



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



Université Larbi Tébessi - Tébessa
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département d'Architecture

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du
diplôme de master Académique
*Domaine: Architecture, Urbanisme et Métiers de la
ville*

Filière : Architecture

Option : Architecture

Thème :

**La Façade à double peau comme un outil d'aide pour
l'amélioration de la performance énergétique d'un bâtiment
dans un climat méditerranéen
Cas : Centre Multifonctionnel Alger**

Elaboré par : Djeffal Leila

Encadré par : Dr. Ahriz Atef

Soutenu devant le jury composé de :

01- Dr. Gherzouli Lazher

Président

02- Dr. Ahriz Atef

Rapporteur

03- Mm. Lachheb Sara

Co-encadreur

04- Mm. Zeghichi Sara

05- Mr. Amokrane Redouane

Examineur

Année universitaire : **2019/2020**

Sommaire

- I. Liste des tableaux
- II. Liste des Graphs
- III. Liste des figures

Chapitre Introductif

Introduction.....	1
1. Les questions de recherche	2
2. Les Hypothèses	3
3. L'objectif de la recherche	3
4. La méthodologie de recherche.....	3
5. La structure de la recherche.....	3

Chapitre 01 : La façade à double peau

Introduction.....	5
1. Définition de la Façade à Double Peau	5
2. Notions et généralités sur la façade à double peau	6
2.1. La ventilation naturelle.....	6
2.1.1. Définition de la ventilation naturelle.....	6
2.1.2. Les principes de la ventilation naturelle.....	6
2.2. La ventilation mécanique.....	8
2.3. Les Avantages de la façade à double peau	8
2.4. Les inconvénients de la façade à double peau	9
3. Classification de la façade la double peau.....	9
3.1. La classification de Belgian Building Research Institute.....	9
3.2. La classification de Saelens	10
3.2.1. L'origine du flux d'air.....	10
3.2.2. La force motrice du flux d'air.....	11
3.2.3. Le compartimentage de la façade.....	12
4. Les Paramètres influant la performance de la façade à double peau	13

4.1. Les paramètres de conception de la façade à double peau	13
4.2. Les paramètres du bâtiment	14
4.3. Les paramètres du site	14
5. Le Mode de fonctionnement de la façade à double peau	15
5.1. Le mode de fonctionnement de la façade à double peau en saison de refroidissement (dans un Climat chaud).....	15
5.2. Le mode de fonctionnement de la façade à double peau en saison de chauffage (dans un Climat froid).....	16
Conclusion	17

Chapitre 02 : L'architecture Multifonctionnel

Introduction.....	18
1. Généralités sur l'architecture multifonctionnel	18
1.1. Définition de l'architecture multifonctionnel	18
1.2. Les typologies de conception d'architecture multifonctionnel.....	19
Les deux formes les plus courantes de conception à usage mixte sont :	19
1.3. Aperçu historique sur l'architecture multifonctionnel	19
1.3.1. Avant la révolution industrielle	19
1.3.2. Après la révolution industrielle	19
1.3.3. Actuellement.....	19
1.4 Les valeurs et les avantages de l'architecture multifonctionnelle	19
2. Conception d'un centre multifonctionnel	20
2.1. Analyse des exemples	20
2.2. Les organigrammes spatio-fonctionnels.....	23
2.3. Les exigences techniques et conceptuels.....	27
Conclusion	29

Chapitre 03 : Recherche antérieure sur l'utilisation de la façade à double peau dans un bâtiment administratif

Introduction.....	30
1. Les paramètres de conception de la façade à double peau	30
a. Expérimentation de Torres et al 2007 Barcelona, Spain.....	30

b.	Expérimentation de Radhi et al 2013 Al-Ain city,UAE.	30
c.	Expérimentation Chan et al. 2009HongKong, China.	31
d.	Expérimentation Hong et al. 2013 Seoul, South Korea.....	31
e.	Expérimentation de Safer et al. 2005.....	31
f.	Expérimentation Gratia and DeHerde 2007 Uccle, Belgium.....	32
g.	Expérimentation de Guardo et al. 2009 Barcelone, Espagne.....	32
h.	Expérimentation Torres et al 2007 Barcelona, Spain.	32
2.	Les paramètres du bâtiment	33
a.	Expérimentation de Fallahi et al. 2012 Munich, Allemagne	33
b.	Expérimentation de Haase et al. 2009 Hong Kong, Chine	33
c.	Expérimentation de Ding et al.2005 Tokyo, Japon	33
d.	Expérimentation de Chou et al. 2009 Singapore.....	34
e.	Expérimentation de Pappas et Zhai / 2008 Bruxelles, Belgique	34
3.	Les paramètres du site	34
a.	Expérimentation de Gratia and DeHerde 2007 Uccle, Belgium.	34
b.	Expérimentation de Hamza 2008 Cairo, Egypt.....	34
c.	Expérimentation de Gratia and DeHerde 2007 Uccle, Belgium.	35
4.	Logiciel de simulation ECOTECT.....	35
	Conclusion	37

Chapitre 04 : Cas d'étude : un Centre Multifonctionnel à Alger

	Introduction.....	38
1.	Situation et caractéristiques de la Commune el Mohammadia :.....	39
1.1.	La situation Géographique :.....	39
1.2.	Choix du site el Mohammadia Alger	39
1.3.	Etude générale du climat	40
1.3.1.	Les données météorologiques de la zone d'études	40
2.	Analyse du terrain	41
3.	Présentation du programme de centre multifonctionnel.....	44
4.	Le passage à l'esquisse de centre multifonctionnel	47
4.1.	Le processus conceptuel de centre multifonctionnel	47
4.2.	Les plans	50

4.3. Les façades.....	52
4.4. Le plan de masse	53
4.5. Les 3D.....	55
5. La création du modèle d'analyse	54
5.1. Les paramètres de conception de la façade à double peau	54
5.2. Les paramètres du bâtiment.....	54
5.3. Les paramètres du site	54
5.4. Les paramètres fixes.....	54
5.5. Les paramètres Variables.....	55
5.6. La codification des paramètres d'analyse.....	55
6. Préparation du modèle à l'application expérimentale	55
7. Les étapes de l'expérimentation (la simulation)	58
Conclusion	60

Chapitre 05 : L'application et les résultats de la simulation

Introduction.....	62
1. Vérification générale de la consommation énergétique dans les 15 scénarios et pendant deux période Heating et Cooling	62
a. La consommation d'énergie pendant la période de chauffage (heating).....	62
b. La consommation d'énergie pendant la période de refroidissement (Cooling).....	63
2. Vérification de la consommation d'énergie et l'économie d'énergie	65
a. La consommation d'énergie annuelle des scénarios pendant la période Heating.	65
b. Classement des scénarios par consommation énergétique pendant la période heating .65	
c. La consommation d'énergie annuelle des scénarios pendant la période Cooling.	67
d. Classement des scénarios par consommation énergétique pendant la période Cooling 67	
3. Classement générale de la consommation énergétique (cooling/heating).....	69
4. Décodification du classement finale des scénarios	71
Conclusion	74
Conclusion Générale	76
Références et Bibliographies.....	78

I. Liste des tableaux

Tableau 1 les heures d'ensoleillement à Alger.....	40
Tableau 2 Programme quantitatif et qualitatif de centre multifonctionnel.....	45
Tableau 3 Le pourcentage de chaque vocation du centre multifonctionnel.	46
Tableau 4. La codification des paramètres d'analyse.....	55
Tableau 5 Les Caractéristiques du modèle.	56
Tableau 6 la consommation énergétique de chauffage (KW/h).....	58
Tableau 7 a. La consommation d'énergie annuelle des 15 scénarios pendant la période Heating.....	65
Tableau 8 b. Classement des scénarios par consommation énergétique pendant la période heating	66
Tableau 9 c. La consommation d'énergie annuelle des scénarios pendant la période Cooling.	67
Tableau 10. Classement des scénarios par consommation énergétique pendant la période Cooling	68
Tableau 11 classement générale de la consommation énergétique (cooling/heating)	70
Tableau 12 tableaux de décodifications des scénarios avec classement	71
Tableau 13 Les Caractéristiques de modèle de la façade à double peau optimale.	75

II. Liste des Graphs

Graph 1 La consommation énergétique pendant la période de heating en KW/h.....	63
Graph 2 La consommation d'énergie pendant la période de refroidissement en KW/h.	64
Graph 3 classement des scénarios par consommation énergétique (heating).....	66
Graph 4 classement des scénarios par économie d'énergie (heating).....	66
Graph 5 classement de l'économie d'énergie des scénarios (cooling)	68
Graph 6 classement des scénarios par consommation d'énergie (cooling).....	68
Graph 7 classement finale de l'économie d'énergie (cooling/heating) en KW/h.....	69

III. Liste des figures

Figure 1 Ventilation Mono sense.....	7
Figure 2 Ventilation Croisée.....	7
Figure 3 Ventilation par effet de cheminée.	8
Figure 4 Les modes de ventilation de la cavité.....	10
Figure 5 Types de façades basés sur la compartimentation.....	12
Figure 6 Classification FDP: (a) Box Window, (b) Shaft-Box, (c) Corridor and (d) Multi-Storey double skin façade.....	14
Figure 7 Mode de fonctionnement de FDP dans un climat Chaud.	15
Figure 8 Mode de fonctionnement de FDP dans un climat froid.....	16
Figure 9 schéma représente la hiérarchisation de fonctions dans un centre multifonctionnel .	21
Figure 10 organigramme spatio-fonctionnel d'espaces commerciaux et de loisir.	23
Figure 11 organigramme spatio-fonctionnel d'hôtel.	23
Figure 12 Organigramme spatio-fonctionnel d'Affaire.	24
Figure 13: Organigramme spatio-fonctionnel globale du centre multifonctionnel.....	25
Figure 14 Les exigences techniques pour la Conception d'un escalator.	27
Figure 15 a. Bureau cellulaire. b. Bureau mixte	28
Figure 16 a. Bureau co-working. b. Bureau ouvert.....	28
Figure 17 Le paramètre "n" pour calculer le nombre de stationnement.	29
Figure 18 Le regroupement des besoins d'usager dans l'architecture multifonctionnelle.....	29
Figure 19 Autodesk ECOTECT.....	36
Figure 20 Situation de la commune el Mohammadia, la baie d'Alger.....	39
Figure 21 courbe de température Alger.....	40
Figure 22 la vitesse moyenne du vent	41
Figure 23 La Situation du terrain.	41
Figure 24 L'environnement immédiat de terrain.	42
Figure 25 L'Accessibilité du terrain.....	43
Figure 26 La morphologie du terrain. Édité	43
Figure 27 Le relief du terrain en 3D.....	44
Figure 28 Le potentiel de terrain.....	44
Figure 29 Schéma graphique représente la dominance de différentes vocations dans le centre multifonctionnel.	46

Figure 30 Processus Conceptuel : étape 01	48
Figure 31 Processus conceptuel : étape 02	48
Figure 32 Processus conceptuel : étape 03	48
Figure 33 Processus conceptuel : étape 04	49
Figure 34 Processus conceptuel : étape 05	49
Figure 35 plan RDC.	50
Figure 36 plan 01er étage.	50
Figure 37 plan 02eme étage.	50
Figure 38 plan 03eme étage.	50
Figure 39 étage courant de R+04 à R+10 ; de R+15 à R+21.....	51
Figure 40 étage courant de R+11 à R+12 ; R+22 à R+23	51
Figure 41 Plan R+13, R+24	51
Figure 42 Plan R+25.....	51
Figure 44 Plan d'hôtel.....	52
Figure 43 Plan de restaurant d'hôtel	52
Figure 45 Plan de chambre d'hôtel	52
Figure 46 a. La façade SUD. b. La façade NORD.....	53
Figure 47 c. La façade OUEST. d. La façade EST	53
Figure 48 Plan de masse	53
Figure 49 intégration des données climatique de la région d'Alger.	56
Figure 50 Le modèle de l'expérimentation.	56
Figure 51 La détermination des conditions intérieures et l'occupation.	57
Figure 52 la précision de l'heure, l'activité et l'intervalle de température.	57
Figure 53 type d'analyse et calculs des résultats.....	58
Figure 54 la consommation d'énergie des scenarios en KW/h	59
Figure 55 L'économie d'énergie des scenarios en KW/h.....	59
Figure 56 modèle optimale de la façade à double peau.....	75

Summary

In order to reduce energy consumption of buildings, architects managed the effect of the outside weather conditions using the double skin façade technic, which it has the ability to control incoming wind speed, manage the amount of solar heat gains in the buildings and being able to reduce noise pollution in noisy cities through its mechanism.

The research aims to test the double skin façade technic and evaluate its efficiency in improving the energy performance of office building in Hot-summer Mediterranean climate and create a model of double skin facade that is suitable for this climate basing on norms and recommendations of DSF parameters for high performance.

In order to test the DSF efficiency we start from two different variables: the orientation, and the number of double skin façade applied on the office building. We opted for an experimental (generate and test) research based on the computer simulation with Autodesk ECOTECH Analysis Software; Where we will test 15 scenarios : different number of applications of double skin façade (single façade, affixed and juxtaposed façade, three façades and four façades) on four main orientations and compare those scenarios on the basis of the energy consumption and savings inside the office building in Hot-summer Mediterranean climate.

the reached result is an optimal and a relevant model of double skin façade with high performance in the Hot-summer Mediterranean climate through an identification of the characteristics of the analyzed parameters (the number of applications of the double skin façade and orientation) that have an effect on improving the energy performance of the office building.

ملخص

من أجل تقليل استهلاك الطاقة للمباني، تمكن المهندسون المعماريون من التأثير على ظروف الطقس الخارجية باستخدام تقنية واجهات مزدوجة، والتي لديها القدرة على التحكم في سرعة الرياح الواردة، وإدارة كمية مكاسب الحرارة الشمسية في المباني والقدرة على الحد من التلوث الضوضائي في المدن الصاخبة من خلال آليتها. يهدف البحث إلى اختبار تقنية الواجهة المزدوجة وتقييم كفاءتها في تحسين أداء الطاقة لمبنى المكاتب في مناخ البحر الأبيض المتوسط الحار في الصيف وإنشاء نموذج للواجهة المزدوجة التي تناسب هذا المناخ بناءً على معايير وتوصيات لأداء عالي.

من أجل اختبار كفاءة تقنية الواجهة المزدوجة نبدأ من متغيرين مختلفين: الاتجاه وعدد الواجهات المزدوجة المطبقة على مبنى المكاتب. اخترنا إجراء بحث تجريبي (إنشاء واختبار) استنادًا إلى محاكاة الكمبيوتر باستخدام برنامج تحليل Autodesk ECOTECT.

حيث سنقوم باختبار 15 سيناريو: عدد مختلف من التطبيقات للواجهة المزدوجة (واجهة واحدة، واجهة مُلصقة ومتجاورة، ثلاث واجهات وأربع واجهات) على أربع اتجاهات رئيسية ومقارنة تلك السيناريوهات على أساس استهلاك الطاقة والتوفير داخل المكتب البناء في مناخ البحر الأبيض المتوسط الحار الصيفي.

النتيجة التي تم الوصول إليها هي نموذج مثالي وملائم للواجهة المزدوجة ذات الأداء العالي في مناخ البحر الأبيض المتوسط الحار في الصيف من خلال تحديد الخصائص التي تم تحليلها (عدد التطبيقات للواجهة المزدوجة والاتجاه) التي لها تأثير على تحسين أداء الطاقة لمبنى المكاتب.

Chapitre Introductif

Introduction

Au 20^{ème} siècle, l'usage du verre n'est pas devenu comme un élément essentiel dans l'architecture en générale mais l'un des matériaux essentiels composant le gabarit du bâtiment grâce à son aspect esthétique et son impact psychologique sur l'utilisateur de l'espace. L'incarnation du concept de la transparence est devenue primordiale dans la conception architecturale dans le monde ; maître en évidence le dialogue de l'intérieur du bâtiment avec le monde extérieur, de bénéficier de l'éclairage naturel et surtout les gains énergétiques solaires au même temps. Néanmoins, ces dernières années avec le phénomène de réchauffement climatique de la planète, les ingénieurs et les architectes ont trouvé une défaillance dans l'usage du verre dans les bâtiments : il est devenu pernicieux en termes de consommation énergétique du bâtiment à cause de l'air préchauffé né du rayonnement solaire direct et de la température atmosphérique qui pénètre à travers le verre dans l'espace, augmente les demandes de refroidissement dans le bâtiment et donc ce dernier est devenu énergivore.

Pour résoudre ce problème et gérer les conditions météorologiques de nos jours sans abandonner l'utilisation du verre dans le bâtiment, plusieurs solutions et des techniques ont apparu tel que l'application des écrans solaires, le double ou triple vitrage, changement de type de verre et sa composition, création d'une façade à double peau...etc. Cette dernière est l'une des solutions les plus fiables, due à sa capacité de contrôler la vitesse du vent entrant, de gérer la quantité de gains de chaleur solaire dans les bâtiments et de réduire la pollution sonore dans les villes bruyantes grâce à son mécanisme, qui est basé sur la création d'un corridor d'air (une cavité d'air) entre les deux couches de vitrages de la façade pour empêcher l'air tempéré d'entrer à l'intérieur du bâtiment et l'évacuer vers l'extérieur dans le cas d'un climat chaud, et une cavité fermée qui va créer un espace tampon pour que la chaleur va être transférée vers le bâtiment pour le cas d'un climat froid. La haute performance et l'efficacité de la façade à double peau dépendent de plusieurs paramètres qui sont: La configuration de la façade à double peau (Box Windows, Shaft Box, Corridor et Multi-story façade), le concept de flux d'air entrant (Supply air, Exhaust air, Buffer zone, outdoor or indoor Air curtain), les paramètres du site (l'orientation, l'irradiation solaire, conditions de vent), le type de ventilation (naturelle ou mécanique), largeur de la cavité d'air, incorporation des dispositifs d'ombrage et la composition de matériaux.

Cette technique est bien performante aussi qu'une solution adéquate et idéale appliquée par des architectes dans des différents climats mondiaux et elles sont bien réussies tel que : l'immeuble de bureaux 30 St Mary Axe (The Gherkin), réalisé par Foster+Partners en 2001

dans un climat tempéré océanique à Londres, l'immeuble de bureaux Kraanspoor à Amsterdam réalisé par OTH architecten, Sendai médiathèque par toyo ito 2001 dans un Climat continental humide et chaud en été en Japon, ...etc.

Le climat Méditerranéen fait partie de la famille des climats tempérés, il se trouve autour du bassin Méditerranéen, en Californie à USA, Sud d'Afrique et Sud d'Australie ; il se caractérise par un ensoleillement important : des étés chauds et secs qui se varie entre 25 et 40°C et des hivers doux et humides de moyenne de 5°C, d'où les saisons intermédiaires sont les plus pluvieuses.(Mayer 2019)

Ces derniers années, L'Algérie a lancé des stratégies de développement et d'amélioration qui mènent vers une nouvelle aire du pays, on mentionne le projet d'aménagement de la Baie d'Alger qui s'inscrit dans le Plan Stratégique de la Wilaya d'Alger à l'horizon 2030, dont le but d'avoir une nouvelle image et de créer une nouvelle façade maritime de la capitale d'Alger et d'achever l'attractivité, assurer un développement durable et l'équilibre entre tradition et modernité. (arte-charpentier 2020)

1. Les questions de recherche

Dans ce contexte et sur cette base de données, on arrive à poser les questions suivantes :

Quel type de configuration de la façade à double peau à adopter qui aide à l'amélioration de la performance énergétique d'un bâtiment à caractère administratif dans un climat méditerranéen à Alger ?

Quel sont les paramètres de la façade à double peau choisi qui influent son rendement et sa fiabilité et participe à améliorer la performance d'énergie d'un bâtiment à caractère administratif dans un climat méditerranéen ?

2. Les Hypothèses

En se basant sur les différents modèles avec leurs variables qui ont été testés dans des climats différents et les questions posées, le type MULTI-STOREY de la façade à double peau a une capacité d'améliorer la performance énergétique d'un bâtiment à caractère administratif dans un climat méditerranéen.

L'orientation de la façade à double peau influence le rendement de la façade à double peau et le nombre de l'application de la façade à double peau dans les différentes façades du bâtiment participe à l'amélioration de la performance énergétique d'un bâtiment.

3. L'objectif de la recherche

L'objectif de cette recherche est de tester la fiabilité de la façade à double peau, type MULTI-STOREY et de tester l'impact des deux variables (L'orientation et le nombre de l'application de la façade à double peau dans les différentes façades du bâtiment) sur la performance énergétique de la façade à double peau dans un bâtiment à caractère administratif dans un climat méditerranéen à Alger.

4. La méthodologie de recherche

Afin de bien maîtriser notre sujet de recherche, et avoir le maximum d'informations nécessaires pour le bien traiter, nous avons poursuivi la démarche suivante :

La première étape s'est orientée vers la recherche documentaire et bibliographique récente, qui était consacrée à cerner toutes les notions qui convergent vers la compréhension de la technique : la façade à double peau. Il nous a semblé important aussi de comprendre son mode de fonctionnement et ses paramètres responsables sur sa haute performance.

Ensuite, pour une deuxième partie, une expérimentation qui consiste de créer un modèle de façade double peau : multi story avec ces différents paramètres (variables et fixes) et tester la fiabilité de ce modèle en termes de performance énergétique dans un climat méditerranéen dans un bâtiment à caractère administratif à l'aide d'un outil de simulation qui est l'Autodesk ECOTECH Software.

5. La structure de la recherche

La recherche se compose de 05 chapitres qui sont :

Le chapitre introductif qui est une introduction générale qui se compose d'une problématique, hypothèses, les objectifs et la méthodologie de la recherche élaborés.

Le chapitre 01 consiste d'un aperçu théorique sur la technique de la façade à double peau, elle s'agit de quoi, son mode de fonctionnement, ses paramètres, son type, son classification...etc.

Le chapitre02 il s'agit d'un support théorique sur l'équipement : Centre multifonctionnel et une étude des exemples pour déterminer les différentes fonctions à insérer dans le projet souvent et tous les informations architecturales, techniques et normatifs qui aide à l'élaboration de la conception du projet, avec l'analyse de terrain, programme...etc.

Le Chapitre 03 il s'agit d'une recherche antérieure sur l'application de la façade à double peau dans des constructions à usage administratifs et des études expérimentales basé sur des tests de différents paramètres de la façade à double peau en évaluant son impact sur le rendement de la façade à double peau dans des différents climats.

Le Chapitre 04: ça consiste de la présentation du cas d'étude et le climat méditerranéen, puis la création du modèle de conception de la façade à double peau : Multi-Story, avec les variables sélectionnées : Orientation et le nombre de la façade à double peau dans plusieurs façades ; pour pouvoir analyser des scénarios à l'aide de simulation afin d'obtenir un modèle idéal de la façade à double peau qui aide à l'amélioration de la performance énergétique du bâtiment dans un climat méditerranéen à Alger.

Le Chapitre 05 l'expérimentation : qui vise le traitement des résultats obtenu d'après avoir faire la simulation du modèle de la façade à double peau : Multi-story avec ses paramètres, puis élaboré les normes et les recommandations du modèle de la façade à double adéquat pour un climat méditerranéen à Alger.

Chapitre 1 :

La façade à double peau.

Introduction

La façade à double peau était une tendance dans l'architecture européenne grâce à la sauvegarde du principe de la transparence et le dialogue de l'intérieur avec l'extérieur, de ce bénéficier de l'éclairage naturel, améliorer la performance acoustique et le confort thermique dans le bâtiment : se protéger des températures extrêmes, du vent et donc réduire les demandes de chauffage et de refroidissement pendant l'occupation du bâtiment et donc moins de consommation énergétique.(Poirazis 2006)

1. Définition de la Façade à Double Peau

Selon Poirazis (2006), en citant the Source book of the Belgian Building Research Institute [BBRI], (2002), *“An active façade is a façade covering one or several storeys constructed with multiple glazed skins. The skins can be air tighten or not. In this kind of façade, the air cavity situated between the skins is naturally or mechanically ventilated. The air cavity ventilation strategy may vary with the time. Devices and systems are generally integrated in order to improve the indoor climate with active or passive techniques. Most of the time such systems are managed in semi-automatic way via control systems.”*

Selon Poirazis (2006) en citant Claessens and DeHerde: *“a second skin façade is an additional building envelope installed over the existing façade. This additional façade is mainly transparent. The new space between the second skin and the original façade is a buffer zone that serves to insulate the building. This buffer space may also be heated by solar radiation, depending on the orientation of the façade. For south oriented systems, this solar heated air is used for heating purposes in the winter time. It must be vented in order to prevent overheating in other periods.”*

Saelens, (2002) explique dans sa thèse de PhD le concept de la façade à double peau. Selon lui: *“a multiple-skin facade is an envelope construction, which consists of two transparent surfaces separated by a cavity, which is used as an air channel”*.

