



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Larbi Tébessi – Tébessa

جامعة العربي التبسي – تبسة

Faculté des Sciences et de la Technologie

كلية العلوم والتكنولوجيا

Département d'Architecture

قسم الهندسة المعمارية

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Présenté pour l'obtention du **diplôme** de Master **Académique**
En Domaine : Architecture, Urbanisme et Métiers de la ville

Filière : Architecture

Spécialité : Architecture

Par : Sebia Ilhem

Thème :

**L'intégration des cellules photovoltaïques comme une
solution innovante d'architecture durable dans un
bâtiment à caractère commercial
Cas d'un centre commercial à Tébessa**

Présenté et soutenu, devant le jury composé de :

- 1- Dr; Gherbi Mohamed
- 2- Dr; Ahriz Atef
- 3- Mme; Messai Fayza Radhia
- 4-M; Deghiche Salim
- 5-Mme; Zeghichi Sara

Président
Rapporteur
co-encadreur
Examineur
Examineur

Année universitaire : 2020/2021

Remerciment

Remerciment :

J'ai l'honneur et le plaisir à exprimer toute ma reconnaissance à Mr.AHRIZ Atef et Mme. MESSAI Faiza . Je les remercie de m'avoir encadré, orienté, aidé et conseillé.

Un très grand merci à mes chers parents ; Med Salah et Mouna , pour leur présence inestimable , leur amour, conseil et soutien inconditionnel, à la fois moral et économique, qui m'a permis de poursuivre mes études dans les meilleures conditions et les finalisées avec mon projet fin d'étude qui s'incarne dans ce mémoire. Je remercie mes sœurs Amira , Lily et Dina; mon frère Islem Amir et mon petit cœur Zaid , pour leurs encouragements.

Enfin, je remercie mes amis qui ont toujours été là pour moi. Leur soutien inconditionnel et leurs encouragements ont été d'une grande aide durant ma recherche.

À tous ces intervenants, je présente mes remerciements, mon respect et ma gratitude.

Sommaire

Sommaire.....	I
---------------	---

CHAPITRE INTRODUCTIF

1. Introduction.....	01
2. Questions de recherche.....	02
3. Hypothèses.....	02
4. Objectifs.....	02
5. Méthode de recherche.....	03
6. Structure du mémoire.....	03

PARTIE THEORIQUE

Introduction.....	05
-------------------	----

CHAPITRE I : L'énergie et la photovoltaïque

Introduction.....	06
1. L'énergie dans le bâtiment.....	06
1.1 Définition du L'énergie.....	06
1.2 L'efficacité énergétique d'un bâtiment.....	06
1.3 Le bâtiments performants.....	06
1.3.1 Le bâtiment zéro énergie ou « zéro net ».....	07
1.3.2 Le bâtiment à énergie positive	07
1.3.3 Le bâtiment « passif ».....	08
2. Les sources d'énergies.....	08
2.1 types d'Energies.....	08
2.1.1 Les énergies non renouvelables (fossiles)	09
2.1.2 L'énergie renouvelables.....	10
3. Notion sur la photovoltaïque.....	12
3.1 Le solaire photovoltaïque	12
3.2 L'histoire du photovoltaïque	14
4. Les cellules photovoltaïques.....	14
4.1 Le fonctionnement de la cellule photovoltaïque	16
4.2 Les principaux types des cellules photovoltaïques.....	16
4.3 Le rendement des cellules photovoltaïques.....	18
5. Avantages et inconvénients de l'énergie photovoltaïque.....	19
5.1 Avantage.....	19
5.2 Inconvénient.....	19

Conclusion	19
------------------	----

CHAPITRE II : Architecture des centres commerciaux

Introduction	20
1. Recherche thématique sur le commerce.....	20
1.1 Définition du commerce.....	20
1.2 Développement historique du commerce.....	20
1.3 Le rôle du commerce.....	21
1.4 Classification des équipements commerciaux.....	21
2. Recherche sur les centres commerciaux.....	21
2.1 Définition du centre commercial	21
2.2 Le rôle du centre commercial.....	22
2.3 Classification des centres commerciaux.....	22
3. Les exigences du centre commercial.....	22
3.1 Les utilisateurs/usager.....	22
3.2 Les activités du centre commercial.....	23
3.3 Les grandes espaces (fonctionnement).....	23
3.4 Exigence technique et conceptuelle.....	24
4. Analyse des exemples.....	27
Conclusion	31

CHAPITRE III : Recherche antérieure sur l'intégration des cellules

PV dans le bâtiment

Introduction.....	32
1. Technique d'intégration des cellules photo voltaïque	32
1.1 D'après sapa building system.....	32
1.2 BIPV : (les projets qui ont déjà utilisé l'intégration des cellules photovoltaïque dans le bâtiment.....	33
1.2.1 C'est quoi BIPV ?.....	33
1.2.2 Des réalisations de BIPV.....	33
2. L'intégration des cellules photovoltaïque dans l'enveloppe architecturale.....	34
2.1 au niveau des façades	34
2.1.1 Le bardage solaire vertical.....	34
2.1.2 les panneaux.....	35
2.2 au niveau des toitures.....	35

2.2.1 toiture incliné orienté.....	35
2.3 au niveau des murs	35
2.4 au niveau des verres.....	36
2.5 au niveau des patios et atrium.....	36
2.6 Mode additif.....	37
3. Les facteurs influents le rendement des panneaux solaire.....	38
3.1 L'angle d'incidence.....	38
3.2 L'angle d'inclinaison.....	38
3.3 L'angle d'orientation.....	38
4. Facteurs affectant la production de panneaux et cellules photovoltaïques.....	41
5. Le rendement des panneaux et cellule photovoltaïque.....	42
6. les conditions pour optimiser la production solaire.....	44
7. Les logiciels de simulation (mode dévaluation).....	44
7.1 terminologie.....	45
Conclusion.....	46
Conclusion de la partie théorique.....	47

PARTIE PRATIQUE

Introduction.....	48
-------------------	----

CHAPITRE IV : Présentation de cas d'étude « centre commercial a Tébessa » et création du model d'analyse

Introduction.....	49
1. Présentation de la ville de Tébessa.....	49
2. Le climat de la wilaya de Tébessa.....	50
2.1 Températures et précipitations moyennes.....	50
2.2 Précipitations.....	51
2.3 Les températures maximales.....	51
2.4 Quantité de précipitations.....	52
2.5 Vitesse du vent.....	52
2.6 La rose des vents.....	53
3. Présentation du cas d'étude « centre commercial ».....	53
3.1 Analyse du terrain	53
3.1.1 critère de choix	53
3.1.2 Situation du terrain.....	54

3.1.3 Environnement immédiat.....	54
3.1.4 Accessibilité.....	55
3.1.5 Morphologie du terrain.....	55
3.1.6 Relief du terrain.....	56
3.1.7 Potentialité.....	56
3.2 Description du cas d'étude	57
3.2.1 le programme.....	57
3.2.2 Processus conceptuelle.....	59
3.2.3 Les plans.....	60
4. Création du modèle d'analyse.....	63
4.1 liste de variable.....	63
4.2 liste fixe.....	63
5. Analyse et expérimentation.....	64
5.1 la segmentation de la forme.....	65
5.2 Azimut des segments.....	65
5.3 Le processus de calcul de la production énergétique.....	65
5.4 Tableaux de proposition.....	67
Conclusion	68
CHAPITRE V : Application et résultats la simulation	
Introduction.....	69
1. Analyse du rendement énergétique au niveau des façades.....	69
1.1 Cas des façades 100% photovoltaïque	71
1.2 La proposition architecturale.....	72
1.3 Comparaison architecturale.....	72
1.4 Les pertes résultant des panneaux utilisé dans les façades.....	73
2. Analyse du rendement énergétique au niveau de la dalle	73
3. Analyse du rendement énergétique au niveau de l'atrium	75
4. Résultat et proposition	75
Conclusion	80
conclusion de la partie pratique.....	81
CONCLUSION GENERALE	
Conclusion générale.....	82

Listes et référence

liste des figures.....	V
liste des tableaux.....	VII
liste des graphes.....	VII
référence et bibliographie.....	VIII
Résumé	XI

Chapitre :

Introdudctif

1. Introduction :

L'énergie solaire provient du processus de conversion directe d'une partie de la lumière en énergie électrique ; cette énergie est une source verte inépuisable alternative pouvant être utilisées par les humains. La conversion de cette énergie est réalisée par des cellules dites photovoltaïques, qui adaptent le phénomène physique " l'effet photovoltaïque" : c'est la génération de force électromotrice lorsque la cellule est exposée à la lumière solaire.

Ce type d'énergie est de plus en plus utilisé dans différents domaines, au niveau des bâtiments résidentiels ; bâtiments commerciaux... , en raison de ses nombreux avantages qu'elles offrent tels que la facilité de la mise-en-œuvre, la durée de vie importante, la participation à la préservation de l'environnement avec la réduction des bilans carbone et l'empreinte écologique des infrastructures.

Les photovoltaïques ont des qualités parfaites : ils ont des coûts d'exploitation très bas ; sont fiables, silencieux et relativement faciles à installer. De plus, dans certaines applications autonomes, le photovoltaïque est très pratique par rapport à d'autres sources d'énergie ; Où ils ont profité d'utiliser des panneaux photovoltaïques dans les constructions pour la production d'énergie ; mais cette dernière a eu un impact négatif sur le côté formel et l'aspect architectural des bâtiments.

Les architectes se sont dispensés des panneaux et ont essayé de les remplacer par des cellules pour l'intégrer d'une manière harmonieuse sur le bâtiment lui-même tel que : les brises de soleil ; les verrières ; les façades ; toiture incliné orienté ; les ouvertures ; toit en dent de scie ; des lamelles orientées ..., ces techniques sont favorisées généralement dans les équipements énergivores tel que les grandes surfaces ; les centres commerciaux ; les centre d'affaires ; les hôtels ...

Les cellules solaires sont en constante évolution, dans le but d'avoir une meilleure technologie qui offre une rentabilité maximale en termes de l'énergie électrique obtenue, grâce à la concurrence entre les entreprises mondiales pour innover et améliorer ces cellules afin d'obtenir les meilleurs résultats.

Les centres commerciaux faisant partie aujourd'hui des bâtiments les plus énergivores ; ils consomment l'énergie d'une façon importante en terme d'éclairage intérieure et extérieure, traitement de l'air, chauffage, climatisation et ainsi de suite ; il y a une étude suisse établis dans le cadre de plan de recherche financé par l'OFEN qui démontre l'état actuel des centres commerciaux vis à vis les valeurs de la consommation énergétique.

Cette étude révèle que le secteur des services en prenant à titre d'exemple les centres commerciaux est responsable de plus d'un quart de la consommation totale d'électricité. Il est important que les utilisateurs qui viennent s'installer dans les centres commerciaux soit vigilantes sur le type de luminaires, de chauffage, et de climatisations installée qui peuvent être très consommateurs d'énergie , la consommation de l'éclairage représente plus de 50% des consommations globales d'un centre commercial.

2. Question de recherche :

Dans ce contexte et sur cette base d'informations, les questions suivantes se posent et s'imposent :

- Par quelle technique on peut intégrer les cellules photo voltaïque dans le bâtiment ?
- Est-ce que cette technique des cellules PV compense-t-elle la technique des panneaux photovoltaïques ?

3. Hypothèses :

- On suppose que parmi la liste des éléments des cellules photo voltaïque la technique de toitures inclinées orienté et l'intégration au niveau des ouvertures et mur rideau plus le verre de l'atrium semble à être compatible avec les nécessité énergétique et spécificités techniques d'un centre commercial
- Les cellules photovoltaïques peuvent remplacer les panneaux photovoltaïques et ça peut être plus efficace avec les techniques précédentes (toiture incliné orienté et les ouvertures et l'intégration dans l'atrium ...)

4. Objectif :

- Comprendre les concepts et la technique des cellules photovoltaïque.
- Intégration des cellules photovoltaïque dans le bâtiment pour conserver la qualité architecturale et pour la production énergétique.
- Expérimenter les cas d'étude avec un logiciel de simulation.
- Vérifiés le rendement des cellules PV en comparaison avec les panneaux ; puis vérifier la fiabilité des cellules photovoltaïque dans un équipement a caractère commerciale .
- Mettre en valeur les avantages et les inconvénients de l'utilisation d'énergie solaire (énergie renouvelable) dans le bâtiment et de la utiliser dans la conception architecturale du projet.

5. Méthode de recherche :

Afin de mieux comprendre le thème de recherche et d'obtenir le maximum d'informations possible, pour mieux traité le sujet, nous avons poursuivi la démarche suivante :

L'établissement de la partie théorique qui traite les aspects théorique du thème et du projet, basée sur la documentation (les livres ; les articles ; les forums ; les sites web officielle ; les thèses de doctorats ...) et la recherche qui peut identité les notions de base de notre sujet (l'énergie solaire ; la photovoltaïques ; les cellules photovoltaïques ; les centre commerciaux ...) et dans ou on va analyser et augmenter les informations.

La 2eme partie consiste à établir l'expérimentation qui se base sur la simulation numérique avec l'outil (PVGIS) en exécutant plusieurs scénarios afin de bien construire l'expérience pour tester la fiabilité de l'intégration d'une variétés de cellules photovoltaïque avec des paramètres divers dans les bâtiments –sujet de l'études-.

6. Structure du mémoire :

- ✓ Le mémoire est structuré suivant deux parties :

Chapitre introductif

Première partie : partie théorique qui consiste 3 chapitres

- ✓ **Chapitre 01 :**

Consiste d'une aperçue théorique sur l'énergie et la performance énergétique et la technique de photovoltaïque et les cellules photovoltaïque en générale

- ✓ **Chapitre 02 :**

Les centres commerciaux : dans ce chapitre on va présenter les centres commerciaux et on expose aussi les différentes définitions des concepts liées à notre thème

- ✓ **Chapitre 03 :**

Technique de l'intégration des cellules photo voltaïque dans le bâtiment : les technique d'intégration avec une recherche antérieure

Deuxième partie : partie pratique

- ✓ **Chapitre 04 :**

Ici on va élaborer notre cas d'étude avec une présentation de terrain et du programme et un zoning

✓ **Chapitre 05 :**

C'est le chapitre qui achève le travail, il abordera l'analyse des résultats de la simulation, ceux-ci seront appliqués dans la conception du projet architectural et l'analyse des cellules photovoltaïques dans le projet et sa fiabilité (l'expérimentation et l'application).

✓ **Conclusion :**

Une conclusion générale consiste tous les points de base de projet plus les résultats de la recherche ainsi que la simulation.

- **Reference bibliographique**

Partie théorique

Introduction :

L'énergie est considérée comme l'un des piliers qui en dépendent le plus dans divers domaines, y compris le domaine de l'architecture et de l'architecture durable aussi. Elle joue un rôle important dans le développement et la civilisation, ainsi que l'énergie solaire qui est la plus innovante et la plus facile à utiliser grâce aux panneaux et aux cellules solaires qui convertissent la lumière du soleil en énergie électrique ; S'elle est intégré de manière moderne selon un ensemble de facteurs suivis pour produire une énergie qui satisfait les besoins énergétiques du projet et réduire la demande énergétique des bâtiments , et c'est ce que nous aborderons dans cette partie en plus d'identifier les centres commerciaux, qu'ils sont considérés comme l'un des principaux des projets énergivores qui consomment énormément l'énergie dans les différentes parties tel que la ventilation éclairage climatisation ...

Ensuite, nous verrons comment intégrer les cellules photovoltaïques dans plusieurs endroits du bâtiment, pas seulement au niveau des dalles comme nous le savons ; et comprendre comment utiliser cette technique dans ce domaine.

Chapitre I :
L'énergie et le
photovoltaïque

Introduction :

L'énergie est l'un des piliers fondamentaux de l'architecture durable, sa production occupe de nos jours la grande partie des débats multidisciplinaires (économiques, politiques, sociales etc...).

L'énergie est considérée comme l'un des principaux facteurs affectant la vie humaine. Elle joue un rôle important dans le développement et la civilisation ainsi que l'énergie solaire (les cellules et les panneaux photovoltaïque) le domaine le plus innovant dans nos jours.

1. L'énergie dans le bâtiment :

L'énergie joue un rôle vital dans les révolutions dans de nombreux domaines, y compris l'architecture.

1.1 Définition du L'énergie :

Selon LAROUSSE le dictionnaire français Le mot énergie est d'origine latine, « Energia » qui veut dire « *puissance physique qui permet d'agir et de réagir* » (Larousse, 2020)

Selon Curran 1981 ; p17 d'après mosaab smaali l'énergie par rapports aux physiciens et naturalistes : est la puissance matérielle du travail.

Par rapports aux économistes : C'est la quantité de l'énergie mécanique commercialisée ; c'est à-dire l'ensemble des sources et des formes d'énergie susceptibles d'utilisation massive, aussi bien pour produire de la chaleur que pour actionner des machines. (Curran,1981, p.17).

1.2 L'efficacité énergétique d'un bâtiment :

Selon (Centre pour l'Environnement et le Développement des Énergies Renouvelables) :
« *L'efficacité énergétique est rapidement devenue l'un des grands enjeux de notre époque et les bâtiments en sont une des composantes majeures. Ils consomment plus d'énergie que tout autre secteur et contribuent donc dans une large mesure au changement climatique* » (CEDER,2020)

1.3 Le bâtiment performant :

Un concept de bâtiment performant est défini par un ensemble d'objectifs et de solutions techniques destinés à guider le concepteur. Ce dernier, en s'appuyant sur divers outils d'aide

à la conception, associe des techniques, matériaux, structures et équipements de manière à atteindre au mieux les objectifs fixés. (Thiers, 2008)

1.3.1 Le bâtiment zéro énergie ou « zéro net »

Un bâtiment à énergie zéro (ZE), également connu sous le nom de bâtiment à énergie nette zéro (ZNE), bâtiment à énergie nette zéro (NZEB), est un bâtiment à consommation énergétique nette nulle, ce qui signifie la quantité totale d'énergie utilisée par le bâtiment sur une base annuelle est égal à la quantité d'énergie renouvelable créée sur le site (voir fig1.1) (COUR DR ; ATEF 2020)

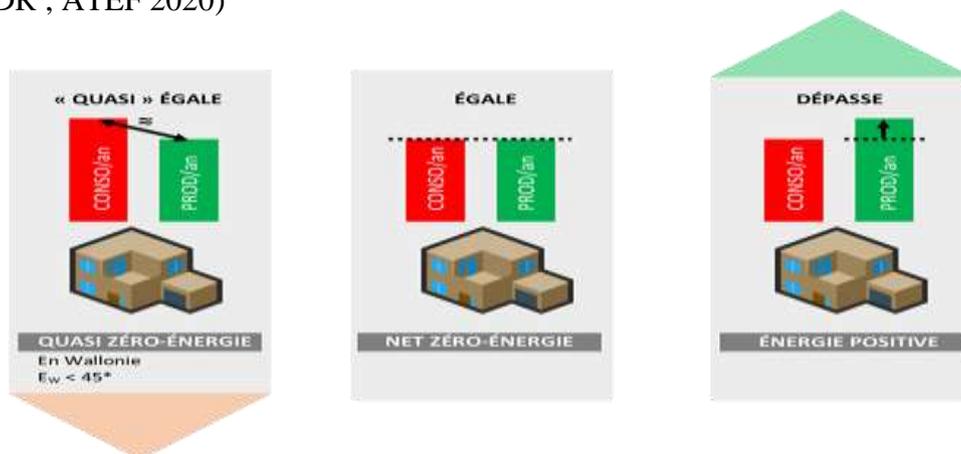


Figure1. 1 Bâtiment zéro énergie source : (énergie plus 2020)

1.3.2 Le bâtiment à énergie positive :

Un bâtiment à consommation énergétique nette zéro (ZEB) est un bâtiment résidentiel ou commercial dont les besoins énergétiques sont considérablement réduits grâce à des gains d'efficacité de sorte que l'équilibre des besoins énergétiques peut être alimenté par des technologies renouvelables. Malgré l'enthousiasme suscité par l'expression «énergie zéro» (voir fig1.2) .(Torcellini et al., 2006)

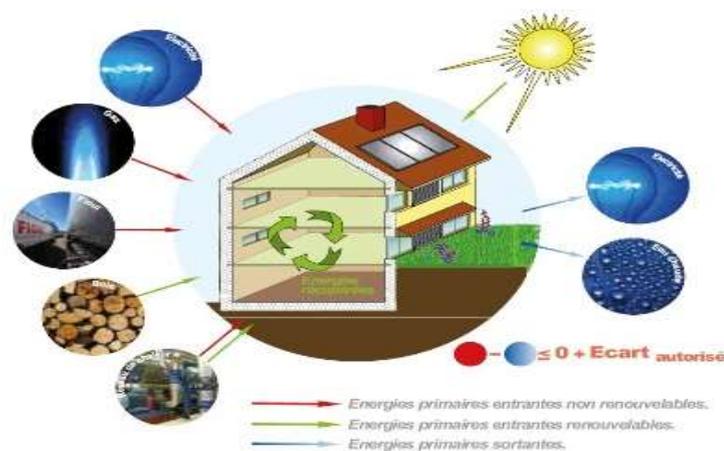


Figure1. 2 Bâtiment à énergie positive source : (vizea 2013)

1.3.3 Le bâtiment « passif » :

C'est une conception Basé sur l'utilisation de la chaleur solaire, une isolation très forte des murs et des fenêtres, pas de ponts thermiques, une bonne étanchéité à l'air et un contrôle de la ventilation, il s'agit d'un concept architectural à très faible consommation (voir Fig3.1) . (Les bâtiments passifs xpr, 2020.)

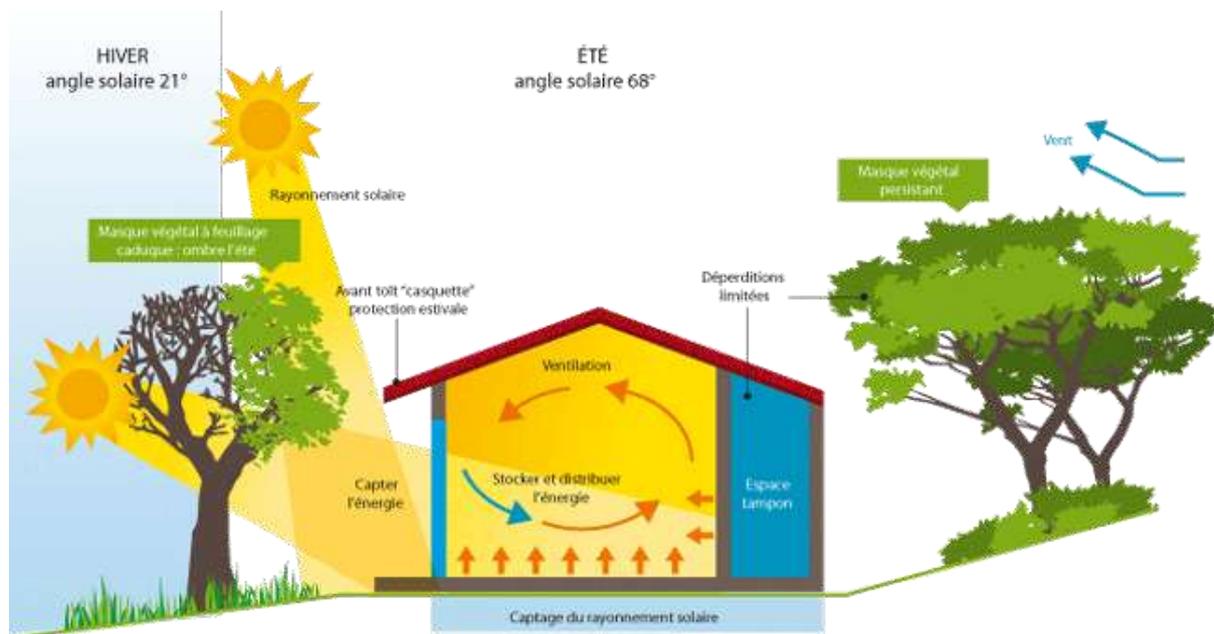


Figure1. 3Bâtiment passif source : (xpair 2014)

2. Les sources d'énergie :

Parfois, l'énergie est classée en fonction de sa source. On peut parler d'énergie fossile - comme celle extraite du charbon ou du pétrole - l'énergie nucléaire - l'énergie des réactions nucléaires - ou les énergies renouvelables, qui sont des sources d'énergie naturellement renouvelables, comme l'énergie solaire ou l'énergie.(Mayer,2016.)

2.1 Types d'Energies :

Il existe deux principaux types d'énergie : les énergies fossiles et les énergies renouvelables. Par conséquent, nous classons le carburant, le charbon et le gaz naturel dans la première catégorie, tandis que l'énergie solaire, la biomasse, l'hydroélectricité et la géothermie sont classées dans la deuxième catégorie.(ENI, 2020)

2.1.1 Les énergies non renouvelables (fossiles) :

Les énergies non renouvelables ou les combustibles fossiles sont les principales sources d'énergie et ne peuvent pas être reconstruites à l'échelle du temps humain après utilisation. Le pétrole, le gaz naturel et le charbon sont des sources d'énergie non renouvelables (planète-gov2015)

L'énergie non renouvelable est classée en plusieurs types ; parmi lesquels nous mentionnons les suivants :

- **l'électricité au charbon :**

C'est aussi une source d'énergie polluante. Le charbon est peu utilisé, contrairement au nucléaire. Pour créer de l'électricité à partir du charbon, une chaudière est utilisée. En chauffant l'eau, il se crée de la vapeur qui déclenche une turbine, qui elle-même fait tourner un alternateur. C'est en brûlant que le charbon émet beaucoup de dioxyde de carbone.(ENI, 2020.)

- **l'électricité au fioul :**

Le fioul est un combustible fossile puissant qui permet d'économiser de l'argent. Grâce à un litre, 10 kilowatts peuvent être libérés par heure. En revanche, l'utilisation du carburant pour produire de l'électricité est très polluante. Il présente l'inconvénient d'émettre une grande quantité de CO₂ et a provoqué dans une large mesure l'effet de serre. Le fioul provient du pétrole, également appelé «fuel-oil», bien que les réserves soient importantes, elles ne sont pas illimitées et sont souvent fortement consommées.(ENI, 2020.)

- **le gaz naturel :**

Le gaz naturel est un combustible fossile présent naturellement sous forme de gaz dans les roches ouverte dans le sous-sol. Utilisé comme source d'énergie . (*Gaz naturel CCE* , 2010)

Le gaz naturel permet principalement la production de chaleur chez les particuliers. Des centrales produisent également de l'électricité grâce à cette énergie.(Dufлот, 2020.)

- **l'énergie nucléaire :**

L'électricité nucléaire est produite à partir d'uranium, qui est un combustible fossile. Cependant, sa fission n'émet pas de CO₂ et en ce sens est une alternative propre. Cependant, sa sécurité est problématique, tout autant que le stockage des déchets radioactifs qu'il produit. Mais les centrales nucléaires ont vécu et sont très coûteuses à entretenir, tout comme les réacteurs de nouvelle génération.(ENI . *Les différents types d'électricité*, 2020.)

2.1.2 L'énergie renouvelables :

Les énergies renouvelables (ou EnR) désignent un ensemble de méthodes pour générer de l'énergie à partir de sources ou de ressources théoriquement illimitées, qui sont disponibles sans limite de temps, ou réapprovisionnées dès qu'elles sont consommées. (OOREKA « Énergies renouvelables », 2018).

On cite des différents types d'énergie renouvelable tel que :

- **La biomasse :**

La biomasse représente l'ensemble de la matière organique, qu'elle soit d'origine végétale ou animale. Cette matière organique est la matière qui compose les êtres vivants et leurs résidus ayant pour particularité d'être toujours composée de carbone (voir fig 1.4). (Tarn, 2012).

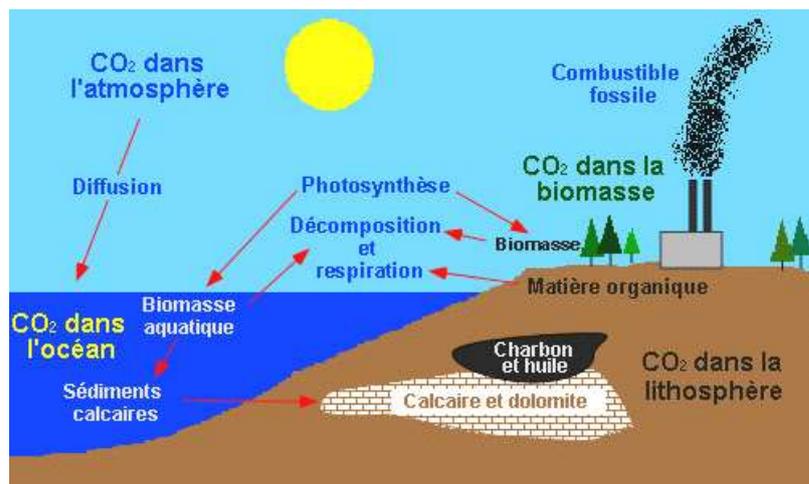


Figure1.4 Principe du biomasse source : (Tarn 2021)

- **L'éolien :**

Énergie du vent, a progressé, offshore et onshore, avec une technologie en amélioration régulière. Les plus hautes éoliennes atteignent 170 mètres, avec des rotors d'un diamètre de plus de 150 mètres (voir fig. 1.5). (Les énergies renouvelables, 2018.).

L'énergie du vent ou énergie éolienne est l'énergie cinétique des masses d'air en mouvement autour du globe. La racine étymologique du terme « éolien » provient du nom du personnage mythologique Éole, connu en Grèce antique comme le maître des vents. (CCE 2020)



Figure1.5 une centrale électrique miniature source : (planeteenergie 2020)

- **La géothermie :**

Utilise la chaleur des aquifères du sous-sol, voire des roches sèches, captée à plus ou moins grande profondeur, pour alimenter des quartiers urbains, des bâtiments ou des usines, ou encore produire de l'électricité via des centrales(voir fig 1.6) .(Dufлот, 2012.) .

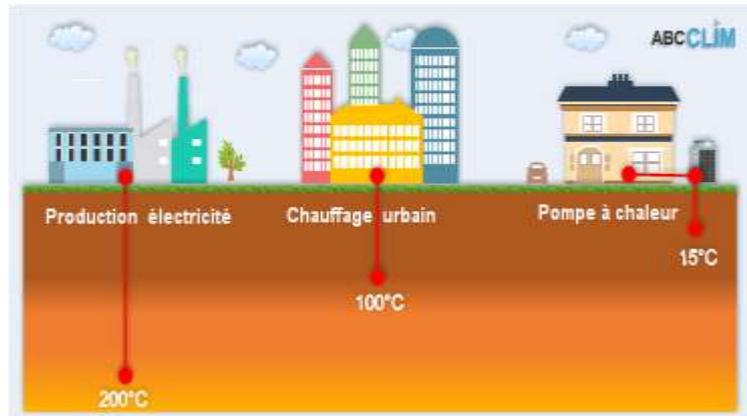


Figure1. 6 Géothermie source : (ABC CLIM 2021)

- **L'hydroélectricité :**

La production d'électricité hydraulique utilise la force des marées ou des cours d'eau. La construction de nouveaux barrages est souvent contestée, comme ce fut le cas pour le barrage de Sivens, dans le Tarn(voir fig 1.7).(Les différents types d'électricité, 2018.) .

