



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 solaire adaptative comme un outil d'aide d'amélioration de  
la performance énergétique d'un bâtiment  
Cas d'un centre commercial à Tébessa**

Elaboré par :  
ABIDAT Zakaria

Encadré par :  
Mr. AHRIZ Atef

**Soutenu devant le jury composé de :**

- 01- Mr. Laid Hichem
- 02- Mr. Ahriz Atef
- 03- Mr. Fares Ali
- 04- M<sup>me</sup> Lacheheb Sara + M<sup>me</sup> Zghichi Sara

Président  
Rapporteur  
Examineur  
Co-encadreur

Année universitaire : **2019/2020**

<b>Sommaire</b>	page
<b>Sommaire</b> .....	<b>I</b>
<b>Résumé</b> .....	<b>IV</b>
<b>Liste des figures</b> .....	<b>VI</b>
<b>Liste des tableaux</b> .....	<b>VIII</b>

## **Chapitre Introductif : Introduction Générale**

1. Introduction .....	1
2. Questions de recherche.....	1
3. Hypothèses.....	1
4. Objectifs.....	2
5. Méthode de recherche.....	2
6. Structure du mémoire .....	2

## **Chapitre 1 : Façades adaptative**

Introduction.....	4
1. Définition de L'enveloppe architecturale .....	4
2. L'enveloppe adaptative d'un bâtiment .....	5
3. Les façades architecturales .....	5
3.1. Les façades adaptives .....	5
3.2. Types de façades adaptives.....	6
4. La façade solaire adaptative .....	10
4.1. La conception de FSA .....	10
4.2. Procédé de design .....	13
4.3. Control système .....	14
Conclusion .....	15

## **Chapitre 2 : les centres commerciaux**

Introduction.....	16
1. Recherche thématique sur le commerce .....	16
1.1. Définition du commerce .....	16
1.2. Développement historique du commerce .....	16
1.3. Classification des équipements commerciaux.....	18
2. Architecture des centres commerciaux.....	18
2.1. Définition d'un centre commercial.....	18

2.2.	Classification des centres commerciaux.....	18
2.3.	Exigence technique et conceptuelle.....	19
3.	Analyse d'exemples .....	26
	Conclusion .....	32

### **Chapitre 3: les panneaux photovoltaïques**

	Introduction.....	33
1.	Cellule photovoltaïque.....	33
2.	Les facteurs jouent sur la production d'un panneau photovoltaïque .....	34
2.1.	La puissance du panneau solaire .....	34
2.2.	Rendement de l'installation.....	35
3.	Types des panneaux photovoltaïques .....	36
4.	L'énergie produite .....	39
5.	Présentation de logiciel PVGIS .....	40
6.	Terminologie .....	40
	Conclusion .....	41

### **Chapitre 4: Cas d'étude**

	Introduction.....	42
1.	Présentation de ville de Tébessa.....	42
1.1.	Situation géographique.....	42
1.2.	Le climat de la ville de Tébessa.....	43
2.	Présentation du cas d'étude (mall commercial).....	43
2.1.	Terrain .....	43
2.2.	Description du cas d'étude .....	45
a.	Le programme.....	45
b.	Les plans .....	48
c.	Les Façades.....	55
3.	Création du modelé d'analyse .....	56
4.	Méthode de l'expérimentation.....	61

### **Chapitre 5 : Application de la technologie de façade solaire adaptative**

	Introduction.....	63
1.	Analyse du rendement d'un panneaux PV sur la façade Sud et la façade Ouest .....	63
1.1.	Façade sud .....	63

1.2. Façade ouest .....	64
2. Résultat récapitulatif de la façade mobile.....	66
2.1. Façade sud .....	66
2.2. Façade Ouest.....	67
3. Résultat PV fixe et PV mobile.....	68
4. Proposition des façades .....	70
Conclusion .....	72
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>73</b>
<b>Références et bibliographie .....</b>	<b>75</b>

## Résumé

L'enveloppe architecturale ne se limite plus à la forme et à la beauté, mais elle peut être utilisée pour devenir plus fonctionnelle et utile, et à la lumière de la technologie qui est devenue l'un des éléments qui peuvent être combinés avec l'enveloppe architecturale pour devenir plus développé.

À la lumière de cette idée, nous avons étudié la technologie de la façade solaire adaptative et son effet sur la façade architecturale, par rapport au façades solaire classique.

Grâce à cette étude, que nous avons appliquée à un mall commercial dans la zone de Boulhaf Al-Dir dans la ville de Tébessa, nous avons essayé de surveiller le rendement énergétique produit par l'interface solaire adaptée et de le comparer avec la façade solaire classique, par les outils informatiques (le logiciel de simulation « PVGIS »)

Le mémo contient sur la partie théorique des généralités sur les centres commerciaux, la façade adaptative et les panneaux solaires. Comme pour le chapitre appliqué, nous avons Discutez des résultats et traduisez-les sur l'interface du projet.

Les résultats obtenus à la fin de l'étude montrent que les façades solaires adaptatives ont la capacité de produire plus d'énergie que les façades solaires classique, en plus de la touche esthétique que vous ajoutez à la couverture architecturale.

### Mots clés :

**L'enveloppe architecturale, la technologie, la façade solaire adaptative, façades solaire classique, mall commercial, le rendement énergétique, panneaux solaires.**

## الملخص:

لم يعد الغلاف المعماري يقتصر على الشكل والجمال فقط بل أصبح بالإمكان استغلاله ليصبح أكثر وظيفية وفعلاً، وهذا في ظل التكنولوجيا التي أصبحت من العناصر التي يمكن دمجها مع الغلاف المعماري ليصبح أكثر تطوراً.

في ظل هذه الفكرة قمنا بدراسة تكنولوجيا الواجهة الشمسية المتكيفة وتأثيرها على الواجهات المعمارية، مقارنة بالواجهات الشمسية التقليدية.

من خلال هذه الدراسة التي قمنا بتطبيقها على مول تجاري في منطقته بولحاف الدير بمدينة تبسة، حاولنا متابعة الحصيلة الطاقية التي تنتجها الواجهة الشمسية المتكيفة ومقارنتها مع الواجهة الشمسية التقليدية، بواسطة أدوات الكمبيوتر (برنامج محاكاة "PVGIS").

تحتوي المذكر في الجزء النظري على عموميات حول المراكز التجارية، الواجهة التكيفية والألواح الشمسية، أما الفصل التطبيقي فهو حوصله النتائج وترجمتها على واجهه المشروع.

النتائج المتحصلة عليها في نهاية الدراسة توضح ان الواجهات الشمسية المتكيفة لها القدرة على انتاج طاقة أكبر من الواجهات الشمسية التقليدية، بالإضافة الى اللمسة الجمالية التي تضيفها الى الغلاف المعماري.

## الكلمات الدالة:

الغلاف المعماري، التكنولوجيا، الواجهة الشمسية التكيفية، الواجهات الشمسية الكلاسيكية، مراكز التسوق، كفاءة الطاقة، الألواح الشمسية.

## Liste des figures

<b>Titre</b>	<b>Page</b>
Figure1. 1 Enveloppe architecturale.	4
Figure1. 2 Système de Fenêtres convertibles.	6
Figure1. 3 Systèmes de fenêtrage complexes dynamiques (les frites de verre).	7
Figure1. 4 Système de Verre rayonnant	8
Figure1. 5 Système de Façade ventilée à double peau	8
Figure1. 6 Toits verts et façades vertes	9
Figure1. 7 A : structure de la Façade solaire adaptative. B : La façade sert de médiateur entre l'environnement intérieur et extérieur et remplit diverses fonctions	10
Figure1. 8 Module de façade solaire adaptative	10
Figure1. 9 L'idée d'une cellule photovoltaïque lorsque le photon tombe sur la cellule	11
Figure1. 10 le cadre et les câbles.	11
Figure1. 11 La conception de cantilever	12
Figure1. 12 Cinématique de l'actionneur. a) l'actionneur. (b), (c) et, (d) montrent respectivement les première, deuxième et troisième chambres.	13
Figure1. 13 Procédé de design de FSA	14
Figure1. 14 Vue arrière sur le module FSA pour la configuration du suivi solaire.	15
Figure2. 1 Développement historique du commerce	17
Figure2. 2 Vente fermée	20
Figure2. 3 Magasins spécialisés	20
Figure2. 4 Type Grands magasins	21
Figure2. 5 Exemple hypermarché	21
Figure2. 6 Les grands halls, les rues commerçantes	22
Figure2. 7 Circulation par ascenseur	22
Figure2. 8 Circulation par les escaliers mécanique	23
Figure2. 9 Types d'organisation spatial	23
Figure2. 10 Organisation central	24
Figure2. 11 Organisation linéaire	24
Figure2. 12 plans C.C Bab Zouar	25
Figure2. 13 Organisation composé	25
Figure2. 14 Coupes centre commercial Bâb el Zouar	27
Figure2. 15 Coup centre commercial Novy Smichov	28
Figure2. 16 coup Park Mall Sétif	28
Figure2. 17 Présentation des logos sur la City Point Kassel Allemagne	29
Figure2. 18 Siège de Tianhong Chine	30
Figure2. 19 organisation spatiale sur le plan de City Life Milan	31
Figure2. 20 organisation spatiale sur le plan de City Life Milan	31
Figure3. 1 Cellule photovoltaïque Le composant principal d'un panneau photovoltaïque	33
Figure3. 2 Les composants d'un cellule photovoltaïque	34

Figure3. 3 L'inclinaison des panneaux	35
Figure3. 4 L'orientations des panneaux (Azimut)	36
Figure3. 5 Type de couche mince	38
Figure 4.1 Situation géographique de la ville de Tébessa	42
Figure 4.2 Situation du terrain	43
Figure 4.3 Accessibilité au terrain	44
Figure 4.4 coupe A-A sur le terrain	44
Figure 4.5 Coupe B-B sur le terrain	45
Figure 4.6 Plan 01: Plan de masse	48
Figure 4.7 Plan 02: Plan d'ensemble	49
Figure 4.8 Plan 01: Plan RDC	50
Figure 4.9 Plan 02: Plan R +1	51
Figure 4.10 Plan 03: Plan R+ 2	52
Figure 4.11 Plan 04: Plan R+ 3	53
Figure 4.12 Plan 05: Plan R+ 4	54
Figure 4.13 Façade ouest	55
Figure 4.14 Façade sud	55
Figure 4.15 étapes principale de l'expérimentation	56
Figure 4.16 hauteur du soleil de la ville de Tébessa	57
Figure 4.17 La durée du jour	58
Figure 4.18 la production bruit au mois de janvier, à l'heur de 9 du matin (la façade mobile)	58
Figure 4.19 la production bruit au mois de janvier ( façade fixe sud)	59
Figure 4.20 Schéma de panneau mobile	60
Figure 4.21 Schéma de panneau fixe	61
Figure 4.22 Les étapes de l'expérimentation	62
Figure5. 1 rendement mensuelle de panneaux mobiles/fixe sur la façade sud	64
Figure5. 2 rendement mensuelle de panneaux mobiles/fixe sur la façade ouest	65
Figure5. 3 Production horaire façade sud	67
Figure5. 4 Production horaire façade ouest	68
Figure5. 5 la production annuelle de l'énergie (panneaux fixe et mobiles)	69
Figure 5.6 Proposition 02 de la façade sud ET ouest avec les panneaux mobiles	70
Figure 5.7 Proposition 01 de la façade sud ET ouest avec les panneaux mobiles	71

## Liste des tableaux

<b>Titre</b>	<b>Page</b>
Tableau2. 1 Classification des équipements commerciaux Selon la surface de vente	18
Tableau 2.2 Classification des centres commerciaux Selon localisation	19
Tableau2. 3 comparaison du programme de trois exemples des centres commerciaux	26
Table3. 1 comparaison entre les é types de cristallin	37
Tableau 4. 1 programme qualitative ET quantitative	45
Tableau 4.2 informations dont le PVGIS a besoin.	57
Tableau 4.3 Méthode de calcul de la production, façade mobile	60
Table5. 1 la quantité d'énergie produite pour les panneaux fixe et mobile (façade sud)	63
Table5. 2 la quantité d'énergie produite pour les panneaux fixe et mobile	65
Table5. 3 production des panneaux mobiles pour la façade sud pendant les heures de la journée	66
Table5. 4 production des panneaux mobiles pour la façade ouest pendant les heures de la journée	67
Table5. 5 résultats des paneaux mobiles	69
Table5. 6 résultats des paneaux fixe	69

# **Chapitre Introductif**

## 1. Introduction

Les nouvelles innovations technologiques, et les systèmes issus de l'environnement, ainsi que les structures de contrôle à distance, ont conduit à l'émergence d'une nouvelle série d'idées, qui ont été intégrées dans le domaine de l'architecture et ont créé un état dynamique actif.

Ces innovations ont donné un caractère nouveau et spécial à l'architecture et la capacité de s'adapter à l'océan. Nous trouvons parmi les plus importantes de ces innovations les façades adaptatives. Elles sont devenues l'un des plus réussis ajouts touchant l'aspect architectural, grâce à l'apparition sur les façades de nombre important de projets. Tels que l'aéroport international de Brisbane en Australie, les tours de mer à Abou Dhabi. Et Kiefer showroom en Indonésie, au climat chaud.

Les façades adaptatives aujourd'hui jouent un rôle important dans la production d'énergie et la réponse au changement climatique, où elles peuvent adapter avec ces changements, ce qui améliore l'efficacité des bâtiments. D'où le développement de différentes contributions et différents types couvrant différentes combinaisons des cinq sous-domaines ; le rayonnement solaire, le flux d'air, le stockage thermique, l'évapotranspiration et le transfert de chaleur.

L'importance de ces façades solaires adaptatives (FSA), c'est une des nouvelles techniques ayant différentes caractéristiques, où elles ont la capacité de modifier de manière répétée et réversible certaines de leurs fonctions, caractéristiques ou comportements au fil du temps en réponse à l'évolution des exigences de performance et des conditions aux limites variables.

## 2. Questions de recherche

Pour atteindre cet objectif on a focalisé notre attention sur les questions suivantes :

- Quel est l'impact de la façade adaptative sur l'amélioration de la performance énergétique d'un bâtiment commercial sous un climat semi-aride ?
- Quel type de façade adaptative à choisir pour un mall commercial sous un climat semi-aride ?
- Quels sont les critères de choix de l'emplacement et de l'orientation de la Façade Adaptive choisie ?

## 3. Hypothèses

- La façade adaptative améliore les performances énergétiques des bâtiments grâce à l'énergie fournie.

- La Façade Solaire Adaptive peut offrir la meilleure amélioration de la performance énergétique d'un bâtiment commercial sous un climat semi-aride.
- On peut installer la Façade Solaire Adaptive selon le parcours solaire et l'angle d'incidence.
- La façade solaire adaptative est mieux orientée du sud-est au sud-ouest.

### 4. Objectifs

Afin de clarifier recherche on focaliser notre attention sur les objectifs suivants :

#### Objectifs principaux

- Améliorer la performance énergétique d'un bâtiment commercial sous un climat semi-aride à travers la Façade Solaire Adaptive.
- Comparer la quantité d'énergie produite par la Façade Solaire Adaptive par rapport la façade solaire classique.

#### Objectifs secondaires

- Présentez la Façade Solaire Adaptive, le rôle et sa méthode de travail.
- Mesurer la quantité d'énergie que l'interface adaptative peut produire.

### 5. Méthode de recherche

Dans le but d'étudier l'impact de la FSA sur la performance énergétique d'un bâtiment commercial sous un climat semi-aride nous avons choisis comme cas d'étude, notre projet qui est un mall commercial

Le mémoire comprend deux parties principales : la partie théorique, et l'application.

La partie théorique comprend trois chapitres, un chapitre sur la façade adaptative, un chapitre pour les centres commerciaux, et un chapitre sur les panneaux photovoltaïque.

Partie de L'application comprend deux chapitres, un chapitre pour la présentation du cas d'étude, et un chapitre pour l'application de la façade solaire adaptative sur le projet réalisé à la ville de Tébessa.

### 6. Structure du mémoire

Ce mémoire est présenté dans cinq chapitres, précédés par une introduction générale et terminé par une conclusion générale :

- **Chapitre introductif :**

Qui présente la problématique de recherche, ses hypothèses ses objectifs et la méthodologie choisie pour mener cette recherche.

- **Chapitre 1 : Façades adaptative**

Ce chapitre se veut décrire le thème général de cette recherche, il nous présente les façades adaptives avec des types différents, comme un élément affectant dans l'enveloppe. À l'objectif de comprendre les techniques des façades adaptives en production d'énergie sur un bâtiment.

- **Chapitre 2 : Les centres commerciaux**

Dans ce chapitre nous allons définir le thème de commerce, et faire une analyse thématique sur les centres commerciaux.

- **Chapitre 3 : Les panneaux photovoltaïques**

Dans ce chapitre nous allons définir les panneaux photovoltaïques et leurs types, avec quelques détails qui nous aide dans l'expérience et facilite le processus de recherche.

- **Chapitre 4 : Cas d'étude (mall commercial à Tébessa)**

Dans ce chapitre on a deux parties. Dans la première partie, nous allons présenter le cas d'étude (le projet) et la ville de Tébessa.

Dans la deuxième partie Nous allons mettre une idée comme introduction générale pour expliquer l'expérience.

- **Chapitre 5 : Application de la technologie de façade solaire adaptative**

Interprétation, comparaison et discussion des résultats obtenus.

- **Conclusion générale**

Comporte un Résumé de ce qui a été discuté dans le mémoire, Avec les résultats obtenus.

# **Chapitre 1 :**

## **Les façades adaptives**

### Introduction

L'architecture de tout établissement humain est sujette à des changements dans toutes ses dimensions, car elle est renouvelée, formée, démolie et reconstruite, en plus de changer constamment à travers les âges au niveau de la fonction, de la forme et de la taille. En conséquence, elle est en train de changer constamment. (خيطو 2017)

Parmi les choses qui a changé et développé dans l'architecture, c'est l'enveloppe, avec tous ses éléments affectants.

Les façades (le mur et la fenêtre) sont l'un des éléments les plus affectant sur l'enveloppe, qui ont évolué dans la forme, la taille et la fonction. Elle contient plusieurs types avec différents rôles.(Zakaria 2017)

Ce chapitre se veut décrire le thème général de cette recherche, il nous présente les façades adaptatives comme un élément affectant dans l'enveloppe. À l'objectif de comprendre l'efficacité des façades adaptatives en production d'énergie sur un bâtiment.

### 1. Définition de L'enveloppe architecturale :

L'enveloppe d'un édifice désigne la partie visible de tout édifice, que l'on se situe à l'intérieur ou à l'extérieur de l'édifice. En ce sens, l'enveloppe joue un rôle d'interface avec l'extérieur. Mais, c'est avant tout une protection, une « matière » permettant la protection de l'intérieure contre le climat extérieur.(BENBACHA 2017)

L'enveloppe du bâtiment est généralement définie comme la frontière entre l'intérieur et l'extérieur d'un bâtiment (Fig1. 1), ou mieux encore, une interface, un espace ou une zone de liaison entre milieux différents soumis à des températures, humidité, ensoleillement et pression dissemblables.(Zakaria 2017)

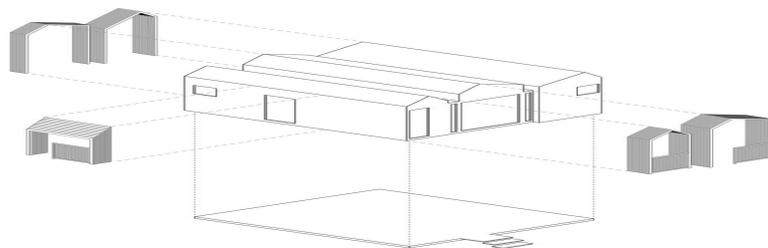


Figure1. 1 Enveloppe architecturale.

Source : (ROZI 2017)

### 2. L'enveloppe adaptative d'un bâtiment

L'enveloppe adaptative est la capacité de modifier de manière répétée et réversible certaines de ses fonctions, caractéristiques ou comportements au fil du temps en réponse à l'évolution des exigences de performance et des conditions aux limites variables, et ce dans le but d'améliorer les performances globales du bâtiment.(Loonen.R.C.G.M. 2013).

Les enveloppes adaptatives sont des enveloppes architecturales à haute performance et multi paramètres. Mais, à l'opposé des enveloppes fixes, elles réagissent mécaniquement ou chimiquement au climat externe d'une façon dynamique pour répondre à des charges internes et les besoins des occupants(BENBACHA 2017)

### 3. Les façades architecturales :

une façade C'est la face extérieure du bâtiment, ou l'ensemble des façades qui l'entourent, que l'on voit globalement de l'extérieur.(Zakaria 2017)

La façade n'est plus un simple mur percé d'ouverture, elle est une enveloppe, une membrane, le lieu de multiples échanges entre l'extérieur et l'intérieur, l'environnement naturel et le bâti.(BENBACHA 2017)

- À l'objectif de fournir le confort à l'intérieur des bâtiments, les façades ont été développées, qui est le point de contact entre l'intérieur et l'extérieur. Dans ce cadre, le terme adaptation est lié au terme des façades. Donc, Qu'est-ce qu'une façade adaptative ?

#### 3.1. Les façades adaptatives

les façades adaptatives se composent de systèmes multifonctionnels hautement adaptatifs, où le séparateur physique entre l'environnement intérieur et extérieur (c'est-à-dire l'enveloppe du bâtiment) est capable de changer ses fonctions, ses caractéristiques ou son comportement au fil du temps en réponse à des exigences de performance transitoires et aux conditions aux limites, dans le but d'améliorer la performance globale du bâtiment.(Daniel Aeleneia, Laura Aeleneic et al. 2016)

Les façades adaptatives sont un ensemble de systèmes très différents qui évoluent rapidement, par le développement de l'ensemble des méthodes et outils nécessaires pour évaluer de manière globale leurs performances.(Favoino, Loonen et al. 2018)

### 3.2. Types de façades adaptatives

Différentes contributions ont été développées, la majorité couvrant différentes combinaisons des cinq sous-domaines, le rayonnement solaire, le flux d'air, le stockage thermique, l'évapotranspiration et le transfert de chaleur, telle que :

#### a. Fenêtres convertibles

Les fenêtres commutables ont la capacité de moduler l'admission de la lumière du jour et des gains solaires dans les espaces intérieurs. En contrôlant la transmission solaire et la quantité de la lumière, ces fenêtres commutables visent à améliorer les conditions environnementales intérieures en termes d'aspects de confort visuel (par exemple utilisation de la lumière du jour, éblouissement par les reflets, vue vers l'extérieur) et thermique (par exemple surchauffe en été)

Ils ont un film à cristaux liquides entre deux panneaux de verre, et sont transparents lorsque le film est connecté à l'électricité. Lorsqu'un interrupteur est actionné, la connexion se brise et il devient opaque (Fig1. 2).(Favoino, Loonen et al. 2018)

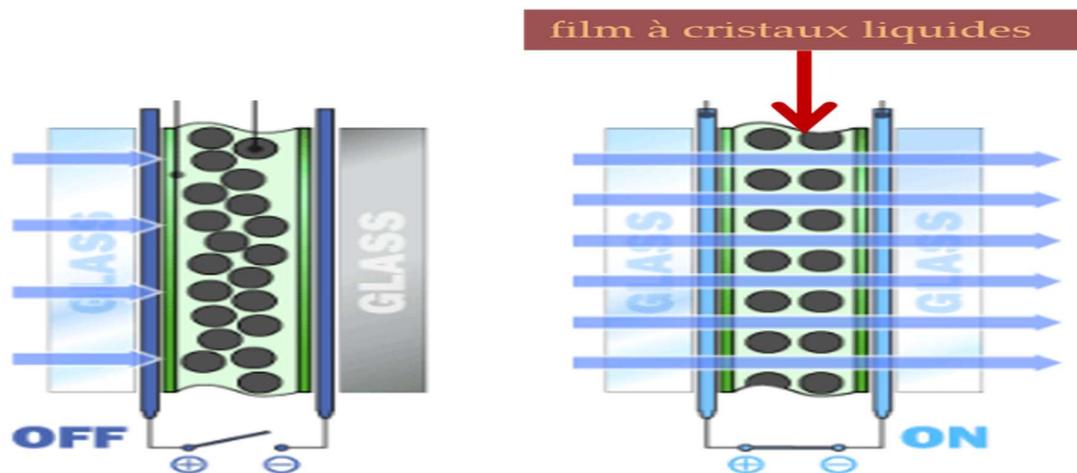


Figure1. 2 Système de Fenêtres convertibles.