Selon Poirazis (2006), Saelens, (2002), BBRI, (2002), Uuttu, (2001), Harrison and Boake, (2003), Compagno (2002), Kragh, (2000) une façade à double peau est une construction d'enveloppe multicouche, qui se compose de deux couches extérieure et intérieure souvent transparentes, créant un espace tampon (une cavité ventilée, un corridor d'air) qui se varie de

20cm à quelques mètres, elle est considéré comme une isolation contre les vents, les rayons solaires, les températures extrêmes, le son et la pollution d'air, d'où la stratégie de la ventilation de cette cavité d'air peut être naturel ou mécanique ; elle peut contenir des dispositifs d'ombrage dans la cavité qui aide à l'amélioration du micro climat intérieur et stimule le confort pour les occupants à l'intérieur du bâtiment, tout cela dépend sur les conditions environnementales, la performance d'enveloppe souhaitée et la conception du bâtiment.

L'enveloppe du bâtiment et l'emplacement des ouvertures indique la façon dont la ventilation est employée, qui est notamment naturelle ou mécanique. Néanmoins, l'utilisation des forces motrices naturelles aussi efficacement que possible, aussi longtemps que possible, participe à minimiser l'utilisation d'énergie pour le refroidissement du bâtiment.(AZARBAYJANI 2010).

2. Notions et généralités sur la façade à double peau

La façade à double peau, une technique assez simple mais bien réussie, s'appuie sur les principes de la ventilation qui peut être à son tour naturelle ou mécanique qui participe à la performance de la façade à double peau.

2.1.La ventilation naturelle

2.1.1. Définition de la ventilation naturelle

C'est un processus qui consiste à entraîner l'air frais de l'extérieur à travers des baies d'un bâtiment à l'intérieur, qui à son tour aide l'air vicié à s'évacuer vers l'extérieur du bâtiment à la différence de densité d'air entre l'intérieur et l'extérieur, cela se fait sans assistance mécanique, il dépend de du climat, les occupants et la conception du bâtiment.(moffittcorporation 2019)

Les principes de la ventilation naturel indiquent la relation entre flux d'air intérieur et extérieur et la manière dont l'air est introduit dans le bâtiment et évacué.(AZARBAYJANI 2010)

2.1.2. Les principes de la ventilation naturelle

- a) **Ventilation mono sense** : elle relie sur des ouvertures dans un seule coté seulement pour ventiler l'espace, l'air frais entre du même côté que l'air viciée évacué.(Dyke 2014)

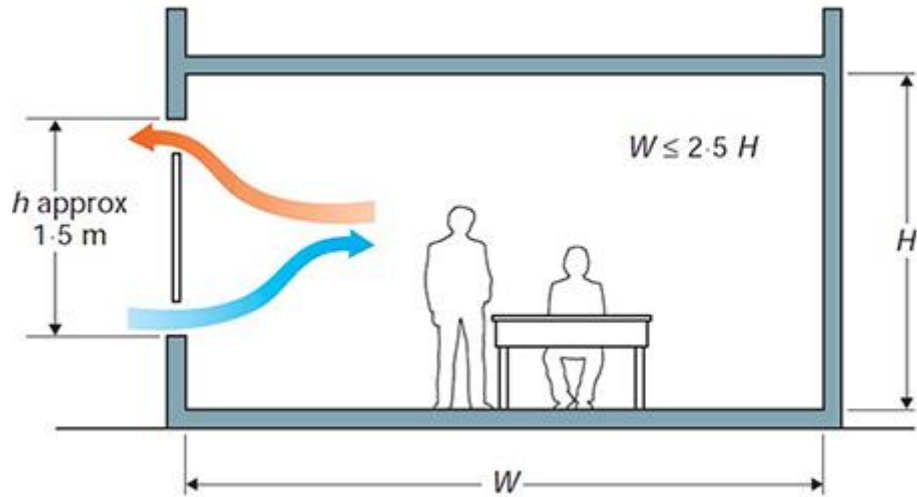


Figure 1 Ventilation Mono sense.(Dyke 2014)

- b) **La ventilation croisée** (également appelée ventilation à effet de vent) est une méthode naturelle de refroidissement où ce système repose totalement sur le vent (vitesse du vent et sa direction.) pour forcer l'air extérieur frais à pénétrer dans le bâtiment par une entrée (comme une persienne murale ou une fenêtre) tandis que la sortie force l'air intérieur chaud à l'extérieur (par un évent de toit ou une ouverture de fenêtre plus élevée). Les systèmes de ventilation naturelle modernes contribuent à augmenter le flux d'air frais entrant et à faire sortir l'air chaud.(AZARBAYJANI 2010, moffittcorporation 2019)

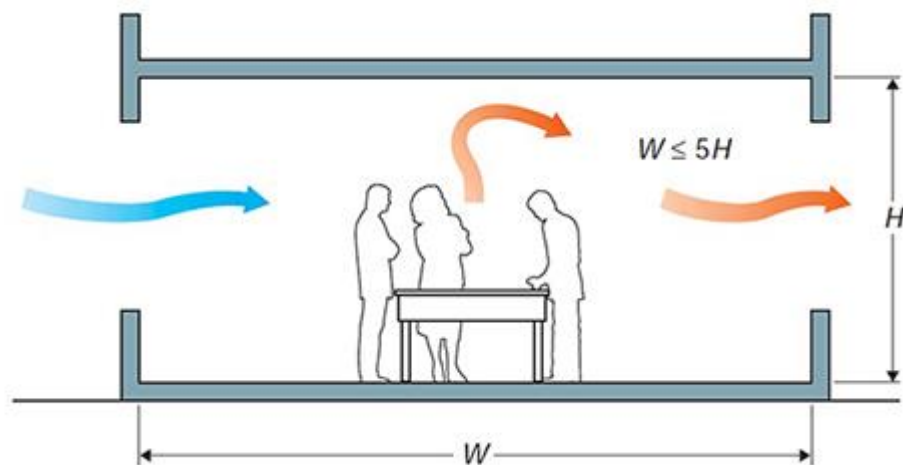


Figure 2 Ventilation Croisée.(Pereira 2018)

Ça consiste de l'air chaud qui monte et l'air froid qui reste en bas (car il est moins dense que l'air froid donc plus léger), ce processus force l'air chaud vers le haut à cause de la différence

de pression causé par une différence de densité d'air, qui à leur tour sont dues à des différences de température entre l'entrée et la sortie ce qui renforce l'effet de la ventilation par flottabilité. C'est-à-dire lorsque la température de l'air intérieur est supérieure à la température de l'air extérieur, l'air pénètre par des ouvertures dans la partie inférieure du bâtiment et s'échappe par des ouvertures à un niveau supérieur. Le sens d'écoulement est inversé lorsque la température de l'air intérieur est inférieure à la température extérieure. Et comme la cavité de la façade à double peau est souvent plus chaude que l'extérieur, l'air s'évacue vers le haut. (AZARBAYJANI 2010, moffittcorporation 2019)

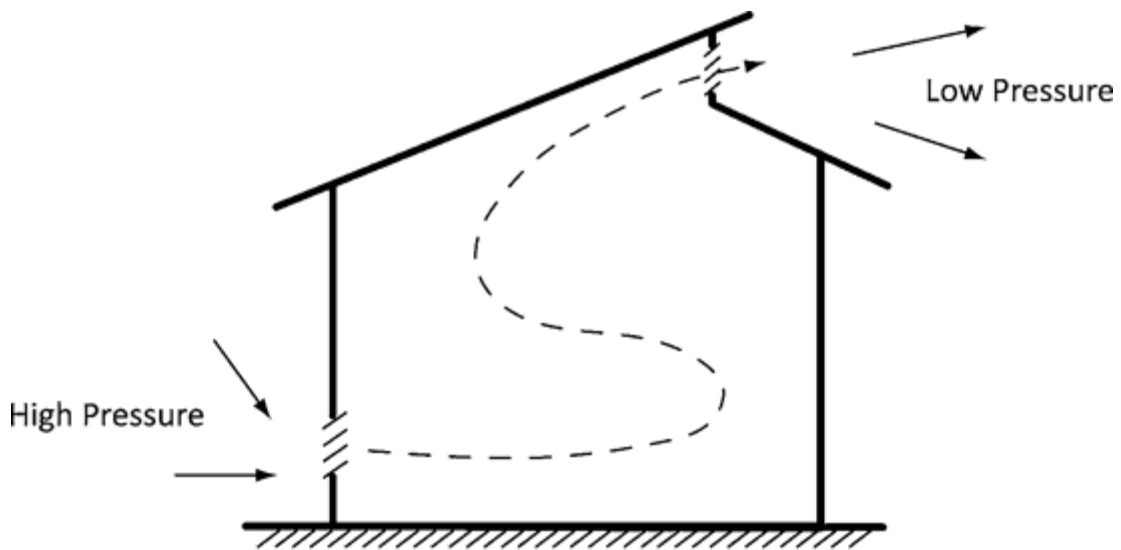


Figure 3 Ventilation par effet de cheminée.(CivilConstructionTips 2017)

2.2.La ventilation mécanique

La ventilation mécanique (ou forcée) est souvent entraînée par installations mécaniques qui contrôlent l'admission et l'extraction d'air. (designingbuilding 2020)

2.3.Les Avantages de la façade à double peau

- La façade à double peau permet de voir clair et de profiter de la lumière naturelle.
- La façade à double peau réduit la demande de refroidissement et de chauffage.
- La façade à double peau améliore l'isolation, thermique et acoustique.
- La façade à double peau permet une ventilation naturelle et un renouvellement d'air, créant un environnement plus sain. (Bonham 2020)

2.4. Les inconvénients de la façade à double peau

- Le coût de construction de la façade à double peau serait beaucoup plus élevé.
- Consommation d'espace.
- la façade à double peau demande l'entretien.
- Il peut ne pas fonctionner correctement si le contexte change de manière significative (Exemple : ombrage par d'autres bâtiments). (Bonham 2020)

3. Classification de la façade la double peau

D'après les définitions de la façade a peau, la classification se varie, elle peut être selon sa configuration et le flux d'air de la cavité. (YELLAMRAJU 2004).

3.1. La classification de Belgian Building Research Institute.

Le BBRI en 2002 suggère une méthode plus détaillée pour classifier la façade à double peau tel que :

- a) Type de ventilation :
 - Naturel
 - Mécanique
- b) L'origine du flux d'air :
 - Depuis l'intérieur
 - Depuis l'extérieur
- c) La destination du flux d'air :
 - Vers l'intérieur
 - Vers l'extérieur
- d) La direction du flux d'air :
 - Vers le haut
 - Vers le bas (juste dans le cas d'une ventilation mécanique)
- e) La largeur de la cavité d'air :
 - étroit (10-20cm)
 - large (0.5-01m)
- f) Le partitionnement :
 - Horizontal (dans chaque étage)

-Partitionnement non horizontal. (Poirazis 2006)

3.2. La classification de Saelens

D'après Saelens la classification de la façade à double peau est faite à partir des caractéristiques principales qui décrivent et aident à la compréhension du mode de fonctionnement et la réalisation de la façade à double peau.

Les grands principes de fonctionnement sont adéquatement caractérisés par les trois paramètres suivants :

- L'origine du flux d'air.
- La force d'entraînement du flux d'air.
- Le compartimentage de la façade.

3.2.1. L'origine du flux d'air

C'est l'un des paramètres importants de la façade à double peau car il a une énorme influence sur la température moyenne de la cavité (SAELENS 2002). Les concepts de flux d'air qui représentent le mode de ventilation de la cavité sont : Supply Air, Exhaust Air, Air curtain (intérieur et extérieur) et buffer zone (espace tampon).

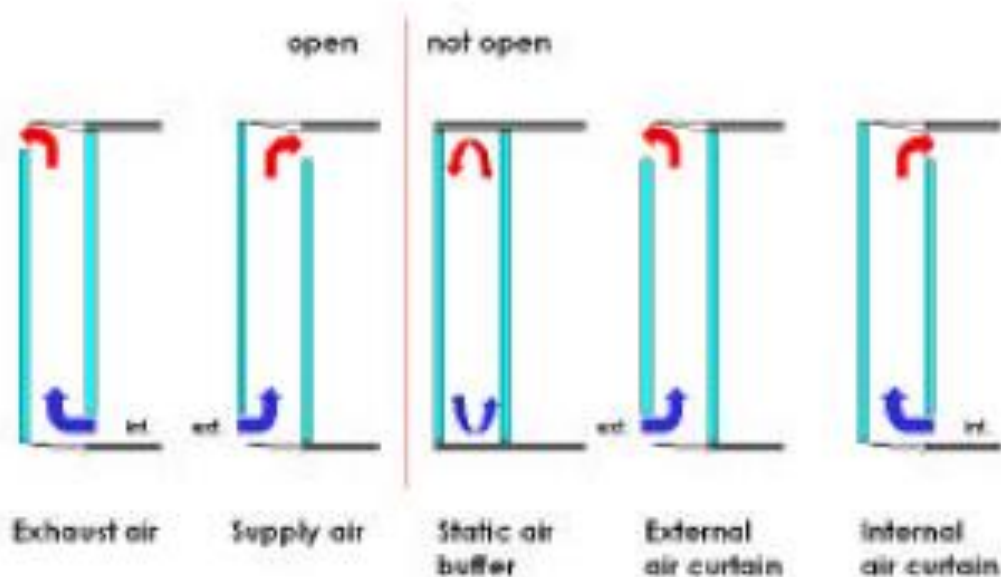


Figure 4 Les modes de ventilation de la cavité. (Matthias H 2006)

- a) **Supply Air (alimentation)** : l'air de l'extérieur circule à travers la cavité dans le bâtiment.
- b) **Exhaust Air (échappement)** : l'air d'intérieur circule à travers la cavité vers l'extérieur.
- c) **Air curtain** : l'air est introduit dans la cavité et la quitte du même côté ; il n'y a pas d'échange d'air entre l'intérieur et l'extérieur depuis la façade à double peau et donc y a deux possibilités :
 - Outdoor Air curtain : l'air est introduit de l'extérieur et sort du même côté.
 - Indoor Air curtain : l'air est introduit de l'intérieur et rentre au même espace ou vers le système de ventilation.
- d) **Buffer zone** : la cavité est fermée, pas de ventilation ce qui forme un espace tampon ou il n'y a pas un échange d'air. (Matthias H 2006, AZARBAYJANI 2010)

3.2.2. La force motrice du flux d'air

La cavité peut être naturellement ou mécaniquement ventilé d'où la connaissance de la force motrice/d'entraînement détermine la continuité et la contrôlabilité de l'écoulement d'air.

- e) Les Systèmes à ventilation naturelle :

D'après Saelen (2002): *'The driving forces behind naturally ventilated multiple-skin facades are thermal buoyancy and wind pressure differences. As a result, the airflow rate is no longer a known quantity but depends on climatic conditions. Naturally ventilated facades are either applied as supply windows in naturally ventilated offices or as air curtain envelopes in fully conditioned offices.'*

Les systèmes à ventilation naturelle dépendent sur des forces motrices : la flottabilité thermique (thermal buoyancy) et les différences de pression du vent donc elle dépend totalement sur les conditions climatiques du site. (SAESENS 2002, MULYADI 2012)

- f) Les Systèmes à ventilation mécanique :

Dans ces systèmes, le flux d'air est généré par des ventilateurs, ce qui le rend beaucoup plus contrôlable, souvent incorporer avec les systèmes de HVAC (Heating, Ventilating and Air Conditioning). (SAESENS 2002, MULYADI 2012)

g) Les systèmes à Ventilation Hybride :

Elle consiste d'une combinaison entre la ventilation naturelle et mécanique, en général la ventilation mécanique est seulement déclenchée que lorsque les forces motrices de la ventilation naturelle ne peuvent plus atteindre les performances souhaitées. (SAELENS 2002, MULYADI 2012)

3.2.3. Le compartimentage de la façade

La façade à double peau est classifiée selon la forme sous laquelle l'espace intermédiaire est divisé comme suit :

- a) **Multi-story façade :** la deuxième couche de la façade est sur toute la hauteur du bâtiment sans division intermédiaire.
- b) **Shaft Box :** la cavité est divisée en compartiments verticaux le long de la hauteur de la façade.
- c) **Corridor :** la cavité est divisée en composants horizontaux, généralement au niveau de chaque étage, avec des espaces pour faciliter le mouvement de l'air.
- d) **Box :** l'espace aérien est à la fois horizontalement et verticalement divisé, avec des fenêtres en plusieurs apparences. (Fig.5) (SAELENS 2002, AZARBAYJANI 2010, MULYADI 2012, Sabrina Barbosa 2014)

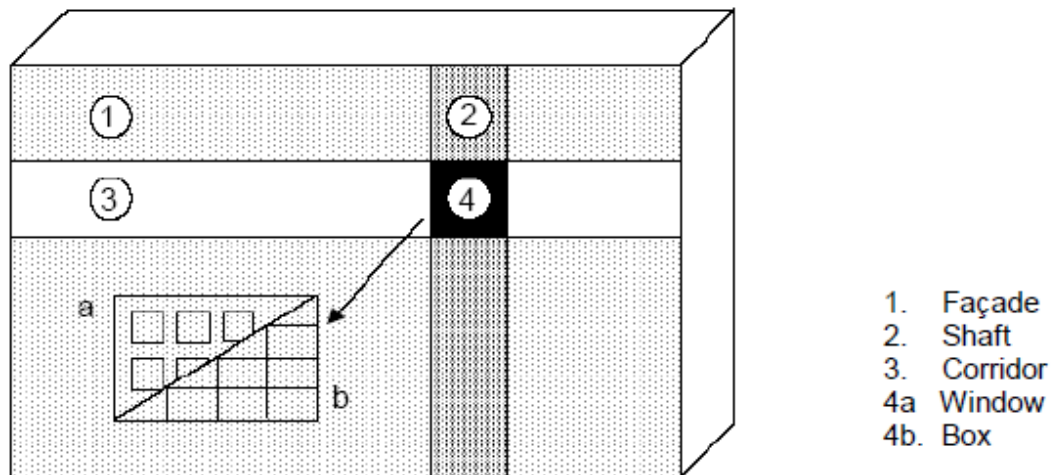


Figure 5 Types de façades basés sur la compartimentation.(SAELENS 2002)

4. Les Paramètres influant la performance de la façade à double peau

Certains paramètres ont un impact sur les performances énergétique de la façade à double peau d'un bâtiment tel que : les paramètres de conception de la façade à double peau, les paramètres du bâtiment et les paramètres du site.

4.1. Les paramètres de conception de la façade à double peau

- a) La largeur de la cavité : lorsque la cavité de la façade à double peau est bien conçue, la consommation de l'énergie d'un bâtiment est réduite significativement. Sabrina Barbosa en 2014 a mentionné dans sa revue les différentes évaluations de la largeur de la façade à double peau de Rahmani et al, Torres et al et Radhi et al sur la quantité de chaleur solaire transférer, la température et le taux de ventilation produit. Leurs résultats ont montré que les cavités avec largeur étroites ont un "stack effect" c'est à dire effet de cheminée plus accentué et un fort mouvement d'air qui provoque une extraction d'air plus efficace dans la cavité de la façade à double peau, en revanche, lorsque la largeur de la cavité de la façade à double peau est plus vaste (plus que 01 mètre), stack effect (l'effet de cheminée) est réduit donc le transfert de chaleur dans le bâtiment augmente. (Sabrina Barbosa 2014)
- b) Les Dispositifs d'ombrage : ça peut être installer dans la cavité de la façade à double peau dont ces caractéristiques influencent l'incidence solaire atteignant la couche interne du bâtiment et améliorer le flux d'air et en conséquence l'espace reste frais et améliore le confort thermique dans des conditions plus chaudes. (SAELENS 2002, Sabrina Barbosa 2014)
- c) Les Propriétés de vitrage de la peau extérieure : Lorsque la radiation solaire atteint la peau extérieure, une partie est réfléchi, absorbée ou transmise. Le rayonnement qui passe par la couche extérieure est absorbé par la couche intérieure de la façade à double peau qui se réchauffe et cause une augmentation de la température d'air dans la cavité. (Sabrina Barbosa 2014)
- d) La structure de la façade à double peau : la façade à double peau est classifié selon la forme sous laquelle la cavité est divisé tel que : Box window, shaft box, corridor et multi storey. (Sabrina Barbosa 2014)

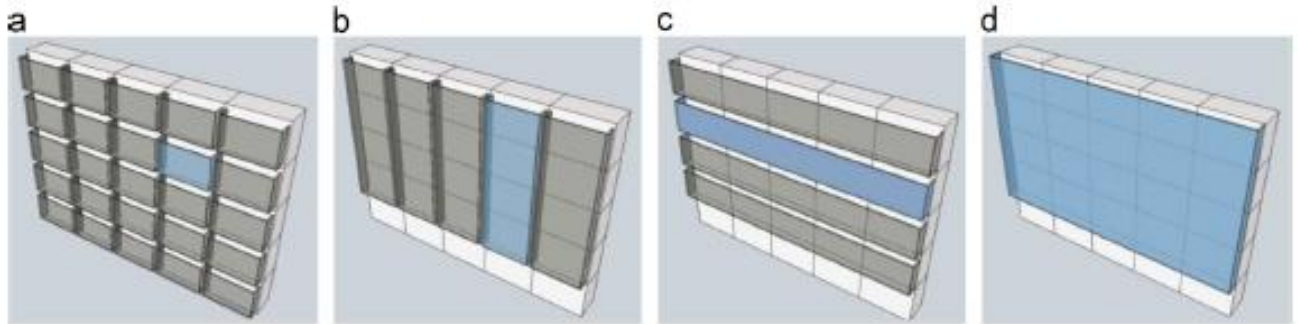


Figure 6 Classification FDP: (a) Box Window, (b) Shaft-Box, (c) Corridor and (d) Multi-Storey double skin façade.(Sabrina Barbosa 2014)

4.2.Les paramètres du bâtiment

Le bâtiment d'où la façade à double peau est t'installer englobent des différents paramètres qui ont une influence sur la performance de la façade à double peau, comme :

-La hauteur du bâtiment ou bien le nombre des étages du bâtiment a un impact sur l'amplitude de la flottabilité thermique car la différence entre les ouvertures d'entrées et de sorties de la cavité influe le débit d'air, de sorte que la cavité plus haute produit une force de flottabilité plus forte.

- Les propriétés des matériaux de la couche intérieure de la façade car l'incidence solaire sur les surfaces vitrées peut atteindre des températures plus élevées, donc le principe de base est d'utiliser des matériaux ayant une masse thermique élevée. (Sabrina Barbosa 2014)

- La position et la taille des ouvertures sur la couche intérieure de la façade à double peau : comme l'un des bénéfices de la façade à double peau est de garder la transparence et de bénéficier de l'éclairage naturel, le rapport entre le mur-fenêtre qui se diffère d'un climat à un autre doit être balancé pour éviter les problèmes les gains de chaleur indésirables. Ces paramètres ont une influence pour que la façade à double peau soit assez performante.(Sabrina Barbosa 2014)

4.3.Les paramètres du site

Les paramètres externes de site environnant qui ont un impact sur la performance de la façade à double et le bâtiment sont: l'irradiation solaire, orientation, la température extérieure, la vitesse du vent et sa direction.(Sabrina Barbosa 2014)

5. Le Mode de fonctionnement de la façade à double peau

5.1. Le mode de fonctionnement de la façade à double peau en saison de refroidissement (dans un Climat chaud)

Dans les climats chauds, la chaleur dans la cavité est accumulée et transférée partiellement dans l'espace occupé adjacent, donc l'air est introduit par les ouvertures de la cavité pour évacuer l'excès de chaleur à l'extérieur du bâtiment par un processus appelé effet de cheminée, où les différences de densité de l'air créent un mouvement circulaire qui fait s'échapper de l'air plus chaud, donc que la température de la couche interne de la façade à double peau est maintenue inférieure à celle sans flux d'air et cela réduit la conduction, la convection et le rayonnement de l'espace occupé à l'intérieur. En cas d'utilisation des protections solaires placées entre les deux couches de la façade à double, ils absorbent ou réfléchissent le rayonnement solaire indésirable.

En conclusion, lorsque la température de l'air dans la cavité augmente, elle est expulsée, apportant un léger courant d'air tout en atténuant le gain de chaleur et alors diminuer la demande de refroidissement dans l'espace. (YELLAMRAJU 2004, Souza 2019)

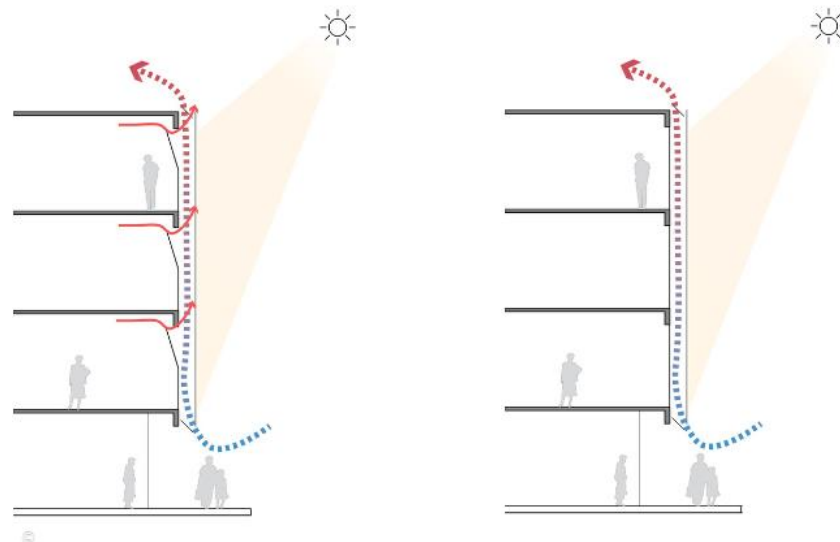


Figure 7 Mode de fonctionnement de FDP dans un climat Chaud.(Souza 2019)

5.2. Le mode de fonctionnement de la façade à double peau en saison de chauffage (dans un Climat froid)

Dans les climats froids, la cavité d'air fonctionne comme une barrière et un isolant contre la perte de chaleur en réduisant la demande de systèmes de chauffage intérieur. Il y a deux possibilités existantes pour la saison de chauffage :

- L'absence de circulation d'air à travers la cavité fermée, l'air se réchauffe par le soleil et augmente la température du vitrage intérieure de la façade à double et provoque des pertes conductrices, convectives et radiantes à l'intérieur de l'espace.