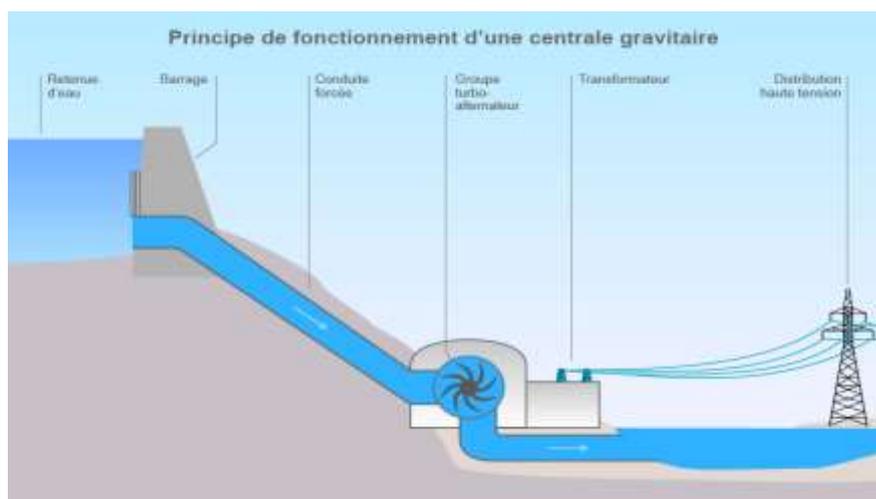


Figure1. 7fonctionnement d'une centrale gravitaire source : (Connaissance des Énergie 2020)

- **l'énergie solaire :**

Il existe deux formes de cellules solaires: l'une est une cellule solaire photovoltaïque, qui utilise un panneau formé par une cellule semi-conductrice pour convertir le rayonnement lumineux du soleil en énergie électrique; l'autre utilise la chaleur solaire pour absorber la chaleur du soleil, que les gens peuvent utiliser en eux-mêmes, Ou nous le convertissons en énergie mécanique puis nous mettons sous tension.(Les énergies renouvelables, 2018.) .

L'énergie solaire est une source qui suit le soleil. Cette énergie permet de fabriquer de l'électricité à partir de panneaux photovoltaïques ou des centrales solaires thermiques, grâce à la lumière du soleil captée par des panneaux solaires (voir fig 1.8).(EDF, 2015).



Figure1. 8 Panneau solaire (source : cepovett) 2020

3. Notion sur la photovoltaïque :

Le photovoltaïque architectural a en effet réussi à résoudre une apparente incompatibilité par la production de l'énergie renouvelable tout en assurant un design harmonieux au bâtiment.

3.1 Le solaire photovoltaïque :

L'énergie solaire photovoltaïque provient de la conversion de la lumière du soleil en électricité au sein de matériaux semi-conducteurs comme le silicium ou recouverts d'une mince couche métallique. Ces matériaux photosensibles ont la propriété de libérer leurs électrons sous l'influence d'une énergie extérieure. C'est l'effet photovoltaïque(voir fig1.9).(Observ'ER, 2020.).



Figure1. 9 panneaux photovoltaïque Source : (FuturaPlanete 2020)

Les générateurs solaires photovoltaïques sont composés de modules photovoltaïques, et les modules photovoltaïques eux-mêmes sont composés de cellules photovoltaïques connectées les unes aux autres. Les performances des équipements photovoltaïques dépendent de l'orientation des panneaux solaires et de la zone d'ensoleillement dans laquelle vous vous trouvez.

les panneaux photovoltaïques, souvent installés sur le toit, recueillent les photons du soleil et les transforment en électricité. Ces panneaux photovoltaïques sont composés d'une superposition de couches de cellules dont l'une est chargée négativement et l'autre positivement. Dès qu'un photon traverse ces couches, il produit une tension électrique. Il ne reste plus qu'à raccorder un fil à la borne négative et un autre à la borne positive pour exploiter l'électricité produite. En gros, l'énergie solaire photovoltaïque fonctionne comme une pile (voir Fig ;10). *l'énergie solaire fab, 2020*).

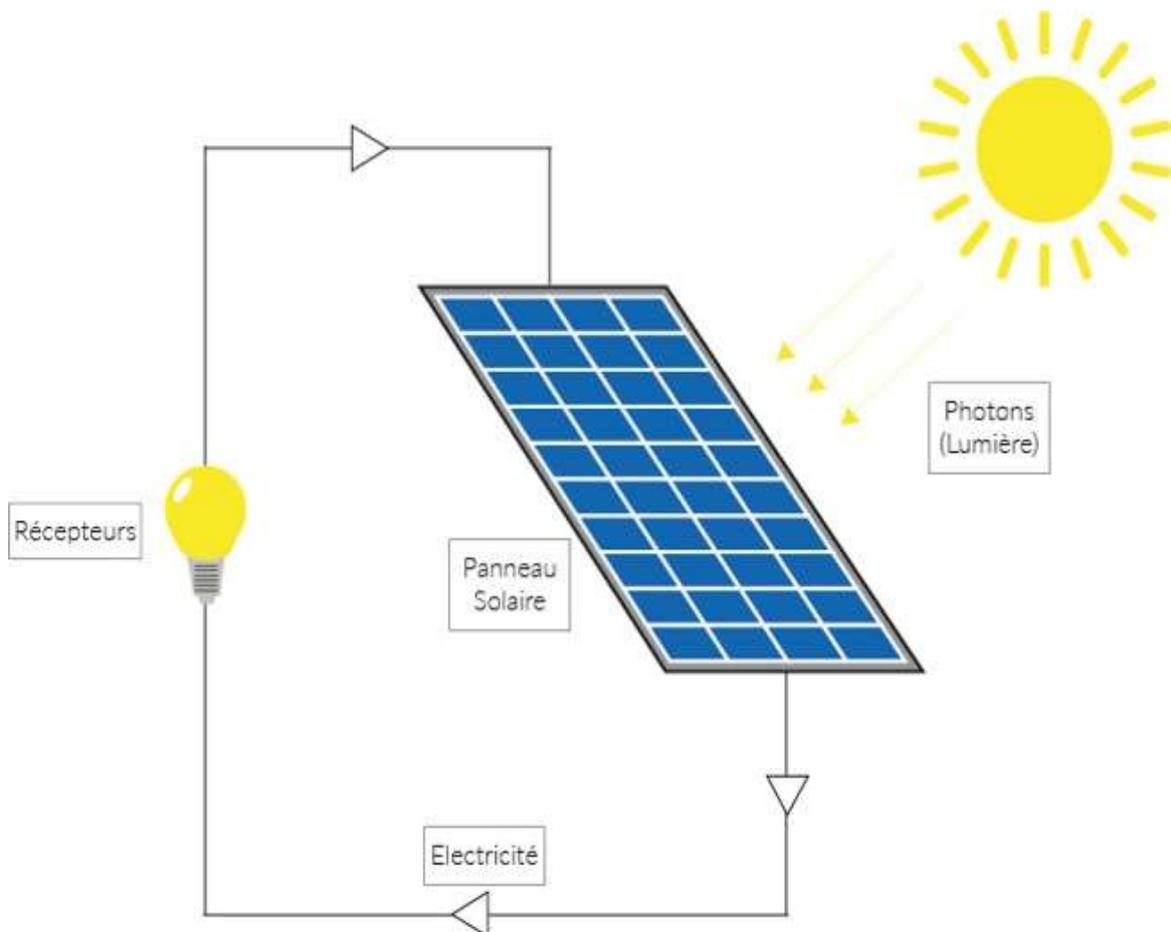


Figure1. 10 Fonctionnement d'un panneau solaire photovoltaïque source : (hello watt 2021)

3.2 l'histoire du photovoltaïque :

Quelques dates importantes dans l'histoire du photovoltaïque :

- 1839 : Le physicien français Edmond Becquerel découvre le processus de l'utilisation de l'ensoleillement pour produire du courant électrique dans un matériau solide. C'est l'effet photovoltaïque.
- 1875 : Werner Von Siemens expose devant l'Académie des Sciences de Berlin un article sur l'effet photovoltaïque dans les semi-conducteurs. Mais jusqu'à la Seconde Guerre Mondiale, le phénomène reste encore une curiosité de laboratoire.
- 1954 : Trois chercheurs américains, Chapin, Pearson et Prince, mettent au point une cellule photovoltaïque à haut rendement au moment où l'industrie spatiale naissante cherche des solutions nouvelles pour alimenter ses satellites.
- 1958 : Une cellule avec un rendement de 9 % est mise au point. Les premiers satellites alimentés par des cellules solaires sont envoyés dans l'espace.
- 1973 : La première maison alimentée par des cellules photovoltaïques est construite à l'Université de Delaware.
- 1983 : La première voiture alimentée par énergie photovoltaïque parcourt une distance de 4 000 km en Australie (D.delagnes B.flèche, 2007)

La première cellule photovoltaïque (ou photopile) a été développée aux États-Unis en 1954 par les chercheurs des laboratoires Bell, qui ont découvert que la photosensibilité du silicium pouvait être augmentée en ajoutant des "impuretés". C'est une technique appelée le "dopage" qui est utilisée pour tous les semi-conducteurs. Mais en dépit de l'intérêt des scientifiques au cours des années, ce n'est que lors de la course vers l'espace que les cellules ont quitté les laboratoires. En effet, les photopiles représentent la solution idéale pour satisfaire les besoins en électricité à bord des satellites, ainsi que dans tout site isolé.

4. Les cellules photovoltaïque : La cellule photovoltaïque constitue l'élément de base des panneaux solaires photovoltaïques. Il s'agit d'un dispositif semi-conducteur à base de silicium délivrant une tension de l'ordre de 0,5 à 0,6 V. (fig1.11)



Figure1. 11 Cellule photovoltaïque source : (QualiPV 2012)

Les cellules sont assemblées en modules ou panneaux : leur nombre détermine la taille de ces derniers (fig1.12). Pour les protéger des intempéries, elles sont prises entre deux plaques de verre trempé.(Futura, 2021.)

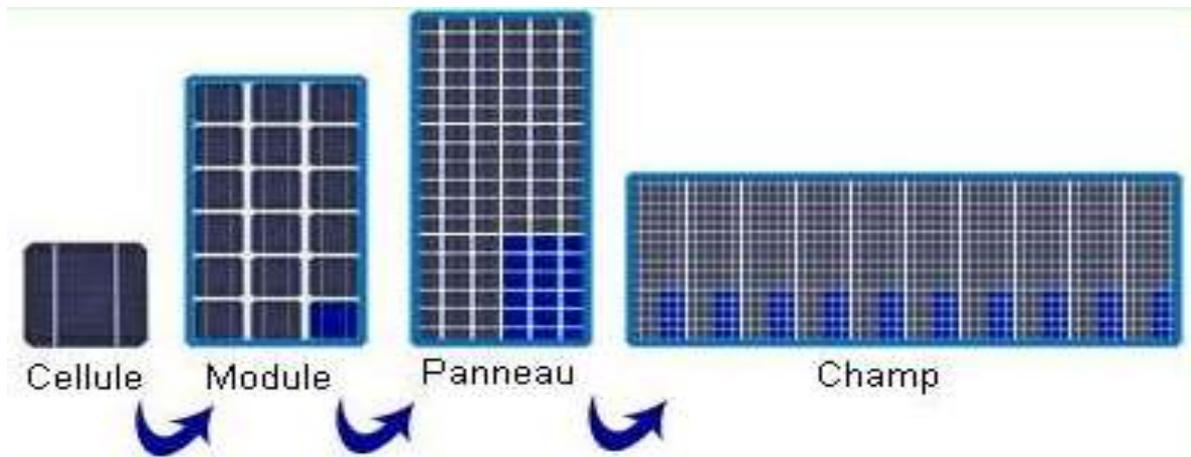


Figure1. 12 Les composants d'un champ photovoltaïque source : (futura 2021)

La cellule photovoltaïque est fabriquée à partir de deux couches de silicium (matériau semi-conducteur) :

- une couche dopée avec du bore qui possède moins d'électrons que le silicium, cette zone est donc dopée positivement (zone P)
- une couche dopée avec du phosphore qui possède plus d'électrons que le silicium, cette zone est donc dopée négativement (zone N) (fig1.13) . (Panneau solaire photovoltaïque : Fonctionnement, Installation, genieelectrique..., 2021.)

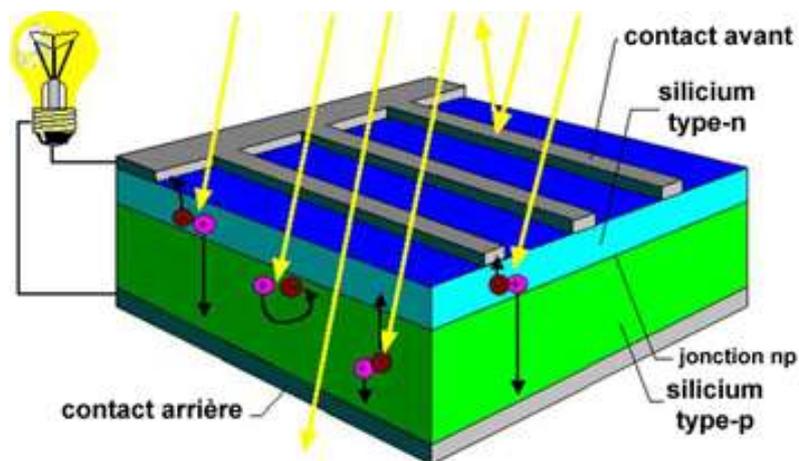


Figure1. 13 Les couches d'une cellule photovoltaïque source : (TPE 2021)

4.1 Le fonctionnement de la cellule photovoltaïque :

Le travail des cellules photovoltaïques est attribué au rayonnement solaire. Pour produire de l'électricité, il utilise l'effet photovoltaïque, qui est obtenu par l'impact des photons de la lumière du soleil sur les matériaux semi-conducteurs. Ce dernier transfère l'énergie du photon à l'électron, puis l'électron génère une tension (fig1.14). (*Énergie solaire photovoltaïque*, 2010)

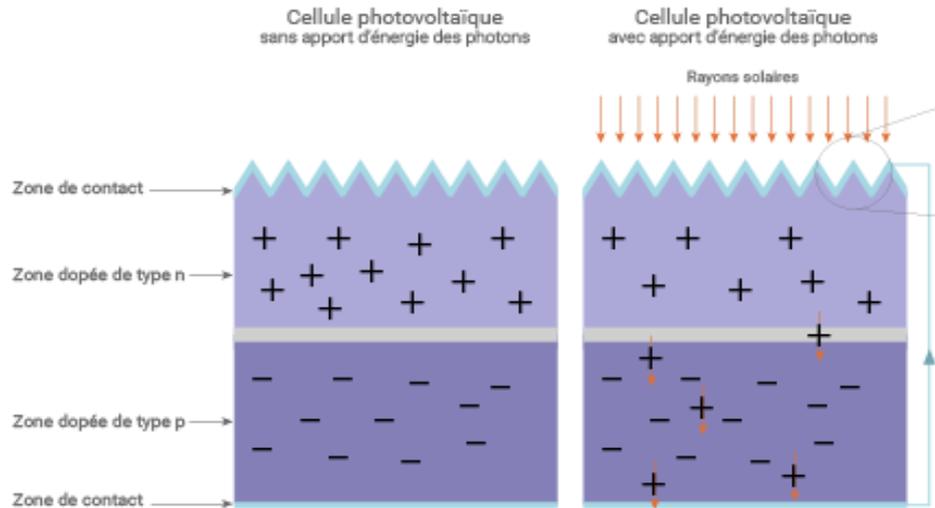


Figure1. 14 Constitution d'une cellule PV source : (Connaissance des Énergies, d'après CEA 2020)

4.2 Les principaux types des cellules photovoltaïques :

Les cellules photovoltaïques se diversifient en plusieurs types ; on distingue :

a) Cellule multijonction :

Les cellules multi-jonction sont composées de différentes couches qui permettent de convertir différentes parties du spectre solaire et ainsi d'obtenir les meilleurs rendements de conversion (voir fig1.15) (Les différents types de cellules photovoltaïques - Ecosources, 2017.)



Figure1. 15 Cellule photovoltaïque multijonction source : (Spectrola 2017)

b) Cellule en cristalline silicone :

Lors du refroidissement, le silicium fondu dans cette cellule se solidifie en ne formant qu'un seul cristal de grande dimension. On découpe ensuite le cristal en fines tranches qui donneront les cellules. Ces cellules sont en général d'un bleu uniforme (voir fig1.16) (*Les différents types de cellules photovoltaïques - Ecosources, 2017.*)

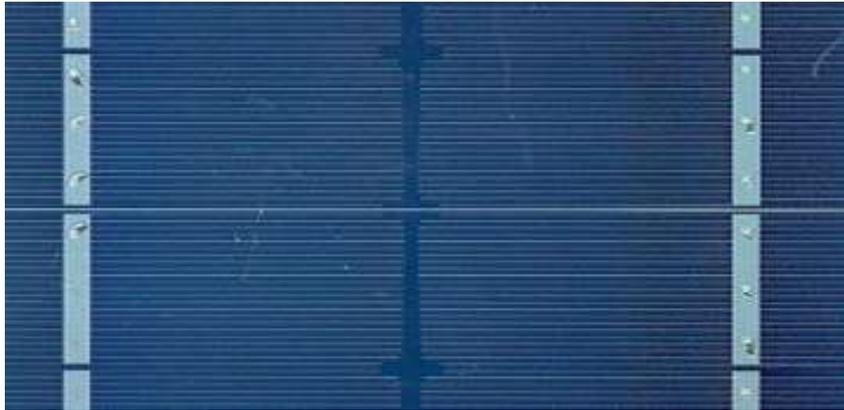


Figure1. 16 cellule pv ocristalline silicium source : (Spectrola 2017)

c) Cellule en silicium cristallin :

Pendant le refroidissement du silicium, il se forme plusieurs cristaux. Ce genre de cellule est également bleu, mais pas uniforme, on distingue des motifs créés par les différents cristaux (voir fig1.17) ;

Le silicium cristallin est le résultat du refroidissement du silicium fondu. Une fois solidifié, il se transforme en un cristal uniforme qui est découpé en tranches fines afin de former la cellule photovoltaïque. La couleur de ce matériau est bleue, sans trace de cristaux ou autres. (cellules photovoltaïques, 2021)



Figure1.17 cellule photovoltaïque silicium cristallin source: (Spectrol 2017)

d) Cellule sans silicium en couche mince (CIS) :

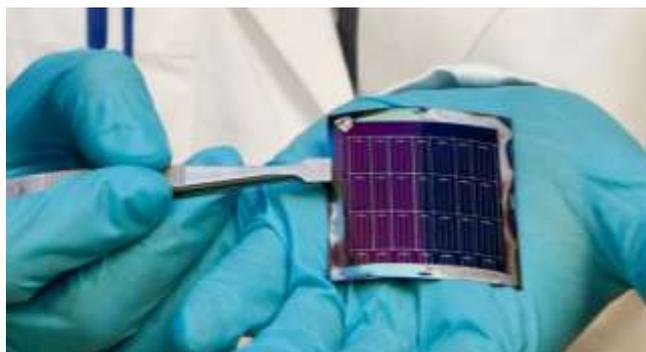
Les cellules CIS représentent la nouvelle génération de cellules solaires sous forme de films minces, de type cuivre-indium-sélénium (CIS). Les matières premières nécessaires à la fabrication des cellules CIS sont plus faciles à se procurer que le silicium utilisé dans les cellules photovoltaïques classiques. De plus, leur efficacité de conversion énergétique est la plus élevée à ce jour pour des cellules photovoltaïques en couche mince (voir fig1.18). (*Les différents types de cellules photovoltaïques - Ecosources, 2021.*)



Figure1.18 type CIS source : (Solar World 2021)

d) Cellule CZTS (cuivre zinc étain soufre) :

Contrairement au silicium, la batterie CZTS en minéral non toxique est encore en phase de recherche et développement, elle n'est donc pas encore sur le marché, elle a l'avantage d'être mince, elle peut donc être appliquée sur des substrats flexibles (voir fig1.19)



(*Ecosources, 2017.*)

Figure1. 19 Les cellules pv CZTS source :(ecosource 2017)

4.3 Le rendement des cellules photovoltaïques

Le rendement d'une cellule est le ratio entre l'énergie lumineuse reçue à la surface de la cellule et l'énergie électrique produite par cette même cellule.(EF4 *Cellules photovoltaïques, 2006.*)

Ce tableau montre les types des cellules les plus utilisables dans les bâtiments (voir (tab1.1))

TYPE	RENDEMENT	MODULE
SILICIUM CRISTALLIN SILICONE	24.70%	22.70%
SILICIUM POLY CRISTALLIN	20.31%	16.20%
SILICIUM CRISTALLIN	13.40%	7%

Tab1. 1 Le rendement des cellules par surface des modules source : (ecosource 2021)

5 Avantages et inconvénients de l'énergie photovoltaïque :

L'énergie photovoltaïque a plusieurs avantages et inconvénient aussi ; on distingue :

5.1 Avantages : Les avantages de l'énergie photovoltaïque les plus importants sont

- Energie indépendante, le carburant (rayonnement solaire) est renouvelable et gratuit.
- L'énergie photovoltaïque est une énergie propre et sans pollution, ne dégage pas de gaz à effet de serre et ne produit pas de déchets.
- Générer l'énergie nécessaire.
- Réduire la vulnérabilité des pannes de courant.
- Le système est facile à étendre et la taille de l'installation est également possible Il sera augmenté par la suite pour répondre à la demande de la charge.
- La revente de produits excédentaires peut amortir les investissements et même générer des revenus.
- Maintenance minimale et pas de bruit.

5.2 Inconvénients : Les inconvénients de l'énergie photovoltaïque les plus importants sont :

- Le rendement des panneaux photovoltaïques est encore faible.
- La fabrication de panneaux photovoltaïques fait appel à la haute technologie Beaucoup de recherche et développement sont nécessaires, et donc des investissements coûteux sont nécessaires.
- Un système de sauvegarde (batterie) est nécessaire pour l'installation à domicile.
- Le coût d'investissement des installations photovoltaïques est très élevé (Sofia - Cours Energie Solaire Photovoltaïque.pdf, 2015.)

Conclusion :

Les panneaux solaires évoluent constamment pour avoir la meilleure version possible afin d'atteindre les niveaux de la production d'énergie idéales pour satisfaire les besoins des utilisateurs et la demande du marché ; ils sont de plus en plus recherchés grâce aux bas coûts. Si on les utilise on réduit les coûts d'électricité et plus que ça, ils peuvent être utilisés même dans les lieux peu ensoleillés.

L'amélioration de cette énergie est favorisée dans les équipements énergivores tels que les équipements commerciaux (centre commercial) pour la production énergétique.

Chapitre II :
Architecture des
centres
commerciaux

Introduction :

La communication commerciale joue un rôle essentiel dans l'organisation de la vie citadine. C'est le mortier qui crée le lien avec des multiples activités urbaines, en outre ; les équipements commerciaux contribuent à améliorer le paysage urbain, qualité de vie ; tel que les magasins et les petits magasins commerciaux et les centres commerciaux qui sont les plus attractifs.

1. Recherche thématique sur le commerce :

Afin de définir le thème du commerce, nous effectuerons des recherches thématiques transactions sur ce titre :

1.1 Définition du commerce :

D'après le dictionnaire Flammarion : (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).(Flammarion2020)

Selon Larousse : (le commerce est un activité consistant dans l'achat, la vente, l'échange de marchandises, de denrées, de valeurs, dans la vente de services ; métier de celui qui achète des objets pour les revendre.(Larousse 2020) on résume que l'objective du commerce : c'est l'échange, vente et l'achat

1.2 Développement historique du commerce :

Les équipements commerciaux ont différente taille sur déférente emplacement, elles sont caractériser selon des périodes divers tel que :

- **La période d'Antiquité** : qui est caractériser avec des marchés couvert et ouvert.
- **La période de moyen Age** : est marqué avec les halls et les foires.
- **La période de renaissance** : cette période définir avec les passages et les grandes magasins.
- **La période moderne** : l'apparence des hypermarchés ; supermarché et les centre commerciaux.
- **La période contemporaine** : on distingue les centres commerciaux et loisirs.



fig2. 1 développement historique du commerce source : (auteur2020)

1.3 Le rôle du commerce :

Le commerce est l'une des plus anciennes inventions de l'humanité ; il a fait pour le rôle :

- l'activité centrale de l'économie et un outil de développement
- la nécessité de satisfaire les besoins de l'homme

1.4 Classification des équipements commerciaux

Les équipements commerciaux ont classé selon la surface (voir tab2.1) :

EQUIPEMENT	POINT DE VENTE TRADITIONNELLE	SUPERETTE	SUPERMARCHÉ	HYPERMARCHÉ	CENTRE COMMERCIAL
SURFACE DE VENTE	Moins de 120m ²	Entre 120 et 400m ²	Entre 400 et 2500m ²	plus ou égale 2500m	Plus ou égale 5000m ²

Tab2. 1 classification des équipements commerciaux source : (Youcef, Mohammed et al. 2017)

2. Recherche sur les centres commerciaux

2.1 Définition du centre commercial :

Selon le CNCC : le Centre commercial est un ensemble d'au moins 20 magasins et services totalisant une surface commerciale utile minimale de 5 000 m², conçu, réalisé et géré comme une entité (CNCC2020).

Selon Larousse : C'est un édifice ou un bâtiment qui désigne une concentration ou un regroupement de diverse activité commerciale de détail sur un espace délimité (Larousse 2015).

Selon l'Encyclopédie Canadienne : Un centre commercial est un ensemble de boutiques regroupées autour d'une ou plusieurs locomotives (Grande surfaces alimentaires et spécialisées) assurant un flux de clientèle (Encyclopédie Canadienne 2021).

2.2 Le rôle du centre commercial :

Son principal intérêt est de regrouper et rassembler différents espaces commercial en un seul et même endroit pour que l'acheteur en visitant le centre commercial sait qu'il trouvera plusieurs offre tout ayant a possibilité de satisfaire ses besoins. Ainsi que parfois on trouvera des espaces complémentaires comme les espace de loisir la restauration ... pour satisfaire les besoins d'utilisateur.

2.3 Classification des centres commerciaux

Il existe différents types de centres commerciaux, de tailles différentes et emplacement différents, le tableau ci-dessous (Tab2.2)

TYPE	CENTRE COMMERCIAL DE TYPE URBAIN OU DE CENTRE-VILLE	CENTRE DE PROXIMITE OU DE PERIPHERIE	CENTRE COMMERCIAL DE TYPE REGIONAL
TAILLE	> M ² 5000	Entre 5 000 à 50 000 m ²	Entre 50 000 et 150 000 m ²
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

Tableau 2.2 Classification des centres commerciaux Source : (Youcef, Mohammed et al. 2017)

3. Les exigences du centre commercial :

Afin de définir qu'est-ce qu'un centre commercial nous allons définir et rappelons des généralités sur les centres commerciaux (utilisateur, fonctionnement ...)

3.1 Les utilisateurs/usager :

- Utilisateur consommateur : les enfants ; les jeunes ; les vieillards
- Utilisateur visiteur : pour détente et loisir ; Accompagnant de consommateur

- Usager : Personnels de vente ; Personnelles de livraison ; Personnelles de hygiènes

3.2 Les activités du centre commercial :

Les activités fait parties des personnes exister dans le centre commercial ; tous d'abord le commerçant et les consommateurs qu'ils se livrent au commerce et crée l'activité principale de lâchât et vente puis l'activité secondaire le loisir et détente. (voir fig2.2).

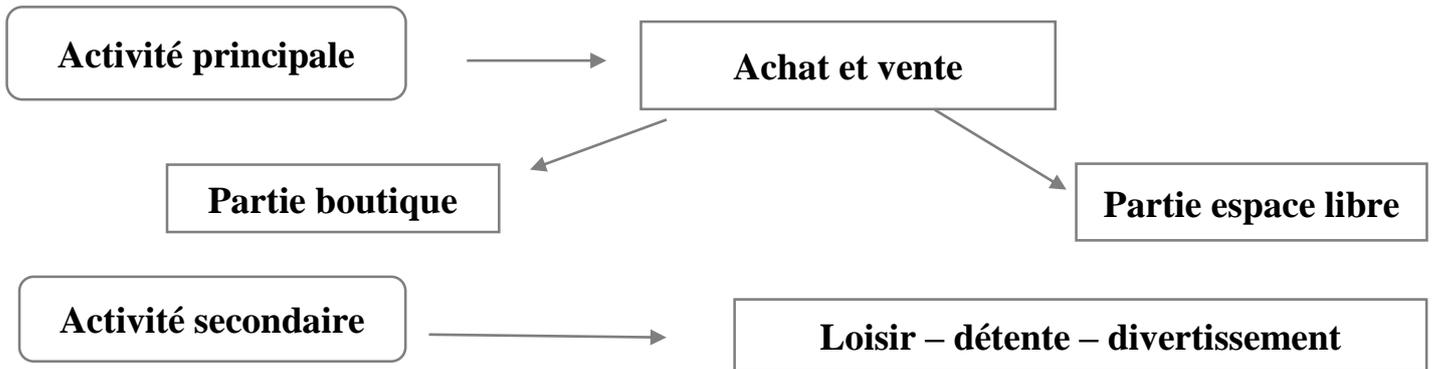


fig2. 2 Les activités du centre commercial source : (auteur2020)

3.3 Les grandes espaces :

Les fonctionnements principaux des centres commerciaux se divers (voir fig2.3) ; une administration pour l'équipe qui travaille au centre, restauration loisir, commerce et stationnement pour l'utilisateur, et un grand hall d'accueil et distribution à cause de flux :

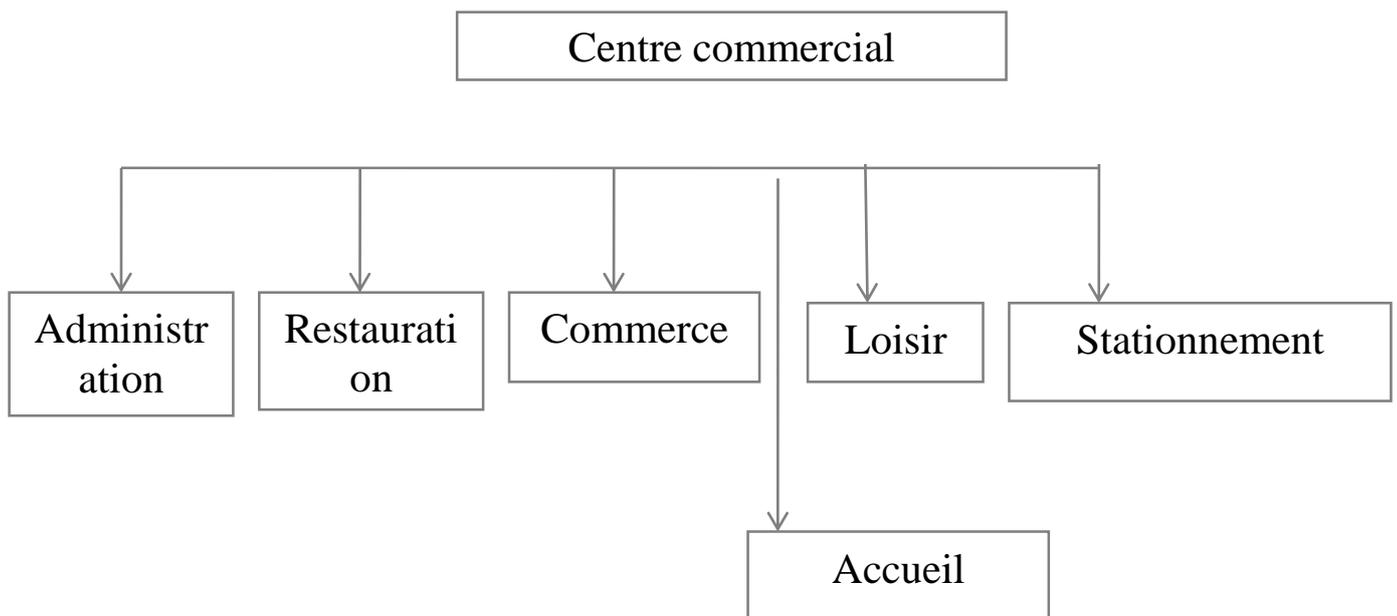


fig2. 3 Les grandes espaces source : (auteur 2020)

3.4 Exigence technique et conceptuelle :

a) **Type d'organisation spatiale** : on trouve plusieurs organisations spatiales au niveau des centres commerciaux

- **Centrale** : C'est une organisation qui se constitue d'un espace central dominant ; peut-être un atrium ou un espace d'accueil ou espace de distribution selon le fonctionnement.

