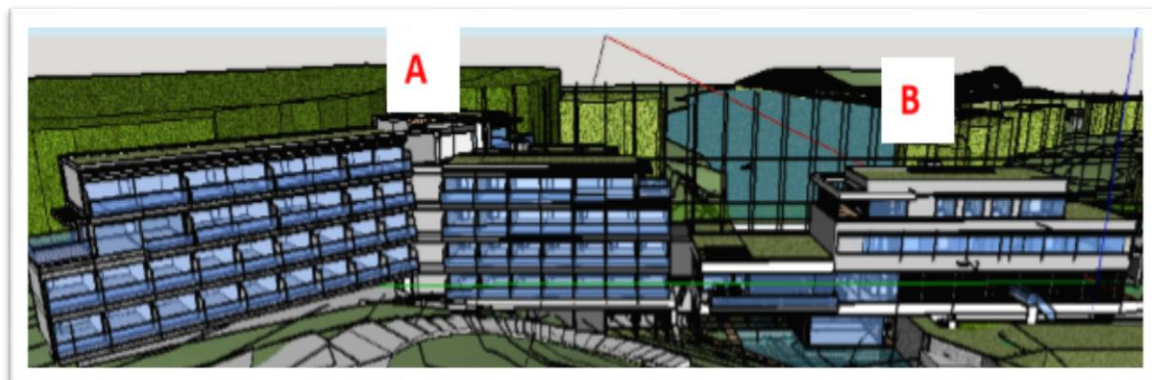


Figure 65: Dessin Sketchup de la façade Ouest de l'hôtel.

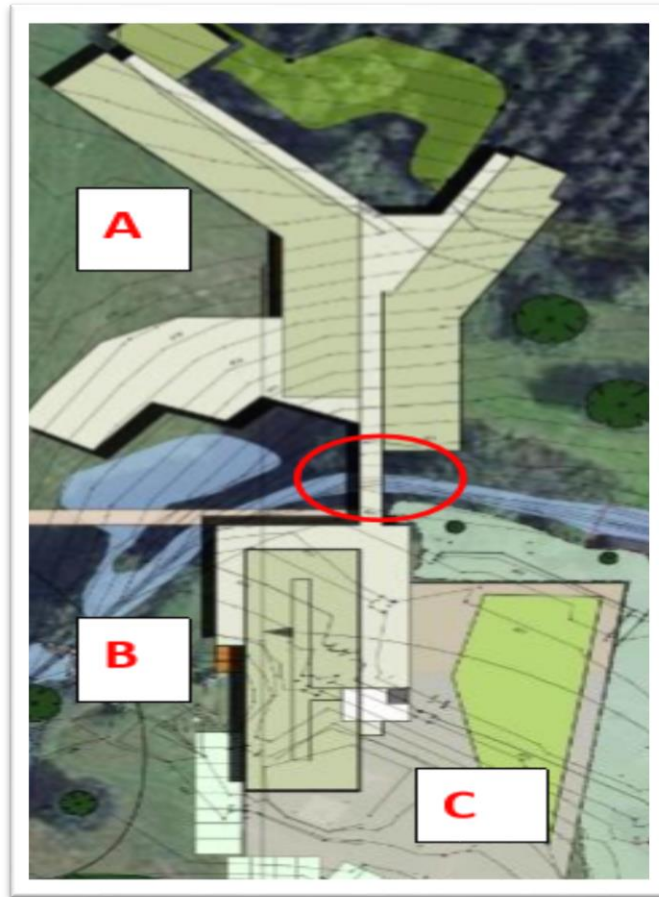


Figure 66: vue du dessus de l'hôtel.

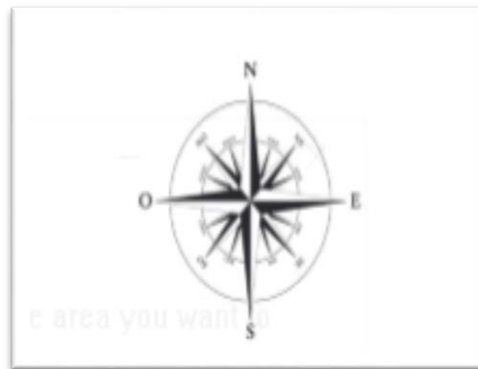


Figure 67: Orientation du bâtiment telle que reprise sur l'illustration précédente.

L'illustration ci-contre est une vue du dessus de l'ensemble hôtelier. On retrouve sans problème les trois zones qui composent l'hôtel. Une des particularités du bâtiment est la présence d'une ouverture dans la façade, créant un tunnel entre la zone A et B. Ce « tunnel » permet au cours d'eau reliant les deux lacs de circuler librement, sans pour autant dévier sa trajectoire.

D'un point de vue surface, il y a 8496 m² de surfaces construites, plus 1215 m² de terrasses. La surface totale de l'hôtel est donc de 9.711 m². Les 84 chambres de l'hôtel recouvrent à elles

seules la plus grande partie de l'hôtel à savoir 5.339,5 m². Le bâtiment comporte 7 niveaux allant du -1 au +4 avec un niveau intermédiaire entre le niveau -1 et le rez-de-chaussée.

3.3.2 Différentes affectations de l'hôtel

La demande énergétique étant conditionnée à l'utilisation qui est faite du local, elle en sera donc plus ou moins fortement différente selon le type de local. Les besoins seront sensiblement différents entre un espace wellness et une chambre. Là demeure toute la difficulté d'évaluer de manière pertinente les réels besoins de l'ensemble du bâtiment. Au-delà de l'aspect thermique, la multiplicité des affectations engendrera plus de complexité lors de la conception de la ventilation.

Au sein de ce même bâtiment, on peut donc retrouver les affectations suivantes :

- Chambres ;
- Restaurant ;
- Cuisines ;
- Bureaux ;
- Espace piscine/wellness ;
- Salle de sport ;
- Sanitaires ;
- Salons de massage ;
- Espaces de stockage ;...

3.3.3 Evaluation des besoins par méthode dynamique (TRnsys ©)

3.3.3.1 Présentation du logiciel :

Le logiciel TRNSYS (ATRANSIENT SIMULATION PROGRAM) 63, développé par le laboratoire de « solar energy » de l'université de WISCONSIN .Ce logiciel est un outil de simulation en régime dynamique, il est structuré de manière modulaire, ce qui assure au programme une grande flexibilité et facilité par l'insertion des sous-programmes. Il est développé en fortran. Ce logiciel informatique, se caractérise par ses fonctions qui peuvent se regrouper en trois domaines:

Les entrées : concernant toutes les informations à introduire et à stocker dans des bibliothèques que le concepteur peut les utiliser. Ces entrées concernent (l'environnement physique « climat, site », le bâtiment « l'enveloppe », les apports internes « occupants.. », Les équipements « ventilation, chauffage, climatisation.. »)

Le traitement des données : se fait en fonction du bâtiment.

Les sorties : sont les ensembles des résultats qui peuvent être fournis par le logiciel à l'issue d'une exécution.

Ce logiciel multi zones permet de valider plusieurs options architecturales. Les types (model utiliser) les plus utilisés pour la simulation dans le bâtiment sont :

- -Type9 : Lecture de données.
- -Type54 : Générateur des données météo.
- -Type33 : Diagramme psychométrique.
- -Type16 : Processeur d'enseillement.
- -Type56 : Bâtiment multi zone.
- -Type25 : Impression des données.
- -Type65 : Affichage des résultats.

3.3.3.2 Avantage :

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

3.3.3.3 Limite :

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

3.3.3.4 Fonctionnalités :

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

3.3.3.5 L'analyse par simulation dynamique

Ayant un doute quant à la pertinence du calcul en base statique, une analyse par simulation dynamique a été réalisée via le logiciel TRnsys «Transient System Simulation Tool », ce logiciel étant parfaitement adapté pour la réalisation de ce type d'analyse. En effet, sur un bâtiment d'une surface importante comme c'est le cas ici, les différences de puissances calculées pourraient être trop importantes avec un calcul statique et donc engendrer un surdimensionnement des installations de chauffage, ce qui serait indésirable énergétiquement comme économiquement.

Pour notre simulation, nous allons utiliser 3 interfaces complémentaires pour évaluer les besoins en chaud et en froid de notre bâtiment. Ces trois interfaces sont les suivantes :

- Le logiciel de dessin Sketchup©, permettant purement et simplement de dessiner la construction soumise à l'analyse dynamique ;
- TRnbuild : cette interface va permettre d'intégrer l'ensemble des caractéristiques propres à notre construction, comme par exemple : le mode de chauffage, les différents gains internes, le refroidissement, les infiltrations, etc.
- Simulation Studio : c'est dans cette interface que va être manipulé le bâtiment afin d'en analyser toutes les spécificités techniques et implanter le caractère dynamique de la simulation. Pour cela, la bibliothèque du logiciel permet d'utiliser toutes sortes de modèles (« Types »), permettant une multitude de combinaisons différentes, tout dépendant bien entendu du niveau de détail que l'on souhaite donner à notre simulation.

Dans le cas de l'analyse qui est faite ici, le parti pris a été d'axer la simulation sur les chambres. Pour ce faire, toutes les chambres de la zone A de l'hôtel ont été évaluées séparément en fonction de leur orientation et configuration. Ce choix d'analyse résulte de la complexité architecturale de la zone.

En effet, cette dernière, comme illustrée sur la figure 4, possède une architecture en forme de « Y » ce qui, si nous voulions modéliser les 4 étages en une seule fois, aurait augmenté le risque d'erreurs possibles.

Par conséquent dans ce cas-ci, le modèle TRNSYS a été configuré pour une chambre et représenté en fonction de toutes les orientations et configurations suivantes :

- Une chambre sous le toit et mitoyenne des deux côtés ;
- Une chambre sous le toit et mitoyenne d'un seul côté ;
- Une chambre mitoyenne 5 surfaces sur 6 ;
- Une chambre mitoyenne 4 surfaces sur 6 ;

- Une chambre sur sol ;
- Une chambre sur sol + un mur vers l'extérieur ;
- Orientation Ouest ;
- Orientation Sud-Ouest ;
- Orientation Est ;
- Orientation Sud-Est.

3.3.3.6 Dessin Sketchup

Pour rappel ici, le but de cette simulation TRnsys est d'obtenir des valeurs de besoins en chaud et en froid pour la zone A de l'hôtel et ce par souci de précision. L'interface de Sketchup permettant de dessiner des constructions compatibles avec TRnsys nécessite de respecter certaines règles :

Lors du dessin, ne pas tenir compte des épaisseurs des parois ;

- Réaliser un zonage correct de la partie à analyser. Une zone aura les mêmes conditions thermiques à n'importe quel endroit. Dans notre cas de figure, une zone correspond à une chambre ;
- Les principaux éléments constructifs à représenter dans Sketchup sont les planchers, les plafonds, les murs et les fenêtres ;
- Comme illustré sur la figure ci-dessous, il est également possible de représenter les ombrages influençant la thermique du bâtiment. Ces derniers sont représentés en mauve sur la figure ci-dessous. Dans le cas des chambres d'hôtel, les principaux ombrages sont occasionnés par les balcons des autres chambres ainsi que par les séparations entre chaque terrasse. Dans certains cas, il a également été décidé de représenter l'ombrage occasionné par les autres bâtiments eux-mêmes qui dans certains cas est relativement important. Nous verrons également, lors de l'analyse des résultats que ces protections influencent positivement la thermique du bâtiment.
- Identifier les fonctions des parois, entendons par là qu'il est nécessaire de préciser, à ce niveau, s'il s'agit d'une paroi adjacente à un espace chauffé ou donnant directement vers l'extérieur. Nous avons considéré pour cette analyse que les pièces adjacentes sont chauffées de la même façon que la pièce analysée.

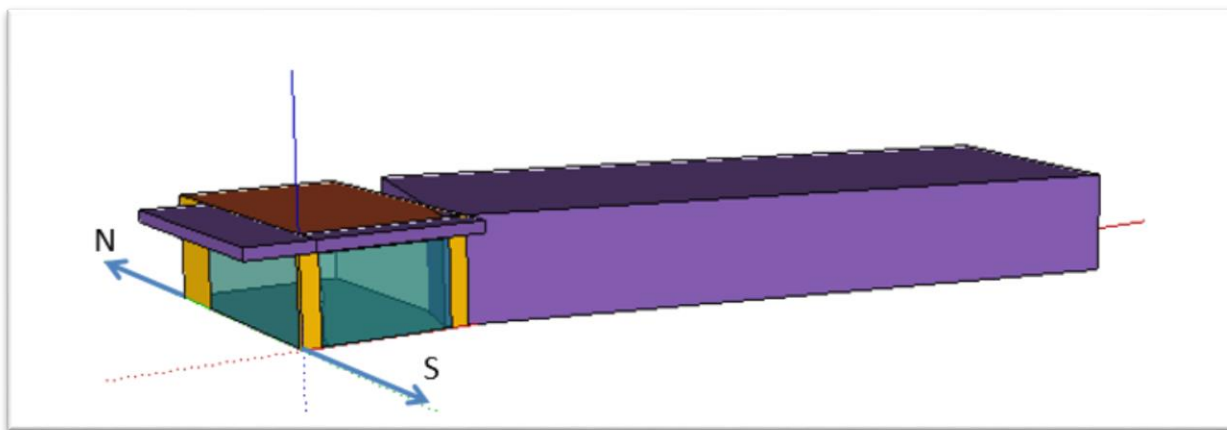


Figure 68: représentation Sketchup des parois.

Sur la figure on remarque très nettement que la proportion de vitrage est relativement importante. En effet, rien que sur la façade Sud, +/-70 % sont occupés par une surface vitrée. Les gains solaires peuvent donc être très conséquents. A cet effet, une analyse approfondie de la surface vitrée a été réalisée plus bas dans ce rapport.

3.3.3.7 Paramétrage dans TRnbuild

Cette étape cruciale est réalisée après avoir importé le dessin Sketchup dans TRnbuild et choisi l'hémisphère nord ou sud dans lequel sera réalisée la simulation. Dans notre cas, il s'agit de l'hémisphère nord puisque le bâtiment est situé au Luxembourg. L'interface TRnbuild a permis d'intégrer les éléments suivants à notre simulation :

- La composition des parois avec pour chaque couche, des précisions au niveau de la conductivité thermique, de l'épaisseur des composants, la densité ainsi que la capacité thermique) ;
- Les caractéristiques des vitrages : dans notre cas nous sommes en présence de triple vitrage avec un U de 0,52 [W/m².K] et un « g » de 0,51 %.
- La base horaire pour la simulation est propre à un hôtel et a été choisie dans la bibliothèque Trnsys 2018 ;
- Les infiltrations pour un bâtiment passif et calculées via un test d'infiltrométrie sont données pour une différence de pression de 50 Pa, soit 0,6 vol/h. Dans notre cas, pour amener à une différence de 2 Pascal, nous divisons par 25, ce qui nous donne la valeur de 0,024.
- Au niveau du taux de renouvellement de l'air, la valeur de 30 m³/h.pers a été prescrite par le maître d'ouvrage. Souhaitant rencontrer les souhaits de ce dernier, cette valeur a été actée. Pour rappel également cette valeur concerne principalement les chambres. Il

va de soi qu'il en sera tout autre pour la ventilation du restaurant ou de l'espace Wellness, par exemple.

- La température pour le chauffage de 22°C ;
- Un refroidissement à partir de 26°C ;
- Des gains internes sélectionnés dans la bibliothèque TRnsys18, à savoir : 100 w/pers pour l'activité métabolique, en comptant également 2 personnes par chambre. 1,87 W/h.m2 pour les équipements électriques (SIA2024) et 2,7 W/h.m2 pour l'éclairage (SIA2024).

Contrairement au calcul statique et ayant désormais en notre possession les compositions réelles des parois, il a été possible d'intégrer ces éléments directement dans l'interface TRnbuild dans les détails de la zone. Notre zone, dans ce cas-ci, correspond au volume de notre chambre.

