

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/355733160>

CONCEPTION ET REALISATION D'UNE APPLICATION MOBILE DE DIMENSIONNEMENT DE SYSTEME SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE POUR LE BENIN.

Technical Report · November 2020

DOI: 10.13140/RG.2.2.22454.22087

CITATIONS

0

READS

631

1 author:



Ezéchiel Houndenou
University of Québec in Chicoutimi

1 PUBLICATION 0 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES

MASTER EN ENERGIES RENOUVELABLES ET SYSTEMES ENERGETIQUES

7ème promotion

MEMOIRE DE FIN DE FORMATION POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER

THEME

CONCEPTION ET REALISATION D'UNE APPLICATION MOBILE DE DIMENSIONNEMENT DE SYSTEME SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE POUR LE BENIN

Présenté par :

HOUNDENOU Comlan Ezéchiel Auguste

Soutenu publiquement le 03 Novembre 2020 devant le jury composé de :

AHOUANNOU Clément	Pr	UAC	Président du Jury
GUIDI Tognon Clotilde	Pr	UNSTIM	Maitre de mémoire
AGBOMAHENA Macaire	Dr/MC	UAC	Membre du Jury
KONNON Miton Abel	Dr/MA	UNSTIM	Membre du Jury/Co-Encadreur
CHEGNIMONHAN Victorin	Dr/CR	INRAB	Co-Encadreur

Année Académique : 2020 – 2021



RESUME

Les énergies renouvelables constituent de nos jours des solutions accessibles, écologiques et même rentables pour une production décentralisée d'électricité réduisant les émissions de gaz à effet de serre.

L'une des solutions fiables et vraiment accessibles en Afrique et précisément au Bénin, est l'énergie solaire et plus particulièrement l'énergie solaire photovoltaïque.

Comment optimiser l'utilisation de cette énergie a poussé la réflexion vers le présent thème qui fait l'objet de notre étude, à savoir : **CONCEPTION ET REALISATION D'UNE APPLICATION MOBILE DE DIMENSIONNEMENT DE SYSTEME SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE POUR LE BENIN** et qui met en exergue l'étude et la conception d'une application mobile permettant de dimensionner un système photovoltaïque au Bénin.

Cette application bien étant une innovation au Bénin permet de faire le dimensionnement d'un système PV avec stockage de l'énergie ou sans stockage de l'énergie.

Mots Clés : Application mobile, Dimensionnement, Solaire PV, stockage d'énergies.

ABSTRACT

Nowadays, renewable energies are accessible and even cost-effective solutions for decentralized power production that reduce greenhouse gas emissions.

One of the reliable and really accessible solutions in Africa, and precisely in the Republic of Benin, is solar energy and more particularly photovoltaic solar energy.

How to optimize the use of this energy leads to towards the present theme which is nothing but the topic of the current research: **DESIGN AND DEVELOPMENT OF A MOBIL APPLICATION FOR PHOTOVOLTAIC SOLAR SYSTEM DIMENSIONING FOR BENIN.** It highlights the study and the design of a mobile application to set the dimension of a photovoltaic system in Benin.

This application is a first in Benin and allows the dimensioning of a PV system with energy storage or without energy storage.

Keys words: Mobile application, Designing, Solar PV, energy storage.

DEDICACE

Je dédie cet ouvrage :

- ✚ A mes très chers et tendres parents **M.** et **Mme HOUNDENOU Félix**, pour la confiance qu'ils ont toujours eue en moi, eux qui se sacrifient tous les jours en ne ménageant aucun effort pour que j'aie un avenir radieux tout en me soutenant moralement, physiquement, financièrement et surtout par la prière. Papa, maman, longue vie à vous. Que ce travail soit, pour vous, un petit témoignage de ma profonde affection.
- ✚ A mes sœurs **Jean-Carole** et **Juanita**, que l'amour fraternel ne s'éteigne jamais en nous.

Merci !

C. Ezéchiel A. HOUNDENOU

REMERCIEMENTS

Cette œuvre est le fruit des efforts matériels, physiques et moraux de plusieurs personnes. Au terme de son édification, qu'il nous soit donc permis d'exprimer nos gratitude et nos sincères remerciements à tous ceux qui, de près ou de loin n'ont ménagé aucun effort pour sa réalisation.

Nous pensons particulièrement à :

- ⊕ **Professeur Basile KOUNOUHEWA**, coordonnateur du Master Professionnel Energies Renouvelables et Systèmes Energétiques qui nous a permis avec son équipe à suivre cette formation de qualité ;
- ⊕ **Professeur Clément AHOUANNOU**, ex coordonnateur du Master Professionnel Energies Renouvelables et Systèmes Energétiques ;
- ⊕ **Professeur Clotilde GUIDI**, notre maître de mémoire, Directrice Adjointe de l'Institut National Supérieur de Technologie Industriel de Lokossa pour ses conseils, son suivi dans la conception et la rédaction de ce document ;
- ⊕ **Professeur Victorin CHEGNIMONHAN**, notre co-encadreur 1, enseignant chercheur à l'Ecole Polytechnique de l'Université de Nantes et missionnaire intervenant à l'Institut National Supérieur de Technologie Industriel de Lokossa pour ses conseils, son suivi dans la conception et la rédaction de ce document ;
- ⊕ **Docteur Abel KONNON** notre co-encadreur 2, enseignant chercheur à l'Institut National Supérieur de Technologie Industriel de Lokossa pour ses conseils, son suivi dans la conception et la réalisation de l'application et de ce document ;
- ⊕ **Monsieur Jean-Claude HOUSSOU**, Ministre de l'Energie;
- ⊕ **Monsieur Todéman ASSAN**, Directeur Général Des Ressources Energétiques du Bénin pour avoir accepté nous accueillir au sein de son équipe, et pour ses multiples conseils ;
- ⊕ **Ingénieur Juste DAMADA**, Directeur des Energies Renouvelables de la Maîtrise et de l'Efficacité Energétique, et notre tuteur de stage pour l'effort consenti dans la réalisation de ce travail et pour ses multiples conseils ;
- ⊕ **Messieurs Serge AKPO et Hubert AGOSSOU**, pour leurs aides précieuses et l'effort consenti dans l'atteinte des différents objectifs visés par notre TFE ;

MISE AU POINT D'UNE APPLICATION MOBILE LOCALE POUR LE DIMENSIONNEMENT DE PANNEAUX SOLAIRES PHOTOVOLTAIQUES

- ⊕ L'ensemble du personnel technique et administratif de la DGRE pour leurs assistances et apports;
- ⊕ Dr. **Régis Johnson** pour ses conseils et apports ;
- ⊕ Mesdemoiselles **Mireille VINAKPON** et **Elvire DATE**, pour leurs soutien et mots d'encouragement afin que je puisse donner le meilleur de moi;
- ⊕ Madame **Espérance HOUEDANOU**, ses conseils et encouragements m'ont été très utiles ;
- ⊕ Nos remerciements vont à tous les enseignants et étudiants en **Master ERSE 7^{ème} promotion** pour leurs encouragements et leurs amitiés, et à tous ceux qui ont contribués de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

SOMMAIRE

RESUME.....	1
ABSTRACT	1
DEDICACE.....	2
REMERCIEMENTS	3
SOMMAIRE	5
LISTE DES ACRONYMES ET ABREVIATIONS	6
NOMENCLATURE.....	7
LISTE DES FIGURES	8
LISTE DES TABLEAUX	10
INTRODUCTION GENERALE.....	11
LES OBJECTIFS	13
METHODOLOGIE :.....	13
CHAPITRE 1 : REVUE DE LITTERATURE	15
1.1. GENERALITES SUR L'ENERGIE PHOTOVOLTAIQUE.....	16
1.2. GENERALITES SUR LES OUTILS DE DIMENSIONNEMENT	28
CHAPITRE 2 : MODELISATION ET DEVELOPPEMENT DE L'APPLICATION DE DIMENSIONNEMENT SOLAIRE PHOTOVOLTAIQUE AU BENIN	38
2.1. LANGAGE DE PROGRAMMATION ET OUTILS	39
2.2. ETAPE DE LA MODELISATION ET DU CODAGE	40
2.3. LES DONNEES DES DIFFERENTS CALCULS DU DIMENSIONNEMENT INTEGRE AU SYSTEME	44
CHAPITRE 3 : ETUDE DE CAS, RETOURS D'EXPERIENCE D'UTILISATEURS ET PERSPECTIVES.....	50
3.1. ETUDE DE CAS.....	51
3.2. RETOURS D'EXPERIENCES D'UTILISATEURS	61
3.3. PERSPECTIVES.....	63
CONCLUSION GENERALE	65
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	66
ANNEXES	a
Table des matières	o

LISTE DES ACRONYMES ET ABREVIATIONS

DGRE : Direction Générale des Ressources Energétiques

ERSE : Energies Renouvelables et Systèmes Energétiques

RECASEB : Renforcement des Capacités des Acteurs du Secteur de l'Energie du Bénin

PASE : Projet d'Amélioration des Services Energétiques

SBEE : Société Béninoise d'Energie Electrique

COP : Conférence des Parties

TFE : Travaux de Fin d'Etude

STC : Standard Test Condition

Batt: batterie

MPPT: Maximum Power Point Tracking

CA: Courant Alternatif

CC : Courant Continu

JRE : Java Runtime Environement

JVM : Java Virtual Machine ou machine virtuelle Java

MVC : Model-view-controller ou Model-Vue-Controller.

UML : Unified Modeling Language ou Langage de modélisation unifié

NOMENCLATURE

E_c : énergie consommée

E_p : énergie électrique à produire

P_c : puissance crête du générateur

I_r : l'irradiation

k: le coefficient de l'incertitude météorologique

N_p : le nombre de panneau

P_p : la puissance crête du panneau

N_{MS} : le nombre de modules en série

V_{syst} : la tension de l'installation

V_{max} : la tension maximale du module choisi

N_{BP} : est nombre de branches en parallèle

N_{MS} : le nombre de modules en série

C_{tot} : la capacité totale des batteries

J_{Aut} : le nombre de jour d'autonomie du système

D_p : la profondeur de décharge

C_{bat} : la capacité réelle de la batterie

I_{gen} : l'intensité du régulateur de charge

I_{cc} : le courant de court-circuit

A : ampère

B_j : Besoin journalière

kW_c : kilowatt-crête

kWh : Kilowattheure

P_V: photovoltaïque

P : puissance

P_u : puissance unitaire

W : watt

Wh/j : Wattheure par jour

E_j : besoins journaliers en électricité

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Centre des solutions pour le climat et les énergies par l'infographie LE FIGARO en juillet 2019 [1].....	11
Figure 2: Principe de conversion de l'énergie solaire en énergie électrique par cellule [8]	18
Figure 3: Cellule photovoltaïque fonctionnement par Base TPE (http://basetpe.free.fr/tpe1/solaire/fonctionnement_solaire.html le 12 mars 2020)	18
Figure 4: Schéma équivalent d'une cellule photovoltaïque [9].....	19
Figure 5: Types de cellules photovoltaïques [12].	21
Figure 6: Schéma explicatif du fonctionnement [12].....	24
Figure 7: Captures d'écran de la version Homer x64 version 3.6.3	29
Figure 8: Captures d'écran de la version pvPlanner 2.0. (https://www.guide-panneaux-photovoltaïques.be/astuces/applications-pour-rendement-panneaux-solaires/ le 9 juin 2020).....	31
Figure 9: Captures d'écran de la version 6.47 de PVsyst.....	32
Figure 10: Captures d'écran de la version RETScreen 4	33
Figure 11: Capture d'écran Solar Consult LITE version 8.0 (https://www.guide-panneaux-photovoltaïques.be/astuces/applications-pour-rendement-panneaux-solaires/ le 9 juin 2020).....	34
Figure 12: Capture d'écran Solar Edge Monitoring version iPhone.....	35
Figure 13: Capture d'écran Sun Seeker version Android	36
Figure 14: Capture d'écran Sunny Portal.....	37
Figure 18: Schéma du diagramme de cas d'utilisation de dimensionnement	41
Figure 19: Schéma du diagramme de classe (source : réalisation personnelle)	42
Figure 15: Code du Modèle du Recycleview	43
Figure 16: Code de la Vue du Recycleview	44
Figure 17: Code du contrôleur du Recycleview	44
Figure 20: Aperçu de l'entrée de la DGRE montrant le bâtiment dimensionné	51
Figure 21: Capture d'écran du résultat du dimensionnement par l'application	53
Figure 22: Aperçu de la maison montrant: une véranda, le garage et la cour	54
Figure 23: Affichage des résultats du dimensionnement par l'application.....	56
Figure 24: Aperçu du besoin en panneau et type de montage par l'application	57
Figure 25: Aperçu du besoin en batterie et le régulateur de charge par l'application.....	57
Figure 26: Aperçu de la maison montrant: la cour, et les deux appartements	58

MISE AU POINT D'UNE APPLICATION MOBILE LOCALE POUR LE DIMENSIONNEMENT DE PANNEAUX SOLAIRES PHOTOVOLTAIQUES

Figure 27: Aperçu des résultats du dimensionnement par l'application	60
Figure 28: Aperçu des besoins en panneau et type de montage par l'application.	61
Figure 29: Aperçu du besoin en batterie et le régulateur de charge par l'application.....	61
Figure 30: Accord de confidentialité UNITECH Sarl.....	e
Figure 31: Accord de confidentialité ADOUNI STAR Sarl	e
Figure 32: Menu du téléphone montrant l'application	f
Figure 33: Ecran montrant l'application installée sur téléphone	f
Figure 34: Ecran de la première fenêtre de l'application.....	g
Figure 35: Ecran de l'à propos	g
Figure 36: Ecran de l'interface des choix des communes.....	h
Figure 37: Ecran du menu déroulant des communes	h
Figure 38: Ecran de l'interface montrant le bilan journalier.....	i
Figure 39: Ecran de l'interface montrant le menu des équipements.....	i
Figure 40: Ecran du résumé des besoins	j
Figure 41: Ecran du menu déroulant des choix des panneaux	j
Figure 42: Ecran de l'interface qui montre les résultats, et de son partage	k
Figure 43: Ecran de la fenêtre de partage des résultats	k
Figure 44: Vue de la cour	l
Figure 45: Vue de la position des compteurs de la SBEE dans la maison	l
Figure 46: Vue de la véranda d'un des appartements	m
Figure 47: Vue de la cour de la maison montrant un aperçu des deux appartements	m
Figure 48: Vue de l'arrière-cour de la DGRE montrant le parking	n
Figure 49: Vue de la façade principale de la DGRE	n

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Tensions correspondantes aux marges de puissances [16].....	49
Tableau 2: Estimation des besoins de la DGRE.....	52
Tableau 3: Estimation des besoins du ménage.....	55
Tableau 4: Estimation des besoins de la maison locative.	59
Tableau 5:Irradiation moyenne des 77 communes du Bénin par la Direction Générale des Ressources Energétiques	b

INTRODUCTION GENERALE

Le réchauffement climatique ainsi que la pollution environnementale sont des phénomènes anthropiques dont les conséquences sont de plus en plus visibles et marquées sur le fonctionnement de notre planète: augmentation de la température moyenne terrestre, diminution de la couverture neigeuse, les inondations accrues, les sécheresses extrêmes.

De nos jours produire de l'énergie renouvelable est devenu un signe de prise en compte des enjeux écologiques à l'échelle des pays. Le monde a longtemps été dépendant des sources d'énergie habituelles et traditionnelles telles que le gaz, le pétrole, et le charbon. Ces sources d'énergies sont principalement les causes des émissions des gaz à effet de serre [1]. Nous nous approchons alors du stade où ces sources d'énergies conventionnelles fossiles deviendront rares et ceci pour plusieurs raisons, comme : l'explosion démographique, le boom économique des pays émergents, ou même les tensions géopolitiques notamment au Moyen-Orient. Le Moyen-Orient étant sur une partie du globe possédant des réserves importantes de pétrole mais très difficile à exploiter, entraîne un épuisement des réserves d'accès plus facile, ce qui contribue énormément au réchauffement climatique. Pour remédier à ce problème, de nombreuses nations se sont engagées à réduire de 45% les gaz à effet de serre sur les dix ans à venir (2030), afin de supprimer totalement leurs émissions d'ici 2050 et à développer le secteur des nouvelles technologies de production d'énergie. (protocole de Kyoto ratifié en 1997, modifié en 2010 au sommet de Copenhague et dont les engagements ont été réitérés récemment en 2019 à la COP 25 de Madrid).