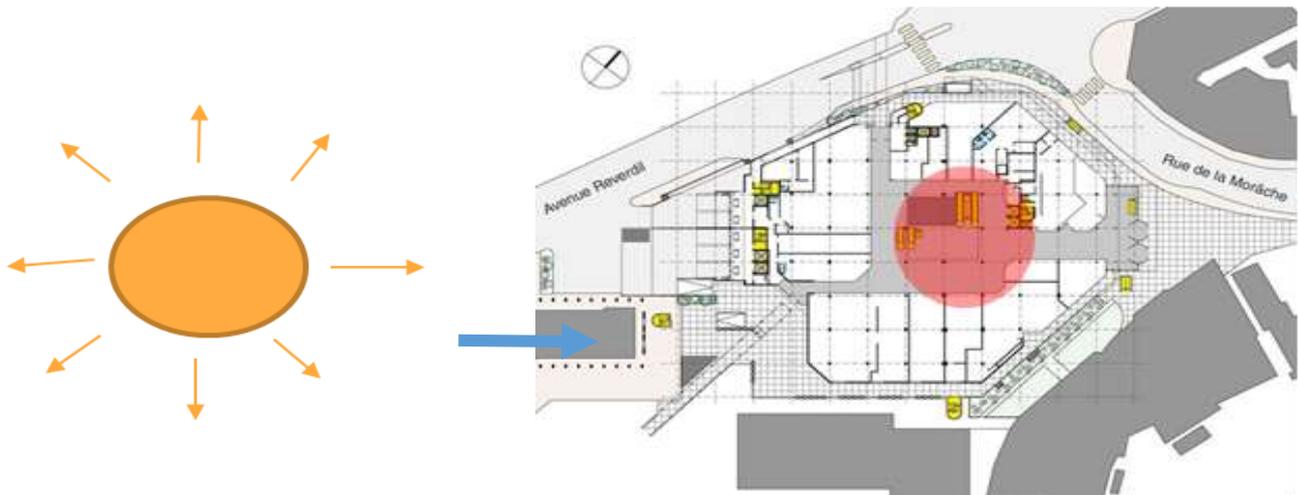


Fig2. 4 organisation centrale source : (archiguelma 2021)

- **Linière** : C'est une organisation additive qui a un début et une fin.

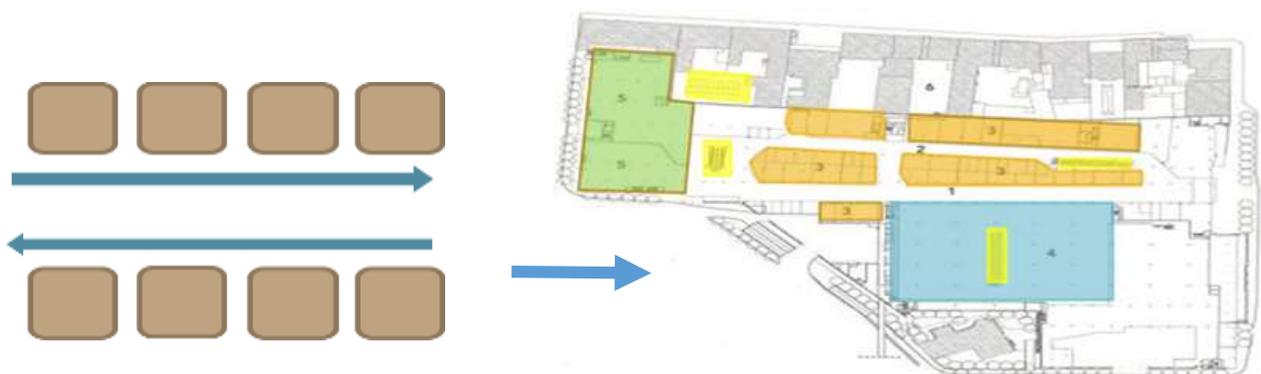


Fig2. 5 organisations linières source : (archiguelma 2021)

- Composé : C'est un regroupement de formes ou d'espaces dans lesquelles il n'y a aucun modèle perceptible

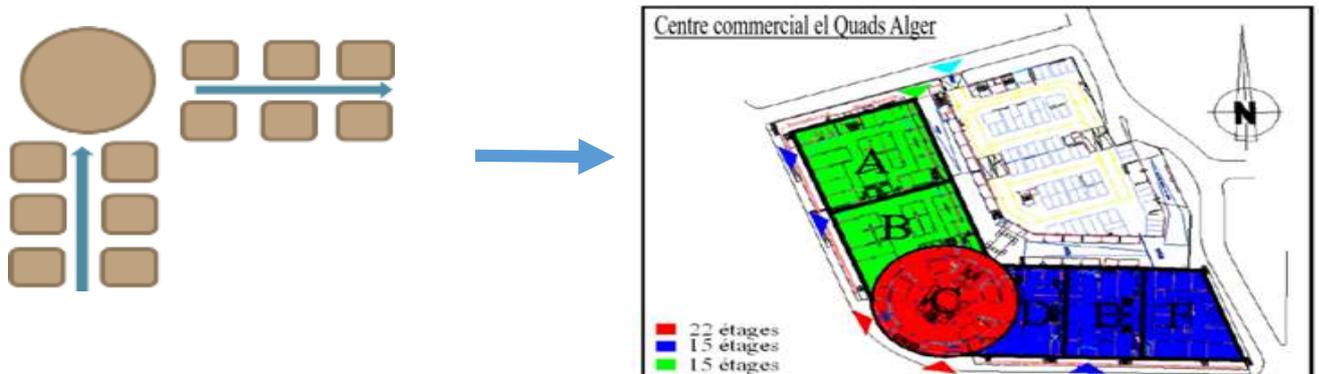


Fig2. 6 organisation composé source : (camaleo2021)

- en boucle : organisation où l'utilisateur peut ne pas utiliser les mêmes chemins pendant son parcours.

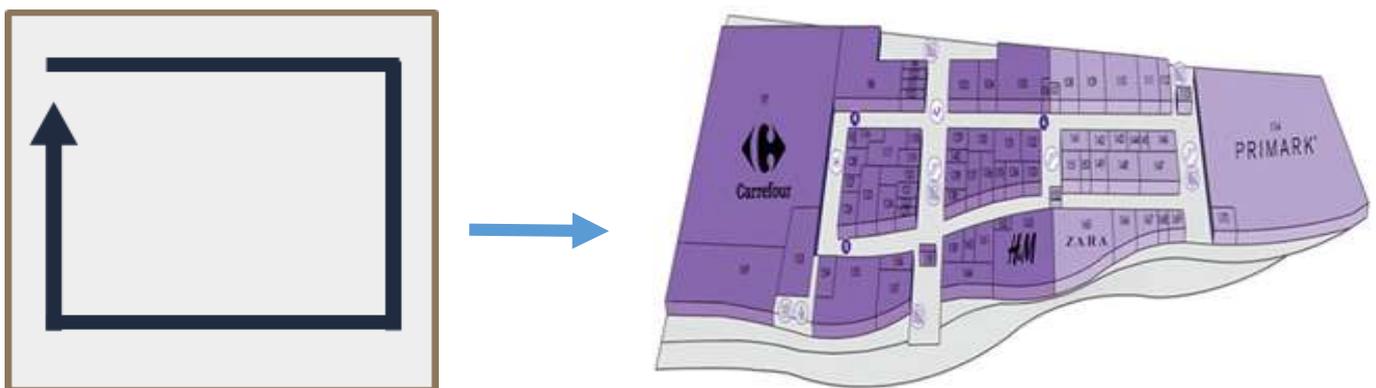


Fig2. 7 organisation en boucle source : (Qwartz 2021)

b) Type des magasins

Généralement de chaînes de magasins, souvent de grandes surfaces et à plusieurs niveaux et on distingue les magasins ouverts et les magasins fermés et les magasins spécialisés (voir fig 2.8)

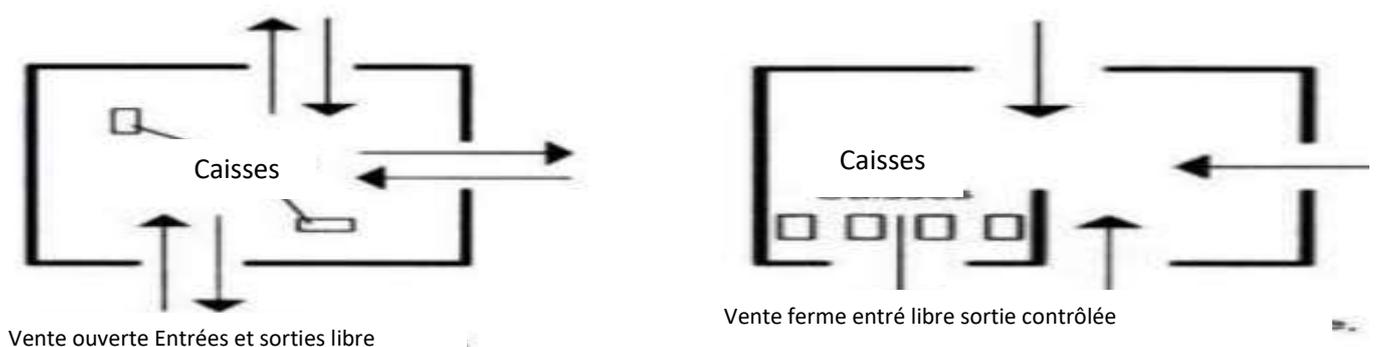
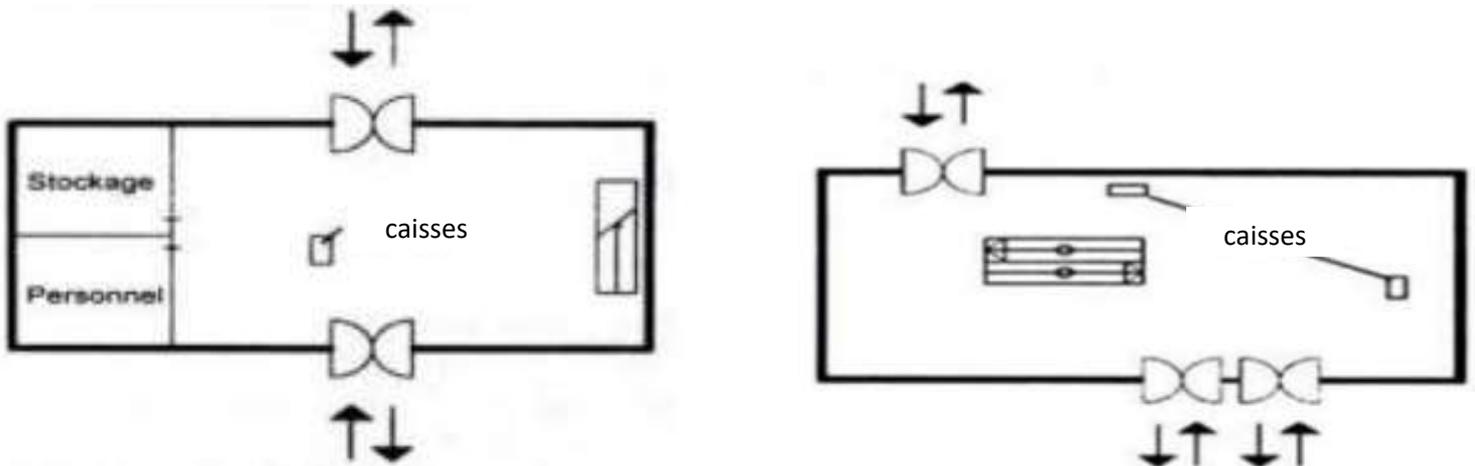


Fig2. 8 vente ouverte / fermé source : (Bellay, Gauzin-Müller et al. 2009)

- Boutique (50-500m), souvent une seule famille de produits (voir fig 2.9)



Magasin spécialisée et commerce de détail spécialisé

Fig2. 9 vente spécialisé source : (Bellay, Gauzin-Müller et al. 2009)

c) Stockage :

le stockage dans les grand surfaces ont divers (voir fig 2.10)

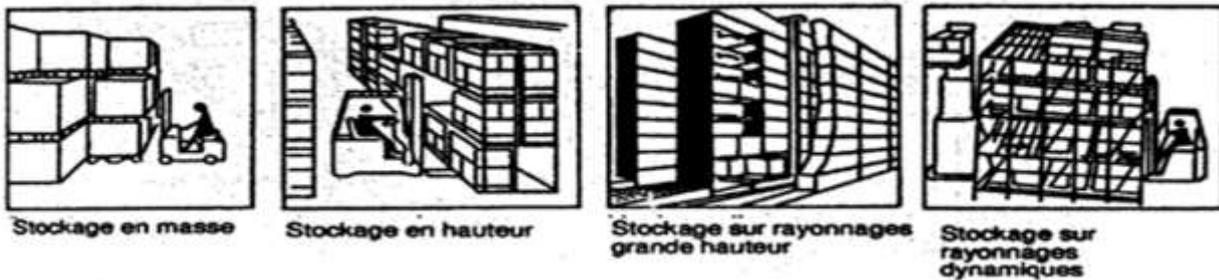


Fig2. 10 type de stockage source : (archiguelma neuf 2021)

d) la circulation : On distingue 2 types de circulation comme il est mentionné :

➤ Circulation verticale :

La circulation des personnes par les escaliers, les escaliers mécaniques et les ascenseurs (voir fig 2.11)

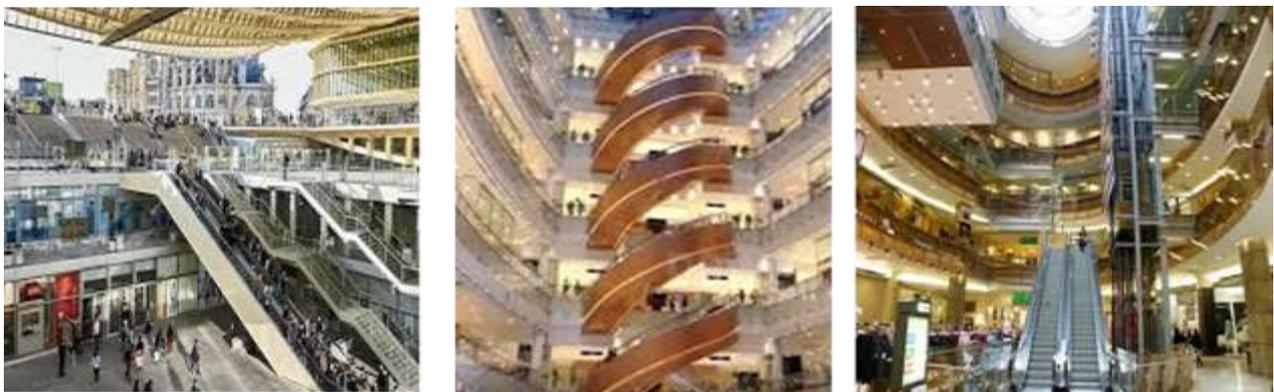


Fig2. 11 circulations verticales source : (archiguelma 2021)

➤ **circulation horizontale :**

Elle est assurée par les grands halls, les rues commerçantes. (voir fig 2.12)



Fig2. 12 circulation verticale source :(tripadvisor 2021)

4. Analyse des exemples :

Besoin d'étudier des exemples de projets liés à notre sujet afin de voir comment les architectes voient le projet et leurs propositions et fonctionnement

4.1 Exemple 01 : Qwartz

Un centre commercial nommé sous le nom QWARTZ ;il se situe à Villeneuve-la-Garenne en France avec une surface de 8600 m² ; il était inauguré en 2014 ; réalisé par l'agence DG LA



Fig2. 13 centre commercial qwartz source :(everlite 2021)

On a choisi ce projet selon des critères de choix qui est la hiérarchisation des espaces et l'organisation spatiale que j'ai besoin afin d'analyser le centre commercial de Qwartz on a extrait qu'il consiste 3 fonctions : fonction principale : commerce et fonctions secondaires : loisir et service.

Puis une organisation spatiale en boucle ; l'utilisateur peut ne pas utiliser les mêmes chemins durant son parcours (voir fig2.14).



Fig2. 14 organisation de centre commercial qwartz source :(qwartz 2021)

Une grande surface destinée au parking avec des zones à l'intérieure au niveau sous-sol ; à l'extérieur dans le plan de masse et plusieurs entre selon l'orientation (voir fig2.15).

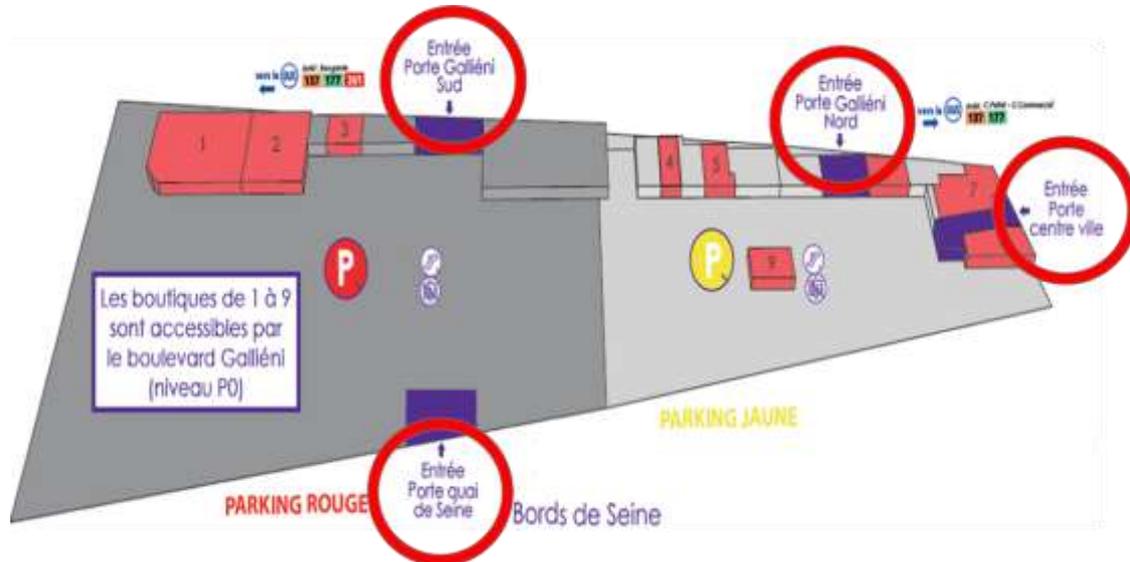


Fig2. 15 les entrées de centre commercial quartz source : (quartz 2021)

4.2 Exemple 02 : Park mall Sétif

Il est situé à Sétif Algérie ; il était inauguré en 2016 de l'appart du groupe turque Kavi International dans une collection des centres commerciaux avec une surface de 143000 m²



Fig2. 16 park mall source : (Algeria.hubb 2021)

l'organisation et la composition fait partie des critères de choix car le Park est composé en 4 parties ; la 1^{ère} partie c'est l'hôtel de Marriott qui est une tour avec un socle suite le centre commercial ; 2ème partie c'est l'espace d'affaire et de commerce ; 3ème partie consommation et loisir la dernière partie c'est réserver au parking ; concernant la composition, le premier étage

est destiné commerce ; sous-sol :c'est les parking avec plusieurs niveaux avec et enfin le derniers étages : loisirs, détente (attractive) (voir fig 2.17).

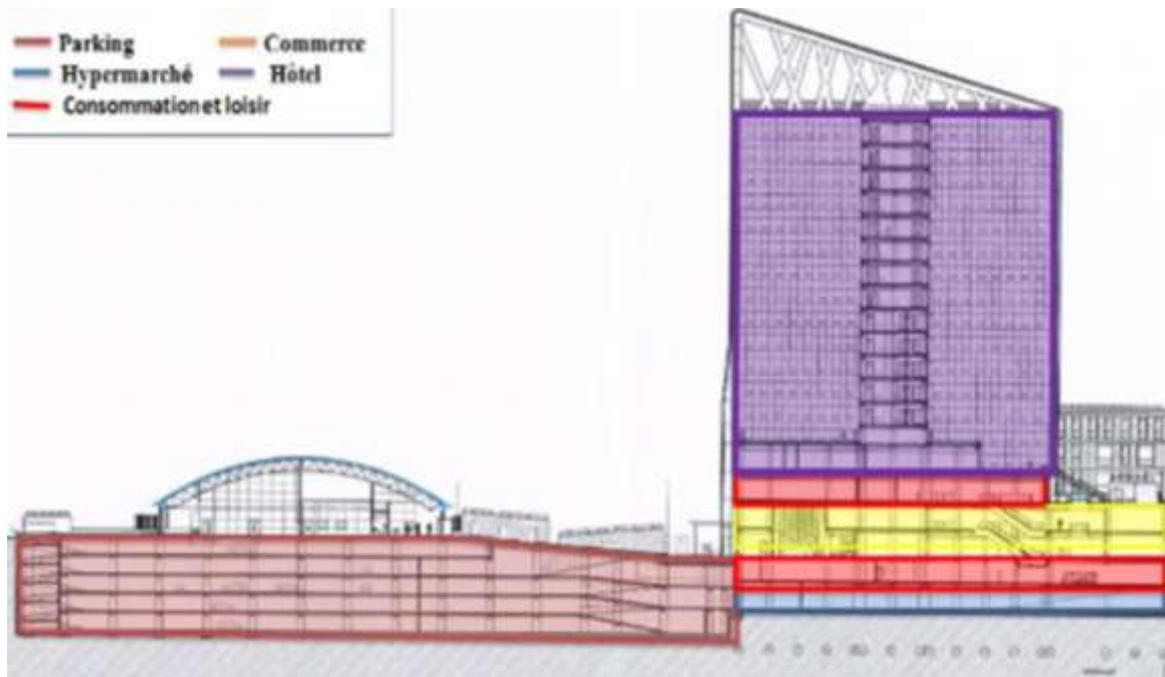


Fig2. 17 organisation de park mall source: (Yousef, Mohammed et al. 2017)

4.3 Exemple 03 : centre commercial Bâb el Zouar Alger.

Beb Ezzouar est un centre commercial situe à Alger la capitale d'Algérie dans une surface de 100000 m². ; Il se caractériser avec hiérarchisation et la distribution des espaces à l'intérieur car chaque étage favorise une fonctionne.



Fig2. 18 beb e zouar source: (algerie eco 2021)

Cette coupe (voir fig2.19) montre la superposition des différentes fonctions dans le centre commercial Bâb el Zouar : 2 étages destinés au commerce ; un grand sous-sol aux parkings ; un étage au hypermarché avec 2 grandes entrées des bureaux administratifs et enfin les espaces des jeux et loisir qui incluent aussi la restauration.

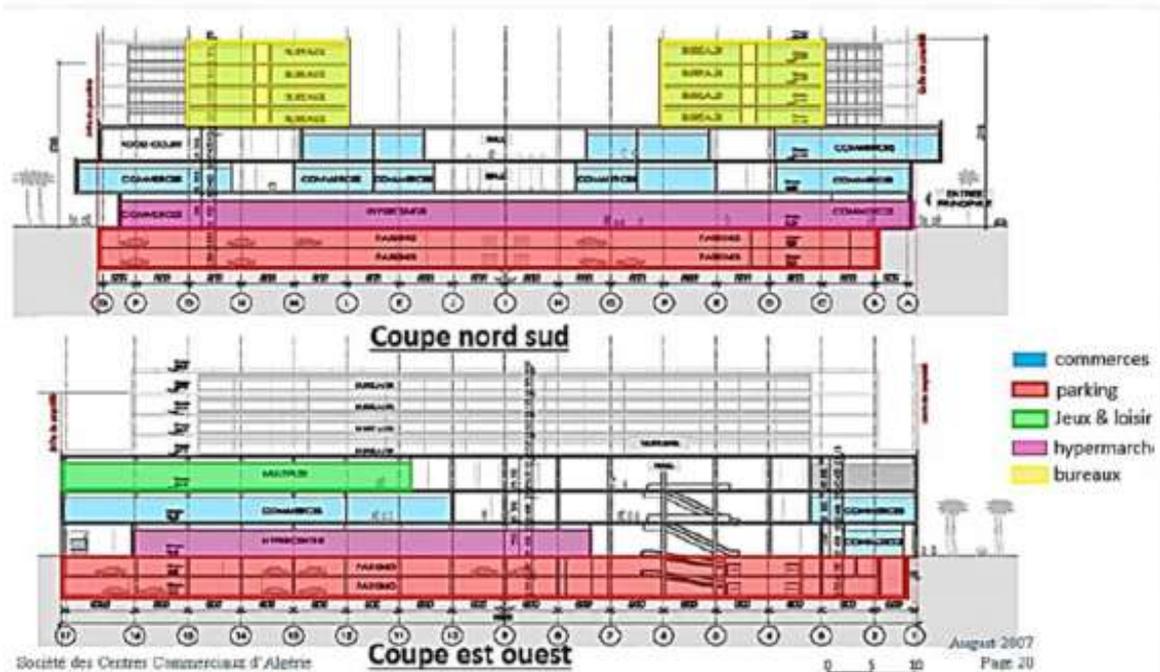


Fig2. 19 hiérarchisation des fonction beb e zouar source: (Youcef, Mohammed et al. 2017)

4.4 Exemple 04 : Centre commercial Nyon « La combe »

La combe est un centre commercial situé à la Suisse avec une surface de 80000m² réalisée par l'équipe Suard architecte ; avec 3 niveaux et un volume simple ; construit en 1979 – 1981 et réaménagé en 2003.



Fig2. 20 la combe source : (architectes.ch 2019)

La luminosité et la transparence sont les maîtres-mots du projet (voir fig. 2.21) ; il assure un éclairage naturel ; avec un atrium au milieu du projet et des boutiques autour de ça.



Fig2. 21 la combe (façade) source : (architectes.ch 2019)

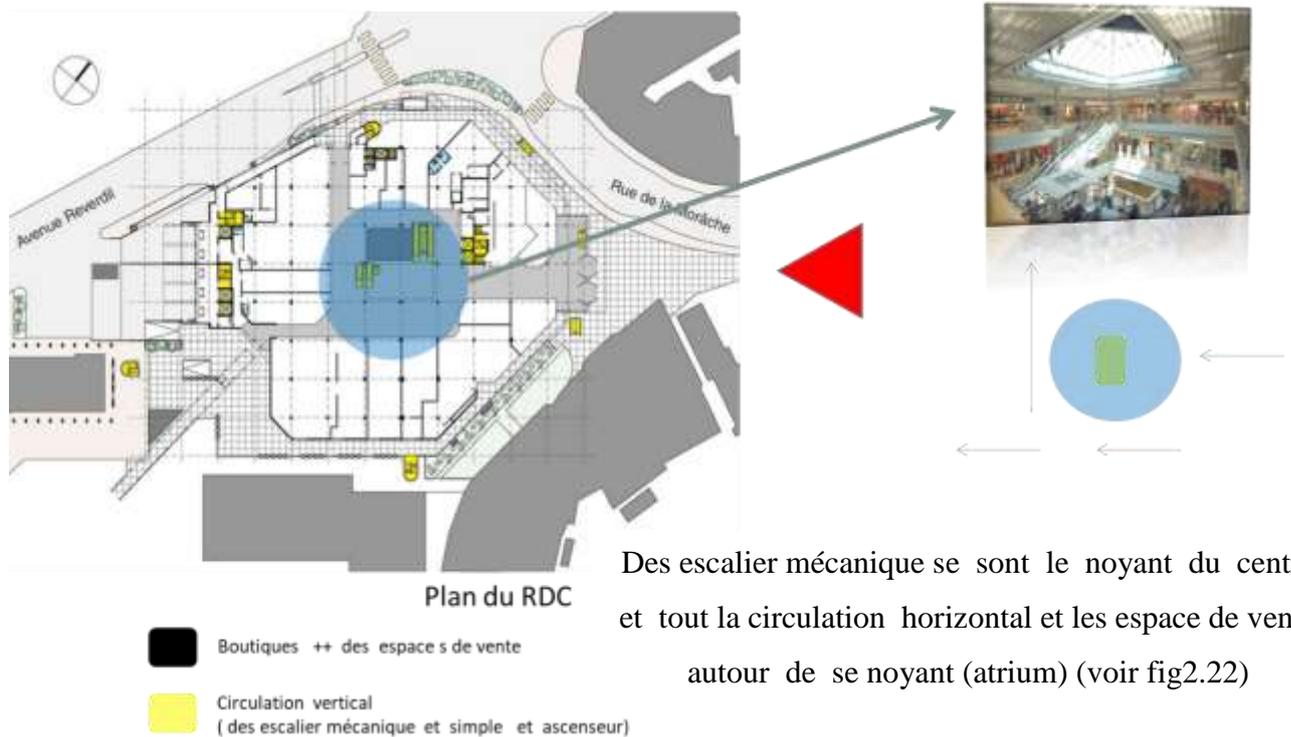


Fig2.22 organisation du la combe source : (archiguelma 2021)

Conclusion :

L'alliance des loisirs et du commerce apparaît comme le moyen de donner une nouvelle vie à des centres commerciaux ou à des zones d'activités.

Un bâtiment à usage commercial son objectif c'est l'échange, vente et l'achat ainsi que loisir et la restauration ; il nécessite de satisfaire les besoins de l'utilisateur.

D'après la recherche sur l'équipement et l'analyse des exemples, on distingue des paramètres et spécifiés techniques suivantes comme un objectif et intention qui caractérise le centre commercial de mon projet :

- Système de circulation composé
- L'utilisation de l'atrium
- La transparence
- Organisation des espaces selon les étages

Ces derniers vont caractériser le projet cas d'études et une recherche bibliographique des travaux antérieurs peut enrichir la conception de ce dernier.