- De l'air est introduit dans la cavité depuis l'intérieur pour réchauffer la vitre intérieure et obtenir le même résultat. L'air est ensuite acheminé vers le système de construction où il peut passer par un échangeur de chaleur pour préchauffer l'air entrant. (YELLAMRAJU 2004, Souza 2019)

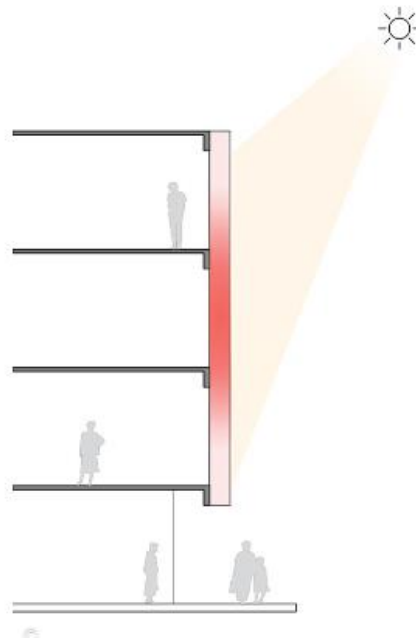


Figure 8 Mode de fonctionnement de FDP dans un climat froid. (Souza 2019)

Conclusion

En conclusion, le rendement de la façade à double peau est fortement dépendant de la géométrie de la façade et son compartimentage, et les paramètres d'ouverture avec les paramètres du site ,le processus du transfert de chaleur produisant au milieu de la cavité ,la vitesse de l'air et la température ambiante sur toute la hauteur de la cavité qui est affectée par un nombre de paramètres tel que des dispositifs d'ombrage, la largeur de la cavité et les propriétés du vitrage ; incorporant tous ces éléments à la structure choisie de la façade à double peau (Box window, shaft box, corridor et multi storey). Ces facteurs déterminent l'efficacité et la fiabilité de la façade à double peau et participe à l'amélioration de la performance énergétique d'un bâtiment.

Chapitre 2 :

L'architecture Multifonctionnel

Introduction

L'architecture multifonctionnel est devenue très importante dans l'économie mondiale, surtout pour les pays sur le chemin de développement, d'où il s'agit d'améliorer la qualité de vie pour les zones dédiée à un usage unique, d'assurer plus de flexibilité pour s'adapter à l'évolution des besoins d'usager qui s'augmente rapidement avec le temps.

Les centres multifonctionnels sont des équipements architecturaux exerçant plusieurs fonctions dans une ambiance particulière, "commerce, Culture, affaires, résidence ...etc. " dont Ils créent une atmosphère dans lequel les différentes activités se complètent, donc tout cela se fait pour encourager le développement au sein des villes, les embellir et de susciter les échanges sociaux.

Dans ce chapitre, nous présentons un support théorique lié à l'architecture multifonctionnel.

1. Généralités sur l'architecture multifonctionnel

Le concept de la multifonctionnalité est fondé sur l'idée du mélange et la diversité des fonctions urbaines, des activités humaines et sur l'interaction sociale afin de produire une attractivité.(Fekkous 2018)

1.1. Définition de l'architecture multifonctionnel

D'après A. Zuchelli : « *est une zone d'activité spécialisée comprenant entre autres des activités tertiaires nécessaire au bon fonctionnement de la vie urbaine ...* ». (Zouai 2008)

C'est la combinaison de trois activités ou plus dans un seul bâtiment ou une zone déterminer, telle que résidentiel, hôtel, commerce de détail, parking, transport, culturel et divertissement. Quelle que soit la combinaison, elle regroupe plusieurs usages au sein d'un même bâtiment ou d'un petit espace. En termes de planification, cela peut signifier une combinaison de terrains résidentiels, commerciaux, industriels, de bureaux, institutionnels ou d'autres utilisations. Cela tend à créer une distance plus courte entre le travail, la résidence et les loisirs et long chemin pour améliorer les moyens de subsistance des habitants.(Sackey 2009, urban-hub 2019)

1.2. Les typologies de conception d'architecture multifonctionnel

Les deux formes les plus courantes de conception à usage mixte sont :

- a) Verticale : En tant que bâtiment à plusieurs étages, un mélange typique place des appartements aux niveaux supérieurs et des commerces ou des bureaux au niveau de la rue. Un sous-sol offre un parking et /ou un accès aux transports publics souterrains.
- b) Horizontale : Répartis sur plusieurs bâtiments ou autour d'un espace ouvert ou d'une cour, ces bâtiments individuels ont une ou deux utilisations spécifiques. (Sackey 2009, urban-hub 2019)

1.3. Aperçu historique sur l'architecture multifonctionnel

L'architecture multifonctionnel était un concept ancien, apparu dans plusieurs périodes et il s'est développé avec e temps.

1.3.1. Avant la révolution industrielle

- Période antique : Agora grecque puis les Forums romains.
- Période islamique : connu par les places.
- Période médiévale : (boutique et atelier au logement)

1.3.2. Après la révolution industrielle

À partir de CIAM et la charte d'Athènes, ils ont opté pour la création des milieux urbains, aérer la ville, de réserver des conditions de vie, cesser le gaspillage des terrains, créer une nouvelle urbanisation. (Zouai 2008, Laydaycia el khansa 2012)

1.3.3. Actuellement

Team Ten propose un nouveau concept plus fonctionnel, qui est un bâtiment en plusieurs fonction inclus, structures ouverte et modifiables, assurer un entretien permanent entre extérieur et intérieur y compris les habitants. (Zouai 2008, Laydaycia el khansa 2012)

1.4 Les valeurs et les avantages de l'architecture multifonctionnelle

- a) Améliorer la qualité de vie de la zone dédiée à un usage unique
- b) Encourager le développement au sein de terres denses et compactes
- c) Réduction du trafic et de la pollution.
- d) Meilleure efficacité énergétique et durabilité.
- e) Meilleure intégration avec les services de la ville, comme les transports publics

- f) Plus de flexibilité pour s'adapter à l'évolution des besoins, augmentant ainsi le cycle de vie à long terme du bâtiment.(urban-hub 2019)

2. Conception d'un centre multifonctionnel

L'intégration d'un centre multifonctionnel peut transformer un quartier d'affaires qui ferme la nuit en un quartier animé, dû à sa capacité d'achever l'interaction entre l'activité de travailler, vivre et se détendre et le divertissement en générale. Il peut rassembler des gens qui ne se rencontreraient pas, retirer des voitures, améliorer le concept de créer des espaces pour les piétons et créer un environnement attrayant.(BENLAKEHEL Safa 2016, urban-hub 2019)

2.1.Analyse des exemples

Un centre multifonctionnel peut contenir plusieurs activités : résidentielles, culturels et attractions, commerciales, administratifs, hôtelleries, loisir de détente...etc. on a élaboré une étude des exemples pour analyser le programme et bien comprendre l'aspect spatio-fonctionnel du projet et les différents concepts fréquenter ou apparu le plus.

La Synthèse d'analyse des exemples élaboré sont comme suivant :

Le choix de site a un rôle dans la définition des différentes vocations établit dans un Centre multifonctionnel tel que l'amélioration ou la revitalisation de son état ou dans un cadre de développement de la zone choisi ou bien d'achever une vision future pour le site.

La hiérarchisation des fonctions : la hiérarchisation est souvent en verticalité, depuis l'espace public qui englobe un espace en commun public , vente de détail en relation direct avec le sous-sol et le monde extérieur pour les échanges sociale et créer un champ visuel direct pour l'usage de l'espace et les services offertes par l'équipement et l'interaction avec l'espace vert comme élément essentiel pour le mode de vie des piétons ; jusqu'au l'espace plus privé et intime d'où on trouve le thème d'affaire avec des différents entreprises, hôtellerie de luxe, puis des unités résidentiels.

Les fonctions principales sont : Affaire, Hôtellerie, Commerce, Résidence, Espace public. Plus des annexes additionnées comme : Culture, loisir et divertissement, Sport, détente, rencontre et par exemple : Cinéma, Salle de jeux, Salle d'animation, Théâtre, Gym, Spa, salle de conférence...etc.

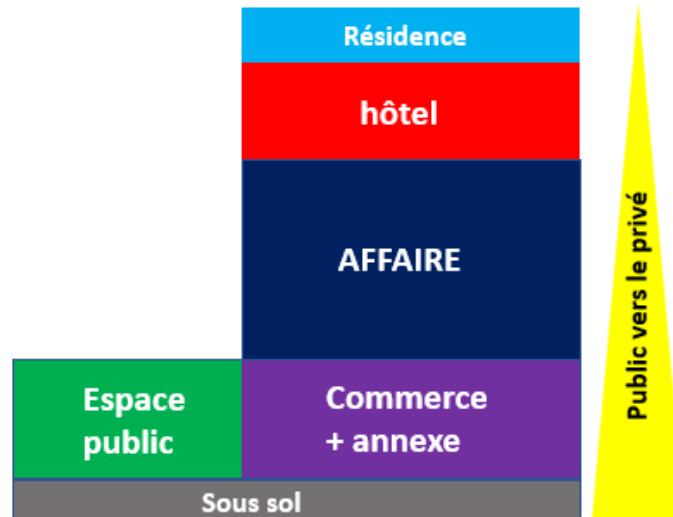


Figure 9 schéma représente la hiérarchisation de fonctions dans un centre multifonctionnel (Auteur2019)

Le concept de « l'attractivité » : il s'agit de créer un environnement d'interaction sociale et de communication entre le monde extérieur et intérieur et fournir une ambiance pour encourager les activités humaines à se répandre, à s'étendre et à s'approprier.

À échelle urbain :

- a) Le concept « urbaniser le projet » par :
- b) Améliorer le potentiel piétonnier sur le site et de fournir une série d'espaces publics.
- c) La création des terrasses extérieurs.
- d) Valoriser la relation de l'intérieur avec l'extérieur en profitant des potentiels du terrain tel que les champs visuels.
- e) Faire la jonction entre les côtés du projet pour plus d'interaction entre l'intérieur du projet et l'extérieur.

À l'échelle architecturale :

A travers les données et les informations recueillies, on a opté pour une architecture d'un centre multifonctionnel élancée en verticalité.

Interpréter le concept de « l'attractivité » dans le centre multifonctionnel par :

- a) La nature des activités fourni comme : cafeteria restaurants, gym, spa, boutique...etc.

- b) La forme géométrique : une composition dynamique du socle pour avoir une forte présence d'un champ visuel ouvert sur la ville et mettre en évidence le concept d'attraction avec l'aide des éléments d'ambiance spatiale tel que : espace vert, l'eau, piétons, l'éclairage et la transparence...etc.
- c) Le traitement de façade : par le choix des matériaux, texture, pattern...etc.
- d) Assurer une mixité fonctionnelle : par la Création un espace de travail vivant, tel que : des bureaux libres ouverts, la flexibilité des espaces, la transparence, des salles polyvalentes, cuisine de travail...etc.
- e) Création d'un noyau central qui assure la circulation verticale à l'hôtel.
- f) Fournir des ambiances spatiales riches et divers dans les espaces du centre multifonctionnel.

2.2. Les organigrammes spatio-fonctionnels

Après avoir établi l'analyse de plusieurs exemples des centres multifonctionnels, nous sommes arrivés avec les organigrammes spatio-fonctionnels suivants :

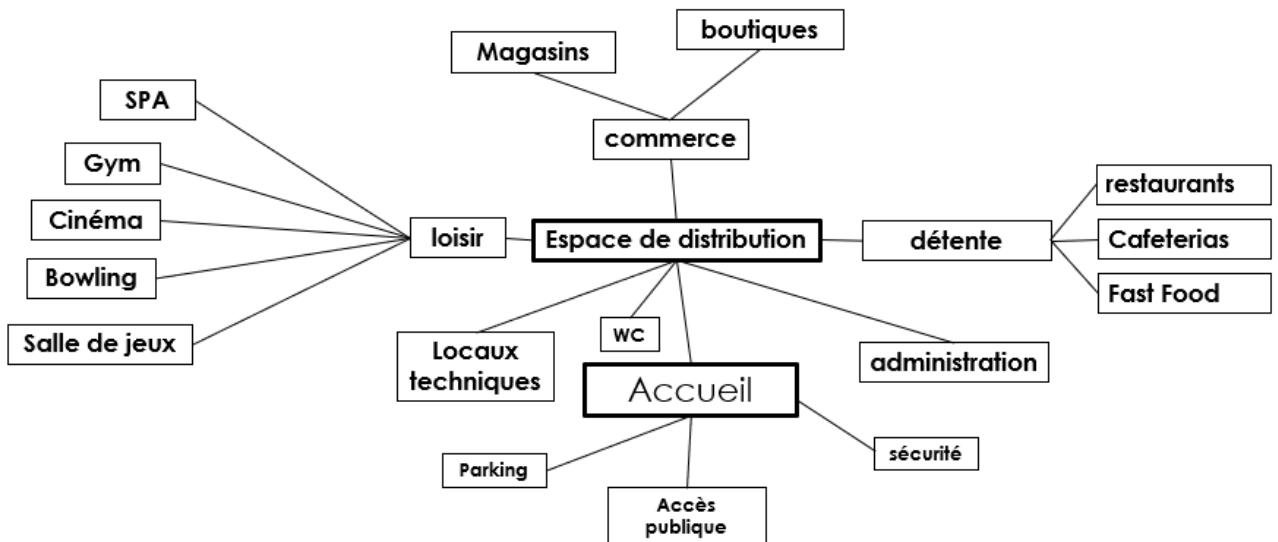


Figure 10 organigramme spatio-fonctionnel d'espaces commerciaux et de loisir. (Auteur2019)

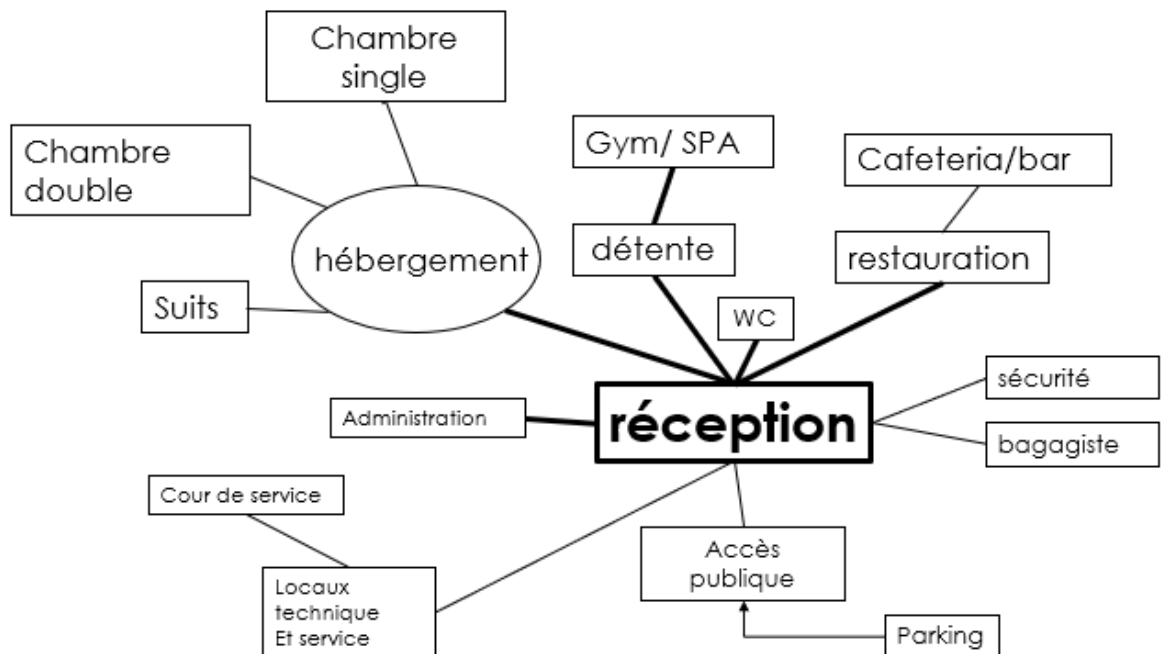


Figure 11 organigramme spatio-fonctionnel d'hôtel.

(Auteur2019)

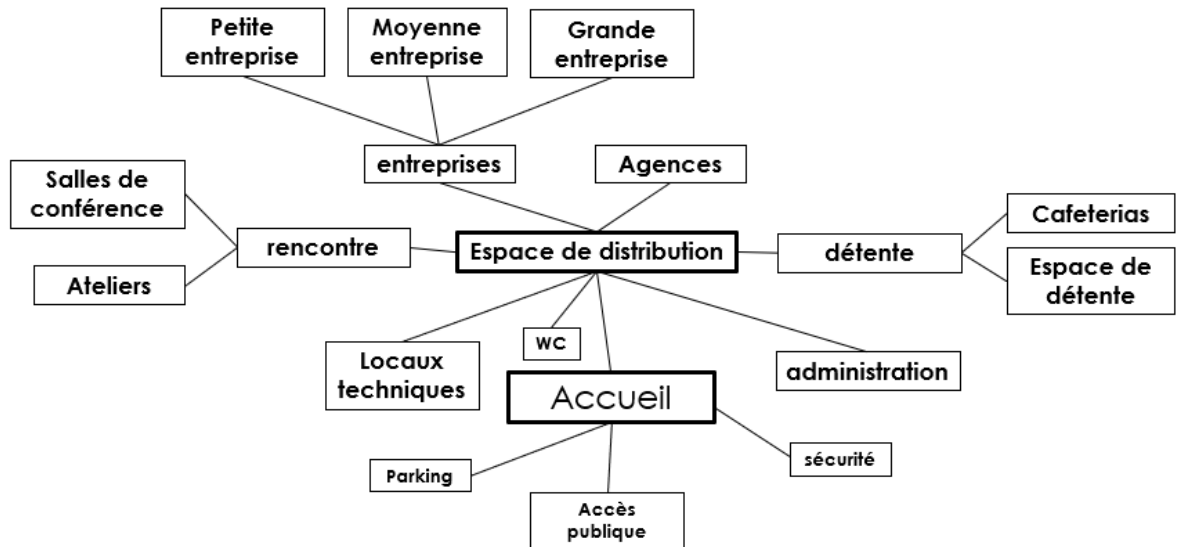


Figure 12 Organigramme spatio-fonctionnel d'Affaire.

(Auteur2019).

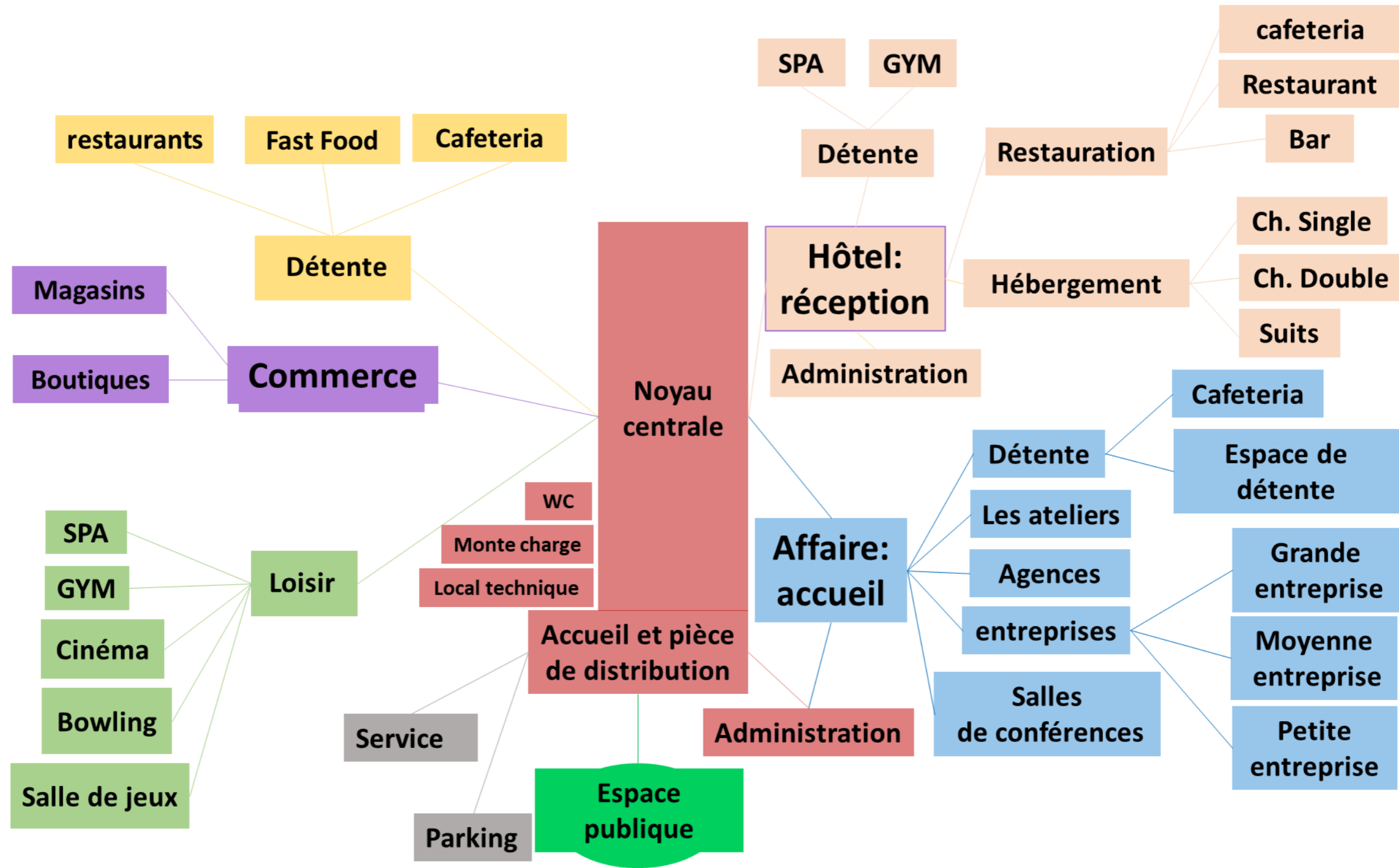


Figure 13: Organigramme spatio-fonctionnel globale du centre multifonctionnel. (Auteur2019)

2.3. Les exigences techniques et conceptuels

Pour atteindre la cohérence et la fluidité entre les différentes relations des Composantes nécessaires du programme du centre multifonctionnel en termes de fonctionnalité et de formalité par apport au site, la conception doit être réaliser et renforcer par des exigences techniques et conceptuels tel que :

- a. La création d'un axe de circulation clair à un flux important.
- b. Boutique : fleuriste, bijouterie, cosmétique, opticien...etc.
- c. Surface : de 30 à 70 m².
- d. Magasin : vente en détail exemple : chaussure-électroménager, décoration, habillement
- e. Surface : de 150 à 300m²
- f. Une aération par souvent HVAC system pour les espaces.
- g. La conception de l'escalator : On est optée pour un escalator à une volée alterné avec une pente de 35.