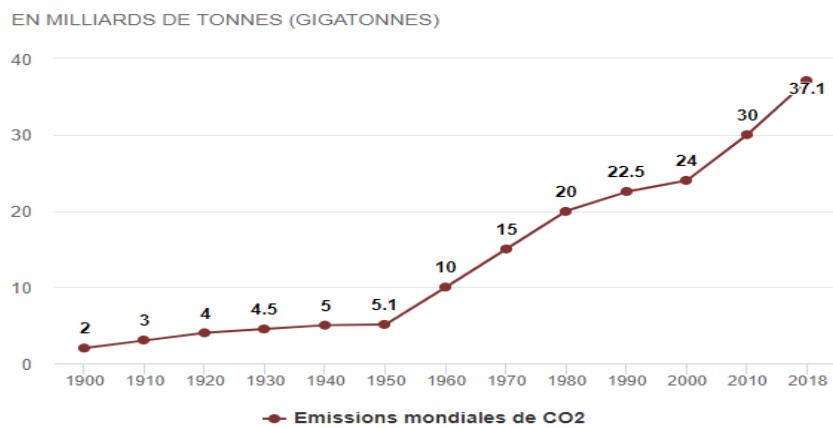


Figure 1: Centre des solutions pour le climat et les énergies par l'infographie LE FIGARO en juillet 2019 [1].

MISE AU POINT D'UNE APPLICATION MOBILE LOCALE POUR LE DIMENSIONNEMENT DE PANNEAUX SOLAIRES PHOTOVOLTAIQUES

Alors de nombreuses énergies non polluantes, ou renouvelables, ou abondantes partout à la surface du globe pourraient être utilisées par l'homme telles que l'énergie éolienne, l'énergie nucléaire, l'énergie hydroélectrique et l'énergie solaire qui sont des énergies à ressource illimitée qui regroupent un certain nombre de filières technologiques selon la source d'énergie valorisée et l'énergie utile obtenue.

La filière étudiée ici est l'énergie solaire qui est donc une possibilité de développement efficace et durable tant que le soleil brille encore, c'est pour cela que les recherches scientifiques se développent dans le sens de généraliser, améliorer et optimiser l'exploitation des systèmes solaires.

L'optimisation des systèmes solaires est basée sur des critères de dimensionnement et de maximisation de la puissance générée pour avoir un bon rendement. Le dimensionnement étant le principal facteur pour optimiser le système, il est donc très important d'y mettre une attention particulière en le faisant afin d'assurer une bonne optimisation du système.

Pour ce faire, plusieurs chercheurs ont travaillé sur des outils d'aide au dimensionnement un peu partout dans le monde à travers des logiciels à installer sur ordinateurs. Malheureusement, aucun de ces logiciels et applications n'est spécifiquement adapté au contexte béninois en tenant compte directement de l'irradiation solaire par zones ou par communes. Parallèlement à cela, vu la situation socioéconomique du Bénin, où, avoir un ordinateur est encore un luxe pour certains malgré sa nécessité, il est parfois difficile pour les jeunes techniciens du domaine de pouvoir effectuer le dimensionnement de façon automatique et ils sont donc obligés de le faire sans logiciel, ce qui peut être fastidieux et parfois engendrer des erreurs.

Contrairement à l'ordinateur, de nos jours presque tous les jeunes acteurs du secteur de l'énergie solaire photovoltaïque possèdent un téléphone portable intelligent (Smartphone), il faut donc permettre à ses acteurs grâce à leur téléphone et sans forcément attendre un ordinateur de pouvoir faire un dimensionnement de façon automatique et de pouvoir contacter au besoin un fournisseur et ce depuis le site où se fera l'installation. Tout ceci se justifie également dans le fait que nous sommes à l'ère de la dématérialisation où beaucoup de scientifiques mettent tout en œuvre pour rendre possible diverses tâches depuis un téléphone portable.

LES OBJECTIFS

OBJECTIF GLOBAL

L'objectif global de ce travail est la conception et la réalisation d'une application mobile permettant de dimensionner un système solaire photovoltaïque au Bénin.

OBJECTIFS SPECIFIQUES :

Pour atteindre cet objectif général, nous avons fixé les objectifs spécifiques qui suivent :

- Collecter les informations sur les outils déjà existants et les équipements solaires disponibles sur le marché béninois ;
- Analyser les informations trouvées afin de les rendre utiles à l'application ;
- Concevoir une base de données pour l'application ;
- Développer l'application à partir des langages de programmation JAVA, et SQLite ;
- Tester la validité de l'application.

METHODOLOGIE :

MATERIEL

Pour une parfaite réussite du travail qui est l'objet de notre étude et conception, nous avons eu entre autre besoin des informations clés qui constituent les outils indispensables à cet effet. Il s'agit entre autre :

- Des données de fournisseurs d'équipements solaires au Bénin.
- Des données météorologiques du Bénin y compris l'irradiation solaire.
- Des logiciels JAVA, XML, JSON pour la conception de l'application.

Et pour développer une application, il faudrait assurément travailler avec les outils qu'il faut et dans un environnement adéquat. Dans notre cas, nous avons eu à travailler avec un ordinateur qui porte les caractéristiques suivantes :

- système d'exploitation : Windows 10 Professionnel ;
- type d'architecture du système d'exploitation : 64 bits ;
- processeur : Intel® Core (TM) i3-5005U CPU @ 2.00GHz;
- mémoire vive : 8 GB;

- carte graphique : Intel (R) HD Graphics 5500
- disque dur : 500 GB

METHODE

Pour mener à bien le travail, nous avons fait :

- de la recherche documentaire sur les solutions existantes ;
- une étude de terrain ;
- l'étude du langage de programmation JAVA ;
- conception de l'application ;
- développement du code de l'application.

RESULTATS OBTENUS

A la fin des travaux, les objectifs visés ont été atteints à travers notamment :

- la base de données fiable et propre à l'application a été conçue et implémentée;
- une application de dimensionnement solaire adapté au Bénin a été développée et est fonctionnelle.

**CHAPITRE 1 : REVUE DE
LITTERATURE**

1.1. GENERALITES SUR L'ENERGIE PHOTOVOLTAIQUE

1.1.1. Introduction

L'énergie photovoltaïque est issue de la transformation directe de la lumière du soleil en énergie électrique aux moyens des cellules généralement à base de silicium cristallin qui reste la filière la plus avancées sur le plan technologiques et industrielles. En effet le silicium est l'un des éléments les plus abondants sur terre sous forme de silice non toxique. [2]

Pour définition le mot "photovoltaïque" vient du grec "photo" qui signifie lumière et de "voltaïque" qui tire son origine du nom d'un physicien italien Alessandro Volta (1754 -1827) qui a beaucoup contribué à la découverte de l'électricité, alors le photovoltaïque signifie littérairement la lumière électrique [3].

1.1.2. Historique de l'énergie photovoltaïque

L'effet photovoltaïque a été découvert pour la première fois en 1939 par le savant Alexandre Edmond Becquerel. Il a constaté que certains matériaux pouvaient produire de petites quantités d'électricité quand ils étaient exposés à la lumière.

Des dates importantes dans l'évolution de l'énergie photovoltaïque

1875 : Werner Von Siemens expose devant l'académie des sciences de Berlin un article sur l'effet photovoltaïque dans les semi-conducteurs [4].

1954: Trois chercheurs américains, Gerald Pearson, Darry Chapinet et Calvin Fuller fabriquent une cellule Photovoltaïque en silicium pour les laboratoires Bell [4].

1958 : Une cellule avec un rendement de 9% ; les premiers satellites alimentés par des cellules Solaires sont envoyés dans l'espace [6].

En 1873, l'ingénieur américain "Willoughby Smith" découvre les propriétés photosensibles du sélénium [6].

1983 : La première voiture alimentée en énergie photovoltaïque parcourt une distance de 4000 km en Australie [4].

1.1.3. L'effet photovoltaïque

L'effet photovoltaïque se manifeste quand un photon est absorbé dans un matériau composé de semi-conducteurs dopés p (positif) et n (négatif), dénommé comme jonction p-n (ou n-p). Sous l'effet de ce dopage, un champ électrique est présent dans le matériau de manière permanente

(comme un aimant possède un champ magnétique permanent). Quand un photon incident (grain de lumière) interagit avec les électrons du matériau, il cède son énergie à l'électron qui se retrouve libéré de sa bande de valence et subit donc le champ électrique intrinsèque. Sous l'effet de ce champ, l'électron migre vers la face supérieure laissant place à un trou qui migre en direction inverse.

Des électrodes placées sur les faces supérieure et inférieure permettent de récolter les électrons et de leur faire réaliser un travail électrique pour rejoindre le trou de la face antérieure. [6]

1.1.4. Quelques définitions relatives à un système photovoltaïque:

Cellule PV : Dispositif PV fondamental pouvant générer de l'électricité lorsqu'il est soumis à un rayonnement solaire.

Module PV : Le plus petit ensemble de cellules solaires interconnectées complètement protégées de l'environnement.

Chaîne PV : Circuit dans lequel les modules PV sont connectés en série afin de former des ensembles de façon à générer la tension de sortie spécifiée. Dans le langage courant, les chaînes sont plus communément appelées « string ».

Groupe PV : Ensemble de chaînes constituant l'unité de production d'énergie électrique en courant continu.

Boîte de jonction : Boîte dans laquelle tous les groupes PV sont reliés électriquement et où peuvent être placés d'éventuels dispositifs de protection.

Onduleur : Dispositif transformant la tension et le courant continu en tension et en courant alternatifs.

Hacheur : Dispositif permettant de régler la valeur d'un courant continu.

Partie courant continu : C'est la partie d'une installation PV située entre les modules PV et les bornes de courant continu de l'onduleur.

Partie courant alternatif : C'est la partie de l'installation PV située en aval des bornes courant alternatif de l'onduleur.

Monitoring : Le monitoring (anglicisme) consiste à surveiller et à effectuer les mesures relatives au suivi d'une installation PV.

Irradiation : C'est l'énergie du rayonnement solaire. Elle correspond à la quantité d'énergie reçue pendant une durée définie exprimée en kWh-2. [7]

Déclinaison du soleil : C'est l'angle formé par la direction du soleil et le plan équatorial terrestre.

1.1.5. Principe de la conversion photovoltaïque

Une cellule photovoltaïque est basée sur le phénomène physique appelé effet photovoltaïque qui consiste à établir une force électromotrice lorsque la surface de cette cellule est exposée à la lumière. La tension générée peut varier entre 0.3 et 0.7 V en fonction du matériau utilisé et de sa disposition ainsi que de la température de la cellule [8].

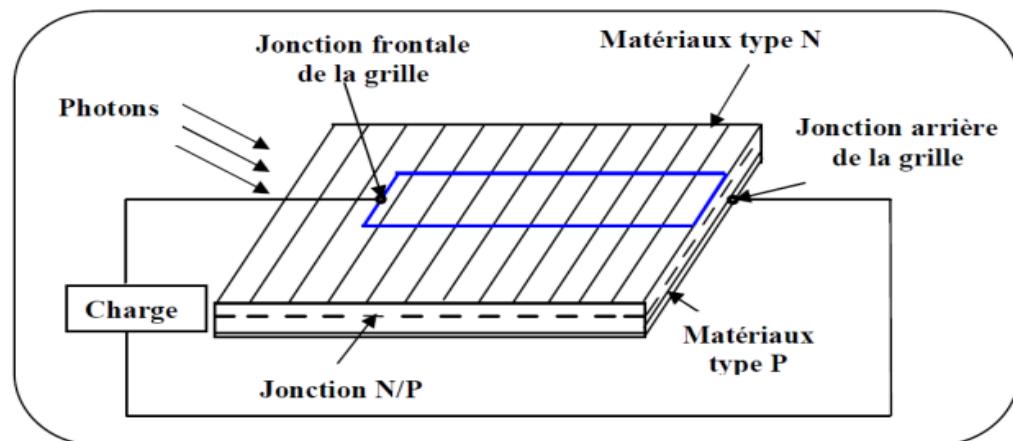


Figure 2: Principe de conversion de l'énergie solaire en énergie électrique par cellule [8].

Une cellule PV est réalisée à partir de deux couches de silicium, une dopée P (dopée au bore) et l'autre dopée N (dopée au phosphore), créant ainsi une jonction PN avec une barrière de potentiel. Lorsque les photons sont absorbés par les semi-conducteurs, ils transmettent leurs énergies aux atomes de la jonction PN de telle sorte que les électrons (charges N) et des trous (charges P) créent alors une différence de potentiel entre les deux couches [8].

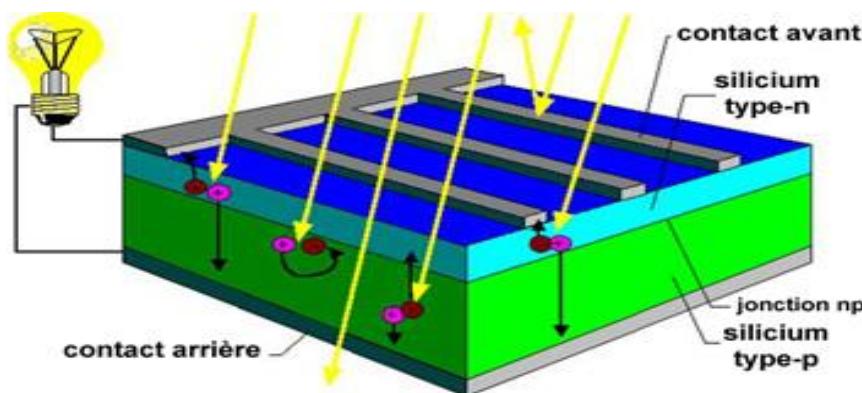


Figure 3: Cellule photovoltaïque fonctionnement par Base TPE (http://basetpe.free.fr/tpe1/solaire/fonctionnement_solaire.html) le 12 mars 2020)

Cette différence de potentiel est mesurable entre les connections des bornes positive et négative de la cellule.

L'analogie entre le fonctionnement de la cellule photovoltaïque sous éclairement et celui d'un générateur de courant produisant un courant I_{ph} auquel se soustrait le courant de la polarisation de la diode en polarisation directe, n'est qu'une représentation simplifiée du fonctionnement de la cellule. [9]

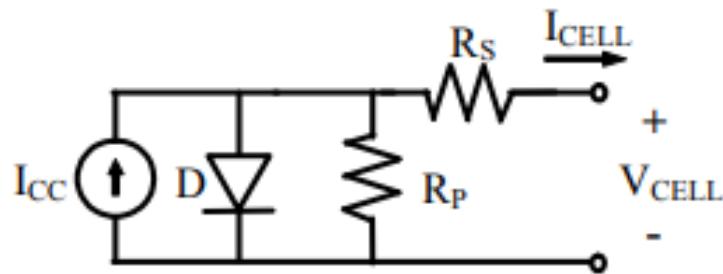


Figure 4: Schéma équivalent d'une cellule photovoltaïque [9].

Les différents paramètres de ce modèle sont :

- Le générateur de courant : il délivre le courant I_{ph} correspondant au courant photon généré.
- La résistance série R_s : elle prend en compte la résistivité propre aux contacts entre les différentes régions constitutives de la cellule. Ce terme doit idéalement être le plus faible possible pour limiter son influence sur le courant de la cellule.
- La résistance R_p : également connue sous le nom de court-circuit, elle peut être due à un court-circuit sur les bords de la cellule. On l'appelle aussi résistance de fuite.
- La diode : modélise la diffusion des porteurs dans la base de l'émetteur. [10]

1.1.6. Technologies des cellules photovoltaïques

Les cellules photovoltaïques sont des composants optoélectroniques qui transforment directement la lumière solaire en électricité, elles sont réalisées à l'aide des matériaux semi-conducteurs.

Les cellules photovoltaïques les plus répandues sont constituées de semi-conducteur principalement à base de silicium (Si) (Le silicium est actuellement le plus utilisé pour fabriquer les cellules photovoltaïques. On l'obtient par réduction à partir de silice, composé le plus abondant dans la croûte terrestre et notamment dans le sable ou le quartz.) et plus rarement

d'autres semi-conducteurs: de sulfure de cadmium (CdS), de tellurure de cadmium (CdTe), de Germanium (Ge), de sélénium (Se) ou d'arséniure de gallium (GaAs). Le silicium est actuellement le semi-conducteur le plus utilisé pour fabriquer les cellules photovoltaïques, car il est très abondant dans la nature. En effet, il existe plusieurs types de cellules photovoltaïques dont les plus importants sont les suivantes : [8]

- **Les cellules à silicium monocristallin** : Les cellules photovoltaïques en silicium monocristallin sont formées d'un seul cristal. Elles sont en général d'un bleu uniforme.