Ci-dessous, dans le tableau 4 sont données à titre indicatif les épaisseurs d'isolant en fonction de la valeur U à atteindre pour l'ensemble de la paroi concernée. En ce qui concerne la toiture, du béton C2/400 viendra compléter la composition du toit et en ce qui concerne les murs, il y aura un bloc de béton de 24 cm d'épaisseur enduit d'un crépi vers l'extérieur et d'un revêtement en plâtre vers l'intérieur.

Type de paroi	Valeur cible U [W/m2.K]	Type d'isolant	Lambda [W/m.K]	Epaisseur [mm]	Valeur U atteinte [W/m2.K]
Toiture	0,13	Laine de roche	0,035	260	0,131
Plancher contre extérieur	0,22	Laine de roche	0,035	150	0,221
Plancher contre terre	0,25	PUR	0,027	100	0,252
Murs contre extérieur	0,156	XPS	0,032	100	0,105

Tableau 19: Epaisseur d'isolant sélectionnée pour atteindre les objectifs fixés

Il est important de préciser ici que les valeurs cibles des U correspondent au minimum à remplir pour pouvoir répondre aux exigences fixées par le CPE. Ces valeurs étant relativement faibles, l'épaisseur d'isolant est donc relativement importante.

Implémentation dans Simulation Studio : L'interface Simulation Studio va permettre de faire « vivre » le modèle créé dans TRnbuild. En effet, il va être possible de générer, sur une année complète, la demande en chaud et en froid de la zone étudiée, à savoir une chambre de l'hôtel. Pour faire vivre cette simulation, plusieurs éléments sont nécessaires :

- Intégrer des données climatiques correspondant ou s'approchant le plus de la zone d'implantation du bâtiment. Dans notre cas de figure, ne disposant pas de données météo pour la commune de Weiswampach précisément, il a été décidé de se baser sur les données météo de la ville de Saint-Hubert, en Belgique, ces deux localités étant fort semblables d'un point de vue climatique. Néanmoins, il s'agit des données d'une année type. L'impact d'une canicule ou d'un hiver très rigoureux sera écarté ;
- Intégration d'un échangeur de chaleur. En effet d'un point de vue énergétique, il est préférable de récupérer la chaleur lorsque cela s'avère nécessaire. Un modèle spécifique (type 91b) permet de créer cet échange de chaleur. Il est également possible d'implanter un by-pass, celui-ci permettant de ne pas récupérer la chaleur en toutes circonstances. Au niveau des inputs du type 91b, on notera : la température de l'air extrait du bâtiment, la température de l'air pulsé dans le bâtiment, la température extérieure, les débits d'air pulsé et extrait (60 kg/hr) ainsi que l'efficacité de l'échangeur (75 %).

Des calculatrices permettent principalement dans ce cas-ci, de convertir des unités et de rapporter des puissances par unité de surface (kW/m²).

Le modèle créé pour évaluer les besoins en chaud et en froid de la chambre est représenté sur la figure ci-dessous.

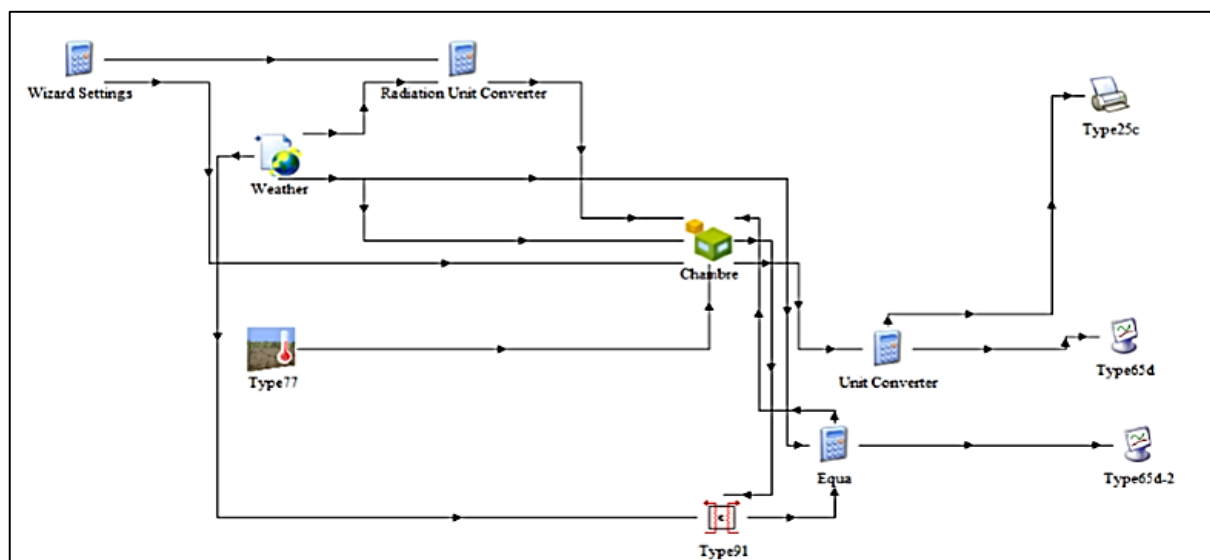


Figure 69: Modèle TRnsys utilisé pour l'évaluation des besoins chaud et froid

Les valeurs générées par ce modèle avec un pas de temps d'une heure permettront d'avoir une consommation en chauffage et en froid donnée en kWh/m².an. Cela permettra notamment de situer le bâtiment par rapport au secteur et de savoir si oui ou non une réelle vision Nearly Zero

Chapitre III : Analyse et application

Energy Building est envisageable sur ce type de construction. Les résultats de cette simulation figurent dans la partie résultats de cette analyse.

Hypothèses de la ventilation : La ventilation dans ce type de bâtiment va jouer un rôle central de grande importance et ce à plusieurs niveaux]:

- Au niveau hygiénique, pour la santé des occupants de l'hôtel ;
- Au niveau des déperditions calorifiques et fines de la consommation énergétique ;
- L'humidité et les éventuels dégâts qu'elle peut occasionner ;

Elle peut avoir une influence négative ou positive sur le confort thermique Son objectif va donc être de trouver un juste équilibre entre ces différents paramètres.

Le tableau ci-dessous représente les différentes hypothèses de calcul en fonction de l'affectation et de l'occupation du local. Les choix présentés dans ce tableau ne se sont pas faits au hasard, ils ont été sélectionnés selon les lignes directrices fixées par la norme européenne NBN EN 13779 mais également selon les recommandations du guide PEB belge. Dans ce tableau ne sont repris que les locaux dans lesquels il y a de la pulsion.

Le choix a été fait par le maître d'ouvrage de ne prendre que les valeurs les plus faibles possibles tout en respectant bien entendu les débits hygiéniques comme indiqué selon la législation. Pour illustrer cela, initialement, le système de ventilation avait été dimensionné sur base d'un débit de 45 m³/h.pers pour les bureaux. Ce débit a été revu à la baisse en repassant à 36 m³/h.pers.

Affectation	Valeur cible	Unité
Buanderie	4	Vol/h
Bureaux	36	m ³ /h.pers
Chambres	30	m ³ /h.pers
Cuisines	15	Vol/h
Hall d'accueil et salon d'attente	30	m ³ /h.pers
Piscine	40	m ³ /h.m ²
Restaurant	30	m ³ /h.pers
Salle de fitness	45	m ³ /h.pers
Salle de jeux	45	m ³ /h.pers
Salle de massage	36	m ³ /h.pers
Salle de réunion	36	m ³ /h.pers
Salle de séminaire	30	m ³ /h.pers
Vestiaire (avec douche)	150	m ³ /h.pers
Vestiaire (sans douche)	36	m ³ /h.pers
Toilettes	40	m ³ /h.pers

Tableau 20: Sélection des débits de ventilation en fonction de l'affectation des différents locaux

3.3.4 Evaluation de la demande énergétique de l'hôtel

La demande énergétique est en réalité la somme des différentes installations permettant d'assurer le confort thermique pour les occupants d'un bâtiment, l'éclairage et la production d'eau chaude sanitaire. Dans le cas d'un hôtel, la notion de confort est donc une priorité.

Cette étape est d'une importance capitale et va conditionner la suite de l'analyse. Cette demande énergétique, comme expliquée dans la méthodologie de travail a été évaluée sur base de calculs statiques et dynamiques lorsque cela était possible. La philosophie dans ce cas-ci veut que l'on dimensionne les installations toujours selon le cas le plus défavorable.

3.3.4.1 Demande en chaud et froid de la zone A

Pour rappel, cette zone est la seule dont la demande en chaud et en froid a été évaluée intégralement à l'aide du logiciel de simulation dynamique TRnsys. Les résultats de cette analyse sont les suivants :

Demande en chaud		
	Valeur	Unité
Puissance chaud Max	0,034	kW/m ²
Consommation max chauffage	69,904	kWh/m ² .an
Nbr moyen d'heures de chauffage	3606	h/an

Tableau 21: Evaluation de la demande en chaud de la zone A

Tout en sachant que la surface totale de la zone A est de 5.339,5 m², on peut en déduire que la consommation annuelle pour le chauffage devrait avoisiner les 373.252,4 kWh/an. De plus, avec une consommation de 69 kWh/m².an évaluée pour le cas le plus critique car la moyenne se situe aux alentours de 25 kWh/m².an, le bâtiment, sur base de la consommation moyenne, peut être considéré comme basse énergie. La puissance maximale pour l'ensemble de la zone A est de 181,75 kW.

Demande en froid		
	Valeur	Unité
Puissance froid Max	0,04	kW/m ²
Consommation max refroidissement	1,38	kWh/m ² .an
Nbr moyen d'heures de refroidissement	326	h/an

Tableau 22: Evaluation de la demande en froid de la zone A

Tout en sachant que la surface totale de la zone A est de 5.339,5 m², on peut en déduire que la consommation annuelle pour le refroidissement devrait avoisiner les 7.368 kWh/an. De plus, avec une consommation de 1,38 kWh/m².an, le bâtiment n'est pas loin d'être considéré comme étant un bâtiment passif. La puissance maximale pour l'ensemble de la zone A est de 213,58 kW.

Que ce soit pour l'évaluation des besoins en chaud ou en froid, Trnsys permet de tenir compte des pertes par infiltrations et des besoins de la batterie chaude et froide pour la ventilation. Ceci ne sera pas le cas avec une évaluation sur base statique.

3.3.4.2 Demandes en chaud et froid de la zone B

La zone B de l'hôtel qui, pour rappel, regroupe les principales affectations suivantes :

- Bureaux ;
- Hall d'accueil ;
- Salles de réunions ;
- Restaurant,
- Cuisines, bar, frigo ;

Les 20 % restants ont été évalués sur base d'un calcul statique conformément à la norme NBN EN 12831. Les résultats obtenus sont les suivants :

Demande en chaud		
	Valeur	Unité
Puissance chaud Max	0,039	kW/m ²
Consommation max chauffage	30	kWh/m ² .an

Tableau 23: Evaluation de la demande en chaud de la zone B

Sur base de ces éléments et en tenant compte de la surface totale de la zone B de 2.500 m², la puissance nécessaire pour le chauffage est de 95 kW. La consommation en chauffage pour l'ensemble de la zone B est évaluée à 75.000 kWh. La consommation au mètre carré est plus élevée que dans la zone A. Néanmoins cela reste dans le cadre des standards de bâtiments basse énergie. Ceci pourrait s'expliquer du fait que la zone B comporte une surface de vitrages beaucoup plus importante avec pour exemple le restaurant qui est vitré trois faces sur quatre. La surchauffe est également bien présente dans le restaurant et une installation de refroidissement est absolument nécessaire.

Demande en froid		
	Valeur	Unité
Puissance froid Max	0,035	kW/m ²
Consommation max refroidissement	3,5	kWh/m ² .an

Tableau 24: Evaluation de la demande en froid de la zone B

D'après ces chiffres, on considèrera dès lors que la puissance nécessaire pour le refroidissement de la zone B sera de plus ou moins 85 kW pour une consommation annuelle de l'ordre de 8.750 kWh/an.

3.3.4.3 Demande en chaud et froid de la zone C

Pour rappel, la zone C représente toute la partie Wellness de l'hôtel en ce compris tout l'espace piscine, la salle de sport, les vestiaires et les salles de soins et massages. L'espace ouvert avec la piscine est particulier d'un point de vue énergétique puisque ce dernier ne va pas nécessiter de refroidissement mais par contre il exigera des températures intérieures supérieures de l'ordre de la trentaine de degrés. Les déperditions en seront donc plus importantes. Une petite production de froid sera quand même prévue pour les salles de soins et la salle de fitness pour une puissance de $0,035\text{kW} * 130\text{m}^2 = +/-5 \text{ kW}$

Les besoins en chaud pour l'ensemble de cette zone ont été évalués sur base statique. Il en résulte que la puissance nécessaire est de 37 kW. En considérant une surface de 734 m² et des besoins en chaud de 35 kWh/m², la consommation en chauffage est de l'ordre de 25.500 kWh/an

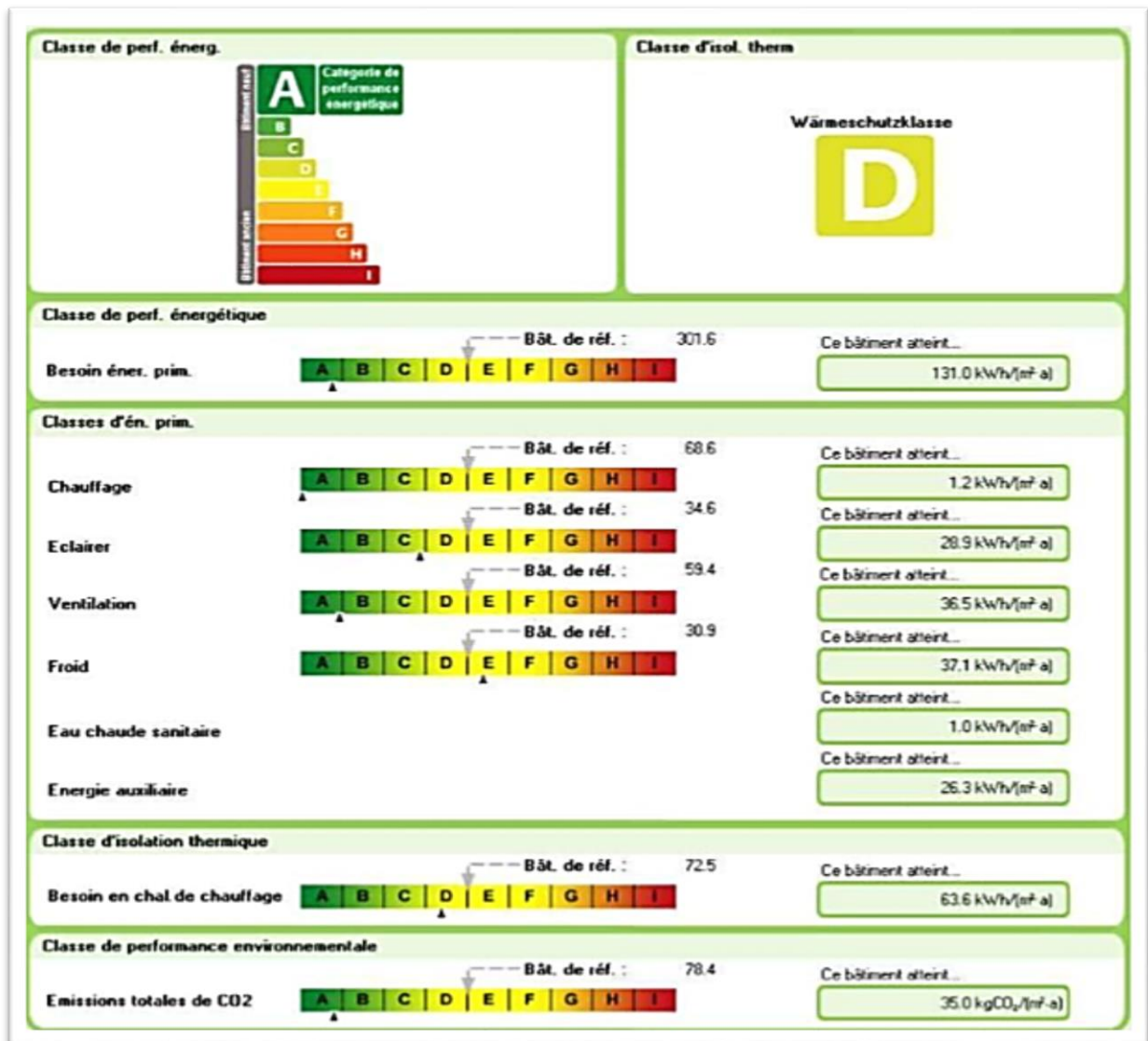


Figure 70: étiquette énergétique d'hôtel.