Source : (BONSOR 2020)

#### b. Systèmes de fenêtrage complexes dynamiques

Les façades des bâtiments contemporains devraient être de plus en plus multifonctionnelles. Ils devraient non seulement fournir un abri et une protection, mais

## Chapitre 1 : Façades adaptative

aussi prendre soin de la conservation de l'énergie, de l'admission à la lumière du jour, de la prévention des reflets et de l'atténuation de la surchauffe. En réponse à ces exigences de performances élevées, un intérêt croissant pour les façades avec des éléments de redirection de lumière ou des couches avec des propriétés de diffusion de la lumière peut être observé. Les exemples incluent les stores vénitiens et les frites de verre (Fig1. 3) , De plus, leurs propriétés de transmission dépendent de la position du soleil ou de la longueur d'onde du rayonnement entrant.(Favoino, Loonen et al. 2018)

L'utilisation de systèmes de fenêtrage complexes (CFS) offre un potentiel élevé d'économies d'énergie, par rapport aux systèmes traditionnels.(Martin, David et al. 2020)

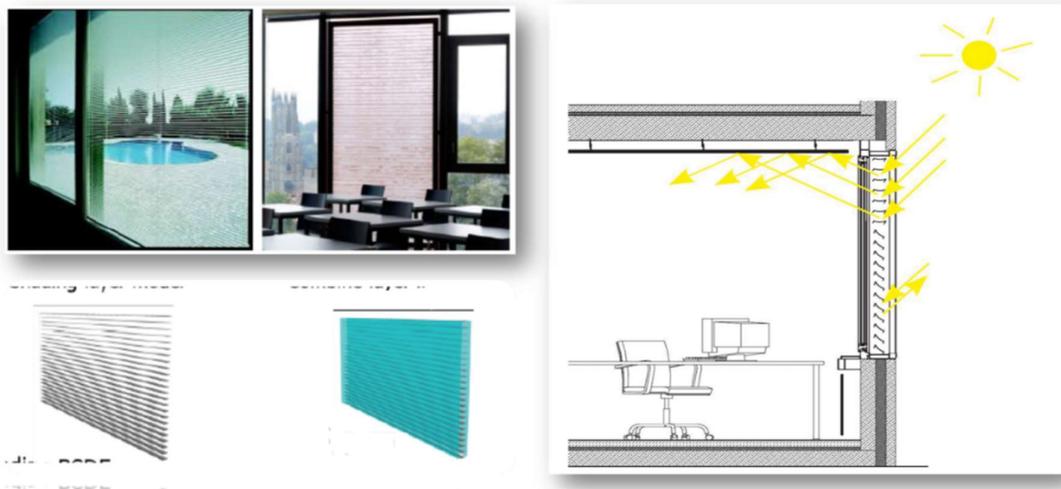


Figure1. 3 Systèmes de fenêtrage complexes dynamiques (les frites de verre).

Source : (Martin, David et al. 2020)

### c. Le Verre rayonnant

Le verre rayonnant (VR) est une technologie de façade adaptative, qui utilise un verre à double vitrage. Il est également connu sous le nom de verre chauffé électriquement.

Le verre chauffé électriquement est un type spécial de verre traité sur lequel un revêtement transparent électriquement conducteur a été appliqué. Le courant électrique passe à travers les câbles sur ce revêtement, générant de la chaleur et provoquant le rayonnement de la chaleur par le verre (Fig1. 4).(Favoino, Loonen et al. 2018)

# Chapitre 1 : Façades adaptative

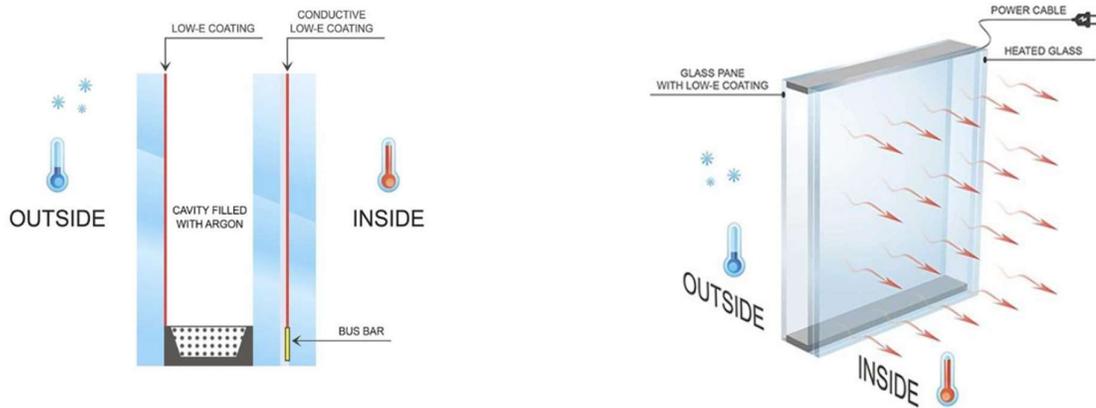


Figure1. 4 Système de Verre rayonnant

Source : (Ltd 2020)

## d. Façade ventilée à double peau

La façade double peau ventilée est constituée de deux parois de verre séparées par une lame d'air. La ventilation de cette lame d'air résulte d'un phénomène de convection de l'air.

L'air entre en partie basse de la façade par des sections de ventilation, appelées entrées d'air. Cet air est chauffé dans la lame d'air, et monte par convection jusqu'aux sections de ventilation, appelées sorties d'air, situées en partie haute (fig1. 5). (Environnement 2014)

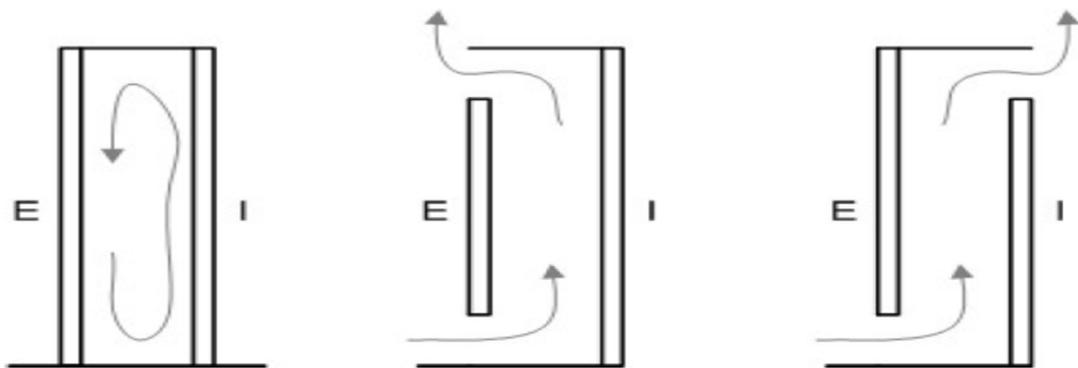


Figure1. 5 Système de Façade ventilée à double peau

Source : (cobse 2020)

## Chapitre 1 : Façades adaptative

### e. Toits verts et façades vertes

Façades vertes, murs vivants ou systèmes de verdure verticaux sont des termes généraux identifiant un mur vertical, abritant des espèces végétales, ce qui devient de plus en plus courant dans les environnements urbains, en raison non seulement de choix esthétiques et architecturaux, mais de différents avantages environnementaux.

L'effet principal des façades vertes réside dans l'effet d'ombrage de l'enveloppe du bâtiment et dans la réduction des échanges thermiques convectifs et radiatifs avec l'environnement extérieur. Par conséquent, ils sont principalement utilisés pour réduire les températures de surface de pointe en été et les charges de refroidissement (Fig1. 6) .(Favoino, Loonen et al. 2018)



Figure 6 Toits verts et façades vertes

Source : (GEOTEKNA 2020)

### f. Façade solaire adaptative

La façade solaire adaptative (ASF) (Fig1. 7) est une façade dynamique dispose des modules photovoltaïque mobile pouvant être monté sur une structure légère sur l'enveloppe du bâtiment, réagir aux changements de leur environnement, ces modèles ont des différentes caractéristiques tels que :

- Une apparence variée et dynamique.
- Offrir l'ombrage et le contrôle de la lumière du jour.
- Léger et flexible : ce qui permet une installation facile.
- Production et stockage d'énergie. (Zoltan Nagyn, BratislavSvetozarevic et al. 2016)

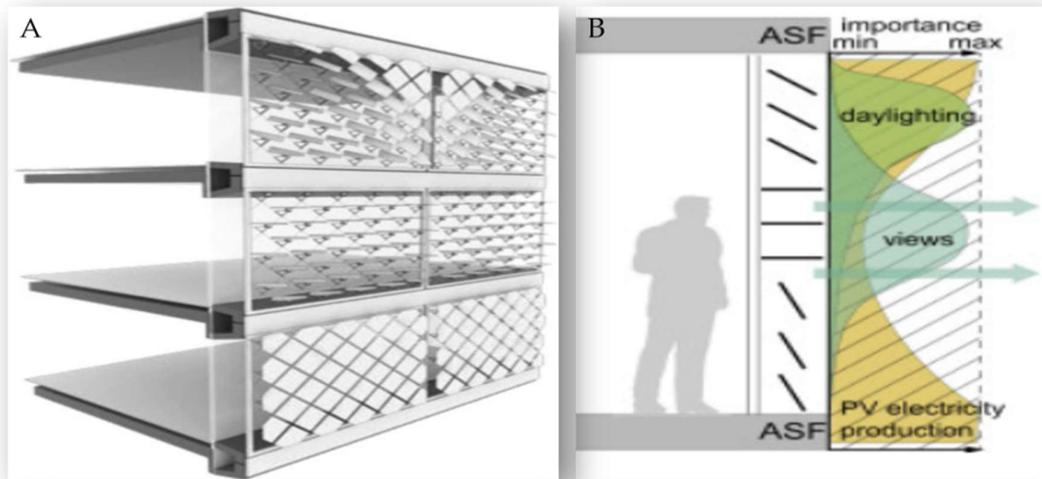


Figure1. 7 A : structure de la Façade solaire adaptive.

B : La façade sert de médiateur entre l'environnement intérieur et extérieur et remplit diverses fonctions

.Source ; (Zoltan Nagyn, BratislavSvetozarevic et al. 2016)

### 4. La façade solaire adaptive

Les façades solaires adaptatives contiennent divers détails que nous définirons dans ce titre :

#### 4.1. La conception de FSA

La conception de l'ASF comprend quatre éléments clés : panneau PV, l'actionneur pneumatique, le cantilever et le cadre de support et le réseau de câbles. Le module a un poids total de 800 g (Fig1. 8).(Zoltan Nagyn, BratislavSvetozarevic et al. 2016)

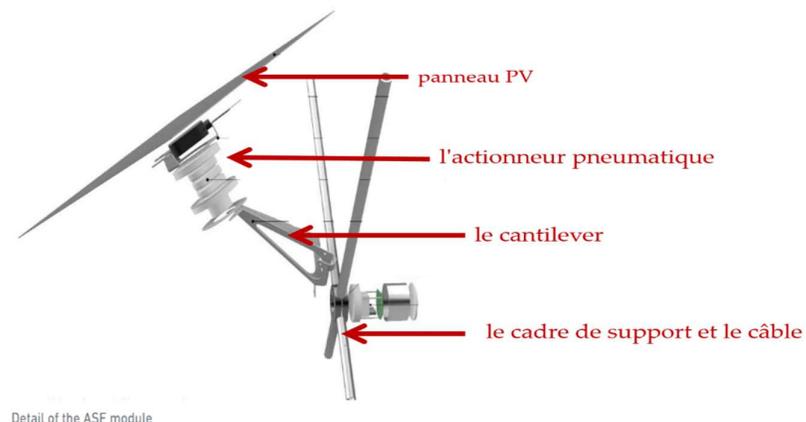


Figure1. 8 Module de façade solaire adaptive

Source : (Zoltan Nagyn, BratislavSvetozarevic et al. 2016)

## Chapitre 1 : Façades adaptative

### a. Le panneau photovoltaïque

Une cellule photovoltaïque transforme la lumière en électricité. La cellule photovoltaïque est fabriquée à partir de deux couches de matériau semi-conducteur (en général du Silicium), Une couche dopée Positivement et une couche dopée Négativement, Lorsqu'un photon (la lumière) arrive sur la cellule, il provoque une différence de potentiel électrique entre ces deux couches, c'est-à-dire une tension électrique. C'est ce qu'on appelle l'effet photovoltaïque (solaire 2020). (Fig1. 9)

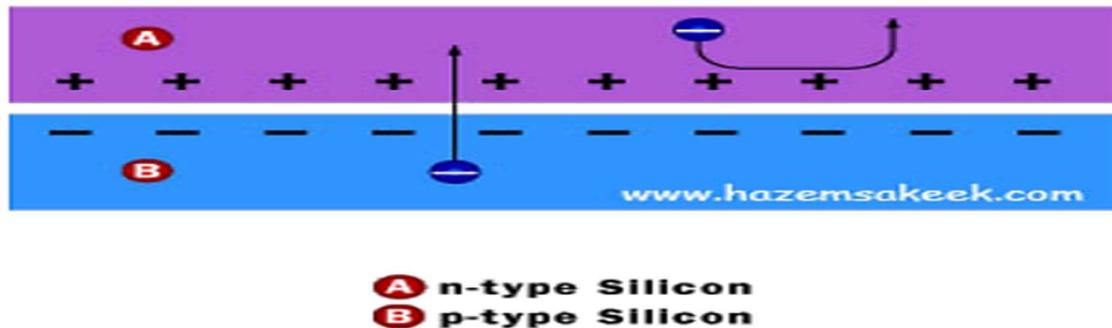


Figure1. 9 L'idée d'une cellule photovoltaïque lorsque le photon tombe sur la cellule

Source : (ecolodis-solaire 2020)

### b. Cadre de support et le câble

Le filet de câble, enjambant un cadre en acier inoxydable, forme la structure de support de la façade solaire adaptative. Le cadre et le filet de câble ont été conçus pour résister au vent (Fig1. 10).(Zoltan Nagyn, BratislavSvetozarevic et al. 2016)



Figure1. 10 le cadre et les câbles.

Source : (Zoltan Nagyn, BratislavSvetozarevic et al. 2016)

## Chapitre 1 : Façades adaptative

### c. Cantilever (le pilier)

Léger à la fois suffisamment solide pour supporter un module PV et résister. Le décalage fourni par le cantilever permet au panneau PV de tourner dans toutes les directions nécessaires sans interférer avec la structure du réseau de câbles (Fig1. 11), ce qui lui permet d'atteindre une position complètement ouverte et complètement fermée.(Zoltan Nagyn, BratislavSvetozarevic et al. 2016)



*Figure1. 11 La conception de cantilever*

*Source : (Zoltan Nagyn, BratislavSvetozarevic et al. 2016)*

### d. L'actionneur pneumatique

L'actionneur pneumatique souple est fabriqué à partir de matériaux élastiques, comme le caoutchouc de silicone, et Il est agité à l'aide d'air comprimé. L'actionneur contient trois chambres gonflables (Fig1. 12), capables d'orienter une cellule PV.(Zoltan Nagyn, BratislavSvetozarevic et al. 2016)

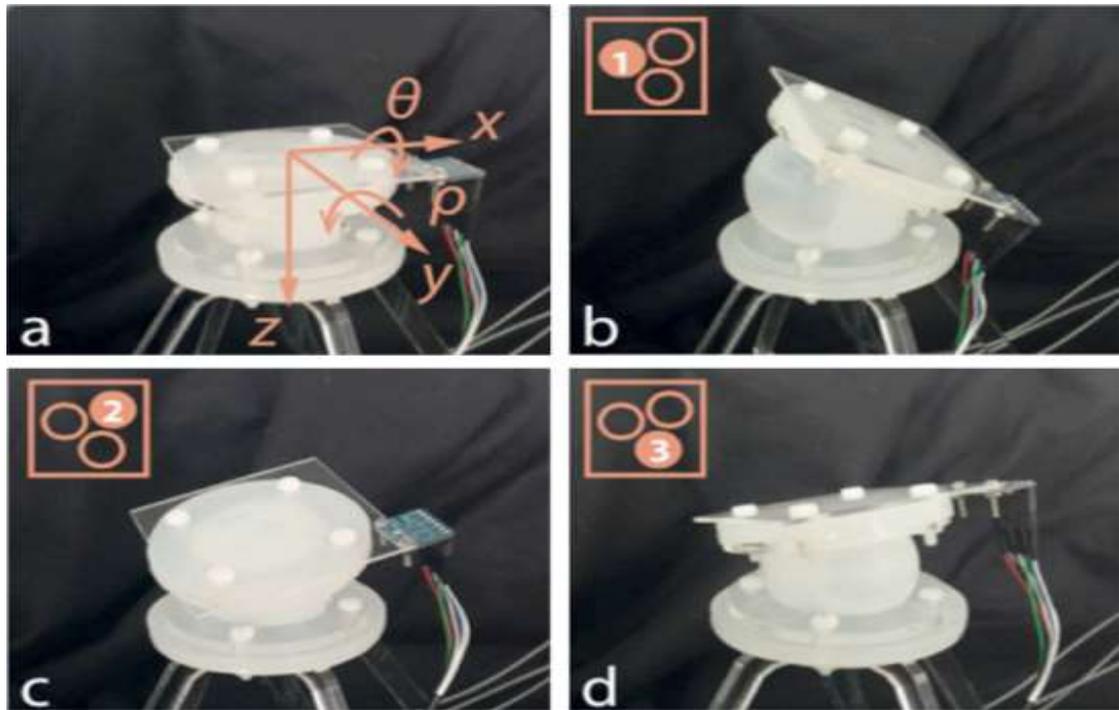


Figure 1.12 Cinématique de l'actionneur. a) l'actionneur. (b), (c) et, (d) montrent respectivement les première, deuxième et troisième chambres.

Source : (Zoltan Nagyn, BratislavSvetozarevic et al. 2016)

### 4.2. Procédé de design

Dans la (Fig1. 13), nous illustrons le processus de conception général pour ASF. Les étapes (1) et (2) concernent la pose de l'ASF sur le bâtiment et sur la façade. Ensuite, à l'étape (3), une structure de support appropriée, Les étapes (4) - (6) définissent l'expression visuelle principale de la FSA en spécifiant les formes, les motifs et leurs emplacements relatifs des plaques ainsi que les matériaux (couleurs et transparence). Enfin, à l'étape (7), la précision du contrôle ASF est choisie, en déterminant si toutes les unités se déplacent ensemble ou individuellement.(Zoltan Nagyn, BratislavSvetozarevic et al. 2016)

## Chapitre 1 : Façades adaptative

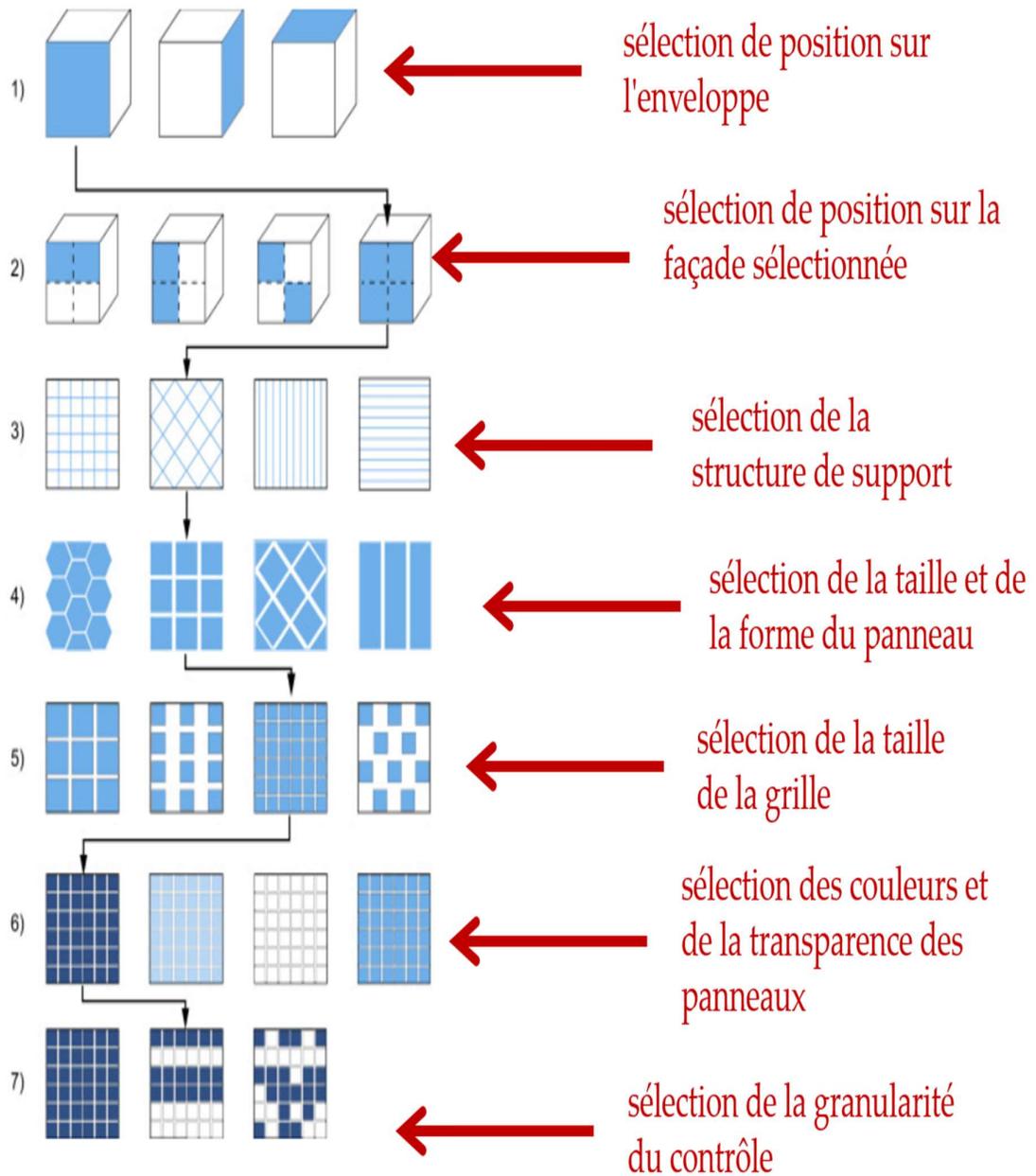
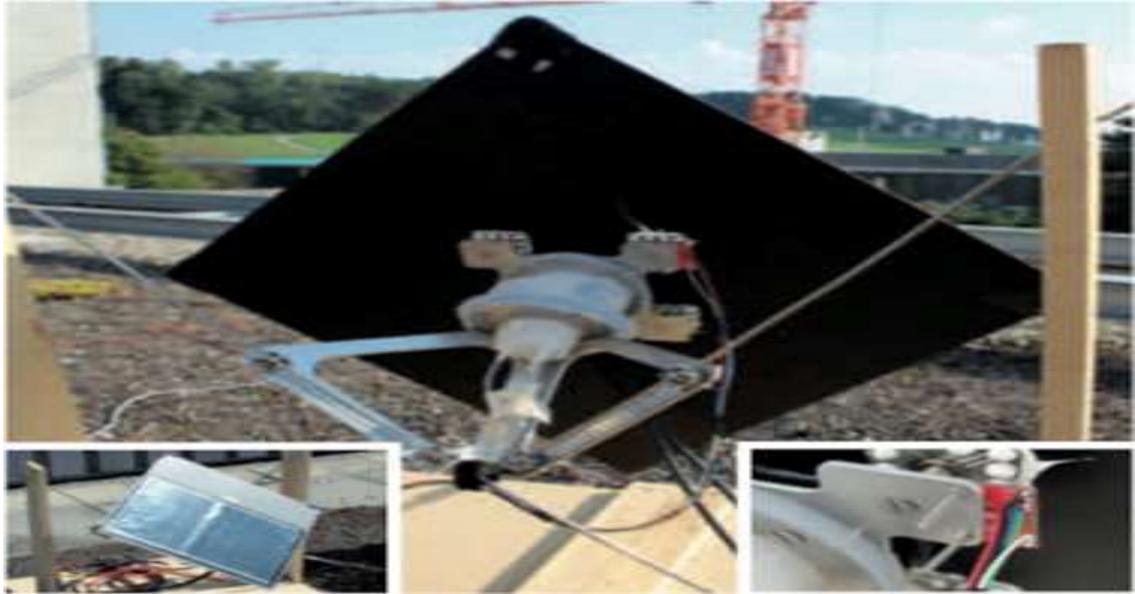


Figure1. 13 Procédé de design de FSA

Source : (Zoltan Nagyn, BratislavSvetozarevic et al. 2016)

### 4.3. Control système

Les modules de l'ASF peuvent effectuer un suivi solaire à deux axes, c'est-à-dire s'orienter vers le soleil. Il s'agit d'un élément clé pour une production d'énergie maximale de l'ASF. Pour ce faire, une unité de mesure inertielle (IMU 9150 d'InvenSense) (Fig1. 14) qui mesure les angles d'azimut et d'altitude est fixée au panneau.(Zoltan Nagyn, BratislavSvetozarevic et al. 2016)



*Figure1. 14 Vue arrière sur le module FSA pour la configuration du suivi solaire.*

*Source : (Zoltan Nagyn, BratislavSvetozarevic et al. 2016)*

### **Conclusion**

Les enveloppes adaptatives réussies, avoir la capacité d’agir en réponse aux fluctuations du rayonnement solaire, pour assurer des vues extérieures tout en évitant l’éblouissement, l’inconfort. Le maintien de l’exploitation de ce procédé de contrôle, accorde une économie d’énergie dans le bâtiment. Où le séparateur physique entre l’environnement intérieur et extérieur (c’est-à-dire l’enveloppe du bâtiment) gagne la puissance de changer ses fonctions, ses caractéristiques ou son comportement au fil du temps.(BENBACHA 2017)

# **Chapitre 2:**

## **Les centres commerciaux**

## Introduction

Le commerce est l'une des activités les plus importantes parmi les activités des civilisations humaines, son évolution est liée à l'évolution des espaces commerciaux. Et parmi les grands projets commerciaux aujourd'hui on a les centres commerciaux

Dans ce chapitre nous allons définir le thème de commerce, et faire une analyse thématique sur les centres commerciaux

## 1. Recherche thématique sur le commerce

Afin de définir le thème de commerce nous allons faire une recherche thématique sur le commerce dans ce titre :

### 1.1. Définition du commerce

· **D'après le dictionnaire Larousse** (version 2013)

Activité consistant dans l'achat, la vente, l'échange de marchandises, de denrées, de valeurs, dans la vente de services.

· **D'après le dictionnaire Flammarion** (version 2015)

Le commerce est la pratique professionnelle de l'échange de marchandises ou plus généralement de valeurs contre valeurs et de l'achat en vue de la vente.

· **D'après le dictionnaire notre famille** (version 2015)

Achat et vente de denrées, de marchandises, de valeurs

✓ **Donc** : Le commerce c'est l'échange de la marchandise par le moyen d'achat ou le vente.