Avantage : elles permettent d'obtenir des rendements élevées (rendement entre 13 à 17%).

Inconvénients : Leur cout est très élevé et rendement faible sous un faible éclairement.

- **Les cellules à silicium poly-cristallin** : Elles sont constituées de plusieurs cristaux .la cellule à un aspect bleuté mosaïque (pas uniforme). Leur rendement est de 11 à 15%.

Avantage : un bon rendement, mais cependant moins bon que pour les cellules monocristallins et elles offrent actuellement un bon rapport qualité/prix.

Inconvénients : Rendement faible sous un faible éclairement.

- **Les cellules amorphes** : le silicium est utilisé en couche mince, il n'est pas cristallisé. Il est déposé sur une plaque de verre. Ce type de cellule on le trouve le plus souvent dans les petits produits de consommation (montre, calculatrice).

Avantage : Moins cher que les autres et fonctionne avec un éclairement faible.

Inconvénients : Rendement faible et la performance qui diminuent avec le temps, durée de vie courte.

- **Les cellules multi-jonctions** : elles sont constituées de différentes couches qui permettent d'absorber la majorité de spectre solaire. Mais ces cellules ne sont pas commercialisées.
- **Les cellules organiques** : encore au stade de la recherche, cette nouvelle technologie permet à présent la production de cellules solaires organiques légères, flexibles sur une grande surface et moins chères à produire.

Les cellules PV organiques sont de trois types ; moléculaire, polymère et hybride. [8]

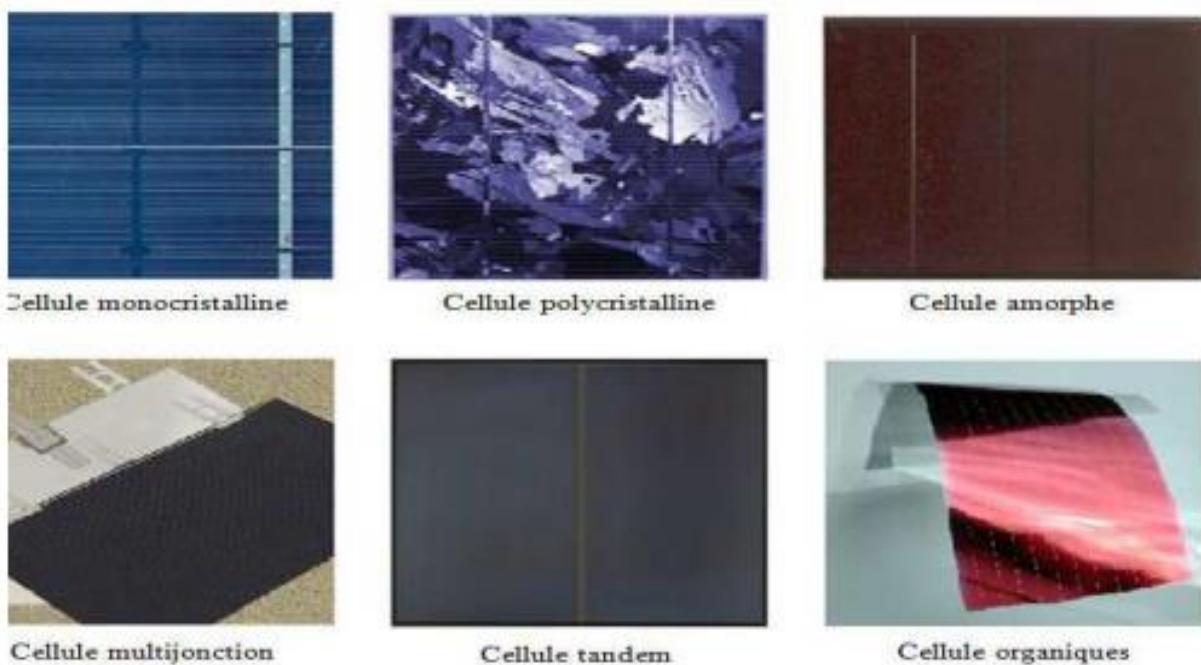


Figure 5: Types de cellules photovoltaïques [12].

1.1.7. Avantages et inconvénients de l'énergie solaire

Les systèmes photovoltaïques présentent un grand nombre d'avantages et d'inconvénients.

Les systèmes photovoltaïques ont plusieurs avantages au nom desquels:

- ils sont non polluants sans émissions ou odeurs discernables ;
- ils peuvent être des systèmes autonomes qui fonctionnent sûrement, sans surveillance pendant de longues périodes ;
- ils n'ont besoin d'aucun raccordement à une autre source d'énergie où à un approvisionnement en carburant ;
- ils peuvent être combinés avec d'autres sources d'énergie pour augmenter la fiabilité du système ;
- ils peuvent résister à des conditions atmosphériques pénibles comme la neige et la glace ;
- ils ne consomment aucun combustible fossile et leur carburant est abondant et libre ;
- une haute fiabilité car l'installation ne comporte pas de pièces mobiles, ce qui la rend particulièrement appropriée aux régions isolées, d'où son utilisation sur les engins spatiaux ;

- le système modulaire de panneaux photovoltaïques permet un montage adaptable à des besoins énergétiques variés; les systèmes peuvent être dimensionnés pour des applications allant du milliwatt au mégawatt [10] ;
- la technologie photovoltaïque présente des qualités sur le plan écologiques car le produit et non polluant, silencieux, et n'entraîne aucune perturbation du milieu ;
- ils ont une longue durée de vie ;
- les frais et les risques de transport des énergies fossiles sont éliminés.

Pour les inconvénients nous citons :

- la fabrication des modules photovoltaïques relève de la haute technologie, ce qui rend le coût très élevé ;
- le rendement réel d'un module photovoltaïque est de l'ordre de 10 à 15 % ;
- ils sont tributaires des conditions météorologiques ;
- dans le cas d'une installation photovoltaïque autonome, il faut inclure des batteries dont le coût reste très élevée ;
- le niveau de production d'électricité n'est pas stable et pas prévisible mais dépend du niveau d'ensoleillement. [10] ;
- non disponible la nuit et faible production en période d'absence du soleil (hiver, saison pluvieuse...) ce qui entraîne le besoin de stockage.

1.1.8. L'installation des panneaux solaires

Pour installer des panneaux photovoltaïques, l'idéal est d'avoir une pente de toit orientée vers le Sud si vous êtes dans l'hémisphère nord et vers le nord si vous êtes dans l'hémisphère sud, d'une inclinaison entre 15 et 35° en règle générale et surtout qui n'est masquée par aucun obstacle venant faire de l'ombre (arbre, immeuble voisin...). Il suffit de disposer d'une pente de toit dégagée et bien orientée pour être sûr de la qualité de l'installation.

1.1.9. Différents types de systèmes photovoltaïques :

On rencontre généralement trois types de systèmes photovoltaïques, les systèmes autonomes, les systèmes hybrides et les systèmes connectés à un réseau. Les deux premiers sont indépendants du système de distribution d'électricité, et souvent dans les régions éloignées.

1.1.9.1. Les systèmes autonomes :

Ces systèmes photovoltaïques sont installés pour assurer un fonctionnement autonome sans recours à d'autres sources d'énergie. Généralement, ces systèmes sont utilisés dans les régions isolées et éloignées du réseau.

Les différents types de systèmes photovoltaïques autonomes ont les possibilités de couplage direct à une charge adaptée ou couplage avec adaptateur d'impédance MPPT, fonctionnement au fil du soleil ou avec stockage d'énergie électrique.

Le couplage direct implique un fonctionnement au fil du soleil, donc à puissance essentiellement variable au cours de la journée. Les charges typiques à courant continu qui peuvent satisfaire le critère (tension constante à puissance variable) sont les accumulateurs électrochimiques. Les charges alternatives sont les pompes à eau, c'est le pompage au fil du soleil, le stockage est néanmoins présent sous la forme d'eau emmagasinée (dans un réservoir).

Dans la plus part des cas une adaptation d'impédance doit être réalisée en insérant entre le générateur et sa charge électrique un dispositif électronique qui permet de forcer le système à fonctionner à sa puissance maximale. [11]

1.1.9.2. Les systèmes hybrides :

Les systèmes d'énergie hybride associent au moins deux sources d'énergie renouvelable aussi une ou plusieurs sources d'énergie classiques. Les sources d'énergie renouvelable, comme le photovoltaïque et l'éolienne ne délivrent pas une puissance constante, mais vu leurs complémentarités, leur association permet d'obtenir une production électrique continue.

Les systèmes d'énergie hybrides sont généralement autonomes par rapport aux grands réseaux interconnectés et sont souvent utilisés dans les régions isolées.

Les différentes sources dans un système hybride peuvent être connectées en deux configurations, architecture à bus continu et architecture à bus alternatif. Dans la première configuration, la puissance fournie par chaque source est centralisée sur un bus continu. Ainsi, les systèmes de conversion d'énergie à courant alternatif CA fournissent d'abord leur puissance à un redresseur pour être convertie ensuite en courant continu CC.

Les générateurs sont connectés en série avec l'onduleur pour alimenter les charges alternatives. L'onduleur doit alimenter les charges alternatives à partir du bus continu et doit suivre la

consigne fixée pour l'amplitude et la fréquence. La fonction spécifique du système de supervision est la commande de mise en marche et arrêt des générateurs et du système de stockage. L'avantage de cette topologie est la simplicité de commande. Dans la seconde configuration toutes les composantes du système hybride sont reliées à la charge alternative.

1.1.9.3. Système connecté au réseau

Les systèmes de production d'énergie photovoltaïque connectée à un réseau sont une résultante de la tendance à la décentralisation du réseau électrique. L'énergie est produite plus près des lieux de consommation. Les systèmes connectés au réseau réduisent la nécessité d'augmenter la capacité des lignes de transmission et de distribution.

Il produit sa propre électricité et achemine son excédent d'énergie vers le réseau, auprès duquel il s'approvisionne au besoin, ces transferts éliminent le besoin d'acheter et d'entretenir une batterie. Il est toujours possible d'utiliser ces systèmes pour servir d'alimentation d'appoint lorsque survient une panne de réseau. [12]

1.1.10. Principe de fonctionnement d'une installation photovoltaïque

Les générateurs transforment directement l'énergie solaire en électricité (courant continu). La puissance est exprimée en Wc, unité qui définit la puissance électrique disponible aux bornes du générateur dans les conditions d'ensoleillement optimales.

Un ou plusieurs onduleurs convertissent le courant continu produit en courant alternatif à 50Hz et 220 V. Selon le choix retenu, toute ou une partie de la production est injectée sur le réseau public, et le reste est consommé par le producteur. Lorsque la production photovoltaïque est insuffisante, le réseau fournit l'électricité nécessaire. [13]

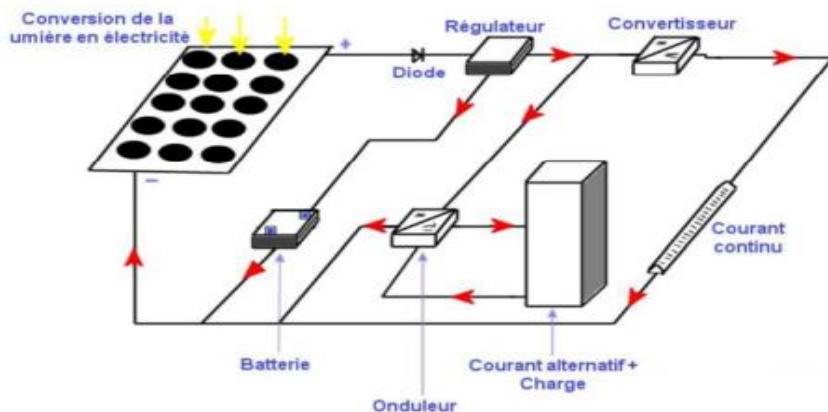


Figure 6: Schéma explicatif du fonctionnement [12]

1.1.11. Dimensionnement des systèmes photovoltaïques

1.1.11.1. Critère de dimensionnement

Les deux critères importants du dimensionnement optimal sont :

- La satisfaction d'une condition sur le comportement énergétique du système en termes d'autonomie ou de déficit autorisé, en effet l'utilisateur a la possibilité de définir au départ l'autonomie du système ou la satisfaction d'un certain taux de couverture pour la période la plus défavorable.
- L'équilibre du couple générateur/stockage.

Ces deux critères cités précédemment ont le principal avantage de traduire ce que les utilisateurs veulent ou attendent de leur système photovoltaïque.

1.1.11.2. Principe de dimensionnement d'une installation photovoltaïque

L'efficacité de toute installation électrique dépend fondamentalement de la rigueur de son dimensionnement et de son utilisation car il influe directement sur le coût et les performances d'une installation. Le dimensionnement a pour but de déterminer la puissance du générateur photovoltaïque et la capacité de la batterie, à partir des données d'ensoleillement du site d'une part et des besoins électriques de l'utilisateur d'autre part. [14]

1.1.11.3. Les étapes du dimensionnement

Les étapes suivantes permettent de dimensionner un système photovoltaïque :

- Estimation des besoins journaliers en électricité E_j (en Wh/j) ;
- Estimation de l'irradiation journalière ;
- Choix d'une inclinaison optimale en fonction du gisement local ;
- Estimation de la capacité de stockage requise en fonction de l'autonomie désirée.

1.1.11.4. Présentation des paramètres d'entrée intervenant dans le dimensionnement

D'une manière générale, les paramètres à prendre en compte pour concevoir et dimensionner un système photovoltaïque sont assez nombreux et concernent :

- Le lieu où sera placé le générateur PV.
- Le système PV (modules, régulateur, convertisseur et batteries).
- La charge.

1.1.11.5. Paramètres relatifs au système Photovoltaïque

Les paramètres concernant le système donnent à titre indicatif un ordre de grandeur du rendement de l'installation. Ils sont relatifs aux modules photovoltaïques, éléments de batterie, régulateur et convertisseur existants dans le marché.

Ces paramètres basés sur un critère liant d'un côté la satisfaction des besoins et le fonctionnement optimal du système et de l'autre la disponibilité. [14]

1.1.11.6. Paramètres relatifs au site d'installation

Le dimensionnement du générateur PV est dicté par les conditions relatives au site. Pour adopter les capacités génératrices PV/batterie, aux conditions de charge, il est indispensable de connaître les caractéristiques de l'irradiation solaire par jour ou par mois, soit l'énergie moyenne reçue sur un plan donné, à l'endroit même où sera situé le générateur PV.

Les données doivent être connues pour chaque mois de l'année. Elles peuvent être obtenues par des organismes nationaux de météorologie ou par des calculs (outil informatique), qui exigent les paramètres d'entrées suivants :

- Latitude.
- Altitude.
- Réflectivité du sol ou albédo.
- Irradiation moyenne journalière la plus défavorable dans l'année, soit mesurée ou calculée.

1.1.11.7. Paramètres concernant le module PV :

Les paramètres concernant le module PV sont :

- Tension maximale.
- Courant maximal.
- Puissance maximale.
- Les paramètres aux conditions standards (1000W, 25°C) sont donnés par le constructeur.
- L'inclinaison des modules, est un paramètre qui est relatif à la latitude du lieu.

1.1.11.8. Paramètres concernant les batteries de stockage :

Les paramètres relatifs au système de stockage sont donnés selon la disponibilité des batteries à capacité normalisée :

- Profondeur de décharge selon le constructeur.
- Rendement énergétique de la batterie.

Le dimensionnement du stockage est basé sur les paramètres d'un accumulateur au plomb acide. [11]

1.1.11.9. Paramètres concernant le régulateur de charge :

Les paramètres sont, la tension selon la puissance de la charge et le rendement donné par le constructeur.

1.1.11.10. Paramètres concernant le convertisseur :

Pour le convertisseur continu/alternatif on précisera le rendement seulement, qui est aussi donné par le constructeur.

1.1.11.11. Paramètres concernant la charge :

Les paramètres concernant la charge sont :

- Type d'alimentation continue ou alternative.
- Puissance de la charge.
- Durée de fonctionnement moyenne par jour.

1.1.12. Conclusion

Dans cette partie nous avons présenté le principe de conversion de l'énergie solaire en énergie électrique par cellule photovoltaïque, les différentes configurations des systèmes PV; ainsi que le dimensionnement des systèmes PV.