3.3.5 Recommandations :

Il est proposé les modifications suivantes pour passer en classe A-C.

- **Ensemble châssis performant avec TRIPLE vitrage** ayant une valeur globale standardisée $U_w < 0,90 \text{ W/m}^2\text{K}$. ce qui correspond à un châssis basse énergie ($U_f < 1.2 \text{ W/m}^2\text{k}$) et un triple vitrage avec un $U_g < 0,6 \text{ W/m}^2\text{k}$
- **Passage des blocs type XELLA Ytong C2/300 à 50 cm**
- **Renforcement de l'étanchéité à l'air à $q_{50} < 1,60 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$** (standard bâtiment à faible consommation d'énergie)

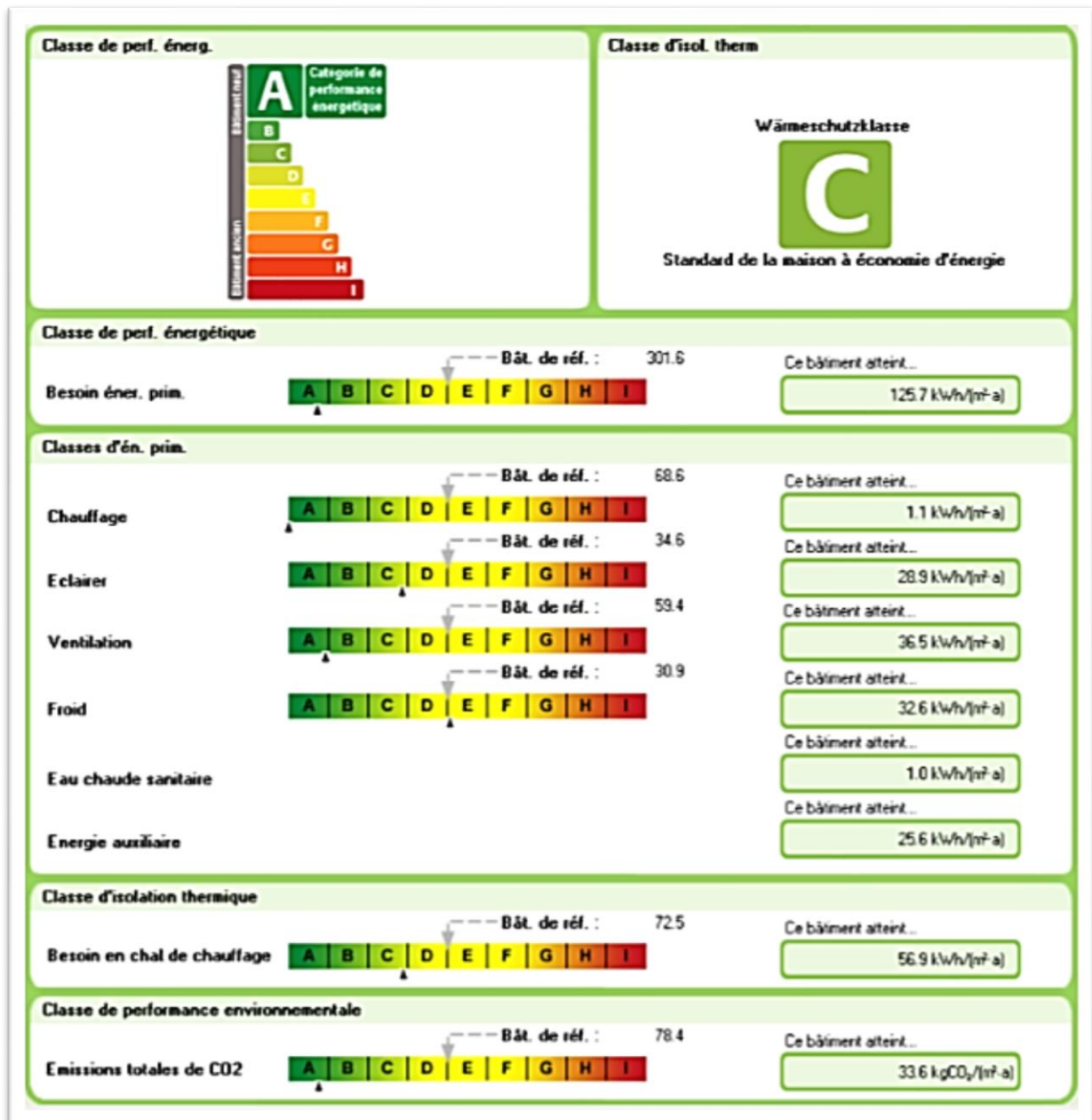


Figure 71: étiquette énergétique d'hôtel après les modifications.

3.4 Synthèse

Les principaux postes de consommation d'un hôtel sont :

- La ventilation, le chauffage et la climatisation (30% de l'électricité consommée) ;
- Le restaurant et la cuisine (17% des consommations d'électricité) ;
- Les parties communes de l'hôtel (éclairage des couloirs, salles de conférences, ascenseurs, etc.), pour une consommation de 13% ;
- Les chambres (14% de l'électricité consommée).

Afin de réduire ses coûts en énergie, un hôtel peut soit :

- Réduire sa consommation d'électricité et de gaz naturel ;
- Réduire le prix de l'électricité et du gaz naturel en choisissant une offre de fourniture d'électricité et de gaz naturel adaptée à ses besoins.

Il est tout à fait possible pour un hôtel de réduire les quantités d'électricité / de gaz naturel consommées, tout en maintenant sa qualité de service. Dans l'étude citée, les économies d'énergie ont permis de baisser la consommation d'électricité de l'hôtel de 34% et la consommation de gaz naturel de l'hôtel de 19%. Afin de réduire sa consommation d'électricité et de gaz naturel sans altérer la qualité de service, plusieurs actions sont possibles. Voici une liste de recommandations :

- **Les chambres**

Gestion en fonction de l'occupation :

- Louer préférentiellement les chambres adjacentes afin de regrouper les zones chauffées ;
- Réguler le chauffage et la climatisation en fonction de l'occupation. Par exemple, pour le chauffage : 19°C de jour, 18°C de nuit et 17°C si la chambre est inoccupée ;
- Utiliser des cartes magnétiques coupant l'éclairage et la TV quand les chambres sont inoccupées et le chauffage / la climatisation si une fenêtre est ouverte. Compter en moyenne : 25 € à 60 € par boîtier pour une économie d'énergie de 20% ;
- Ne pas laisser les télévisions en mode veille.

Salles de bains :

- Installer des limiteurs de pression sur les robinets ;
- Envisager la mise en place de systèmes de récupération de chaleur sur eaux usées.

Petits équipements électriques :

- Choisir des petits équipements électriques (bouilloire, sèche-cheveux, etc.) performants

- **La buanderie**

Si elle n'est pas externalisée, la buanderie peut représenter une consommation d'énergie très importante, du fait du fonctionnement quasiment continu des lave-linge et sèche-linge.

- Proposer la réutilisation des draps et des serviettes pour les personnes séjournant plusieurs nuits ;
- Entretien régulièrement les appareils ;
- Utiliser des programmes adaptés au linge et optimiser les charges de linge ;
- Utiliser adéquatement l'essoreuse, plus efficace que le séchage ;

- Eteindre les appareils (fers à repasser,...) en fin d'utilisation ;
- Choisir des appareils performants (de classe A si ce sont des appareils de type domestique) ;
- Préférer les appareils avec recyclage de l'air chaud.

- **Les parties communes**

Eclairage extérieur :

- Choisir des lampes fluocompactes résistantes aux températures froides, les asservir à des photocapteurs ;
- Pour l'éclairage au sol ou les enseignes, envisager l'installation de LED (modèles récents).

Ventilation :

- Penser à ventiler la nuit en été afin d'éviter les surchauffes.

Eclairage intérieur :

- Valoriser l'éclairage naturel au maximum ;
- Privilégier des revêtements muraux clairs ;
- Rechercher un éclairage performant, utilisé seulement si nécessaire, tout en conservant une ambiance agréable ;
- Choisir des ampoules basse consommation pour les zones éclairées en continu (peu d'intermittence) ;
- Installer des minuteries ou détecteurs de présence pour les zones fréquentées ponctuellement (locaux d'entretien, chambres froides, etc.).

- **Le bâti et les systèmes**

Bâti :

- Prévoir une forte isolation (notamment en toiture) pour le confort d'hiver et une bonne inertie du bâti pour le confort d'été ;
- Choisir des doubles vitrages et des menuiseries performants (résistance thermique élevée) ;
- Installer des protections solaires sur toutes les baies exposées, envisager une gestion automatisée des protections mobiles (par exemple pour les chambres).

Systèmes :

- Prévoir des systèmes de chauffage / climatisation / ventilation performants (coefficient de performance élevé, ventilation double-flux récupérant la chaleur de l'air extrait, etc.) ;

Chapitre III : Analyse et application

- Energies renouvelables : le recours à l'énergie solaire est souvent assez bien adapté aux besoins des hôtels pour l'eau chaude sanitaire ; le chauffage peut également se faire par énergie solaire ou chaufferie bois ;
- Isoler le ballon et les conduites d'eau chaude et positionner le ballon au plus près des consommations d'eau ;
- Mettre en place des compteurs divisionnaires (par poste) pour suivre l'évolution des consommations ;
- Optimiser la régulation en fonction de l'occupation et régler au mieux les consignes.

NB : Une bonne régulation peut économiser 20% d'énergie

Principes	Période De Sous Chauffe (Hiver)	Période Sur Chauffe (Eté)
Gestion d'énergie	Utilisation des panneaux photovoltaïque pour la production d'électricité. Utilisation des capteurs thermiques pour alimenter l'eau sanitaire et plancher solaire chauffant (PSD).	
Emplacement du bâti au côté nord du site	Éviter un éventuel ombrage des voisins.	Réservation d'une zone de végétation au côté sud pour profiter des arbres caducs.
Orientation des bâtis en plein sud, sud-est, sud-ouest	Pour profiter en max des énergies solaires (surtout les espaces de vie).	Traitement des ouvertures de façon à occulter les espaces (mobiles ou fixes).
Implantation des différents types de végétations	Arbres à feuilles caduques au sud pour permettre aux rayons solaires de gagner les espaces intérieurs. Arbres à feuillage persistant au nord pour briser les vents froids d'hiver.	Arbres à feuillage caduque au sud pour ombrager les façades et humidifier l'atmosphère.
L'atrium	Pour capter les rayons solaires. Source de lumière indirecte.	Pour l'aération des espaces et assurer la ventilation naturelle.
Utilisation des matériaux adéquats	- Matériaux à grande résistance thermique (stockage et utilisation de la chaleur).	-Matériaux à faible λ (pour isoler les espaces intérieurs).

Chapitre III : Analyse et application

Ventilation		<ul style="list-style-type: none">- Transversale (création des courants d'air à l'intérieur- Utilisation des capteurs d'air pour refroidir et renouveler l'air.- Augmentation des volumes pour refroidir les espaces.- Utilisation de toiture ventilée et des puits canadien pour le rafraîchissement des espaces.
Couleur	- Les couleurs claires pour atténuer les rayons solaires.	
Utilisation de serre	<ul style="list-style-type: none">- Pour mieux gagner la chaleur.	<ul style="list-style-type: none">- Utilisation de verre opaque pour éviter les rayons solaires et chasser la chaleur par des ouvertures au-dessus de la véranda

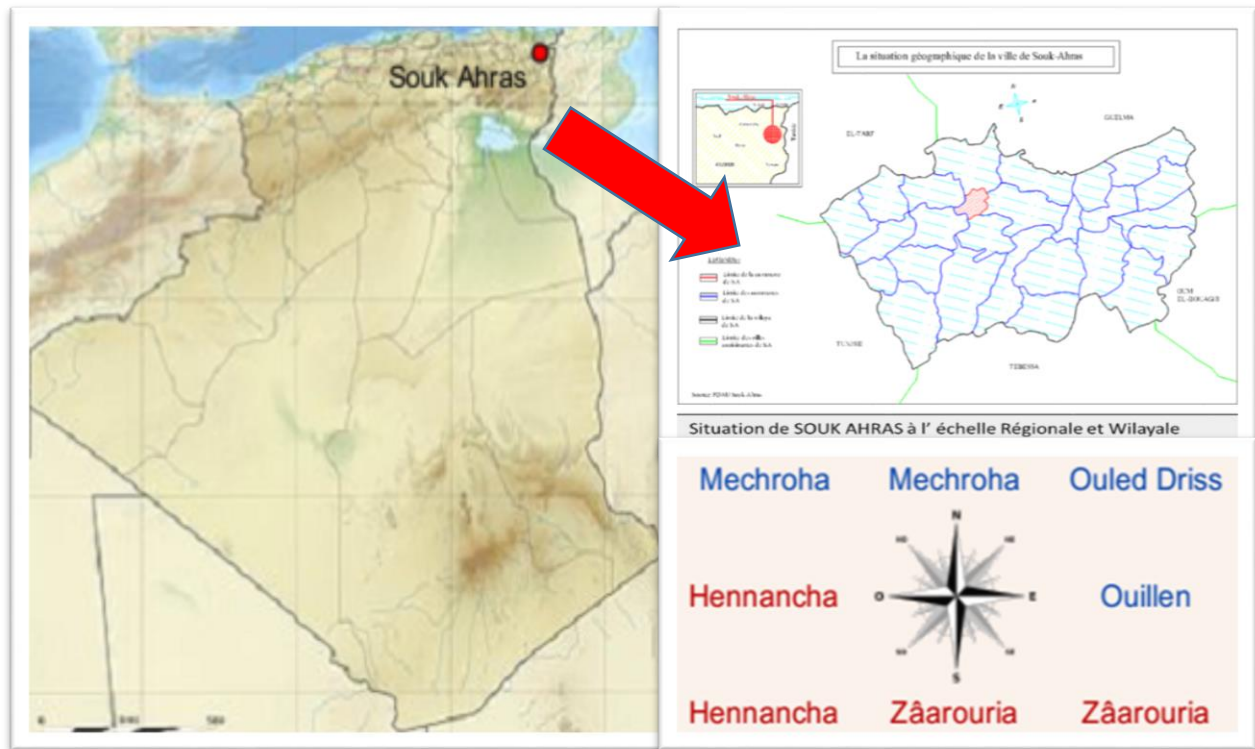
Tableau 25: Tableau récapitulatif des recommandations (source : auteur)

4 Chapitre IV: Site et intervention

4.1 Introduction :

Souk-Ahras, ou la protégée des lions, anciennement Thagaste, est une commune de la wilaya de Souk Ahras en Algérie, située à 75 km au sud-est de Guelma et à 100 km au sud-est d'Annaba. La vieille ville de Thagaste est mentionnée par Pline l'Ancien comme un municipe.

La ville de SOUK-AHRAS installée aux portes de l'Algérie dans une région de passage naturel entre la Tunisie et le reste du pays d'une part, point de jonction au paysage montagneux et pittoresque entre le nord et le sud d'autre part, à apporter sans désemparer tout au long de l'histoire sa contribution à la construction de l'Algérie .