Chapitre III :
Recherche
antérieure sur
l'intégration des
cellules PV dans le
bâtiment

Introduction :

Quand le célèbre architecte britannique Sir Norman Foster a déclaré que «Solar Architecture is not about fashion, but about survival», il a condensé un phénomène très complexe en une analyse simple mais emblématique puisqu'environ 40% de la demande énergétique mondiale est consommée par les bâtiments (Sapa building2021) , Le photovoltaïque intégré au bâtiment (BIPV) sont des matériaux photovoltaïques qui sont utilisés pour remplacer les matériaux de construction conventionnels dans des parties de l'enveloppe du bâtiment telles que le toit, les puits de lumière ou la façade.

L'intégration du PV dans un bâtiment neuf ou existant ne peut seulement aider à réduire la demande énergétique des bâtiments mais augmenter approvisionnement énergétique à partir de sources renouvelables en tenant compte des facteurs esthétiques et environnementaux.

1. Technique d'intégration des cellules photo voltaïque :

L'intégration des cellules photovoltaïque change l'aspect architectural et les notions de design

1.1 D'après sapa building system :

Sapa Building System propose une solution intégrée tout au long de la chaîne d'approvisionnement photovoltaïque. Du silicium à la fabrication de cellules et de modules, Sapa Building System fournit le système photovoltaïque complet pour l'enveloppe du bâtiment.(Sapa building system, 2021)

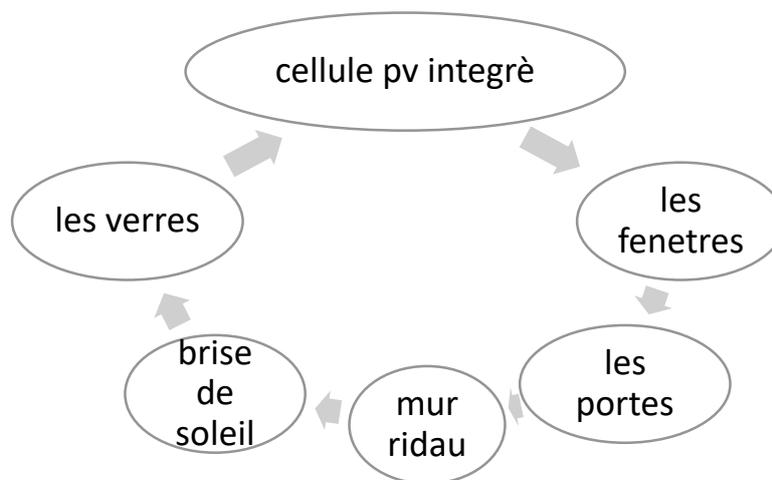


Fig3.1 la chaîne d'approvisionnement photovoltaïque source : (Sapa buildings 2021)

1.2 BIPV : sont les projets qui ont déjà utilisé l'intégration des cellules photovoltaïque dans le bâtiment ; là où on va détailler ce domaine :

1.2.1 C'est quoi BIPV ?

Le BIPV (Building Integrated Photovoltaics) est une technologie multifonctionnelle qui unifie le module photovoltaïque avec la surface extérieure globale du bâtiment, fournissant au bâtiment plusieurs nouvelles fonctions tout en produisant une partie ou la consommation totale d'électricité du bâtiment. (*BIPV: de quoi s'agit-il?*, 2021.)

En principe, les modules photovoltaïques peuvent être utilisés dans toutes les parties de l'enveloppe d'un bâtiment. Bien que la toiture soit actuellement la zone préférée pour intégrer des modules PV en raison de la captation solaire plus avantageuse et la facilité de placement, les façades et les fenêtres offrent un potentiel souvent plus important.

1.2.2 Des réalisations de BIPV :

l'intégration des cellules photovoltaïque dans le bâtiment dans des différent modes (Tab3.1)

PROJET	SITUATION	MODE D'INTEGRATION	ENERGIE PV
	Belgique Tour de finance	Façade Une façade orienté exposé au rayon solaire	450kWc
	China Qinghai science et technologie	Façade et toiture La toiture de la dôme aide pour une meilleure production énergétique a cause des surface exposé	186.6kWc
	Bruxelles Tour and taxis	Façade et toiture incliné orienté L'inclinaison lin du grand pilier de la meilleure production énergétique	202.3kWc

Tab3.1 Des réalisations des cellules intégrer source : (BIPV 2016)

2. L'intégration des cellules photovoltaïque dans l'enveloppe architecturale : L'intégration est définie dans des différentes parties de la construction

2.1 au niveau des façades :

Le grand domaine d'application du BIPV est celui de façades où des panneaux solaires de toutes les technologies peuvent être intégrés en tant que système de revêtement conventionnel pour murs rideaux et façades monocouche.

Projet : Siège social de Juwi, Bolanden (Allemagne)

Façade inclinée avec des modules PV à grande échelle pour récolter un maximum d'énergie solaire (voir fig 3.2)

(Surface:70m²,Rendement énergétique : 7,2 kWc)



Fig3.2 siège social de juwi Source : (revu integred building 2021)

2.1.1 Le bardage solaire verticale :

En architecture, un bardage est un revêtement de mur extérieur. il permet de réaliser l'habillage du mur extérieur par un revêtement plus distingué.

-Le bardage solaire est une solution de haute technologie qui requiert de l'ingénierie technique en amont.

-Les cellules photovoltaïques sont installées à l'aide de systèmes de fixation pour bardage.

-Le bardage solaire doit être réalisé sur une façade orientée vers le sud. (voir fig 3.3)



Fig3.3 bardage solaire Source : (futura science 2021)

2.1.2 Les panneaux :

Ils ont utilisé comme un brise soleil ; il absorbe les rayons solaire et le transforme à l'énergie ; il fait le rôle des panneaux photovoltaïque



Fig3.4 solarfin qolt France (panneau) Source :(revu integred building 2021)

2.2 au niveau des toitures : pour les toiture il Ya la toiture incliné orienté :

✓ toiture incliné orienté :

Pour que les cellules solaires produisent plus d'énergie, ils doivent être à un certain angle par rapport au soleil. À l'approche de l'équateur, cet angle sera plus plat et s'il est vers les pôles les plus inclinés.(voir fig 3.5)



Fig3.5 Umweltarena Spreitenbach (toiture orienté) Source : (vaillant 2021)

2.3 au niveau des murs :

Mur rideau : Pour le mur rideau ils ont intégré les cellules entre les verres (voir fig 3.6)



Fig3.6 mur rideau Source : (profils 2021)

2.4 au niveau des verres : il se divers selon la couleur l'épaisseur et la production

- **Le verre translucide** : il est appliqué au niveau des façades ; Les grandes cellules photovoltaïques translucides intégrées à la façade en verre permettent d'accentuer certains éléments de l'architecture futuriste et offrent une harmonie lumineuse (fig3.7) centre de congrès de l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL).

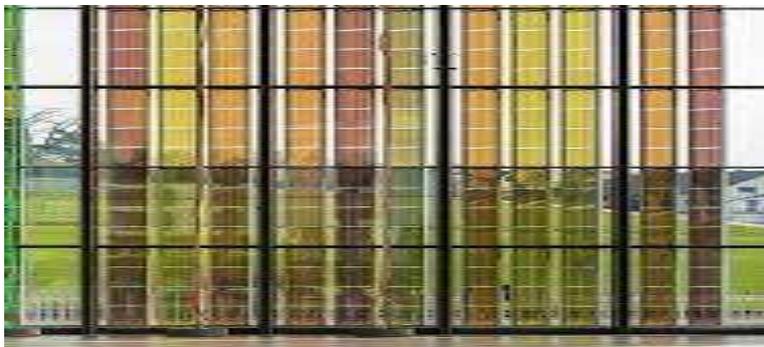


Fig3.7 verre translucide Source : (neobuild 2021)

Verre de module à couche mince a-Si semi-transparent et opaque voir (fig3.8/3.9)

Ce sont des matériaux et des dispositifs qui utilisent des panneaux de verre dits photovoltaïques (qui peuvent être transparents ou colorés). Ce verre peut générer de l'électricité à partir d'une partie du rayon solaire visible ou invisible. Ces technologies émergent encore et encore.

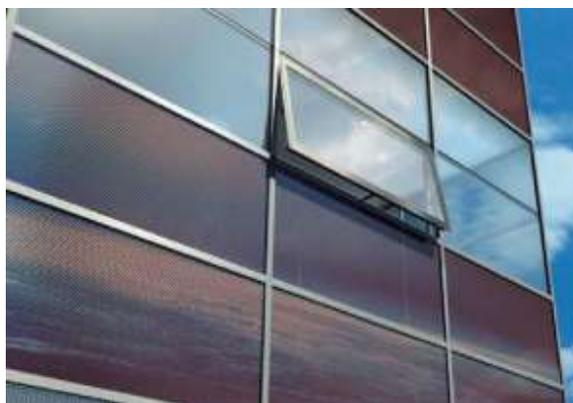


Fig3.8 Semi-transparent a-Si façade

Source : (revu BIPV 2012)

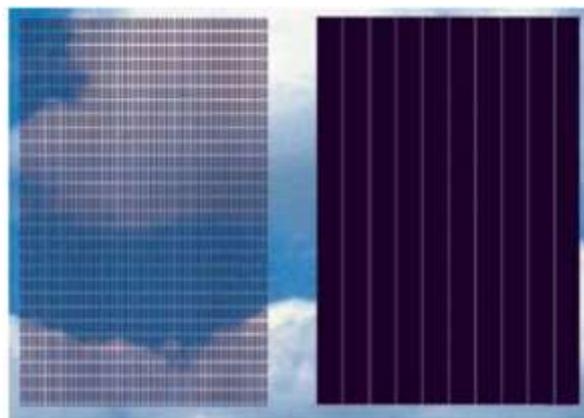


Fig3.9 : A semi-transparent and an opaque

source : (Schott Solar 2009)

2.5 au niveau des patios et atrium

Dans ce noyau éclairé se trouve un atrium qui fonctionne comme un jardin public avec des fenêtres en verre horizontales sur les côtés, fournissant une lucarne dans la cantine ci-dessous.(voir fig 3.10) (Powerhouse Brattørkaia2021)

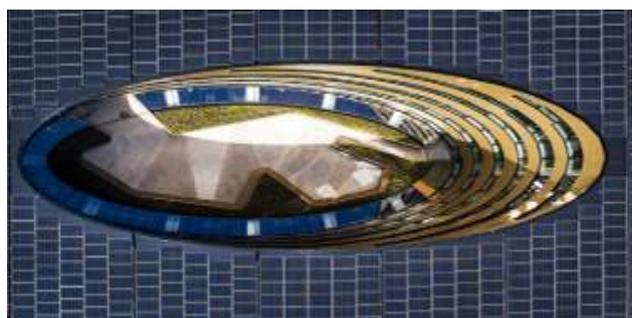


Fig3.10 : Brattørkaia patio source (Brattørkaia 2021)

2.6 Mode additif : On trouve d'autre mode d'intégration hors l'enveloppe architecturale qui assure aussi la production énergétique à travers les cellules intégrées.

✓ **les lamelles orientées (stores vénitiens photovoltaïques)**

Les lamelles orienté joue le rôle d'un brise de soleil qui permet de profiter des apports solaires gratuits, en laissant entrer une certaine quantité de rayonnement solaire à l'intérieur du bâti au zone du confort.(fig3.11)

Il s'agit de stores portant des panneaux solaires minces et flexibles qui peuvent être placés directement sur les lamelles. Leur fonctionnement habituel est très simple : quand ils sont fermés ; ils protègent la construction du soleil et aident à bien garder la fraîcheur à l'intérieur et il absorbe les rayons solaire pour la transforme au électricité (production énergétique) .

La où on peut citer quelque avantage pour store vénitien photovoltaïque :

Les stores vénitiens photovoltaïques se caractérisent par de nombreux avantages qui en font l'une des solutions les plus appréciées dans les bâtiments.

Ces stores peuvent également être installés dans toutes les constructions, car ils peuvent être fabriqués sur mesure et donc s'adapter à tout type de structure et d'exigence esthétique, ce qui leur permet de s'inscrire dans tout type de style.

En ce qui concerne les économies d'énergie, les stores vénitiens photovoltaïques peuvent produire jusqu'à 350 watts d'électricité ou plus selon la surface du store.(Stores vénitiens photovoltaïques- Blog La Triveneta Cavi,2015.)

Cependant, il faut tenir compte du fait que cette solution présente aussi des inconvénients. Le plus évident est sans aucun doute le coût.



Fig3.11 stores photovoltaïques Source : (LTC2015)

✓ garde corps

Intégration architecturale des tubes solaires sous vides en garde-corps de balcon et terrasse des bâtiments aides d'améliorer la production énergétique. (voir fig 3.12).



Fig3.12 garde corp avec des cellules photovoltaïque Source : (guid ENR 2021)

3 . Les facteurs influent le rendement des panneaux solaire :

Ces facteurs de positionnement sont au nombre de trois :

3.1 L'angle d'incidence :

Cela correspond au plan formé entre le panneau solaire et les rayons lumineux. Cet angle a une grande importance. L'angle d'incidence optimal correspond à un angle de 90° . Chaque fois que cet angle diminue ou augmente, la surface en (m^2) du panneau solaire exposé aux rayons lumineux diminue et donc en partant de la puissance du panneau solaire, le rendement diminue aussi.(II. *Le rendement d'un panneau solaire photovoltaïque*, 2020.)

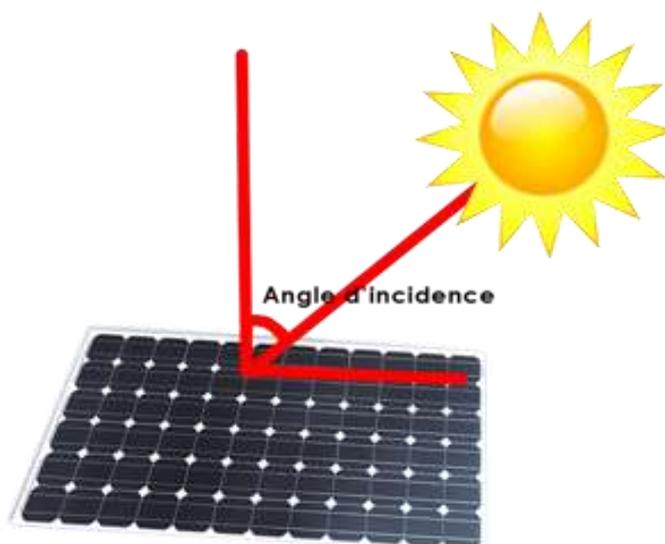


Fig3.13 angle d'incidence Source : (optinan 2020)

3.2 L'angle d'inclinaison

L'angle d'inclinaison correspond à l'angle formé par le plan du panneau solaire par rapport à l'horizontale. (Voir fig 3.14)

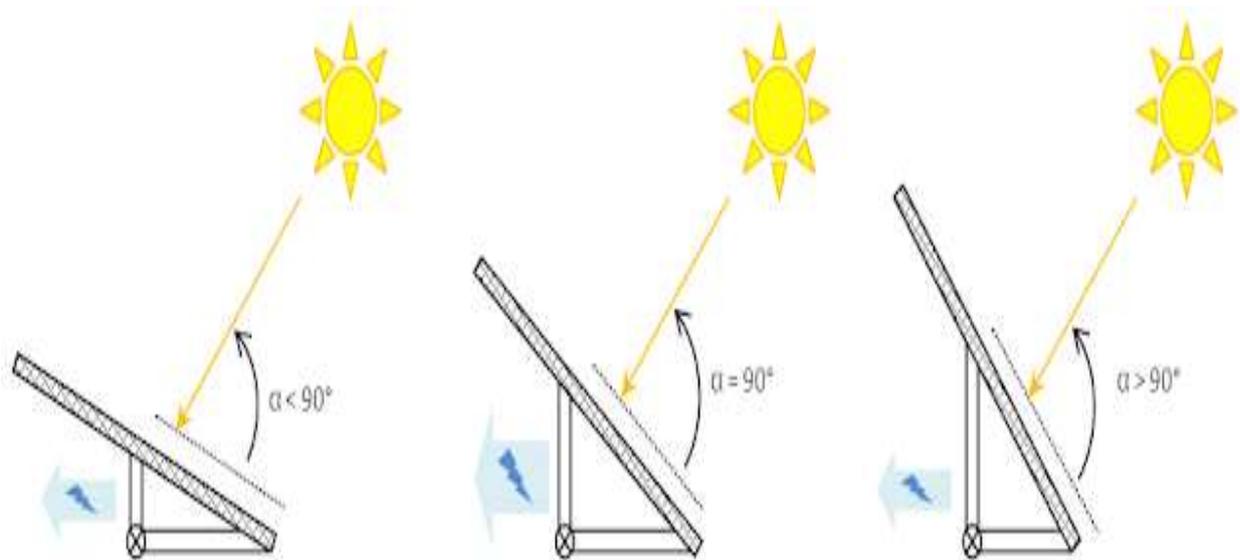


Fig3.14 Inclinaison de 90° par rapport aux rayons du soleil source :(optinan 2020)

Un exemple de la production énergétique selon l'angle d'inclinaison (voir tab3.2)

INCLINAISON	PRODUCTION PAR ANNEE EN KWH
10°	3765
30°	4050
60°	3798

Tab3.2 la production d'énergie selon l'angle d'inclinaison source : (in sun we trust 2021)

3.3 L'angle d'orientation

En théorie, il est conseillé d'orienter ses panneaux solaires au Sud (Sud-Est ou Sud-Ouest éventuellement).

Pourquoi ? Car le soleil se lève à l'Est et se couche à l'Ouest, quel que soit l'hémisphère et la latitude. En revanche, le soleil est à son zénith au Sud dans l'hémisphère Nord. Une orientation du panneau solaire photovoltaïque au Sud permet de capter le maximum de lumière tout au long de la journée.

C'est d'ailleurs pour cela que les équipements 2020 privilégient une exposition au Sud.

Simplement parce qu'il s'agit de l'exposition qui reçoit le plus d'énergie solaire au cours d'une même journée, quelle que soit la saison. Cela permet ainsi à la maison de réduire ses besoins de chauffage. (Panneau solaire, 2020)

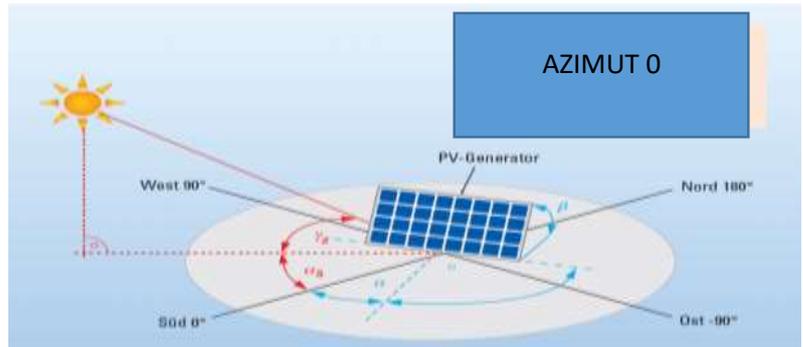


Fig3.15 orientation des panneaux source : (ANME 2021)

✓ **azimut :**

On parle d'Azimut pour définir l'angle que forme l'orientation de vos panneaux solaires par rapport au plein sud. L'inclinaison des panneaux solaires se mesure par l'angle formé par vos panneaux par rapport à l'horizontal. Les performances de l'installation solaire dépendent de l'azimut qui est l'inclinaison du toit par rapport à l'horizontale et de son orientation. (Panneau solaire, 2020)

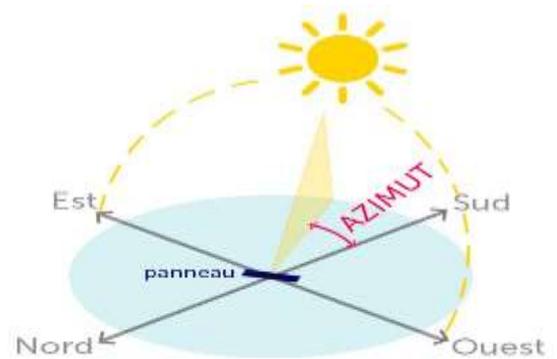


Fig3.16 azimut source (terresolaire 2021)

Concrètement, l'Azimut est un indicateur qui évalue la quantité d'ensoleillement, et donc la quantité de la production qui en découle. Pour vous faire une simple idée de la performance d'un panneau solaire selon son azimut, voici qui devrait vous aider :

Azimut (+/-)	0°	20°	40°	60°	80°	100°	120°	140°	160°	180°
0°	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
10°	7	7	9	11	13	16	18	20	22	22
20°	2	3	6	10	14	19	24	28	31	32
30°	0	1	5	10	16	23	31	37	41	42
40°	0	2	6	12	19	28	37	45	50	51
50°	3	4	8	15	23	33	42	52	58	60
60°	7	9	13	20	28	38	48	57	64	67
70°	14	15	19	25	33	43	53	62	69	72
80°	23	24	27	32	40	48	57	66	72	75
90°	33	33	35	40	46	54	62	69	74	76

Tab3.3 rendements selon l'azimut d'un panneau solaire source : (terre solaire 2021)

En vert : Azimut conseillé pour un rendement optimal

En jaune : Azimut correct pour un rendement moyen

En rouge : Azimut déconseillé

Un autre exemple de la production d'énergie selon l'orientation

ORIENTATION	PRODUCTION EN KWH	FACTEUR DE PUISSANCE	DETAIL DE CALCULE
SUD	3900	100%	$3900 * 1 = 3900$
SUD -EST	3700	94%	$3900 * 0.94 = 3700$
EST	3160	81%	$3900 * 0.81 = 3160$
OUEST	3000	77%	$3900 * 0.77 = 3000$
SUD-OUEST	3650	94%	$3900 * 0.94 = 3650$

Tab3.4 : la production d'énergie selon l'orientation source : (in sun we trust 2021)

4. Facteurs affectant la production de panneaux et cellules photovoltaïque :

La qualité et l'orientation et aussi la positionnement de projet a un grand role dans la production énergitique du panneaus et cellules photovoltaïque :

4.1 La puissance des panneaux crête :

Représente tout simplement la puissance maximale en électricité que peuvent délivrer vos panneaux solaires. On l'exprime en Wc (watt crête), en kWc (kilowatt crête) ou encore en MWc (mégawatt crête) pour les centrales solaires notamment. (Watt, 2021.)

Il est marqué qu'il faut 8 m² pour produire 1kWc, soit 1000 kWh par an. (lepanneausolaire 2020)

4.2 la temperature :

Une température 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..(Dualsun 2021)

4.3 Une surface inclinée de 30° et orientée vers le sud (Dualsun 2021) Pour avoir :

Un angle d'inclinaison optimal.

Une absence d'ombrage.(Dualsun 2021).

4.4 Influence de l'ombrage sur la performance des modules :

- Lorsqu'une des cellules est ombragée, cela correspond à une sous-irradiation de la cellule. Cela se traduit par une diminution du courant débité par la cellule ombragée, et par conséquent par une diminution de la puissance fournie
- Comme les cellules du module sont connectées en série, la cellule qui débite le moins de courant impose ce courant aux autres cellules. Par conséquent, la puissance fournie par les autres cellules (non-ombragées) diminue aussi.
- En première approximation, on peut considérer que la puissance générée par les cellules non-ombragée est égale à la puissance de la cellule ombragée (cette approximation est d'autant plus vraie que le pourcentage de cellule ombragée est important).
- L'ombre est un ennemi redoutable pour un module: perte importante de puissance et échauffement des cellules. (Ghezal, 2021.)

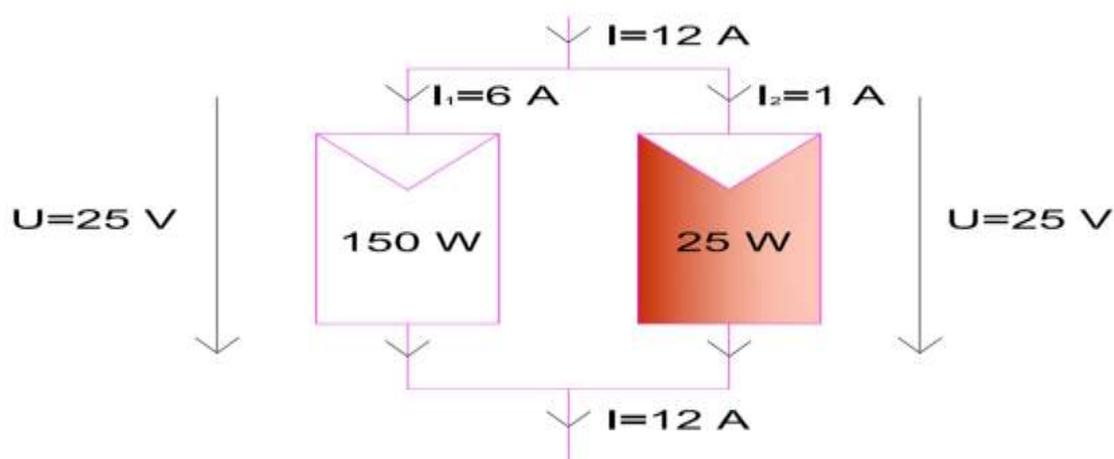


Fig3.17 effet de l'ombre sur un module solaire source : (GuidEnR2021)

5. Le rendement des panneaux et cellule photovoltaïque :

Chaque panneau, chaque technologie va avoir un rendement différent suivant les conditions d'éclairement : (lepanneausolaire, 2021)

- **Silicium monocristallin :**

Rendement de 15 à 20 % STC.

Puissance de 5 à 300 Watts crête.

Gamme d'éclairement de 100 à 1 000 W/m².

- **Silicium polycristallin :**

Rendement de 12 à 17 % STC.

Puissance de 5 à 300 Watts crête.

Gamme d'éclairement de 200 à 1 000 W/m².

- **Silicium amorphe :**

Rendement de 5 à 7 % STC (jusqu'à 12 % pour les multi-jonctions).

Puissance de 0 à 1 Watts crête pour les photogénérateurs intérieurs.

Puissance de 0,5 à 90 Watts crête pour les photogénérateurs extérieurs.

Gamme d'éclairement de 20 lux (intérieur) à 1 000 W/m².

➤ **Le rendement des verres solaire :** la puissance est divers selon la technologie ; la spécification (voir tab 3.5)

TECHNOLOGIE	PLAN
SPECIFICATIONS	verre
AUTRE CARACTERESTIQUE	noir
PUISSANCE DE CRETE	380/450W
TECHNOLOGIE	plan
SPECIFICATIONS	Verre translucide
AUTRE CARACTERESTIQUE	bleu
PUISSANCE DE CRETE	265/300w
TECHNOLOGIE	polycristaline
SPECIFICATIONS	verre
AUTRE CARACTERESTIQUE	Cadre en aluminium
PUISSANCE DE CRETE	230/260w
TECHNOLOGIE	monocristalline
SPECIFICATIONS	verre
AUTRE CARACTERESTIQUE	BIPV
PUISSANCE DE CRETE	148w
TECHNOLOGIE	polycristaline
SPECIFICATIONS	verre
AUTRE CARACTERESTIQUE	Pour façade/pour système intégré
PUISSANCE DE CRETE	Max :497w/min :186w

Tab3.5 : rendement de certain type des verres source : (in sun we trust 2021)

6. les conditions pour optimiser la production solaire

Etude appliquée sur les pays du France et le nord d'Afrique ; ça dépend de pas mal de variables. (Intégration des systèmes solaires photovoltaïques dans le bâtiment, BENAMRA Mostefa Lamines. 2013.)

Parmi elles, on peut citer :

- Le niveau d'ensoleillement de votre projet
- L'orientation de votre projet
- L'inclinaison de votre projet
- Le type d'intégration (Intégration au bâti ou surimposition)
- Les ombrages provenant des obstacles proches ou lointains
- La puissance de l'installation
- La température
- La nature du câblage

7 . Les logiciels de simulation (mode dévaluation) :

Plusieurs Logiciels a développé pour simuler et évaluer la production de systèmes photovoltaïques tell que :

• **PVGIS - JRC, Europe** : L'application en ligne gratuite PVGIS est un outil d'estimation du gisement solaire. Il permet également de simuler la production de systèmes photovoltaïques connectés au réseau et en site isolé en Europe et en Afrique. (*Logiciels photovoltaïques — Solarpedia*, 2021)

• **PV Designer Software - États-Unis** : Ce logiciel est idéal pour les systèmes résidentiels et commerciaux. Il permet de dessiner les contours du toit, de spécifier les marges de recul et les zones interdites (*PV Designer Software*, 2021.)

• **PVWatts Calculator - États-Unis** : Estime la production et le coût de l'énergie des systèmes d'énergie photovoltaïque (PV) connectés au réseau dans le monde entier. Il permet aux propriétaires, aux installateurs et aux fabricants d'évaluer facilement les performances d'une installation photovoltaïque.

• **PV Tecsol - Tecsol, France** : Logiciel de simulation de production électrique injectée dans le réseau par un système photovoltaïque (*THE SOCIAL DYNAMICS OF THE SMALL*

MANUFACTURING ENTERPRISE - CURRAN - 1981 - Journal of Management Studies - Wiley Online Library, 2021)

•**AutoCalSol - INES Education, France** : Logiciel de pré-dimensionnement d'installations solaires photovoltaïques pour l'autoconsommation. (*Dimensionnement PV raccordé réseau, 2021*)

•**Rhino** : Rhino permet de créer, modifier, analyser et traduire des courbes, des surfaces et des solides NURBS dans Windows. Aucune limite en termes de complexité, de degré ou de taille. Rhino peut aussi traiter des maillages polygonaux. Nouveau Grasshopper intégré sans installation supplémentaire (*Rhinoceros 6 pour Windows : Améliorations et perfectionnements [McNeel Wiki], 2021.*) .

7.1 Terminologie : on trouve quelque code dans les logicielles de la photovoltaïque tel que :

PV technology : Les performances des modules PV dépendent de la température et de l'irradiance solaire, ainsi que du spectre de la lumière solaire, mais la dépendance exacte varie entre les différents types de modules PV. Pour le moment, nous pouvons estimer les pertes dues aux effets de température et d'irradiance pour les types de modules suivants :

cellules de silicium cristallin ; modules à couches minces en CIS ou CIGS ; modules à couches minces en tellurure de cadmium (CdTe) .

Watt-crête (Wc) : puissance électrique maximale fournie dans des conditions standard :

- un ensoleillement de 1 000 W/m² ;

- une température des panneaux de 25°C

Wattheure (Wh) :

1kWatt-heure énergie consommée ou délivrée par un système d'une puissance de 1 kWatt pendant une heure. (Fronhoffs, 2021.)

Azimet ° : azimet, orientation des modules (angle variant de -180° à 180°. Est = -90°, Ouest = 90° Sud = 0°) (*Solarpedia2021*)

Angle d'inclinaison : Il s'agit de l'angle des modules PV par rapport au plan horizontal, pour un montage fixe (sans poursuite).

Pour certaines applications, la pente et les angles d'orientation seront déjà connus, par exemple si les modules PV doivent être intégrés dans un toit existant. Cependant, si vous avez la possibilité de choisir la pente et / ou l'azimut (orientation), cette application peut également calculer pour vous les valeurs optimales de pente et d'orientation.