1.2. GENERALITES SUR LES OUTILS DE DIMENSIONNEMENT

1.2.1. Introduction

Pour faciliter, optimiser une installation solaire PV, plusieurs outils ont été conçus pour rendre le dimensionnement fiable. Parmi ces outils, nous avons des logiciels de dimensionnement et les tableaux Excel, qui sont les plus développés et plus utilisés. Par la suite, des applications mobiles depuis l'avènement des téléphones portables intelligents communément appelés smartphones qui sont très peu développer et de ce fait moins utilisés.

1.2.2. Quelques outils de dimensionnement solaire

Comme indiqué précédemment, nous en avons 3 grandes catégories d'outils à savoir :

- Les logiciels de dimensionnement ;
- Les tableaux Excel ;
- Les applications mobiles.

1.2.2.1. Les logiciels de dimensionnement

Quelques logiciels les plus utilisés :

- HOMER PRO ;
- PVPLANNER ;
- PVSYST ;
- RETScreen.

1.2.2.2. Les applications mobiles

- Solar Consult Lite ;
- Solar Edge Monitoring ;
- Sun Seeker ;
- Sunny Portal.

1.2.2.3. Les tableaux Excel

Cette dernière catégorie est généralement programmée par l'utilisateur lui-même en prenant soin d'insérer toutes les formules nécessaires pour réussir son dimensionnement.

1.2.3. HOMER PRO

Développé par NREL (National Renewable Energy Laboratory) USA et plus tard amélioré et distribué par HOMER Energy est un logiciel d'optimisation des micro-réseaux. HOMER signifie modèle d'optimisation hybride pour les ressources énergétiques multiples et est livré avec des outils d'analyse de simulation, d'optimisation et de sensibilité.

Le calcul CAPEX et OPEX est possible à l'aide d'un assistant de projet qui permet de simuler plusieurs sources d'énergie, ajouter plusieurs charges. Des facteurs comme la vitesse du vent, le coût du carburant et les pénalités d'émissions peuvent être inclus dans le calcul. Recherche de localisation par nom est possible. Ne génère pas de données de courbe IV ou ne fait pas d'analyse d'ombrage. Le rapport sur la production d'électricité PV est également moins complet et détaillé en raison de l'information limitée sur les données météorologiques et les données du module. De nombreux facteurs de perte pendant la production d'énergie PV ne sont pas ajoutés au calcul.

Notons, que ce logiciel n'est pas spécifiquement conçu pour le solaire PV (voir figure 7).



Figure 7: Captures d'écran de la version Homer x64 version 3.6.3

1.2.4. PV PLANNER

Ce logiciel provient du fournisseur de bases de données de ressources solaires SolarGis. Il s'agit d'un logiciel basé sur le cloud qui fonctionne sur la plate-forme SaaS (logiciel en tant que service) et affirme que leurs données sont très précises et offre une approche de validation systématique rigoureuse augmentant la fiabilité des données.

Des données satellitaires précises permettent à l'utilisateur de faire une estimation du rayonnement solaire et du potentiel d'énergie photovoltaïque d'un emplacement (figure 8) et de générer un rapport en 14 langues. Il calcule automatiquement l'ombrage du terrain mais il n'y a pas d'options pour mettre en place des structures environnantes ou faire l'analyse de l'ombrage. Il n'est disponible qu'en version en ligne, de sorte qu'une connexion Internet est obligatoire. Permet aux entreprises d'utiliser leur API et d'accéder à SolarGis via des applications de tiers.

Simulation basée sur la configuration facile en trois étapes. Les cartes interactives des ressources solaires haute résolution (iMaps) permettent aux utilisateurs de localiser avec précision l'emplacement du site. Interface est soignée et intuitive, mais les performances de l'interface pourraient être affectées par des vitesses de connectivité Internet qui est un inconvénient des logiciels en ligne.

Les données moyennes annuelles et mensuelles à long terme sont incluses dans le forfait de base. Il n'est pas possible d'importer d'autres types de données comme la NASA, Le Météonorm, ou les données enregistrées par les utilisateurs.

Utilise des modules génériques qui sont basés sur une moyenne de 18 modules couramment utilisés de diverses marques et les utilisateurs choisissent entre les modules cSi, CdTe et CIS. L'onduleur est également un générique où l'utilisateur peut définir l'efficacité. Ils affirment que la variation dans la plupart des modules n'est pas supérieure à 1,22%, ce qui est inférieur à la variation du rayonnement solaire, d'où la nécessité d'avoir un module et une base de données d'onduleurs ne se pose pas.

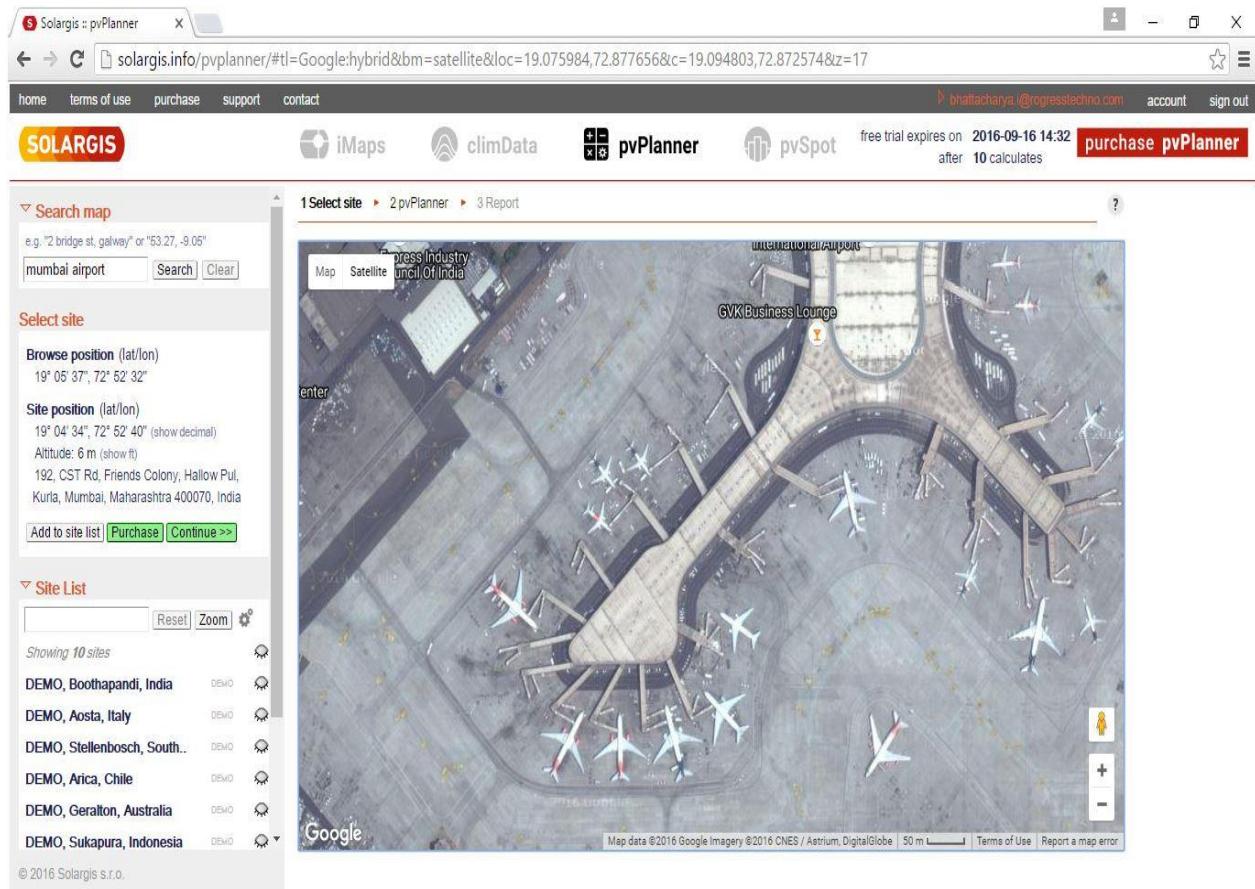


Figure 8: Captures d'écran de la version pvPlanner 2.0. (<https://www.guide-panneaux-photovoltaïques.be/astuces/applications-pour-rendement-panneaux-solaires/> le 9 juin 2020)

1.2.5. PVSYST

Développé par le physicien suisse Andre Mermoud et l'ingénieur électrique Michel Villoz, ce logiciel est considéré comme une norme pour la conception et la simulation de systèmes photovoltaïques dans le monde entier. Les développeurs affirment que ce logiciel est conçu pour être utilisé par les architectes, les ingénieurs, les chercheurs et les étudiants.

L'estimation rapide de la production à l'étape de la planification du projet, l'étude détaillée, le dimensionnement, l'estimation horaire et la génération de rapports sont ses principales caractéristiques. C'est un outil pratique pour la conception et l'estimation du système PV. Il simule la plupart des paramètres requis par les concepteurs de systèmes photovoltaïques et aide à générer un rapport de simulation complet, permet un niveau élevé de contrôle de divers facteurs. Lorsque ce programme est à la traîne, c'est sa capacité à gérer l'analyse de l'ombre.

MISE AU POINT D'UNE APPLICATION MOBILE LOCALE POUR LE DIMENSIONNEMENT DE PANNEAUX SOLAIRES PHOTOVOLTAIQUES

L'écran du programme ne peut donc pas être maximisé ce qui peut être fastidieux pour voir tous les paramètres si vous utilisez un petit moniteur.

Il regroupe le dernier fichier de données de Meteonorm, peut également compiler environ 15 sources de données différentes couvrant la plupart des régions du monde entier. Il importe également des données définies par l'utilisateur (figure 9).

La base de données groupée de la publication Photon qui répertorie des milliers de modules et de modèles d'onduleurs. Peut également saisir les données définies par l'utilisateur.

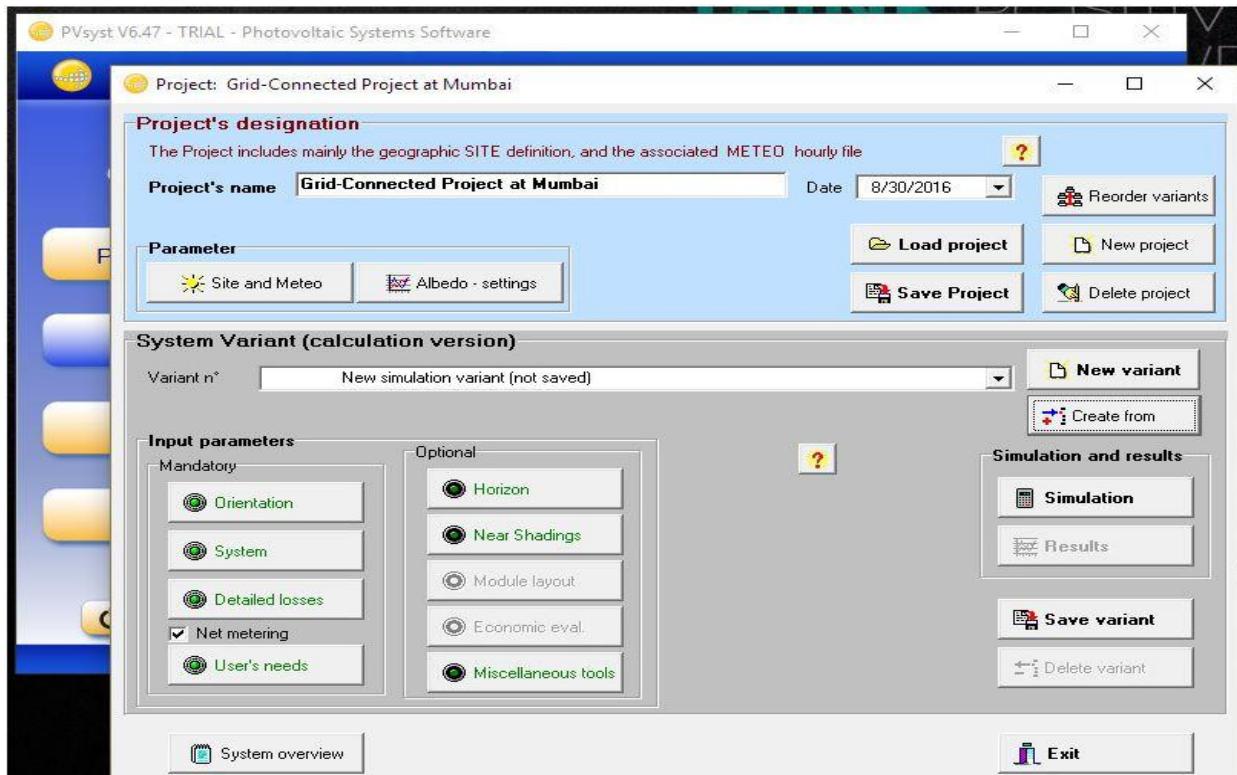


Figure 9: Captures d'écran de la version 6.47 de PVsyst

1.2.6. RETScreen

Développé par Ressources nationales Canada, il s'agit d'un outil logiciel d'analyse de projets d'énergie propre basé sur Excel qui aide les décideurs à déterminer rapidement et à peu de frais la viabilité technique et financière des projets potentiels d'énergie renouvelable, d'efficacité énergétique et de cogénération.

Programme gratuit composé d'une feuille de calcul macro activée qui a toutes les formules en place pour calculer divers types de sources d'énergie, y compris solaire PV et permet à l'utilisateur de calculer la production d'énergie PV en fonction de l'emplacement, faire

MISE AU POINT D'UNE APPLICATION MOBILE LOCALE POUR LE DIMENSIONNEMENT DE PANNEAUX SOLAIRES PHOTOVOLTAIQUES

l'analyse des coûts et de déterminer la faisabilité du projet. Bon pour les étudiants et un outil pratique pour ceux qui pourraient vouloir regarder l'investissement et les retours sur un projet solaire photovoltaïque à un stade précoce. N'a pas de fonction d'analyse ou de rapport d'ombrage.

Assez facile à utiliser comme le montre la figure 10 car il s'agit d'une feuille de calcul Excel régulière que la plupart des utilisateurs sont habitués et a macros activés avec des options de choisir parmi les listes de base. Il n'y a pas beaucoup de portée de modification de ces valeurs et pourcentages.

Livré chargé avec des données météorologiques historiques de la base de données de la NASA qui couvre toutes les grandes villes du monde entier. Aucune portée d'ajout d'autres sources de données ou de données personnalisées.

Livré avec un nombre limité de modules, mais pas des onduleurs.