Souk-Ahras est issu de la combinaison de deux mots, le premier arabe : souk (سوق) qui signifie « marché », et le deuxième berbère (chaoui) ahras , qui est le pluriel de Aher ,et qui signifie « lions », et cela en raison de la présence de ces animaux jusqu'en 1930 dans ses forêts.

4.2 La population :

Un peuplement passé du simple au double (entre 1966 et 1987).

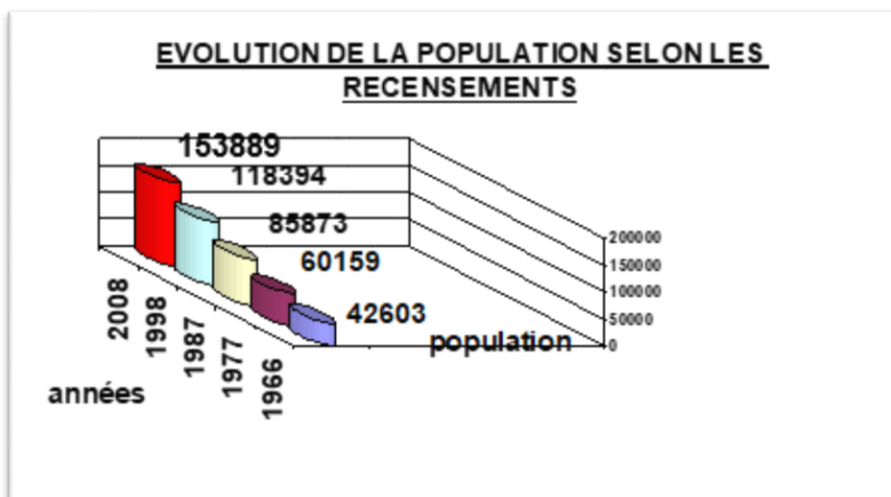


Figure 73: évolution de la population selon les recensements.

La population communale de Souk-ahras été de 149769 Habitant, Déterminant ainsi un additionnel de 35495 âmes.

4.3 Climat Souk Ahras

Le climat est chaud et tempéré. L'hiver à Souk Ahras se caractérise par des précipitations bien plus importantes qu'en été. Souk Ahras affiche 14.5 °C de température en moyenne sur toute l'année. Sur l'année, la précipitation moyenne est de 735 mm.

4.3.1 Températures et précipitations moyennes

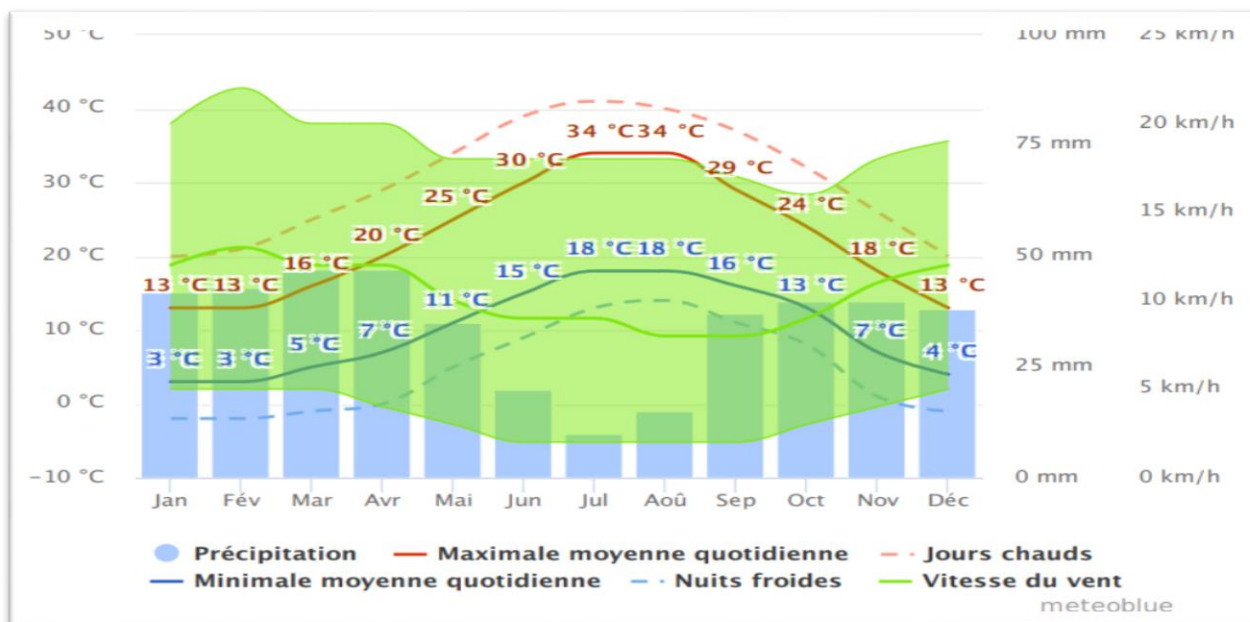


Figure 74: Températures et précipitations moyennes

La "maximale moyenne quotidienne" (ligne rouge continue) montre la température maximale moyenne d'un jour pour chaque mois pour Souk Ahras. De même, «minimale moyenne quotidienne" (ligne bleu continue) montre la moyenne de la température minimale. Les jours chauds et les nuits froides (lignes bleues et rouges en pointillé) montrent la moyenne de la plus chaude journée et la plus froide nuit de chaque mois des 30 dernières années. Pour la planification de vacances, vous pouvez vous attendre à des températures moyennes, et être prêt à des jours plus chauds et plus froids. La vitesse du vent n'est normalement pas affichée, mais peut être ajustée en bas du graphique.

Précipitations mensuelles supérieures à 150mm sont pour la plupart humides, en dessous de 30mm généralement séchés.

Note : Les quantités de précipitation simulée dans les régions tropicales et terrains complexes tendent à être plus petites que les mesures locales.

4.3.2 Ciel nuageux, soleil et jours de précipitations

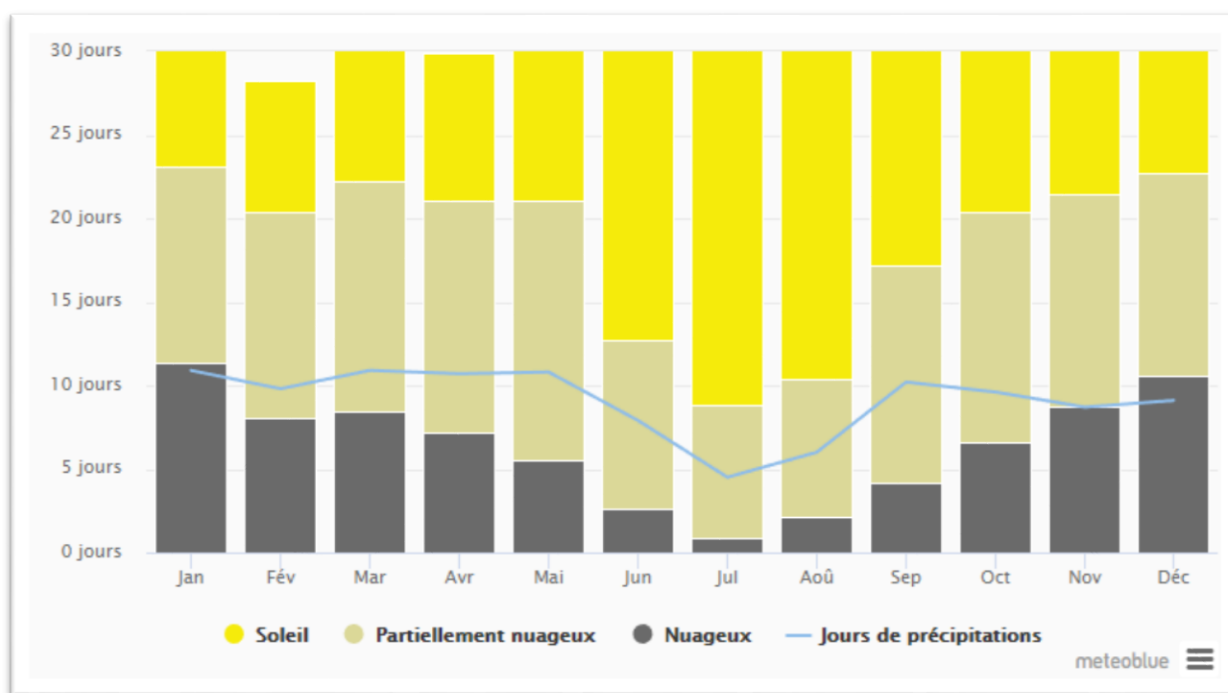


Figure 75: Ciel nuageux, soleil et jours de précipitations

Le graphique montre le nombre mensuel de jours ensoleillés, partiellement nuageux, nuageux et de précipitations. Les jours avec moins de 20% de la couverture nuageuse sont considérés comme des jours ensoleillés, avec 20-80% de de la couverture nuageuse, comme partiellement ensoleillés et plus de 80% comme nuageux.

4.3.3 Températures maximales

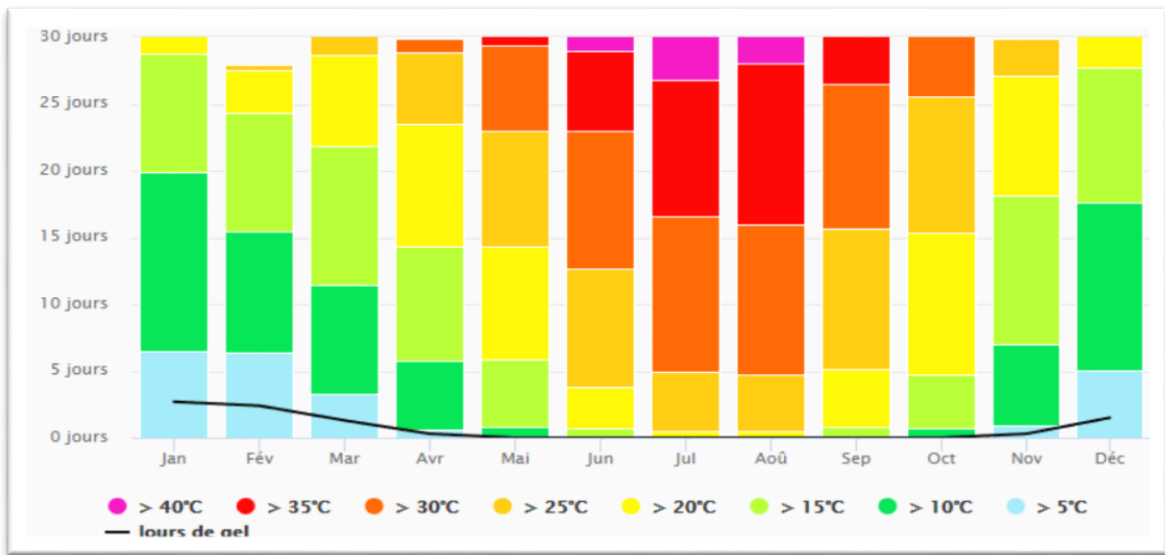


Figure 76: Températures maximales

Le diagramme de la température maximale à Souk Ahras montre le nombre de jours par mois qui atteignent certaines températures.

4.3.4 Quantité de précipitations

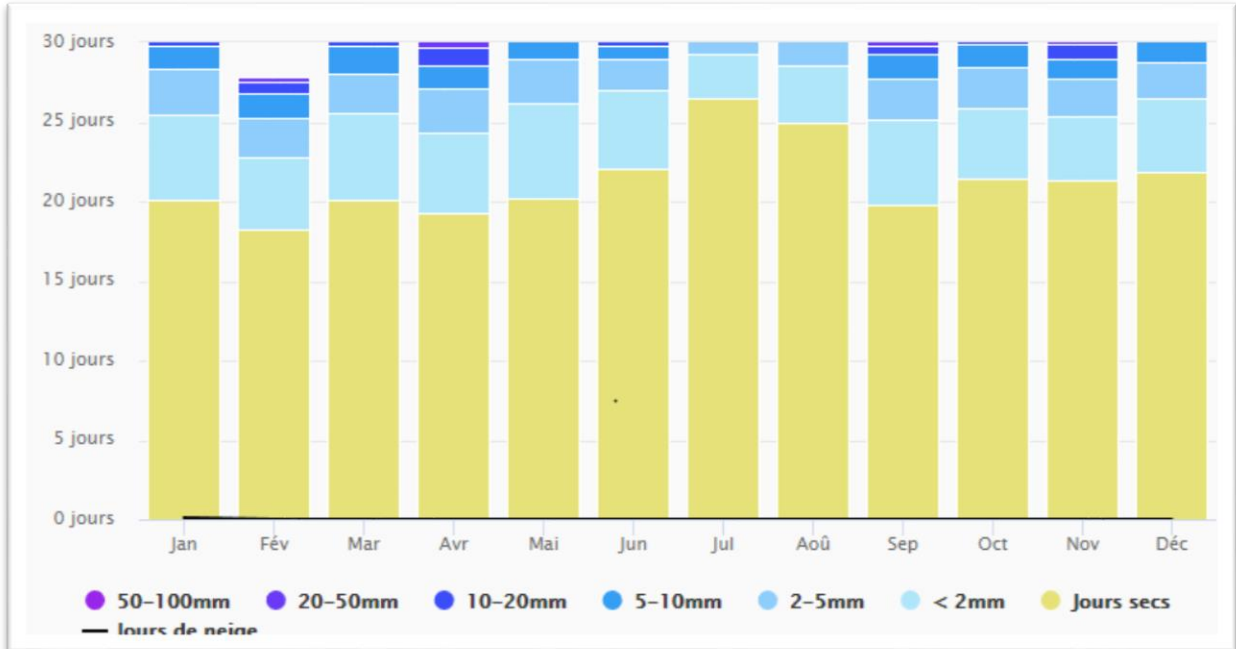


Figure 77: Quantité de précipitations

Le diagramme de la précipitation pour Souk Ahras indique depuis combien de jours par mois, une certaine quantité de précipitations est atteinte. Dans les pluies tropicales et la mousson peut être sous-estimée.