Peak power : Il s'agit de la puissance que le fabricant déclare que le générateur photovoltaïque peut produire dans des conditions de test standard, qui sont une constante de 1000 W d'irradiation solaire par mètre carré dans le plan du générateur, à une température du générateur

Mounting position : Pour les systèmes fixes (sans pistage), la façon dont les modules sont montés aura une influence sur la température du module, ce qui à son tour affecte le rendement. (intégrer / libre).

Conclusion :

Les cellules s'évaluent selon la demande du marché, dans ce chapitre on a pris le positionnement paramétrique d'intégration des cellules photovoltaïque dans plusieurs éléments tels que la toiture qui doit être inclinée pour une bonne production énergétique ; les façades ; les modes additifs ..., afin d'arriver à une bonne quantité de production on doit expérimenter les types des cellules et les angles d'inclinaison sur le cas d'étude.

Conclusion de la partie théorique :

Afin d'atteindre le niveau de production d'énergie idéal pour répondre aux besoins des utilisateurs et aux demandes du marché, les panneaux solaires et les cellules ont été continuellement développés pour avoir la meilleure version. En raison de leur faible coût, ils sont de plus en plus recherchés. Si nous les utilisons, nous pouvons réduire les factures d'électricité, et pas seulement, ils peuvent être utilisés même dans des endroits peu ensoleillés, là où on peut améliorer cette énergie dans des équipements à forte intensité énergétique tels que des équipements commerciaux (centres commerciaux) pour la production d'énergie.

Pour ce qui est des centres commerciaux on a extrait leurs organisations spatiales et leurs hiérarchisations des espaces puis le fonctionnement comme un objectif et intention pour l'utiliser plus tard dans le cas d'étude.

Enfin ; l'utilisation de l'intégration des cellules photovoltaïque dans le bâtiment peut réaliser en différents modes soit en façade ; toiture ; ouverture ; mur rideau dans les verres et d'autres modes additifs et pour une bonne production énergétique on doit suivre quelques facteurs de bon rendement tels que l'inclinaison ; l'orientation et le type de cellule.

Partie pratique

Introduction :

Pour démarrer la recherche expérimentale, il faut d'abord présenter le projet et sa localisation puis un support sur les données climatique, après atteindre le stade de la présentation cas d'étude et la création du module d'analyse à travers l'outil de simulation (PVGIS).

Le but de cette partie pratique est d'analyser, de comparer et d'expliquer les données obtenues grâce à la simulation numérique de l'étude de cas et les résultats de la production d'énergie ; à travers des étapes, la capacité de production d'énergie de chaque type de cellule qui est déterminée, et l'angle d'inclinaison de l'ensemble de l'enveloppe architecturale, ce qui est très important pour la production énergétique . Ainsi que ce projet a une consommation énergétique estimée avec 9000000 de kilowattheures.

Et finalement déterminé le meilleur type de cellule photovoltaïque avec le meilleur angle. Ces cellules photovoltaïques peuvent fournir la plus grande rentabilité énergétique dès que possible lorsqu'elles sont appliquées à la conception architecturale du projet.

**Chapitre IV:
Présentation de cas
d'étude « centre
commercial a Tébessa »
et création du model
d'analyse**

Introduction :

Dans ce chapitre, nous faisons d'abord une présentation géographique et climatique de la ville de Tébessa, suivi d'une analyse détaillée du site et de son environnement immédiat, ensuite on passe à la présentation de la constitution spatiale et le programme surfacique de ce projet et on finira par le début de la phase d'esquisse.

1. Présentation de la ville de Tébessa :

La wilaya de Tébessa est un daïra d'Algérie en Afrique du Nord. Il compte 196 537 habitants sur une superficie de 184 km². La densité de population du la wilaya de Tébessa est donc de 1 068,1 habitants par km².

Le Climat semi-aride sec et froid est le climat principal du Daïra de Tébessa.

Avec le daïra d'El Kouif, le daïra de Morsott, le daïra d'El Ma Labiodh, le daïra d'El Aouinet, le daïra d'Ouenza, le daïra de Bir Mokkadem, le daïra de Bir el-Ater, le daïra d'El Ogla, le daïra d'Oum Ali, le daïra de Negrine et le daïra de Cheria, Le Daïra de Tébessa fait partie de la Wilaya de Tébessa.(- DB-City, 2021.)

Latitude : 35° 24' 19" NORD, Longitude : 8° 6' 59" EST. (ZAKARIA.2017)



Fig. 4.1 a : situation géographique de la willaya de Tébessa

Source : (Ben arfa 2005)

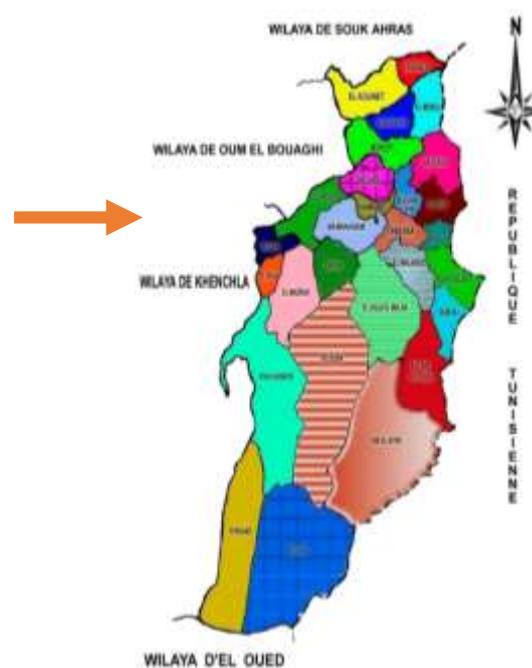


Fig 4.1 b structurations administrative de la wilaya de Tébessa source : (ben arfa 2005)

2. Le climat de la wilaya de Tébessa :

La wilaya de Tébessa est une zone de transition météorologique, elle est caractériser par quatre niveaux 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)

2.1 Températures et précipitations moyennes :

La "maximale moyenne quotidienne" (ligne rouge continue) montre la température maximale moyenne d'un jour pour chaque mois pour Tébessa. De même, «minimale moyenne quotidienne" (ligne bleu continue) montre la moyenne de la température minimale. Les jours chauds et les nuits froides (lignes bleues et rouges en pointillé) montrent la moyenne de la plus chaude journée et la plus froide nuit de chaque mois des 30 dernières années(voir fig4.2) (Climat Tébessa,2021.).

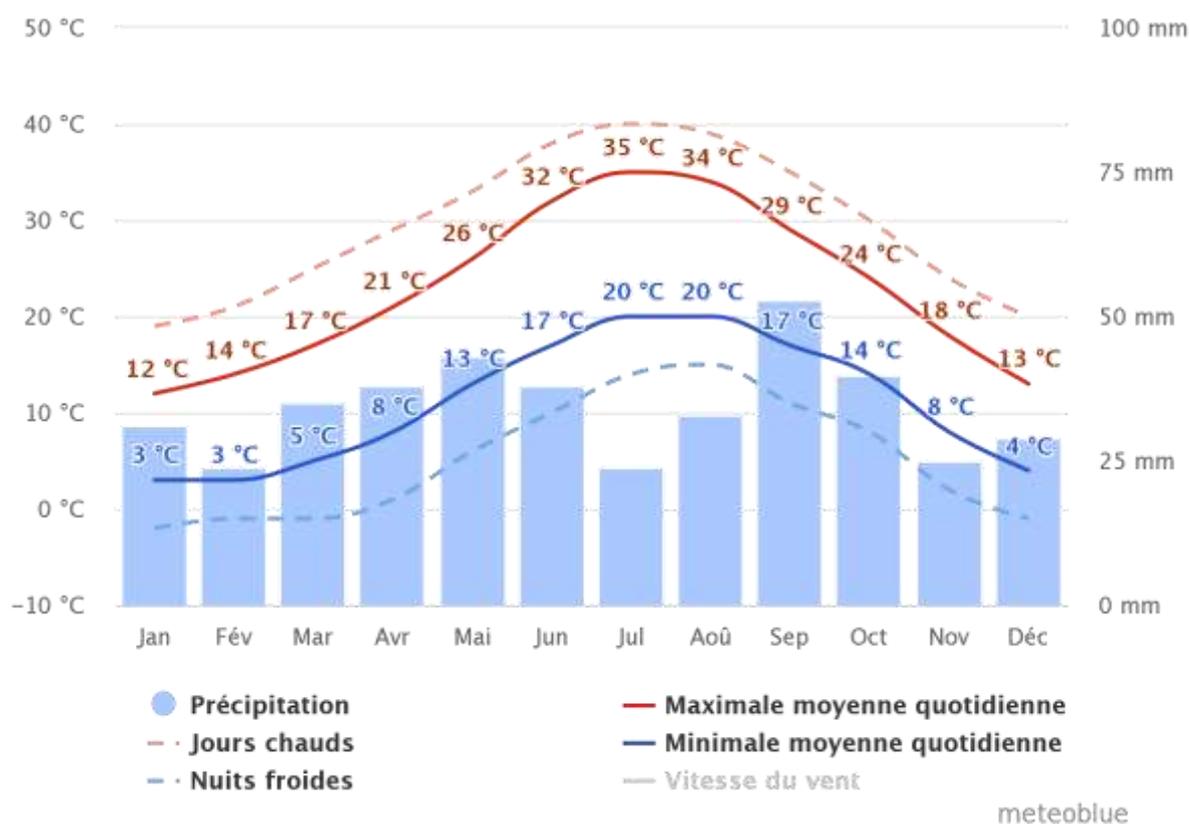


Fig 4.2 Températures et précipitations moyennes source : (meteobleu ,2021)

2.2 Précipitations :

Le graphique suivant montre le nombre mensuel de jours ensoleillés, partiellement nuageux, nuageux et de précipitations. Les jours avec moins de 20% de la couverture nuageuse sont considérés comme des jours ensoleillés, avec 20-80% de de la couverture nuageuse, comme partiellement ensoleillés et plus de 80% comme nuageux (voir fig4.3) .(Climat Tébessa, 2021.)

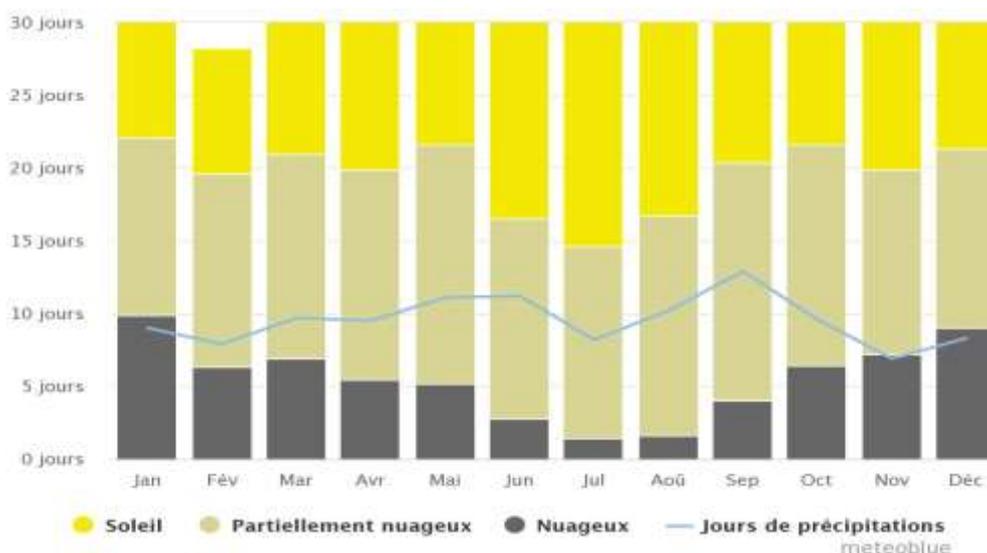


Fig4.3 le nombre mensuel de jours des différents climats source : (meteoblu,2021)

2.3 La températures maximales :

Le diagramme suivant donne la température maximale à Tébessa et montre le nombre de jours par mois. Tandis que la partie rouge la température arrive au maximum avec plus de 35° au mois de juin , juillet et aout par contre la partie bleu la température est entre 0° et 5° au mois du janvier , février, mars , novembre et décembre (la période du saison hiver, la température moyenne est mentionner en jaune dans les mois a partir de février au novembre (voir fig4.4)

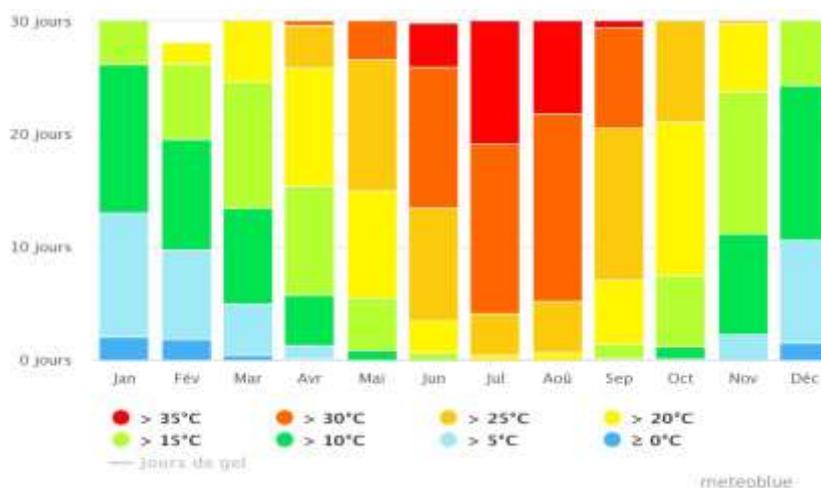


Fig4.4 la température maximale source : (meteoblu,2021)

2.4 Quantité de précipitations :

Le diagramme de la précipitation pour Tébessa indique depuis combien de jours par mois (voir fig4.5) tandis que la partie beige représente les jours sec qui gagne le plus élevé taux des jours ; quant à la forte pluie ; elles n'occupent qu'une très faible quantité sur l'ensemble des mois ; ainsi que la partie bleu une précipitation moyenne de 5 à 6 jour durant un mois.



Fig4. 5 Quantité de précipitations source : (meteoblu,2021)

2.5 Vitesse du vent :

Le diagramme de Tébessa montre les jours par mois, pendant lesquels le vent atteint une certaine vitesse. Il a crée des vents forts et réguliers de Décembre à Avril et des vents calmes de Juin à Octobre ; généralement le vent est calme durant les 12 mois comme il est mentionner dans la figure suivante (voir fig4. 6).

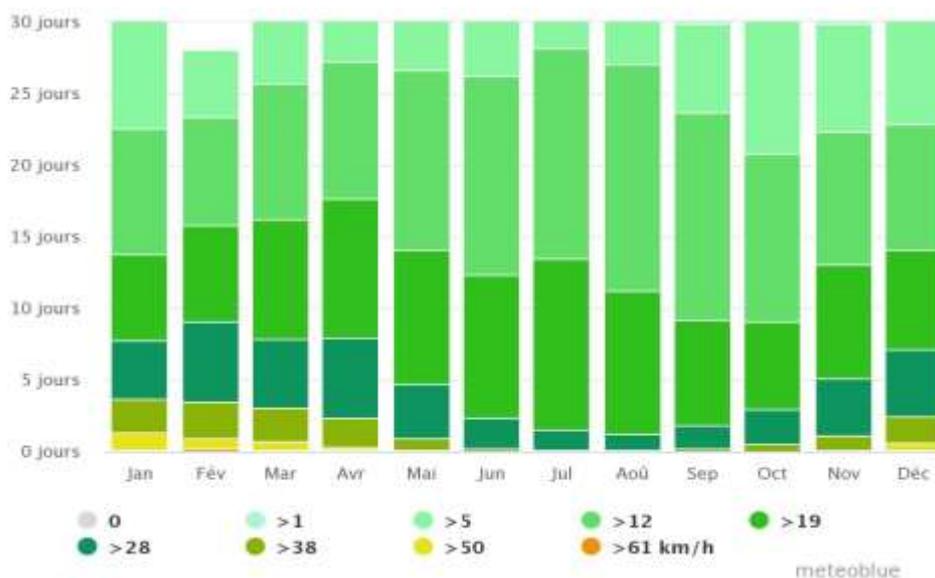


Fig4. 6 vitesses du vent source : (meteoblu, 2021)

2.6 La rose des vents :

La figure4.7 montre la Rose des Vents qui indiquant les points cardinaux : N pour nord, S pour sud, E pour est, O pour ouest et les orientations intermédiaires ; pour la ville de Tébessa elle mentionne combien d'heures par an le vent souffle dans la direction indiquée. Tandis que l'orientation SO: Le vent souffle du sud-ouest (SO) au nord-est (NE), avec une unité de Km/h ; le vent aigue passe par (NW)

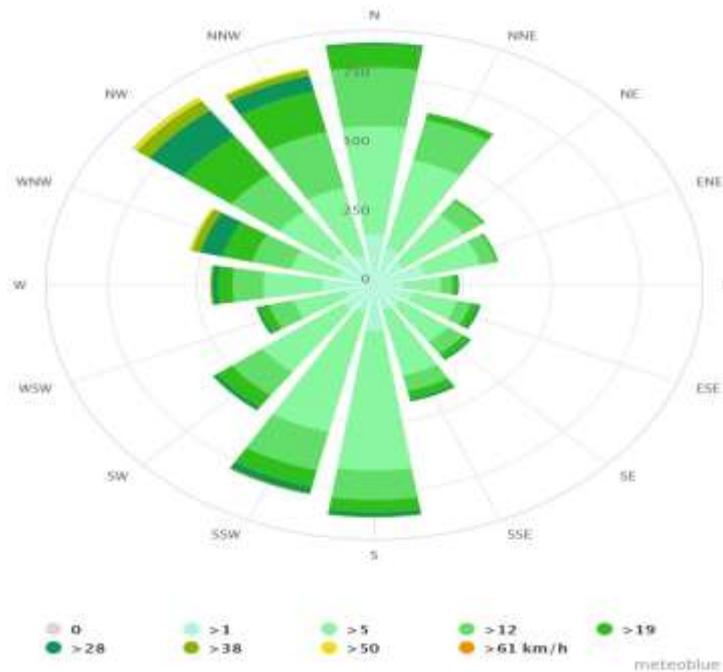


Fig4. 7 la rose du vent source : (meteoblu,2021)

3. Présentation du cas d'étude « centre commercial »

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

3.1 analyse du terrain : Pour analyser le terrain faut voir :

3.1.1 critère de choix :

- une façade sud orientée
- avoir une bonne accessibilité au projet
- A côté d'une gare routière qui recevez beaucoup des gens
- Dans une extension semi urbaine
- Une surface et zone exposée au rayonnement solaire
- Une surface répond aux besoins du projet (les parkings extérieurs)

3.1.2 Situation du terrain :

Le projet va implanter sur un terrain qui est situé à la Proximité à la ville de Tébessa exposé a la route nationale numéro 10, dans une situation stratégique par apport au plusieurs ville. (voir fig4.8)



Fig4. 8 situations géographiques du terrain source : (Google earth ,2020)

3.1.3 Environnement immédiat :

Le projet est entourée avec plusieurs équipement qui attire un grand flux des utilisateurs qui est en faveur à mon projet Au sud la gare routière Sud est l'Université de Tébessa Sud-ouest l'usine. (voir fig 4.9)



Fig4. 9 environnements immédiats du terrain source : (Google earth ,2020)

3.1.4 Accessibilité :

On peut accéder au terrain depuis la route nationale numéro 16 et l'entrée de la ville de Tébessa par RN10 et depuis la route secondaire qui nous mené a RN16 . Une accessibilité attire les visiteur dans le projet (voir fig.4.10)

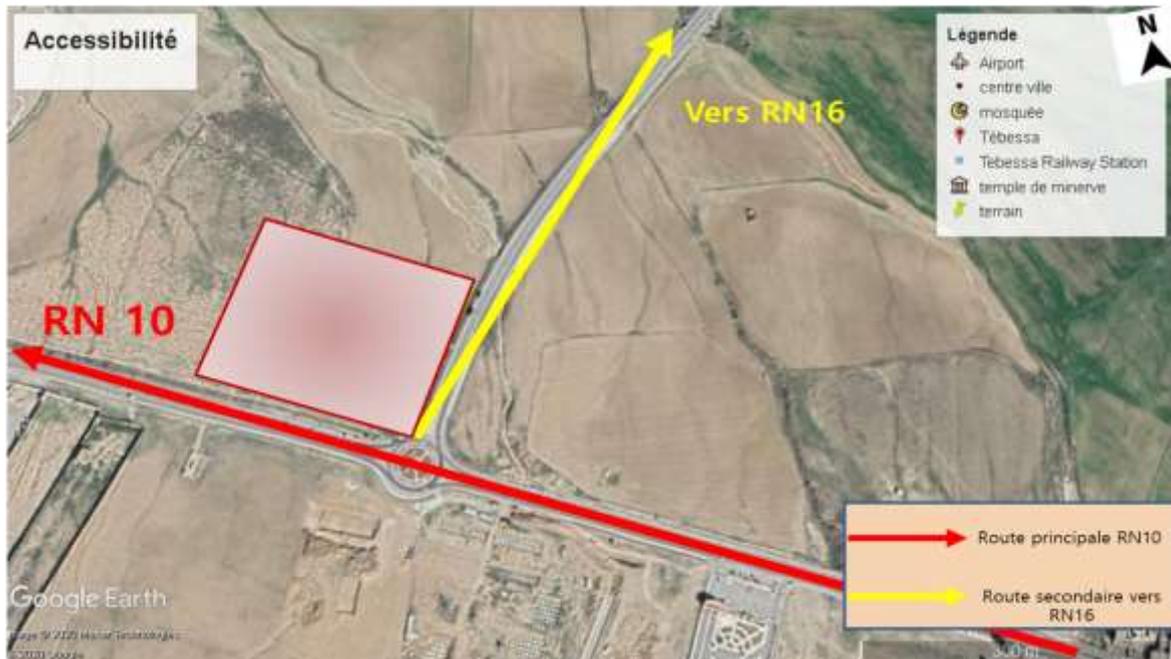


Fig4. 10 accessibilité du terrain source : (Google earth ,2020)

3.1.5 Morphologie du terrain :

Le terrain d'étude affiche une forme régulière d'un rectangle de 7.24 h. (voir fig 4.11)

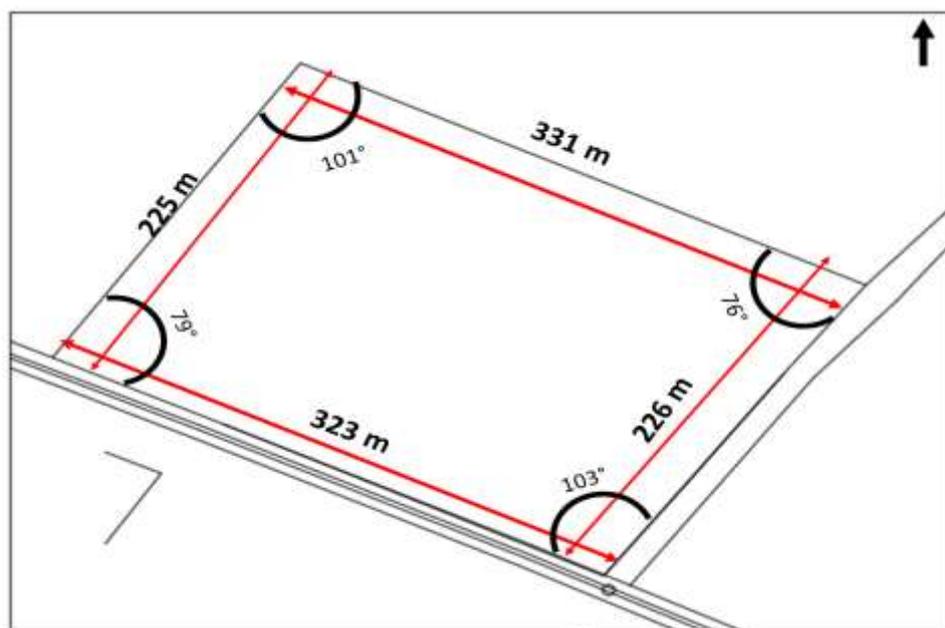


Fig4. 11 morphologies du terrain source : (auteur ,2021)

3.1.6 Relief du terrain :

Le terrain est avec une forme régulière d'une surface de 7.24 h hectares et une faible pente. (Terrain plat) (voir fig1.12/4.13)



Fig4. 12 a relief du terrain source : (Google earth ,2020)

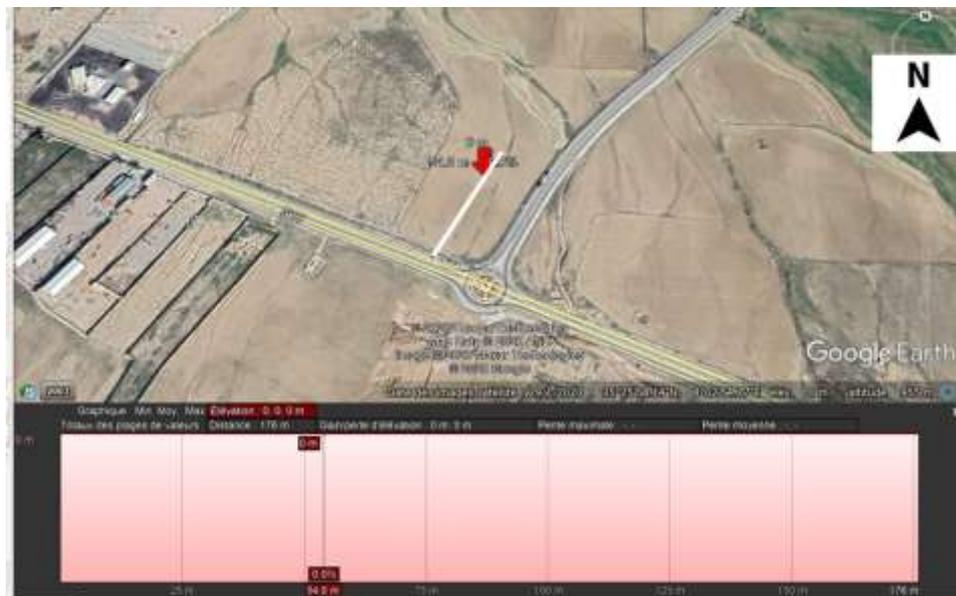


Fig4. 12 b relief du terrain source : (Google earth ,2020)

3.1.7 Potentialité :

- Il est dans un endroit où on peut assurer la fonction d'un fan shop (centre commercial)
- Il vise un grand flux des visiteurs avec son situation stratégique
- Une zone exposée au rayonnement solaire

3.2 Description du cas d'étude :

Le projet est un centre commercial, composé de 4 étages (RDC + 3 étage), contient une grande surface qui est un hypermarché et des boutiques spécialisé selon un type de commerce, avec des autres fonctions de restauration et loisir.