### 1.2. Développement historique du commerce

Les équipements commerciaux ont différente taille sur déférente emplacement, le tableau suivant classifie les équipements commerciaux selon la surface de vente. (Fig2. 1)

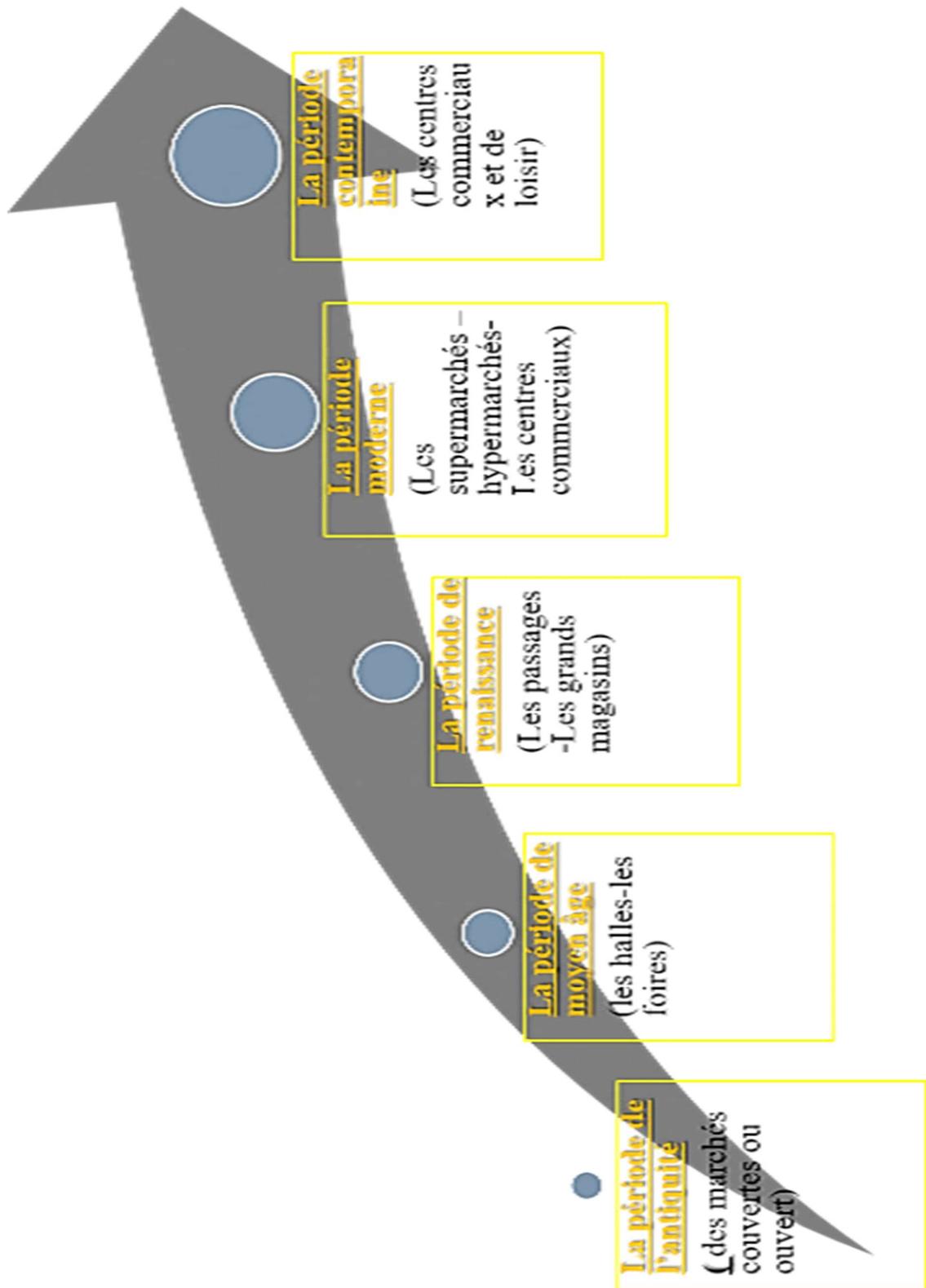


Figure2. 1 Développement historique du commerce

Source : (Youcef, Mohammed et al. 2017)

### 1.3. Classification des équipements commerciaux

Les équipements commerciaux ont différente taille sur déférente emplacement, le tableau suivant (Tab2.1) classifie les équipements commerciaux selon la surface de vente.

Tableau2. 1 Classification des équipements commerciaux Selon la surface de vente

Source : (Youcef, Mohammed et al. 2017)

Équipement	Point de vente Traditionnelle	Superette	Supermarché	Hypermarché	Centre Commercial
Surface de Vente	Moins de 120 m <sup>2</sup>	Entre 120 et 400 m <sup>2</sup>	Entre 400 et 2500 m <sup>2</sup>	≥ 2 500 m <sup>2</sup>	≥ 5000 m <sup>2</sup>

## 2. Architecture des centres commerciaux

Afin de définir qu'est-ce qu'un centre commercial nous allons définir et rappelons des généralités sur les centres commerciaux :

### 2.1. Définition d'un centre commercial

Un centre commercial est à l'origine un ensemble de points de vente et de points de services.

Regroupement de points de vente dans un même lieu conçu, développé, détenu et promu comme une seule entité. Selon le Conseil national des centres commerciaux (CNCC), il faut réunir au moins 20 boutiques sur 5000 m<sup>2</sup> pour justifier l'appellation de centre commercial.

### 2.2. Classification des centres commerciaux

Les centres commerciaux ont différente types avec différente taille sur déférente emplacement, le tableau suivant (Tab2.2) classifie les centres commerciaux selon la localisation des centres commerciaux.

Tableau 2.2 Classification des centres commerciaux Selon localisation

Source : (Youcef, Mohammed et al. 2017)

Type	Centre commercial de type urbain ou de centre-ville	Centre de proximité ou de périphérie	Centre commercial de type régional
Taille	>5000 m2	Entre 5 000 à 50 000 m2	Entre 50 000 et 150 000 m2
Description	Dans la plupart des cas, les centres d'intérêts regroupant les activités commerciales des agglomérations sont localisés en centre-ville	C'est un équipement commercial d'importance variable tant par la taille	Généralement implanté en périphérie de grande agglomération, c'est un équipement de grande taille

### 2.3. Exigence technique et conceptuelle

#### a. Types des magasins

- **Ventes ouvertes**

Entrée et sortie libre (magasins spécialisés, commerce de détail spécialisés, grands magasins) (Fig2. 2). (Bellay, Gauzin-Müller et al. 2009)

- **Vente fermée**

Entrée libre, sortie uniquement par des zones de contrôle aux caisses (surfaces de vente spécialisées) (Fig2. 2). (Bellay, Gauzin-Müller et al. 2009)

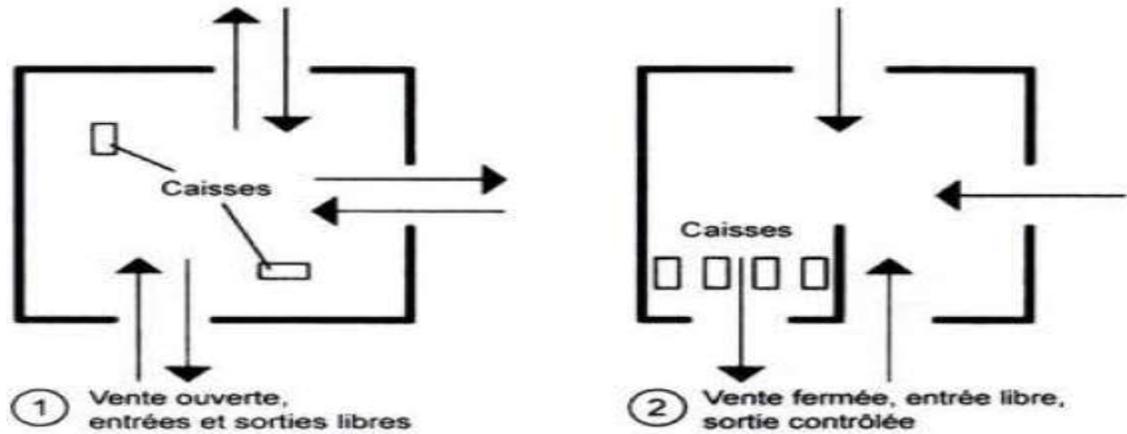


Figure2. 2 Vente fermée

Source : (Bellay, Gauzin-Müller et al. 2009)

• **Magasins spécialisés**

Boutique(50-500m), souvent une seule famille de produits (pharmacien, chausseur, fleuriste) (Fig2. 3). (Bellay, Gauzin-Müller et al. 2009)

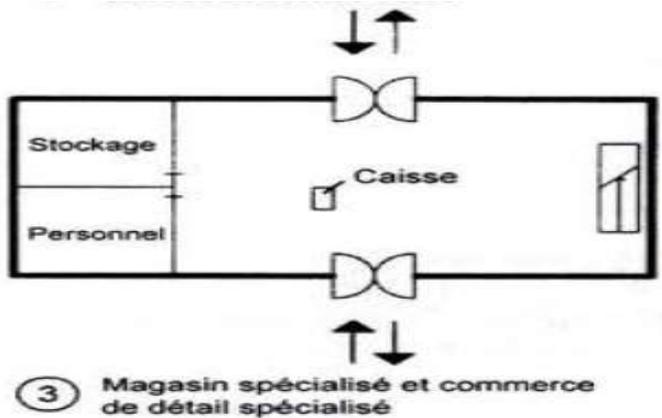


Figure2. 3 Magasins spécialisés

Source : (Bellay, Gauzin-Müller et al. 2009)

• **Grands magasins**

Généralement de chaînes de magasins, souvent de grandes surfaces et à plusieurs niveaux, différentes familles de produits, une partie des surfaces peut être louée à d'autres chaînes de magasins (principe-shope-in-shope-). (Fig2. 4) (Bellay, Gauzin-Müller et al. 2009)

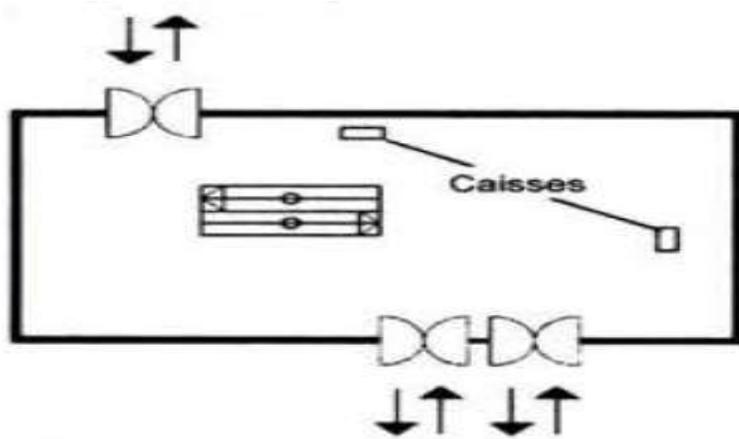


Figure2. 4 Type Grands magasins

Source : (Bellay, Gauzin-Müller et al. 2009)

### Hypermarché

Concentration de petit commerce d'une façon suggestive (guidée), Vente fermé (sortir contrôler par des caisses) (Fig2. 5)

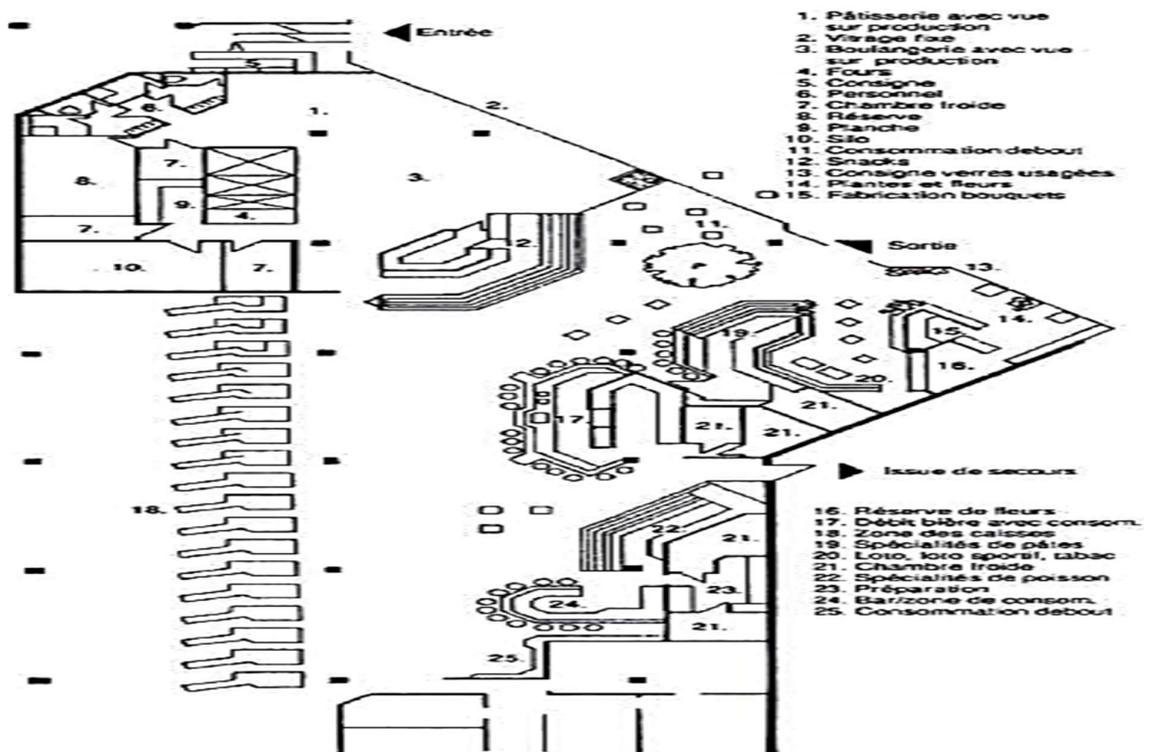


Figure2. 5 Exemple hypermarché

Source : (Bellay, Gauzin-Müller et al. 2009)

b. **Circulation dans les centres commerciaux**, on distingue deux types de circulation :

- **Circulation horizontale**

Elle est assurée par les grands halls, les rues commerçantes. (Fig2. 6)



*Figure2. 6 Les grands halls, les rues commerçantes*

*Source : (Youcef, Mohammed et al. 2017)*

- **Circulation verticale**

La circulation des personnes par les escaliers, les escaliers mécaniques et les ascenseurs (Fig2. 7), Circulation de la marchandise par les monte-charges. (Fig2. 8)



*Figure2. 7 Circulation par ascenseur*

*Source : (Youcef, Mohammed et al. 2017)*

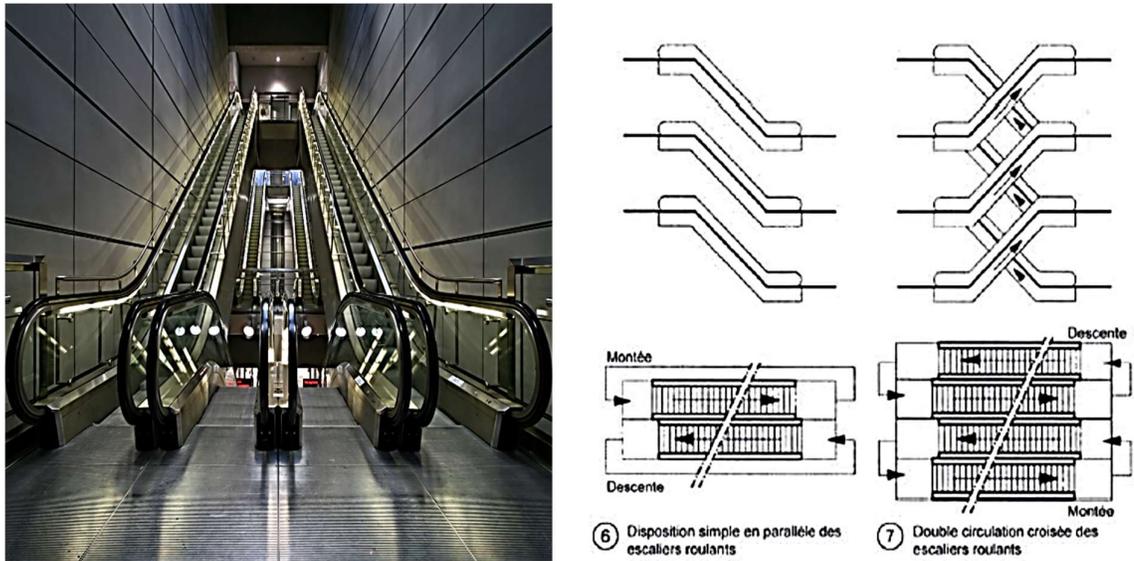


Figure2. 8 Circulation par les escaliers mécanique

Source : (Bellay, Gauzin-Müller et al. 2009)

**c. Types d'organisation spatial**

On distingue 4 types principaux de l'organisation spatial qui est présenter dans la (Fig2.9)

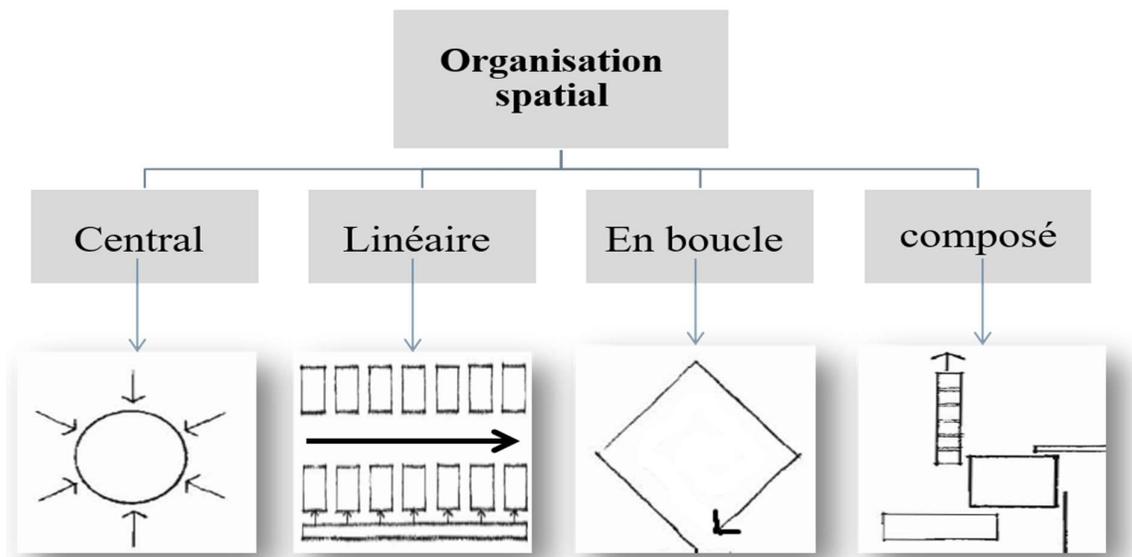


Figure2. 9Types d'organisation spatial

Source : (l'auteur 2020)

### Organisation Central

C'est une organisation qui se constitue d'un espace central dominant. (Fig2.10)

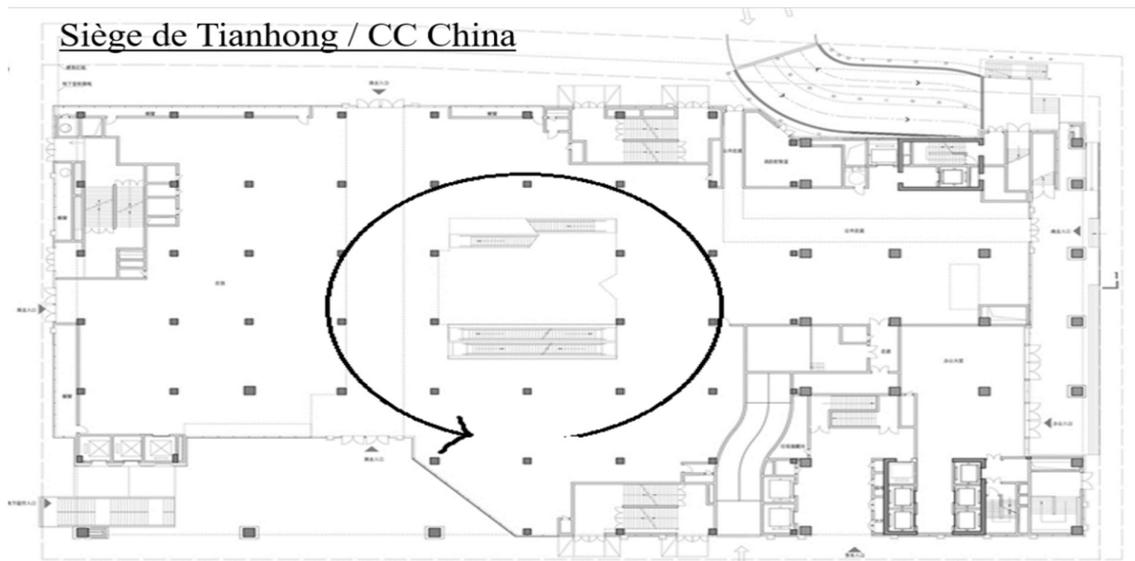


Figure2. 10 Organisation central

Source : (Tariq 2018 )

### Organisation Linéaire

C'est une organisation additive qui a un début et une fin. (Fig2.11)

#### Centre commercial Novy Smichov Prague

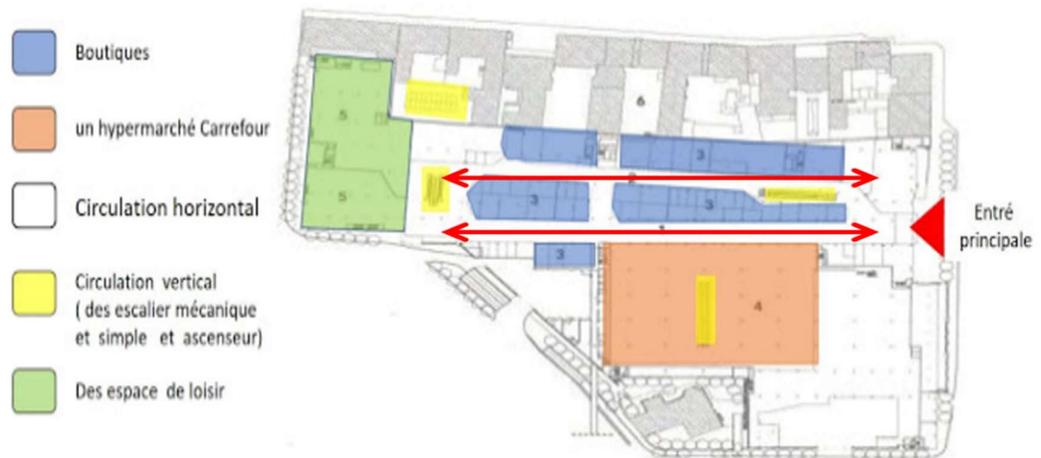


Figure2. 11 Organisation linéaire

Source : (Tariq 2018 )

### Organisation En boucle

Organisation où l'utilisateur peut ne pas utiliser les mêmes chemins pendant son parcours. (Fig2.12)

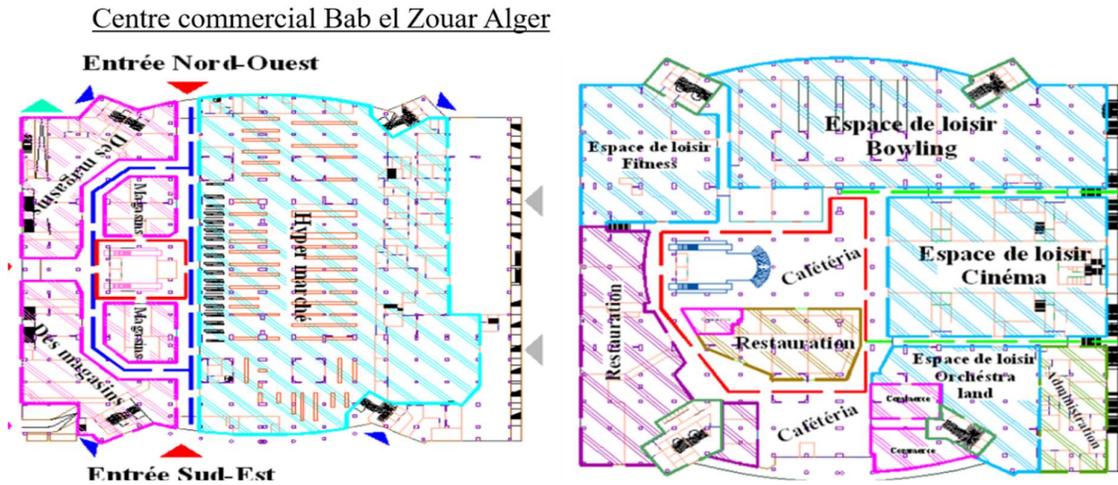


Figure2. 12 plans C.C Bab Zouar

Source : (Youcef, Mohammed et al. 2017)

### Organisation Composé

C'est un regroupement de formes ou d'espaces dans lesquelles il n'y a aucun modèle perceptible. (Fig2.13)

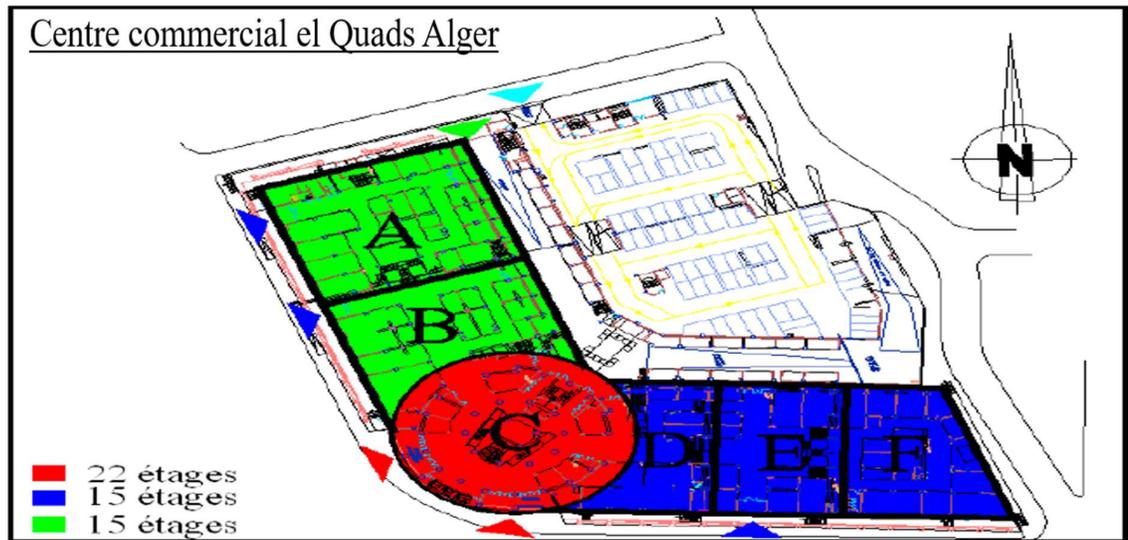


Figure2. 13 Organisation composé

Source : (Youcef, Mohammed et al. 2017)

### 3. Analyse d'exemples :

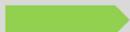
L'étude des exemples des projets qui se rapporte à notre thème est nécessaire, ceci afin de voir comment les architectes traitent les projets et quel programme proposent-ils aux usagers

#### a. Premiers série d'exemples

Nous choisissons 03 exemples qui sont le Centre commercial et de loisir Bâb Ezzouar, le Park Mall Sétif et Centre commercial val d'Europe pour faire une étude sur l'organisation spatiale et le type de commerce dans les centres commerciaux, le tableau (Tab 2.3) montre la comparaison entre le programme qualitatif entre les 03 exemples :

Tableau2. 3 comparaison du programme de trois exemples des centres commerciaux (l'auteur 2020)

Centre commercial et de loisir Bâb Ezzouar	Park Mall Sétif	Centre commercial val d'Europe
Superficie de 45 000 m <sup>2</sup>	Superficie de 143 000 m <sup>2</sup>	Superficie de
Hypermarché	Hypermarché	Hypermarché
Magasins	Magasins	Magasins
Restaurants	Restaurants	Restaurants
Des cafés	Des cafés	Des cafés
Bureaux	Bureaux d'affaires	
Des espaces de jeux et loisir	Espace (jeux et manèges	L'Aquarium
	Patinoire	Des espaces de jeux et loisir
	Gymnase et une piscine	
1700 places de parkings Intérieur et extérieur	Hôtel de 4 étoiles	Parking
	Logements de haute classe	
	Parking	

	Commerce
	Loisir
	Service

✓ Synthèse

- Une mall commerciale consiste 3 fonctions
- **Fonction principale** : Commerce
- **Fonctions secondaires** : loisir et service
- **Type de commerce** : on distingue deux types, commerce Libre (hypermarchés) contient des produits alimentaires et non alimentaire, et commerce spécialisé (magasins, boutiques) contient un certain type de commerce (Cosmétique, Alimentation, Restauration...etc.)