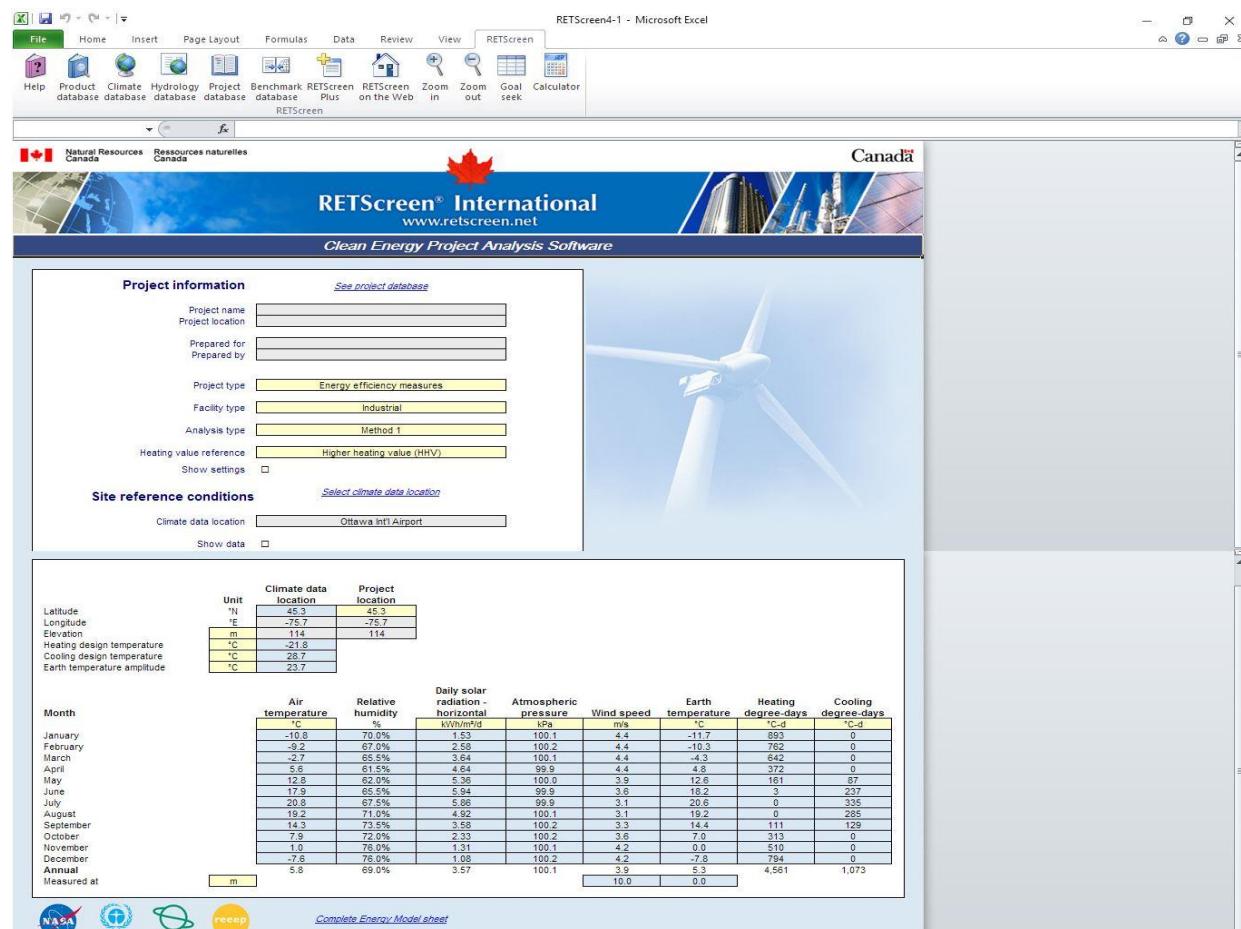


Figure 10: Captures d'écran de la version RETScreen 4

1.2.7. Solar Consult Lite

Cette application développée par Sander Haanappel et uniquement disponible pour les utilisateurs des systèmes iOS (iPhone ou IPad). Elle se base sur le toit (figure 11), c'est-à-dire, le toit est-il adapté à l'installation de panneaux solaires et quelle est la configuration la plus optimale? L'App Solar Consult peut vous donner des réponses instantanément.

Pour calculer le profit maximum possible des panneaux solaires sur un toit, vous pouvez entrer la taille du toit dans l'App. L'angle du toit et l'orientation du toit par rapport au sud sont également importants.

Ces données seront utilisées pour déterminer l'installation optimale et le rendement sera affiché instantanément. L'application est disponible dans le monde entier.



Figure 11: Capture d'écran Solar Consult LITE version 8.0 (<https://www.guide-panneaux-photovoltaïques.be/astuces/applications-pour-rendement-panneaux-solaires/> le 9 juin 2020)

1.2.8. Solar Edge Monitoring

SolarEdge, une entreprise américano-israélienne fondée en 2006, est rapidement devenue l'un des acteurs dominants du marché des onduleurs et des optimiseurs de puissance.

L'application de surveillance SolarEdge permet aux installateurs et aux propriétaires de systèmes photovoltaïques d'effectuer une surveillance à distance de leur installation solaire directement depuis leur appareil mobile. L'application permet aux utilisateurs de consulter des données en ligne et en temps réel pour les tenir au courant des performances, ce qui garantit une récolte maximale d'énergie solaire. Solar Edge Monitoring peut enregistrer votre production et votre consommation d'énergie de manière très détaillées (figure 12).

Cette application est gratuite mais implique l'achat d'un optimiseur de puissance SolarEdge qui est par ailleurs installés à côté de chaque panneau. Ils peuvent ainsi optimiser la production d'énergie de votre système et le rendement global au niveau du panneau.

Elle est également disponible en version iPhone, iPad et Android.

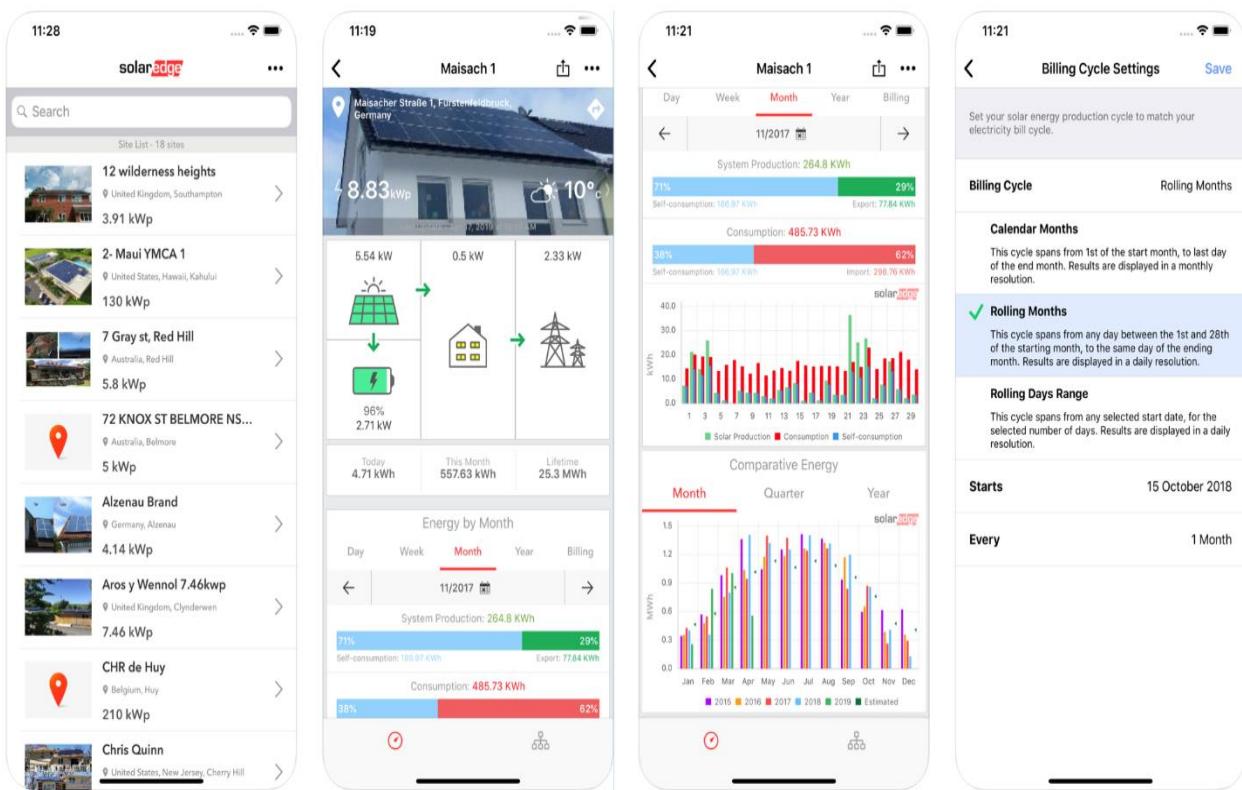


Figure 12: Capture d'écran Solar Edge Monitoring version iPhone

1.2.9. Sun Seeker

Visualiser les trajectoires solaires (voir figure 13) tout au long de l'heure et de l'année depuis votre téléphone Android avec Sun Seeker. Elle fournit une boussole et une vue 3D en réalité augmentée qui vous donne la position du soleil dans le ciel à un moment et un endroit donnés autour du globe. L'application utilise le magnétomètre, l'accéléromètre, le GPS et le gyroscope de votre appareil pour acquérir votre position et projeter avec précision la position du soleil sur votre écran. L'affichage plat de la boussole indique la position actuelle du soleil, l'angle et l'élévation du soleil diurne, le rapport de longueur des ombres, et plus encore, tandis que la superposition en réalité augmentée indique la position du soleil et sa trajectoire à différentes heures.

Notons que cette application n'est pas gratuite, elle est également disponible en version IPhone, iPad et Android.

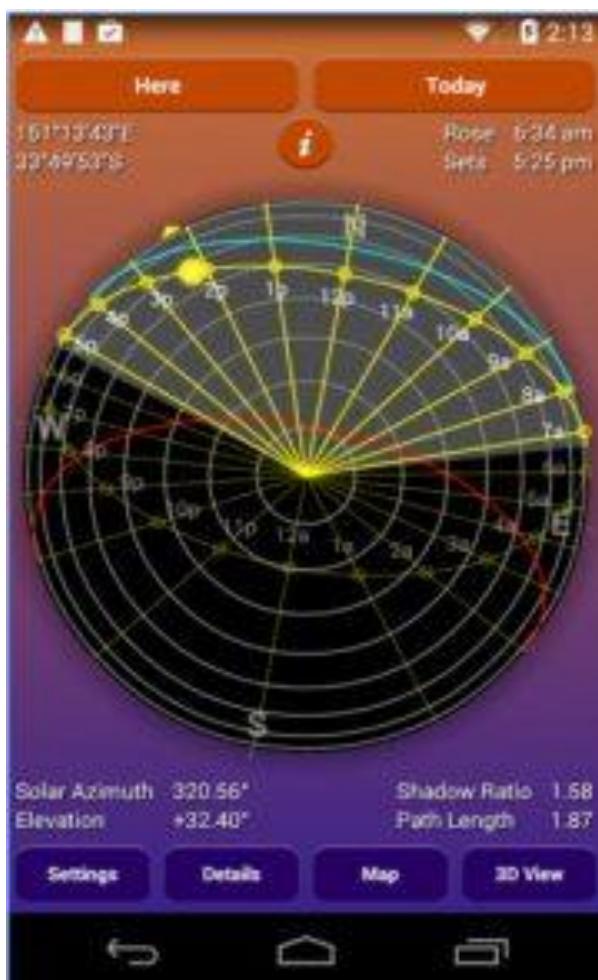


Figure 13: Capture d'écran Sun Seeker version Android

1.2.10. Sunny Portal.

Quelle que soit la taille de votre système photovoltaïque, qu'il s'agisse de petits systèmes résidentiels ou de grandes fermes photovoltaïques : Cette application vous donne accès à toutes les données de vos installations directement sur votre smartphone. Vous pouvez savoir combien d'énergie votre bâtiment a produit au cours des derniers mois. Cela permet d'économiser du temps et de l'argent.

Toutes les données importantes sont visibles d'un seul coup d'œil (figure 14). Quel a été le niveau de la récolte d'énergie aujourd'hui ou le mois dernier ? L'accès aux données sur les rendements est plus facile que jamais.

Elle est également disponible en version iPhone, IPad et Android.



Figure 14: Capture d'écran Sunny Portal

1.2.11. Conclusion

Les outils dont nous avons parlé dans cette partie sont juste des outils d'aide au dimensionnement les plus utilisés dans le monde avec un aperçu de leurs utilisations. Nous constatons que ces outils ne sont pas conçus forcément pour le contexte béninois et sont donc pour la plupart ajustés afin de répondre aux réalités du Bénin.

CHAPITRE 2 : MODELISATION ET
DEVELOPPEMENT DE L'APPLICATION
DE DIMENSIONNEMENT SOLAIRE
PHOTOVOLTAÏQUE AU BENIN

Introduction

Dans ce chapitre, il est présenté la solution qui a été développée. Tour à tour les outils utilisés, l'architecture du système, la démarche suivie et certaines fonctionnalités importantes du système de même que les paramètres utilisés pour les calculs à chaque étape sont développés et détaillés.

2.1. LANGAGE DE PROGRAMMATION ET OUTILS

2.1.1. Java

Le langage Java est un langage qui se base sur la programmation orientée objet. Le compilateur Java génère un Bytecode qui pourra être interprété par toute machine ayant le Java Runtime Environement (JRE). Le JRE effectue la traduction et l'exécution du Bytecode. Cependant, le résultat dépendra de la machine virtuelle Java en anglais Java Virtual Machine (JVM) installée sur chaque système d'exploitation. Java est le langage le plus utilisé dans le développement mobile.

2.1.2. SQLite

SQLite est une bibliothèque en langage C qui implémente un petit moteur de base de données SQL rapide, autonome, hautement fiable et complet. SQLite est le moteur de base de données le plus utilisé au monde. SQLite est intégré à tous les téléphones mobiles et à la plupart des ordinateurs et est intégré à d'innombrables autres applications que les HOMMES utilisent quotidiennement.

2.1.3. Recycleview

Le RecycleView fournit un modèle flexible pour afficher des sections sélectionnées de grands ensembles de données. Il vise à éviter la dégradation des performances qui peut survenir lors de la génération d'un grand nombre de widgets afin d'afficher de nombreux éléments de données.

La vue est générée en traitant les données, essentiellement une liste de dictionnaires, et utilise ces dictionnaires pour générer des instances de la classe de vue selon les besoins. Sa conception est basée sur le modèle MVC (Model-view-controller) ou (Model-Vue-Controller).

- ✓ **Modèle:** Le modèle est formé par les données que vous transmettez via une liste de dictionnaires.

- ✓ **Vue:** la vue est divisée entre la mise en page et les vues et implémentée à l'aide d'adaptateurs.
- ✓ **Contrôleur:** Le contrôleur détermine l'interaction logique et est implémenté par RecycleViewBehavior.

Ce sont des classes abstraites et ne peuvent pas être utilisées directement. Les implémentations concrètes par défaut sont le RecycleDataModel pour le modèle, le RecycleLayout pour la vue et le RecycleView pour le contrôleur.

Lorsqu'un RecycleView est instancié, il crée automatiquement les vues et les classes de données. Cependant, il faut créer manuellement les classes de disposition et les ajouter à RecycleView.

2.2. ETAPÉ DE LA MODELISATION ET DU CODAGE

2.2.1. Fonctionnement du système

Le système présente quatre (04) grandes phases importantes à savoir :

- **Phase 1 :** Le choix du type de l'installation. Cette phase permet à l'utilisateur de définir quel type d'installation il voudrait réaliser. Ensuite, le système offre deux possibilités : l'installation avec ou sans stockage. L'installation avec stockage implique le dimensionnement des batteries afin de pouvoir profiter de l'énergie même en absence de soleil comme le cas de la nuit, tandis que sans stockage ne permet pas cela.
- **Phase 2 :** Le choix de la zone où l'installation sera faite. Cette phase également cruciale, permet à l'utilisateur de définir dans quelle commune du Bénin, il voudrait faire son installation. Ce choix permettra à notre système de pouvoir de façon automatique définir l'irradiation par défaut de la zone. Les irradiations prédefinir seront exposé dans la suite du chapitre.
- **Phase 3 :** Le choix des équipements. C'est à cette étape que tout le travail se fera, l'utilisateur pourra définir clairement tout ce qu'il a besoin d'alimenter en électricité. A cet effet une liste déroulante lui sera proposée et il pourra choisir tous les équipements des différentes lampes jusqu'à la machine à laver en passant par la télévision etc. Il pourra ajouter au besoin d'autres équipements qui n'étaient pas prédefinis. L'utilisateur doit renseigner également la puissance unitaire de chaque équipement et leur temps d'utilisation, ce qui va permettre au système d'établir le bilan énergétique.

- **Phase 4 :** L'affichage et le partage des résultats. C'est la dernière phase, et ce niveau présente le résultat du dimensionnement et laisse la possibilité à l'utilisateur de partager son dimensionnement avec un autre collègue pour avis ou pour avoir un devis estimatif de l'installation.

2.2.2. Diagramme de cas d'utilisation

Les cas d'utilisation constituent un moyen de recueillir et de décrire les besoins des acteurs du système.

Un cas d'utilisation quant à lui permet de décrire l'interaction entre les acteurs (utilisateurs du cas) et le système. Comme l'illustre la figure 18, l'utilisateur de l'application est le seul acteur du système.