4.3.5 Tableau climatique Souk-Ahras

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Température moyenne (°C)	8.1	7.2	9.4	12.3	15.8	20.5	23.7	23.9	20.8	15.8	11.2	7.2
Température minimale moyenne (°C)	1.4	2.2	3.5	5.9	9.1	12.7	15.2	15.8	13.9	10	6.2	2.6
Température maximale (°C)	10.9	12.2	15.3	18.8	22.6	28.3	32.3	32.1	27.8	21.7	16.2	11.9
Température moyenne (°F)	43.0	45.0	48.9	54.1	60.4	68.9	74.7	75.0	69.4	60.4	52.2	45.0
Température minimale moyenne (°F)	34.5	36.0	38.3	42.6	48.4	54.9	59.4	60.4	57.0	50.0	43.2	36.7
Température maximale (°F)	51.8	54.0	59.5	65.8	72.7	82.9	90.1	89.8	82.0	71.1	61.2	53.4
Précipitations (mm)	108	104	91	67	55	21	7	11	37	52	75	107

Tableau 26: tableau climatique Souk-Ahras

4.3.6 Vitesse du vent

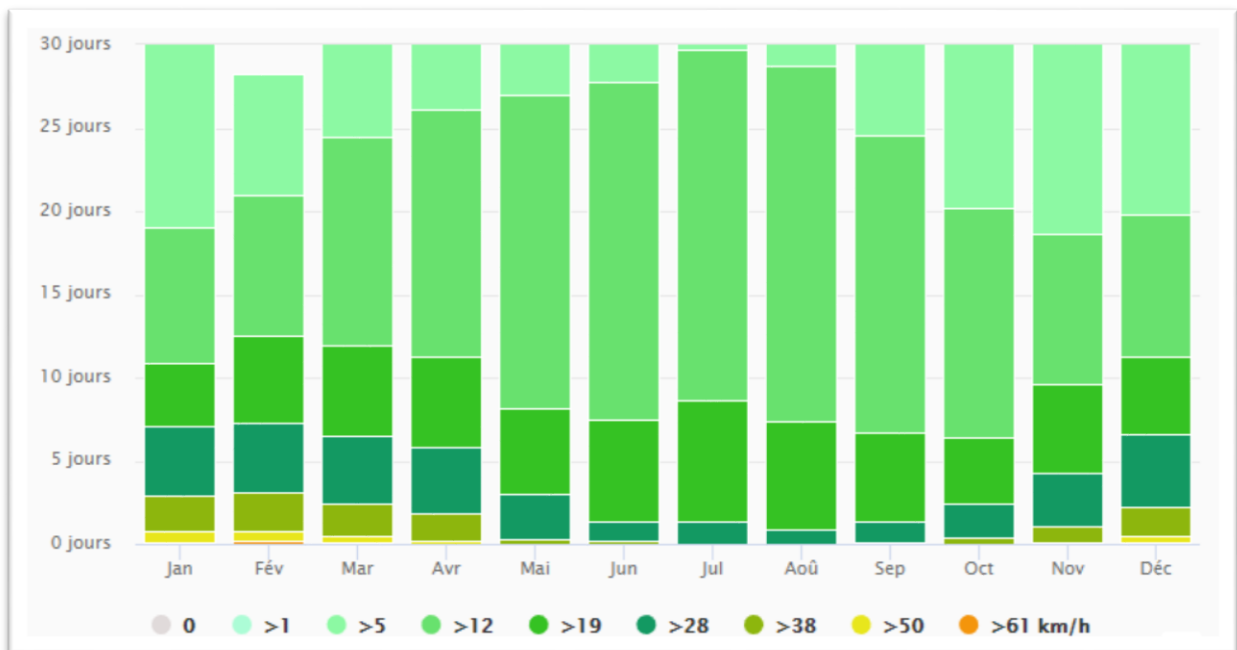


Figure 78: Vitesse du vent

Le diagramme de Souk Ahras montre les jours par mois, pendant lesquels le vent atteint une certaine vitesse.

4.4 IDENTIFICATION DU SITE

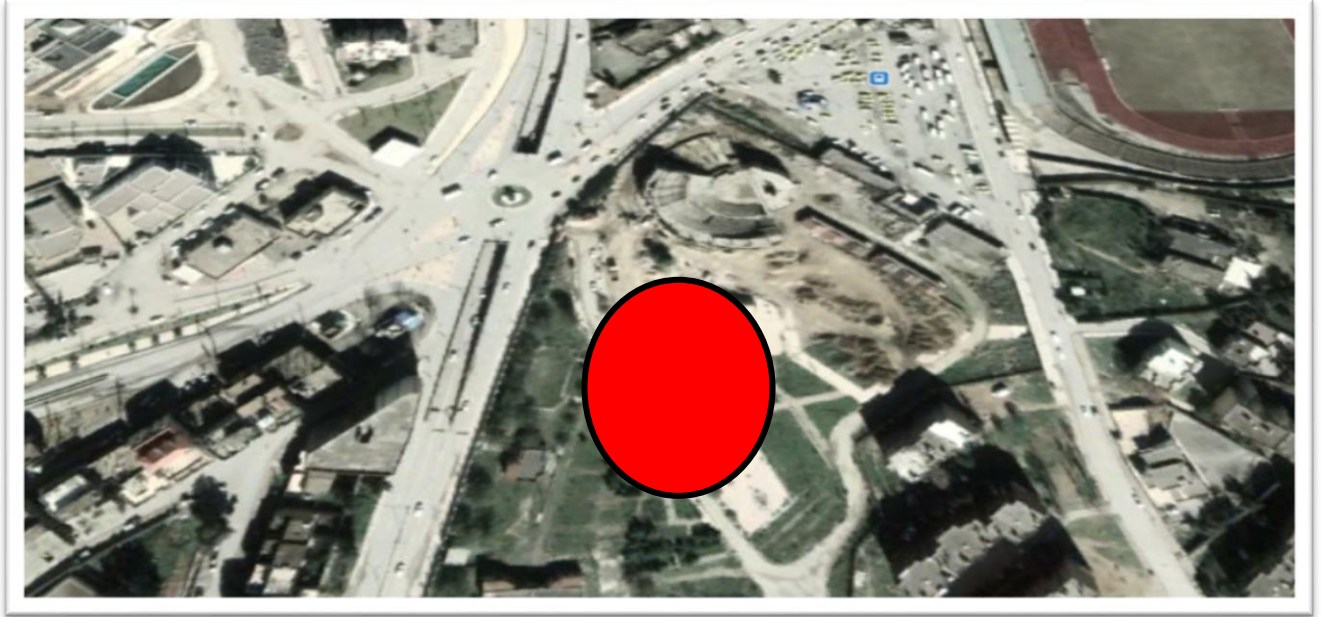


Figure 79: vue aérienne du site. Source : Google earth.

4.4.1 Les limites du site :

En lointain par :

- -cité JFK au Nord
- -cité faubourg au Nord-est
- -cité CNEP au Est
- -cité Kuicem Abdlhak 3 au Sud
- -cité 418 logts au Sud-est
- -cité Djenane Toufeh a l'Ouest

Immédiat par les vois suivants :

- -Boulevard 1er Novembre au Nord
- -RN16 à l'Ouest
- -Route Swalheya Abed Elwaheb au Sud-ouest
- -Route Djilali Lyabés et Draia Ahmed Est
- -Route Mssai Nouar au Nord -Est

4.4.2 Hiérarchisation des vois

Il existe trois types des vois « principale, secondaire et tertiaire »

Et on trouve 5 accès mécaniques

- ❖ 2 accès de la route N16
- ❖ l'autre du boulevard 1er novembre
- ❖ une qui Vien du centre-ville
- ❖ et la dernière route du Tunis, l'hôpital, et centre-ville

4.4.3 Le flux mécanique et piéton

Généralement on a un flux moyen sauf dans la rue principal du quartier « Hafsi belkasem » et rue Djilali Lyabés .



Figure 80: photos représentant les flux mécanique.

4.4.4 Les Nœuds

Carrefour Badji Mokhtar :



Figure 81: situation et photos du Carrefour Badji Mokhtar

Carrefour Coopérative :



Figure 82: situation et photos du Carrefour Coopérative.

4.4.5 Terrain de conception :

4.4.5.1 Situation

Ce terrain se situe au Sud-est du quartier choisi Il se limite :

- Au nord : 1700 log
- Sud : kuissem abdlhak
- Ouest : djnane toufah
- Est : 418 logements

4.4.5.2 Accessibilité :

On a 2 types d'accessibilité :

- ❖ A l'Ouest (principale) : RN16
- ❖ A Est (secondaire) : Draia Ahmed

4.4.5.3 Les axes :

On a 2 types :

- ❖ Principal : RN16
- ❖ Secondaire : Axes piéton et axes mécanique

4.4.5.4 La surface :

La surface du terrain est : 3H notre terrain est orienté vers le Nord-ouest

4.4.5.5 Topographie :

Le terrain est d'une pente faible

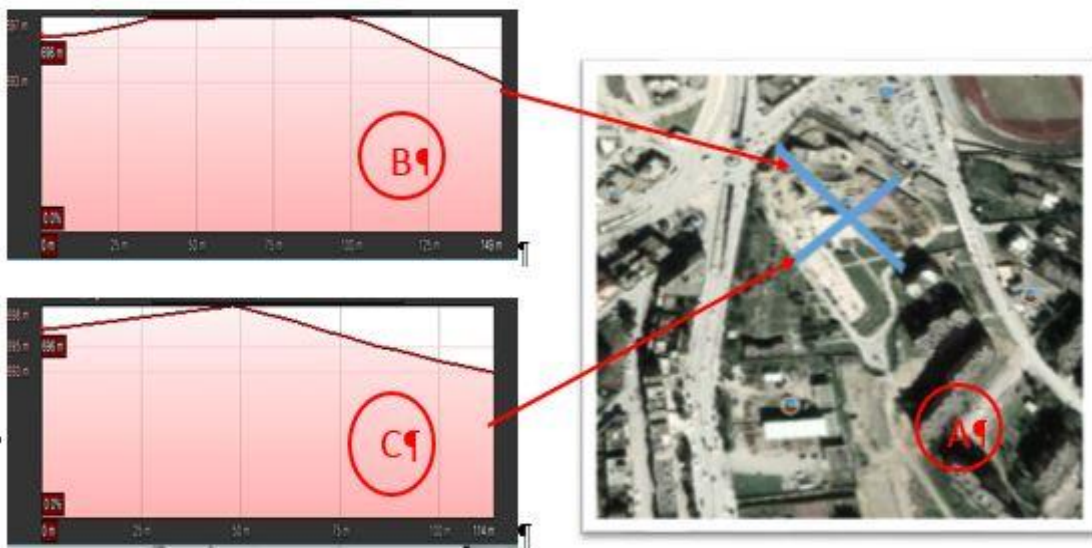


Figure 83: Etude topographique du site (A) vue aérienne du terrain et tracées des coupes (B) Coupe longitudinale (C) Coupe transversale.

4.4.5.6 L'enseillement :

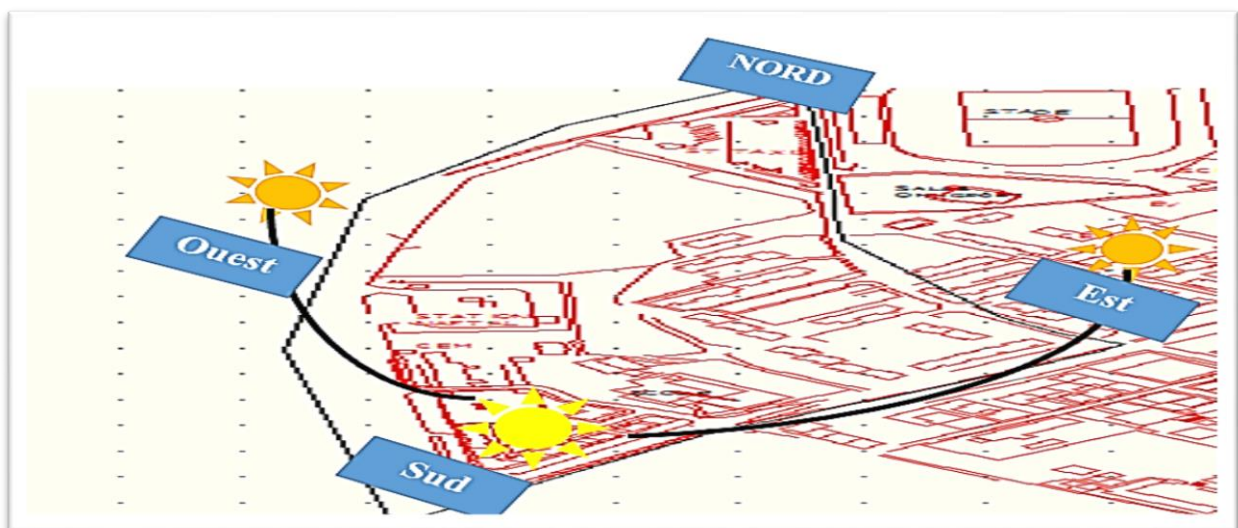


Figure 84: représentation de l'enseillement.

Le site est ensoleillé pendant tous les jours de l'année car il n'existe aucun obstacle matériel ou naturel dans le site.

4.4.5.7 Les vents :

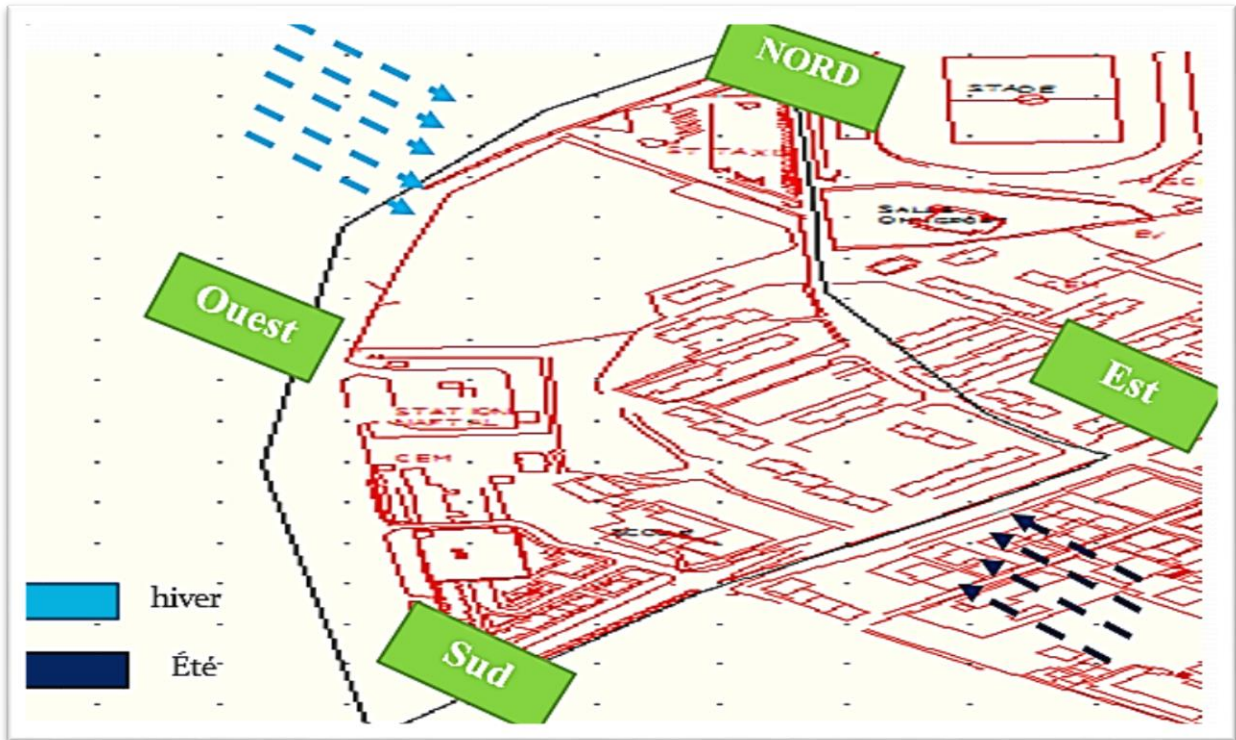


Figure 85: représentation des vents dominants.

Le terrain est totalement exposé aux différents vents présentés dans l'illustration : ce sont de direction Nord-ouest en hiver et Sud –est en été.

4.4.5.8 Les points forts :

- L'emplacement du terrain est très favorable parce qu'il est proche du centre-ville;
- Le terrain est bien accessible;
- une proximité immédiate de la RN n 16;
- l'existence des différents réseaux : alimentation en eau potable, réseaux d'assainissement, électricités ;
- Un bon ensoleillement.

4.4.5.9 Problèmes :

En parlant des fonctions: Le site d'intervention définit par une coexistence de fonctions (une mixité fonctionnelle) cela cause certains problèmes : « le bruit, problème de circulation.... »

4.5 Programmation :

4.5.1 Programme officiel

fonction	Sous fonction	espace	Sous espace	Surface	surface total
accueil	Accueillir Informer ranger	Réception		35	145
		Salon		110	
		Sanitaire		20	
		bagagerie		10	
administration		b.directeur		40	155
		Secrétaire		15	
		b.finance		15*2	
		+gestion			
		Sanitaire		15	
		s.Archive		10	
		s.Rèunion		30	
		S. Télé surveillance		15	
commerce		Kiosque Cabinet téléphonique		50	50
hébergement	Dormir manger Se reposer	08 chambre single	SDB+WC+ CHAMBRE	20*8	1140
		32 chambre double		25*32	
		08 suite		45 *04	
service		Salle de soin		20	220
		Lingerie		80	
		blanchisserie		120	
restauration		Salle de consommation cuisine		200	580
			Ch. froide Stockage Réfectoire Local poubelle	120	
		Vestiaire sanitaire personnel		40	
		Cafeteria		80	
		Salon de the		60	
Sport ,loisir	Confort reposer Jouer	Salle de remise en forme	Massage sauna Salon de baute	40*2	240
				40*2	
				40*2	
Divers		Climatisation		20	1010
		Atelier de maintenance		20	
		Magazine		50	
		Groupe électrogène		15	
		Parking		800	
		Piscine		55	

Tableau 27: programme officiel.