**b. Deuxième série d'exemples**

Nous choisissons 03 exemples qui sont le Centre commercial Novy Smichov-Prague-, le Centre commercial et de loisir Bâb Ezzouar-Alger- et le Park Mall –Sétif- pour voir la superposition des fonctions dans les centres commerciaux

- Centre commercial Bâb el Zouar Alger. (Fig2.14) : coupes montre la superposition des différentes fonctions dans le centre commercial Bâb el Zouar

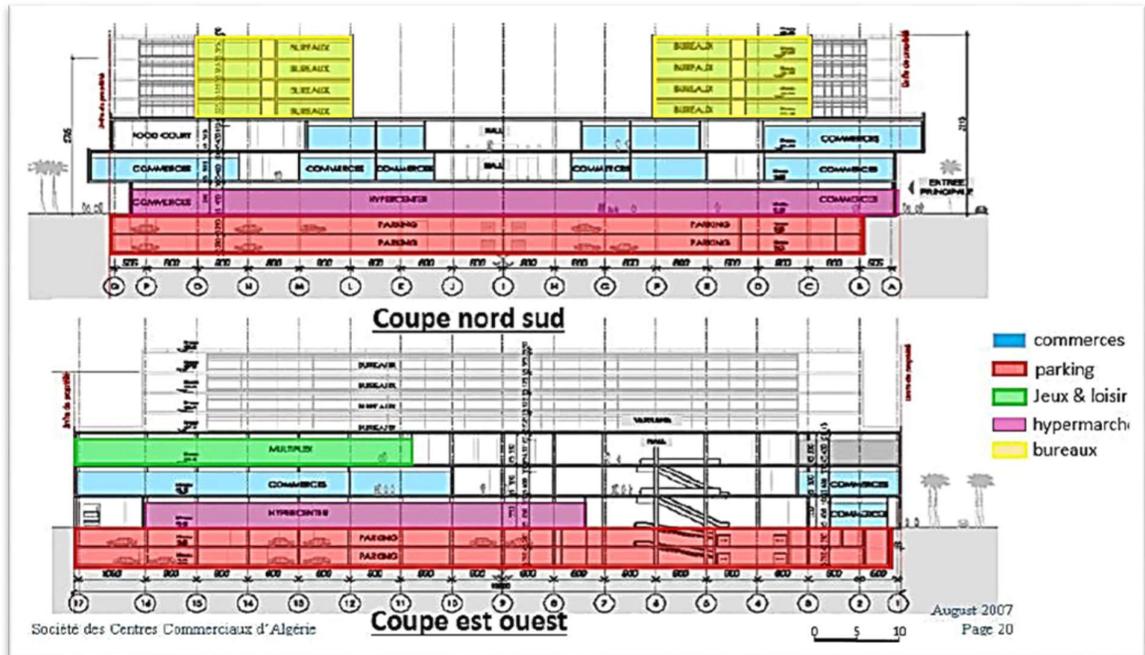


Figure2. 14 Coupes centre commercial Bâb el Zouar

Source : (Youcef, Mohammed et al. 2017)

· Centre commercial Novy Smichov Prague. (Fig2.15) : coupe montre la superposition des déferent fonctions dans le centre commercial Novy Smichov Prague

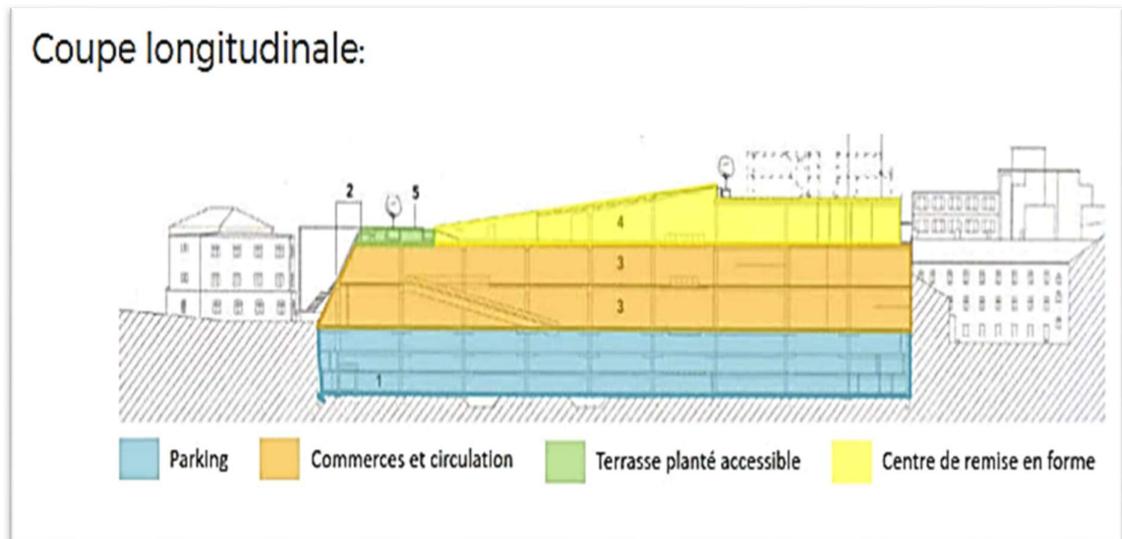


Figure2. 15 Coup centre commercial Novy Smichov

Source : (Tariq 2018 )

Park Mall Sétif. (Fig2.16) : coupe montre la superposition des déferent fonctions dans le Park Mall Sétif

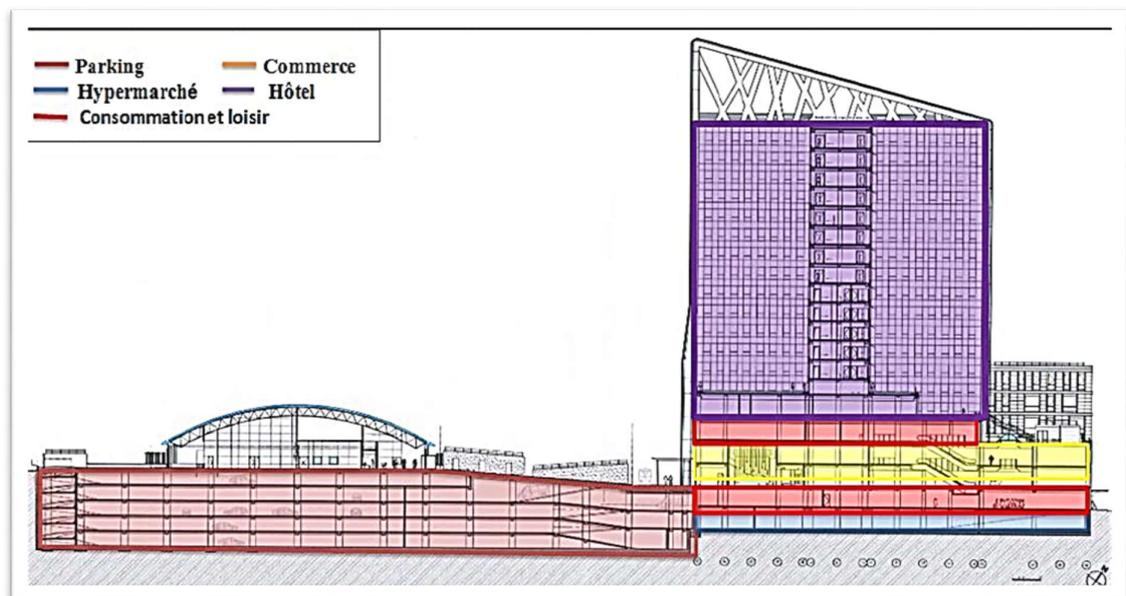


Figure2. 16 coup Park Mall Sétif

Source : (Youcef, Mohammed et al. 2017)

### ✓ Synthèse

- Hiérarchisation fonctionnelle a la verticalité qui assure la clarté
- Premier étage : Commerce
- Sous-sol : Parking
- Derniers étages : loisirs, détente (attractive)

### c. Troisième série d'exemples

Nous choisissons 02 exemples qui sont le City Point Kassel -Allemagne- et le siège de Tianhong -Chine- pour voir le Traitement des façades et Ambiance intérieure dans les centres commerciaux

#### City Point Kassel Allemagne -Analyse de La façade-(Fig2.17)

- La présentation des enseignes de façons clair (par le volume des plaques et les couleurs et la luminosité).



Figure2. 17 Présentation des logos sur la City Point Kassel Allemagne

Source : (Tariq 2018 )

#### Siège de Tianhong Chine -Ambiance intérieure-(Fig2.18)

- Un grand atrium a plusieurs niveaux avec un éclairage zénithal permet de crée une connexion visuelle entre les différents étages et aussi de formé un espace publique fluide.

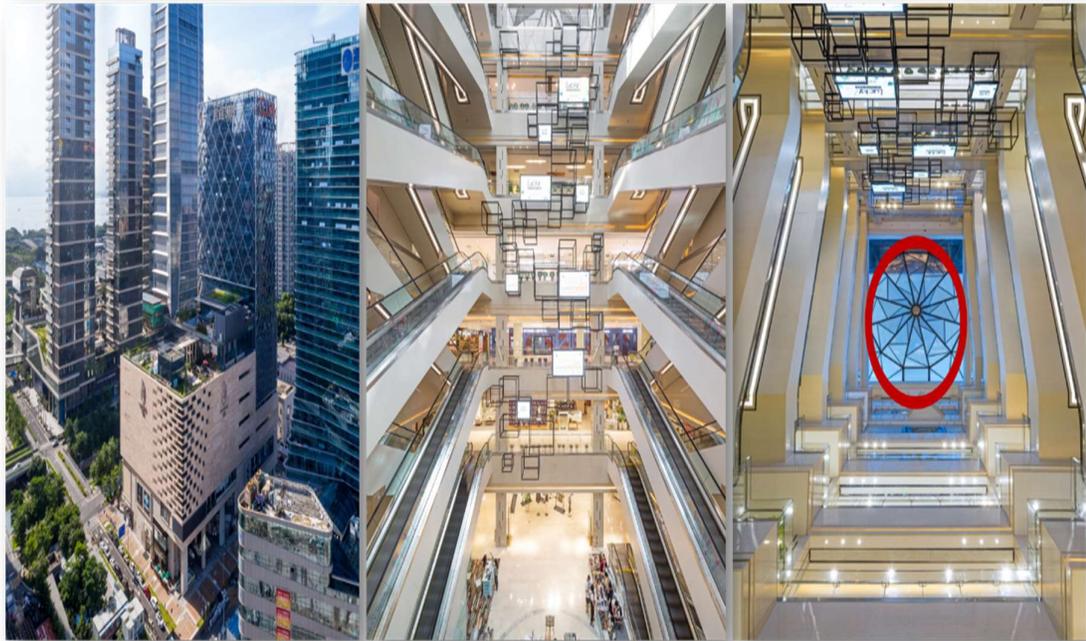


Figure2. 18 Siège de Tianhong Chine

Source : (Tariq 2018 )

### ✓ Synthèse

- Utilisation des logos pour La présentation
- Utilisation de l'atrium pour crée une connexion visuelle avec les différents étages

### d. Quatrième exemple

On choisit l'exemple de City Life Milan en Italie a l'objectif de faire une analyse sur l'organisation dans les centres commerciaux

City Life Milan –Italie-(Fig2.19)

L'architecte a intégré des espaces de détente (restauration) au niveau de la circulation horizontale afin de casser le rythme et créé une nouvelle ambiance spatiale.

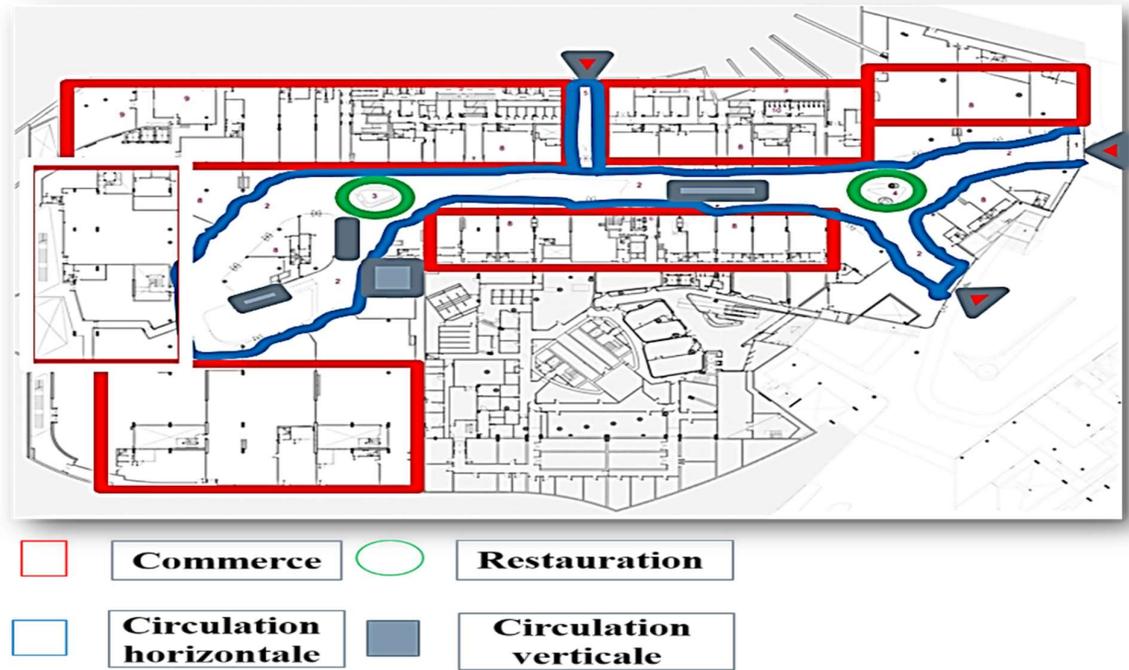


Figure2. 19 organisation spatiale sur le plan de City Life Milan

Source : <https://www.archdaily.com/>

L'étage est réservé seulement pour des espaces de loisir et aussi des espaces de restauration. (Fig2.20)

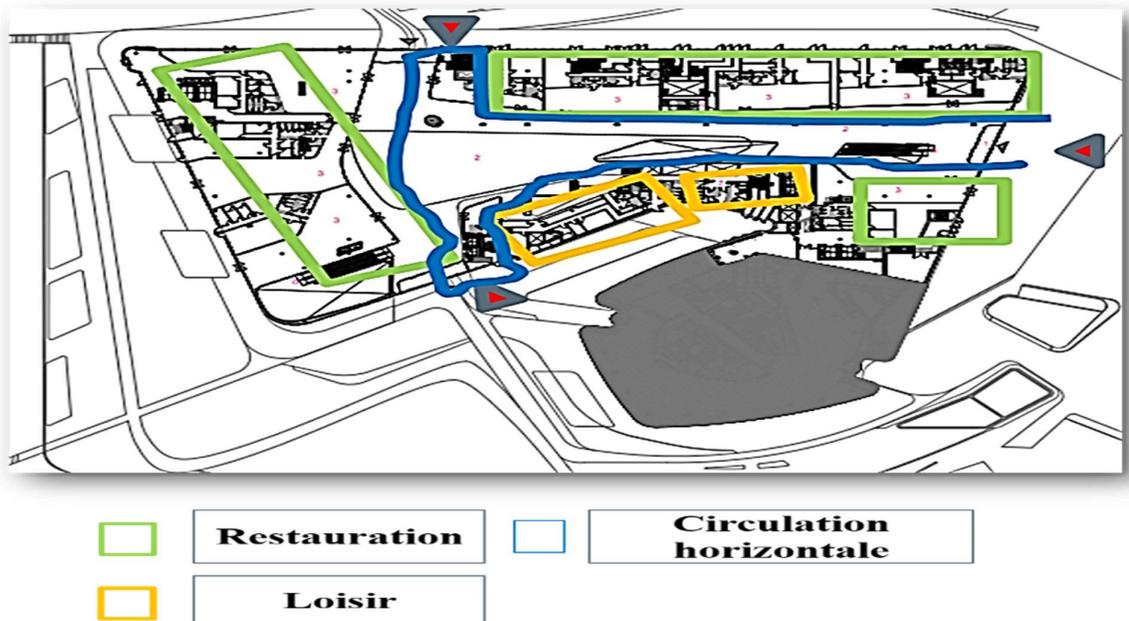


Figure2. 20 organisation spatiale sur le plan de City Life Milan

Source : <https://www.archdaily.com/>

### ✓ Synthèse

- Intégration des espaces de détente au niveau de la circulation horizontale pour casser le rythme
- Division l'espace en unité commerciaux par l'utilisation de la circulation horizontale

### **Conclusion**

D'après la recherche sur l'équipement et notre analyse, on distingue des objectifs et intention, qui est va appliquer sur notre projet

- Système de circulation en boucle
- Façade adaptive
- L'utilisation de l'atrium
- La transparence
- Cassé le rythme par l'intégration des espaces de détente dans la circulation horizontale
- Terrasse jardin

**Chapitre 3:**  
**Les panneaux**  
**photovoltaïques**

### Introduction

La production de cellules photovoltaïques dépend clairement du soleil. Par conséquent, il est impossible de dire à l'avance la quantité d'électricité qu'un panneau solaire produira: la production variera selon l'endroit où vous l'installerez et même suivant la position que vous lui donnerez.

L'objectif de ce chapitre est de présenter des informations sur les panneaux photovoltaïques qui va

### 1. Cellule photovoltaïque

Une cellule photovoltaïque (Fig3.1) est une unité qui convertit l'énergie lumineuse directe en énergie électrique, et le mot photovoltaïque est dérivé de la nature du travail de la cellule. Le mot (photo) signifie lumière et le mot (voltaïque) signifie électricité, ce qui signifie convertir la lumière du soleil en électricité. (Fig3.2) (عليوي, محمد et al. 2019)

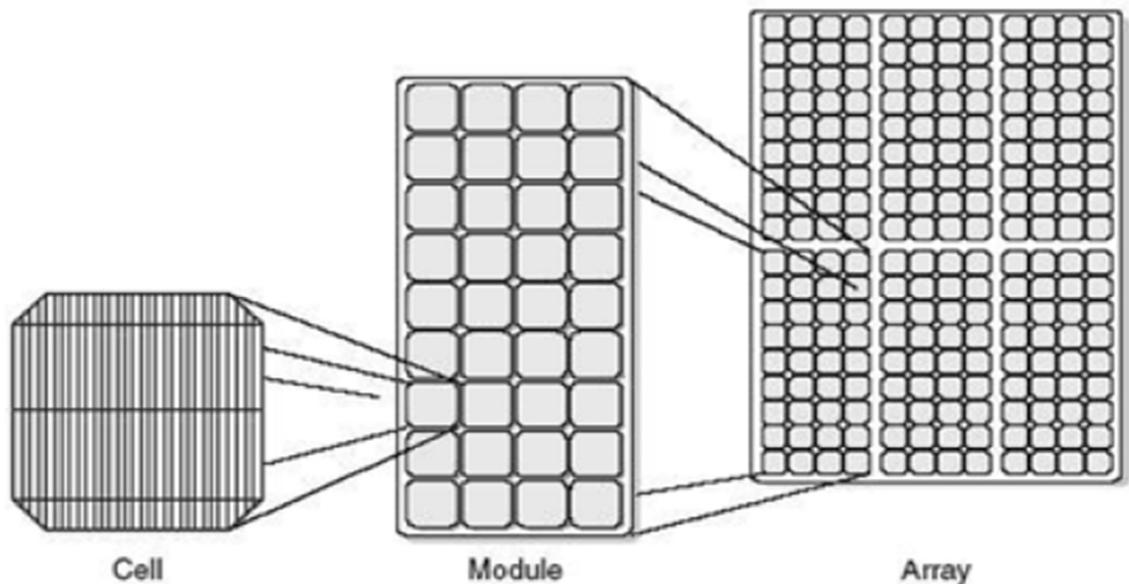


Figure3. 1 Cellule photovoltaïque Le composant principal d'un panneau photovoltaïque

Source : (عليوي, محمد et al. 2019)

## Chapitre 3: les panneaux photovoltaïques

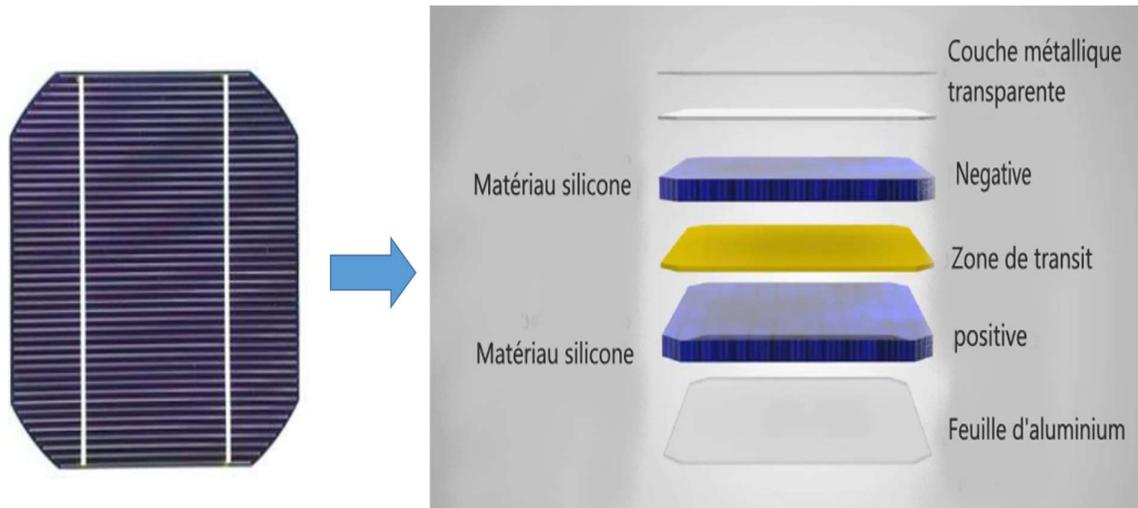


Figure3. 2 Les composants d'un cellule photovoltaïque

Source : (عليوي, محمد et al. 2019)

### 2. Les facteurs jouent sur la production d'un panneau photovoltaïque

La production d'énergie d'un panneau photovoltaïque dépend à la fois de la qualité de l'équipement, de son environnement et du circuit qu'il alimente.