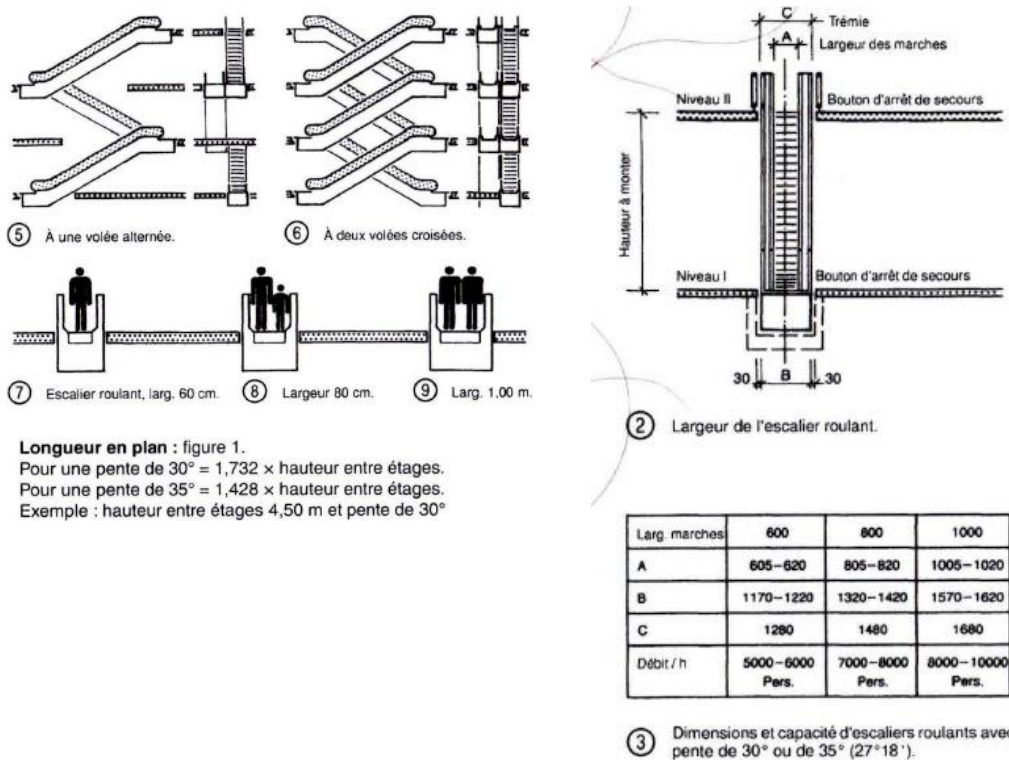


Figure 14 Les exigences techniques pour la Conception d'un escalator.

(neufert)

h. Les types de dispositions de bureau :

Opter pour une disposition de bureau qui peut encourager les employés à fournir des résultats de qualité tout en leur permettant de profiter d'un environnement de travail confortable. Les différents types de disposition de bureaux sont :

Disposition du bureau cellulaire, des bureaux ouverts, disposition du bureau de travail en groupe (co-working), Plan du bureau mixte.(KHANNA 2020).

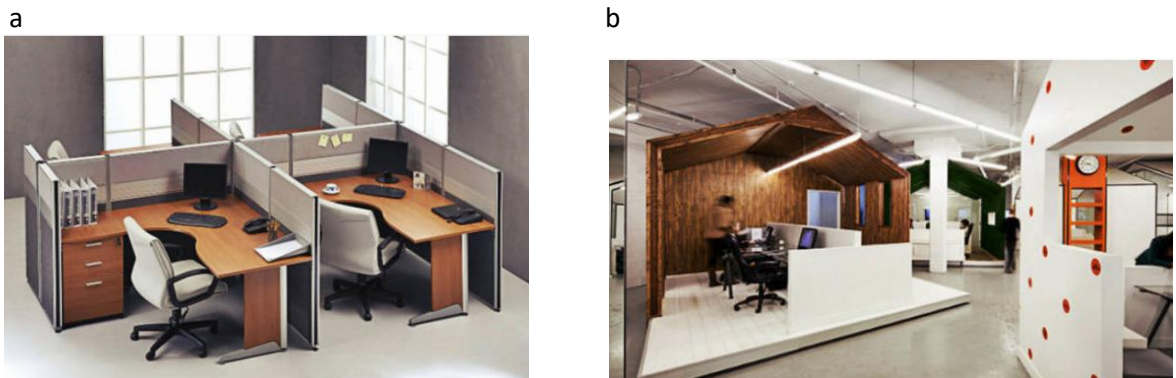


Figure 15 a. Bureau cellulaire. b. Bureau mixte
(KHANNA 2020)

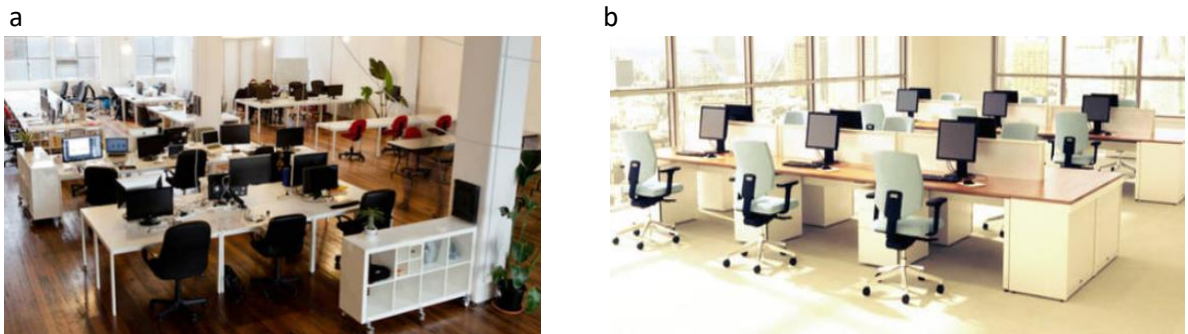


Figure 16 a. Bureau co-working. b. Bureau ouvert.
(KHANNA 2020)

i. Calcul du nombre de places de stationnement nécessaires

Ils se calculent à l'aide de la formule $(0,25 \times SP/n) + 50$. Pour un projet à plusieurs affectations comme un centre multifonctionnel, on détermine d'abord SP/n pour chacune d'elles, puis faites-en le total,

SP : surface plancher

Le nombre « n » est un paramètre utilisé pour plusieurs calculs. Il a été déterminé sur la base d'expériences pratiques. (Direction de la justice, ecclésiastiques et al. 2015)

Affectation	Nombre «n»
Restaurants	n = 15
Achats, loisirs, culture	n = 20
Hôtels	n = 30
Industrie, artisanat, tertiaire	n = 50
Hôpitaux, foyers	n = 100
Ecoles	n = 120

Figure 17 Le paramètre "n" pour calculer le nombre de stationnement.

(Direction de la justice, ecclésiastiques et al. 2015)

Conclusion

Un bâtiment à usage mixte s'adapte aux besoins de son environnement et favorise la création de quartiers diversifiés. Sachant qu'il fait plus qu'économiser des ressources, il doit tenir compte des besoins de ses futurs occupants ainsi que de son impact sur l'environnement et de la manière dont l'environnement immédiat au sens large peut en bénéficier.

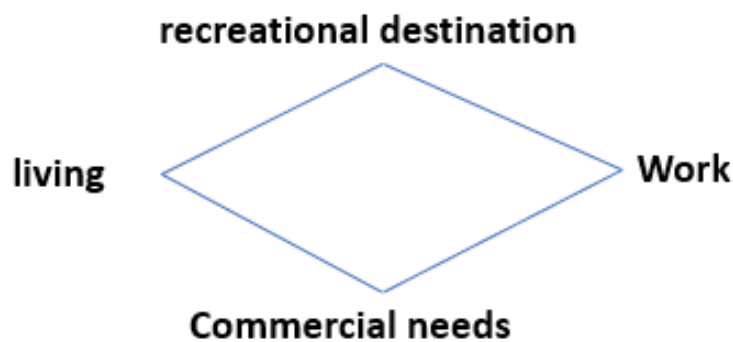


Figure 18 Le regroupement des besoins d'utilisateur dans l'architecture multifonctionnelle.

(urban-hub 2019)

Chapitre 3 :
Recherche antérieure sur
l'utilisation de la façade à double
peau dans un bâtiment
administratif

Introduction

Dans ce chapitre, nous nous sommes concentrés sur des études antérieures sur la performance énergétique de la façade à double peau dans des bâtiments à caractère administratifs dans des différents climats où les différents paramètres de la façade à double peau ont été analysés et les résultats attendus. Sur la base des données collectées sur les façades à double peau et les expérimentations précédentes, nous visons à créer un modèle de façade à double peau pour notre recherche, basé sur des paramètres déterminés et prouvés dont ils ont une influence sur sa performance et sur la consommation d'énergie dans un bâtiment et tester le modèle en utilisant la bonne méthode.

1. Les paramètres de conception de la façade à double peau

a. Expérimentation de Torres et al 2007 Barcelona, Spain.

Les Variables : La largeur de la cavité : 40,60,80,100cm

Outil : TAS (BES)

Type de ventilation : Air conditioned

Résultats Principaux / observations :

La cavité étroite sans partitionnement horizontales peut nécessiter moins de consommation d'énergie en raison de l'effet d'accumulation accentué se produisant dans la cavité.

b. Expérimentation de Radhi et al 2013 Al-Ain city,UAE.

Les Variables : La largeur de la cavité : 50,70,100,120,150cm

Outil: Design-Builder (BES) + PHONICES-FLAIR (CFD)

Type de ventilation : Air conditionné

Résultats Principaux / observations :

Les taux de transfert de chaleur diminuent lorsque la profondeur de la cavité est réduite en raison des taux de ventilation plus élevés.

La taille de la cavité entre 0,7 et 1,2 m peut donner un équilibre entre le gain solaire et le transfert de chaleur.

c. Expérimentation Chan et al. 2009 HongKong, China.

Les Variables : Type de vitrage : simple et double

Outil : EnergyPlus (BES)

Type de ventilation : Air conditioned.

Résultats Principaux / observations :

La couche intérieure en simple verre transparent + la couche extérieure en double vitrage à faible transmissivité peuvent réduire le gain de chaleur et l'énergie de refroidissement du bâtiment.

d. Expérimentation Hong et al. 2013 Seoul, South Korea

Les Variables : type de configuration de la façade à double peau : Box, corridor, multi-storey and shaft

Outil: Design Builder (BES)

Type de ventilation : Air conditionné

Résultats Principaux / observations :

- Le type multi-storey a la plus faible consommation d'énergie.

-La ventilation naturelle crée a pu empêcher l'augmentation de la température due aux gains de chaleur solaire.

e. Expérimentation de Safer et al. 2005

Les Variables: Transmissivité du vitrage (de 35 à 78%) et émissivité (de 0,05 à 0,89)

Outil: Fluent CFD

Type de ventilation : Air conditionné

Résultats Principaux / observations :

- Seule la cavité a été modélisée.

-Le trajet de l'air n'a pas d'influence pas la vitesse de l'air dans la cavité, tandis que les ouvertures sont des facteurs importants à considérer.

f. Expérimentation Gratia and DeHerde 2007 Uccle, Belgium.

Les Variables : Matériau : réfléchissant, clair, absorbant

Outil : TAS (BES)

Type de ventilation : Air conditionné

Résultats Principaux / observations :

- Le vitrage transparent transmet la majeure partie du rayonnement solaire (62%) et le vitrage réfléchissant en renvoie 51%.
- Si la peau intérieure du vitrage est absorbante, l'essentiel du rayonnement solaire (68%) qui frappe le vitrage est absorbé.

g. Expérimentation de Guardo et al. 2009 Barcelone, Espagne.

Les Variables: Transmissivité du vitrage (de 35 à 78%) et émissivité (de 0,05 à 0,89)

Outil: CFD

Type de ventilation : Air conditionné

Résultats Principaux / observations :

- Le remplacement du vitrage interne par un verre à faible émissivité peut reproduire la réduction du gain de charge solaire.
- Une réduction de la transmissivité du vitrage extérieur de 55% peut aller jusqu'à 40%
- Amélioration de la réduction du gain de charge solaire.

h. Experimentation Torres et al 2007 Barcelona, Spain.

Les Variables : Les Dimensions d'ouverture supérieure et inférieure de la cavité : 05,10,15%

Outil : TAS (BES)

Type de ventilation : Air conditionné

Résultats Principaux / observations :

- De plus grandes ouvertures aident à extraire l'air chaud de la cavité en cas de débits d'air plus élevés.

2. Les paramètres du bâtiment

a. Expérimentation de Fallahi et al. 2012 Munich, Allemagne

Les Variables : Béton appliqué au store, à la couche intérieure et à la couche extérieure

Outil : BES

Type de ventilation : Cavité naturellement et mécaniquement ventilée

Résultats Principaux / observations :

L'application de la masse thermique sur le dispositif d'ombrage a représenté 27% d'économie d'énergie par rapport au cas conventionnel dans lequel les stores étaient en aluminium.

b. Expérimentation de Haase et al. 2009 Hong Kong, Chine

Les Variables : Le ratio fenêtre-mur 63, 91,32

Outil: TRNSYS and TRNFLOW (couplé avec COMIS)

Type de ventilation : Cavité mécaniquement ventilée.

Résultats Principaux / observations :

- Le type WWR et le type de vitrage ont une grande influence sur la charge de refroidissement annuelle.

- Le système de la façade à double peau avec une grande fenêtre interne (Window to Wall ratio WWR=0,91) a la même charge de refroidissement annuelle que le système de façade à une seule peau avec une petite zone de fenêtre (WWR = 0,32).

c. Expérimentation de Ding et al. 2005 Tokyo, Japon

Les Variables : Zone d'ouverture de la couche intérieure : 01, 02 et 04 m²

Outil : Laboratoire expérimental ; mesures + CFD

Type de ventilation : Modèle à ventilation naturelle

Résultats Principaux / observations :

Des zones d'ouverture de 2 m² entre l'espace des occupants et la cavité ont été jugées raisonnables pour obtenir une performance de ventilation préférable.

d. Expérimentation de Chou et al. 2009 Singapore

Les Variables : Le ratio fenêtre-mur 30,50,70,90

Outil : Laboratoire expérimental ; des mesures

Type de ventilation : climatisé

Résultats Principaux / observations :

Pour WWR = 50% et 70%, une réduction du transfert thermique à travers la façade a été observée. Mais pour un WWR = 90%, le transfert thermique a augmenté.

e. Expérimentation de Pappas et Zhai / 2008 Bruxelles, Belgique

Les Variables : La hauteur de la cavité / Nombre d'étages :3,0m (un étage) et 15,0m (05 étages)

Outil : EnergyPlus (BES) + PHONICS (CFD)

Résultats Principaux / observations :

Une cavité plus haute produira une force de flottabilité plus forte, créant un plus grand débit d'air.

3. Les paramètres du site

a. Expérimentation de Gratia and DeHerde 2007 Uccle, Belgium.

Les Variables : - Conditions claires et moyennes et nuageuses

- Orientations Est et West

Outil : TAS (BES)

Type de ventilation : non mentionner

Résultats Principaux / observations :

Les jours ensoleillés, les températures dans la cavité de la façade à double peau orienté plein sud ont dépassé la température ambiante d'environ 20 ° C. Cependant, dans des conditions de ciel nuageux, la différence de température maximale par rapport à la température extérieure était de 10 ° C.

b. Expérimentation de Hamza 2008 Cairo, Egypt.

Les Variables : 04 orientations principaux

Outil : IES (BES)

Type de ventilation : air conditionné

Résultats Principaux / observations :

En raison des intensités de rayonnement solaire direct, l'Est et l'Ouest orientations doivent être évitées autant que possible, tandis que l'orientation Nord fournit les charges les moins refroidissantes.

c. Expérimentation de Gratia and DeHerde 2007 Uccle, Belgium.

Les Variables : La Vitesse du vent : 0,2 and 4m/s

Outil : TAS(BES)

Type de ventilation : non mentionné

Résultats Principaux / observations :

Une différence de 10 ° C peut être observée dans la cavité entre le cas d'une vitesse de vent nulle et d'une vitesse de vent de 4m / s, en journée d'été par ciel clair.

d. Expérimentation de Haase et al. 2009 Hong Kong, Chine.

Les Variables : 08 orientations

Outil : TRNSYS et TRNFLOW (couplé avec COMIS)

Type de ventilation : Ventilé mécaniquement

Résultats Principaux / observations :

-L'orientation de la conception de la façade a été identifiée comme influence sur la charge de refroidissement annuelle.

-Les gains d'efficacité sont les plus élevés pour l'orientation Sud, Sud-Est et Sud-Ouest et les plus faibles pour l'orientation Nord.

4. Logiciel de simulation ECOTECH

On a opté pour utiliser la méthode d'évaluation BES (Building Energy Simulation) en utilisant ECOTECH Autodesk 2010 dans notre recherche.

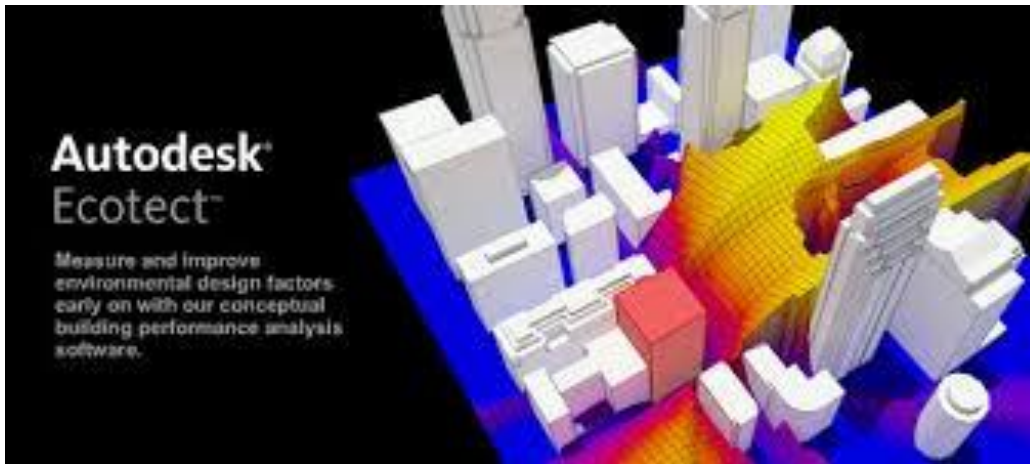


Figure 19 Autodesk ECOTECK
(Autodesk ECOTECK 2011)

Le logiciel de construction écologique Autodesk ECOTECK Analysis est un outil d'analyse durable complet qui offre une large gamme de fonctionnalités de simulation et d'analyse via des plates-formes de bureau et de service Web. De puissantes capacités d'analyse de l'énergie, de l'eau et du carbone dans tout le bâtiment convergent avec des outils de bureau pour effectuer des simulations environnementales détaillées et visualiser les résultats. Ses capacités d'analyse complètes peuvent aider les architectes et les concepteurs à évaluer plusieurs alternatives de conception plus tôt dans le processus. Cette fonctionnalité permet la livraison de bâtiments plus économes en énergie et d'une architecture durable. (vefsafn 2009)

ECOTECK offre une large gamme de fonctions d'analyse interne qui peuvent être utilisées pendant la modélisation. Ce logiciel fournit une rétroaction presque instantanée sur des paramètres tels que la radiation solaire, les gains solaires potentiels, les performances thermiques, les niveaux de lumière du jour, Ventilation naturel, les temps de réverbération, fournir une analyse totale énergétique du bâtiment, déclaration des émissions de carbone.

ECOTECK a la capacité de calculer l'estimation totale de la consommation d'énergie et des émissions de carbone de votre modèle de bâtiment sur une base annuelle, mensuelle, quotidienne et horaire, à l'aide d'une base de données mondiale d'informations météorologiques.(vefsafn 2009)

ECOTECK basé sur les méthodes d'équilibre CIBSE. Cette méthode utilise des facteurs météorologiques (sinusoïdaux) et thermiques idéalisés (admittance, facteur de décrémentation et facteur de surface) basés sur une fréquence de 24 heures. La méthode d'admittance était initialement destinée à calculer les températures intérieures maximales dans les bâtiments pour

s'assurer qu'il ne deviendrait pas inconfortablement chaud pendant les périodes ensoleillées. La méthode de l'admittance est également utilisée pour estimer la capacité des installations de climatisation à maintenir la température de l'air dans les bâtiments.(Djelailia 2017).

Conclusion

L'exploration des études et les expérimentations précédentes sur la façade à double peau appliquée dans un bâtiment à caractère administratif et avec le support théorique sur cette technique, nous a conduit à des conclusions et des recommandations sur les paramètres qui contribuent à l'élaboration de la façade à double peau pour l'a testé au terme de consommation énergétique d'un bâtiment à caractère administratif sous les conditions d'un climat méditerranéen. Ces paramètres sont :

- La structure de la façade à double peau est un multi-storey façade

- la largeur de la cavité étroite qui se varie de 0.2m à 1.20m.

- Le type de vitrage :

 - a/ La couche extérieure de la cavité peut être de vitrage réfléchissant ou en double vitrage à faible transmissivité.

 - b/ La couche de vitrage intérieure du bâtiment est de type simple.

- plus l'ouverture de la cavité est large plus l'air est expulsé.

- Le type de ventilation : mécanique d'une vitesse de 4m/s.

Après avoir exploiter des différentes expérimentations sur l'évaluation de la façade à double peau sous le traitement de plusieurs paramètres, on a trouvé que les méthodes d'évaluation utiliser sont : le CFD (Computational Fluid Dynamics) et BES (Building Energy Simulation).

Chapitre 4 :

**Cas d'étude : un Centre
Multifonctionnel à Alger**

Introduction

Dans ce chapitre, on va expérimenter le rendement de la façade à double peau dans un bâtiment à usage administratif "high rise building" dans un climat méditerranéen et évaluer son impact en termes de consommation d'énergie du bâtiment en période de chauffage et de refroidissement pour assurer un environnement confortable et sains pour les occupants avec moins de consommation d'énergie.

On va élaborer une analyse de 15 modèles de bâtiment à usage administratifs "high rise building" avec la façade à double peau dont chaque modèle est différent de l'autre dans ses paramètres à l'aide du logiciel AUTODESK ECOTECH ANALYSIS. Cette étude est basée sur la technique « generate and test » d'où on va changer les paramètres sélectionnés pour l'étude jusqu'à l'arriver à un modèle optimal et performant de la façade à double peau dans un climat méditerranéen.

Pour cela cette opération repose sur 03 étapes :

- **La 01 ère étape :** la création du modèle principale et la détermination des paramètres fixes et variables du modèle.
- **2ème étape :** les étapes de l'expérimentations, (simulation).
- **3ème étape :** l'analyse et la traduction des résultats de la simulation pour faire ressortir les recommandations générales et la réalisation de modèle optimale de la façade à double peau.

1. Situation et caractéristiques de la Commune el Mohammadia :

1.1.La situation Géographique :

Mohammadia est une commune de la wilaya d'Alger en Algérie, située dans la banlieue à environ 12 km à l'est d'Alger, au cœur de la baie d'Alger. Elle est délimitée à l'ouest par l'Oued El Harrach au nord par la mer, au sud par la route nationale RN5 et à l'est par les communes de Bordj El Kiffan et Bab Ezzouar. D'une surface de 7,9 km².

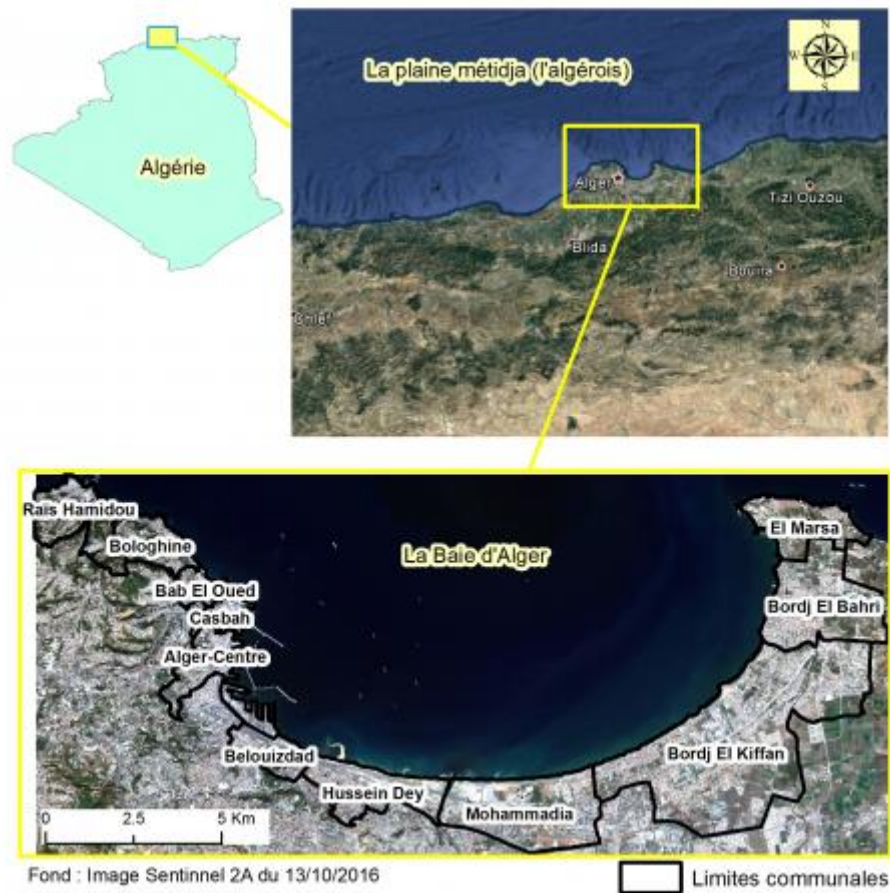


Figure 20 Situation de la commune el Mohammadia, la baie d'Alger.(Walid Rabehe 2018)

1.2.Choix du site el Mohammadia Alger

Notre choix s'est fixé sur la commune de Mohammadia. Le site est choisi vu ses potentialités :

- situation à la porte de la métropole algéroise.
- bonne accessibilité grâce à un réseau routier important.
- proximité par rapport à la gare routière, port, aéroport, station de tramway, hôtels, etc.