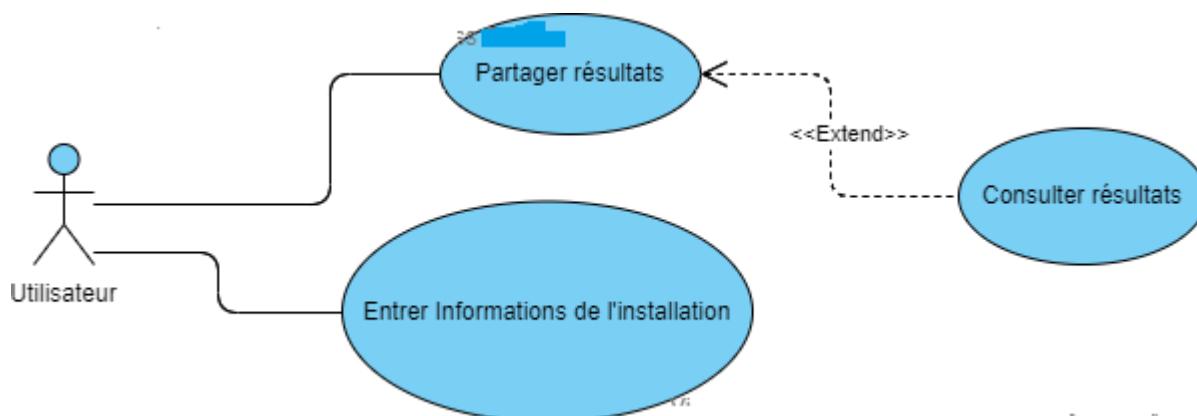


Figure 15: Schéma du diagramme de cas d'utilisation de dimensionnement

- Entrer Informations de l'installation : l'utilisateur entre les données relatives à l'installation (le site, le bilan des installations...).
- Consulter résultats : l'utilisateur consulte les résultats après avoir entré les informations de l'installation.
- Partager résultat : l'utilisateur peut partager les résultats via WhatsApp et Gmail pour contacter un fournisseur d'équipement solaire photovoltaïque.

2.2.3. Diagramme de classe

Le diagramme de classe constitue l'un des pivots essentiels de la modélisation avec UML (Unified Modeling Language » ou Langage de modélisation unifié en français). En effet, ce diagramme (figure 19) permet de donner la représentation statique du système à développer.

Cette représentation est centrée sur les concepts de classe et d'association. Dans notre système, notre diagramme des classes contient les classes : **Installation**, **Commune**, **Batterie**, **Composant**, **Panneau**

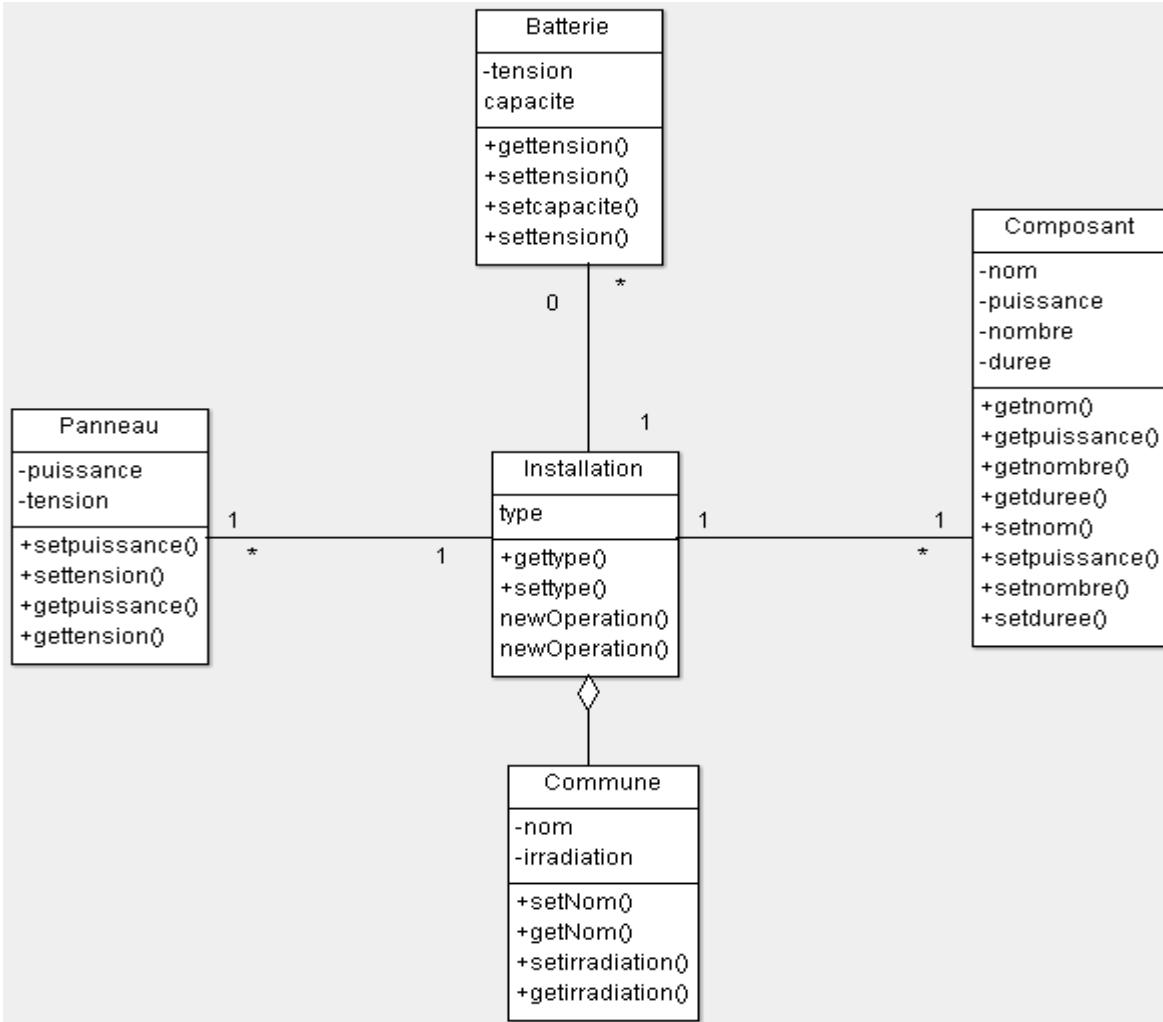


Figure 16: Schéma du diagramme de classe (source : réalisation personnelle)

2.2.4. Implémentation d'un Recycleview pour l'ajout des composants électriques

Pour réaliser l'interface de notre application et structurer le code en Android, l'utilisation des widgets est primordiale. Dans notre cas, le widget représente un composant d'interface graphique, un élément visuel d'une interface graphique (bouton, barre de défilement, liste déroulante, etc.). Pour dynamiser l'ajout des composants électriques d'une installation, nous avons œuvré pour l'utilisation du composant ou widget RecyclerView.

2.2.5. Implémentation du Modèle du Recycleview

La figure 15 montre un aperçu de l'implémentation du modèle recycleview.

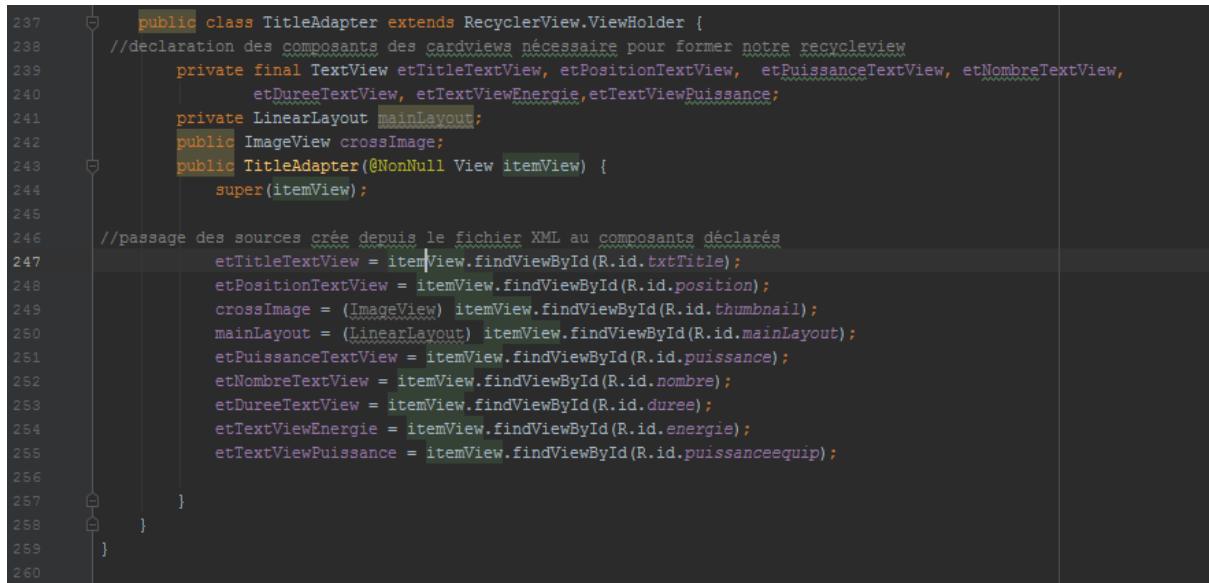
```
7  public class RecyclerData {  
8      //déclaration des attributs de la classe  
9      String title;  
10     Integer position;  
11     String puissance;  
12     String nombre;  
13     String duree;  
14     //getter de l'attribut position pour retourner la position du composant  
15     public Integer getPosition() { return position; }  
16     //setter de l'attribut position pour passer des valeur à l'attribut position  
17     public void setPosition(Integer position) { this.position = position; }  
18     //getter de l'attribut title pour retourner le titre du composant  
19     public String getTitle() { return title; }  
20     //setter de l'attribut title pour passer des valeur à l'attribut title  
21     public void setTitle(String title) { this.title = title; }  
22     //getter de l'attribut image pour retourner l'image du composant  
23     public void setCrossImage(ImageView crossImage) { setCrossImage(crossImage); }  
24     //getter de l'attribut puissance pour retourner la puissance du composant  
25     public String getPuissance() { return puissance; }  
26     //setter de l'attribut position pour passer des valeur à l'attribut puissance  
27     public void setPuissance(String puissance) {this.puissance = puissance; }  
28     //getter de l'attribut duree pour retourner la duree du composant  
29     public String getDuree() { return duree; }  
30     //setter de l'attribut duree pour passer des valeur à l'attribut duree  
31     public void setDuree(String duree) { this.duree = duree; }  
32     //getter de l'attribut nombre pour retourner le nombre du composant  
33     public String getNombre() { return nombre; }  
34     //setter de l'attribut nombre pour passer des valeur à l'attribut nombre  
35     public void setNombre(String nombre) { this.nombre = nombre; }  
36 }  
37 }
```

Figure 17: Code du Modèle du Recycleview

2.2.6. Implémentation de la Vue du Recycleview

La figure 16 nous montre le code ayant servir à l'implémentation de la Vue du Recycleview

MISE AU POINT D'UNE APPLICATION MOBILE LOCALE POUR LE DIMENSIONNEMENT DE PANNEAUX SOLAIRES PHOTOVOLTAIQUES

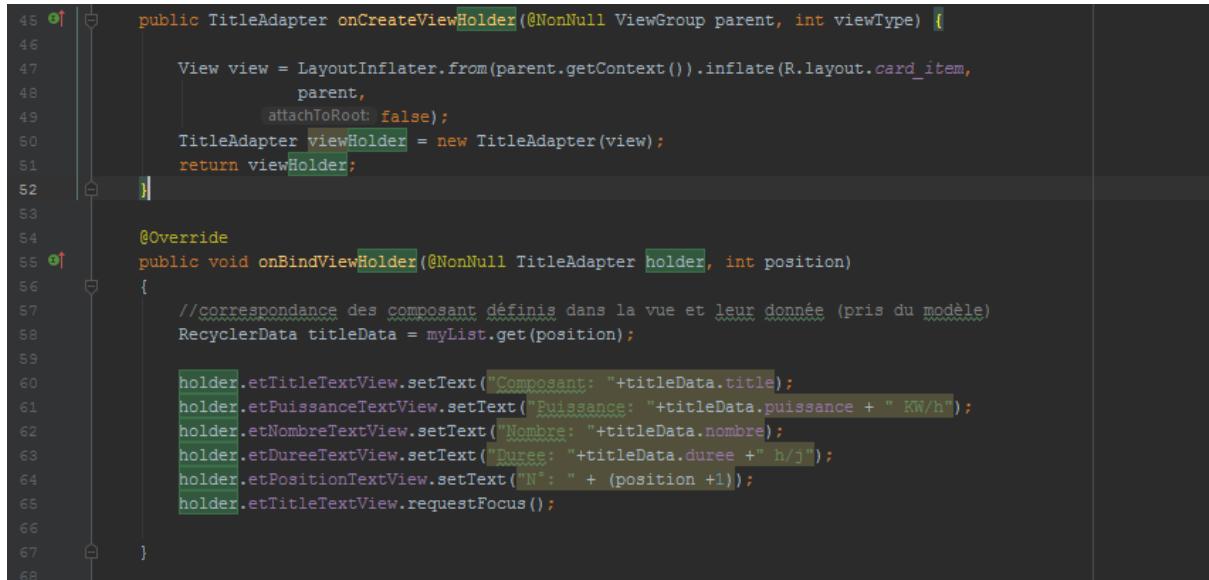


```
237 public class TitleAdapter extends RecyclerView.ViewHolder {
238     //declaration des composants des cardviews nécessaire pour former notre recyclerview
239     private final TextView etTitleTextView, etPositionTextView, etDureeTextView, etPuissanceTextView, etNombreTextView,
240             etCrossImage;
241     private LinearLayout mainLayout;
242     public ImageView crossImage;
243     public TitleAdapter(@NonNull View itemView) {
244         super(itemView);
245
246         //passage des sources crée depuis le fichier XML au composants déclarés
247         etTitleTextView = itemView.findViewById(R.id.txtTitle);
248         etPositionTextView = itemView.findViewById(R.id.position);
249         crossImage = (ImageView) itemView.findViewById(R.id.thumbnail);
250         mainLayout = (LinearLayout) itemView.findViewById(R.id.mainLayout);
251         etPuissanceTextView = itemView.findViewById(R.id.puissance);
252         etNombreTextView = itemView.findViewById(R.id.nombre);
253         etDureeTextView = itemView.findViewById(R.id.duree);
254         etTextViewEnergie = itemView.findViewById(R.id.energie);
255         etTextViewPuissance = itemView.findViewById(R.id.puissanceequip);
256
257     }
258 }
259
260 }
```

Figure 18: Code de la Vue du Recycleview

2.2.7. Implémentation du contrôleur du Recycleview

La figure 17 nous montre un aperçu du code permettant l'implémentation du contrôleur du Recycleview



```
45     public TitleAdapter onCreateViewHolder(ViewGroup parent, int viewType) {
46
47         View view = LayoutInflater.from(parent.getContext()).inflate(R.layout.card_item,
48                             parent,
49                             attachToRoot: false);
50         TitleAdapter viewHolder = new TitleAdapter(view);
51         return viewHolder;
52     }
53
54     @Override
55     public void onBindViewHolder(@NonNull TitleAdapter holder, int position)
56     {
57         //correspondance des composant définis dans la vue et leur donnée (pris du modèle)
58         RecyclerData titleData = myList.get(position);
59
60         holder.etTitleTextView.setText("Composant: " + titleData.title);
61         holder.etPuissanceTextView.setText("Puissance: " + titleData.puissance + " KW/h");
62         holder.etNombreTextView.setText("Nombre: " + titleData.nombre);
63         holder.etDureeTextView.setText("Durée: " + titleData.duree + " h/j");
64         holder.etPositionTextView.setText("N°: " + (position + 1));
65         holder.etTitleTextView.requestFocus();
66
67     }
68 }
```

Figure 19: Code du contrôleur du Recycleview

2.3. LES DONNEES DES DIFFERENTS CALCULS DU DIMENSIONNEMENT INTEGRÉ AU SYSTEME

Les étapes à suivre pour réussir les calculs du dimensionnement sont:

- ✓ estimer l'énergie électrique qui sera consommée Ec ;

- ✓ l'énergie électrique à produire E_p ;
- ✓ calculer la puissance crête du générateur P_c ;
- ✓ calculer le nombre de panneau ;
- ✓ calculer le nombre de panneau en série/parallèle ;
- ✓ calculer la capacité de stockage et le nombre de batterie ;
- ✓ détermination du régulateur de charges.

2.3.1. Estimer l'énergie électrique qui sera consommée : E_c

Avant toute chose, il faudrait que l'utilisateur recense, tous les équipements avec leurs puissances et les temps d'utilisation.

Elle est définie par :

$$E_c = \sum (n \times P_u \times t)$$

Avec :

n : le nombre d'équipement de même puissance et même temps d'utilisation ;

Pu : la puissance unitaire de chaque équipement de même type ;

et **t** : le temps d'utilisation.