#### 2.1. La puissance du panneau solaire

La puissance des panneaux solaires photovoltaïques c'est la production en conditions idéal s'exprime en Watt crête, on utilise le Watt crête (Wc), une mesure qui correspond à la puissance maximale que pourra débiter le panneau dans les conditions optimales

- On considère qu'il faut 8 m<sup>2</sup> pour produire 1kWc, soit 1000 kWh par an.(lepanneausolaire 2020)

Elle est déterminée en soumettant le panneau aux conditions suivantes :

- **Une température ni trop froide, ni trop chaude de 25°**

La puissance-crête est donnée pour une température de 25°C. Si la température réelle est très supérieure à cette valeur, il faudra en tenir compte. Les pertes seront alors de 0.4% par degrés pour une cellule mono ou polycristalline (les plus courantes) et de 0.3% par degrés pour les autres technologies.(Dualsun 2020)

## Chapitre 3: les panneaux photovoltaïques

- **Un ensoleillement de 1000 watts par m<sup>2</sup>**

L'ensoleillement est intéressant car elle permet d'évaluer la production annuelle en tenant compte de l'endroit où la plaque est installée à partir de la puissance crête des panneaux.(Dualsun 2020)

- **Une surface inclinée de 30° et orientée vers le sud (Dualsun 2020)** Pour avoir un angle d'incidence optimal
- **Une absence d'ombrage.**(Dualsun 2020)

### 2.2. Rendement de l'installation

Le taux de rendement photovoltaïque indique le rapport entre la production produite et la puissance du rayonnement captée par les panneaux solaires. Ce taux de rendement est exprimé en pourcentage. Le rendement des panneaux solaires photovoltaïques varie en fonction de plusieurs facteurs:(myshop-solaire 2020)

- **L'inclinaison des panneaux**

C'est l'angle que la plaque est faite avec la surface dans laquelle elle est placée. (Fig3.3) (myshop-solaire 2020)

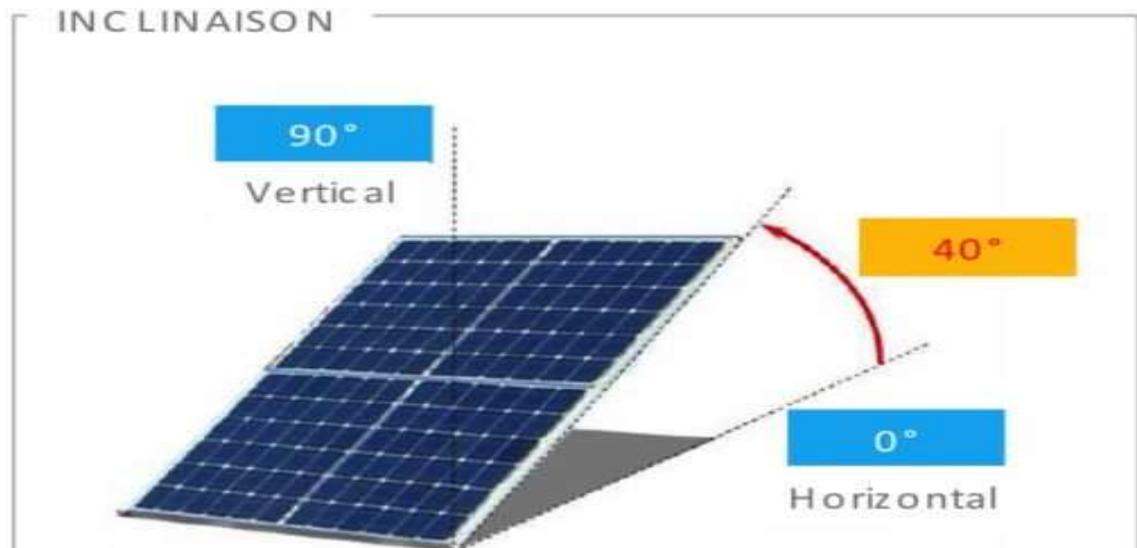


Figure3. 3 L'inclinaison des panneaux

Source : (LAETITIA 2019)

## Chapitre 3: les panneaux photovoltaïques

### • Leurs orientations

L'orientation est l'angle entre le panneau solaire et l'axe plein Sud (Fig3.4), À 0°. Exemples, 90° à l'Est ou l'Ouest, à 180° au Nord. Pour optimiser au mieux la production d'énergie de votre installation solaire. Il est très important de ne pas sous-estimer l'importance de l'orientation du panneau solaire. Pour un rendement optimal de vos panneaux. (myshop-solaire 2020)



Figure3. 4 L'orientations des panneaux (Azimut)

Source : (LAETITIA 2019)

### 3. Types des panneaux photovoltaïques

Lorsque vous évaluez des panneaux solaires pour votre système photovoltaïque (PV), vous rencontrerez deux catégories principales d'options de panneaux: les panneaux solaires monocristallins (mono) et les panneaux solaires polycristalline (poly). Les deux types de panneaux produisent de l'énergie à partir du soleil, mais il y a quelques différences importantes à prendre en compte. Mais il existe un autre type appelé "Couche mince", qui est une nouvelle technologie en cours de développement.

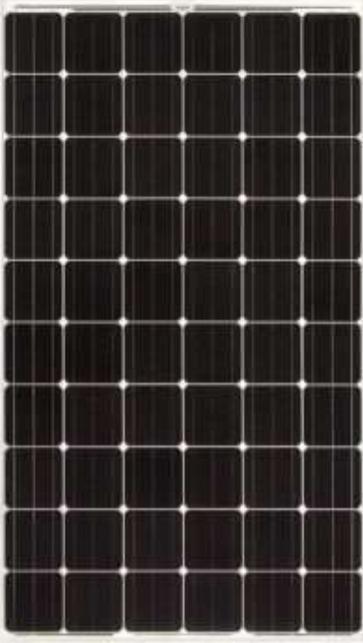
#### a. Type de cristallins

Les panneaux solaires en cristal sont les plus populaires et les plus célèbres au monde, représentant environ 90 % des panneaux solaires photovoltaïques commerciaux. On distingue deux types : (Tab3.1) (2020 ندروس):

## Chapitre 3: les panneaux photovoltaïques

Table3. 1 comparaison entre les é types de cristallin

Source : (voltiat 2020)

Types	Panneaux solaires monocristallins	Panneaux solaires polycristalline
<b>Description</b>	Ce type a un aspect distinctif qui indique la plus grande pureté des cristaux de silicone. Les panneaux sont faits de couleur noire.	Ce type de panneau solaire a des carrés qui ne sont pas des coins coupés, c'est-à-dire qu'ils ont de nombreuses lignes et des tons de couleur bleue.
<b>Coût</b>	Plus cher	Moins cher
<b>Efficacité</b>	Plus efficace	Moins efficace
<b>Esthétique</b>	Les cellules solaires ont une teinte noire	Les cellules solaires ont une teinte bleuâtre
<b>Longévité</b>	25+ ans	25+ ans
<b>Grands fabricants</b>	Canadian Solar Sunpower LG Hyundai SolarWorld	Hanwha Kyocera Hyundai SolarWorld Trina
<b>Apparence</b>		

### b. Couche mince

Les cellules à couches minces (Fig3.5) sont des cellules de deuxième génération pour les panneaux solaires photovoltaïques et sont apparues pour la première fois dans les années 1970. Depuis ce temps, les scientifiques ont cherché à développer les technologies de ces cellules et à augmenter leur efficacité, Ses avantages sont:

- Le plus grand facteur esthétique de cette espèce est la douceur de sa fabrication et sa forme profilée pliable contrairement aux précédentes.
- De nombreux développements et recherches sont en cours pour le rendre mieux adapté à une utilisation.
- Peut être utilisé en déplacement.
- Coût élevé par rapport à l'espérance de vie par rapport à d'autres types.
- Il présente les garanties les plus courtes car sa durée de vie est plus courte que les autres types de panneaux.(voltiat 2020)



*Figure3. 5 Type de couche mince*

*Source : (voltiat 2020)*

### 4. L'énergie produite

L'énergie totale produite  $E_p$  représente le nombre de kilowatts heure (kW/h) produit par le panneau en une année. Elle se calcule en utilisant la formule suivante : (Jean-François 2020)

---

$$E_p = r * E_{ns} * P_c$$

---

#### Abréviations utilisées

- **kWh** : kilowattheure
- **$E_p$**  : énergie totale produite
- **r** : rendement
- **$E_{ns}$**  : ensoleillement
- **$P_c$**  : puissance Crête (kWc)
- **kWc** : kilowatt-Crête

À base de cette équation, plusieurs Logiciels a développé pour simuler la production de systèmes photovoltaïques tell que :

- **Calculateur PVWatts**

Estime la production d'énergie et le coût de l'énergie des systèmes d'énergie photovoltaïque (PV) connectés au réseau à travers le monde. Il permet aux propriétaires de maison, aux propriétaires de bâtiments, aux installateurs et aux fabricants de développer facilement des estimations de la performance des installations photovoltaïques potentielles.

- **Calculation solar**

Il s'agit d'un programme de calcul en ligne gratuit qui vous permet de calculer les éléments dont vous avez besoin pour démarrer une installation solaire photovoltaïque isolée

## Chapitre 3: les panneaux photovoltaïques

- **PV Tecsol - Tecsol**

Logiciel de simulation de production électrique injectée dans le réseau par un système photovoltaïque.

- **Polysun Online**

Calculateur solaire, permettant de projeter et calculer des installations photovoltaïques, solaires thermiques et pompes à chaleur.

- **PVGIS**

L'application en ligne gratuite **PVGIS** est un excellent outil de simulation qui permet de calculer gratuitement la production de systèmes photovoltaïques connectés au réseau en Europe en Afrique et maintenant en ASIE et en Amérique (et également pour site isolés).(solarpedia 2020)

### 5. Présentation de logiciel PVGIS

Outil gratuit d'estimation de la production photovoltaïque dans le monde. A l'aide de son interface Google Maps intégré, il est très facile d'obtenir les données de production d'un système PV à partir des données d'ensoleillement précises du site (intégrant notamment les masques lointains liés au relief, collines, montagnes).

Par ailleurs PVGIS propose des cartes d'ensoleillement (irradiation en kWh/m<sup>2</sup>) et de température précises haute définition de la plupart des Pays du monde.(solarpedia 2020)

### 6. Terminologie

#### **Le watt-crête (Wc)**

Est l'unité de mesure de puissance d'un panneau solaire. Il correspond à la délivrance d'une puissance électrique de 1 Watt, sous de bonnes conditions d'ensoleillement et d'orientation.(Edfenr 2020)

#### **L'angle d'incidence**

## Chapitre 3: les panneaux photovoltaïques

C'est l'angle formé par les rayons du Soleil et le plan du panneau. Qui détermine le rendement du panneau solaire, L'angle incident optimal est de  $90^\circ$ .(panneausolairephotovoltaïque 2020)

### Technologie PV

Type de panneaux photovoltaïques, sélectionnez le type de panneaux qui correspond à votre installation

### Puissance PV crête installée kWc

Puissance de votre installation en kWc (puissance d'un panneau en Wc x nombre de panneaux / 1000)

### Pertes estimées du système [0;100] %

Estimation des pertes du système lié aux câbles, au rendement des onduleurs etc, la valeur par défaut de PVGIS est de 14%.

### Options montage fixé, Position de montage

Type d'intégration (support) des panneaux, vous avez le choix entre :

Position libre = support ventilé (exemple structure triangulaire)

Intégré au bâtiment = structure intégrée au bâtiment ou surimposée avec peu de ventilation

**Inclinaison [0;90] °** : inclinaison, pente des panneaux

**Azimut °** : azimut, orientation des modules (angle variant de  $-180^\circ$  à  $180^\circ$ . Est =  $-90^\circ$ , Ouest =  $90^\circ$  Sud =  $0^\circ$ )(solarpedia 2020)

## Conclusion

Les panneaux solaires évoluent constamment dans le but de produire la meilleure version à leur niveau de la production d'énergie, Et cela à la lumière des entreprises mondiales en concurrence pour innover et améliorer ces panneaux pour obtenir la renommée.

**Chapitre 4:**

**Cas d'étude**

**(Mall commercial à Tébessa)**

### Introduction

Dans le but d'étudier l'impact de la façade solaire adaptative sur l'amélioration de la performance énergétique d'un bâtiment commercial sous un climat semi-aride, nous avons choisis comme cas d'étude, notre projet de fin d'étude, qui est un mall commercial dans la ville de Tébessa.

### 1. Présentation de ville de Tébessa

Notre projet va implanter dans la ville de Tébessa, pour cette raison on va présenter la situation géographique et le climat de la ville de Tébessa

#### 1.1. Situation géographique

Tébessa est une ville algérienne, située dans la daïra de Tébessa et la wilaya de Tébessa (Fig 4.1). La ville s'étend sur 184 km<sup>2</sup> et compte 196 537 habitants depuis le dernier recensement de la population. La densité de population est de 1 068,1 habitants par km<sup>2</sup> sur la ville. Entourée par Bekkaria, Boulhaf Dir et Bir Mokkadem, Tébessa est située à 16 km au sud-est de Hammamet. Située à 960 mètres d'altitude, la ville de Tébessa a pour coordonnées géographiques Latitude : 35° 24' 19" nord Longitude : 8° 6' 59" est.(Zakaria 2017)

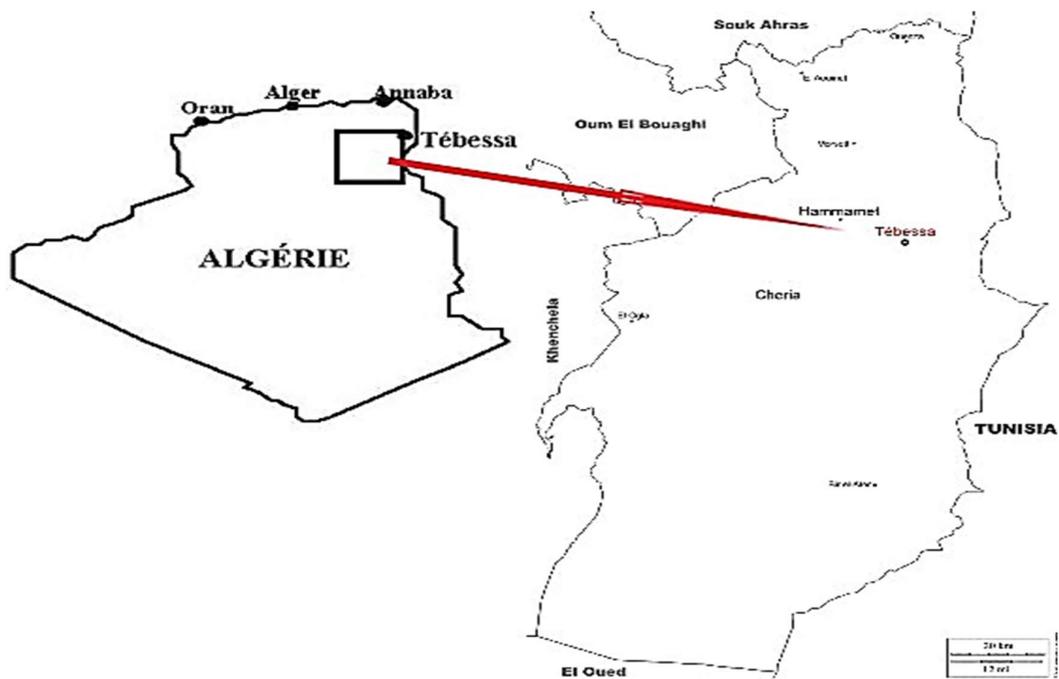


Figure 4.1 Situation géographique de la ville de Tébessa

Source : (Zakaria 2017)

## Chapitre 4: Cas d'étude (mall commercial à Tébessa)

### 1.2. Le climat de la ville de Tébessa

La wilaya de Tébessa est une zone de transition météorologique, elle se distingue par quatre étages bioclimatiques :

- Le Subhumide (400 à 500 mm/an), très peu étendu, il est limité aux sommets de quelques reliefs (Djebel Serdies et Djebel Bouroumane).
- Le Semi-aride (300 à 400 mm/an), couvre toute la partie Nord de la wilaya.
- Le Subaride (200 à 300 mm/an), couvre les plateaux steppiques.
- L'aride ou saharien doux (inférieur à 200 mm/an), s'étend au-delà de l'Atlas saharien.(Zakaria 2017)

### 2. Présentation du cas d'étude (mall commercial)

Dans ce titre on va présenter le cas d'étude qui est une mall commercial dans la ville de Tébessa.

#### 2.1. Terrain

Le projet va implanter sur un terrain qui est situé à la Proximité au ville de Tébessa- la commune de Boulhaf-, dans une situation stratégique par apport au plusieurs ville (point de connexion). (Fig 4.2)



Figure 4.2 Situation du terrain (l'auteur 2020)

# Chapitre 4: Cas d'étude (mall commercial à Tébessa)

Le terrain est exposé sur la route nationale N° 16, près du nouveau pôle universitaire et les Habitations A.A.D.L. (Fig 4.3)

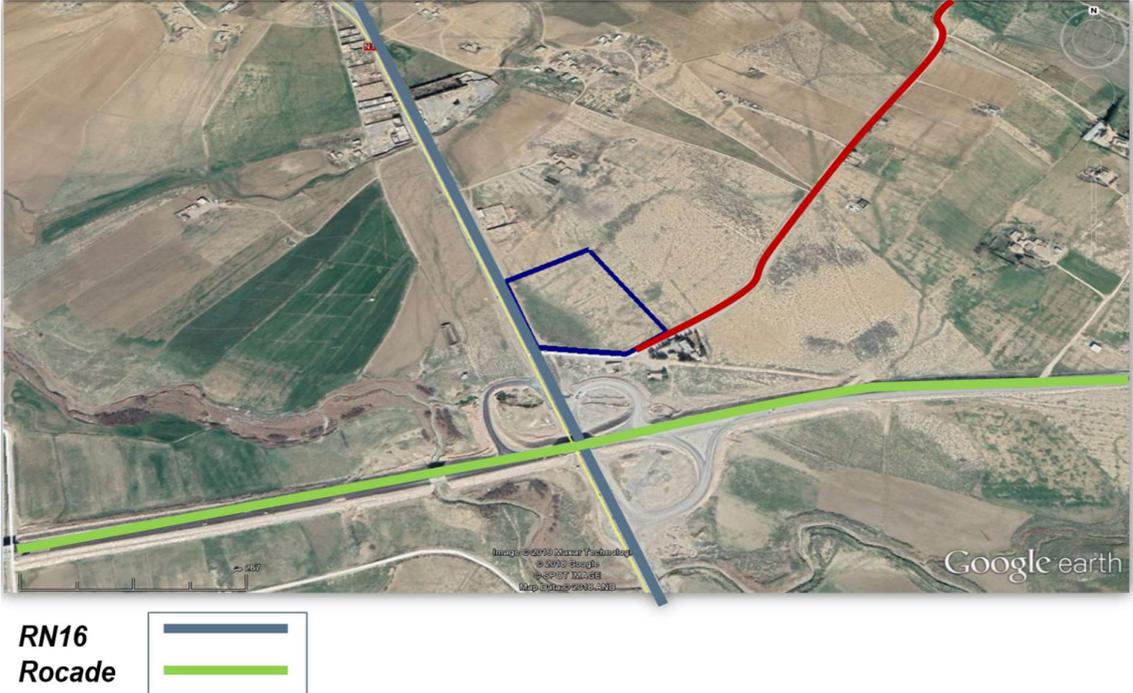


Figure 4.3 Accessibilité au terrain (l'auteur 2020)

Le terrain est avec un forme régulière d'une surface de 3 hectare et une faible pente. (Fig 4.4) (Fig 4.5)



Figure 4.4 coupe A-A sur le terrain (l'auteur 2020)

Chapitre 4: Cas d'étude (mall commercial à Tébessa)



Figure 4.5 Coupe B-B sur le terrain (l'auteur 2020)

2.2. Description du cas d'étude

Le projet est mall commercial, composé de 5 étage (RDC + 4 étage), contient une grande surface qui est un hypermarché et des magasins spécialisé sur un type de commerce, avec des fonctions de loisir et restauration.

a. Le programme

Le projet a une superficie de 24516 m2 divisé sur les espaces commerciaux et les autres annexes, le tableau suivant (Tab 4.1) montre les détaille

Tableau 4.1 programme qualitative ET quantitative (l'auteur 2020)

	Nombre	S/Unitaire	S/Total
<b>Accueille</b>			
Hall	/	/	/
<b>Administration</b>			
Bureau Directeur	1	32	32
Secrétariat	1	16	16
Salle de Réunion	1	64	64
Des Bureaux	8	16	128
Sanitaire	4	1,5	6
Attente	1	20%	50
<b>Magasins</b>			
Parfumerie	3	50	150

## Chapitre 4: Cas d'étude (mall commercial à Tébessa)

Photographie	2	50	100
Fleuriste	1	40	40
Librairie	2	90	180
Bijouterie	4	60	240
Pharmacies	3	60	180
Horlogerie	4	60	240
Artisanat	3	60	180
Coiffures Femmes	2	80	160
Coiffures Hommes	2	80	160
Vidéotheque	1	420	420
Opticien	4	60	240
Poterie	1	90	90
Centre Matériel de Pêche	1	60	60
Magasin de Meubles	1	250	250
Magasin d'électroménager	3	90	270
Magasin de Tapisserie	2	90	180
Magasin de Lustre et Miroir	2	90	180
Magasin Chaussures Hommes	4	40	160
Magasins Chaussures Femmes	4	40	160
Magasin Chaussures Enfants	4	40	160
Vêtement Hommes	4	80	320
Vêtement Femmes	4	80	320
Vêtement Enfant	4	80	200
Instrument Musicaux	1	90	90
Magasin de Tissu	3	90	270
Produit Cosmétique	4	90	360
Papeterie	1	90	90
Produit d'électroniques	2	90	180
Dégraissage	3	90	270
Article de Ménage	2	90	180
Jouer pour enfants	2	50	100
Produits Informatique	4	90	360
<b>Grand Surface</b>			
Hypermarché	1	3000	3000
<b>Restauration</b>			
Cafétéria	1	400	400
Salon de thé	1	400	400

## Chapitre 4: Cas d'étude (mall commercial à Tébessa)

Restaurant traditionnel	1	400	400
Starbucks	3	90	270
Faste Food	1	100	100
Pizzeria	1	200	200
Crémerie	1	100	100
JUICE bar	1	100	100
Pâtisserie	1	200	200
<b>loisir</b>			
Salle de jeux	2	250	500
Bowling	1	500	500
Jeu de BABY Foot	1	250	250
Fitness	1	500	500
Patinoire	1	2000	2000
Cinéma	1	500	500
<b>Technique</b>			
Dépôts	/	2000	2000
Vestiaires	/	500	500
<b>Service</b>			
Parking	/	5000	5000
Garderie d'enfant	1	400	400
<b>Agences</b>			
Agence de voyage	2	60	120
Agence publicitaire	1	60	60
Agence postale	1	60	60
Agence automobile	1	60	60
Agence de bancaire	1	60	60
	circulation: 20 %	6100	24516

### b. Les plans

#### Plan de masse

Le plan de masse (Fig 4.6) montre la position de projet au terrain, Le projet est centré au milieu de terrain avec une hauteur de 20 mètre, le projet est entouré par les parking et une cour de service, Où l'entrée au projet se fait par l'axé principale qui est exposé sur la route national 16.

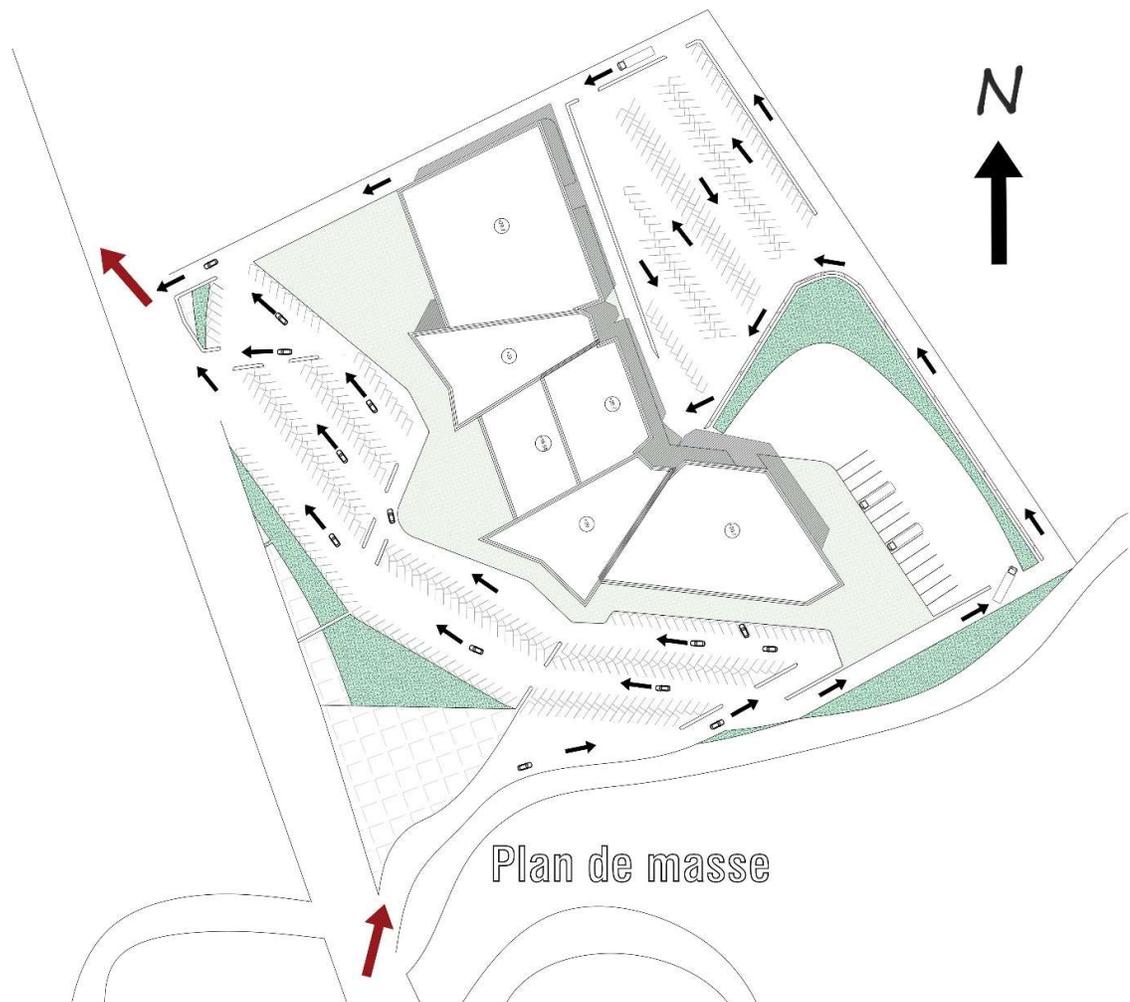


Figure 4.6 Plan 01: Plan de masse (l'auteur 2020)

## Chapitre 4: Cas d'étude (mall commercial à Tébessa)

### Plan d'ensemble

Le plan d'ensemble (Fig 4.7) représente les espaces intérieurs par rapport extérieurs, et les axes principales de projet vers l'intérieur, le projet est contenu plusieurs axes, des axes sur la façade ouest et la façade East et d'autres au centre du projet.