4.5.2 Programme retenu

fonction	Sous fonction	espace	Sous espace	surface	Surface totale
Accueil	Accueillir Informer Ranger	réception		29,5	61.5
		bagagerie		11	
		Sanitaire		21	
Administration		archive		14,5	104
		Sanitaire		21	
		b. directeur		40	
		Secrétaire		15	
		b. finance		15	
		b. gestion		15	
Commerce		article des cadeaux		21	77.5
		photographe		23	
		peinture		11	
		salle de coiffure *2		22,5	
Hébergement	Dormir Manger Se reposer	12 chambres single	SDB+WC +chambre	20*12	22 440
		21 chambres doubles		25*21	
		8 suites		45*4	
Service		Lingerie		39,8	424,3
		blanchisserie		100	

Chapitre IV: Site et intervention

		salle de séminaire		45	601
		salle de conférence		122	
		Salle de soin		23	
		bibliothèque		94,5	
Restauration		cafétéria		28	
		reste de personnelle		27	
		Vestiaires de personnelle		37	
		WC (personnelle)		10	
		foyer		63	
		restaurant		132	
		cuisine principale		63	
		chambre froide		36,8	
		Terrasse		70	
		contrôle de marchandise		16,5	
		dépôt		58	
		lavage		21	
		sanitaire		40	
Sport, loisir	Confort Reposer Jouer	salle de jeux		38,6	188,6
		salle d'internet		18,5	

Chapitre IV: Site et intervention

		fitness		30	
		aérobic		64	
		WC/ douches		27,5	
		sauna		10	
Divers		parking		632	834
		générateur		26,5	
		stockage de matériel		20	
		réservoir d'eau		30,5	
		entrepôt général		52	
		atelier de maintenance général		34	
		chaufferie		39	

Tableau 28: Programme du projet

4.6 Démarche et processus

Avec l'inspiration du forme d'un clé j'ai créé des formes et des lignes attachées à la forme primaire en gardant les mêmes angles des arcs avec une gradation dans la partie gauche (ouest) en ajoutant un espace au centre du forme ovale pour crée une centralisation .



Figure 86: outil d'inspiration de la conception (clé).

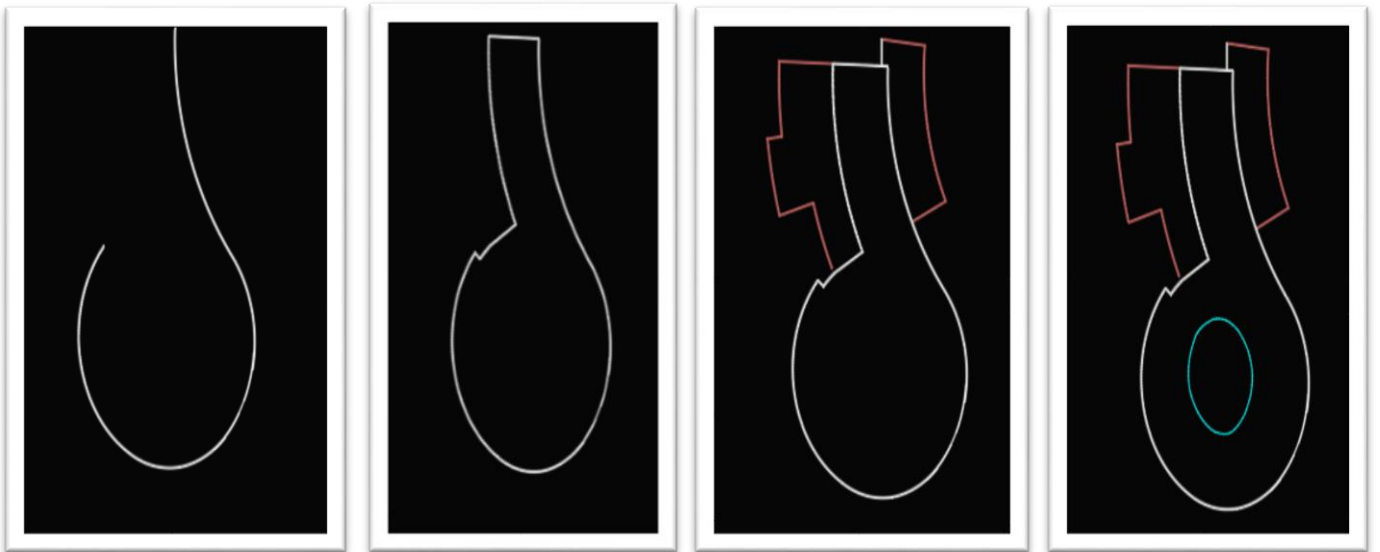


Figure 87: jeunesse de la forme.

4.7 Organisation des espaces :

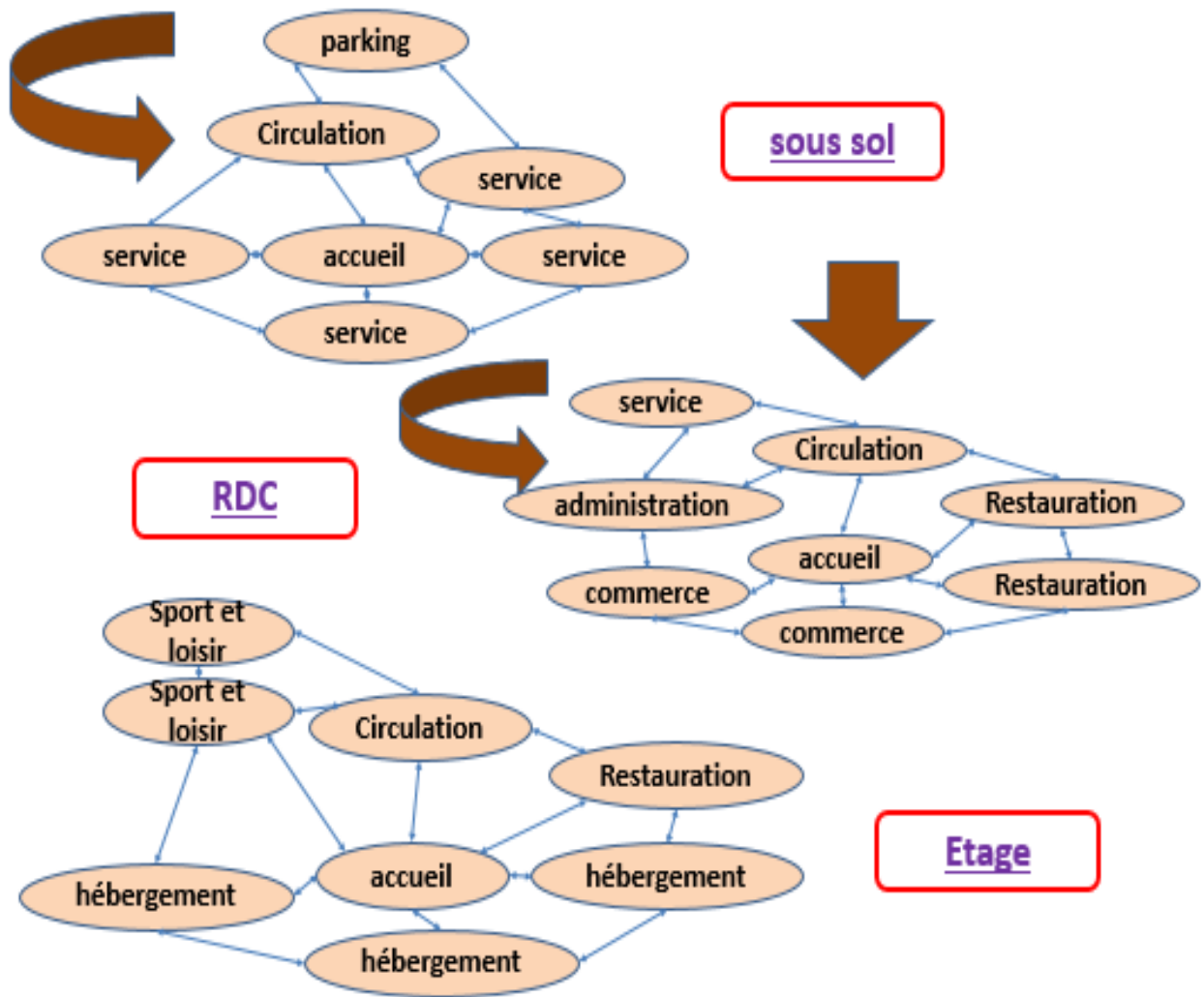


Figure 88: l'organisation spatiale de la conception.

4.8 Plan de masse

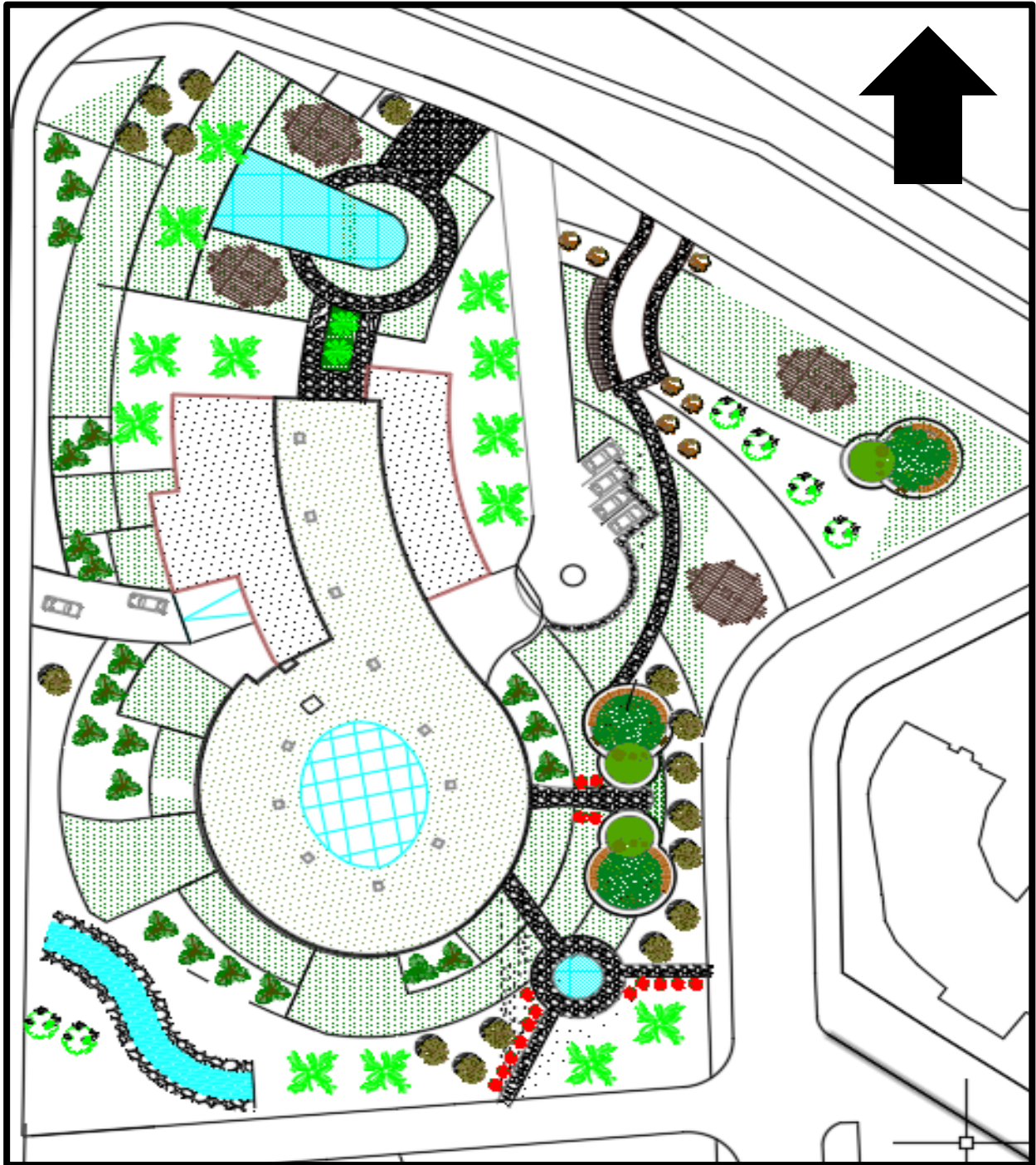


Figure 89: Plan de masse

4.9 Simulation d'une chambre de l'hôtel

4.9.1 Présentation :

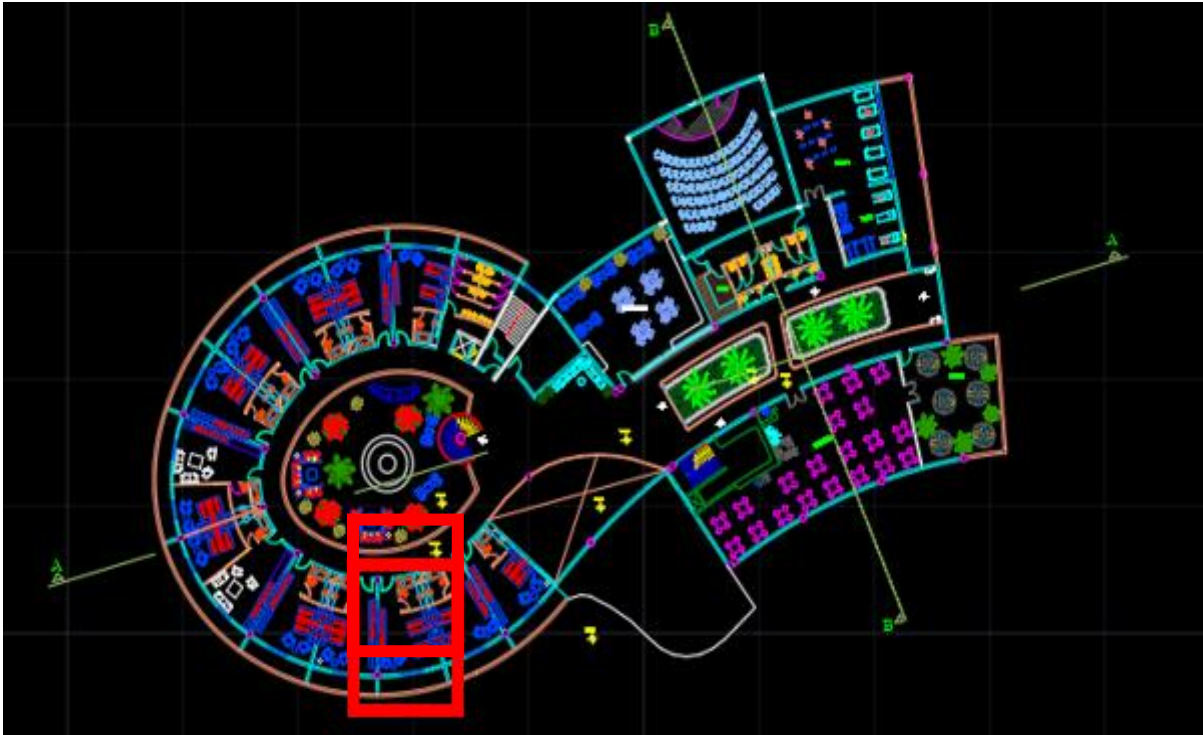


Figure 90: Plan 1er étage du projet source : auteur

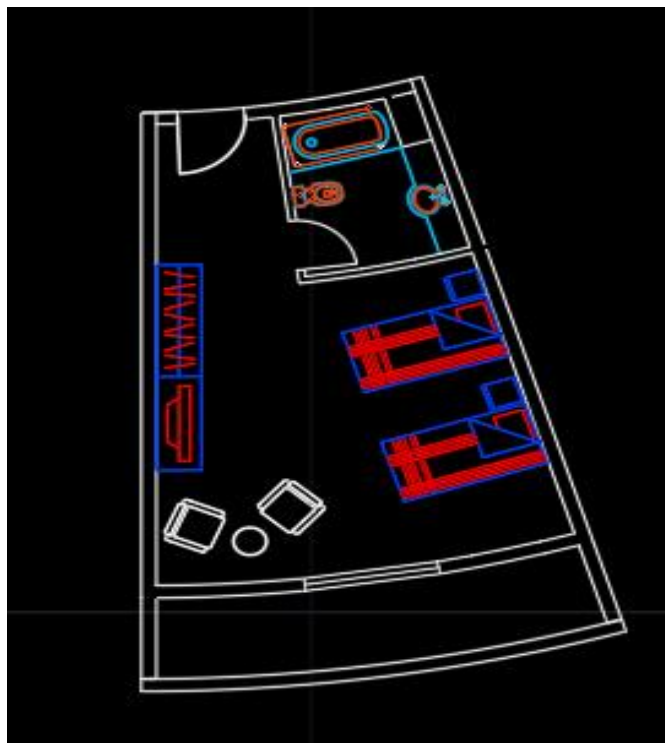


Figure 91: La chambre étudiée source : auteur

Chapitre IV: Site et intervention

La salle	NORD	EST	SUD	OUEST
Surface paroi	24.9 m ²	40.52 m ²	24.9 m ²	40.52 m ²
Surface vitrée			5.4 m ²	
Surface paroi adjacente	/	/	/	/
Surface vitrée adjacente	/	/	/	/
Surface du plancher	54 m ²			
Volume	210 m ³			