- disponibilité foncière pour des projets de grande envergure.

1.3. Etude générale du climat

Le climat à El Mohammédia Alger est doux, influencé par la méditerranée et généralement chaud et tempéré. La pluie tombe souvent en hiver. La classification climatique de Köppen-Geiger est Csa. (Mayer 2019)

1.3.1. Les données météorologiques de la zone d'études

a) La température et précipitation

Le mois le plus chaud de l'année est celui d'Aout avec une température moyenne de 26.2 °C. Alors qu'au mois de Janvier, la température moyenne est de 10.1 °C. Janvier est considéré le mois le plus froid de l'année. (Climatsdumonde 2020)

Alors que le soleil brille souvent en été, par contre dans les autres saisons il peut y avoir des jours ensoleillés et des jours nuageux et pluvieux.

Tableau 1 les heures d'ensoleillement à Alger (Climatsdumonde 2020)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aoû	Sep	Oct	Nov	Déc
Soleil (heures)	4	6	7	8	10	10	11	10	9	6	5	5

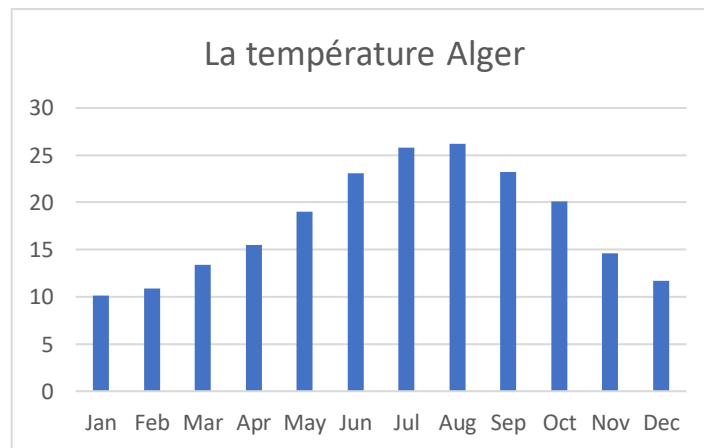


Figure 21 courbe de température Alger (climate-data.org2020)

b) Vent

La direction horaire moyenne principale et la vitesse du vent à Alger varie au cours de l'année. Le vent vient le plus souvent de l'est pendant 4,7 mois, du 9 mai au 1 octobre. Le vent vient le plus souvent de l'ouest pendant 7,3 mois, du 1 octobre au 9 mai sachant que la période la plus venteuse de l'année dure 5,6 mois, du 29 octobre au 16 avril, avec des vitesses de vent moyennes supérieures à 15,0 kilomètres par heure. Le jour le plus venteux de l'année est le 23 décembre, avec une vitesse moyenne du vent de 17,1 kilomètres par heure. (weatherspark 2020)

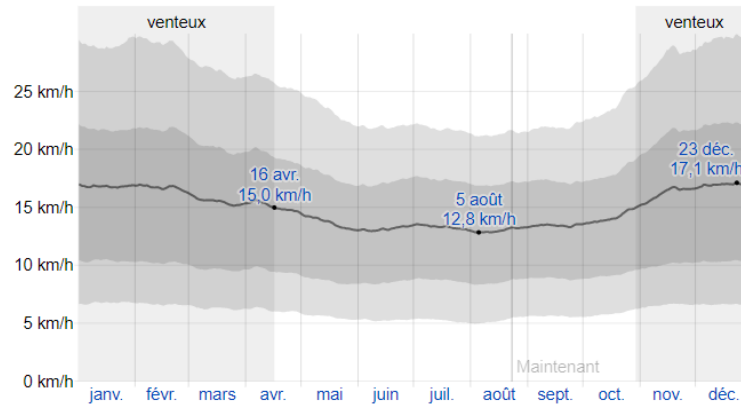


Figure 22 la vitesse moyenne du vent(weatherspark 2020)

2. Analyse du terrain

a) Présentation du terrain

Il se situe à Mohammadia Alger en Algérie, exposé au bord de la mer, connu par la baie d'Alger.

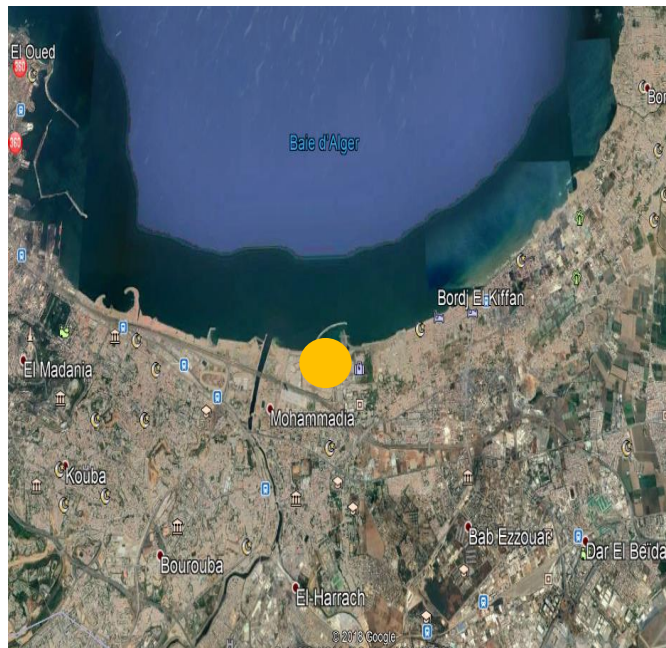


Figure 23 La Situation du terrain. (Googleearthpro 2018)

b) Critère de choix :

- dans une ville fréquenter qui continents des infrastructures de transport .
- l'équipement doit s'implenter dans une zone à caractère d'affaire.
- avoir une bonne accessibilité au Projet.

c) Motivation et potentiel :

- Il se situe au bord de la mer « la baie d'Alger » dans le but d'enrichir et exploiter le futur projet élaboré « la façade maritime d'Alger » .

- Il est a proximité d'Un nouveau point d'appel dans la ville Mohammadia « la grande mosquée d'Alger » .

d) Environnement immédiat

A travers les données et les informations recueillies, le terrain est exposé à la mer depuis le nord, ses alentours sont comme suivant : depuis l'est des poches vides juste à côté du terrain plus les tours d'affaire et l'hôtel Hilton d'Alger ; le centre culturel SAFEX depuis le Sud-est ; la grande mosquée d'Alger en Sud-ouest, puis le centre Ardis et la corniche de la Sablette à l'Ouest.



Figure 24 L'environnement immédiat de terrain. (Googleearthpro 2018)

e) L'Accessibilité du terrain

On peut accéder au terrain depuis Alger centre, Harrach, Aéroport et l'entrée de la ville d'Alger par la route national N16 qui mène vers le rond-point qui distribue au centre Safex et hôtel Hilton depuis L'Est, et Ardis et le Projet depuis L'Ouest comme montré dans la figure13.



Figure 25 L'Accessibilité du terrain (Google earth Pro2018)

f) Relief et morphologie

La forme du terrain est d'une surface de 03 Hectare, une forme presque rectangulaire qui suit la forme de la route principale partager avec l'accès au parking d'Ardis.

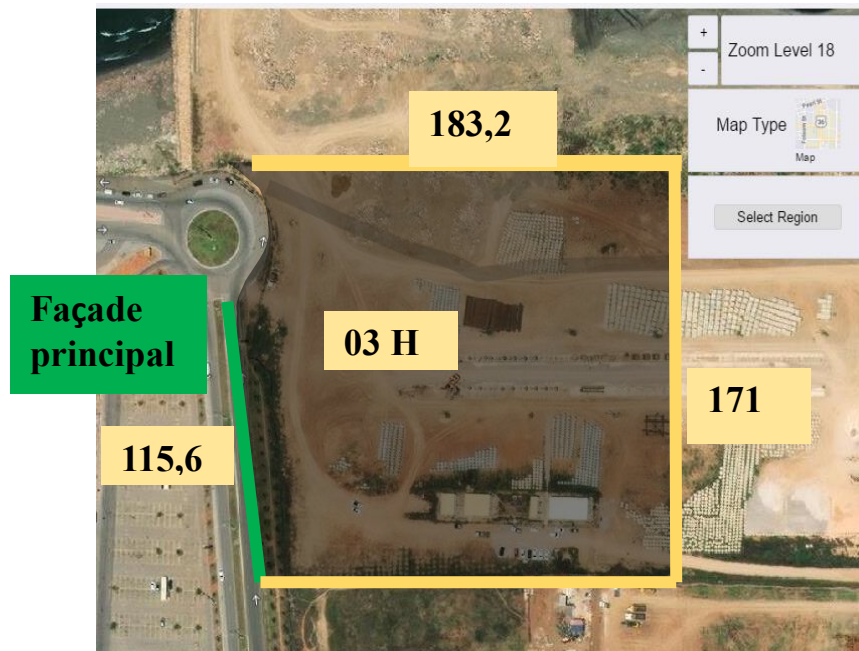


Figure 26 La morphologie du terrain. Édité
(Googleearthpro 2018)

Le terrain est pratiquement plat, il suffit un décapage pour unifier la plateforme du terrain pour l'implantation du projet.

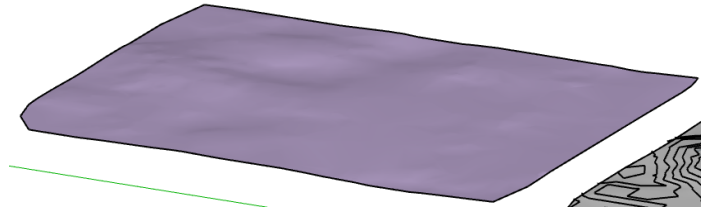


Figure 27 Le relief du terrain en 3D. (Auteur2019)

g) Le Potentiel de terrain

Profiter du bord de la mer en exposer le projet sur la mer pour valoriser l'interaction de l'intérieur avec l'extérieur, en profitant du champ visuel sur la grande mosquée d'Alger et Alger centre.



Figure 28 Le potentiel de terrain.

(Googleearthpro 2018)

3. Présentation du programme de centre multifonctionnel

En se basant sur l'étude du support théorique sur l'architecture multifonctionnel et l'analyse des différents exemples élaboré, on a sélectionné un programme quantitatif et qualitatif d'un centre multifonctionnel à caractère affaire convenable pour à la zone d'implantation El Mohammadia qui est une zone d'affaire :

Tableau 2 Programme quantitatif et qualitatif de centre multifonctionnel (auteur2019)

	Nombre	Surface/unit	Surface TOT
Accueil	/		
Administration			
Bureau de directeur	1	25	25
Salle de réunion	1	20	20
Secrétariat	1	12	12
Bureaux	6	15	90
Attente	1	25	25
Vente en détails			
Fleuriste	1	40	40
Bijouterie	1	40	40
Parfumerie	2	50	100
Librairie	1	110	110
Magasin	6	80	480
Magasin de fourniture	1	220	220
Grand magasin	8	100	800
Point de vente	4	30	120
Cafeteria	2	150	300
Fast Food	1	150	150
Restaurant	2	240	480
Salon de thé	1	240	240
Loisir			
Cinéma	1	150	150
Bowling	1	500	500
Trampoline	1	500	500
Espace de jeux	1	200	200
GYM	1	400	400
Spa et esthétique	1	400	400
Service Technique			
Climatisation	1	100	100
Chaufferie	1	100	100
Dépôt	1	400	400
Blanchisserie	1	230	230
Stockage restaurants	1	90	90
Affaire			
Réception	18	40	720
Grande entreprise	14	500	7000
Moyenne entreprise	14	250	3500
Petite entreprise	4	120	480
Salle de conférence	4	140	560
Atelier	12	80	960
Agence	4	60	240
Espace de détente	2	120	240
Hôtel			
Réception	1	60	60
Salon bar	1	160	160
Gym	1	110	110
Spa	1	200	200
Restaurant	1	700	700
Cuisine	1	260	260
Administration	1	190	190
Chambre double	36	50	1800
Chambre single	27	25	675

Suite	36	80	2880
	Circulation	25	4361.2
Totale			35475,55m2

Tableau 3 Le pourcentage de chaque vocation du centre multifonctionnel.

(Auteur2019)

TOT: 35475,55m2	Pourcentage
affaire	39,60%
hotel	28,90%
commerce	23,80%
loisir	7,60%

centre multifonctionnel

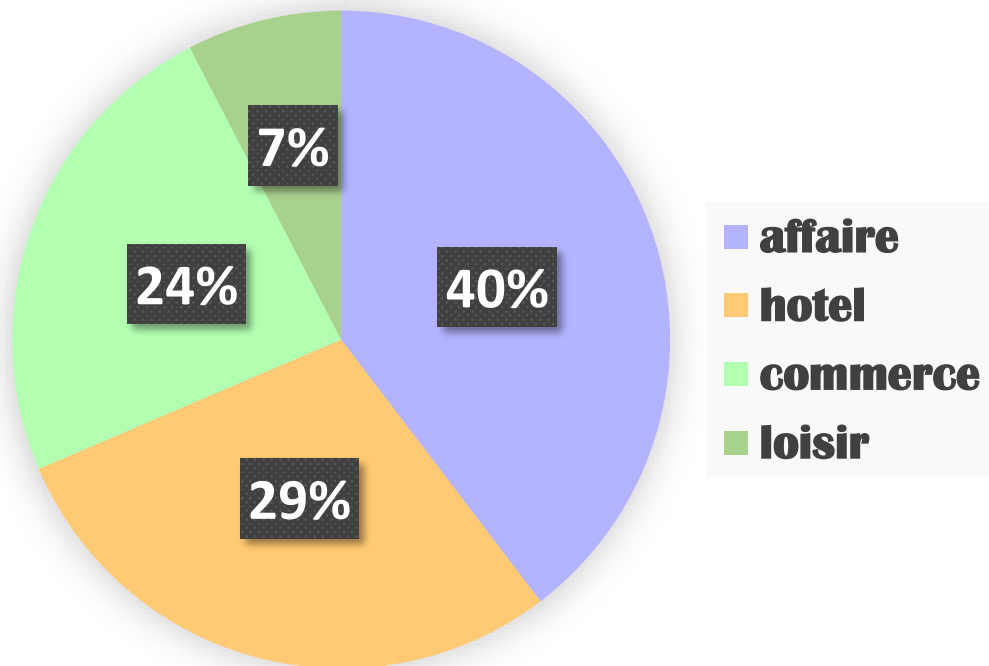


Figure 29 Schéma graphique représente la dominance de différentes vocations dans le centre multifonctionnel. (Auteur2019)

4. Le passage à l'esquisse de centre multifonctionnel

4.1. Le processus conceptuel de centre multifonctionnel

L'idée conceptuel du projet est soulevée par une Analogie de terrain : avec les limites de celui-ci, on obtient une forme géométrique qui convient au programme comme le montre l'étape 01A.

Puit, l'étape 01B montre une homothétie par : Rétrécissement de la forme géométrique obtenu 03 fois en superposition pour avoir des terrasses. Ensuite, la translation des 03 plans superposés vers le coin qui va accueillir la tour, Pour exploiter l'horizon de la ville d'Alger et la mer méditerranéen pour le champ visuel des usagers, comme le montre l'étape 01C.

Comme étape suivante, on a entamé la création de plusieurs modèles des tours selon le programme du projet et l'aspect esthétique avec des techniques de rotation soit de la tour totalement ou groupe d'étages séparés tout en jouant sur la taille de volume pour plus d'ambiance et dynamisme ; alors, l'étape 02 montre qu'on se retrouve avec des modèles devisés entre le déjà vu et l'originalité : une tour avec 03 blocs de 09 étages en rotation de 13.5° et entre les 03 blocs un volume de 02 étages en rotation de 04°.

Pour trouver l'équilibre entre l'élancement en verticalité de la tour et l'horizontalité du socle comme l'étape 03A montre, on va élargir la forme du socle et éliminer la partie supérieure pour créer une toiture inclinée pour une forme dynamique et maitre en évidence la plateforme pour la tour (l'étape 03B et l'étape 03C).

Ensuite, l'Inclinaison des limites de volume pour une Forme plus dynamique (l'étape 04A et l'étape 04B).

Le résultat final, un volume dynamique qui constitue d'un socle et une tour, d'où elle explore tout le potentiel du terrain : la mer méditerranéenne, la grande moquée d'Alger, Alger centre (la casbah) à l'horizon et fait partie de la façade maritime de la baie d'Alger d'où les fonctions sont distribuer comme le montre l'étape 05A et l'étape 05B).

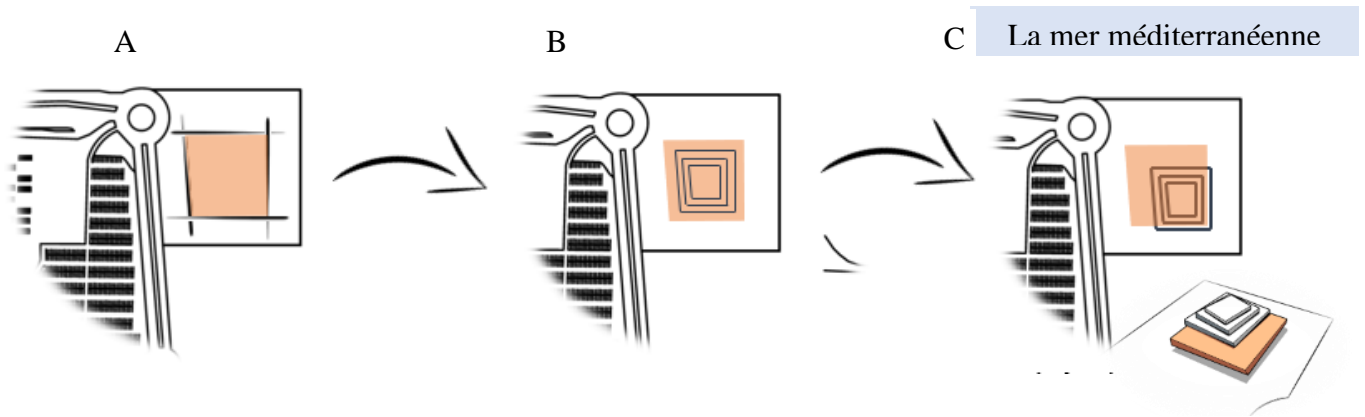


Figure 30 Processus Conceptuel : étape 01 (Auteur2019)

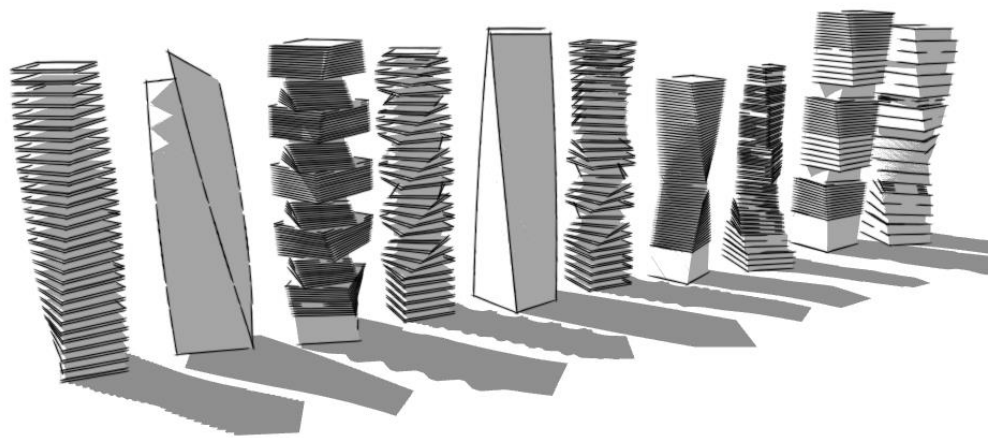


Figure 31 Processus conceptuel : étape 02 (Auteur2019)

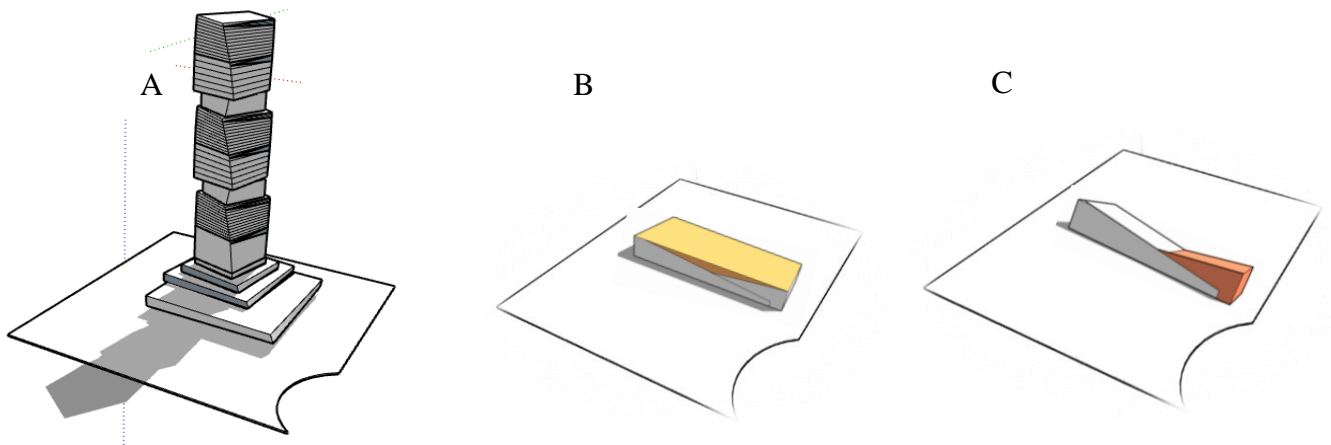


Figure 32 Processus conceptuel : étape 03 (Auteur2019)

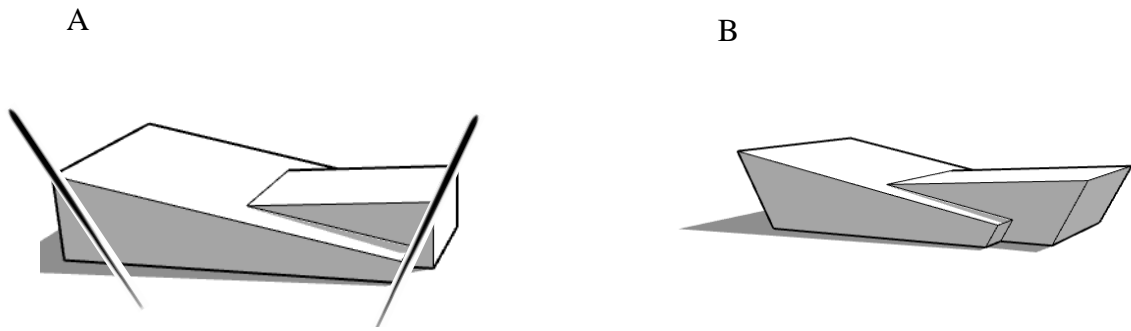


Figure 33 Processus conceptuel : étape 04 (Auteur2019)

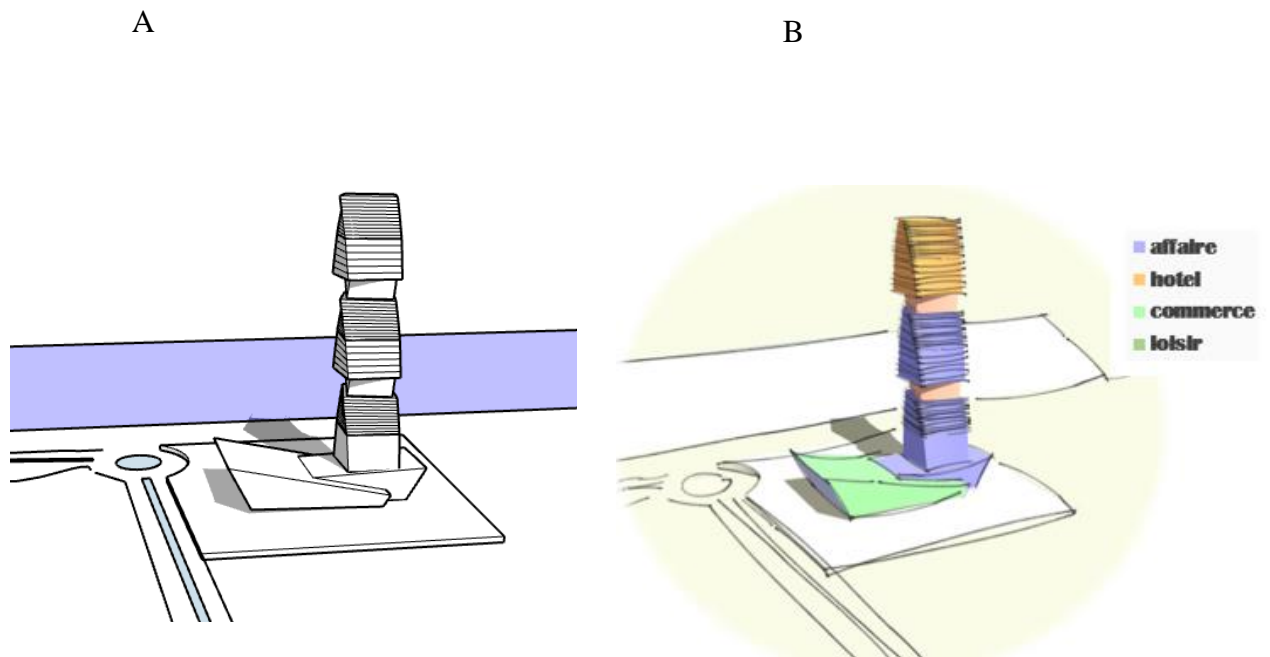


Figure 34 Processus conceptuel : étape 05 (Auteur2019)

4.2. Les plans

L'incarnation du concept de L'attractivité dans le projet par la création d'un axe entre l'entrée principale et le noyau centrale qui ont une relation directe avec des accès secondaire vers les terrasses, avec un corridor circulaire qui distribue sur les points de vente, loisir et restaurants.