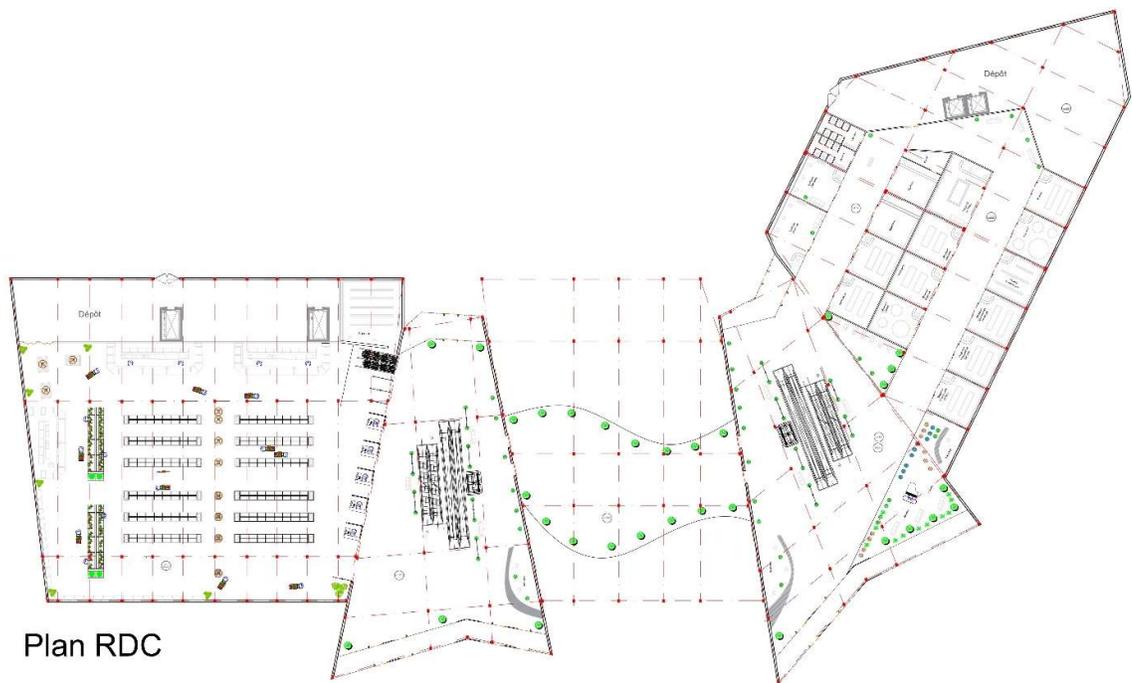


Figure 4.7 Plan 02: Plan d'ensemble (l'auteur 2020)

## Chapitre 4: Cas d'étude (mall commercial à Tébessa)

### Plan RDC

Le plan du rez-de-chaussée (Fig 4.8) se compose de deux pôles principaux, un pôle constitué d'un commerce spécialisé (des Magasins) et un pôle constitué d'une grande surface représentée par un hypermarché, Les deux pôles sont reliés par deux volumes, assurant un mouvement vertical et horizontal entre les espaces.



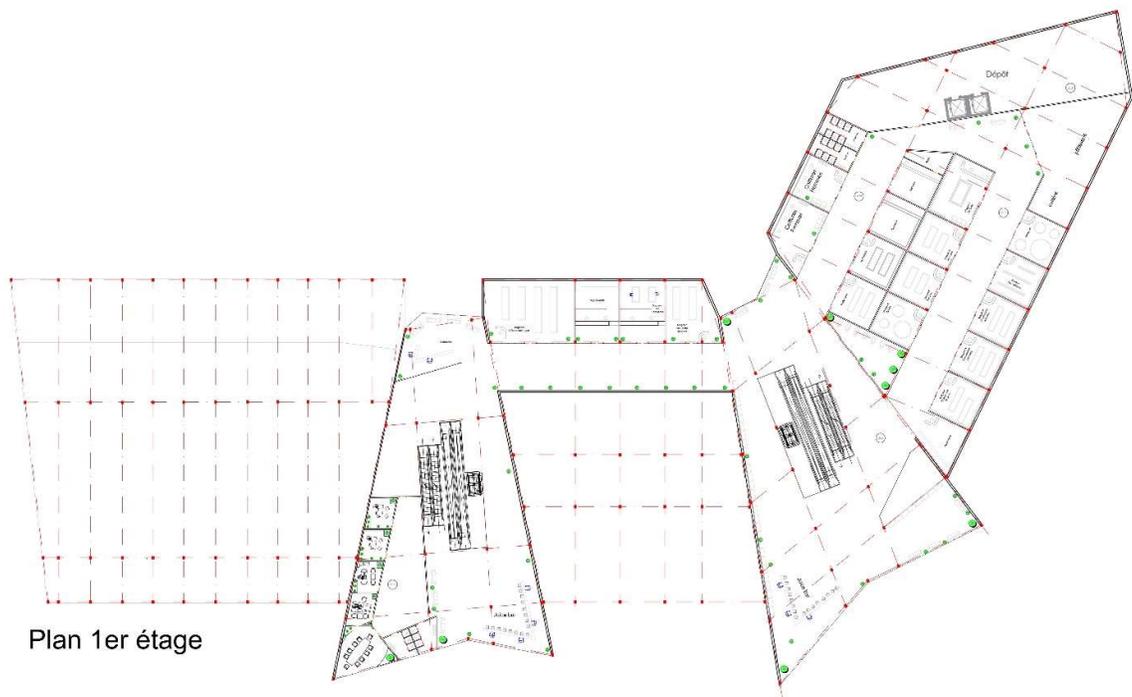
Plan RDC

Figure 4.8 Plan 01: Plan RDC (l'auteur 2020)

## Chapitre 4: Cas d'étude (mall commercial à Tébessa)

### Plan 1<sup>er</sup> étage

Le plan de 1<sup>er</sup> étage (Fig 4.9) consiste seulement le commerce spécialisé, presque identique à celui du rez-de-chaussée, avec les espaces de détente et de circulation, il contient également l'administration du projet.



Plan 1er étage

Figure 4.9 Plan 02: Plan R+1 (l'auteur 2020)

## Chapitre 4: Cas d'étude (mall commercial à Tébessa)

### Plan 2<sup>ème</sup> étage

Le plan du 2eme étage (Fig 4.10) consiste trois pôles principaux, les trois pôles constitué d'un commerce spécialisé (des Magasins) et un garderie d'enfant, avec les espaces de détente et de circulation.



Plan 2eme étage

Figure 4.10 Plan 03: Plan R+2 (l'auteur 2020)

## Chapitre 4: Cas d'étude (mall commercial à Tébessa)

### Plan 3<sup>ème</sup> étage

Le plan du 3eme étage (Fig 4.11) se compose de trois pôles principaux qui consiste une diversité fonctionnelle; commerce, loisir et restauration, les trois pôles constitué d'un commerce spécialisé (des Magasins), un grand restaurant traditionnel, une vidéothèque et la patinoire comme un espace de loisir, avec les espaces de détente et de circulation.



Plan 3eme étage

Figure 4.11 Plan 04: Plan R+3 (l'auteur 2020)

## Chapitre 4: Cas d'étude (mall commercial à Tébessa)

### Plan 4<sup>ème</sup> étage

Le plan du 3eme étage (Fig 4.12) se compose de trois pôles principaux qui consiste une diversité fonctionnelle; commerce, loisir et restauration, les trois pôles constitué d'un commerce spécialisé (des Magasins), un grand restaurant traditionnel, une vidéothèque et la patinoire comme un espace de loisir, avec les espaces de détente et de circulation.

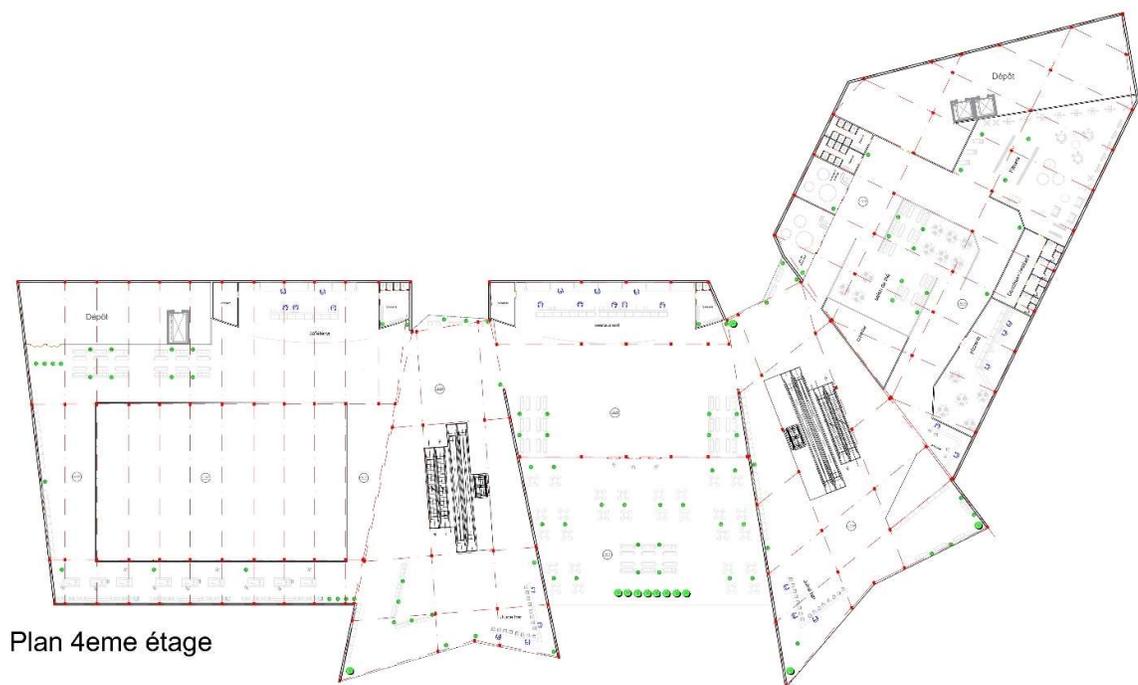
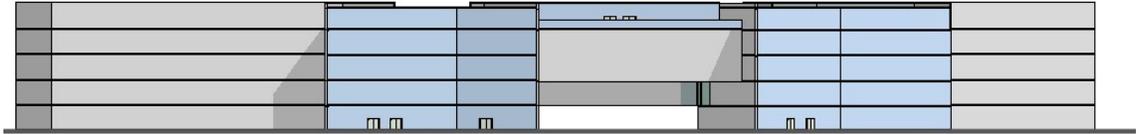


Figure 4.12 Plan 05: Plan R+4 (l'auteur 2020)

## Chapitre 4: Cas d'étude (mall commercial à Tébessa)

### c. Les Façades

Ce sont des façades présentatives, Il sera traité après le processus de simulation numérique, ce qui aidera à la conception de l'interface. (Fig11, Fig12)



*Figure 4.13 Façade ouest (l'auteur 2020)*



*Figure 4.14 Façade sud (l'auteur 2020)*

### 3. Création du modelé d'analyse :

A travers cette simulation Nous allons étudier l'impact de la façade solaire adaptative sur l'amélioration de la performance énergétique d'un bâtiment commercial sous un climat semi-aride, dans la ville de Tébessa, qui sera menée par cette étude, où chaque fois on calcule la quantité d'énergie crée par les cellules photovoltaïques, sur déférent façades avec déférents orientation

Pour faire cette étude et simulation nous allons montrer la liste des variables

- **Liste des variables**
  - Type des panneaux
    - ✓ Les panneaux solaires en silicium cristallin fixe
    - ✓ Les panneaux solaires en silicium cristallin mobile
  - Orientation
    - ✓ Orientation vers le Sud
    - ✓ Orientation vers l'Ouest

Après la fixation des variable, l'expérimentation va passer par trois étapes principale. L'organigramme suivante (Fig 4.15) montre ces trois étapes.

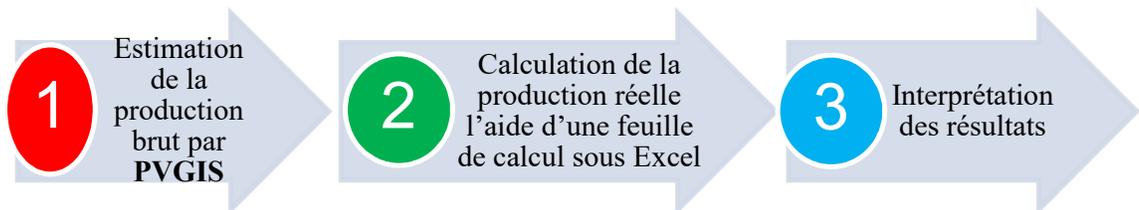


Figure 4.15 étapes principale de l'expérimentation

Source : (l'auteur 2020)

#### a. Estimation de la production brute par PVGIS

À l'aide de logiciel PVGIS nous avons calculé l'énergie brute qui peut être produite pour des panneaux fixe et mobiles dans la façade sud et ouest, en entrant les informations dont le programme a besoin, à savoir le type, la capacité et l'emplacement du panneau solaire comme indiqué dans le tableau suivant (Tab 4.2)

## Chapitre 4: Cas d'étude (mall commercial à Tébessa)

Tableau 4.2 informations dont le PVGIS a besoin.

(L'auteur 2020)

Paramètre PVGIS	Façade sud		Façade ouest	
	Panneau fixe	Panneau mobile	Panneau fixe	Panneau mobile
Technologie PV	Silicium cristallin	Silicium cristallin	Silicium cristallin	Silicium cristallin
Puissance PV crête installée [KW/C]	1	1	1	1
Pertes du système [%]	14	14	14	14
Position de montage	Intégré au bâtiment	Intégré au bâtiment	Intégré au bâtiment	Intégré au bâtiment
Inclinaison [°]	90	$\alpha$ (selon hauteur du soleil) (Fig 4.16)	90	$\alpha$ (selon hauteur du soleil) (Fig 4.16)
Azimut [°]	06	06	70	70

Hour	Janvier	February	March	April	May	june	July	August	September	October	Novem...	December
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	1,1544...	4,9781...	7,7859...	7,4650...	3,8741...	0	0	0	0
7	0	0	6,3455...	13,198...	16,642...	17,205...	19,215...	15,973...	7,83962...	0,8022...	0	0
8	4,3605...	10,247...	18,418...	25,410...	28,695...	29,101...	31,312...	28,185...	19,8911...	12,397...	7,3752...	5,6787...
9	14,600...	21,236...	30,004...	37,499...	40,906...	41,260...	43,526...	40,206...	31,4223...	23,164...	17,256...	15,156...
10	23,420...	30,974...	40,563...	49,031...	52,988...	53,454...	55,539...	51,538...	41,8653...	32,540...	25,544...	22,979...
11	30,156...	38,667...	49,148...	59,099...	64,343...	65,263...	66,629...	61,092...	50,2108...	39,671...	31,527...	28,491...
12	34,026...	43,249...	54,213...	65,607...	73,042...	75,221...	74,295...	66,406...	54,8396...	43,474...	34,434...	31,025...
13	34,416...	43,761...	54,187...	65,443...	73,775...	77,290...	72,876...	64,594...	54,2396...	43,112...	33,780...	30,197...
14	31,258...	40,077...	49,082...	58,713...	65,800...	68,976...	63,822...	56,818...	48,6416...	38,676...	29,681...	26,138...
15	25,073...	33,018...	40,473...	48,549...	54,643...	57,510...	52,357...	46,205...	39,7202...	31,095...	22,775...	19,411...
16	16,639...	23,682...	29,901...	36,979...	42,614...	45,378...	40,246...	34,455...	28,9732...	21,435...	13,838...	10,707...
17	6,6583...	12,934...	18,309...	24,877...	30,401...	33,178...	28,040...	22,297...	17,2900...	10,495...	3,5226...	0,6211...
18	0	1,3485...	6,2330...	12,667...	18,312...	21,170...	16,013...	10,106...	5,17670...	0	0	0
19	0	0	0	0,6364...	6,5791...	9,5651...	4,3966...	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figure 4.16 hauteur du soleil de la ville de Tébessa

Source : (Atef.Ahriz 2018)

## Chapitre 4: Cas d'étude (mall commercial à Tébessa)

Logiciel donne le résultat de la production brut journalière, on divise le résultat sur la durée de journée (Fig 4.17) de chaque mois pour obtenir la production horaire de chaque heure

Day length
10,01844...
10,99601...
12,03579...
13,15708...
14,03198...
14,40505...
14,06034...
13,17535...
12,07155...
10,97328...
10,00990...
9,610674...

Figure 4.17 La durée du jour

Source : (Atef.Ahriz 2018)

Après avoir saisi les informations dont PVGIS a besoin, il nous donne les résultats de la production brute pour chaque mois selon l'inclinaison et l'azimut des panneaux

**Exemple** pour la façade mobile sud, la production brute au mois de janvier, à l'heure de 9 du matin comme indiqué dans le (Fig 4.18) :

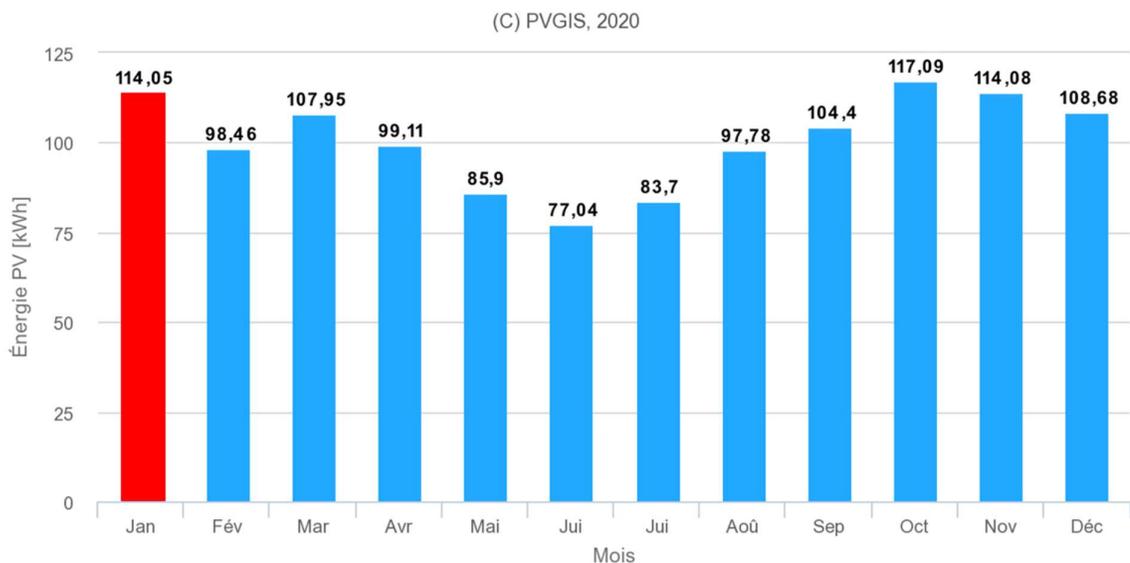


Figure 4.18 la production brute au mois de janvier, à l'heure de 9 du matin (la façade mobile)

Source : (PHOTOVOLTAIC-GEOGRAPHICAL-INFORMATION-SYSTEM 2019)

## Chapitre 4: Cas d'étude (mall commercial à Tébessa)

**Exemple** pour la façade fixe sud, la production bruit au mois de janvier (Fig 4.19):

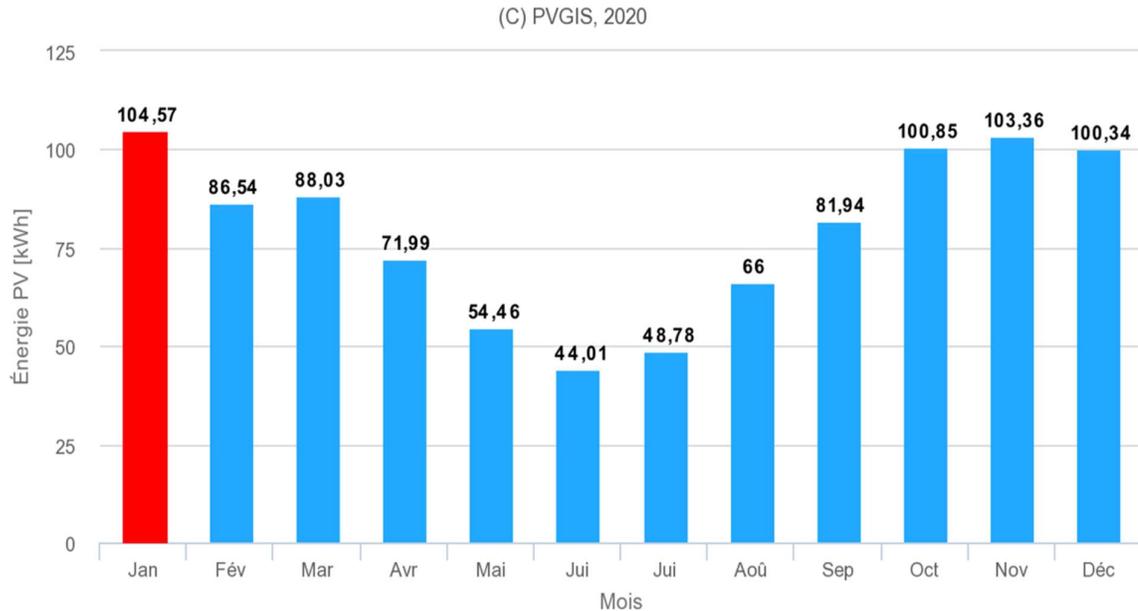


Figure 4.19 la production bruit au mois de janvier (façade fixe sud)

Source : (PHOTOVOLTAIC-GEOGRAPHICAL-INFORMATION-SYSTEM 2019)

### b. Calcul de la production réelle à l'aide d'une feuille de calcul sous Excel

#### Panneau mobile :

À l'aide d'une feuille de calcul sous Excel, nous calculons l'énergie produite réelle (Tab 4.3), où nous soustrayons la zone de le panneau inexploitée due aux ombres (que les panneaux reflètent en raison du suivi du mouvement du soleil (Fig 4.20) de l'énergie brute produite par le panneau.