2.3.2. L'énergie électrique à produire E_p

Un panneau solaire produit de l'électricité de manière intermittente à cause des variations d'éclairement du soleil. La puissance électrique qu'il fournit exprimée en watts varie donc suivant les heures de la journée et des saisons. Pour pouvoir comparer la puissance entre panneaux, on utilise le Watt crête, une mesure qui correspond à la puissance maximale que pourra débiter le panneau dans les conditions d'éclairement optimales STC. Ces conditions sont $1000W/m^2$.

Elle est définie par :

$$E_p = \frac{E_c}{k}$$

Avec :

Ep : l'énergie produite en Wh;

Ec : l'énergie consommée en Wh;

et **k** le coefficient de l'incertitude météorologique.

Ce coefficient k prend en compte l'incertitude météorologique, l'inclinaison non corrigée des modules, la non optimalité du point de fonctionnement des modules (vieillissement, poussières, etc.), le rendement de charge et de décharge des batteries, le rendement du régulateur et de l'onduleur, et des pertes dans les câbles et les connexions. k est généralement compris entre 0,55 et 0,65. Pour notre système, nous fixons la valeur de k à 0,60 en raison de la moyenne.

2.3.3. La puissance crête du générateur P_c

Le calcul de cette puissance est également nécessaire pour savoir quel type de panneaux et le nombre de panneaux à choisir pour l'installation. Elle s'exprime en :

$$P_c = \frac{E_c}{k \times I_r}$$

Avec :

I_r : l'irradiation du site en kWh/m² ;

E_c : l'énergie consommée en Wh;

et **k** le coefficient de l'incertitude météorologique.

2.3.4. Le nombre de panneau

Pour déterminer le nombre de panneau, on s'intéressera d'abord à deux paramètres qui sont : la consommation moyenne journalière, et la puissance crête du générateur. Il s'exprime en :

$$N_p = \frac{P_c}{P_p}$$

Avec :

N_p : le nombre de panneau à installer ;

P_c : la puissance crête du générateur en W;

P_p : la puissance crête du panneau choisi par l'utilisateur en W.

2.3.4.1. Le nombre de panneau en série/parallèle

Une fois le nombre de modules connu, on s'intéressera à l'architecture du générateur PV.

On obtient le nombre de modules en série N_{MS} grâce à la relation suivante:

$$N_{MS} = \frac{V_{Syst}}{V_{max}}$$

Avec :

N_{MS} : le nombre de modules en série ;

V_{syst} : la tension de l'installation en V ;

et **V_{max}** la tension maximale du module choisi en V.

Le nombre de branches en parallèle est déterminé comme suit :

$$N_{BP} = \frac{N_P}{N_{MS}}$$

Dans cette relation :

N_{BP} : est nombre de branches en parallèle ;

N_p : le nombre de panneau à installer ;

N_{MS} : le nombre de modules en série.

2.3.5. La capacité de la batterie et nombre de batterie

Les batteries restent les éléments les plus fragiles du dispositif et la qualité de leur contrôle et de leur entretien, influence grandement leurs durées de vie. Pour déterminer leur nombre nécessaire, il faut d'abord connaître la consommation journalière de l'installation, la tension, et leurs capacités. Ensuite on détermine l'autonomie que l'on souhaiterait avoir, puis on évalue les pertes et leur profondeur maximale de décharge.

La capacité totale que devra accumulée les batteries est donnée par la Formule suivante :

$$C_{tot} = \frac{E_C \times J_{Aut}}{Dp \times U}$$

Avec :

C_{tot} : la capacité total des batteries en Ah ;

E_C : l'énergie consommée en Wh ;

J_{Aut} : le nombre de jour d'autonomie du système ;

Dp : la profondeur de décharge ;

et **U** : tension nominale de la batterie en V.

Le nombre de jour d'autonomie (**J_{Aut}**) varie généralement entre 3 à 5 jours en climat tropical.

Pour le système étudié, une autonomie de 3 jours a été choisie vu que le Bénin est situé dans une zone tropicale où le soleil est en abondance. La profondeur de décharge **Dp** est fixée à 0,8.

Cette capacité totale ayant été obtenue, on fait le rapport de celle-ci par la capacité réelle de la batterie pour en obtenir le nombre total **N_{Bat}**.

$$N_{Bat} = \frac{C_{tot}}{C_{bat}}$$

Avec :

C_{tot} : la capacité total des batteries en Ah ;

C_{bat} : la capacité réelle de la batterie en Ah.

2.3.6. Détermination du régulateur de charges

Le contrôleur de charge est l'élément central d'un système photovoltaïque autonome. Il contrôle les flux d'énergie. Les panneaux solaires n'envoient pas à tout moment de la journée un flux continu d'électricité. Le contrôleur de charge régule donc le flux afin d'alimenter les batteries avec régularité et les protéger. Par ailleurs, lorsque le ciel est très couvert, et que les panneaux ne délivrent plus d'énergie, il peut arriver que l'utilisateur ait besoin d'énergie. Ce qui occasionnerait une importante décharge des batteries. Le régulateur intervient alors pour prévenir d'une trop profonde décharge qui endommagerait les batteries. Le contrôleur de charge assure à la fois les fonctions de surveillance et de protection. On doit s'assurer que le régulateur ait une intensité de courant plus grande ou égale à celle produite par des panneaux. On considère que les modules sont tous mis en parallèles. Cela nous permet de déterminer l'intensité maximale produite par les modules PV. En sortie : on doit s'assurer que le régulateur ait une intensité plus grande ou égale à l'intensité traversant les charges (c'est-à-dire les appareils à alimenter). On considère la puissance utilisée par nos générateurs car c'est la puissance demandée par ces charges. À l'entrée, le dimensionnement de la régulation de charge dépend de la puissance du générateur. L'intensité d'entrée du régulateur doit être supérieure à la valeur maximale de l'intensité produite par le générateur c'est-à-dire l'ensemble des panneaux ou modules. On applique les relations suivantes :

$$I_{gen} = \tau \times N_p \times I_{cc}$$

$$I_{gen} = \tau \frac{P_c}{V_{syst}}$$

Avec :

I_{gen} : l'intensité du régulateur de charge en A;

τ : une constante donné dans le système comme 1,25 ;

N_p : le nombre de panneau ;

I_{cc} : le courant de court-circuit d'un panneau en A;

P_c : la puissance crête du générateur en W ;

V_{syst} : la tension de l'installation en V.

2.3.7. L'irradiation

L'irradiation étant l'un des paramètres clé du système afin qu'elle soit véritablement adaptée au contexte béninois, elle a été collectée et insérée par défaut dans l'application (Annexe 1). Ainsi l'utilisateur en choisissant la commune dans laquelle il souhaite faire son installation, le système lui insère automatiquement l'irradiation de la zone.

Ces données ont été obtenues à la DGRE en une année et en intervalle, c'est-à-dire l'irradiation en période favorable et défavorable qui a été ramené en jour et en utilisant les données les plus défavorables sur toute l'année dans toutes les communes.

Pour rappel, l'irradiation est l'énergie solaire moyenne reçue sur le site (plan horizontal) par jour ou par an et dans ce cas cette énergie est reçue par jour [15].

Les plages de tension correspondantes aux puissances à installer :

Tableau 1: Tensions correspondantes aux marges de puissances [16]

Puissance	Tension
< 500 W _c	12 V
501 à 2000 W _c	24 V
2001 à 10000 W _c	48 V
> 10001 W _c	> 48 V

Ces données ont également été ajoutées automatiquement à l'application afin de faciliter à l'utilisateur le choix de la tension requise à l'installation.

Conclusion

Dans ce chapitre, il a été présenté essentiellement la démarche utilisée pour la conception de l'application tout en exposant la phase de conception de la solution à travers des diagrammes UML. Le chapitre suivant présente une simulation de certaines fonctionnalités du système proposé.

**CHAPITRE 3 : ETUDE DE CAS, RETOURS
D'EXPERIENCE D'UTILISATEURS ET
PERSPECTIVES**

Introduction

Ce dernier chapitre réparti en trois (03) parties dont une partie sur les différents tests sur l'application à travers le dimensionnement de 3 types de bâtiments dont une administration au sud du Bénin, un ménage au centre du Bénin et une maison locative au nord du Bénin , une deuxième partie sur l'avis de 3 utilisateurs ciblés exerçant dans le domaine de l'énergie en général, et une dernière partie consacrée à la vision à court et à long terme concernant l'application.

3.1. ETUDE DE CAS

Les trois bâtiments dont il s'agit ici sont :

- une administration située à Cotonou ;
- une maison personnelle située à Bohicon ;
- et une maison locative située à Malanville ;

3.1.1. L'administration

Le choix s'est porté sur le lieu de stage : la Direction Générale des Ressources Énergétiques du Bénin (Voir figure 20) situé à Akpakpa dans la commune de Cotonou.



Figure 20: Aperçu de l'entrée de la DGRE montrant le bâtiment dimensionné

MISE AU POINT D'UNE APPLICATION MOBILE LOCALE POUR LE DIMENSIONNEMENT DE PANNEAUX SOLAIRES PHOTOVOLTAIQUES

Cette direction technique du Ministère de l'Énergie du Bénin compte cinquante-huit (58) bureaux, neuf (09) toilettes, et une salle de conférence, qui sont répartis pour servir la DGRE, les différents projets comme le PASE, le RECASEB.

Le dimensionnement choisi ici, est sans stockage et uniquement sur les équipements de premières (1^{ère}) nécessités au bureau de la DGRE (35 bureaux et 5 toilettes) à savoir :

- les lampes ;
- les imprimantes ;
- et les ordinateurs.

Ceci pour éviter d'avoir un grand champ solaire, qui serait coûteux à la Direction.

Tableau 2: Estimation des besoins de la DGRE.

Désignations	Puissances (W)	Nombres	Temps d'utilisation (h)
Lampe type 1	18	82	9
Lampe type 2	36	58	9
Lampe type 3	5	12	9
Imprimante blanc-noir	814	15	5
Imprimante couleur	570	10	3
Ordinateur desktop	150	9	9
Ordinateur laptop 1	55	12	6
Ordinateur laptop 2	65	12	6

3.1.2. Résultat du dimensionnement de l'administration

Résumé :

- Type d'installation : Sans stockage ;
- Commune : Cotonou ;
- Tension du système : 48,0V ;
- Besoin journalier : 131,556 kWh
- Panneau choisi : 330W-24V Poly
- Nombre de panneau : 192
- Puissance crête du système : 39,488 kWc

MISE AU POINT D'UNE APPLICATION MOBILE LOCALE POUR LE DIMENSIONNEMENT DE PANNEAUX SOLAIRES PHOTOVOLTAIQUES



Figure 21: Capture d'écran du résultat du dimensionnement par l'application

3.1.3. La maison personnelle

Situé à Agonvèzoun dans la commune de Bohicon, ce ménage avec trois (03) enfants a été choisi par affiliation avec le propriétaire.

MISE AU POINT D'UNE APPLICATION MOBILE LOCALE POUR LE DIMENSIONNEMENT DE PANNEAUX SOLAIRES PHOTOVOLTAIQUES

Elle est constituée de quatre (04) chambres, deux (02) salons, trois (03) salles de douche et toilettes, deux (02) cuisines, une boutique, et deux (02) garages (voir figure 22). Le dimensionnement choisi ici est avec stockage compte tenu des nécessités de la maison.



Figure 22: Aperçu de la maison montrant: une véranda, le garage et la cour

Les équipements recensés ici dans ce cas sont :

- lampes ;
- appareils de sonorisations ;
- postes téléviseurs ;
- décodeurs ;
- brasseurs ;
- ventilateurs ;
- lecteur DVD ;
- fer à repasser ;
- imprimantes ;
- réfrigérateurs ;
- et des ordinateurs portables.

Tableau 3: Estimation des besoins du ménage

Désignations	Puissances (W)	Nombre	Temps d'utilisation (h)
Lampes salon	18	6	7
Lampes chambres	3	4	5
Veilleuses	20	6	4
Lampes garage	18	2	2
Lampes cuisine	5	2	5
Lampes extérieures	5	4	8
Lampes boutique	5	3	5
Appareil de sonorisation	150	1	1
Poste téléviseur salon	140	1	8
Poste téléviseur chambre	140	1	3
décodeur salon	38	1	8
décodeur chambre	38	1	3
brasseurs salon	45	2	7
Brasseurs chambres	45	1	5
Ventilateurs	35	4	6
Lecteur DVD	45	1	2
fer à repasser	1200	1	1
réfrigérateur	550	1	9
Imprimante	570	1	1
Ordinateurs portable	55	4	4

3.1.4. Résultat du dimensionnement de la maison personnelle

Résumé :

- Type d'installation : Avec stockage ;
- Commune : Bohicon ;
- Tension du système : 48,0V ;

MISE AU POINT D'UNE APPLICATION MOBILE LOCALE POUR LE DIMENSIONNEMENT DE PANNEAUX SOLAIRES PHOTOVOLTAIQUES

- Besoin journalier : 13,146 kWh ;
- Panneau choisi : 330W-24V Poly ;
- Nombre de panneau : 21 ;
- Panneau en parallèle : 7 ;
- Panneau en série : 3 ;
- Puissance crête du système : 3,946 kWc ;
- La capacité du système : 6846,9 Ah.



Figure 23: Affichage des résultats du dimensionnement par l'application.



Figure 24: Aperçu du besoin en panneau et type de montage par l'application



Figure 25: Aperçu du besoin en batterie et le régulateur de charge par l'application.

3.1.5. La maison locative

Elle est localisée à Malanville et choisie à cause de son emplacement (nord) et sa configuration (voir figure 26). En effet c'est une nouvelle construction d'appartement de deux (02) chambres salon pour deux (02) ménages et pré-équipé pour les futurs locataires de passage pour raison d'affectation de service dans ladite commune.



Figure 26: Aperçu de la maison montrant: la cour, et les deux appartements

Les équipements prévus par le propriétaire pour les 3 ménages sont :

- lampes ;
- postes téléviseurs ;
- lecteur DVD ;
- ordinateurs portables ;
- décodeurs ;
- brasseurs ;
- ventilateurs ;
- réfrigérateur ;
- appareils de sonorisations ;
- fer à repasser ;
- chargeurs portables ;
- chauffe-eau ;
- imprimantes
- micro-ondes.

MISE AU POINT D'UNE APPLICATION MOBILE LOCALE POUR LE DIMENSIONNEMENT DE PANNEAUX SOLAIRES PHOTOVOLTAIQUES

Tableau 4: Estimation des besoins de la maison locative.

Désignations	Puissances (W)	Nombres	Temps d'utilisation (h)
Lampes salons	5	6	8
Lampes chambres	3	8	5
Lampes cuisines	5	4	5
Veilleuses	10	6	7
Lampes vérandas	5	2	6
Lampes garages	5	2	2
Lampes extérieures	3	4	10
Appareils de sonorisation	200	2	2
Postes téléviseurs salons	150	2	7
Postes téléviseurs chambres	140	2	4
Micro-onde	1000	2	1
Décodeurs salons	38	2	7
Décodeurs chambres	38	2	4
Brasseurs salons	45	4	5
Brasseurs chambres	45	2	5
Ventilateurs salons	35	2	6
Ventilateurs chambres	55	4	5
Lecteurs DVD	45	2	2
Imprimantes	550	2	1
fers à repasser	1500	2	1
réfrigérateurs	750	2	9
Ordinateurs bureau	165,8	2	3
Ordinateurs portable	65	6	4
Chargeurs téléphones	5	8	4
Mixeur	450	2	1
Chauffe-eau	800	2	1

3.1.6. Résultat du dimensionnement de la maison locative

Résumé :

- Type d'installation : Avec stockage ;
- Commune : Malanville ;
- Tension du système : 48,0V ;
- Besoin journalier : 35,794 kWh ;
- Panneau choisi : 360W-24VMono ;
- Nombre de panneau : 28 ;
- Panneau en parallèle : 7 ;
- Panneau en série : 4 ;
- Puissance crête du système : 9,720 kWc ;
- La capacité du système : 18642,7 Ah.