Tableau 29:Description de la chambre

Différentes couches du mur	Epaisseurs(e)	λ	Rg
Enduit extérieure de ciment	0.03 m	1.3 W/MK	/
Brique	0.15 m	0.74 W/MK	/
Lame d'aire	0.05 m	/	0.11 M ² K/W
Brique	0.10 m	0.74 W/MK	/
Enduit intérieure de plâtre	0.02 m	0.8 W/MK	/
TOTAL	0.35 m		

A : Conductivité thermique (W/MK)

Rg : résistance thermique (M²K/W)

Tableau 30:Données des différentes couches de l'enveloppe extérieure

4.9.2 Déroulement de la simulation :

4.9.2.1 Création du projet simulation (fichier météo-salle-traceur)

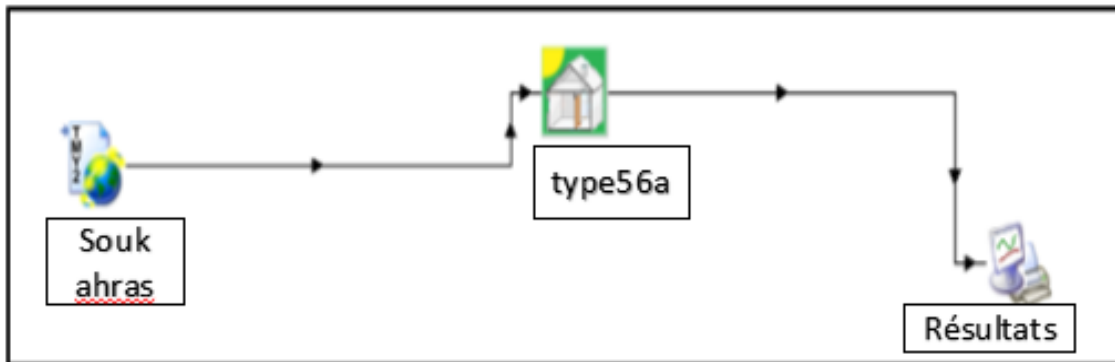


Figure 92:Création du projet simulation source (auteur)

4.9.2.2 Création de la chambre

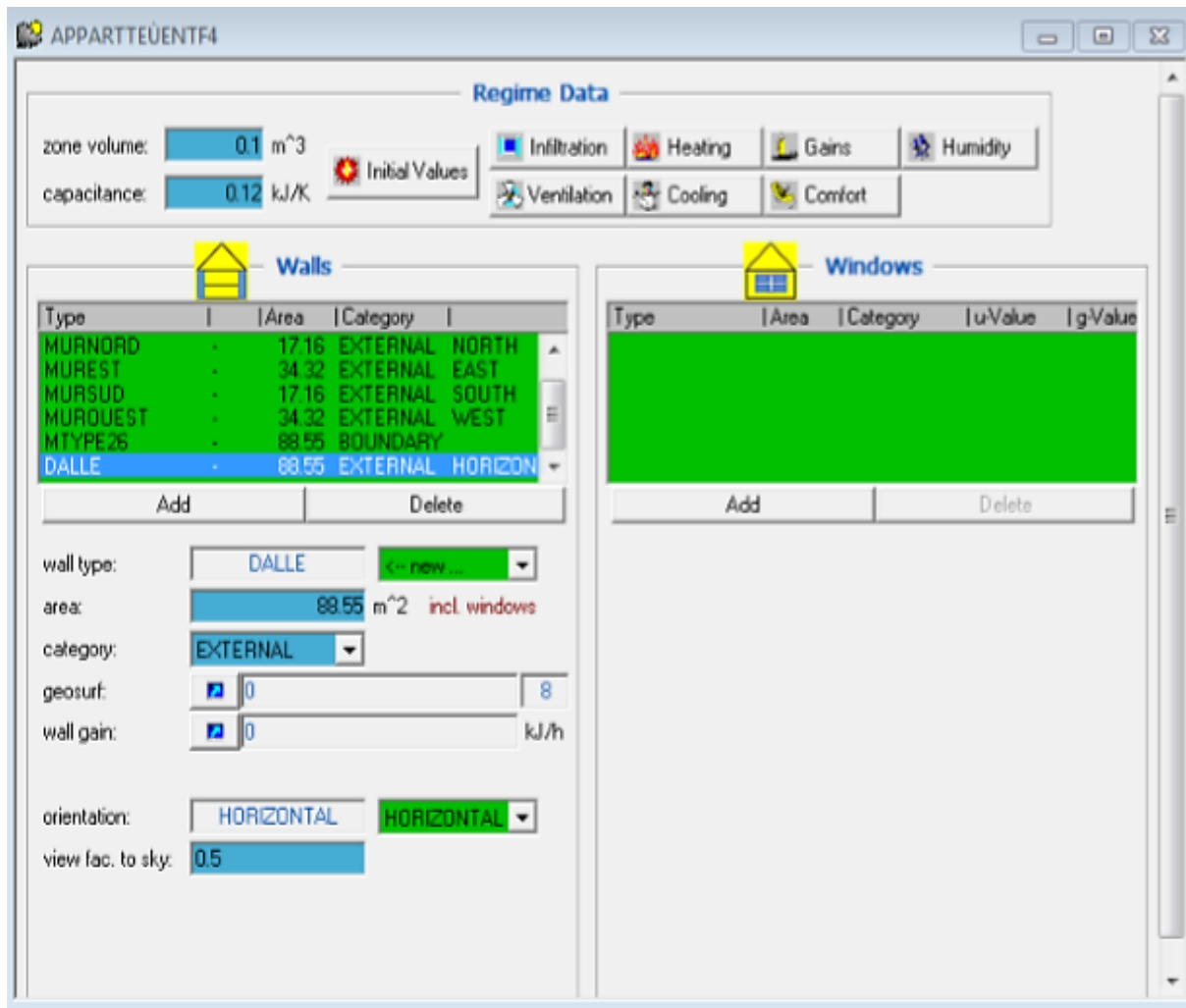


Figure 93:Création de la chambre source (auteur)

4.9.2.3 **Création des liaisons entre les éléments de projet :**

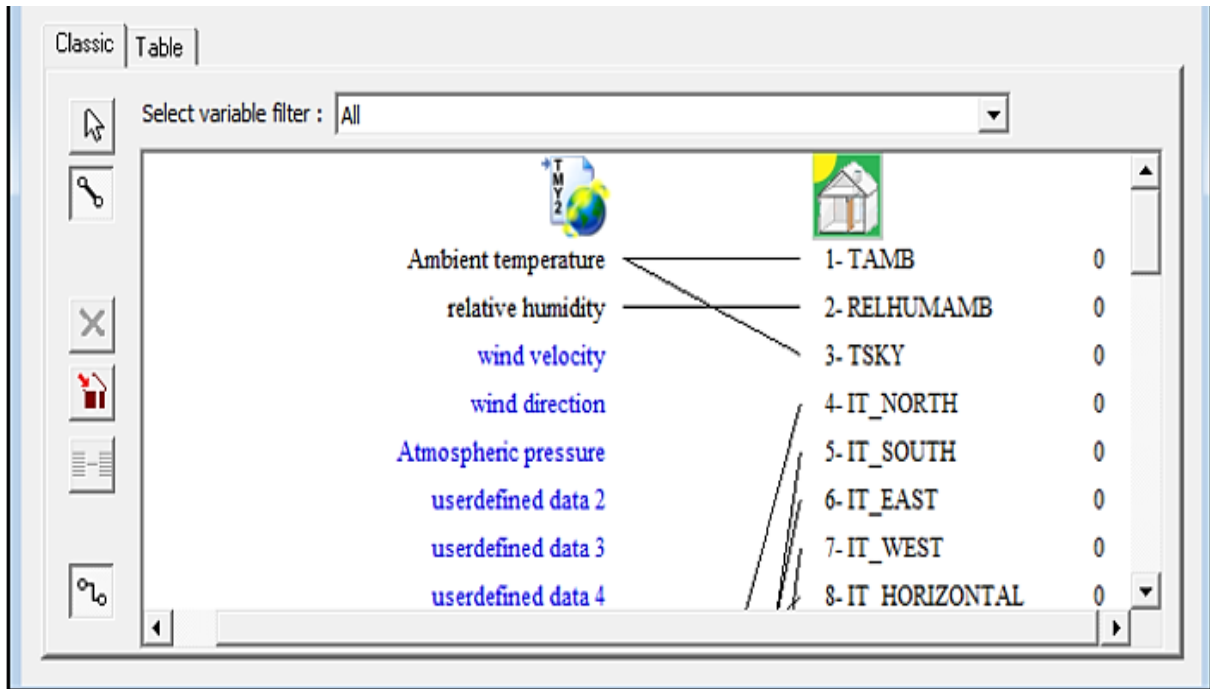


Figure 94:Création des liaisons entre les éléments de projet source (auteur)

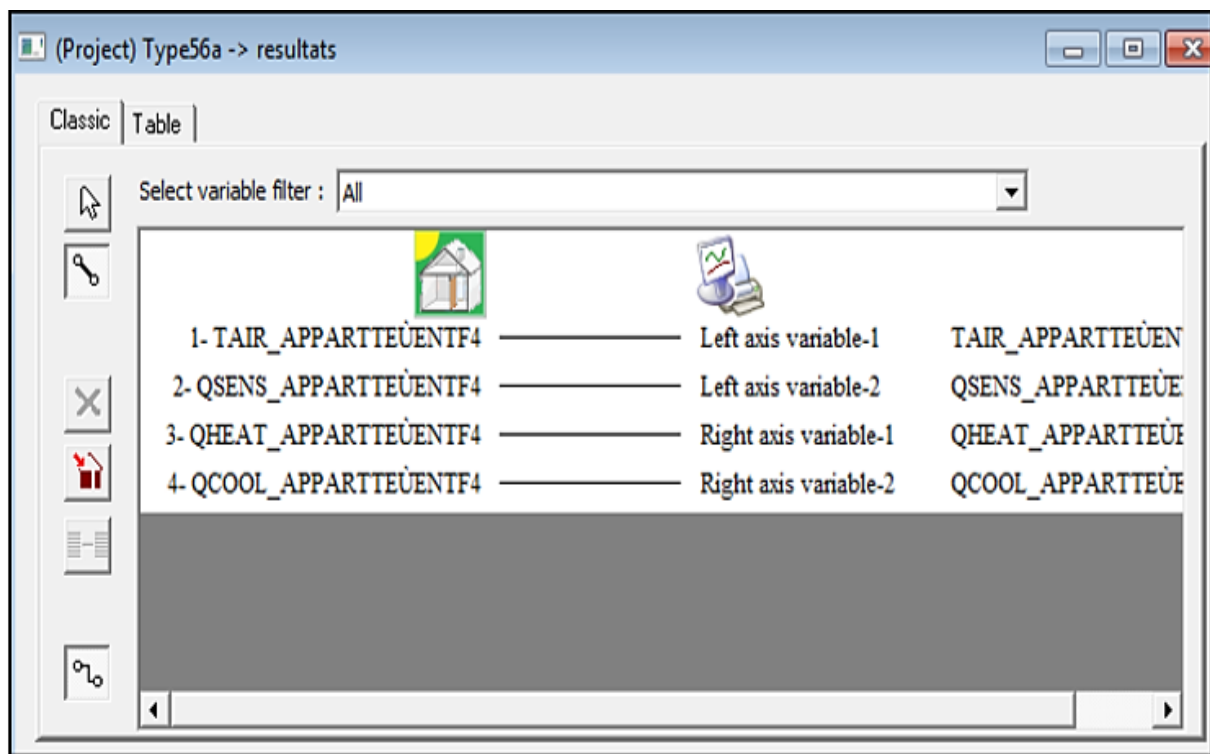


Figure 95:Création des liaisons entre les éléments de projet source (auteur)

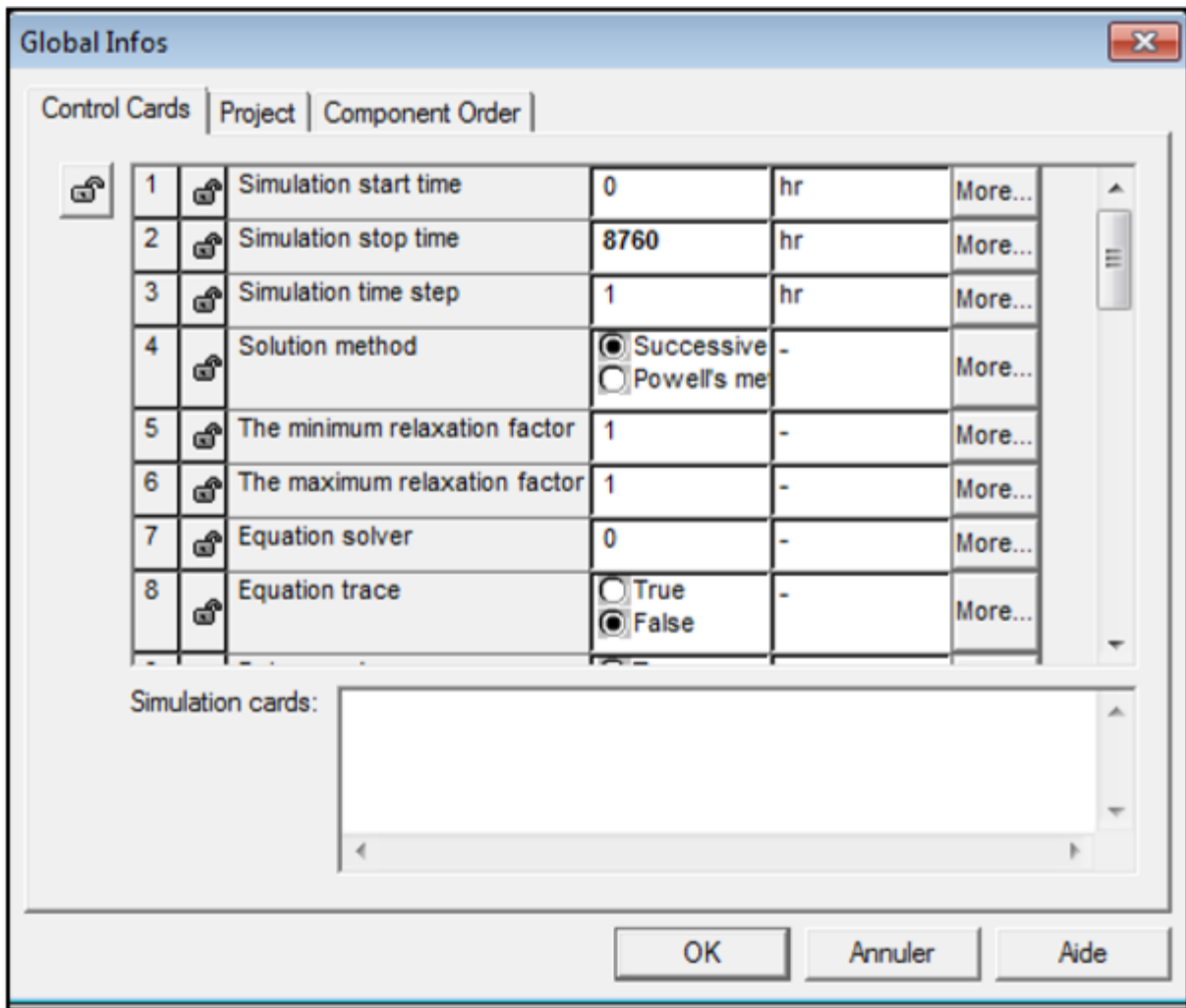


Figure 96:Création des liaisons entre les éléments de projet source (auteur)