### Chapitre 4: Cas d'étude (mall commercial à Tébessa)

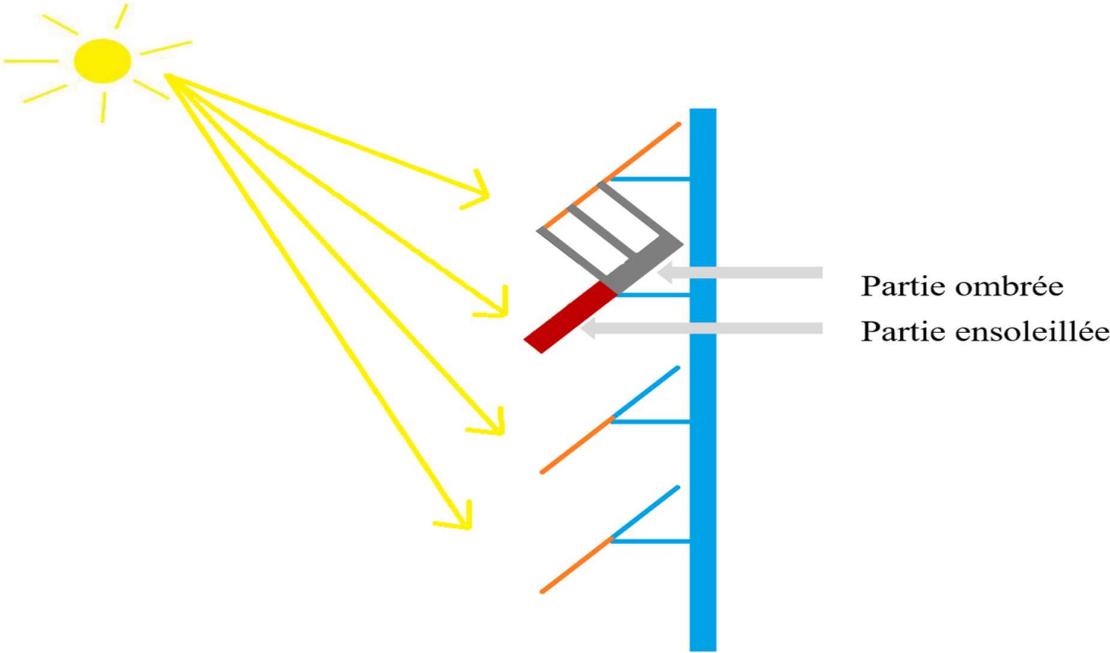


Figure 4.18 Schéma de panneau mobile

Source : (l'auteur 2020)

**Exemple** pour la façade mobile sud, la production réelle au mois de janvier (calculé par l'Excel):

Tableau 4.3 Méthode de calcul de la production, façade mobile (l'auteur 2020)

Janvier						
Hours	Sun height (α)	Pv angle	Prod/day BRUT	Prod/H BRUT	Shaded %	prod/H Net
6	0	90	0	0,00	0,00	0,00
7	0	90	0	0,00	0,00	0,00
8	4	86	107,74	10,76	0,24	10,74
9	15	75	114,05	11,39	3,40	11,01
10	23	67	116,46	11,63	7,94	10,71
11	30	60	117,08	11,70	13,38	10,13
12	34	56	116,82	11,67	17,08	9,68
13	34	56	116,82	11,67	17,08	9,68
14	31	59	117,06	11,69	14,27	10,03
15	25	65	116,78	11,67	9,36	10,57
16	17	73	114,82	11,47	4,37	10,97
17	7	83	109,81	10,97	0,74	10,89
18	0	90	0	0,00	0,00	0,00
19	0	90	0	0,00	0,00	0,00
				<b>114,63</b>		<b>104,40</b>

### Panneau fixe :

On considère que l'énergie produite réelle c'est la même de l'énergie brute produite, parce que les panneaux sont toujours fixés sur la façade, avec l'angle  $90^\circ$ , donc il n'y a aucun effet d'ombres. (Fig 4.21)

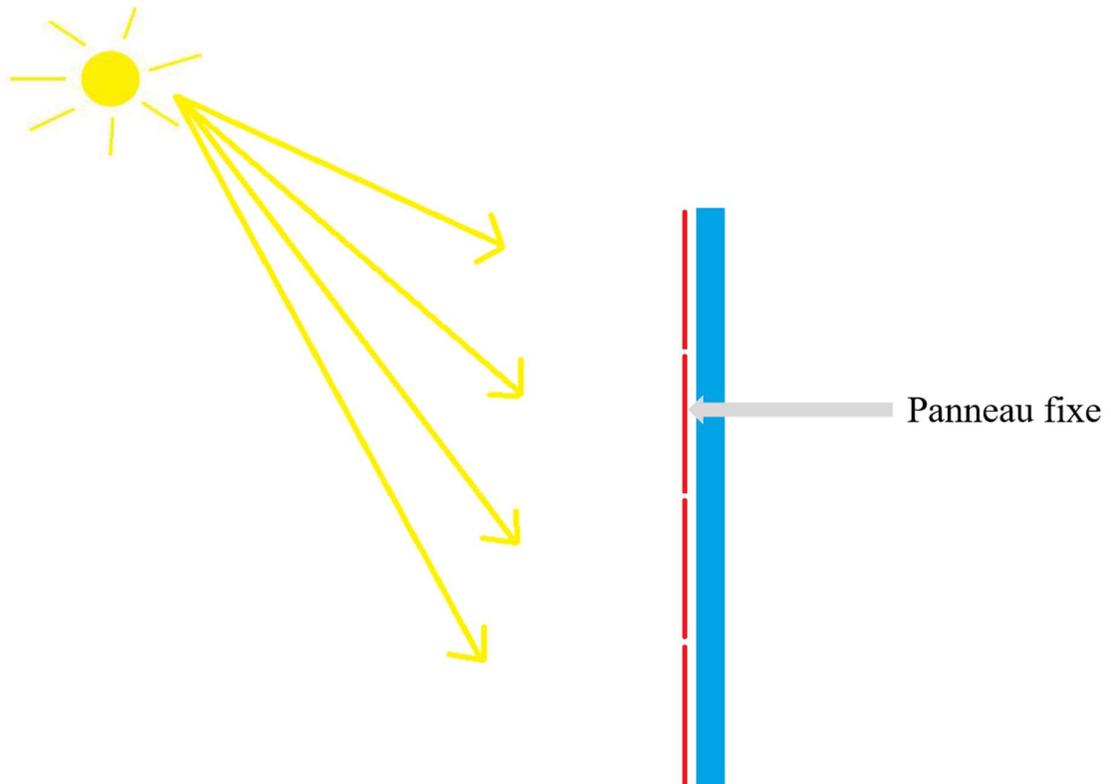


Figure 4.19 Schéma de panneau fixe

Source : (l'auteur 2020)

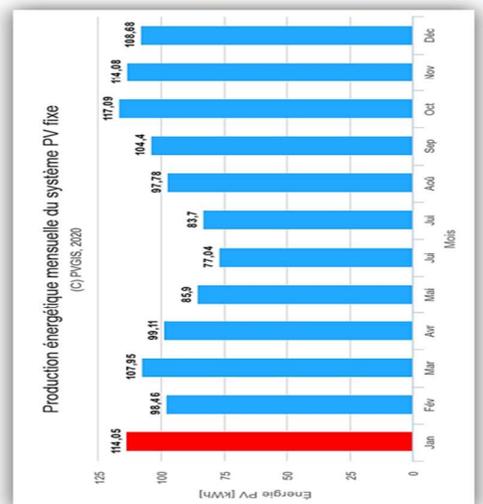
### 4. Méthode de l'expérimentation

Toutes les étapes précédentes peuvent être résumées en quatre étapes principales à travers le programme PVGIS et le programme Excel, afin de traduire les résultats finaux comme le montre l'image suivante (Fig 4.22) :

1 en entrant les informations dont PVGIS a besoin, pour Estimer La production brut par PVGIS

The screenshot shows the PVGIS web interface. On the left, there's a map of Tébessa, Algeria, with a location pin. The main panel is titled 'PERFORMANCE DU SYSTÈME PV COUPLÉ AU RÉSEAU'. It includes several sections: 'COUPLÉ AU RÉSEAU', 'PV SUIVEUR', 'HORS RÉSEAU', 'DONNÉES MENSUELLES', 'DONNÉES QUOTIDIENNES', 'DONNÉES HORAIRES', and 'TMY'. The 'PV SUIVEUR' section is active, showing options for 'Base de données de rayonnement solaire' (PVGIS-SARAH, Silicium cristallin), 'Technologie PV', 'Puissance PV crête installée [kWp]', and 'Pertes du système [%]'. There are also options for 'Options montage fixe', 'Position de montage', 'Inclinaison [°]', 'Azimut [°]', and 'Prix de l'électricité PV'. A 'Calculer' button is visible at the bottom right of the panel.

2 PVGIS nous donne le résultat comme un graphe pour un panneau de 8 m<sup>2</sup>



3 À l'aide d'une feuille de calcul sous Excel, nous calculons l'énergie produite réelle

Hour s	sun height (°)	Pv angle	janvier		prod/ET Net
			prodday BRCT	shaded %	
6	0	90	0	0,00	0,00
7	0	90	0	0,00	0,00
8	4	86	107,74	10,76	10,74
9	15	75	114,05	11,39	11,01
10	25	67	116,46	11,65	10,71
11	30	60	117,08	11,70	10,13
12	34	56	116,82	11,67	9,68
13	34	56	116,82	11,67	9,68
14	31	59	117,06	11,69	10,03
15	25	65	116,78	11,67	10,57
16	17	73	114,82	11,47	10,97
17	7	83	109,81	10,97	10,89
18	0	90	0	0,00	0,00
19	0	90	0	0,00	0,00
				114,63	114,40

4 À l'aide d'une feuille de calcul sous Excel, Les résultats sont traduits comme des graphes

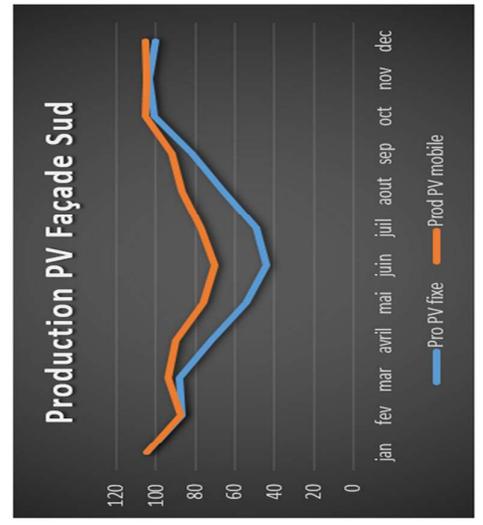


Figure 4.20 Les étapes de l'expérimentation

Source : (l'auteur 2020)

**Chapitre 5:**

**Application de la technologie  
de façade solaire adaptative**

### Introduction

Après avoir effectué l'expérience à travers les étapes mentionnées précédemment dans le chapitre 4, l'objectif du chapitre 5 sera d'analyser les résultats obtenus et de les interpréter afin de connaître la capacité de production de chacun des panneaux mobiles et fixes, afin de les comparer et de choisir le meilleur type qui peut être appliqué à l'interface du projet.

### 1. Analyse du rendement d'un panneaux PV sur la façade Sud et la façade Ouest

Afin d'évaluer la production annuelle des panneaux mobiles et de les comparer avec les panneaux fixes, on va résumer les résultats que nous avons obtenus par le PVGIS pour chaque façade.

#### 1.1. Façade sud

Après avoir calculé les résultats sur le programme PVGIS, nous avons résumé les résultats sous forme de tableau, qui montre la quantité d'énergie produite par an, pour les panneaux fixe et mobile comme indiqué dans le (tab5.1).

Table5. 1 la quantité d'énergie produite pour les panneaux fixe et mobile (façade sud)

Source : (l'auteur 2020)

	Day length	Pro PV fixe (kW/h)	Pro PV mobile (kW/h)	Différence (kW/h)
<b>Jan</b>	10,01	104,57	104,40	-0,17
<b>Fév</b>	10,99	86,54	87,31	0,77
<b>Mar</b>	12,03	88,03	93,69	5,66
<b>Avr</b>	13,15	71,99	89,92	17,93
<b>Mai</b>	14,03	54,46	76,15	21,69
<b>Jui</b>	14,40	44,01	70,26	26,25
<b>Juil</b>	14,06	48,78	77,07	28,29
<b>Aout</b>	13,17	66,00	86,73	20,73
<b>Sep</b>	12,07	81,94	92,02	10,08
<b>Oct</b>	10,97	100,85	105,18	4,33
<b>Nov</b>	10,00	103,36	104,80	1,44
<b>Déc</b>	9,61	100,34	105,06	4,72
<b>Total</b>	/	950,87	1092,59	141,72

## Chapitre 5 : Application de la technologie de façade solaire adaptative

**En janvier et février**, la production est proche, en panneaux fixes et mobiles, avec une valeur estimée entre (104 - 87) KW/h, en raison de la hauteur du soleil car elle est devant les panneaux solaires, permettant la création d'un bon angle d'incidence

**De mars à décembre**, la différence entre les deux types s'élargit avec une moyenne estimée de 14 KW/h, où le rendement dans les panneaux mobiles est supérieur aux panneaux fixes. En raison du mouvement des panneaux mobiles afin de créer un bon angle d'incidence, où le rendement est optimal, contrairement aux panneaux fixes, qui est affecté par le changement de l'angle d'incidence avec un changement de hauteur Le soleil, et donc La production diminue.

Où la production ayant atteint sa valeur maximale en décembre à une valeur de 105 KW/h, pour les panneaux mobiles, Quant aux panneaux fixes, la valeur maximale a atteint 104 KW/h en janvier

La figure suivante (Fig5.1) explique la lecture précédente :

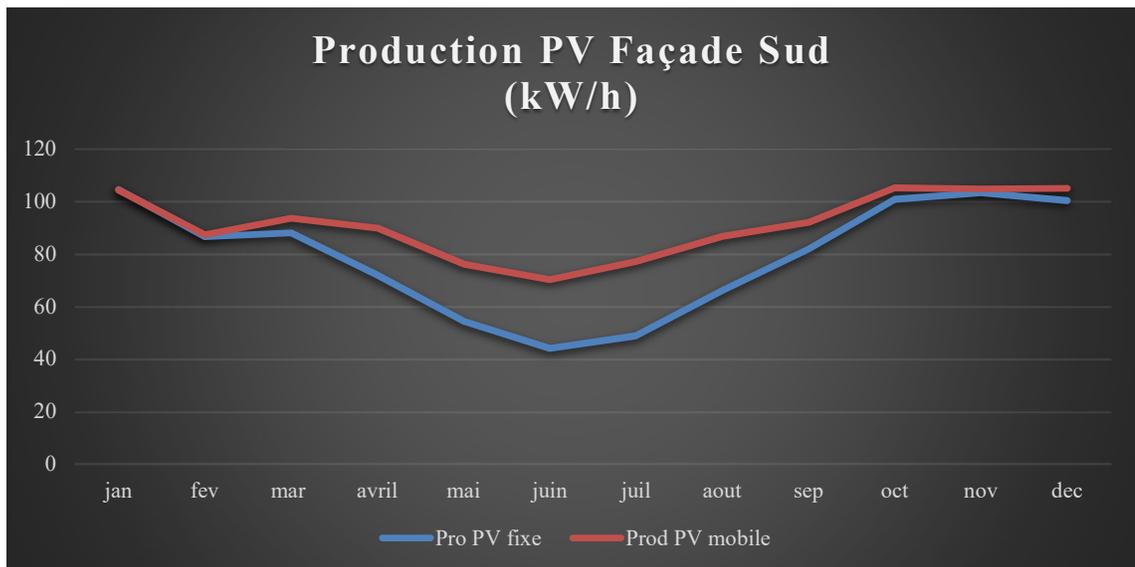


Figure5. 1 rendement mensuelle de panneaux mobiles/fixe sur la façade sud (l'auteur 2020)

### 1.2. Façade ouest

Après avoir calculé les résultats sur le programme PVGIS, nous avons résumé les résultats sous forme de tableau, qui montre la quantité d'énergie produite par an, pour les panneaux fixe et mobile comme indiqué dans le (tab5.2).

## Chapitre 5 : Application de la technologie de façade solaire adaptative

Table5. 2 la quantité d'énergie produite pour les panneaux fixe et mobile (l'auteur 2020)

	Day length	Pro PV fixe (kW/h)	Pro PV mobile (kW/h)	Différence (kW/h)
<b>Jan</b>	10,01	56,58	62,95	6,37
<b>Fév</b>	10,99	53,07	59,14	6,07
<b>Mar</b>	12,03	69,48	75,67	6,19
<b>Avr</b>	13,15	74,65	84,15	9,50
<b>Mai</b>	14,03	74,25	78,11	3,86
<b>Jui</b>	14,4	74,47	76,79	2,32
<b>Juil</b>	14,06	76,04	82,20	6,16
<b>Aout</b>	13,17	76,69	82,76	6,07
<b>Sep</b>	12,07	68,56	76,49	7,93
<b>Oct</b>	10,97	65,85	74,85	9,00
<b>Nov</b>	10	57,53	64,43	6,90
<b>Déc</b>	9,61	51,58	59,52	7,94
<b>Total</b>	/	798.75	877.06	78,31

Nous remarquons que le rendement dans les panneaux mobiles est supérieur aux panneaux fixes avec une moyenne estimée de 6.5 KW/h, En raison du mouvement des panneaux mobiles afin de créer un bon angle d'incidence, où le rendement est optimal.

Où la production ayant atteint sa valeur maximale en avril à une valeur de 84 KW/h, pour les panneaux mobiles, Quant aux panneaux fixes, la valeur maximale a atteint 76 KW/h en aout

La figure suivante (Fig5.2) explique la lecture précédente :

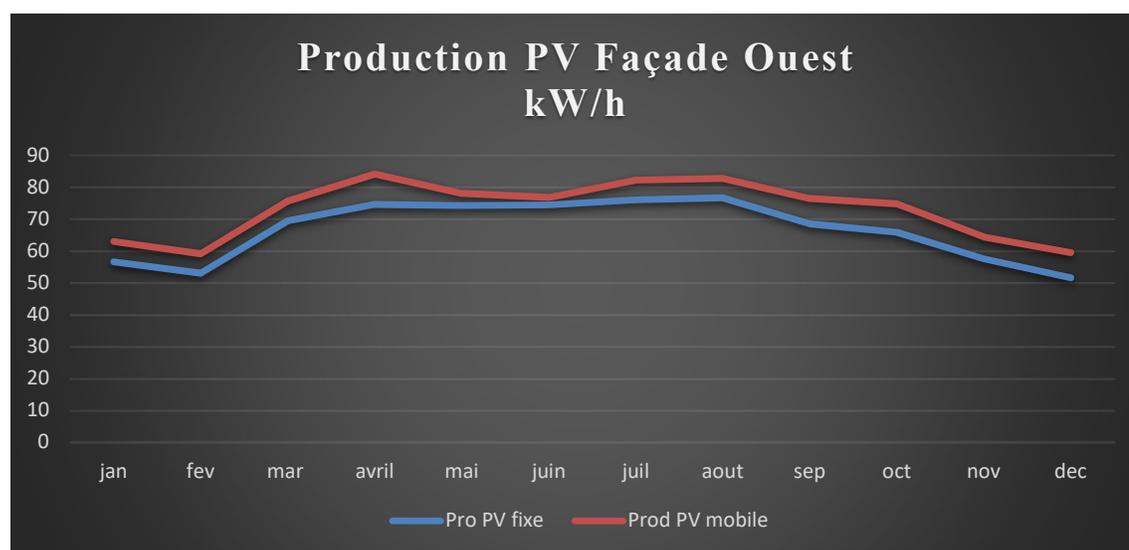


Figure5. 2 rendement mensuelle de panneaux mobiles/fixe sur la façade ouest (l'auteur 2020)

### 2. Résultat récapitulatif de la façade mobile

Le tableau (5.3) et (5.4) montre la capacité de production des panneaux mobiles pour la façade sud et ouest pendant les heures de la journée, pour les différents mois, afin de connaître la capacité de production des panneaux à chaque mois. Nous notons que la capacité de production change avec le changement de la longueur de la journée et l'angle du soleil.

#### 2.1. Façade sud

Afin de connaître la capacité de production des panneaux à chaque mois, Le tableau (5.3) montre la capacité de production des panneaux mobiles pour la façade sud pendant les heures de la journée :

*Table5. 3 production des panneaux mobiles (kW/h) pour la façade sud pendant les heures de la journée (l'auteur 2020)*

H	jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
6	0,00	0,00	0,00	5,62	4,64	3,98	4,64	5,67	0,00	0,00	0,00	0,00
7	0,00	0,00	8,00	7,10	6,12	5,40	6,22	7,27	7,78	9,31	0,00	0,00
8	10,74	8,52	8,79	7,82	6,89	6,37	7,06	8,03	8,59	10,20	10,84	10,81
9	11,01	8,63	8,72	7,70	6,84	6,52	6,94	7,85	8,58	10,31	11,00	10,92
10	10,71	8,19	8,04	6,77	6,00	5,84	5,95	6,81	7,86	9,74	10,59	10,60
11	10,13	7,48	7,00	5,48	4,62	4,44	4,41	5,55	6,94	8,99	10,04	10,20
12	9,68	7,03	6,29	4,37	3,16	2,82	3,18	4,71	6,23	8,59	9,81	9,89
13	9,68	6,91	6,29	4,54	2,98	2,47	3,36	4,88	6,38	8,59	9,81	10,00
14	10,03	7,38	7,00	5,48	4,32	3,83	4,88	6,15	7,07	9,11	10,25	10,38
15	10,57	8,04	8,04	6,77	5,79	5,34	6,37	7,43	8,04	9,90	10,78	10,81
16	10,97	8,55	8,72	7,70	6,76	6,38	7,10	8,06	8,64	10,35	11,02	10,94
17	10,89	8,62	8,79	7,82	6,92	6,52	6,93	7,77	8,47	10,10	10,66	10,52
18	0,00	7,96	8,00	7,10	6,21	5,82	5,87	6,56	7,44	0,00	0,00	0,00
19	0,00	0,00	0,00	5,62	4,91	4,54	4,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	104,4	87,31	93,69	89,92	76,15	70,26	77,07	86,73	92,02	105,18	104,8	105,06

Selon le tableau, nous constatons que la production a atteint sa valeur maximale à un taux de 10-12 KW/h, au cours des mois de décembre, novembre et octobre, au cours des heures de matin entre 08h et 11h, et le soir entre 01h et 17h.

La production diminue sur les autres mois, que la production a atteint sa valeur minimale à un taux de 20 à 40 kWh pendant les mois de mai, juin, juillet et août aux heures de la journée entre 11h et 14h.

La figure suivante (Fig5.3) explique la lecture précédente :

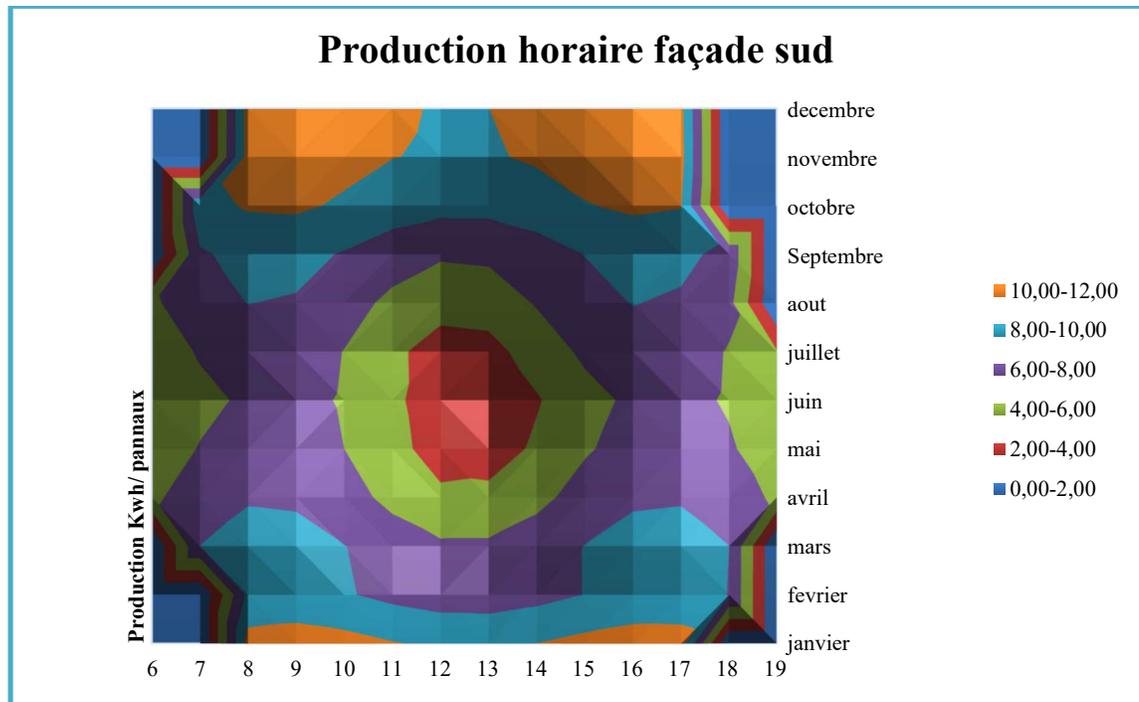


Figure5. 3 Production horaire façade sud (l'auteur 2020)

## 2.2. Façade Ouest

Afin de connaître la capacité de production des panneaux à chaque mois, Le tableau (5.4) montre la capacité de production des panneaux mobiles pour la façade ouest pendant les heures de la journée :

Table5. 4 production des panneaux mobiles(kW/h) pour la façade ouest pendant les heures de la journée (l'auteur 2020)

H	jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
6	0,00	0,00	0,00	5,77	5,74	5,76	6,17	6,21	0,00	0,00	0,00	0,00
7	0,00	0,00	6,24	6,74	6,62	6,59	7,04	7,16	6,35	6,10	0,00	0,00
8	5,94	5,38	6,90	7,17	6,96	6,98	7,33	7,53	6,98	6,90	6,21	5,74
9	6,44	5,71	6,96	7,00	6,70	6,53	6,90	7,26	7,03	7,21	6,60	6,07
10	6,50	5,63	6,56	6,17	5,80	5,87	5,83	6,29	6,59	7,07	6,63	6,12
11	6,35	5,32	5,85	5,07	4,45	4,39	4,30	5,16	5,91	6,71	6,47	6,04
12	6,17	5,09	5,32	4,08	3,07	2,80	3,11	4,42	5,39	6,49	6,39	5,95
13	6,17	5,03	5,32	4,22	2,90	2,45	3,28	4,57	5,50	6,49	6,39	5,99
14	6,31	5,26	5,85	5,07	4,17	3,78	4,75	5,72	6,00	6,77	6,54	6,08
15	6,47	5,57	6,56	6,17	5,59	5,29	6,25	6,83	6,71	7,13	6,65	6,13
16	6,47	5,72	6,96	7,00	6,57	6,50	7,14	7,47	7,06	7,19	6,52	5,96
17	6,13	5,54	6,90	7,17	6,96	6,98	7,32	7,43	6,88	6,80	6,03	5,44
18	0,00	4,89	6,24	6,74	6,67	6,79	6,88	6,71	6,09	0,00	0,00	0,00
19	0,00	0,00	0,00	5,77	5,91	6,09	5,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	62,95	59,14	75,67	84,15	78,11	76,79	82,20	82,76	76,49	74,85	64,43	59,52

## Chapitre 5 : Application de la technologie de façade solaire adaptative

Selon le tableau, nous constatons que la production a atteint sa valeur maximale à un taux de 06-08 KW/h, Il a été distribué à différentes heures du jour pendant presque tous les mois, au cours des heures de matin entre 06h et 10h, et le soir entre 13h et 17h.