3.2.1 la programmation architecturale :

Le programme du projet est présenté sur le tableau suivant (voir tab4.1)

	ESPACE	NOMBRE	SURFACE	TOTALE
	bureau de directeur	1	32	32
	bureau de gestion	1	25	25
ADMINISTRATION	bureau de comptabilité	1	25	25
	secrétariat	1	16	16
	bureau d'avocat	1	25	25
	salle de réunion	1	65	64
	sanitaire	12	1,5	18
	circulation		15%	26,7
	agence bancaire	1	60	60
SERVICE	agence postale	1	60	60
	agence publicitaire	1	60	60
	agence de voyage	1	60	60
	circulation		20%	75
GRANDE SURFACE	hypermarché / carrefour	1	4000	4000
	circulation		25%	750
	cafeteria	1	450	450
RESTAURATION	salon de thé	1	330	330
	KFC	1	130	130
	indian food	1	130	130
	crêperie	1	120	120
	crèmerie	1	120	120
	juce zone	1	60	60
	chocolat land	1	300	300
	Oriental food	1	120	120
	starbucks	1	120	120
	fast food	3	120	360
	restaurant *5	1	130	130
	traditionnal food	1	120	120
	Donuts	1	120	60
	circulation		25%	427,5
	magasins vêt de marque F/h	40	80/500	8092
	magasins vêt enfant	2	80	160

	opticien	1	80	80
	magasin de meuble	1	335	250
MAGASINS	m des accessoires	6	60	120
	bijouterie	3	200	180
	cosmétique	1	335	480
	m de jouer	1	320	150
	produit électronique	7	840	840
	produit informatique	1	80	80
	coiffeur	2	90	180
	coiffeuse	2	90	180
	pharmacie	3	90	270
	Onglerie	1	90	90
	photographe	2	80	160
	m électroménager	2	220	240
	m instrument de music	2	90	180
	équipement de la maison	2	120	240
	lingerie	3	120	240
	tissus	1	120	120
	gift zone	1	120	120
	bouquins	1	120	120
chaussure (H/F)	4	90	360	
vaisselle	2	90	180	
quincaillerie	2	80	80	
sac a main brand	3	80	240	
élément du sport	1	120	120	
sanitaire publique	18	1,5	27	
	circulation		20%	1101,4
	Park d'attraction intérieure	1	7000	7000
LOISIR	salle des jeux	1	200	200
	Shoot games	2	200	200
	bowling	1	200	200
	sanitaire publique	16	1,5	24
	circulation		20%	884,8
	garderie d'enfant	1	280	280
ANNEXE	salle d'exposition ext	1	150	150
	atelier de dessin	1	150	150
	sanitaire	16	1,5	24
	circulation		15%	116,1
TECHNIQUE	dépôt	1	2000	2000
	vestiaire	3	300	300
	circulation		15%	375
				98648.9

Tab4. 1 programmation architecturale source : (auteur 2021)

3.2.2 Processus conceptuelle : la forme à développer selon le processus suivant (voir fig4.13) :

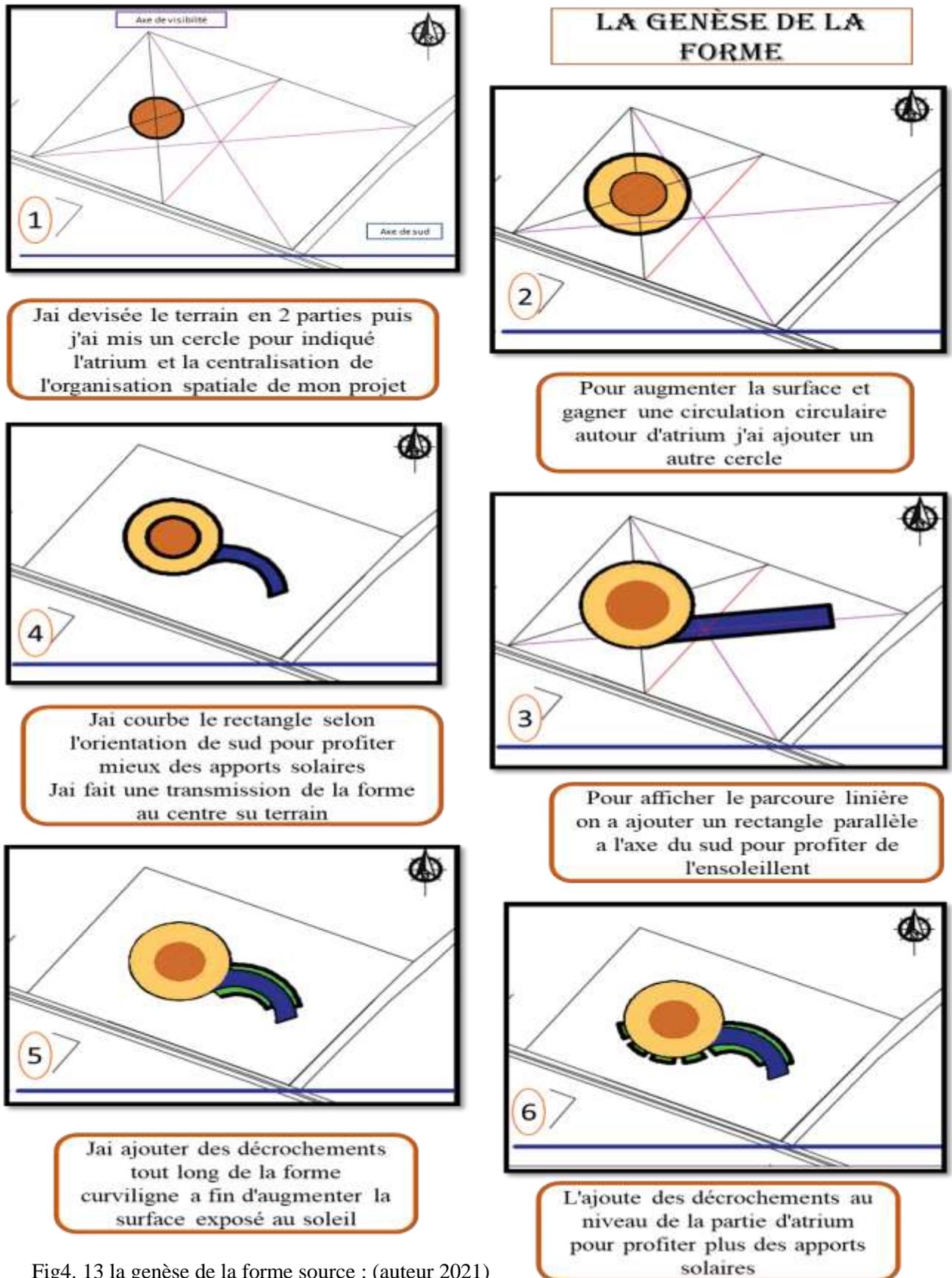


Fig4. 13 la genèse de la forme source : (auteur 2021)

3.2.3 Les plans :

➤ Plan masse :

Le plan de masse montre la position de projet dans le terrain, le terrain est devisée en 2 parties partie projet l'autre c'est la zone des parkings ; et une autre zone destiné pour la cour de service, OÙ le projet a plusieurs entrée 1 principale exposé a la route nationale n° 10 et 2 autres secondaire a une accès au hypermarché. (voir Fig4.14)

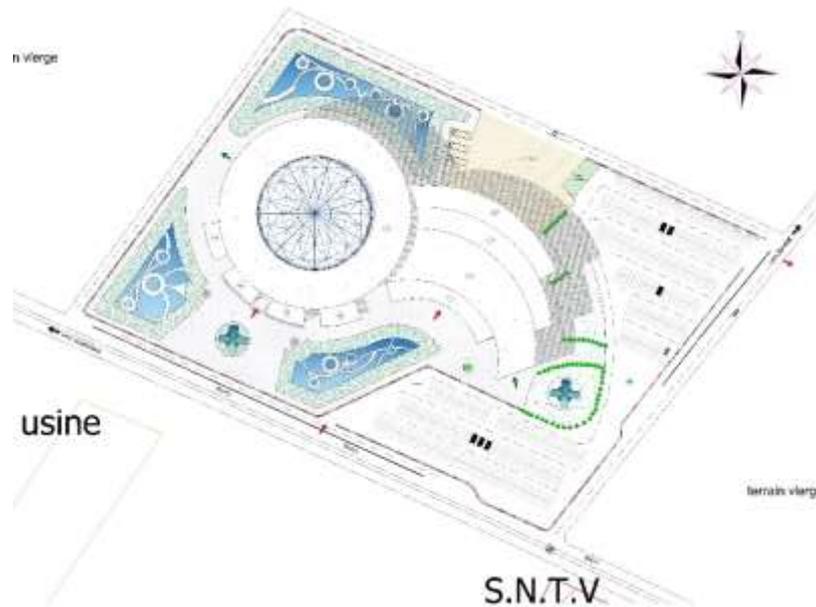


Fig4. 14 plan de masse source : (auteur 2021)

➤ Plan d'ensemble :

Le plan d'ensemble montre les axes par rapport aux espaces intérieures entre la cour de service et le dépôt l'escalier de secours et l'extérieure. (voir Fig4.15)



Fig4. 15 plans d'ensemble source : (auteur 2021)

➤ Plan RDC :

Le plan RDC se compose de deux parties principaux, une partie le commerce spécialisé (des boutiques) et l'autre partie constitué d'une grande surface représentée par un hypermarché . (voir Fig4.16)

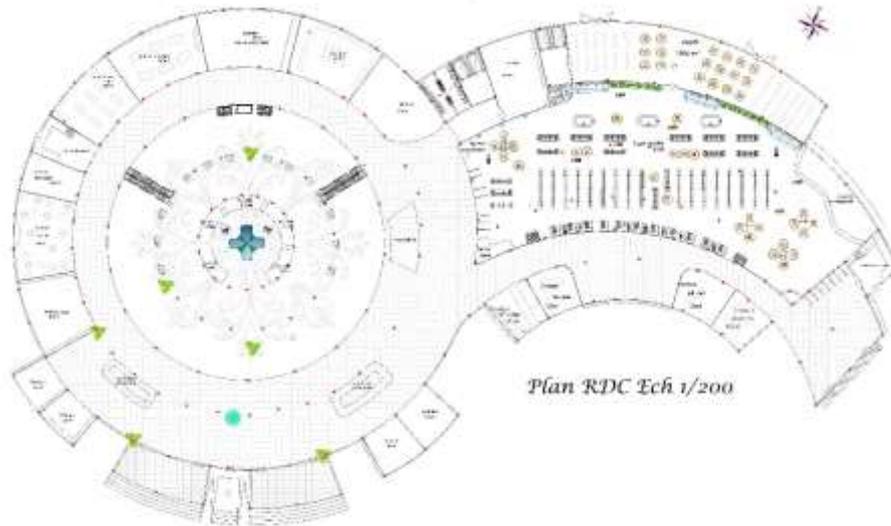


Fig4. 16 plan RDC source : (auteur 2021)

➤ Plan R+1 :

Le plan de 1er étage consiste seulement le commerce spécialisé et une petite partie destiné à l'administration du projet ; et une circulation verticale assurée par des ascenseurs et des escaliers mécaniques au niveau d'atrium.(fig 4.18)

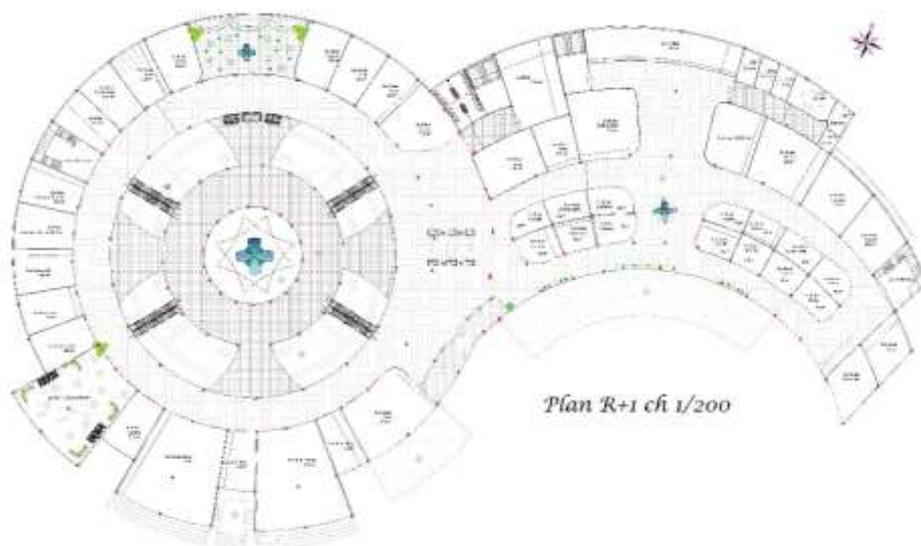


Fig4. 17 plans R+1 source : (auteur 2021)

➤ Plan R+2

Le plan de 2eme étage consiste seulement le commerce spécialisé selon leur fonction ; et une circulation verticale assurer par des ascenseurs et des escaliers mécaniques au niveau d'atrium.(Fig4.19)

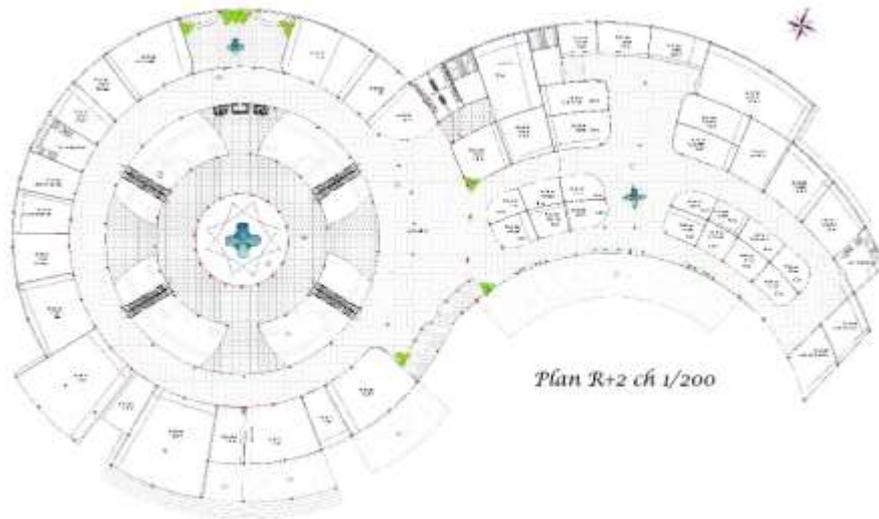


Fig4. 18 plans R+2 source : (auteur 2021)

➤ Plan R+3 :

Le plan de 3eme étage contient la restauration et une autre petite partie destiné à la fonction de loisir qui est un Park d'intérieure du projet ; et une circulation verticale assurer par des ascenseurs et des escaliers mécanique au niveau d'atrium.(Fig4.20)

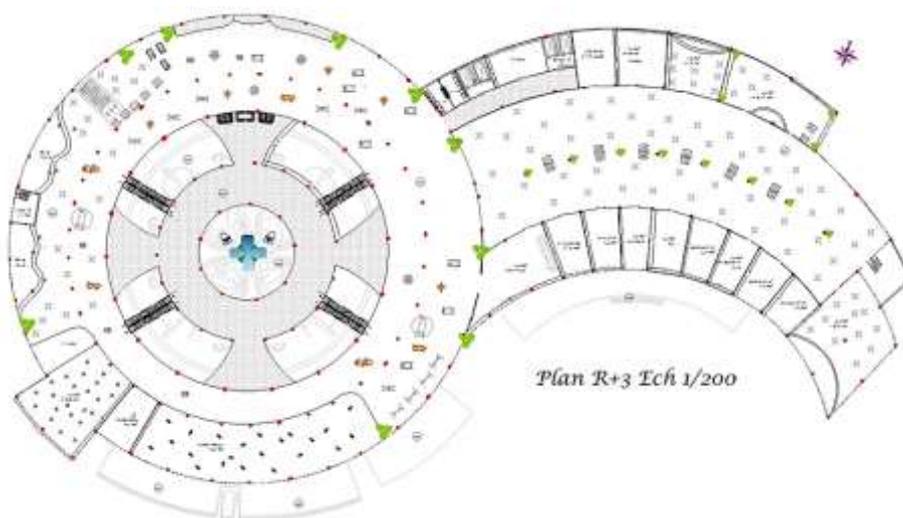


Fig4. 19 plans R+3 source : (auteur 2021)

4. Création du modelé d'analyse :

A travers cette simulation Nous allons étudier la production énergétique des cellules photovoltaïque par rapport aux panneaux photovoltaïque classique pour l'amélioration de la performance énergétique d'un bâtiment commercial dans la ville de Tébessa ; on prend d'abord la surface ou on peut adapter les panneaux comme un état initiale (scenario 0) pour faire la comparaison avec les cellules intégrer après on commence l'intégration des cellules dans l'enveloppe architecturale par des étapes jusqu'à arrive à la production nécessaire :

- 1^{er} étape : l'intégration des cellules au niveau des murs rideau

Il est appliqué au niveau des façades ; Les grandes cellules photovoltaïques translucides ca vont être intégrées au mur rideau pour n'être pas apparente.

- 2eme étape : l'intégration des cellules au niveau des vitrages

Il est appliqué au niveau de l'enveloppe architecturale extérieure dans les ouvertures.

- 3eme étape : l'intégration des cellules au niveau de toiture

Pour que les cellules solaires produisent plus d'énergie, ils doivent être intégrer a la toiture à un certain angle par rapport au soleil.

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

4.1 Liste des variables :

- Types des cellules et type de verre
 - ✓ Cristalline silicone
 - ✓ CIS (cuivre indium sélénium)
- Type d'intégration : mur rideau ; toiture ; vitrage
- Inclinaison $[0;90]^\circ$: inclinaison, pente des panneaux (70° 80° 90°)
- Azimut $^\circ$: azimut, orientation des modules (angle de -180° à 180° . Est = -90° , Ouest = 90° Sud = 0°)

4.2 Liste fixe :

- ✓ Orientation sud / sud-ouest
- ✓ La position et la taille des ouvertures orientées
- ✓ Les segments

5. Analyse et expérimentation : Après la fixation des variables, l'expérimentation va passer par plusieurs étapes principales.

5.1 la segmentation de la forme :

Afin de choisir le logiciel PVGIS qui calcule la production énergétique des surfaces plane on car il a une forme curviligne (voir fig4.20/4.21)

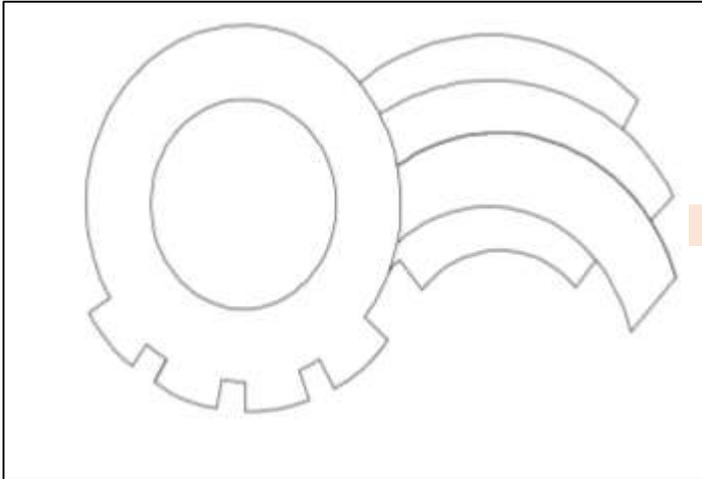


Fig4. 20 la forme source : (auteur 2021)

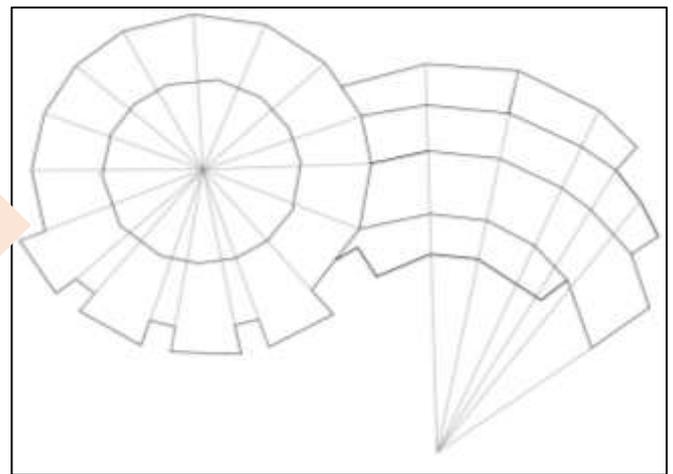


Fig4. 21 la segmentation source : (auteur 2021)

5.2 Azimut des segments :

La numérotation des segments pour être organisé et clair puis définir l'azimut de chaque segment selon le trait rouge qui indique l'orientation sud tandis que l'azimut, ou orientation, est l'angle des modules photovoltaïque par rapport à la direction plein sud. -90° est l'est, 0° est le sud et 90° est l'ouest. (Voir fig4.22)

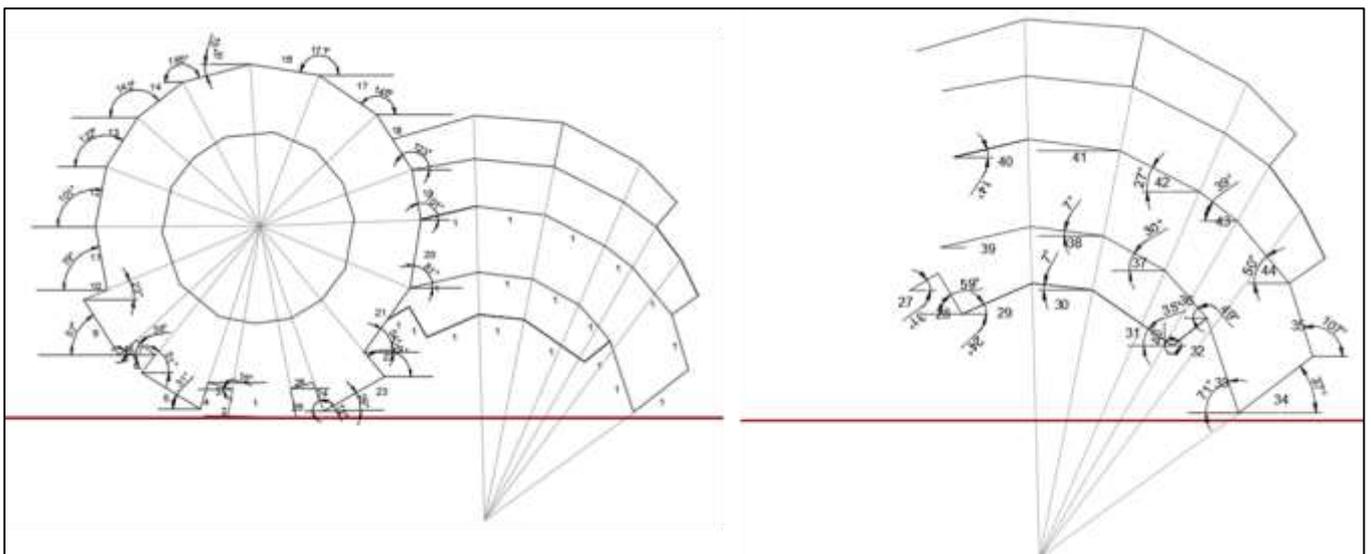


Fig4. 22 azimuts des segments source : (auteur 2021)

5.3 Le processus de calcul de la production énergétique :

À l'aide de logiciel PVGIS nous avons calculé l'énergie qui peut être produite pour des panneaux selon plusieurs angles d'inclinaison et 2 types des cellules différentes qui sont disponibles (voir fig 4.23)

- Définir la situation du terrain à travers une fenêtre où tu peux indiquer la situation exacte de ton terrain

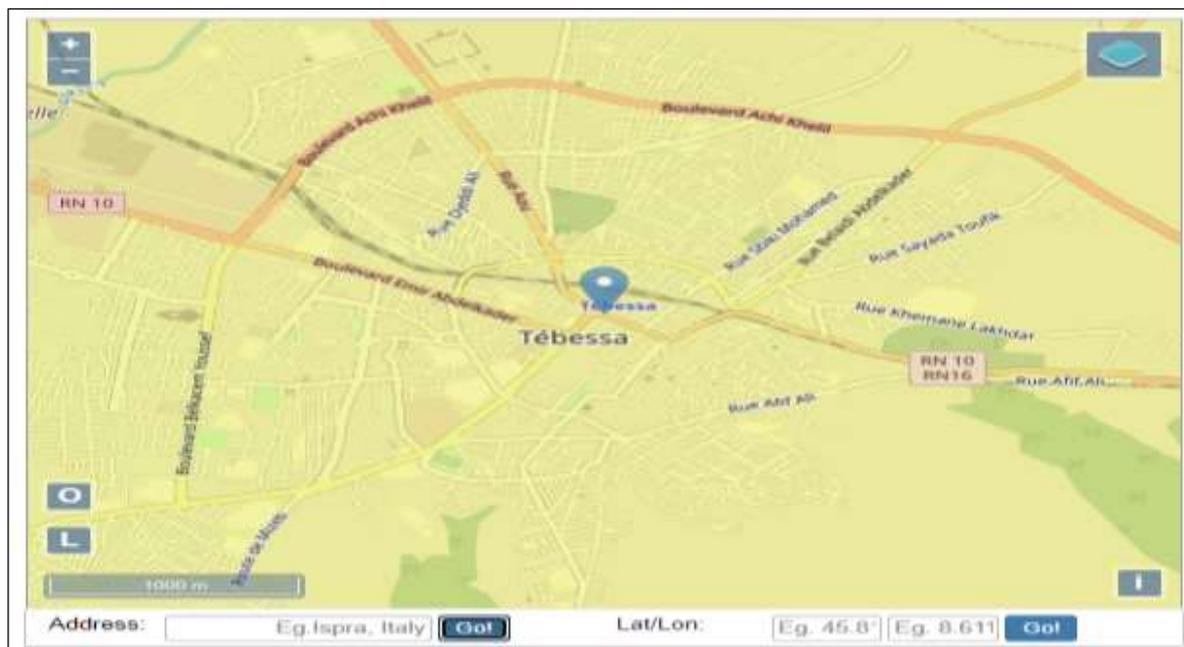


Fig4. 23 situation du projet au logiciel source : (PVGIS 2021)

- Définir le type des cellules soit le CIS ou le cristalline silicium, comme il est mentionné dans la fig.24 suivante :

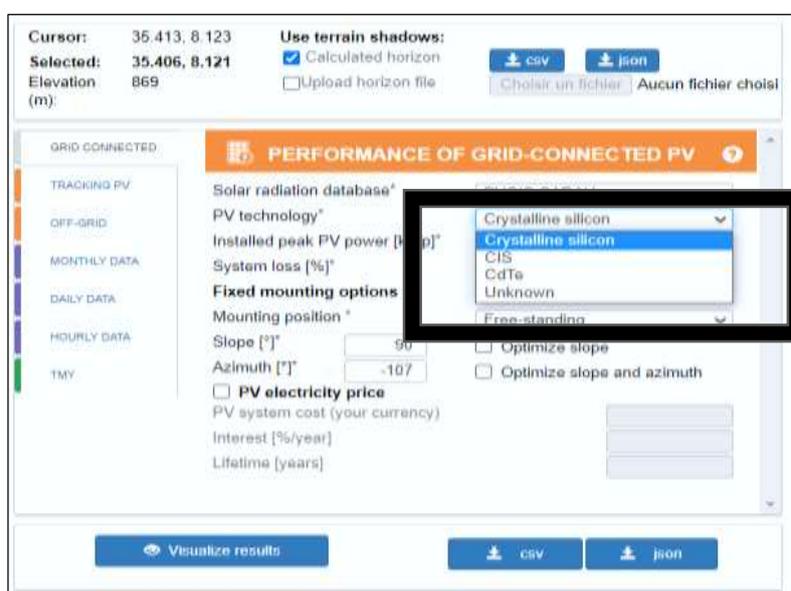


Fig4. 24 choix de type des cellules source : (PVGIS 2021)

- Mentionner l'angle d'inclinaison des murs qui est proposer selon le raisonnement architecturale (90 ; 80 ;70) et l'azimut de chaque segment qui est déjà calculer (voir fig4.25)

The screenshot shows the PVGIS interface for 'PERFORMANCE OF GRID-CONNECTED PV'. On the left, there is a navigation menu with options: GRID CONNECTED, TRACKING PV, OFF-GRID (selected), MONTHLY DATA, DAILY DATA, HOURLY DATA, and TMY. The main panel contains several input fields: 'Solar radiation database*' (PVGIS-SARAH), 'PV technology*' (Crystalline silicon), 'Installed peak PV power [kWp]*' (1), and 'System loss [%]*' (14). Under 'Fixed mounting options', 'Slope [°]*' is set to 70 and 'Azimuth [°]*' is set to 0. There are also checkboxes for 'Optimize slope' and 'Optimize slope and azimuth', both of which are unchecked. At the bottom, there are input fields for 'PV system cost (your currency)', 'Interest [%/year]', and 'Lifetime [years]'. A black box highlights the 'Slope' and 'Azimuth' fields.

Fig4. 25 l'angle d'inclinaison et l'azimut source : (PVGIS 2021)

- Puis on lit le résultat, l'azimut et l'angle d'orientation comme donnée et résultat de la production par an dans 1000 kwh dans une surface de panneau de 8m² (voir fig4.26)

Provided inputs:	
Location [Lat/Lon]:	35.406, 8.121
Horizon:	Calculated
Database used:	PVGIS-SARAH
PV technology:	Crystalline silicon
PV installed [kWp]:	1
System loss [%]:	14
Simulation outputs:	
Slope angle [°]:	70
Azimuth angle [°]:	0
Yearly PV energy production [kWh]:	1297.67
Yearly in-plane irradiation [kWh/m ²]:	1669.73
Year-to-year variability [kWh]:	41.96
Changes in output due to:	
Angle of incidence [%]:	-3.62
Spectral effects [%]:	0.66
Temperature and low irradiance [%]:	-6.85
Total loss [%]:	-22.28

Fig4. 26 résultat par an source : (PVGIS 2021)

- Résultat par mois mentionne la quantité de production énergétique de chaque mois ; tandis que le mois d'octobre dans ce cas (exemple) d'azimut et angle d'orientation donne la meilleure des résultats : (voir fig 4.27)

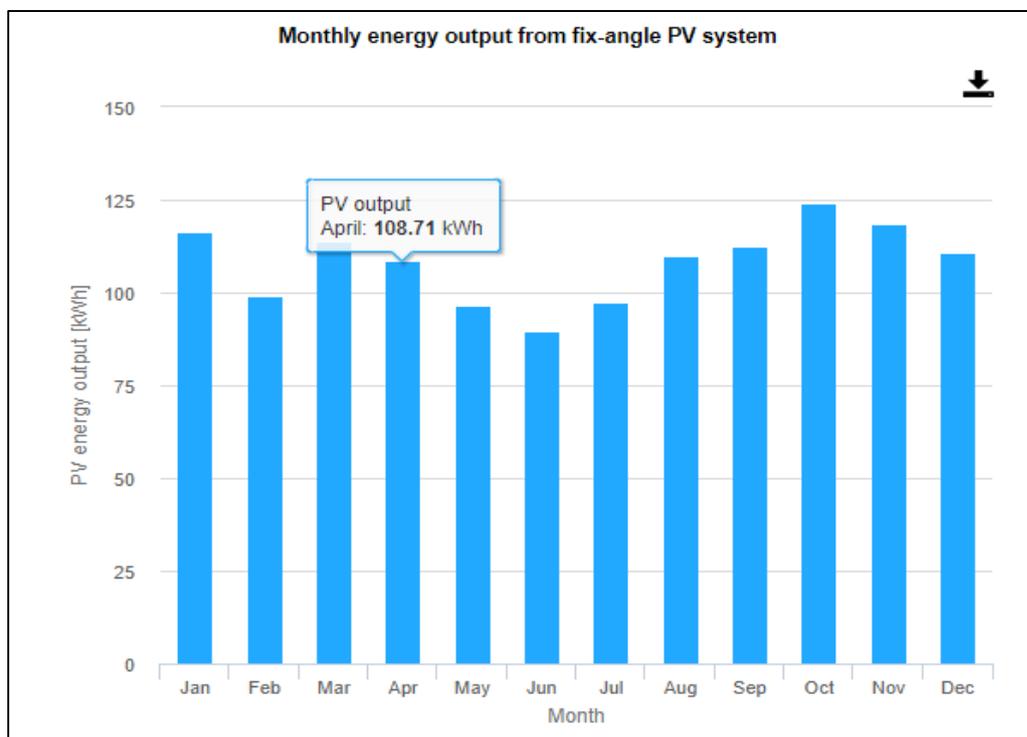


Fig4. 27 résultat par mois source : (PVGIS 2021)

5.4 Tableau de proposition : définir le tableau de proposition et production selon l'azimut de chaque segment et trois différents angles d'inclinaison puis définir le pourcentage d'ouverture indiqué dans le projet au cas des murs (voir Tab4.2)

les segment	azimut	type des cell	angle d'inclinaison	ouverture	production e	production e	surface des s	productionE
1	1°	A: CIS	X: angle 70°	100	1283,05	160,38125	449,09	72025,6156
			Y : angle 80°	100	1126,14	140,7675	449,09	63217,2766
			Z: angle 90°	100	940,8	117,6	449,09	52812,984
		B/Crystalline	X: angle 70°	100	1308	163,5	449,09	73426,215
			Y: angle 80°	100	1150,57	143,82125	449,09	64588,6852
			Z: angle 90°	100	964,22	120,5275	449,09	54127,695
1	1°	A: CIS	X: angle 70°	100	1283,05	160,38125	321,75	51602,6672
			Y : angle 80°	100	1126,14	140,7675	321,75	45291,9431
			Z: angle 90°	100	940,8	117,6	321,75	37837,8
		B/Crystalline	X: angle 70°	100	1308	163,5	321,75	52606,125
			Y: angle 80°	100	1150,57	143,82125	321,75	46274,4872
			Z: angle 90°	100	964,22	120,5275	321,75	38779,7231
2	100°	A: CIS	X: angle 70°	0	851,41	106,42625	130,9	13931,1961
			Y: angle 80°	0	745,12	93,14	130,9	12192,026
			Z : angle 90°	0	632,21	79,02625	130,9	10344,5361
		B/Crystalline	X: angle 70°	0	861,11	107,63875	130,9	14089,9124
			Y: angle 80°	0	753,47	94,18375	130,9	12328,6529
			Z : angle 90°	0	639,21	79,90125	130,9	10459,0736
3	15°	A: CIS	X: angle 70°	100	1261,95	157,74375	264,42	41710,6024
			Y : angle 80°	100	1109,17	138,64625	264,42	36660,8414
			Z: angle 90°	100	928,24	116,03	264,42	30680,6526
		B/Crystalline	X: angle 70°	100	1285,41	160,67625	264,42	42486,014
			Y: angle 80°	100	1131,96	141,495	264,42	37414,1079
			Z: angle 90°	100	949,93	118,74125	264,42	31397,5613
4	-15	A: CIS	X: angle 70°	0	1291,69	161,46125	182,87	29526,4188
			Y: angle 80°	0	1138,54	142,3175	182,87	26025,6012
			Z : angle 90°	0	955,9	119,4875	182,87	21850,6791
		B/Crystalline	X: angle 70°	0	1317,18	164,6475	182,87	30109,0883
			Y: angle 80°	0	1163,51	145,43875	182,87	26596,3842
			Z : angle 90°	0	979,85	122,48125	182,87	22398,1462

Tab4.2 Production énergétique source : (auteur 2021)

- Le calcul de la production énergétique au niveau de la dalle selon des différent angles 32° le meilleure dans la zone de Tébéssa et 0 on le prend comme une référence puis l'azimut qui est par défaut (voir Tab4.3)

AZIMUT	ANGLE	TYPE DE CELLULE	PRODUCTION ENERGETIQUE
-8	32	B/Cristalline silicone	2858799
0	32	B/Cristalline silicone	2855554
-8	32	A/CIS	2813042
0	32	A/CIS	2810160
-8	0	B/Cristalline silicone	2521441
0	0	B/Cristalline silicone	2521169
0	0	A/CIS	2487558
-8	0	A/CIS	2487340

Tab4.3 Production énergétique des dalles source : (auteur 2021)

- le calcul de la production énergétique au niveau de l'atrium (l'intégration au niveau de verre) (voir Tab4.4)

AZIMUT	ANGLE	TYPE DE CELLULE	PRODUCTION ENRGETIQUE
-8	0	A/CIS	747076
-8	0	B/Cristalline silicone	757247

Tab4.4 Production énergétique atrium source : (auteur 2021)

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons fixé les paramètres et les variables et on a proposé plusieurs scénarios afin d'arriver à la meilleure solution à travers le calcul de la production énergétique de chaque proposition.