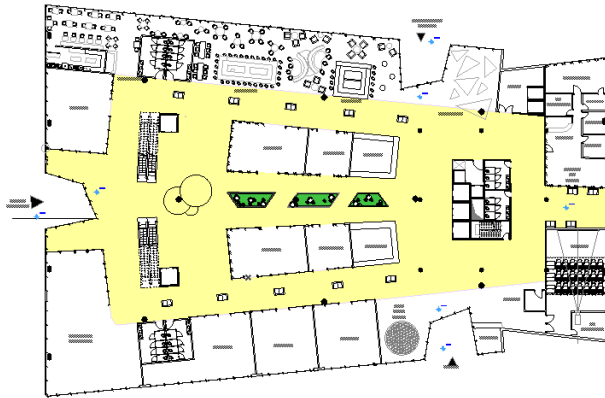


Figure 35 plan RDC (auteur2019).



Figure 36 plan 01er étage (auteur2019).

Pour plus d'ambiance spatiale, on a créé des mezzanines avec des petits ponts pour lier les deux cotées, plus les restaurants avec un terrasse pour profiter de la vue sur Alger et la grande mosquée.

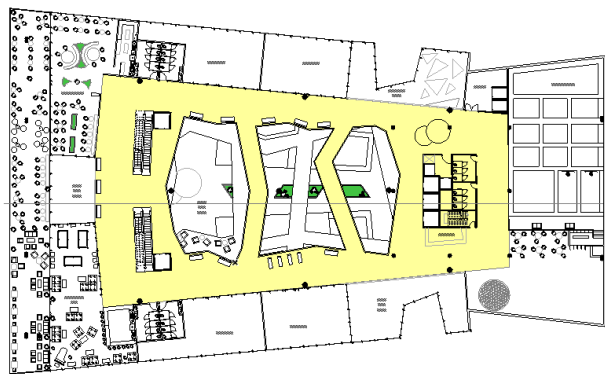


Figure 37 plan 02eme étage (auteur2019).

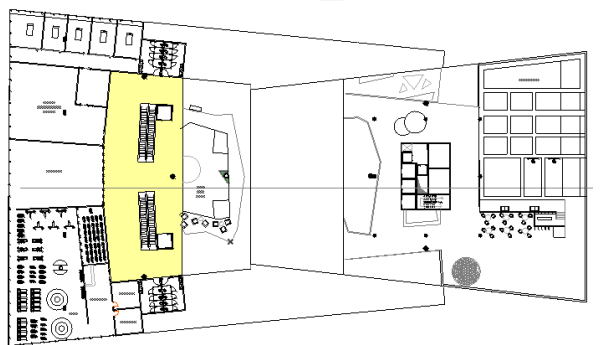


Figure 38 plan 03eme étage (auteur2019).

La tour est dédiée pour l'affaire, des entreprises en différentes tailles, des salles de conférence et des ateliers, des agences et espace de détente tout autour de noyau central qui est considéré comme espace commun.

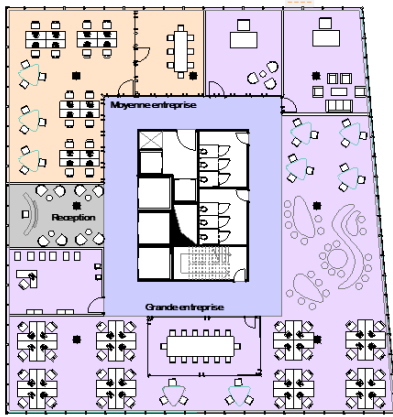


Figure 39 étage courant de R+04 à R+10 ;
de R+15 à R+21 (auteur2019)

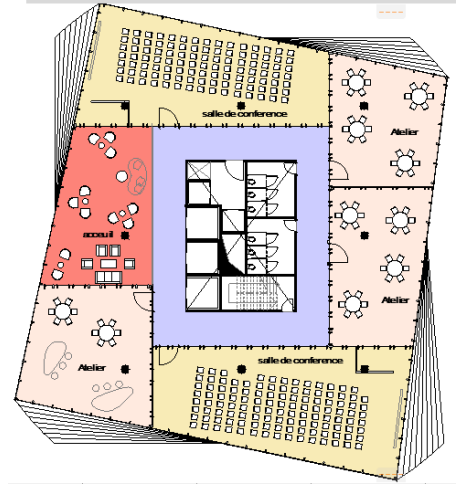


Figure 40 étage courant de R+11 à R+12 ;
R+22 à R+23 (auteur2019)

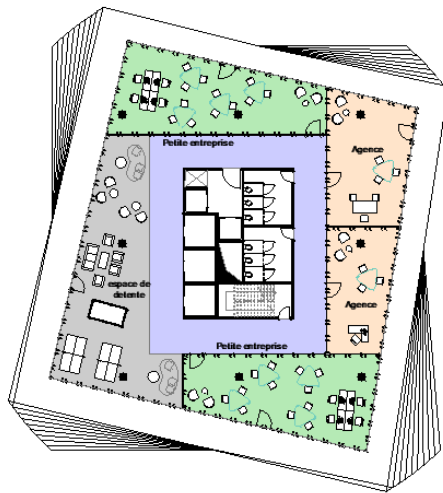


Figure 41 Plan R+13, R+24
(auteur2019)

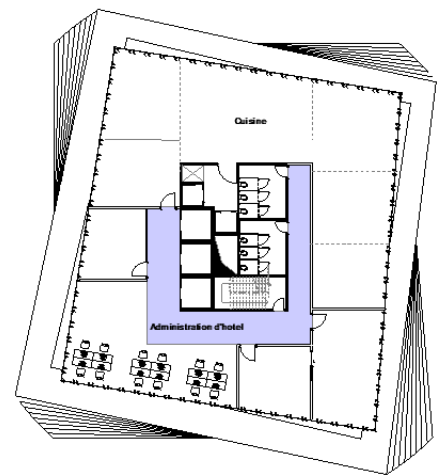


Figure 42 Plan R+25 (auteur2019)

Pour plus d'intimité et hiérarchisation verticale, on trouvera l'hôtel d'où ses espaces sont exposées à la mer méditerranéenne et la ville d'Alger dans tous les côtés.

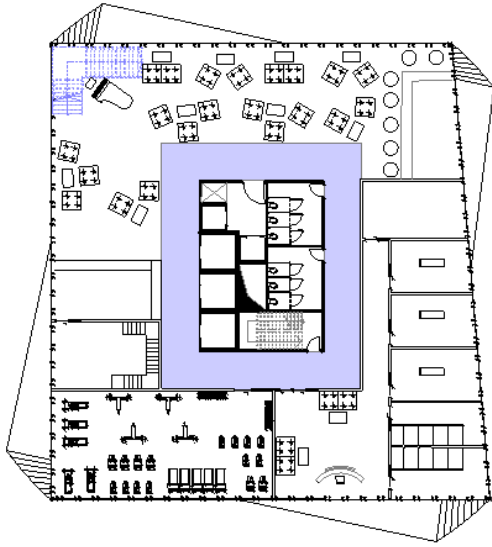


Figure 44 Plan d'hôtel (auteur2019)

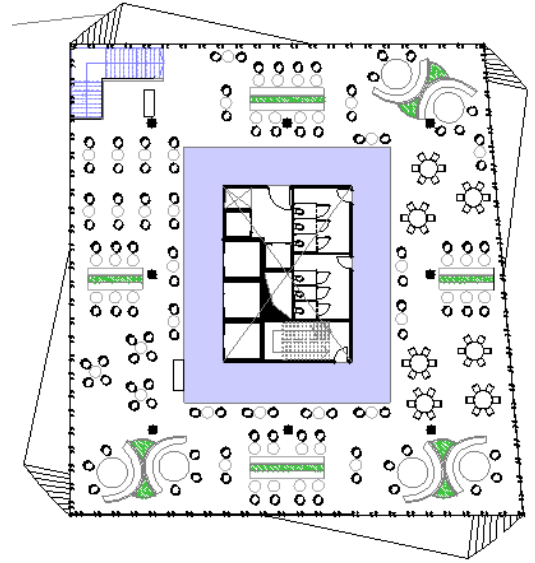


Figure 43 Plan de restaurant d'hôtel (auteur2019)

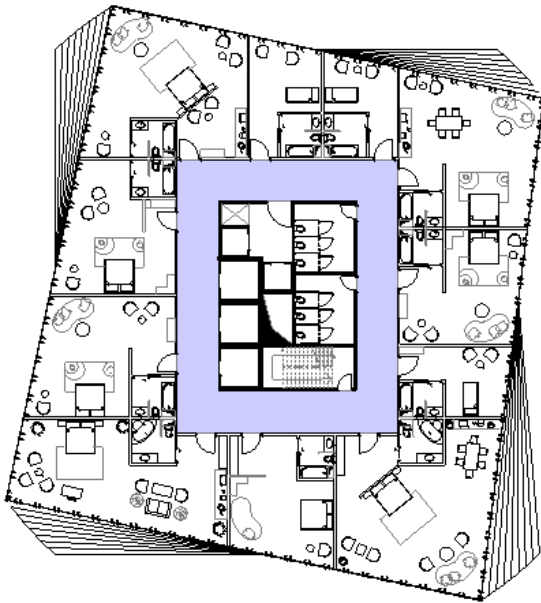


Figure 45 Plan de chambre d'hôtel (auteur2019)

4.3. Les façades

L'idée générale est de continuer à utiliser le même concept de la façade à double peau mais en manipulant l'un de ses paramètres «la seconde peau » comme : le type de matériau, le cloisonnement, l'ajout de motifs, pour plus d'attractivité et d'ambiances dans le projet pour l'image de la ville.

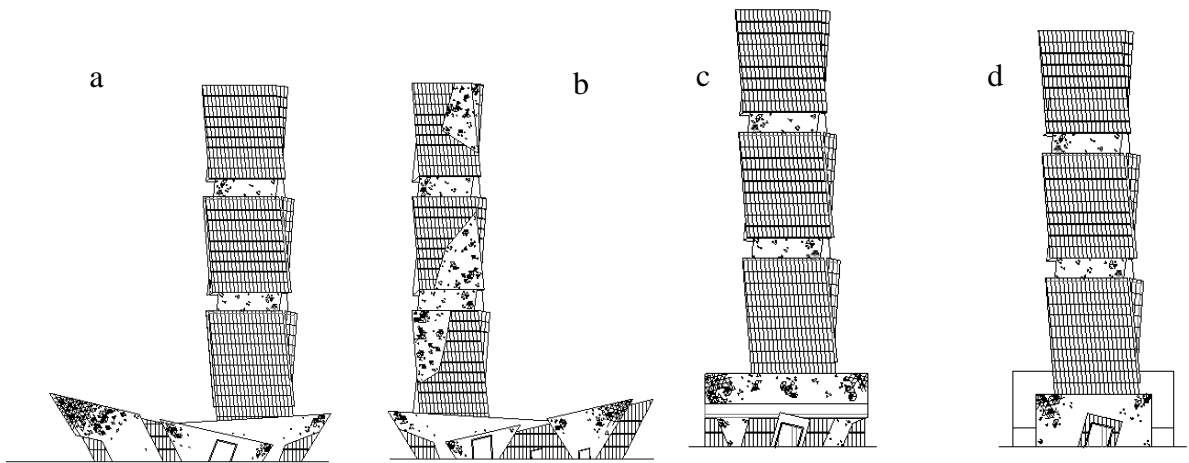


Figure 46 a. La façade SUD. b. La façade NORD. (Auteur2020)

Figure 47 c. La façade OUEST. d. La façade EST (auteur2020)

4.4. Le plan de masse

L'implantation du projet est faite pour qu'il soit exposé à la mer côté Nord pour enrichir l'image de la façade maritime de la baie d'Alger, d'où l'accès de projet depuis le côté Ouest du terrain en partageant l'accès avec le centre Ardis. Le projet s'appuie sur des terrasses accessibles pour les usagers sous forme de rocher avec un espace public pour les piétons tout autour du projet pour créer un environnement d'interaction sociale et de communication et fournir une ambiance pour encourager les activités humaines à se répandre, à s'étendre.

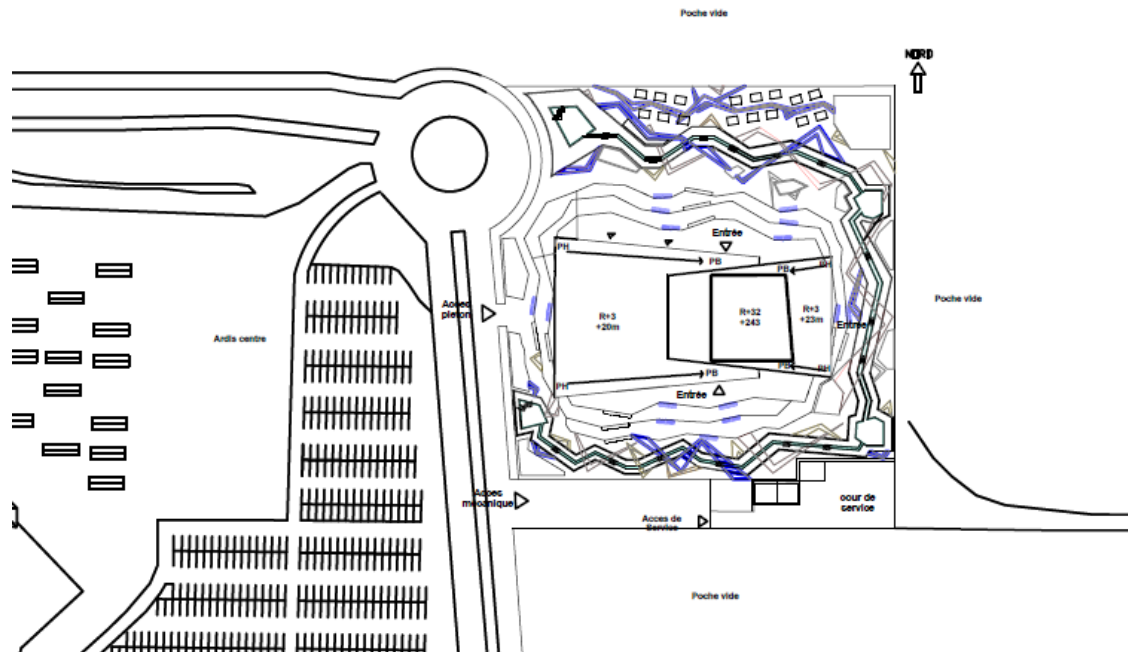


Figure 48 Plan de masse (auteur2020)

4.5. Les 3D

5. La création du modèle d'analyse

Les différentes variables de la façade à double peau qui influent le rendement de la façade à double peau dans le support théorique.

5.1. Les paramètres de conception de la façade à double peau

- a) La largeur de la cavité : 0.90m
- b) Les Dispositifs d'ombrage : /
- c) Les Propriétés de vitrage de la peau extérieure : vitrage double low E : émissivité : 0.10, U-value : 2.4 W/m²K.
- d) La structure de la façade à double peau : multi storey.

5.2. Les paramètres du bâtiment

- a) La hauteur du bâtiment ou bien le nombre des étages du bâtiment : 09 étages (hauteur de chaque étage 04m), hauteur totale du bâtiment 36m.
- b) Les propriétés des matériaux de la couche intérieure de la façade : vitrage simple : U-value : 6W/m²K.
- c) La position et la taille des ouvertures sur la couche intérieure de la façade à double peau : au temps que la structure de la façade à double peau est de type multi storey et le bâtiment est avec un system HVAC complet, donc la façade est sans ouverture totalement transparente.
- d) Type de ventilation : naturel.

5.3. Les paramètres du site

Elle est déterminée par le fichier climatique de la région d'étude Alger utiliser dont la simulation, tel que : l'orientation, l'irradiation solaire, la direction et la vitesse du vent.

5.4. Les paramètres fixes

- a) Les Propriétés de vitrage de la peau extérieure : vitrage double basse émissivité.
- b) La structure de la façade à double peau : multi storey.
- c) La largeur de la cavité : large : 0.9m.
- d) La hauteur du bâtiment ou bien le nombre des étages du bâtiment : 09 étages, 36m.
- e) Les propriétés des matériaux de la couche intérieure de la façade : vitrage simple, U-value : 6W/m²K.

- f) La position et la taille des ouvertures sur la couche intérieure de la façade à double peau : fermé.
- g) Type de ventilation : naturel.

5.5. Les paramètres Variables

- a) Orientation de la façade à double peau : Nord, Sud, Est, Ouest.
- b) Le nombre de l'emplacement de la façade à double peau : une seule façade, deux façades à double peau opposées, deux façades à double peau juxtaposées, trois façades à double peau et quatre façades à double peau.

5.6. La codification des paramètres d'analyse

Selon les données précédentes on a obtenu 15 scénarios avec les différents positionnements de la façade à double peau avec les 04 orientations.

Tableau 4. La codification des paramètres d'analyse, (auteur2020)

Position FDP	Sans FDP	01 FDP				02 FDP opposé				02 FDP Juxtaposé				03 FDP		04 FDP
Orientation	/	S	N	E	O	NS	EO	SE	EN	NO	OS	SEN	ENO	NOS	OSE	EONS
Scénario	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Code	S0	S01	S02	S03	S04	S05	S06	S07	S08	S09	S10	S11	S12	S13	S14	S15

FDP : façade à double peau.

6. Préparation du modèle à l'application expérimentale

Logiciel utilisé pour élaborer la simulation numérique Autodesk Ecotect analysis 2011. La simulation sur logiciel commence par la localisation et l'intégration des données climatiques de la ville étudié : la capitale d'Algérie, Alger.

Ensuite, nous précisons les heures de travail des entreprises, la nature du travail, le type de HVAC system (full air-conditioning), les propriétés thermiques et l'intervalle de la température du confort pour l'utilisateur entre 18° et 26°C. Ainsi les conditions intérieures de l'espace.

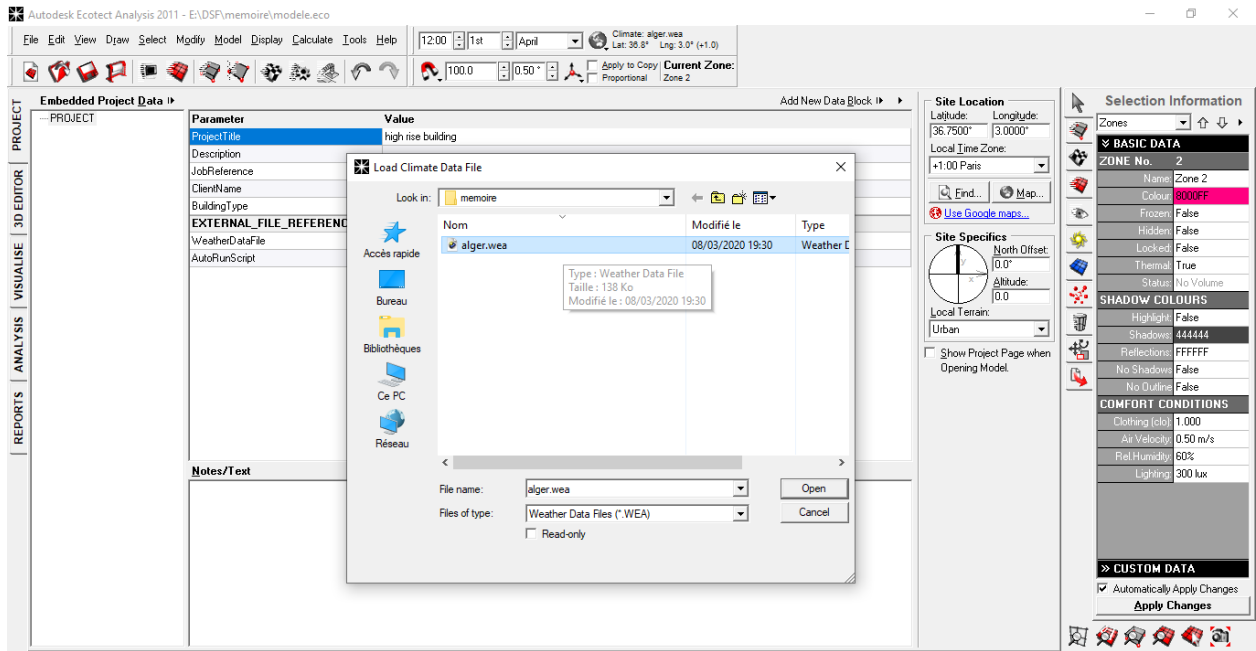


Figure 49 intégration des données climatique de la région d'Alger. (Auteur2020)

Tableau 5 Les Caractéristiques du modèle.
(Auteur2020)

Bâtiment	
Type bâtiment	Administratif
Type de bureau	Open office
Caractéristique	
Heures de travail	08 am-19 pm
Occupants	74
Température de confort	18°C-26°C
Humidité	60 %
Sensible gain	05W/m2
Latent gain	02W/m2
Air change rate	0,5ach
Wind sensitivity	0,25ach
Ventilation	naturel
N° Étages	09
Surface	858m2
Hauteur d'étage	04,00m
HVAC (full AC)	Dual duct VAV
Type de vitrage	
Multi-story	
V simple 06mm	U-value 6Wm2/k
	U-value
V double 04mm	2,4Wm2/k

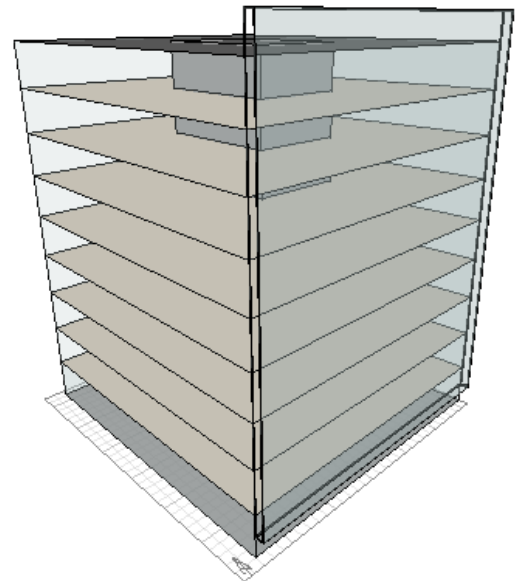


Figure 50 Le modèle de l'expérimentation.