4.9.2.4 Lancement de simulation et obtention des résultats

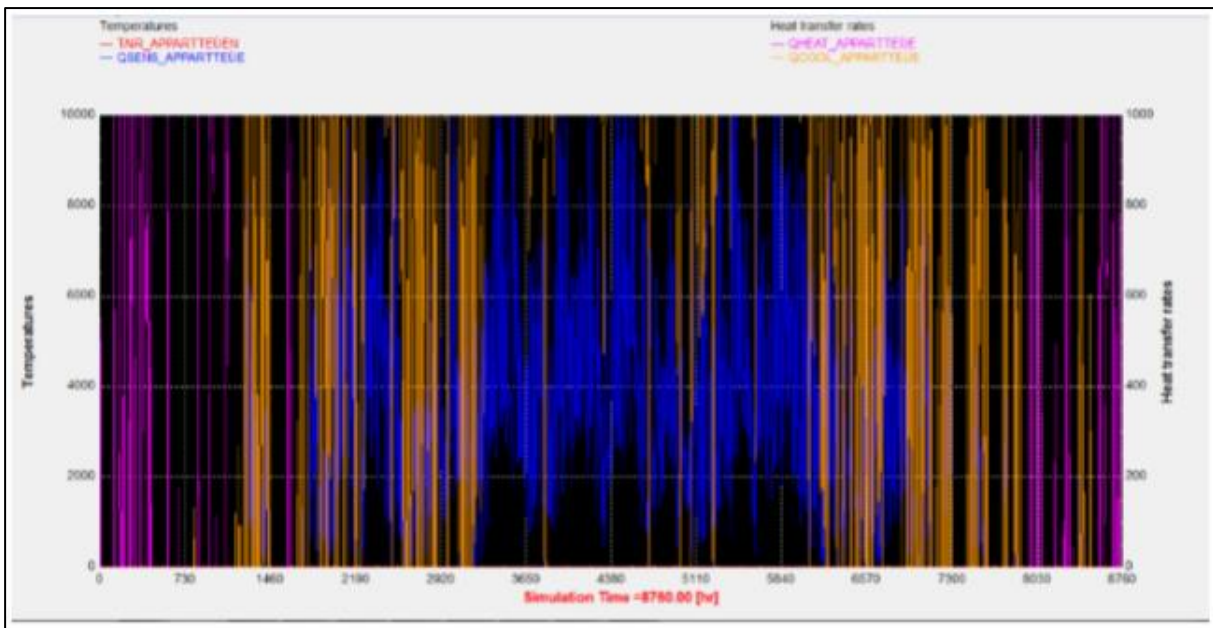


Figure 97:Lancement de simulation et obtention des résultats source (auteur)

4.9.3 Résultat

Après ce calcul on obtient les bilans énergétique de notre chambre ; et avec simple division du totale sur la surface, on opte la classification de notre chambre.

Cette chambre est en classe D avec une consommation de 156kwh/m²

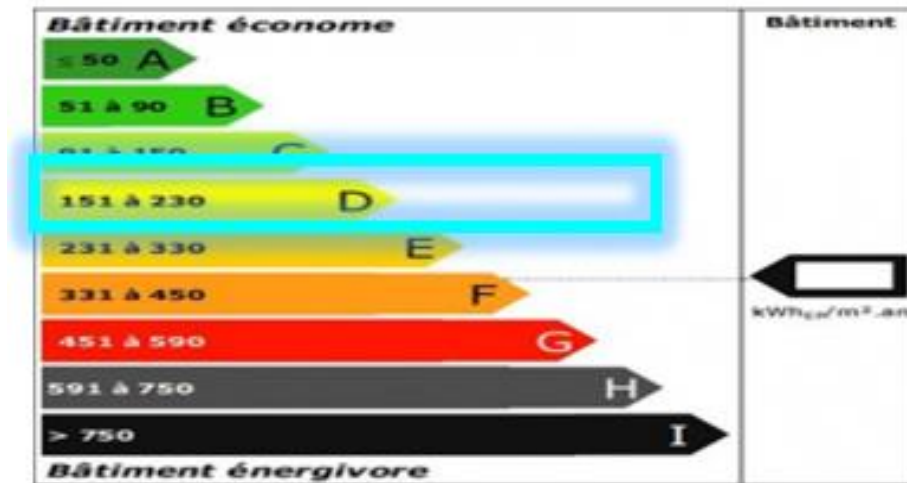


Figure 98: Classification de la chambre dans l'étiquette énergétique source : auteur

4.9.4 Conclusion et perspectives

Au terme de ce travail mené dans le but d'étudier le chauffage/climatisation solaire et la contribution à la régulation de la température dans une chambre de l'hôtel, les principales conclusions tirées sont comme suit :

- Rappelons que l'objectif fixé dans ce travail qui consiste à l'étude d'une climatisation (chauffage) ainsi la régulation de température dans un bâtiment a été atteinte.
- Ce travail nous a permis de nous sensibiliser sur les éventuels problèmes dans le projet. Il nous a en plus permis de maîtriser certaines notions sur la climatisation qui demeure un domaine passionnant.

Conclusion générale

La réalisation des objectifs d'économie d'énergie et de réduction des gaz à effet de serre passe par la conception, la réalisation de bâtiments à haute performance énergétique et le maintien de cette performance dans le temps (gestion). Ce travail a été préoccupé par la phase de conception, pour les trois raisons suivantes:

- Couramment les concepteurs -sans en faire la critique- pensent d'abord à ajouter à une "ancienne" forme architecturale des éléments capteurs "modernes" (panneaux solaires, photovoltaïque, systèmes conventionnels de refroidissement ou de chauffage performant, ...) évidemment ne participant pas à une véritable conception architecturale en n'étant qu'un ajout technique.
- La phase de la conception architecturale représente la phase fondamentale, puisque c'est au cours de cette dernière que sont mis en place les concepts, les choix et les stratégies retenus dans le projet.
- Le post prioritaire d'investissement d'efficacité énergétique est dédié à la conception architecturale. Après l'élaboration de l'analyse bioclimatique de la zone d'étude et la génération des différentes stratégies conceptuelles bioclimatiques, on a examiné chaque dispositif (élément) architectural, afin de déterminer les stratégies sur lesquelles il influence profondément.

La recherche théorique développée dans ce travail, nous a permis de conclure que la démarche HPE (Haute Performance Énergétique) est une alternative environnementale qui cherche à maîtriser la consommation énergétique et réduire l'impact du projet architectural sur l'environnement à travers une conception passive en tenant compte des seuils définis par les différents labels et normes énergétiques. Dans ce contexte, la conception et la réalisation des bâtiments à Haute Performance Énergétique s'impose comme une nécessité pour la maîtrise et l'économie d'énergie dans le secteur de bâtiment.

Afin d'augmenter la performance énergétique de l'enveloppe architecturale et d'assurer une conception environnementale, qui met en avant la maîtrise de la consommation énergétique en tenant compte des paramètres climatiques et environnementaux, des mesures conceptuelles sont à prendre en compte parmi lesquelles on peut citer :

- L'importance de l'analyse climatique et microclimatique pour révéler les différentes contraintes et opportunités et qui conduit à la saisie des recommandations à suivre, pour assurer une meilleure adaptation climatique du projet architectural.

- Il est nécessaire d'améliorer la qualité thermique, visuelle et sonore de l'enveloppe architecturale, par le développement des solutions techniques et conceptuelles en matière de :
 - Choix d'orientation ;
 - Choix de matériaux (mur végétalisé, béton préfabriqué, béton cellulaire, etc.) ;
 - Amélioration de l'étanchéité et de l'isolation ainsi que la minimisation des ponts thermique (chanvre, fibre de bois, etc.).
- Adopter une démarche passive et éco-responsable :(principes de l'architecture bioclimatique) :
 - L'utilisation des énergies renouvelables.
 - Traitement des eaux, et déchets.

Bibliographie

- * Ahmed Daoud. Simulation thermique d'un arénasous transys. Mémoire de Maitrise des sciences spécialité génie mécanique Canada .janvier 2005
- * ALEXANDROFF.G et J .M : « Architecture et climat soleil et énergies naturelles dans l'habitat » ; édition architectures, Berger- Levrault, Paris1982 p216.
- * B. Moujalled, 'Modélisation Dynamique de Confort Thermique dans les Bâtiments Naturellement Ventilés, Thèse de Doctorat, Institut des Sciences Appliquées de Lyon (ISAL), Lyon, 329 p., 2007.
- * Energie inépuisable disponible partout dans le monde, <http://www.hespul.org/le-rayonnement-solaire.htm>Unesource.site consulté en avril 2012
- * FOURA, S. (2008). Simulation des paramètres du confort thermique d'hiver en Algérie, Thèse de doctorat. Université Mentouri, Constantine.
- * Guendouz B. Projet de fin d'étude pour ingénieur d'état en génie mécanique <<Etude d'un système de réfrigération solaire a absorption (application a une chambre froide)>>,2008.
- * Gwenaëlle Durand, Jérôme Bertin, « Bâtiments et performance énergétique: données techniques, contrats, responsabilité», France, édition Lamy, 2011/384p
- * J.M. Evans, 'The Comfort Triangles. A New Tool for Bioclimatic Design', University of Technology, Delft, 291 p., 2007.
- * L. Fernandez, 'Transposition en Architecture des Connaissances d'Ingénierie Environnementale et des Savoirs Relatifs au Choix des Matériaux', Thèse de Doctorat, Université de Toulouse, 325 p., 2010.
- * la maitrise de l'énergie. [Http : //www.perso.wandoo.fr/ageden/energie_renouvelable](Http://www.perso.wandoo.fr/ageden/energie_renouvelable).consulté : avril 2012
- * Lavigne. P. Et Fernandez. P, « Concevoir des bâtiments bioclimatiques : fondements et méthodes », Le moniteur, Paris, 2009
- * M. Sala, C. Gallo and A.A.M. Sayigh, 'Architecture: Confort and Energy, Elsevier, Oxford, 234 p., 1998.
- * Manuel de Fabrication et installation du chauffage-eau solaire bon marché (CESBM) Sociedade do Sol – Société du Soleil.

- * Mme Muriel Hoogstoel, Utilisation domestique de l'énergie solaire : Les chauffe-eau solaires Support écrit pour l'architecte, janvier 2004
- * Olivier G. Publié in la Météorologie, 8° série les enjeux économiques des politiques de prévention du risque climatique, 1998.
- * Petit Amélie Nimaga Fatoumata, Medou Delphine ,IUP M1 GSI Maîtrise de l'énergie (Analyse de confort thermique dans le CODYBA), 2007/2008
- * S. Trachte et A. de Herde, 'Choix des Matériaux, Ecobilan de Parois', Architecture et Climat, UCL, 359 p., 2010.
- * S.V. Szokolay, 'Environmental Science Handbook for Architects and Builder', the Construction Press, Lacastre, London, New York, 263 p., 1979.
- * SIMONE (Schleifer), « architecture et énergie –un enjeu pour l'avenir, Edition place des victoires », France, p.304
- * Tahibaut Vitte, thèse GC, Institut national des sciences appliquées de Lyon 2007.
- *Ademe: Les Chiffres Clés du Bâtiment, Ademe Édition Paris, 2000
- *AICVF: Hôtels restaurants, programmer, concevoir, gérer, Pyc Éditions, Première édition, Paris 1993
- *An.: Améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments, Direction Générale de l'Énergie et des Transports, Présentation transparents, avril 2001
- *An.: Économies d'énergie dans les bâtiments existants, Chauffage-Ventilation Conditionnement d'air, 2001 (4), 9-40
- *CHEILAN C.E. L'énergie- les enjeux de l'an 2000, Alger : office des publications universitaires OPU, 1991
- *Dr R.Cantin, B. Moujalled, Dr HDR G. Guarracino, 6ème congrès Européen de Science des Systèmes Paris 19-22 septembre 2005.
- *Ecologique. Université Abou Bekr Belkaid - Tlemcen.
- *GENTIAL, A. (2001). Domotique et confort. France: Ecole d'architecture de Lyon.
- *GIOVANI, B. (1978). L'homme, l'architecture et le climat. Paris: Le Moniteur.
- *HACENE, M. E. (s.d.). Aspects Energétiques, Economiques et Environnementaux d'une Habitation
- *HAMIDOU, R. (1989). Le logement - un défi. Alger. p409: coédition.

*Hegger MANFRED, Stark THOMAS, «Construction et énergie, architecture et développement durable», Suisse, Edition française 2011/ 279P * L. Freris et D. Infield, « les énergies renouvelables pour la production d'électricité », DUNOD, 2009/215p

*HERAOU.A. (2012). Evolution des politiques de l'habitat en Algérie, le L.S.P comme solution à la crise chronique du logement- cas d'étude: la ville de Chelghoum laid, mémoire de magister. Université de Sétif.

*http://www.sabesp.com.br/pura/dicas_testes/conserva_limpa_cx_dagua.htmconsulté février 2013 Notes pour une norme technique Juillet 2005 – Version VII

*M. SANTOMINIS, « Energy and climate in the urban built environment», New York, Edition Rutledge, 2001 / 410P.

*Olivier Chapel: Capitalisation de l'expérience acquise par SFEE-Intelbat appliquée aux consommations d'énergie des équipements techniques du tertiaire, Edition SFEE-Intelbat, septembre 1996

*P. Fernandez et P. Lavigne, 'Concevoir des Bâtiments Bioclimatiques, Fondements et Méthodes', Le Moniteur, Paris, 430 p., 2009.

*Pierre FERNANDEZ, Pierre LAVIGNE, « Concevoir des bâtiments bioclimatiques», New York, Edition LE MONITEUR, 2009 / 430P.

*SEMAHI, S. (2013). "Contribution méthodologique à la conception des logements HPE en Algérie". Mémoire de magister. Alger: EPAU.

*SILDER, O. (2007). "Les bâtiments à faible consommation d'énergie- élément de contexte", journée technique sur l'étanchéité à l'air des bâtiments Dijon.

*Source : <http://energie.wallonie.be/energieplus/CDRom/Climatisation/theorie/ventheconfortthermique.htm>. Consulté juin 2012

*THIERS, S. (2008). « Bilans énergétique et environnementaux de bâtiment à énergie positive », thèse de doctorat, Ecole nationale supérieure des mines. Paris.