Afin de clôturé cette partie, l'interprétation des résultats obtenus en graphes et en tableaux à l'aide du logiciel EXCEL se déroule dans le chapitre suivant, et ça vas nous aider dévaluer la production énergétique aux niveaux d'enveloppe architecturale étudier (façade : dalle ; atrium) .

Chapitre V:
Application et
résultat de la
simulation

Introduction :

L'objectif de ce chapitre est analyser, comparer et interpréter les données et les résultats de la production énergétique obtenues à travers une simulation numérique du cas d'études ; En effectuant l'expérience à travers les étapes susmentionnées dans le chapitre 04 pour arriver à déterminer la capacité de production énergétique de chaque type de cellules par rapport à l'angle d'inclinaison pour l'ensemble de l'enveloppe extérieure du projet, et finalement définir le meilleur type de cellules photovoltaïque avec l'angle le plus adéquat qui peuvent donner le tût de rentabilité énergétique le plus élevés lorsqu'on les appliquent à la conception architecturale du projet.

1. Analyse du rendement énergétique au niveau des façades

Cette étape consiste à évaluer la production énergétique annuelle des cellules différentes en termes de la variation du type et l'angle d'inclinaison, et après avoir introduire les résultats de la simulation sur le programme PVGIS, nous avons obtenu ce tableau qui représente la quantité d'énergie produite durant une année selon des paramètres différents. (Voir tab5.1)

	<i>façade 100% PV</i>	<i>Proposition Architecturale</i>			<i>Différence</i>
	production PV kwh 100%	production du mur kwh	production de la fenêtre kwh	production totale kwh	Différence kWh
<i>90A</i>	2101631	945390	574652	1520042	581589
<i>90B</i>	2143171	965129	585487	1550616	592555
<i>80A</i>	2482932	1086002	694274	1780276	702656
<i>80B</i>	2505058	1106707	694980	1801687	703370
<i>70A</i>	2798044	1241297	773703	2015000	783044
<i>70B</i>	2861160	1257518	797010	2054528	806632

Tab5.1 production énergétique au diffèrent cas source : auteur 2021

Tandis que :

90A : angle d'inclinaison des murs : 90° ; Type de cellule : CIS.

90B : angle d'inclinaison des murs : 90° ; Type de cellules : cristalline silicone.

80A : angle d'inclinaison des murs : 80° ; Type de cellule : CIS.

80B : angle d'inclinaison des murs : 80° ; Type de cellules : cristalline silicone.

70A : angle d'inclinaison des murs : 70° ; Type de cellule : CIS.

70B : angle d'inclinaison des murs : 70° ; Type de cellules : cristalline silicone.

Le tableau représente la quantité de changement d'énergie selon des différents scénarios :

La production énergétique du cas de l'étude en prenant des façades à 100% photovoltaïque avec un changement en termes d'angles d'inclinaison des murs et type de cellules.

La production énergétique du cas de l'études en prenant en compte la conception architecturale et en calculant la production totale composé de la production des fenêtres et des murs, et finalement en vérifiant la différence entre la production totale des façades 100% PV et les façades de la composition architecturale pour chaque scénario.

✓ **la différence entre la production énergétique pour chaque scénario pour les deux cas :**

Pour le cas des façade 100% PV, le rendement maximal est celui du 5^{ème} scénario, avec une production énergétique de 2861160 KWh, et pour le cas de la proposition architecturale le rendement maximal est aussi celui du 5^{ème} scénario avec une production énergétique de 2054528 KWh, la production énergétique augmente lorsque on réduit l'angle d'inclinaison, et elle celle du type B et toujours supérieure à celle du type A, ou la différence entre les deux cas pour la production maximal du 5^{ème} scénario est de 806632 KWh qui correspond à une perte de 28%, la perte est toujours constante de 28 % pour tous les scénarios (voir tab 5.2 et graph 5.1)

	<i>façade 100% PV</i>	<i>Proposition Architecturale</i>	<i>Différence</i>	<i>Perte en %</i>
<i>90A</i>	2101631	1520042	-581589	28
<i>90B</i>	2143171	1550616	-592555	28
<i>80A</i>	2482932	1780276	-702656	28
<i>80B</i>	2505058	1801687	-703370	28
<i>70A</i>	2798044	2015000	-783044	28
<i>70B</i>	2861160	2054528	-806632	28

Tab 5.2 comparaison entre la production énergétique pour chaque scénario pour les deux cas

Source : (auteur 2021)

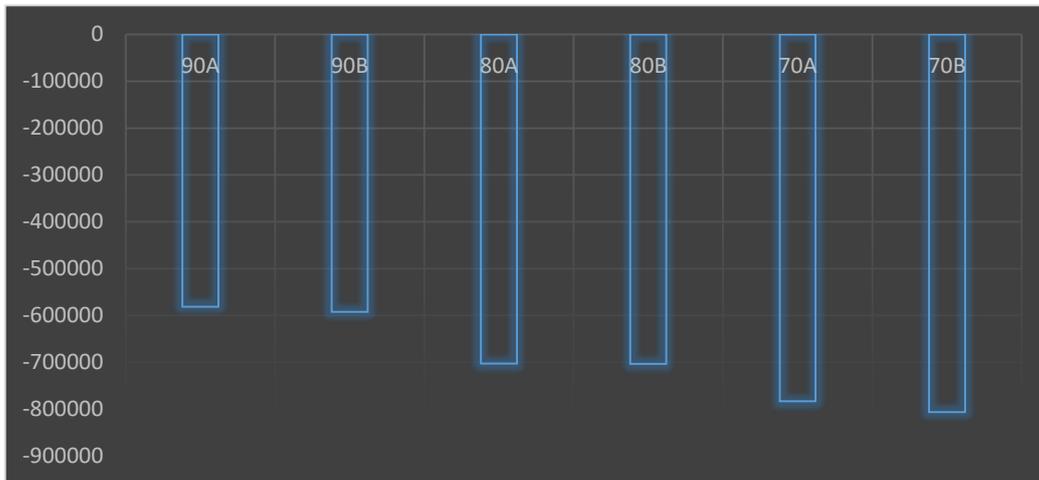
la perte est toujours constante de 28 % pour tous les scénarios par rapport au état initial (façade 100% PV) donc on reste toujours favoris le 70B car il a la meilleure quantité de la production énergétique.

Si on compare entre la meilleure production et la meilleure proposition on trouve :

Tandis que ya pas une grande différence entre 90B qui est estimé avec 592555 Kwh par rapport à la production énergétique des façades 100% photovoltaïque et de la proposition

architecturale ; par contre entre 70B des façades 100% pv et la proposition architecturale on trouve une quantité de la production énergétique 806632 kwh .

La différence exacte entre 70B et 90b est estimée avec 534 486 kwh :

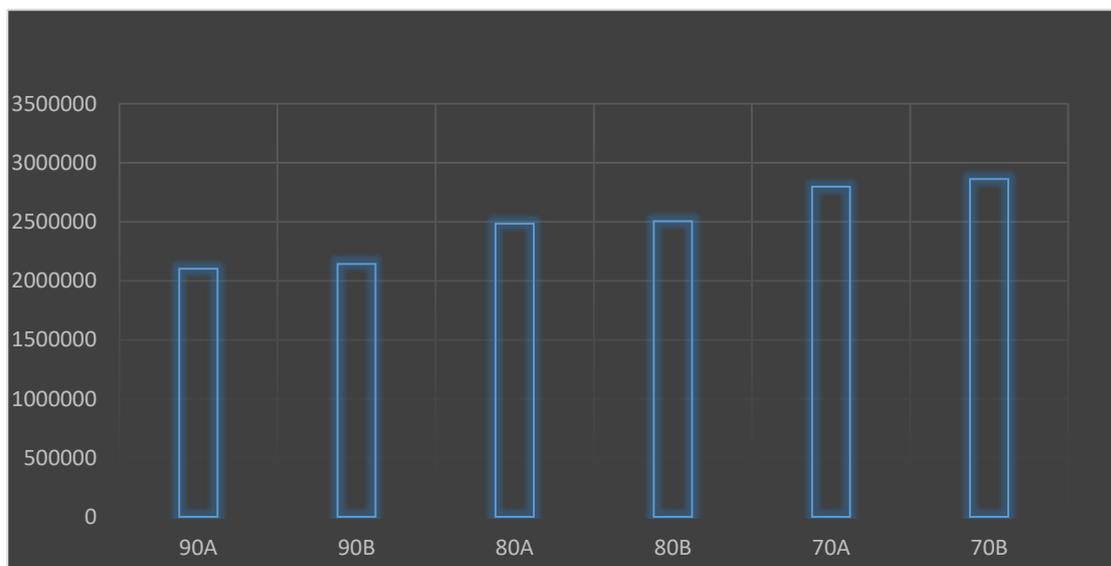


Graph 5.1 comparaison entre la production énergétique pour chaque scénario. Source : (auteur 2021)

1.1 Cas des façades 100% photovoltaïque :

La production énergétique selon les types des cellules proposée (Type A : CIS et Type B : cristalline silicium) et la variation de l'angle d'inclinaison des murs :

Pour le type A la production énergétique est comprise entre 2101631 KWh et 2798044 KWh. Par contre pour le type B sous les mêmes conditions la production énergétique obtenue est comprise entre 2143170 KWh et 2861160 KWh (voir graph5.2) on trouve que le type B est plus rentable en termes de production énergétique avec une production totale de 2798043 KWh pour un angle d'inclinaison des murs des parois extérieures égale à 70°.



Graph 5.2 la production énergétique au cas d'une façade 100% photovoltaïque Source : (auteur 2021)

➤ On peut divisé ce graphe en 3 catégories chaque une mentionne une certaine quantité de la production énergétique par rapport à un angle et un type de cellule

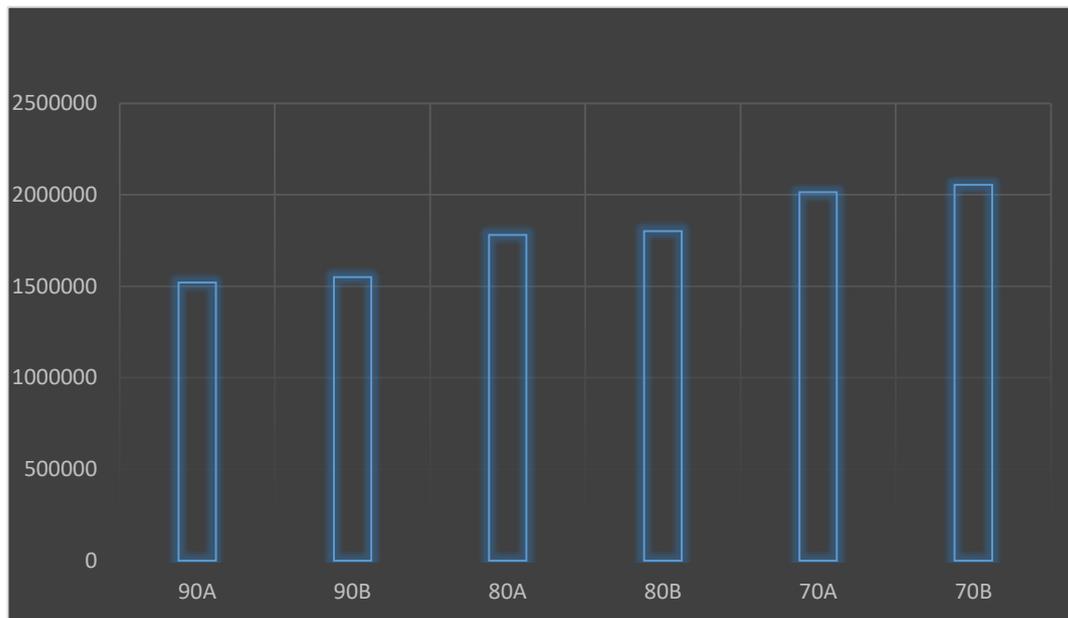
Catégorie 1 : qui représente (90A ; 90B) : le même angle d'inclinaison mais une différente type de cellules donne une différence dans la production. Mais ils sont presque pareils.

Catégorie 2 : qui représente (80A ; 80B) : le même angle d'inclinaison 80° et deux types de cellules qui ont la cause de la différence énergétique. .

Catégorie 3 : qui représente (70A ; 70B) : c'est la production qui donne la meilleure résultat pour la production énergétique à cause de l'angle d'inclinaison et le type B des cellules .

1.2 La proposition architecturale :

Pour le type A la production énergétique est comprise entre 1520042 KWh et 2015000 KWh Par contre pour le type B sous les mêmes conditions la production énergétique obtenue est comprise entre 1550616 KWh et 2054528 KWh (voir graph 5.3) On trouve que le type B est plus rentable en termes de production énergétique avec une production totale de 2054528 KWh pour un angle d'inclinaison des murs des parois extérieures égale à 70°.



Graph 5.3 la proposition architecturale, source : (auteur 2021)

1.3 comparaison architecturale :

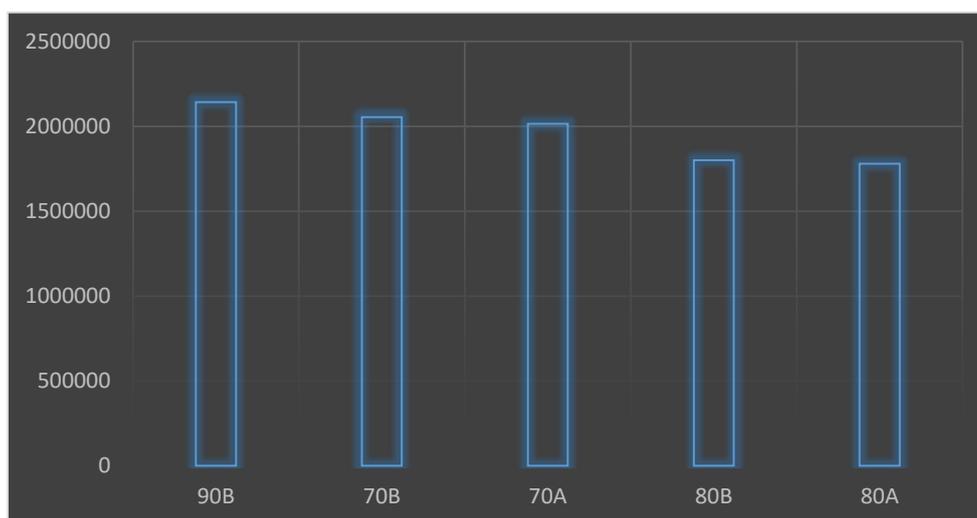
La comparaison en termes de perte est exprimée en pourcentage sur le tab 5.2 et elle est faite par rapport à la production énergétique d'un mur type B avec l'angle d'inclinaison égale à 90%, la perte maximale correspond à celle du 5^{ème} scénario (Type A avec un angle

d'inclinaison égale à 80°) par contre la perte minimale correspond à celle du 2^{ème} scénario (Type B avec un angle d'inclinaison égale à 70°) (voir graph 5.3.)

	<i>production énergétique</i>	<i>% de perte</i>
90B	2143171	0,0
70B	2054528	4,1
70A	2015000	6,0
80B	1801687	15,9
80A	1780276	16,9

Tab 5.3 : Pertes énergétique par rapport à les scénarios 100% pv source : 2021.

Le graphe mentionne la production énergétique des scenarios par rapport au référence 90B qui est la meilleure soit disant là où on trouve que ya pas une grande différence entre l'Etat d'un référence et de la proposition architecturale (voir graph5.4)



Graph 5.4 comparaison architecturale exprimé en KWh. Source : (auteur 2021)

1.4 Les pertes résultant des panneaux utilisé dans les façades :

A cause d'un traitement de façade et l'ajout des panneaux on a perdu une très petite quantité de la production énergétique voit tab (5.4)

	<i>production énergétique produite dans la façade kwh</i>	<i>surface %</i>	<i>les pertes kwh</i>	<i>production net kwh</i>
90A	1520042	4%	60801	1459240
90B	1550616	4%	62024	1488591
80A	1780276	4%	71211	1709065
80B	1801687	4%	72067	1729620
70A	2015000	4%	80600	1934400
70B	2054528	4%	82181	1972347

Tab 5.4 : Pertes énergétique pour les panneaux décoratif .source : auteur 2021

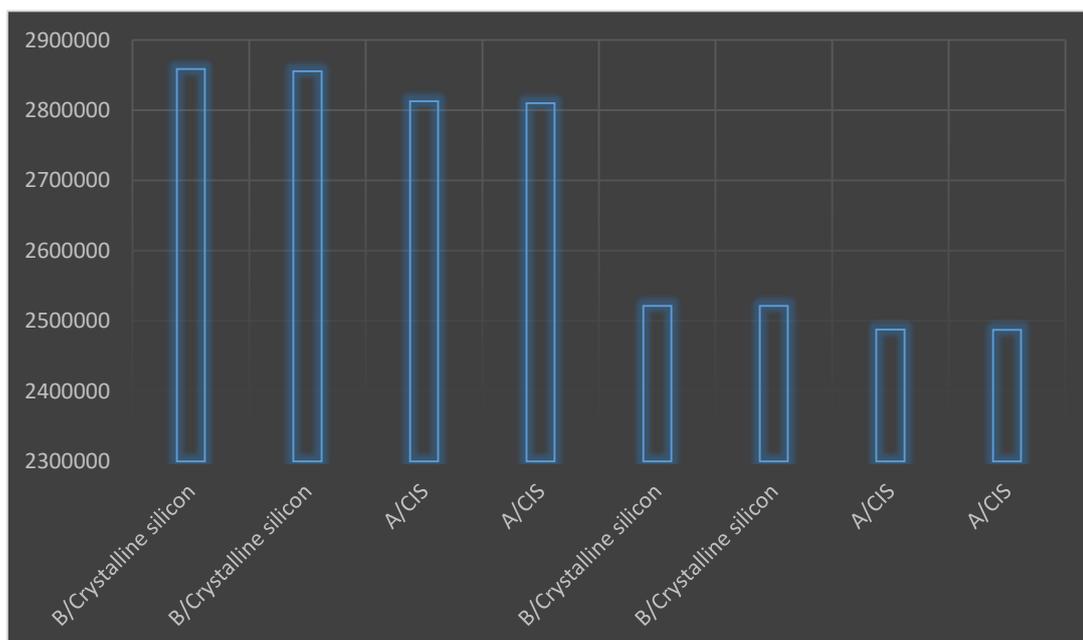
2. Analyse du rendement énergétique au niveau de la dalle :

Pour ce cas, il y a 8 scénarios avec des paramètres différents pour les deux types de cellules A et B, avec le changement d'angle d'inclinaison de la dalle entre 32° et 0° et le changement de l'azimut entre 0 et -8, les résultats obtenus sont représentés sur le tab 5.5.

Azimut	angle	type de cellule	production énergétique
-8	32	B/Cristalline silicone	2858799
0	32	B/cristalline silicone	2855554
-8	32	A/CIS	2813042
0	32	A/CIS	2810160
-8	0	B/cristalline silicone	2521441
0	0	B/Cristalline silicone	2521169
0	0	A/CIS	2487558
-8	0	A/CIS	2487340

Tab 5.5 : scénarios de la production énergétique de la dalle selon des différents paramètres : (auteur 2021)

La production énergétique pour les 4 premiers scénarios et pour les deux types de cellules avec un angle de 32° a donné des résultats proches est presque égales, par contre pour les 4 derniers scénarios avec les mêmes conditions en termes de type de cellules et la variation de l'azimut entre -8 et 0 avec un angle de 0° à donner des résultats proches pour les scénarios 5 et 6 et les scénarios 7 et 8 ont donné des résultats presque proches mais inférieur à celle des scénarios 5 et 6. (voir tab 5.5).



Graph 5.5 Production énergétique de la dalle selon des différents paramètres : (auteur 2021)

D'après les résultats de la simulation, la configuration la plus rentable est celle des cellules type B avec un azimut -8 et un angle d'inclinaison 0°.

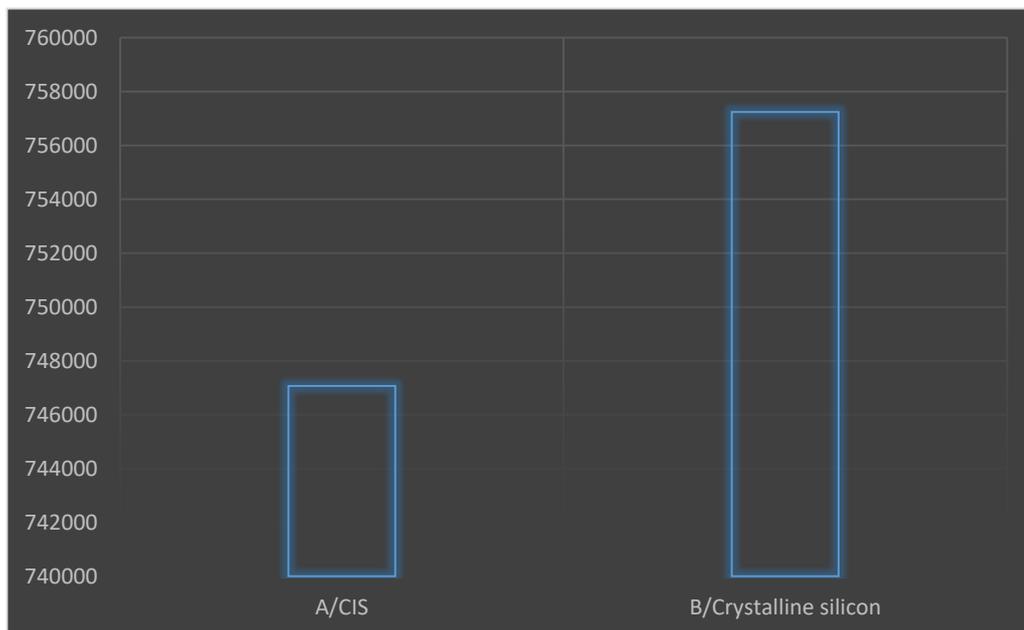
3. Analyse du rendement énergétique au niveau de l'atrium :

Pour le cas de l'atrium et à cause de sa disposition, deux scénarios sont analysés, avec la variation de type de cellules, en préservant les mêmes valeurs d'azimut et d'angle d'inclinaison, les résultats sont représentés sur tab 5.6

AZIMUT	ANGLE	TYPE DE CELLULE	PRODUCTION ENERGETIQUE
-8	0	A/CIS	747076
-8	0	B/cristalline silicone	757247

Tab 5.6 : scénarios de la production énergétique de l'atrium selon des différents paramètres
source : (auteur 2021).

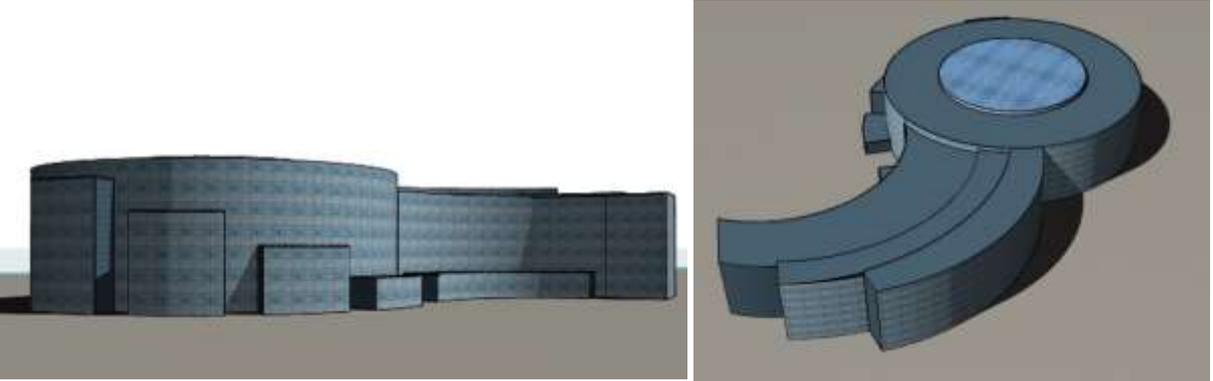
Le rendement en termes de production énergétique pour les deux scénarios offre des résultats proches mais celui du deuxième scénario avec le type de cellules type B, avec un angle 0 et un azimut -8 offre les valeurs les plus élevés, la production maximale est de 757247 KWh. Voir (graph5.6)



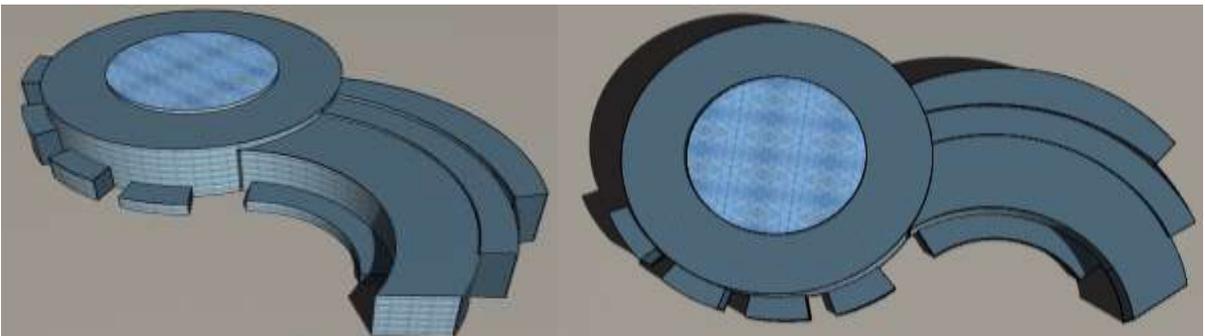
graph 5.6 : production énergétique de l'atrium pour 2 scénarios source : (auteur 2021).