(Auteur 2020)

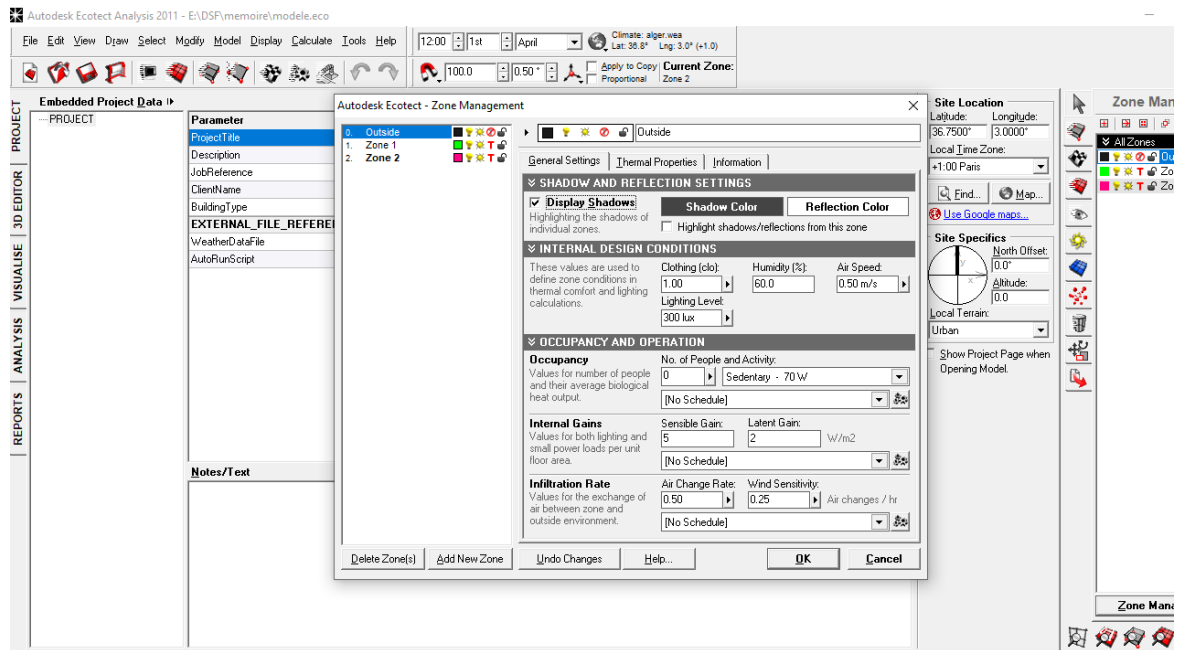


Figure 51 La détermination des conditions intérieures et l'occupation. (Auteur 2020)

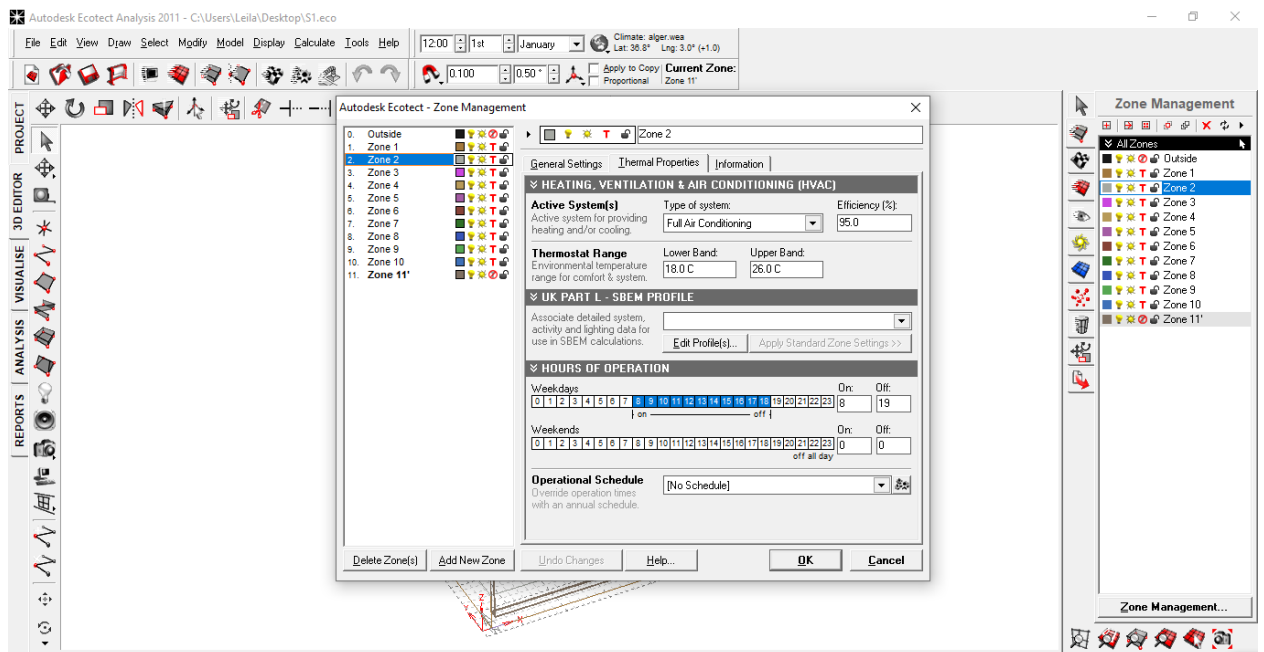


Figure 52 la précision de l'heure, l'activité et l'intervalle de température. (Auteur 2020)

Après l'introduction de tous ces données, nous commençons la création des 15 modèles de simulation dont chaque modèle a ses caractéristiques selon les codes cités dans le tableau des scénarios précédent.

7. Les étapes de l'expérimentation (la simulation)

Après la création du modèle sur logiciel ECOTECH ANALYSIS, on a commencé l'étape suivante de la simulation, en cliquant sur « ANALYSIS » pour démarrer le calcul de la consommation énergétique, puis on sélectionne « Resource consumption » et on cache seulement « Heating/Cooling loads » puis on clique sur « calculate ».

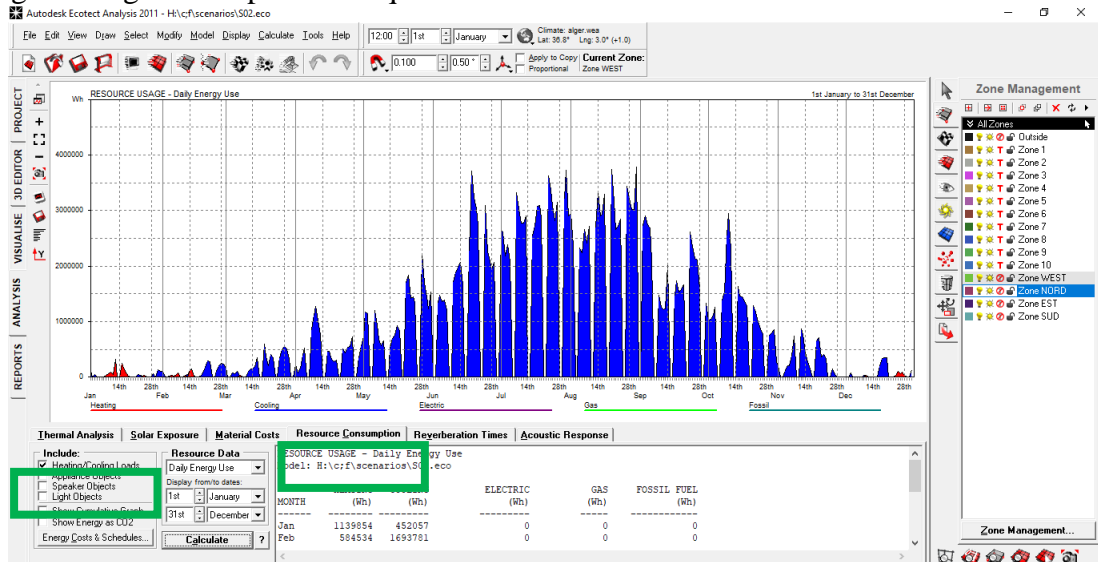


Figure 53 type d'analyse et calculs des résultats, (auteur 2020)

Après que le calcul se termine, l'écran affiche les résultats obtenus en graphe et un tableau qui contient les valeurs de la consommation d'énergie du scénario en climatisation et de chauffage pendant les 12 mois en KW/h.

En sélectionnant ces dernières données et les importer en tableaux numériques sur logiciel MICROSOFT Excel :

Tableau 6 la consommation énergétique de chauffage (KW/h), (auteur 2020)

	S0	S01	S02	S03	S04	S05	S06
Jan	15763,744	18527,568	14432,836	16889,348	13970,262	14009,777	12079,138
Feb	7983,682	10604,861	8240,97	10526,715	7987,348	8290,784	7808,72
Mar	2316,19	2511,59	2043,773	3223,828	1945,234	1536,043	2039,028
Apr	348,391	267,317	279,889	406,578	265,586	207,614	258,775
May	0	0	0	0	0	0	0
Jun	0	0	0	0	0	0	0
Jul	0	0	0	0	0	0	0
Aug	0	0	0	0	0	0	0
Sep	0	0	0	0	0	0	0
Oct	0	0	0	0	0	0	0
Nov	1624,601	1584,684	1094,103	1344,214	1087,929	870,575	621,135
Dec	9374,006	11155,601	8271,45	9902,421	7967,859	8006,786	6582,817

Ensuite, pour plus de cohérence, on va interpréter les résultats en graphes ; deux graphes saisonniers (climatisation et chauffage) en KW/h, ces derniers nous précisent d'apercevoir la dégradation de la consommation énergétique pour chaque scénario.

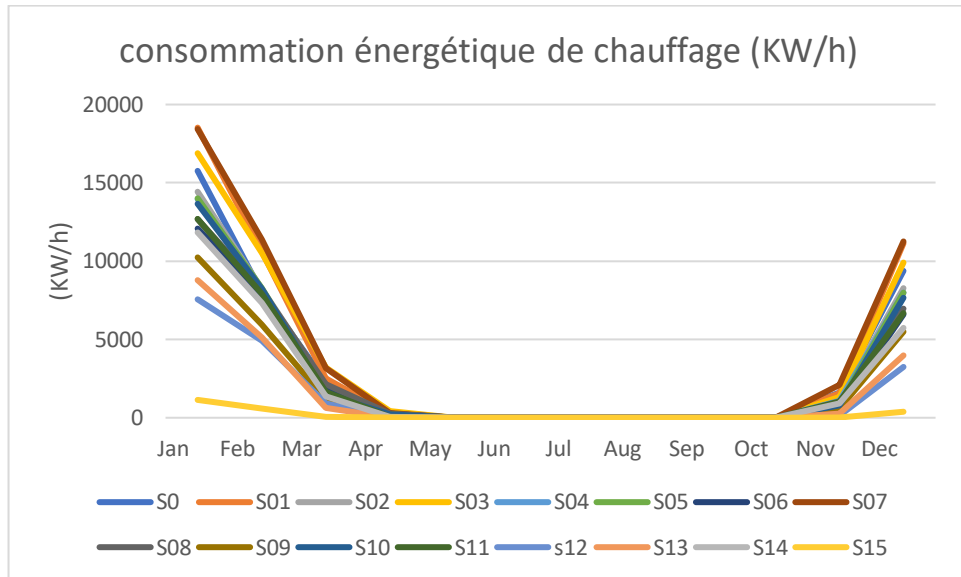


Figure 54 la consommation d'énergie des scenarios en KW/h (auteur2020)

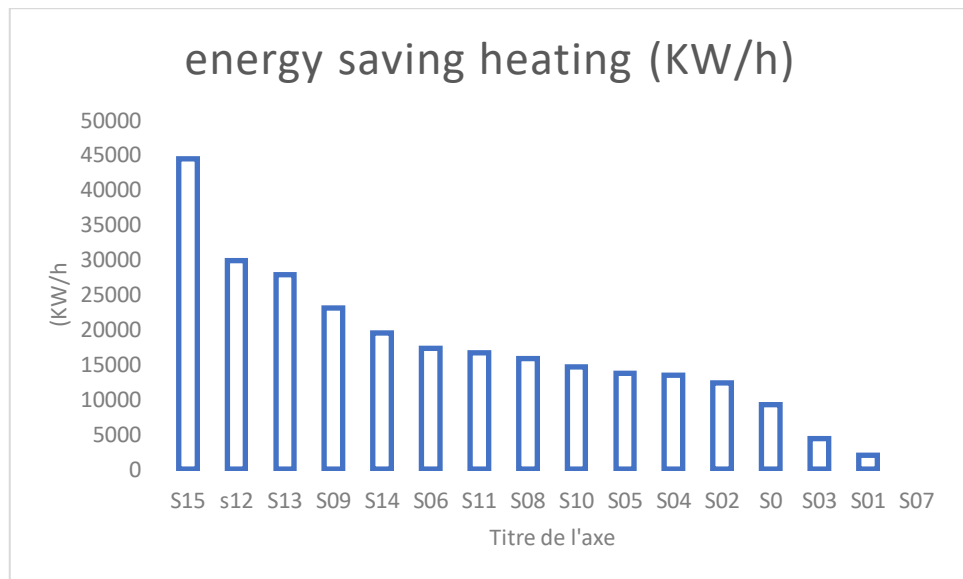


Figure 55 L'économie d'énergie des scenarios en KW/h (auteur2020)

Conclusion

L'interprétation des résultats obtenus en graphes à l'aide du logiciel EXCEL, nous a aider à évaluer :

- La consommation énergétique pour (heating) et (cooling) en KW/h.
- L'économie d'énergie pour (heating) et (cooling) en KW/h.
- Le classement de performance énergétique pour (heating) et (cooling).
- Le Classement totale de performance énergétique plus économie d'énergie pour (heating/cooling).
- Le classement finale de performance énergétique plus économie d'énergie pour (heating/cooling).

Chapitre 5 :
L'application et les
résultats de la simulation

Introduction

Après avoir créé le modèle et préparé toutes les données qu'on a besoin pour affacturer l'expérimentation par une simulation numérique pour avoir des interprétations des résultats obtenus afin d'achever notre objectif qui est un modèle de façade à double peau optimale pour un climat méditerranéen.

1. Vérification générale de la consommation énergétique dans les 15 scénarios et pendant deux période Heating et Cooling

La consommation énergétique mensuel obtenu est analysée grâce à un graphe indiquant les fluctuations de la consommation le long des deux saisons l'été et l'hiver.

Les graphes de la consommation énergétique affichent les courbes de la consommation saisonnière de chaque scénario. L'axe des mois est en abscisse en bas du graphe, alors que les consommations sont indiquées dans l'axe des ordonnées à gauche en KW/h.

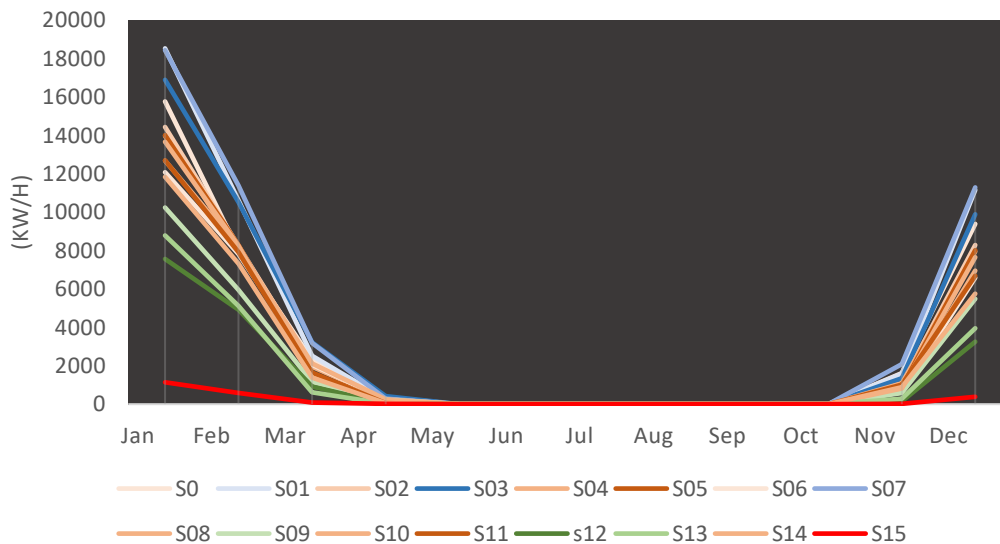
a. La consommation d'énergie pendant la période de chauffage (heating)

Dans ce cas, selon les données climatiques de la ville d'Alger et les résultats acquis par le logiciel Ecotect présenté dans le graph 01. On constate tout d'abord que l'utilisation de chauffage enregistrée pour le confort d'hiver est pendant 06 mois dans l'année, de novembre jusqu'à avril, plus les graphes de tous les scénarios sont divisés en 04 groupes :

- 01^{er} groupe (S15) d'où la consommation d'énergie du bâtiment ne dépasse pas 2000 KW/h pendant toute l'année.
- 02eme groupe (S09, S12, S13), l'intervalle de la consommation d'énergie est entre 8000KW/h et 11000 KW/h en mois de janvier et ne dépasse pas 5000KW/h en mois de Décembre.
- 03eme groupe (S0, S02, S04, S05, S06, S08, S10, S11, S14), l'intervalle de la consommation d'énergie se varie entre 12000KW/h jusqu'à 16000KW/h en mois de janvier alors qu'en mois de décembre la consommation d'énergie est entre 4000KW/h et 8000KW/h.
- 04 groupe (S01, S03, S07), est le plus consommateur dont la somme de la consommation d'énergie varie entre 17000KW/h et 19000KW/h en mois de janvier, alors qu'en mois de décembre la consommation d'énergie ne dépasse pas 12000KW/h

Donc, les mois de janvier et décembre sont les mois où la consommation d'énergie de chauffage est plus élevée dont la somme se varie d'un scenario à un autre.

La consommation d'énergie pendant la période de heating (KW/h)



Graph 1 La consommation énergétique pendant la période de heating en KW/h. (Auteur 2020)

b. La consommation d'énergie pendant la période de refroidissement (Cooling)

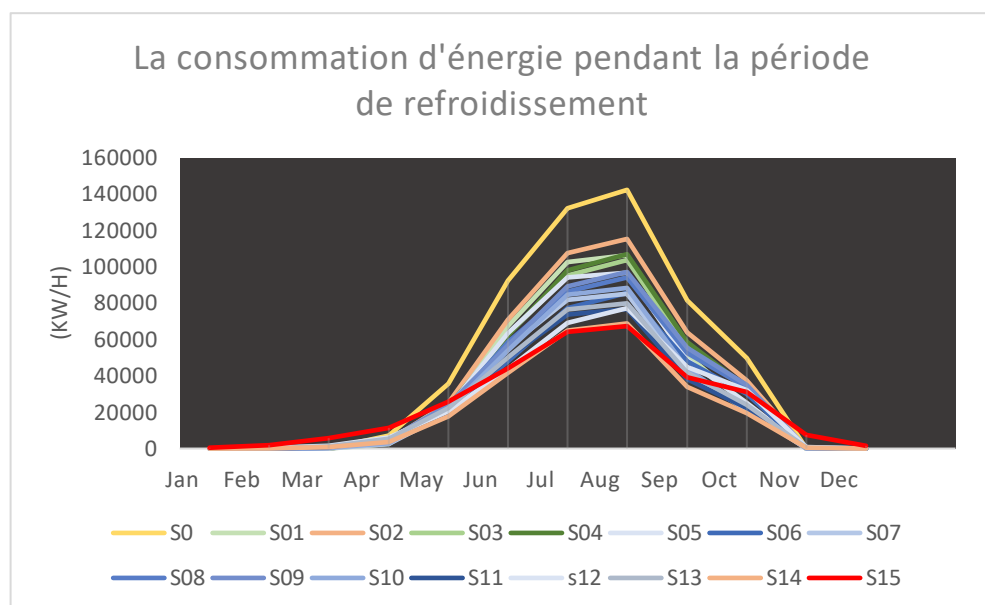
On constate tout d'abord que les mois d'utilisation de climatisation enregistrée pour le confort d'été est divisée en 04 catégories pour les différents scenarios : des scenarios qui consomme pendant 10 mois dans l'année, de février jusqu'à novembre ; autres, l'utilisation de climatisation est pendant 09 mois, de Mars jusqu'à novembre, puis d'autres scenarios pendant 08mois, de Mars à Octobre ; aussi des scenarios pendant 07 mois, du mois d'Avril jusqu'à Octobre et finalement un seul scenario qui consomme de l'énergie dans le bâtiment pendant toute l'année.

Plus les graphes de tous les scénarios montrent que les mois de juillet et Aout sont les mois où la consommation est plus élevée, d'où le pic de la consommation d'énergie de climatisation atteigne au mois d'Aout, puis ça diminue jusqu'à ce qu'il soit éliminé en mois de novembre.

Alors que la consommation d'énergie dans les graphes de tous les scénarios sont divisés en 05 groupes :

- 01^{er} groupe : (S14) d'où la consommation d'énergie du bâtiment atteigne 7000 KW/h en mois d'aout et ça diminue après mais reste active pendant toute l'année.

- 02eme groupe : (S01, S03, S04), l'intervalle de la consommation d'énergie est entre 8000KW/h et 10000 KW/h entre les mois de juillet et aout.
- 03eme groupe : (S05, S06, S07, S08, S09, S10, S11, S12, S13), l'intervalle de la consommation d'énergie se varie entre 11000KW/h jusqu'à 11000KW/h en mois de juillet et aout.
- 04eme groupe : (S02) la somme de la consommation d'énergie touche 12000KW/h en mois d'aout.
- 05eme groupe : (S0), est le plus consommateur dont la somme de la consommation d'énergie atteint 14000KW/h en mois d'aout.



Graph 2 La consommation d'énergie pendant la période de refroidissement en KW/h. (Auteur2020)

2. Vérification de la consommation d'énergie et l'économie d'énergie

a. La consommation d'énergie annuelle des scénarios pendant la période Heating.

Dans le cas proposé pour la période de chauffage, la consommation d'énergie des 15 scénarios fluctue entre une consommation minimale de 2217 KW/h et une consommation d'énergie maximale de 46677 KW/h comme le montre le tableau 06.

Tableau 7 a. La consommation d'énergie annuelle des 15 scénarios pendant la période Heating. (Auteur2020)

Scenario	S0	S01	S02	S03	S04	S05	S06	S07
Consommation annuelle KW/h	37410,6	44651,6	34363,0	42293,1	33224,2	32921,5	29389,6	46676,6
	1	2	2		1	7	1	9
Scenario	S08	S09	S10	S11	S12	S13	S14	S15
Consommation annuelle KW/h	30864,9	23595,2	32045,1	30011,2	16836,8	18793,6	27205,5	2217,44
	3		7	4	2	1	8	

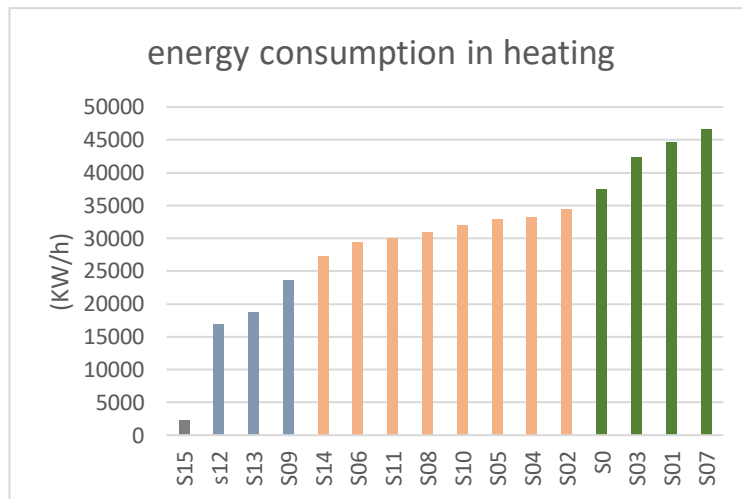
b. Classement des scénarios par consommation énergétique pendant la période heating

D'après le tableau 07, les Graph 3 et graph 4 obtenu de classement les scénarios par consommation d'énergie et économie d'énergie pendant la période de chauffage, On constate que le scénario proposé dont le modèle qui contient 04 façades à double peau dans les 04 orientations est plus performant avec une économie d'énergie de 44459 KW/h, car l'application de 04 façades à double peau a engendrée un effet de serre à l'intérieur du bâtiment, puis les scénarios à 03 façades à double peau tel que (S12 et S13) dont l'orientation est : EST-NORD-OUEST et NORD-OUEST-SUD car ils offrent une économie d'énergie de 27883KW/h à 29840KW/h, puis les scénarios à 02 façades à double peau soit opposées ou juxtaposées offrent une économie d'énergie entre 12314KW/h et 19471KW/h.

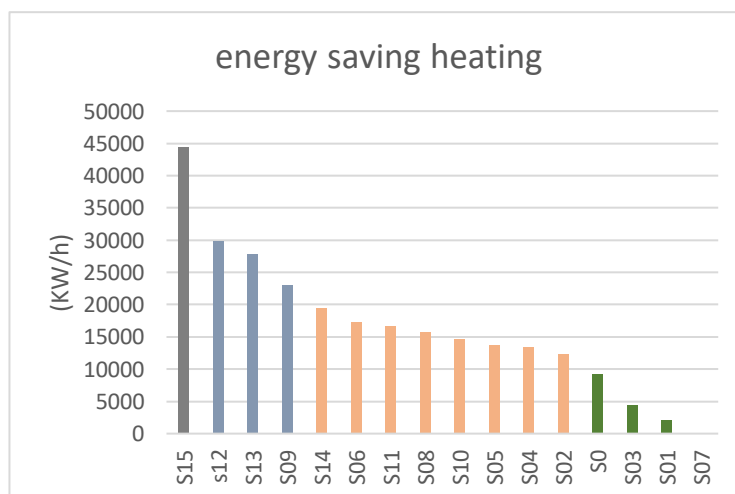
Alors qu'en dernier lieu les scénarios à une seule façade à double peau orientés vers EST, SUD ou SUD-EST sont les moins performants car l'effet de serre apparue se diminue lorsque le nombre de l'application de la façade à double peau dans diminue. Plus, le gain de chaleur existant dans la cavité est évacué vers l'extérieur par l'effet d'Archimède appliqué, donc le transfert de chaleur vers l'intérieur se diminue et alors le bâtiment atteint un pic de consommation d'énergie pour chauffer l'espace.