La production diminue sur les autres mois, que la production a atteint sa valeur minimale à un taux de 20 à 40 kWh pendant les mois de mai, juin, juillet et août aux heures de la journée entre 11h et 14h.

La figure suivante (Fig5.4) explique la lecture précédente :

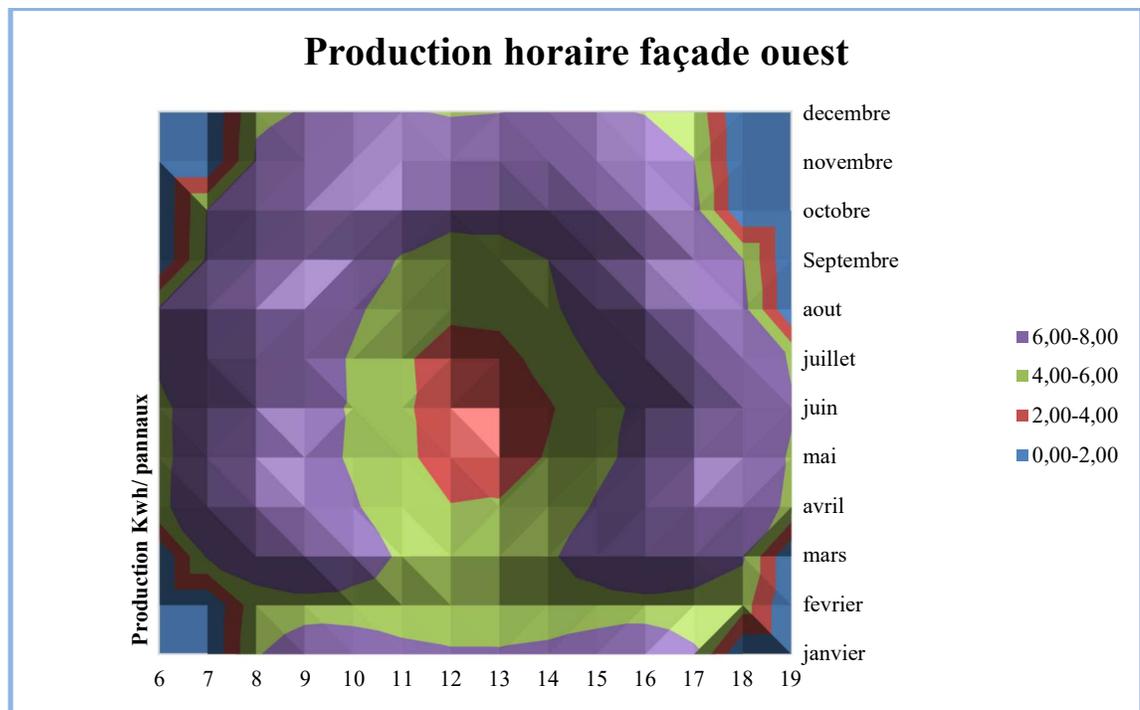


Figure5. 4 Production horaire façade ouest (l'auteur 2020)

### 3. Résultat PV fixe et PV mobile

Selon la surface de nos façades ont calculé la production annuelle de l'énergie à partir du nombre des panneaux crêtes. Pour les panneaux fixe et mobiles, Le tableau (5.5) montre les résultats des panneaux mobiles et Le tableau (5.6) montre les résultats des panneaux fixe.

## Chapitre 5 : Application de la technologie de façade solaire adaptative

Table5. 5 résultats des panneaux mobiles (l'auteur 2020)

Façade	Surface de la façade (m2)	Nombre des panneaux crêtes	Rendement de 1 panneau crête (kW/h/Ans)	Nombre des panneaux réels	Production total (kW/h/Ans)
Ouest	1941	243	73,08	1517	17759,25
Sud	1370	172	91,049	1070	15660,428
					<b>33419,678</b>

Table5. 6 résultats des panneaux fixe (l'auteur 2020)

Façade	Surface de la façade (m2)	Nombre des panneaux crêtes	Rendement de 1 panneau crête (kW/h/Ans)	Nombre des panneaux réels	Production total (kW/h/Ans)
Ouest	1941	243	66,56	1517	16174,08
Sud	1370	172	79,23	1070	13627,84
					<b>29801,920</b>

➤ Nous remarquons selon le tableau précédent, la supériorité des panneaux solaires mobiles sur les panneaux fixes dans la capacité de production annuelle, avec une différence de **3 617.758 kWh/ans**

La figure suivante (Fig5.5) explique la lecture précédente :

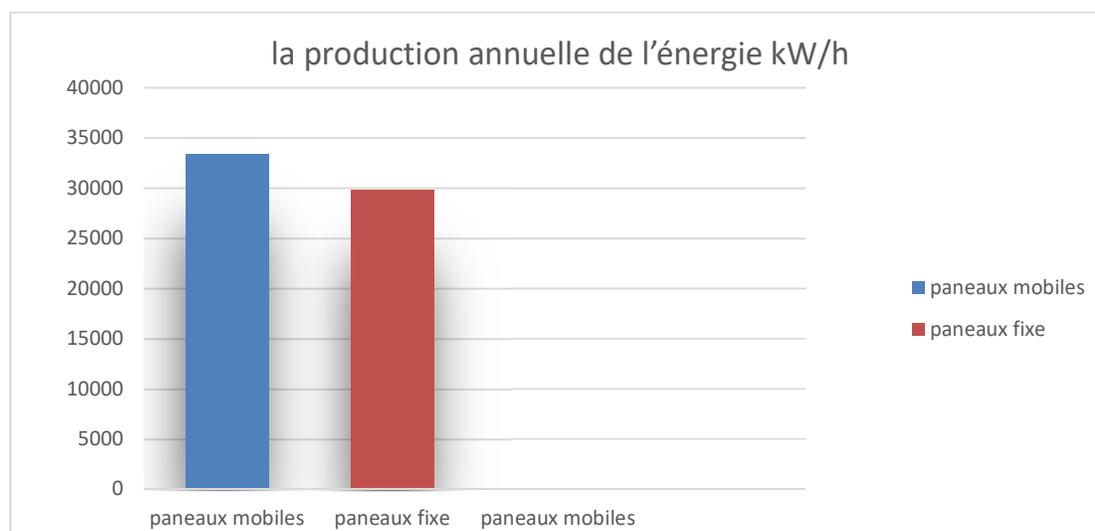


Figure5. 5 la production annuelle de l'énergie (panneaux fixe et mobiles) (l'auteur 2020)

**4. Proposition des façades :** D'après l'analyse des résultats de la simulation on choisit les panneaux solaire mobile pour la façade sud et ouest

**Proposition 01**

Façade technique couverte par les panneaux solaire mobile (2587 panneaux) (Fig 5.7), avec une capacité de production annuelle de 33419,678 kW/h/ans.

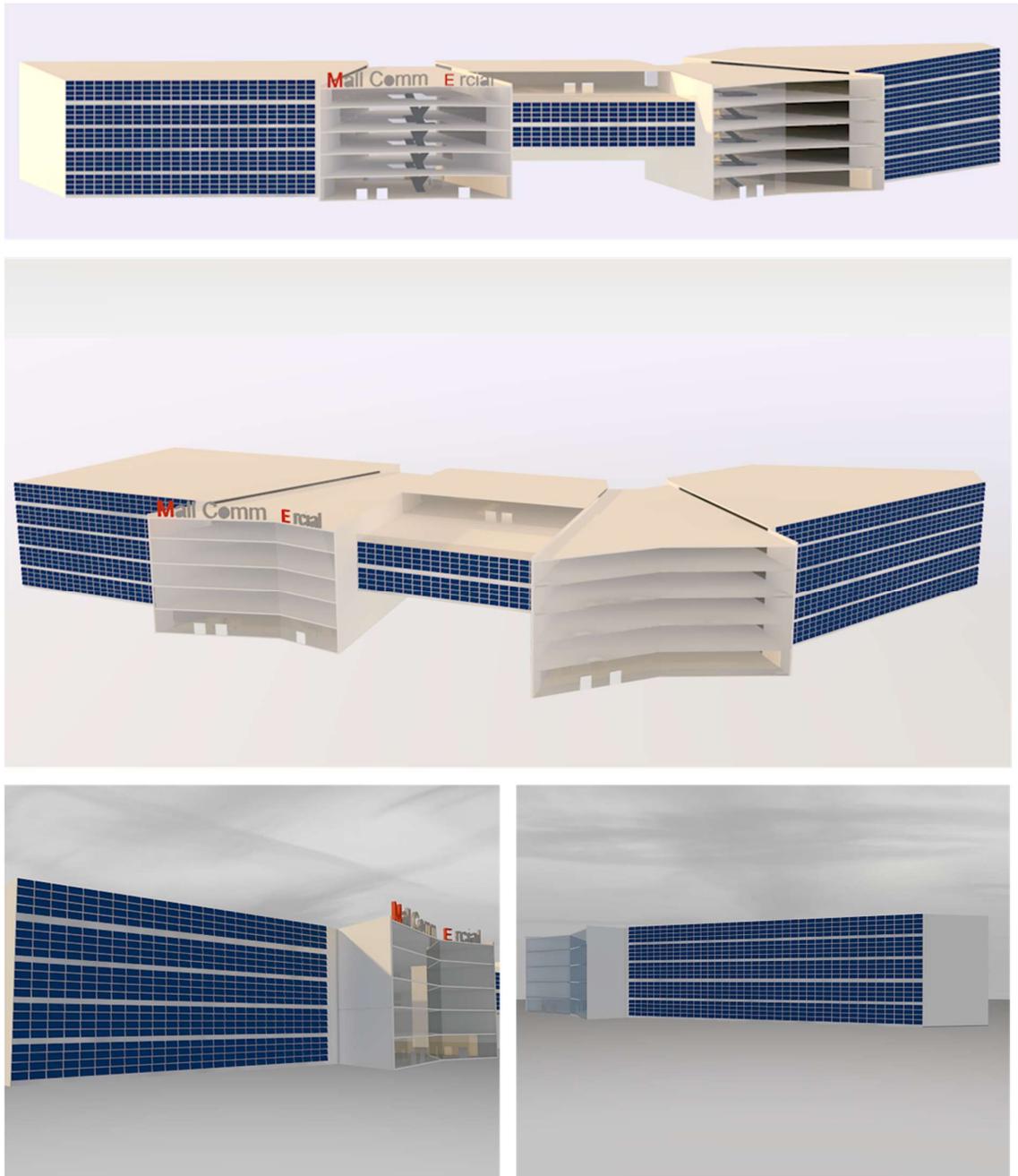


Figure 5.6 Proposition 01 de la façade sud ET ouest avec les panneaux mobiles (l'auteur 2020)

### Proposition 02

Façade esthétique couverte par les panneaux solaire mobile une texture blanche Qui a une réaction avec le soleil (2587 panneaux) (Fig 5.7), avec une capacité de production annuelle de 33419,678 kW/h/ans.la partie vitrée intègre la technologie d'hologramme qui affichera les publicités.

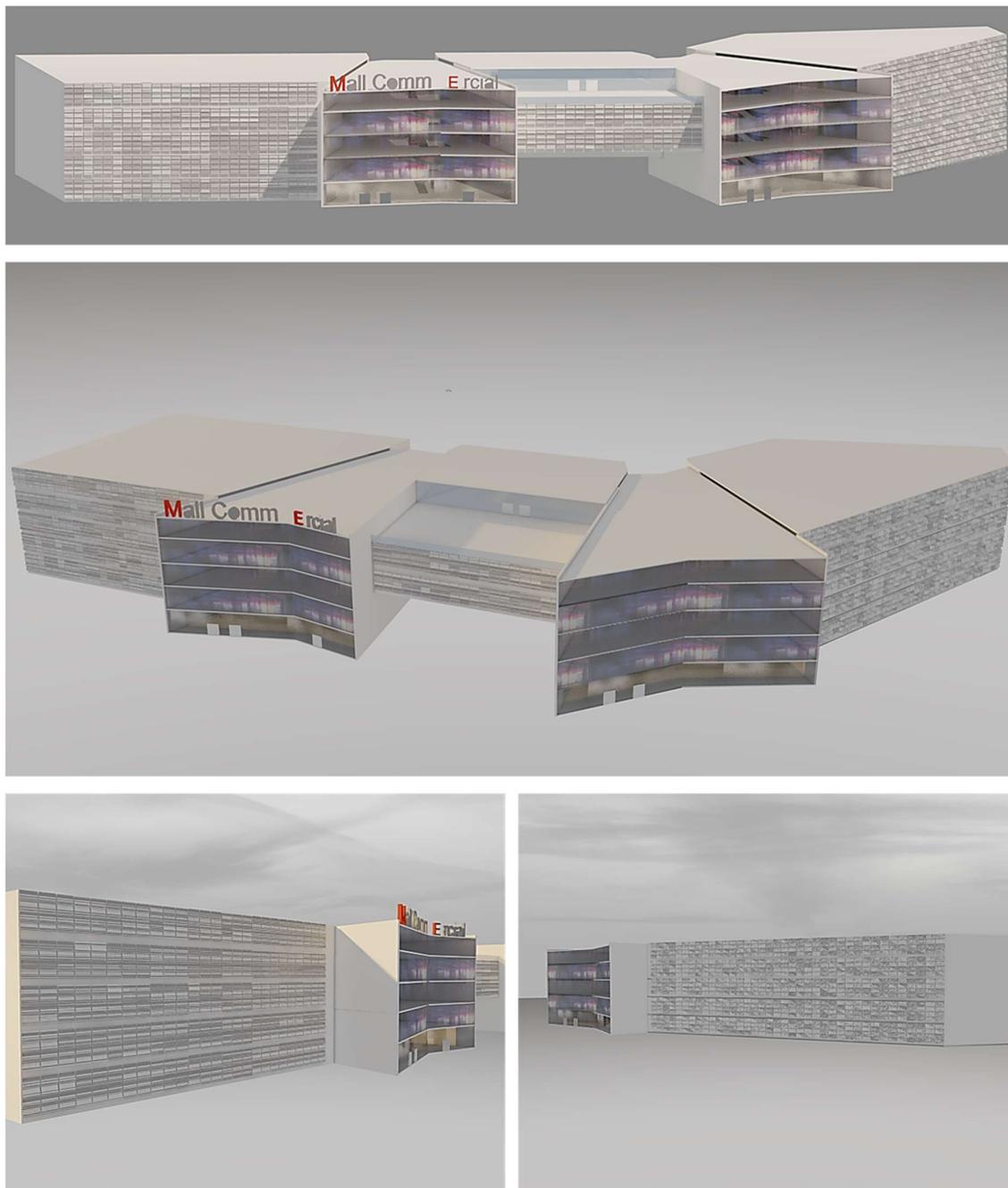


Figure 5.7 Proposition 02 de la façade sud ET ouest avec les panneaux mobiles (l'auteur 2020)

### **Conclusion**

D'après la comparaison entre la production de la façade solaire mobile et fixe et l'analyse des résultats de la simulation, on constate que la façade solaire mobile peut produire plus d'énergie que la façade fixe.

Ainsi qu'il donne également une beauté supplémentaire à la façade grâce au mouvement et à l'harmonie avec l'environnement, que la façade devient plus utile et fonctionnelle, et ne se limitait pas à la forme et à la beauté.

# **Conclusion générale**

### Conclusion générale

L'enveloppe de bâtiment, parmi les choses qui a changé et développé dans l'architecture, avec tous ses éléments affectants. et parmi ces éléments on a Les façades (le mur et la fenêtre) sont l'un des éléments les plus affectant sur l'enveloppe. La façade est un séparateur que séparé l'intérieur à l'extérieur de bâtiment et à son tour, protège les utilisateurs du bâtiment contre les facteurs externes (climat, les risques externes), il est considéré aussi comme un élément de conception, qui ont évolué dans la forme, la taille et la fonction. Elle contient plusieurs types avec différents rôles.

Dans ce contexte, nous avons fait des recherches théoriques sur les façades adaptatives et sa relation d'améliorer la performance énergétique d'un bâtiment pour atteindre cet objectif on a focalisé notre attention au début sur la question suivante; Quel est l'impact de la façade adaptative sur l'amélioration de la performance énergétique d'un bâtiment ?. Afin de personnaliser cette question, nous avons choisi le type de bâtiment et la zone climatique dans lesquels nous allons implanter le projet qui est un mall commercial la région de Boulhaf Dir ville de Tébessa sous un climat semi-aride, afin de clarifier mieux notre recherche.

Notre mémoire se base sur cinq chapitre principale; 3 chapitres parfaitement théorique qui sont:

un chapitre sur les façades adaptative qui décrit le thème général de cette recherche, il nous présente les façades adaptatives avec des types différents à l'objectif de comprendre les techniques des façades adaptatives en production d'énergie sur un bâtiment, un chapitre sur les centre commerciaux afin de faire une analyse thématique sur les centres commerciaux et un chapitre sur les panneaux photovoltaïque pour découvrir les technique et les détaille qui nous aide dans l'expérience et facilite le processus de recherche.

Après de faire la recherche théorique, nous avons fait la partie pratique comprend deux chapitres, un chapitre pour la présentation du cas d'étude, et un chapitre pour l'application de la façade solaire adaptative sur le projet réalisé à la ville de Tébessa. Nous avons utilisé le logiciel PVGIS pour faire une simulation de la production de l'énergie des panneaux mobile et le compare avec les panneaux fixe.

## Conclusion générale

Après faire une simulation de la production de l'énergie des panneaux mobile et de les panneaux fixe à l'aide de logiciel de PVGIS, nous avons fait une comparaison entre les deux résultats pour afin de découvrir la différence entre eux. Nous obtenons comme un résultat la supériorité des panneaux solaires mobiles sur les panneaux fixes avec capacité de production annuelle de de 3 617.758 kWh/ans, avec une différence de 3 617.758 kWh/ans sur les panneaux fixe.

Finalement, et Grâce à notre étude précédente nous obtenons que l'enveloppe architecturale et surtout les façades n'est pas seulement un élément de conception limité à la forme et à l'esthétique, mais peut être utilisée comme une solution intelligente pour la production et l'utilisation d'énergie. Et par cela, ajouter de la beauté au bénéfice, c'est ce que nous avons conclu en appliquant la façade solaire mobile à l'interface du projet.

## Références et bibliographie

- Atef.Ahriz (2018). SPUCAL. Simulation platform of urban climate in arid lands. S. p. o. u. c. i. a. lands. unversity of Biskra, unversity of Biskra.
- Bellay, J.-C. d., et al. (2009). Neufert 10° Edition-Fr.
- BENBACHA, C. (2017). Les façades dynamiques; moyen de contrôle solaire pour accroître l'efficacité énergétique des équipements administratifs en climat aride. Faculté d'Architecture et d'Urbanisme de l'Université Constantine 3, Université Constantine 3
- BONSOR, K. (2020). "How Smart Windows Work." Retrieved 28/03, 2020, from <https://home.howstuffworks.com/home-improvement/construction/green/smart-window2.htm>.
- cobse (2020). "La bioclimatique - Quelques techniques spécifiques." Retrieved 28/03, 2020, from [http://www.cobse.fr/techniques\\_specifiques.html](http://www.cobse.fr/techniques_specifiques.html).
- Daniel Aeleneia, b., et al. (2016). "Adaptive Façade: concept, applications, research questions." *Energy Procedia* **91**: 269 – 275.
- Dualsun (2020). "Le Rendement et la Production d'un panneau solaire." Retrieved 05/06, 2020, from <https://news.dualsun.com/technologie-solaire/rendement-production-panneau-solaire/>.
- ecolodis-solaire (2020). "Panneau solaire photovoltaïque : fonctionnement et description." Retrieved 28/03, 2020, from <https://www.ecolodis-solaire.com/conseils/panneau-solaire-photovoltaique-fonctionnement-et-description-panneau-photovoltaique-fonctionnement-et-fabrication-24>.
- Edfenr (2020). "watt crete." Retrieved 05/06, 2020, from <https://www.edfenr.com/lexique/watt-crete/>.
- Environnement, R. d. I. A. G. (2014). "FAÇADE MULTIPLE DOUBLE PEAU VENTILEE".
- Favoino, F., et al. (2018). "Building Performance Simulation and Characterisation of Adaptive Facades – Adaptive Facade Network." COST.
- Flammarion (version 2015)
- GEOTEKNA (2020). "ENVIRONMENT PARK (ENVIPARK)." Retrieved 28/03, 2020, from <https://www.greenroofs.com/projects/environment-park-envipark/>.

- Jean-François, B. d. i., Les Yvelines (2020). "Comment calculer la puissance et la taille d'un panneau solaire." Retrieved 02/06, 2020, from [https://conseil.manomano.fr/comment-calculer-la-puissance-et-la-taille-d-un-panneau-solaire-n5974?fbclid=IwAR1rH\\_Qx0PZqBRHljG3nhNoBwOb-qUbv0jN0A4ELuJ2OAS7HVfiShWHD17s](https://conseil.manomano.fr/comment-calculer-la-puissance-et-la-taille-d-un-panneau-solaire-n5974?fbclid=IwAR1rH_Qx0PZqBRHljG3nhNoBwOb-qUbv0jN0A4ELuJ2OAS7HVfiShWHD17s).
- LAETITIA (2019). "Inclinaison du panneau solaire, mode d'emploi." Retrieved 01/06, 2020, from <https://terresolaire.com/Blog/autoconsommation-photovoltaique/inclinaison-du-panneau-solaire-mode-demploi/>.
- Larousse (version 2013)
- lepanneausolaire (2020). "Comment calculer la puissance d'une installation." Retrieved 03/06, 2020, from [https://www.lepanneausolaire.net/comment-calculer-puissance-d-installation.php?fbclid=IwAR0IojewIpfNwbSOot08ii7quSjLJ2YNG7LFSMIG\\_vlc84w5FEiMEwR8gs](https://www.lepanneausolaire.net/comment-calculer-puissance-d-installation.php?fbclid=IwAR0IojewIpfNwbSOot08ii7quSjLJ2YNG7LFSMIG_vlc84w5FEiMEwR8gs).
- Loonen.R.C.G.M. , M. T., D. Cóstola, J.L.M. Hensen (2013). "Climate adaptive building shells: state-of-the-art and future challenges." Rev., vol. 25, pp. 483–493.
- Ltd, F. S. G. (2020). "Electrically Heated Glass for All Your Needs." Retrieved 28/03, 2020, from <https://heatvision.info/>.
- Martin, H., et al. (2020). "Thermal modelling of complex fenestration systems – Comparison of a BSDF-based model with simplified approaches."
- myshop-solaire (2020). "Le rendement des panneaux solaires photovoltaïques." Retrieved 01/06, 2020, from <https://news.dualsun.com/technologie-solaire/rendement-production-panneau-solaire/>.
- Notre famille (version 2015)
- panneausolairephotovoltaique (2020). Retrieved 05/06, 2020, from <https://panneausolairephotovoltaique.wordpress.com/fonctionnement/langle-dincidence/>.
- PHOTOVOLTAIC-GEOGRAPHICAL-INFORMATION-SYSTEM (2019, april 2020). "PVGIS." from [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/#PVP](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#PVP).
- ROZI, A. (2017). "KLab Architecture's New Municipality Nursery in Glyfada, Athens." Retrieved 28/0.3, 2020, from <https://www.archisearch.gr/architecture/klab-nursery-glyfada/>.
- solaire, e. (2020). "Panneau solaire photovoltaïque : fonctionnement et description." Retrieved 05/25, 2020, from <https://www.ecolodis-solaire.com/conseils/panneau->

solaire-photovoltaïque-fonctionnement-et-description-panneau-photovoltaïque-fonctionnement-et-fabrication-24.

- solarpedia (2020). "Logiciels photovoltaïques." Retrieved 04/06, 2020, from [http://fr.solarpedia.net/wiki/index.php?title=Logiciels\\_photovolta%C3%AFques&fbclid=IwAR1q31HM63GtpMfpNQvarcK4u2cZjmKHsOXA\\_WUK9JJRbOx368bTRne2-TI](http://fr.solarpedia.net/wiki/index.php?title=Logiciels_photovolta%C3%AFques&fbclid=IwAR1q31HM63GtpMfpNQvarcK4u2cZjmKHsOXA_WUK9JJRbOx368bTRne2-TI).
- Tariq, C. (2018 ). "Recherche thématique sur les centres commerciaux." Retrieved 06/04, 2020, from <https://archiguelma.blogspot.com/2018/11/recherche-thematique-centres-commerciaux.html>.
- voltiat (2020). "Solar panels types." Retrieved 05/06, 2020, from <https://www.voltiat.com/solar-panels-types/>.
- Youcef, M., et al. (2017). Regard sur l'architecture commerciale en Algérie, Cas d'étude centre commerciale et de loisir BAB EZZOUAR et PARK MALL. Département d'Architecture, Bejaia
- Zakaria, G. (2017). L'enveloppe architecturale entre élément de conception et de régulateur thermique. Département d'Architecture. Tébessa, Université Larbi Tébessa.
- Zakaria, G. (2017). L'enveloppe architecturale entre élément de conception et de régulateur thermique. Département d'Architecture. Tébessa, Université Larbi Tébessa.
- Zoltan Nagyn, et al. (2016) The AdaptiveSolarFacade:Fromconcept to prototypes. *Frontiers ofArchitecturalResearch* **volume 5**, 143–156
- خيطو, ع. ل. (2017). مفهوم العمارة التكيفية وتطبيقاتها على أغلفة الأبنية. مجلة جامعة البعث – المجلد 39 – العدد 42.
- عليوي, et al. (2019). مفهوم الالواح الشمسية مع أنواعها وتطبيقاتها.
- ندروس, ح. (2020). ".thin film solar cells". Retrieved 05/06, 2020, from <https://solarabic.com/learn/2019/07/thin-film-solar-cells>