4. Résultat et proposition :

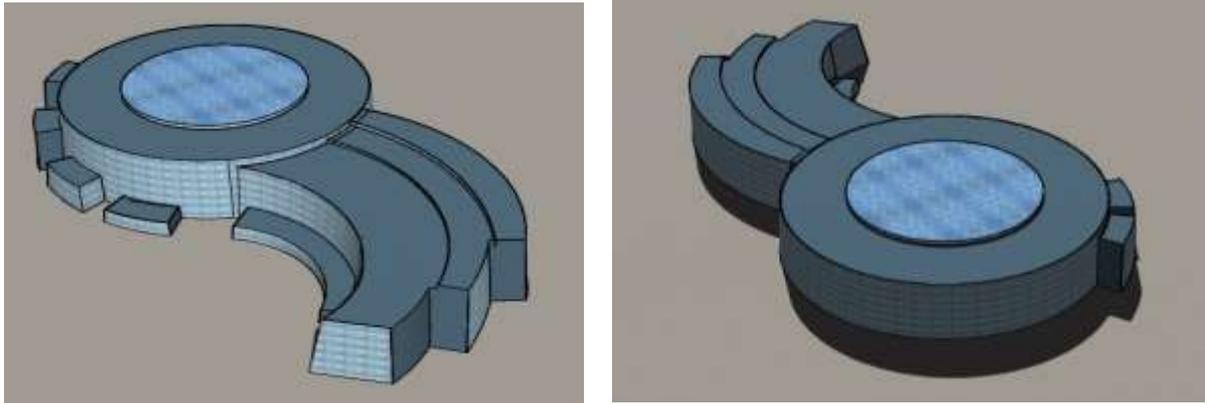
D'après la discussion et l'analyse des graphes le résumé des résultats et proposition est représenté dans le tableau suivant : (les différents senario 90A/B ; 80A/B ; 70A/B)

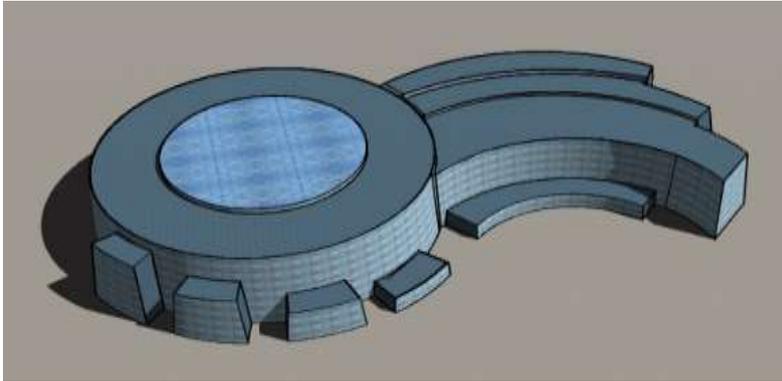
Scenario A90	Angle 90° / CIS	Description :
Production énergétique	1520042 kWh	Dans cette catégorie les murs des façades ont un angle de 90° avec la proposition du production énergétique tel que type A (CIS) et une dalle plane avec un angle d'inclinaison 0 et un atrium non intégrer avec les cellules on estime une production de : 1520042 kWh
		

Tab 5.7 : scénario CIS angle 90° source : (auteur 2021)

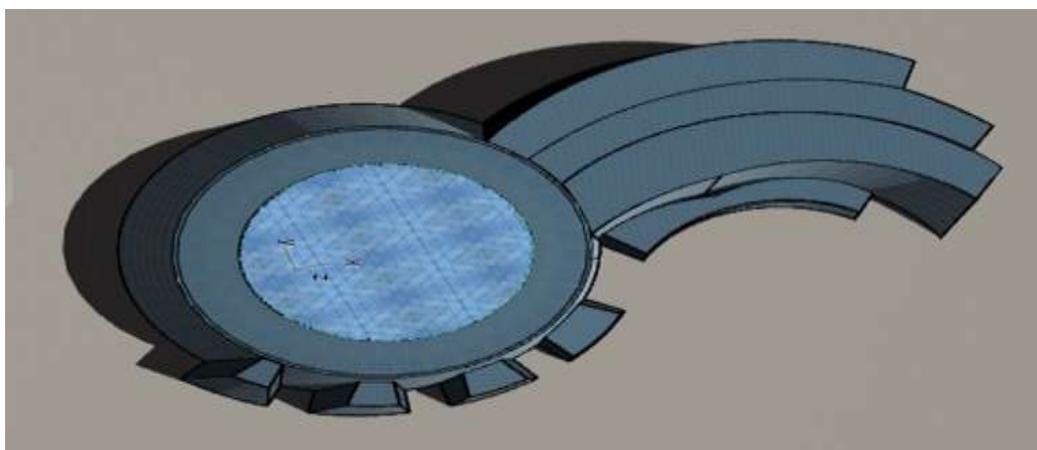
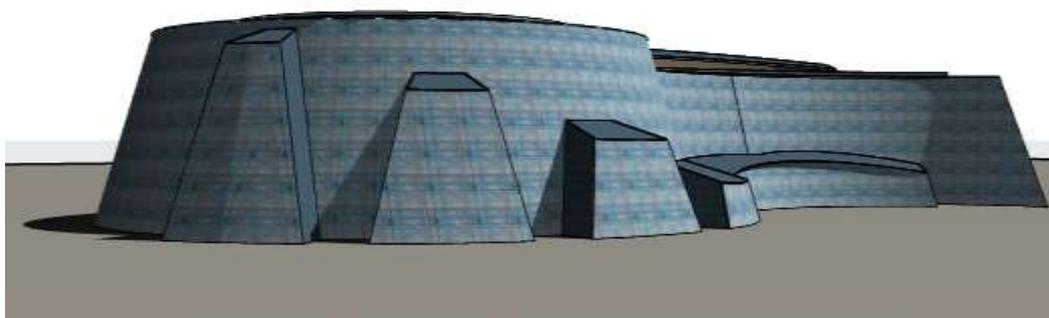
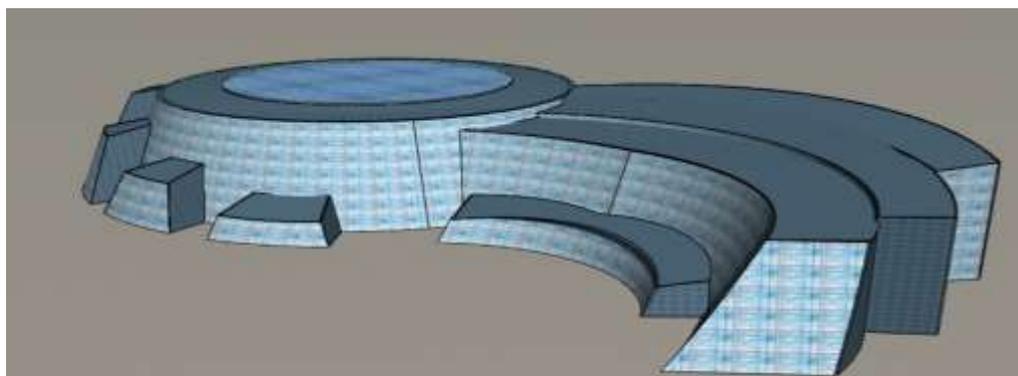
Scenario B90	Angle 90°/ cristalline silicone	Description :
Production énergétique	1550616 kWh	Dans cette catégorie les murs des façades ont un angle de 90° avec la proposition du production énergétique tel que type B (cristalline silicone) et une dalle plane avec un angle d'inclinaison 0 et un atrium non intégrer avec les cellules on estime une production de : 1550616 kWh
		

Tab 5.8 : scénario cristalline silicone angle 90° source : (auteur 2021)

Scenario A80	Angle 80° / CIS	Description :
Production énergétique	5 092 505 kWh	Dans cette catégorie les murs des façades ont un angle de 80° avec la proposition du production énergétique tel que type B (cristalline silicone) et une dalle plane avec un angle d'inclinaison 0 et un atrium non intégrer avec les cellules on estime une production de : 5 092 505 kWh
		
<p>Tab 5.9 : scénario CIS angle 80° source : auteur 2021</p>		

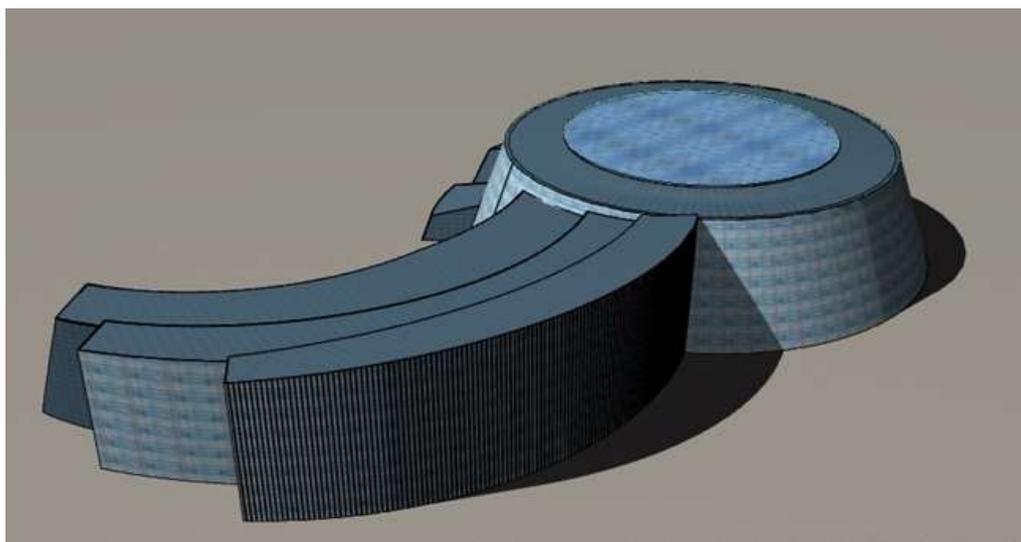
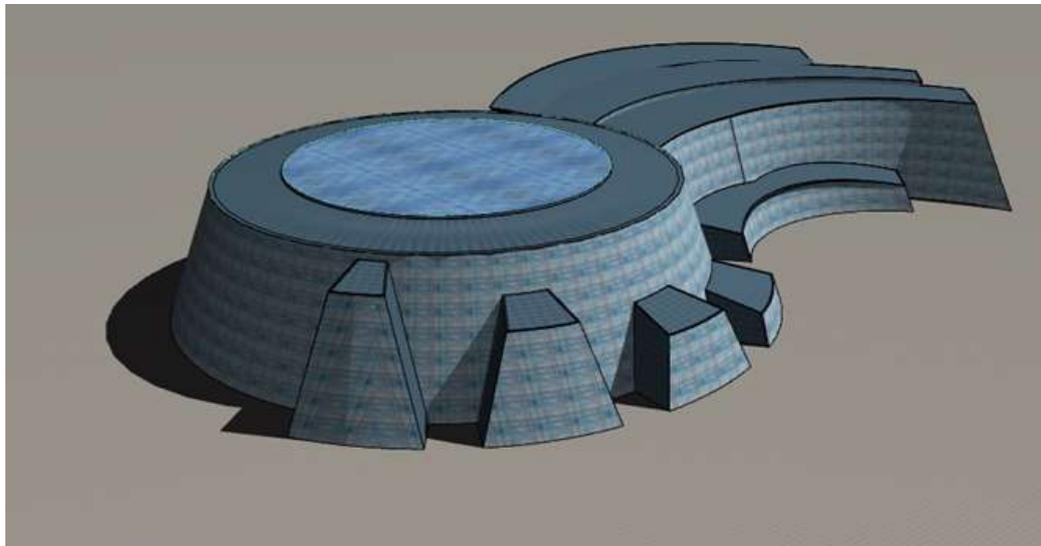
Scenario B80	Angle 80° / cristalline silicone	Description :
Production énergétique	5 161 805 kWh	Dans cette catégorie les murs des façades ont un angle de 80° avec la proposition du production énergétique tel que type B (cristalline silicone) et et un atrium intégrer avec les cellules on estime une production de : 5 161 805 kWh
		
<p>Tab 5.10 : scénario cristalline silicone angle 80° source : (auteur 2021)</p>		

Scenario A70	Angle 70° / CIS	Description :
Production énergétique	5 575 118 kWh	Dans cette catégorie les murs des façades ont un angle de 70° avec la proposition de la production énergétique tel que type A (CIS) on estime une production de : 2015000kwh avec l'ajout de la dalle incliné type A 2813042 kWh et l'atrium type A 747076 le taux est 5 575 118 kWh



Tab 5.11 : scénario CIS angle 70° source : (auteur 2021)

Scenario B70	Angle 70° / cristalline silicone	Description :
Production énergétique	5 670 574 kWh	Dans cette catégorie les murs des façades ont un angle de 70° avec la proposition de la production énergétique tel que type B (cristalline silicone) on estime une production de : 2054528 kWh avec l'ajout de la dalle inclinée type B 2858799 kWh et l'atrium type B 757247 le taux est 5 670 574 kWh



Tab 5.12 : scénario cristalline silicone angle 70° source : (auteur 2021)

Conclusion :

D'après la comparaison entre la production énergétique des façades 100% photovoltaïque et la proposition architecturale et l'analyse des résultats de la simulation, on a trouvé que le type de cellule cristalline silicium avec l'angle de 70° et l'angle 32° pour la dalle peut produire plus d'énergie que l'autre proposition. Ainsi qu'il garde l'aspect architectural au niveau de l'enveloppe extérieure, mieux que les panneaux PV qui casse et détruit le côté esthétique.

Conclusion de la partie pratique :

A partir de la comparaison de la production d'énergie du mur extérieur 100% photovoltaïque avec le plan du bâtiment et de l'analyse des résultats de la simulation, on peut constater que le type de cellule de silicium silicone avec des angles de 70 ° dans les façades et 32 ° dans la dalle et l'intégration des cellules dans le verre de l'atrium peut générer plus d'énergie que d'autres propositions. Par conséquent, il peut maintenir l'aspect du bâtiment au niveau de l'enveloppe extérieure au lieu du panneau photovoltaïque, ce qui détruit et détruit l'aspect esthétique.

Conclusion générale

Conclusion générale :

La production énergétique fait un enjeu majeur dans les constructions à haute consommation énergétique tels que les centres commerciaux ; là où la présence des sources alternative d'énergie doit être compatible en termes d'homogénéité et d'intégration formel avec l'enveloppe architecturale qui déformait lors de l'application des panneaux photovoltaïque classique aux niveaux des façades ; toiture etc...

Les panneaux photovoltaïques classiques pose deux problèmes : le déséquilibre formel et la perturbation de l'aspect formel et esthétique du bâtiment, et la problématique du rendement énergétique et la satisfaction des besoins du bâtiment en termes d'énergie électriques, la technique alternative des cellules photovoltaïque fait une mise à jour contemporaine et offre la possibilité de résoudre les problèmes déjà mentionnés à cause de ses spécificités techniques et caractéristiques physiques.

L'expérimentation virtuelle participe directement à la vérification des hypothèses de la recherches et à tester la faisabilité de plusieurs disposition et choix techniques. Le projet cas d'études est implanté sur un terrain bien déterminer, accessible sans aucune contrainte, le projet conçu selon des normes et des directifs suivant tirer directement des études comparatives et d'analyses des exemples : le système de circulation composé , utilisation des atrium, la transparence comme outil d'attractivité, et organisation des espaces selon les étages et la vocations tout en respectant les règles des éco-conception tels que l'orientation la composition volumétrique et des paramètres architecturales spécifique pour tirer profit des apports solaires afin de pouvoir passer à l'étape de la simulation numérique qui consiste à calculer de la production énergétique selon des différents scenarios (différents type des cellules et différent angle d'inclinaison) à travers le logiciel PVGIS.

En exécutant plusieurs scénarios qui se varient en termes de la nature des cellules photovoltaïques et l'inclinaison des murs et plancher et à travers une études comparative entre plusieurs scénarios de production énergétique ; l'angle d'inclinaison le plus adéquat des planchers est égale à 32°, celui des murs est égales à 70° et le type des cellules photovoltaïques le plus rentable est le « cristalline silicone » le résultat de la production énergétique obtenu est de 5670574 KWh et ces paramètres sont retenus pour les appliquées dans la conception du projet finale.

L'intégration des cellules photovoltaïques dans un bâtiment assure la production énergétique verte qui rentre dans les aspirations du développement durable et préserve l'aspect architecturale et stylistique du projet avec intégration sourde et homogène, cette technique fait une solution exceptionnelle pour la production et l'exploitation énergétique, là où on peut dire qu'on a arrivé à confirmer l'hypothèse .

La solution des cellules photovoltaïques comme un outil de production énergétique durable, rentable et fonctionnelle au niveau architectural et sur le plan stylistique des édifices qui préserve les aspects formels n'influe pas sur l'architecture des bâtiments.

Perspective :

Ce travail de recherche ne peut pas être fini là . En effet, les perspectives de ce travail sont nombreuses, qu'on va se limiter au niveau de celles qui ont un impact direct avec notre projet ; l'intégration est un domaine très vaste y'a pas seulement une perspective mais y'a plusieurs car on peut intégrer les cellules dans tous l'enveloppe architecturale sans exception plus les mode additif comme les store photovoltaïques les garde-corps extérieures, les brises de soleil... dans les espace vert au niveau de plan de masse même si dans l'aménagement extérieure et ça développe.

Liste des :
Figures/tableaux/graphes

Liste des figures :

Titre	Page
Fig1.1 Bâtiment zéro énergie	07
Fig1.2 Bâtiment à énergie positive	07
Fig1.3 Bâtiment passif	08
Fig1.4 Principe de la biomasse	10
Fig1.5 une centrale électrique miniature	10
Figure1.6 Géothermie	11
Fig1.7 fonctionnement d'une centrale gravitaire	11
Fig1.8 Panneau solaire	12
Fig1.9 panneaux photovoltaïques	12
Fig1.10 Fonctionnement d'un panneau solaire	13
Fig1.11 Cellule photovoltaïque	14
Fig1.12 Les composants d'un champ pv	15
Fig1.13 Les couches d'une cellule photovoltaïque	15
Fig1.14 Constitution d'une cellule photovoltaïque	16
Fig1.15 Cellule photovoltaïque multifonction	16
Fig1.16 cellule photovoltaïque monocristalline	17
Fig1.17 cellule photovoltaïque poly cristalline	17
Fig1.18 type cuivre - indium - sélénium (CIS)	18
Fig1.19 Les cellules photovoltaïque CZTS	18
fig2.1 développement historique du commerce	21
fig2.2 Les activités du centre commercial	23
fig2.3 Les grands espaces de centre commercial	23
Fig2. 4 organisations centrales	24
Fig2.5 organisation linière	24
Fig2.6 organisation composé	25
Fig2.7 organisation en boucle	25
Fig2.8 vente ouverte / fermè	25
Fig2.9 vente spécialisé	26
Fig2.10 type de stockage	26
Fig2.11 circulation verticale	26
Fig2.12 circulation verticale	27
Fig2.13 centre commercial quartz	27
Fig2.14 organisation de centre commercial quartz	27
Fig2.15 les entrées de centre commercial quartz	28
fig2.16 park mall	28
Fig2.17 organisation de park mall	29
Fig2.18 beb e zouar	29
Fig2.19 hiérarchisation des fonctions beb e zouar	30
Fig2. 20 la combe	30
Fig2. 21 la combe (façade)	30
Fig2.22 organisation du la combe	31
Fig3.1 les places d'intégration des cellules	32
Tab3.1 Des réalisations des cellules intégrer	33
Fig3.2 siège social de juwi	34
Fig3.3 bardage solaire	34
Fig3.4 solar fin qolt France (panneau)	35

	page
Fig3.5 Umweltarena Spreitenbach (toiture orienté)	35
Fig3.6 mur rideau	35
Fig3.7 verre translucide	36
Fig3.8 Semi-transparent a-Si façade	36
Fig3.9 : A semi-transparent and an opaque	36
Fig3.10 : Brattørkaia patio	36
Fig3.11 stores photovoltaïques	37
Fig3.12 garde-corps avec des cellules photovoltaïque	38
Fig3.13 angle d'incidence	38
Fig3.14 Inclinaison de 90° par rapport aux rayons du soleil	39
Fig3.15 orientation des panneaux	40
Fig3.16 azimut	40
Fig3.17 effet de l'ombre sur un module solaire	42
Fig 4.1 a : situation géographique de la willaya de Tébessa	49
Fig 4.1 b structurations administrative de la wilaya de Tébessa	49
Fig 4.2 Températures et précipitations moyennes	50
Fig4.3 le nombre mensuel de jours des différents climats	51
Fig4.4 la température maximale	51
Fig4. 5 Quantité de précipitations	52
Fig4. 6 vitesses du vent	52
Fig4. 7 la rose du vent	53
Fig4. 8 situations géographiques du terrain	54
Fig4. 9 environnements immédiats du terrain	54
Fig4. 10 accessibilités du terrain	55
Fig4. 11 morphologies du terrain	55
Fig4. 12 a relief du terrain	56
Fig4. 12 b relief du terrain	56
Fig4. 13 la genèse de la forme	59
Fig4. 14 plan de masse	60
Fig4. 15 plan d'ensemble	60
Fig4. 16 plan RDC	61
Fig4. 17 plan R+1	61
Fig4. 18 plan R+2	62
Fig4. 19 plan R+3	62
Fig4. 20 la forme	64
Fig4. 21 la segmentation de la forme	64
Fig4. 22 azimuts des segments	64
Fig4. 23 situations du projet au logiciel	65
Fig4. 24 choix de type des cellules	65
Fig4. 25 l'angle d'inclinaison et l'azimut	66
Fig4. 26 résultats par an	66
Fig4. 27 résultats par mois	67

Liste des tableaux :

Liste des tableaux	Page
Tab1. 1 Le rendement des cellules par surface des modules	07
Tab2. 1 classification des équipements commerciaux	21
Tab 2.2 Classification des centres commerciaux	22
Tab3.1 Des réalisations des cellules intégrer	33
Tab3.2 la production d'énergie selon l'angle d'inclinaison	39
Tab3.3 rendements selon l'azimut d'un panneau solaire	40
Tab3.4 : la production d'énergie selon l'orientation	41
Tab3.5 : rendement de certain type des verres	43
Tab4. 1 programmation du projet	57
Tab4.2 Production énergétique des façades	67
Tab4.3 production énergétique des dalles	68
Tab4.3 production énergétique d'atrium	68
Tab5.1 production énergétique au diffèrent cas	69
Tab 5.2 comparaison entre la production énergétique pour chaque scénario	70
Tab 5.3 : Pertes énergétique pour les scénarios des façades 100% PV	73
Tab 5.4 : Pertes énergétique pour les panneaux décoratif.	73
Tab 5.5 : scénarios de la production énergétique de la dalle	74
Tab 5.6 : scénarios de la production énergétique de l'atrium	75
Tab 5.7 : scénario CIS angle 90°	76
Tab 5.8 : scénario silicium silicone angle 90°	76
Tab 5.9 : scénario CIS angle 80°	77
Tab 5.10 : scénario silicium silicone angle 80°	77
Tab 5.11 : scénario CIS angle 90°	77
Tab 5.12 : scénario silicium silicone angle 90°	79

Liste des graphes :

Liste des graphes	Page
Graph 5.1 comparaison entre la production énergétique pour chaque scénario	71
Graph 5.2 la production énergétique au cas d'une façade 100% photovoltaïque	71
Graph 5.3 la proposition architecturale	72
Graph 5.4 comparaison architecturale exprimé en KWh.	73
Graph 5.5 Production énergétique de la dalle selon des différents paramètres	74
graph 5.6 : production énergétique de l'atrium pour 2 scénarios	75

Reference et bibliographie

1. BIPV: de quoi s'agit-il? revu (2020.). Consulté 10 février 2021, à l'adresse <http://www.ef4.be/fr/bipv/>
2. Bellay, J.-C. d., et al. (2009). Neufert 10^e Edition-Fr.
3. Cellules photovoltaïques. (2018.).
4. Cellules photovoltaïques. (2016). Consulté 16 février 2021, à l'adresse <http://www.ef4.be/fr/pv/composants-dun-systeme/cellules-photovoltaïques.html>
5. C'est quoi l'énergie solaire ? (2012). Consulté 15 janvier 2021, à l'adresse <https://www.lenergioutcompris.fr/actualites-conseils/c-est-quoi-l-energie-solaire-48577>
6. Climat Tébessa. 2021.). meteoblue. Consulté 1 avril 2021, à l'adresse https://www.meteoblue.com/fr/meteo/historyclimate/climatemodelled/t%c3%a9bessa_alg%c3%a9rie_2477461
7. CNCC2020. Dernière consultation 2020
8. Comment sont calculés les rendements d'un panneau photovoltaïque ? (2020). Consulté 28 mars 2021, à l'adresse <https://www.lepanneausolaire.net/comment-sont-calculés-rendements-d-panneau-photovoltaïque.php>
9. Daira Tébessa, Algérie, Tébessa - DB-City : Toutes les infos sur les Pays, Régions, Villes et Villages. 2020). Consulté 1 avril 2021, à l'adresse fr.db-city.com/Alg%C3%A9rie--T%C3%A9bessa--T%C3%A9bessa
10. D.delagnes B.flèche. (2007). Energie solaire photovoltaïque.doc / B. Flèche—D. Delagnes / juin 07. <file:///C:/Users/HP/OneDrive/Bureau/recherche%20anterieure/comparaison.pdf>
11. Dimensionnement PV raccordé réseau. (2021). Consulté 12 février 2021, à l'adresse <http://pv.tecsol.fr/>
12. Dufлот, T. (2019.). Quelles sont les énergies renouvelables et non renouvelables ? Consulté 16 janvier 2021, à l'adresse <https://blog.olawatt.com/guides-dossiers/lenergie-verte/energie-renouvelable-definition-difference-energies-non-renouvelables>
13. Énergie solaire photovoltaïque : Fonctionnement, enjeux et chiffres clés. (2010, juillet 30). <https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/solaire-photovoltaïque>
14. Fronhoffs, J. (2016.). L'installation solaire photovoltaïque de A à Z. 73.
15. Flammarion dernière consultation 2021
16. Futura, M. B. 2020.). Électricité solaire : La cellule photovoltaïque. Futura. Consulté 15 janvier 2021, à l'adresse <https://www.futura-sciences.com/maison/dossiers/maison-electricite-solaire-energie-rayonnante-1225/page/12/>
17. Gaz naturel : Formation, exploitation, histoire, production et consommation. (2010, juillet 29). <https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/gaz-naturel>
18. Ghezal, A. (s. d.). ASPECTS TECHNIQUES DES PROJETS SOLAIRES PV RACCORDÉS AU RÉSEAU. 270.
19. II. Le rendement d'un panneau solaire photovoltaïque. 2019). Consulté 15 janvier 2021, à l'adresse <http://tpe-panneaux-solaires-.e-monsite.com/pages/ii-le-rendement-d-un-panneau-solaire-photovoltaïque.html>

20. Intégration des systèmes solaires photovoltaïques dans le bâtiment : Approche architecturale. (s. d.). Consulté 11 avril 2021, à l'adresse <https://core.ac.uk/download/pdf/35401781.pdf>
21. (Jean-François 2021). (s. d.). (Jean-François 2021).
22. Larousse, É. (2020.). Définitions : Énergie - Dictionnaire de français Larousse. Consulté 16 janvier 2021, à l'adresse <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/%C3%A9nergie/29421>
23. Les bâtiments passifs, définition et avantages. (2020.). Consulté 22 mars 2021, à l'adresse <https://blog.vilogia.fr/batiments-passifs/>
24. Les différents types de cellules photovoltaïques—Ecosources. (2021.). Consulté 15 janvier 2021, à l'adresse https://www.ecosources.info/dossiers/Types_de_cellules_photovoltaïques
25. Les différents types d'électricité. 2016). Consulté 16 janvier 2021, à l'adresse <https://fr.eni.com/particuliers/maitriser-sa-consommation/le-guide-de-l-electricite/quels-sont-les-differents-types-d-electricite>
26. Les énergies renouvelables. (2018. Planète Énergies. Consulté 16 janvier 2021, à l'adresse <https://www.planete-energies.com/fr/medias/decryptages/les-energies-renouvelables>
27. Logiciels photovoltaïques—Solarpedia. 2021). Consulté 12 février 2021, à l'adresse http://fr.solarpedia.net/wiki/index.php?title=Logiciels_photovolta%C3%AFques
28. Logiciels photovoltaïques—Solarpedia. 2021). Consulté 12 février 2021, à l'adresse http://fr.solarpedia.net/wiki/index.php?title=Logiciels_photovolta%C3%AFques
29. Mayer, N. (2011.). Énergie. Futura. Consulté 16 janvier 2021, à l'adresse <https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/energie-energie-15884/>
30. Observ'ER. (2021). Energie solaire photovoltaïque. Consulté 15 janvier 2021, à l'adresse http://www.energies-renouvelables.org/solaire_photovoltaïque.asp
31. Panneau solaire : Inclinaison & orientation optimales [2020]. (2020, décembre 1). Terre Solaire. <https://terresolaire.com/Blog/batiment-solaire/inclinaison-panneau-solaire-orientation/>
32. Powerhouse Brattørkaia—Data, Photos & Plans. 2020. WikiArquitectura. Consulté 11 avril 2021, à l'adresse <https://en.wikiarquitectura.com/building/powerhouse-brattorkaia/>
33. Photometrie_et_ordres_de_grandeur.pdf. (2021.). Consulté 11 avril 2021, à l'adresse http://lyc-renaudeau-49.ac-nantes.fr/IMG/pdf/photometrie_et_ordres_de_grandeur.pdf
34. PV Designer Software. (2019). Consulté 12 février 2021, à l'adresse <https://www.solmetric.com/pvdesigner.html>
35. Qu'est-ce que l'énergie solaire ? (2015, juillet 20). EDF France. <https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/l-energie-de-a-a-z/tout-sur-l-energie/produire-de-l-electricite/qu-est-ce-que-l-energie-solaire>
36. Rhinoceros 6 pour Windows : Améliorations et perfectionnements [McNeel Wiki]. (2015). Consulté 11 avril 2021, à l'adresse <https://wiki.mcneel.com/fr/rhino/6/rhino6videos>
37. Sapa building system. (2021). Solar BIPV.

38. Sofia—Cours Energie Solaire Photovoltaïque.pdf. (2016.). Consulté 19 janvier 2021, à l'adresse http://univ.ency-education.com/uploads/1/3/1/0/13102001/st06_lessons_ge-energie_solaire.pdf
39. Stores vénitiens photovoltaïques : Avantages et inconvénients de l'installation—Blog La Triveneta Cavi. 2015.). Consulté 11 avril 2021, à l'adresse <http://blog.latrivenetacavi.com/fr/stores-venitiens-photovoltaiques-avantages-et-inconvenients-de-linstallation/>
40. Tarn, site des S. de l'Etat du département du. (2012, septembre 26). Comment valoriser la biomasse ? <http://www.tarn.gouv.fr/comment-valoriser-la-biomasse-a585.html>
41. THE SOCIAL DYNAMICS OF THE SMALL MANUFACTURING ENTERPRISE - CURRAN - 1981—Journal of Management Studies—Wiley Online Library. (2020.). Consulté 16 janvier 2021, à l'adresse <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1467-6486.1981.tb00096.x>
42. Torcellini, P., Pless, S., Deru, M., & Crawley, D. (2006). Zero Energy Buildings : A Critical Look at the Definition; Preprint (NREL/CP-550-39833). National Renewable Energy Lab. (NREL), Golden, CO (United States). <https://www.osti.gov/biblio/883663>
43. Watt, H. (2020.). Que signifie la puissance crête de vos panneaux solaires ? Hello Watt. Consulté 28 mars 2021, à l'adresse <https://www.hellowatt.fr/panneaux-solaires-photovoltaiques/puissance-crete>
44. 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

Résumé

Résumé :

La photovoltaïque ne se limite pas seulement aux panneaux solaire qui ont place clairement au niveau des toitures pour la production énergétique ; mais elle dépend aussi a l'intégration des cellules photovoltaïque dans l'enveloppe architecturale tel que les façades les toiture et quelque mode additif qui doit être adapté au projet lui-même sans nuire a l'enveloppe extérieure et l'aspect architecturale et esthétique du projet.

Le mémoire est développer en deux granges phases ; la première c'est la phase théorique a des notions de base sur l'énergie ; la photovoltaïque et les centre commerciaux puis une phase concernant la simulation et l'interprétation des résultats.

La recherche vise à tester la fiabilité de l'intégration des cellules photovoltaïque dans un bâtiment à un centre commercial à la ville de Tébessa puis faire l'application et l'expérimentation qui est basé sur la production énergétique produite par l'intégration des cellules dans l'enveloppe architecturale et le comparé plus tard avec son pair on utilisent l'outil de simulation PVGIS .

Les résultats de le recherche obtenue montre que l'intégration des cellules au niveaux des façades avec un angle d'inclinaison de 70° et de type de cellule cristalline silicone en plus des dalles incliner avec 32 ° qui est le meilleure angle d'inclinaison ont la capacité de produire l'énergie lus qu'un projet 100% façade photovoltaïque non incliné ; on gardent l'aspect architecturale .

Mot clé : panneaux photovoltaïque ; l'intégration des cellules photovoltaïque ; enveloppe architecturale ; angle d'inclinaison ; centre commercial ; production énergétique ; type de cellule

ملخص:

لا تقتصر الخلايا الكهروضوئية على الألواح الشمسية التي لها مكان واضح على مستوى السطح لإنتاج الطاقة؛ ولكنها تعتمد أيضًا على دمج الخلايا الكهروضوئية في الغلاف المعماري المتمثل في الواجهات والأسطح وبعض الأوضاع الإضافية التي بإمكانها التكيف مع المشروع ذاته دون الإضرار والمس بالمغلف الخارجي والجانب المعماري والجمالي للمبنى.

المذكورة متطورة عبر مرحلتين؛ المرحلة النظرية المتكونة من أساسيات الطاقة؛ الخلايا الكهروضوئية ومراكز التسوق ثم مرحلة الثانية المتعلقة بمحاكاة النتائج وتفسيرها.

يهدف البحث إلى اختبار موثوقية دمج الخلايا الكهروضوئية في مبنى بمركز تجاري في مدينة تبسة ومن ثم إجراء التطبيق والتجريب الذي يعتمد على إنتاج الطاقة الناتج عن تكامل هذه الخلايا في الغلاف المعماري. وبعد ذلك مقارنتها مع نظيرتها مستخدماً أداة المحاكاة.

حيث أظهرت نتائج البحث أن تكامل الخلايا على مستوى الواجهات بزوايا ميل 70 درجة ونوع خلية سيليكون بلورية بالإضافة إلى الألواح المنحدرة بزوايا 32 درجة وهي أفضل زاوية ميل، لها القدرة على إنتاج الطاقة أكثر مقارنة لمشروع ذو واجهة الكهروضوئية بنسبة 100٪ وزاوية ميل 90 درجة؛ نحافظ على الجانب المعماري.

الكلمات المفتاحية: الألواح الضوئية؛ دمج الخلايا الضوئية، غلاف معماري، زاوية الميل؛ مركز تجاري؛ إنتاج الطاقة؛ انواع من الخلايا.