Tableau 8 b. Classement des scénarios par consommation énergétique pendant la période heating (auteur2020)

Scenario	S15	S12	S13	S09	S14	S06	S11	S08
Consommation annuelle KW/h	2217,44	16836,82	18793,61	23595,20	27205,58	29389,61	30011,24	30864,93
Economie d'énergie	44459	29840	27883	23081	19471	17287	16665	15812
Classement	1	2	3	4	5	6	7	8
Scenario	S10	S05	S04	S02	S0	S03	S01	S07
Consommation annuelle KW/h	32045,17	32921,57	33224,21	34363,02	37411	42293,1	44652	46676,69
Economie d'énergie	14632	13755	13452	12314	9266	4384	2025	00
Classement	9	10	11	12	13	14	15	16



Graph 3 classement des scénarios par consommation énergétique (heating) (auteur 2020)



Graph 4 classement des scénarios par économie d'énergie (heating), (auteur2020)

c. La consommation d'énergie annuelle des scénarios pendant la période Cooling.

Dans le cas proposé pour la période de chauffage, la consommation d'énergie des 15 scénarios fluctue entre une consommation minimale de 300031 KW/h et une consommation d'énergie maximale de 540919 KW/h comme le montre le tableau 09.

Tableau 9 c. La consommation d'énergie annuelle des scénarios pendant la période Cooling. (auteur2020)

Scenario	S0	S01	S02	S03	S04	S05	S06	S07
Consommation annuelle KW/h	540919	377464	424199	376333	386516	353953	313211	307545
Scenario	S08	S09	S10	S11	S12	S13	S14	S15
Consommation annuelle KW/h	352585	363347	317774	286286	296572	301022	251845	300031

d. Classement des scénarios par consommation énergétique pendant la période Cooling

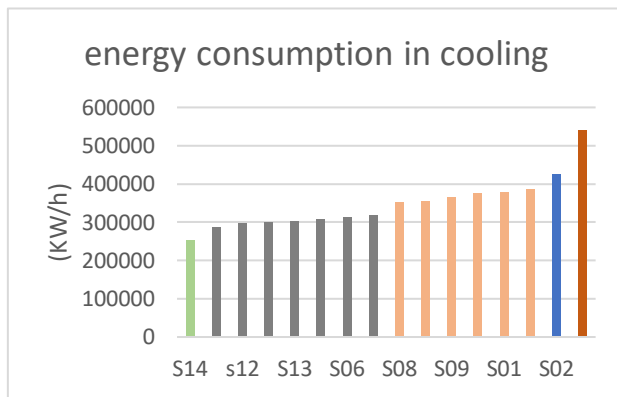
D'après le tableau 10, les Graph 5 et graph 6 obtenu de classement les scenarios par consommation d'énergie et économie d'énergie pendant la période de refroidissement, On constate que le scenario proposé dont le modèle pendant la période de refroidissement le modèle à 03 façades à double peau dont l'orientation est : Est-Sud-Ouest est le plus performant par rapport aux autres scenarios qui sont classés comme suivant: le reste des scenarios avec 03 façades à double peau avec différents orientations avec une économie d'énergie de 239896KW/h à 254633KW/h , en second lieu, les scenarios avec 02 façades à double peau opposées et juxtaposées car ils offrent une économie d'énergie de 177572KW/h à 233374KW/h, puis en troisième position les scenarios avec une seul façade à double peau dans une des 04 orientations d'une faible économie d'énergie qui atteint 116720 KW/h et en dernier lieu le modèle sans façade à double peau qui est classé comme un modelé énergivore avec une consommation de 540919 KW/h.

Les résultats obtenus pendant la période de refroidissement ont montré que le modèle à 03 façades à double peau dont l'orientation est : Est-Sud-Ouest est le plus performant , grâce à l'atténuation de la quantité de chaleur solaire transférer qui a une relation direct avec le trajectoire solaire de la région étudié, plus lorsque la température de l'air dans la cavité augmente, l'air introduit par les ouvertures de la cavité évacue l'excès de chaleur à l'extérieur du bâtiment en apportant un léger courant d'air dans la cavité tout en atténuant le gain de

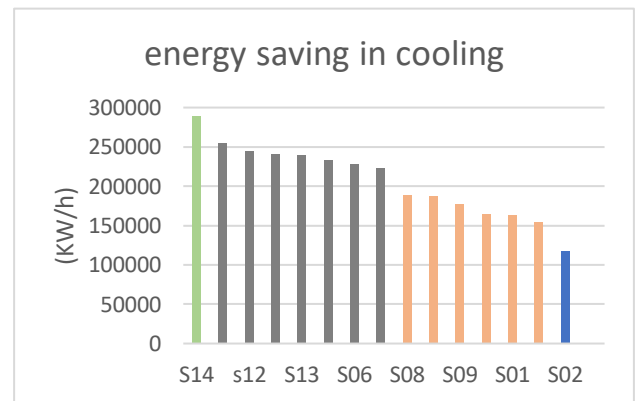
chaleur dont le processus appelé « l'effet de cheminée » et alors diminuer la demande de refroidissement dans l'espace.

Tableau 10. Classement des scénarios par consommation énergétique pendant la période Cooling. (Auteur2020)

Scenario	S14	S11	S12	S15	S13	S07	S06	S10
Consommation annuelle KW/h	251845	286286	296572	300031	301022	307545	313211	317774
Economie d'énergie	289074	254633	244347	240888	239896	233374	227708	223145
Classement	1	2	3	4	5	6	7	8
Scenario	S08	S05	S09	S03	S01	S04	S02	S0
Consommation annuelle KW/h	352585	353953	363347	376333	377464	386516	424199	540919
Economie d'énergie	188334	186966	177572	164586	163455	154403	116720	00
Classement	9	10	11	12	13	14	15	16



Graph 6 classement des scénarios par consommation d'énergie (cooling). (Auteur2020)



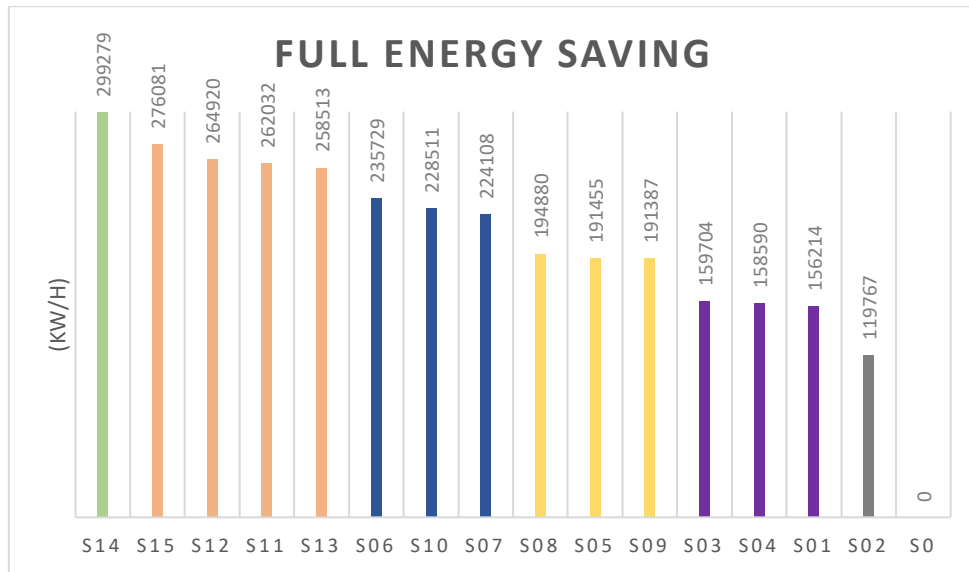
Graph 5 classement du l'économie d'énergie des scénarios (cooling), (auteur2020)

Après avoir établi les analyses des scenarios pour la consommation de climatisation nous donne les résultats suivants :

- **Le nombre de façade à double peau performante** : 03 façade à double peau
- **L'orientation favorable** : Est-Sud-Ouest.

3. Classement générale de la consommation énergétique (cooling/heating)

Selon le classement général des scenarios par consommation d'énergie et économies d'énergie pendant les deux périodes de chauffage et de refroidissement présenté dans le tableau 12 et le Graph07, l'économie d'énergie maximale ont atteint 299279 KW/h.



Graph 7 classement finale de l'économie d'énergie (cooling/heating) en KW/h, (auteur 2020)

Tableau 11 classement générale de la consommation énergétique (cooling/heating)
(auteur2020)

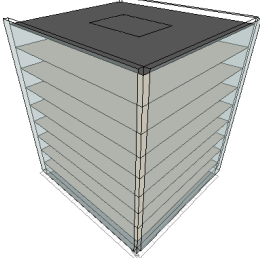

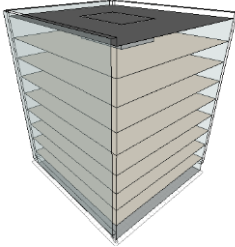
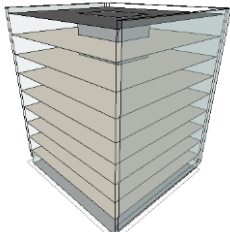
Scenario	S0	S01	S02	S03	S04	S05	S06	S07
Conso heating KW/h	37410,61	44651,62	34363,02	42293,1	33224,21	32921,57	29389,61	46676,69
conso cooling KW/h	540919	377464	424199	376333	386516	353953	313211	307545
eco energie heating KW/h	9266	2025	12314	4384	13452	13755	17287	0
eco energie cooling KW/h	0	163455	116720	164586	154403	186966	227708	233374
Clas pref heating	13	15	12	14	11	10	6	16
clas pref cooling	16	13	15	12	14	10	7	6
Scenario	S08	S09	S10	S11	S12	S13	S14	S15
conso heating KW/h	30864,93	23595,2	32045,17	30011,24	16836,82	18793,61	27205,58	2217,44
conso cooling KW/h	352585	363347	317774	286286	296572	301022	251845	300031
eco energie heating KW/h	15812	23081	14632	16665	29840	27883	19471	44459
eco energie cooling KW/h	188334	177572	223145	254633	244347	239896	289074	240888
Clas pref heating	8	4	9	7	2	3	5	1
clas pref cooling	9	11	8	2	3	5	1	4

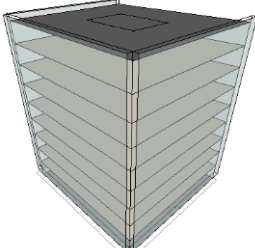
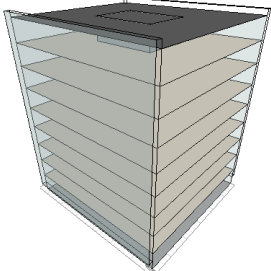
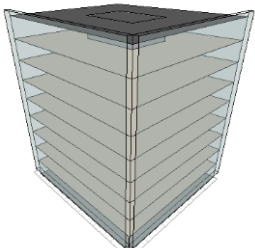
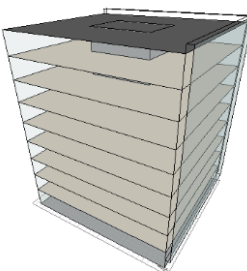
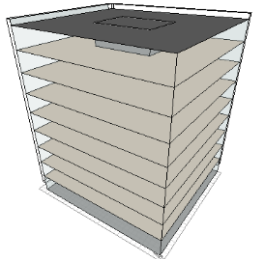
En conclusion, le modèle le plus performant est S14 : un modèle avec 03 façade à double peau dans l'orientation Est-Sud-Ouest et le modèle le moins performant c'est S0 : un bâtiment sans façade à double peau.

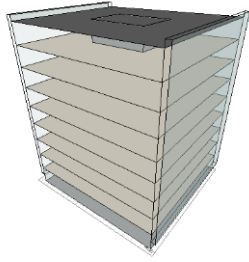
4. Décodification du classement finale des scénarios

Après avoir établi le processus de simulation des 15 différents scénarios et analysé leur rendement en termes de consommation d'énergie en période de chauffage et de refroidissement et leur potentiel d'économie d'énergie, nous avons réussi à classer les 15 scénarios du scénario le plus efficace au scénario énergivore.

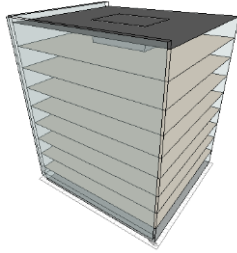
Tableau 12 tableaux de décodifications des scénarios avec classement, (auteur2020)

	Classement	01
	Code	S14
	Orientation	EST-SUD-OUEST
	Nombre de façade à double peau	03
	Classement	02
	Code	S15
	Orientation	EST-SUD-OUEST-NORD
	Nombre de façade à double peau	04
	Classement	03
	Code	S12
	Orientation	EST-NORD-OUEST
	Nombre de façade à double peau	03
	Classement	04
	Code	S11
	Orientation	SUD-EST-NORD
	Nombre de façade à double peau	03
	Classement	05

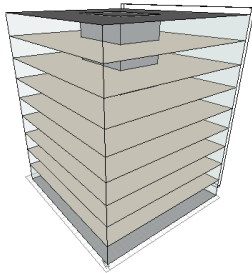
	Code	S13
	Orientation	NORD-OUEST-SUD
	Nombre de façade à double peau	03
	Classement	06
	Code	S06
	Orientation	EST-OUEST
	Classement	07
	Code	S10
	Orientation	OUEST-SUD
	Classement	08
	Code	S07
	Orientation	SUD-EST
	Classement	09
	Code	S08
	Orientation	NORD-EST
	Classement	10



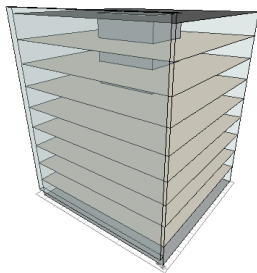
Code	S05
Orientation	NORD-SUD
Nombre de façade à double peau	02



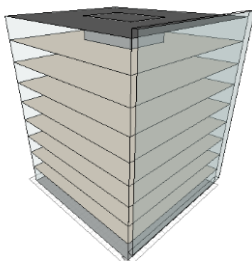
Classement	11
Code	S09
Orientation	NORD-OUEST
Nombre de façade à double peau	02



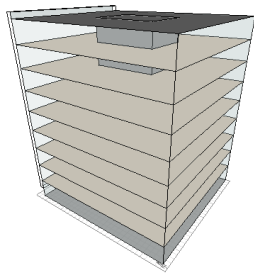
Classement	12
Code	S03
Orientation	EST
Nombre de façade à double peau	01



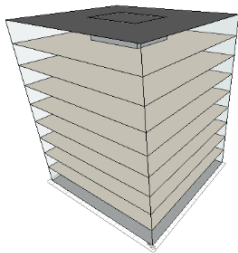
Classement	13
Code	S04
Orientation	OUEST
Nombre de façade à double peau	01



Classement	14
Code	S01
Orientation	SUD
Nombre de façade à double peau	01



Classement	15
Code	S02
Orientation	NORD
Nombre de façade à double peau	01



Classement	16
Code	S0
Orientation	/
Nombre de façade à double peau	SANS

Conclusion

L'expérimentation de la façade à double peau comme un outil d'amélioration de la performance énergétique dans un bâtiment à caractères administratifs dans un climat méditerranéen établit a montré que la façade à double peau joue un rôle important dans l'exténuation de la consommation d'énergie du bâtiment. A l'aide de cette recherche, nous sommes arrivés un modèle de façade à double peau optimale pour un climat méditerranéen à la ville Alger.

En conclusion, nous avons conclu que le modèle de la façade à double peau optimale est celui appliquer dans les 03 cotés dont l'orientation est : EST-SUD-OUEST, car ce modèle a une capacité de réduire la consommation d'énergie pendant la période de chauffage 72 % et pendant la période de refroidissement la consommation a diminué à 46.5 %.

Tableau 13 Les Caractéristiques de modèle de la façade à double peau optimale. (Auteur2020)

Bâtiment	
Type bâtiment	Administratif
Type de bureau	Open office
Caractéristique	Valeur
Heures de travail	08 am-19 pm
Occupants	74
Température de confort	18°C-26°C
Humidité	60 %
Sensible gain	05W/m2
Latent gain	02W/m2
Air change rate	0,5ach
Wind sensitivity	0,25ach
N° Étages	09
Surface	858m2
Hauteur d'étage	04,00m
HVAC (full AC)	Dual duct VAV
Façade à double peau	Multi-story
Cavité	90cm
Ombrage	/
Ventilation	Naturel
V ext double 04mm	U-value 2,4Wm2/k
V int simple 06mm	U-value 6Wm2/k

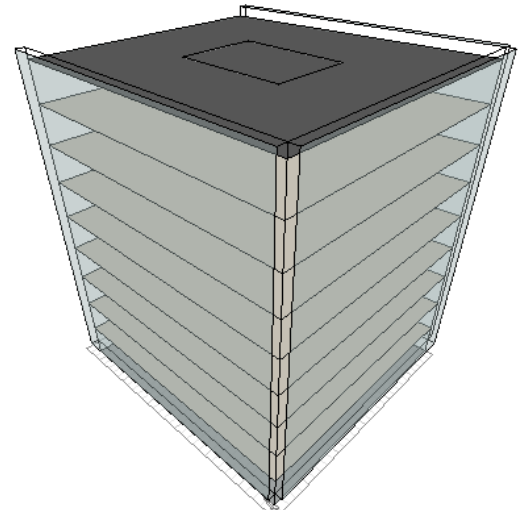


Figure 56 modèle optimale de la façade à double peau (auteur2020)

Conclusion Générale

Concevoir soigneusement la façade d'un bâtiment signifie accroître son potentiel d'économie d'énergie. Une « façade à double peau » est l'une des meilleures techniques pour protéger l'environnement intérieur des changements climatiques et des risques environnementaux externes.

Cette recherche présente une étude sur l'utilisation de la façade double peau comme un outil d'amélioration de la performance énergétique dans un bâtiment administratif dans un climat méditerranéen à Alger.

L'objectif de cette recherche est de tester la fiabilité de la façade à double peau, type MULTI-STOREY et de tester l'impact des deux variables « L'orientation et le nombre de l'application de la façade à double peau dans le bâtiment » en termes de performance énergétique dans un bâtiment à caractère administratif dans un climat méditerranéen (Csa) à Alger et de créer un modèle de façade à double peau adapté à ce climat.

Pour atteindre l'objectif visée, on a créé des modèles de bâtiment à caractère administratifs de 09 étages avec des façades à double peau de type MULTI-STOREY, la largeur de la cavité de 90cm, vitrage simple pour la couche intérieur et vitrage double à l'extérieur dont la ventilation naturelle à l'intérieur de la cavité et avec les paramètres d'évaluation du modèle de la façade à double peau incluaient : une façade simple, façades opposées et juxtaposées, trois façades et quatre façades sur les 04 orientations principales, on a entamé une expérimentation par la simulation de 15 scénarios à l'aide du logiciel de simulation ECOTECH ANALYSYS pour pouvoir fournir une lecture annuelle selon la consommation d'énergie pendant la saison de chauffage et de refroidissement, afin de classer les scénarios du scénario le plus efficace au pire selon leur économie d'énergie.

Les principales déductions qui peuvent être déduites des résultats de cette recherche sont :

- La façade double peau (DSF) s'est avérée très utile et importante dans les bâtiments à caractère administratif en climat méditerranéen.
- Le nombre d'applications de la façade à double peau est de 03 façades.
- L'orientation optimale pour l'application de la façade à double peau est EST-SUD-OUEST.

Le modèle à 03 façades à double peau dont l'orientation est : EST-SUD-OUEST a une capacité de réduire la consommation d'énergie pendant la période de chauffage à 72 % et pendant la période de refroidissement à 46.5 %.

Alors, l'hypothèse prédit : « le type MULTI-STOREY_ de la façade à double peau à une capacité d'améliorer la performance énergétique d'un bâtiment à caractère administratif dans un climat méditerranéen.

L'orientation de la façade à double peau influent le rendement de la façade à double peau et le nombre de l'application de la façade à double peau dans les différentes façades du bâtiment participe à l'amélioration de la performance énergétique d'un bâtiment. » est bien confirmé.

Au final, la façade à double peau est coûteuse mais elle est plus rentable à long terme. Alors que les recherches en façade double peau doivent être poursuivies et plus développées dans de nombreux aspects et différents paramètres afin de bien comprendre les défis, les effets et les implications de celle-ci et de trouver le modèle idéal de façade double peau qui convient aux changements climatiques méditerranéens pour créer un environnement plus confortable et écologique pour les usagers et économise les ressources énergétiques du bâtiment.

Références et Bibliographies

- Azarbayjani, m. (2010). Beyond arrows: energy performance of a new, naturally ventilated double-skin facade configuration for a high-rise office building in chicago. Urbana, illinois, university of illinois at urbana-champaign. Phd in architecture.
- Benlakehel safa, b. S. (2016). "les critaires de la qualite des espaces interieur dans le centre multifonctionnel."
- Bonham, M. B. (2020). Bioclimatic Double-Skin Facades, Routledge.
- CivilConstructionTips (2017). "Building Stack Ventilation System ". Retrieved 20.02, 2020, from <http://civilconstructiontips.blogspot.com/2017/10/building-stack-ventilation-system.html>.
- Climatsdumonde (2020). "climat Algerie." From <https://www.climatsetvoyages.com/climat/algerie>.
- designingbuilding (2020). "Mechanical ventilation of buildings." Retrieved 27.02, 2020, from https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Mechanical_ventilation_of_buildings#Types_of_mechanical_ventilation.
- Direction de la justice, d. a. c. e. d., et al. (2015). Guide de calcul du nombre de places de stationnement nécessaires selon les articles 49 à 56 OC.
- Djelailia, s. e. (2017). architecture, university of tebessa. master of science.
- Dyke, A. (2014). "AUTOMATIC NATURAL VENTILATION: SIMPLE OR COMPLICATED?". Retrieved 20.02, 2020, from <https://www.abec.co.uk/info-centre/blog/blog/automatic-natural-ventilation-simple-or-complicated#.Xk6SImhKjIU>.
- Fekkous, N. (2018). "La qualité environnemental et la mixité fonctionnelle -Centre multifonctionnel." master 02.
- Google earth pro (2018).
- KHANNA, M. (2020). "DIFFERENT TYPES OF OFFICE LAYOUTS." 2020, from <https://www.commercialproperty2sell.com.au/blog/2018/03/different-types-of-office-layouts.php>.
- Laydaycia el khansa, L. A. (2012). Centre multifonctionnel à SKIKDA, constantine university. diplome d'architecte D'état.

-
- Matthias H, A. A. (2006). SIMULATION OF DOUBLE-SKIN FACADES FOR HOT AND HUMID CLIMATE. Second National IBPSA. USA Conference Cambridge, MA.
 - Mayer, n. (2019). "Climat méditerranéen." Retrieved 31.12, 2019, from <https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/climatologie-climat-mediterraneen-16806/>.
 - moffittcorporation (2019). "NATURAL VENTILATION DEFINITION – WHAT IT MEANS." Retrieved 20.02, 2020, from <https://www.moffittcorp.com/natural-ventilation-definition/>.
 - moffittcorporation (2019). "WHAT IS CROSS VENTILATION FROM MOFFITT?". Retrieved 20.02, 2020, from <https://www.moffittcorp.com/wind-effect-cross-ventilation/>.
 - MULYADI, R. (2012). Study on naturally ventilated double-skin façade in hot and humid climate. Department of Environmental Engineering and Architecture, Nagoya University. Doctor of Engineering.
 - neufert, E. (1936). Des éléments des projets des constructions.
 - Pereira, M. (2018). "Cross Ventilation, the Chimney Effect and Other Concepts of Natural Ventilation." Retrieved 20.02, 2020, from <https://www.caddownloadweb.com/cross-ventilation-the-chimney-effect-and-other-concepts-of-natural-ventilation/>.
 - Poirazis, H. (2006). Double Skin Façades A Literature Review. sweden, Lund University, Lund Institute of Technology.
 - Sabrina Barbosa, K. I. (2014). "Perspectives of double skin façades for naturally ventilated buildings: a review." Renewable & Sustainable Energy Reviews.
 - Sackey, c. (2009). Mixed-use development an urban design approach to cities in developing countries. The department of architecture, kwame nkrumah university of science and technology. Master of architecture.
 - Saelens, d. (2002). Energy performance assessment of single storey multiple-skin facades. Departement burgerlijke bouwkunde, katholieke universiteit leuven. Phd in applied science.
 - Souza, E. (2019). "How Do Double-Skin Façades Work?". Retrieved 15.11, 2019, from <https://www.archdaily.com/922897/how-do-double-skin-facades-work>

-
- urban-hub (2019). "Mixed-use buildings: make the most of your building." Retrieved 26.11, 2019, from <https://www.urban-hub.com/buildings/mixed-use-buildings-for-diversified-sustainable-sites/>.
 - vefsafn (2009). "Autodesk Ecotect Analysis." from <http://wayback.vefsafn.is/wayback/20091118210953/http://usa.autodesk.com/adsk/ser-vlet/pc/index?id=12602821&siteID=123112>.
 - Walid Rabehi, M. G., Habib Mahi (2018). "Cartographie de la vulnérabilité des communes de la baie d'Alger Approche
 - Weatherspark (2020). "meteo habituelle a Alger."
 - Yellamraju, v. (2004). Evaluation and design of double-skin facades for office buildings in hot climates, texas a&m university, master of science.
 - Zouai, A. (2008). Centre multifonctionnel à Alger, université Laarbi tebessi. Diplôme d'architecte D'état.