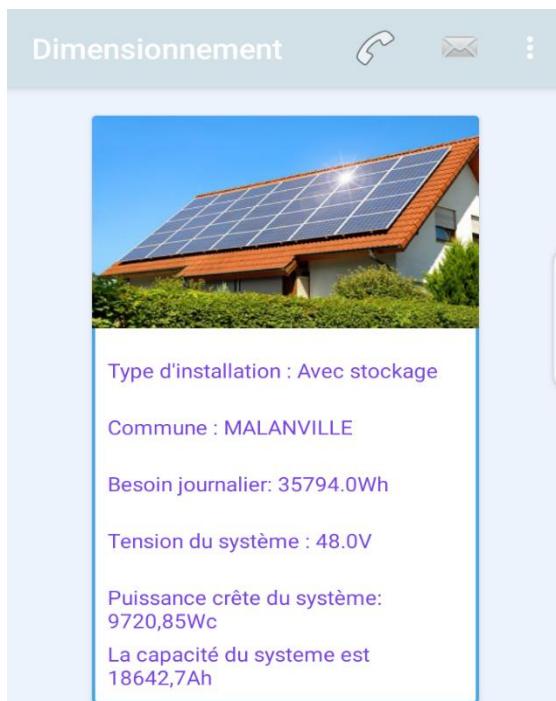


Figure 27: Aperçu des résultats du dimensionnement par l'application.



Figure 28: Aperçu des besoins en panneau et type de montage par l'application.



Figure 29: Aperçu du besoin en batterie et le régulateur de charge par l'application.

3.2. RETOURS D'EXPERIENCES D'UTILISATEURS

L'application a été envoyée à deux (02) entreprises formelles (enregistrées en République du Bénin) sous signature de contrat de confidentialité (Voir annexes 2).

Toutes les entreprises ont reçu l'application et installé sur le téléphone mobile du technicien qui s'occupe des installations solaire PV pour des essais et avis.

Les entreprises dont il s'agit sont :

- ADOUNI STAR SARL ;
- UNIVERSAL TECHNOLOGY SARL ;

3.2.1. ADOUNI STAR SARL

3.2.1.1. Présentation de la structure :

La société ADOUNI STAR SARL est une structure spécialisée dans la vente de matériels électriques et électroniques, achat et vente de matériels bureautiques, quincaillerie, prestation de services en énergie électrique et divers enregistré au Bénin sous IFU 0201710066594 N° RCCM RB/ABC/17 B1837 et exerçant depuis plus de 3 ans sur le territoire et dans le domaine de l'énergie.

3.2.1.2. Forces de l'application présentée

D'après le retour fait par le promoteur de la structure, il a été noté :

- facile à utiliser ;
- pratique pour les non-professionnels
- simplifie le dimensionnement ;
- une première au Bénin.

3.2.1.3. Faiblesses de l'application présentée

Bien qu'étant une solution pratique, il a été souligné quelques imperfections :

- interface basique ;
- ne permet pas un dimensionnement complet jusqu'aux câbles ;
- manque les données d'altitude et longitude ;
- manque l'inclinaison adéquat pour la zone choisie ;
- en renseignant les équipements, on remarque que la lampe est mise par défaut ;
- le bilan énergétique est toujours donné en W ce qui fait qu'on voit des chiffres élevés.

3.2.2. UNIVERSAL TECHNOLOGY SARL

3.2.2.1. Présentation de la structure :

La société UNIVERSAL TECHNOLOGY SARL est une structure spécialisée dans les BTP, vente de matériels électriques et électroniques, achat et vente de matériels bureautiques, quincaillerie, prestation de services en énergie électrique et divers enregistré au Bénin sous IFU 3202011503881 RCCM RB/COT/20 B27107 et est une entreprise nouvelle ayant moins d'un an d'exercice.

3.2.2.2. Forces de l'application présentée

D'après le retour fait par le promoteur de la structure, il a été noté :

- facile à utiliser ;
- simplifie le dimensionnement ;

3.2.2.3. Faiblesses de l'application présentée

Bien qu'étant une solution pratique, il a été souligné quelques imperfections :

- ne permet pas un dimensionnement complet jusqu'aux câbles ;
- l'affichage est basique ;
- en renseignant les équipements, on remarque que la lampe est mise par défaut ;
- le bilan énergétique est toujours donné en W ce qui fait qu'on voit des chiffres élevés.

3.3. PERSPECTIVES

La vision globale de l'outil présenté étant d'être une solution pratique, fiable et incontournable, l'application se doit alors d'être de très bonne qualité tout en répondant aux besoins du contexte national.

Dans un premier niveau, cette version sera mise à la disposition de plusieurs autres professionnels du secteur privé comme public des énergies renouvelables sur une période de trois (03) mois afin d'avoir un rapport beaucoup plus détaillé sur les faiblesses de l'application les points à améliorer, les zones d'ombres et tous autres avis pouvant permettre de parfaire l'application. Il sera également mis à disposition des étudiants en énergies renouvelables avec le code source l'application afin que cela soit utiliser pour des cours pratiques et bien sûr qu'ils puissent faire un retour aux enseignants toujours dans le but d'améliorer cette dernière.

Dans un deuxième niveau, après la prise en compte des différentes remarques, retours du premier niveau et la modélisation des données, il sera remis à disposition d'une plus grande masse pour une durée de trois (03) mois également à travers le téléchargement libre et gratuit sur Play store. Suivra une campagne de communication et sensibilisation autour de l'application afin que toutes les personnes à divers niveau dans la chaîne des énergies renouvelables et en particulier de l'énergie solaire puissent en prendre connaissance, l'utiliser et en faire un outil indispensable pour elles.

Un troisième et dernier niveau qui constituera cette fois-ci à connecter l'application à internet afin que certaines données soient prises en temps réel, puis d'avoir une version pour les systèmes iOS (Apple mobile et MacBook) puis un logiciel pour les ordinateurs sous Windows. En somme cette dernière étape consiste à l'étendre à beaucoup plus d'utilisateurs et rendre la solution payante afin de pouvoir rentabiliser à long terme.

Conclusion

Ce chapitre a permis essentiellement de faire la prise en main de l'application, de faire quelques tests à travers le dimensionnement de certains bâtiments et d'avoir quelques avis sur l'application, puis à donner les perspectives sur l'application.

CONCLUSION GENERALE

Le travail présenté dans ce mémoire concerne une application des plus actuelles de l'énergie renouvelable, celle de l'utilisation de l'énergie solaire photovoltaïque avec des méthodes rationnelles. A cet effet l'objectif général de notre travail était l'étude et la réalisation d'une application mobile permettant de dimensionner un système photovoltaïque au Bénin.

Dans un premier volet, nous avons passé en revue les différentes technologies des cellules solaires tout en décrivant le fonctionnement des systèmes photovoltaïques en passant sur chaque composante du système. Ensuite nous avons présenté les différentes méthodes existantes de dimensionnement solaire PV dans le premier chapitre.

Dans le deuxième volet nous sommes passés à la conception de l'application de dimensionnement solaire photovoltaïque proprement dite. La présentation du langage de programmation, les étapes du codage, la modélisation du système avec le logiciel java, et l'insertion des données de calcul du dimensionnement ont été développés dans le deuxième chapitre.

Dans le troisième et dernier chapitre nous, avons effectué les tests de l'application en relevant les insuffisances de cette dernière. Ce chapitre a permis entre autre de faire trois (03) études de cas, ensuite d'avoir le retour d'utilisation de certains utilisateurs que nous avons ciblé, pour finir par les perspectives, et projections que nous faisons sur la solution proposée.

Notons également ici que le nom proposé pour l'application dans ce mémoire est : "MERSE_DimPV" pour dire Master Energies Renouvelables et Systèmes Energétiques Dimensionnement Photovoltaïque en honneur à notre formation. Toutefois ce nom se verra changer lorsque l'application sera mise à disposition de tous les utilisateurs, mais cette version gardera son nom. Il est à souligner également que l'application ne fonctionne pas sur les systèmes ayant une version Android inférieure à la version 7. Il faut donc une version d'Android supérieure ou égale à la version 7.

En résumant l'essentiel du travail effectué dans ce mémoire, il faudrait noter d'une manière générale que, cette étude a apporté les éléments nécessaires pour la mise en place du dimensionnement d'un système photovoltaïque autonome, en tenant compte du contexte béninois.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Cohen, Claudia, 2019, Infographie Le FIGARO, <https://www.lefigaro.fr/economie/le-scan-eco/dessous-chiffres/climat-les-emissions-mondiales-de-co2-ont-augmente-de-55-en-vingt-ans-20190419>.
- [2] Jean jacques Beziane, 2012, « L'énergie solaire », 2e édition.
- [3] Alain Cheron, 2014, « Le rayonnement solaire dans l'environnement terrestre »
- [4] D.P. Kothari, K.C. Singal and Rakesh Ranjan, 2018, «Renewable Energy Sources and Emerging Technologies», second Edition.
- [5] Anne LABOURET et Michel Villoz, 2012, « Energie solaire photovoltaïque », 4^e édition.
- [6] Revue Systèmes Solaires, Journal des Énergies Renouvelables http://www.energiesrenouvelables.org/accueil_systemes_solaire.
- [7] Alain RICAUD – Photopiles solaires, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes (Suisse), Collection « Cahiers de Chimie » (De la physique de la conversion photovoltaïque aux filières, matériaux et procédés).
- [8] Benahmed Benabdallah Nadia, 2006, « Propriétés physique des semi-conducteurs (Si monocristallin et Ge) et simulation des cellules à base de Si », Thèse de Magister, Université Abou Bekr Belkaïd de Tlemcen.
- [9] M. Angel Cid, 2015, «conception et réalisation de modules photovoltaïques électroniques», thèse.
- [10] Y.Tebboub, 2014, « étude conceptuelle des systèmes photovoltaïques à double et triple jonction » mémoire de magister, UMMTO.
- [11] A.Saadi and A.Moussi, 2003, « neural network use in MPPT of photovoltaic Pumping system».
- [12] ZERROUKI Zolikha et BEREKSI REGUIG Rym, 2017, « Dimensionnement d'un système photovoltaïque autonome » mémoire de master Génie Electrique et Electronique.
- [13] K.Benlarbi, L, Mokrani, M.S .Nait-Said, 2004, «Afuzzy global efficiency optimization of a photovoltaic water system », Solar Energy 77.
- [14] Y.Baklli, 2005, «Etude et dimensionnement d'un convertisseur statique pour la connexion d'un générateur PV » mémoire Magister, Université de Boumerdes.

[15] H. P. and J. Prakash, 2018, « Solar Energy fundamentals and Applications », first revised edition, Mc Graw Hill education.

[16] S. P Sukhatme and J. K Nayak, 2019, « Solar Energy », fourth edition, Mc Graw Hill education.

ANNEXES

Annexe 1 : Irradiation insérée par défaut dans l'application

Tableau 5:Irradiation moyenne des 77 communes du Bénin par la Direction Générale des Ressources Energétiques

N°	Communes	Irradiation (kWh/m ²)
1	Banikoara	5,7534
2	GOGOUNOU	5,7534
3	KANDI	5,7534
4	KARIMAMA	5,7534
5	MALANVILLE	5,7534
6	SEGBANA	5,7534
7	BOUKOUMBE	5,4795
8	COBLY	5,4795
9	KEROU	5,7534
10	KOUANDE	5,7534
11	MATERI	5,7534
12	NATITINGOU	5,4795
13	PEHUNCO	5,7534
14	TANGUIETA	5,7534
15	TOUCOUNTOUNA	5,7534
16	ABOMEY-CALAVI	5,2055
17	ALLADA	4,9315
18	KPOMASSE	4,9315
19	OUIDAH	5,2055
20	Sô-AVA	5,2055
21	TOFFO	4,9315
22	TORI-BOSSITO	4,9315
23	ZE	4,9315
24	BEMBEREKE	5,7534
25	KALALE	5,7534

**MISE AU POINT D'UNE APPLICATION MOBILE LOCALE POUR LE DIMENSIONNEMENT DE
PANNEAUX SOLAIRES PHOTOVOLTAIQUES**

26	N'DALI	5,7534
27	NIKKI	5,7534
28	PARAKOU	5,7534
29	PERERE	5,4795
30	SINENDE	5,7534
31	TCHAOUROU	5,4795
32	BANTE	5,4795
33	DASSA-ZOUUME	5,2055
34	GLAZOUE	5,2055
35	OUESSE	5,2055
36	SAVALOU	5,2055
37	SAVE	5,2055
38	BASSILA	5,4795
39	COPARGO	5,7534
40	DJOUGOU	5,7534
41	OUAKE	5,4795
42	APLAHOUE	5,2055
43	DJAKOTOMEY	4,9315
44	DOGBO	4,9315
45	KLOUEKANME	4,9315
46	LALO	4,9315
47	TOVIKLIN	4,9315
48	COTONOU	5,2055
49	ATHIEME	4,9315
50	BOPA	4,9315
51	COME	5,2055
52	GRAND-POPO	5,2055
53	HOUYEYOGBE	4,9315
54	LOKOSSA	4,9315

**MISE AU POINT D'UNE APPLICATION MOBILE LOCALE POUR LE DIMENSIONNEMENT DE
PANNEAUX SOLAIRES PHOTOVOLTAIQUES**

55	ADJARA	4,9315
56	ADJOHOUN	4,9315
57	AGUEGUES	5,2055
58	AKPRO-MISSERETE	4,9315
59	AVRANKOU	4,9315
60	BONOU	4,9315
61	DANGBO	4,9315
62	PORTO-NOVO	4,9315
63	SEME-KPODJI	5,2055
64	ADJA-OUERE	4,9315
65	IFANGNI	4,9315
66	KETOU	4,9315
67	POBE	4,9315
68	SAKETE	4,9315
69	ABOMEY	5,2055
70	AGBANGNIZOUN	5,2055
71	BOHICON	5,2055
72	COVE	4,9315
73	DJIDA	5,2055
74	OUINHI	5,2055
75	ZA-KPOTA	5,2055
76	ZAGNANADO	4,9315
77	ZOGBODOMEY	4,9315

Annexe 2: Accords de confidentialité

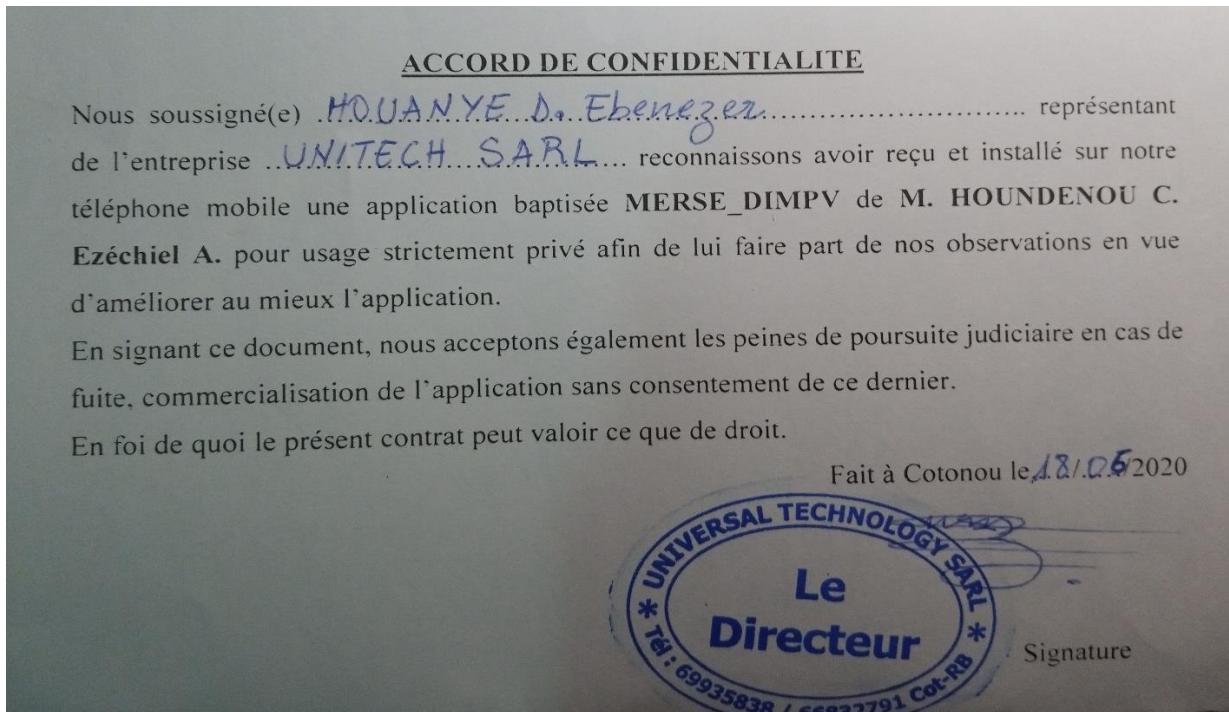


Figure 30: Accord de confidentialité UNITECH Sarl

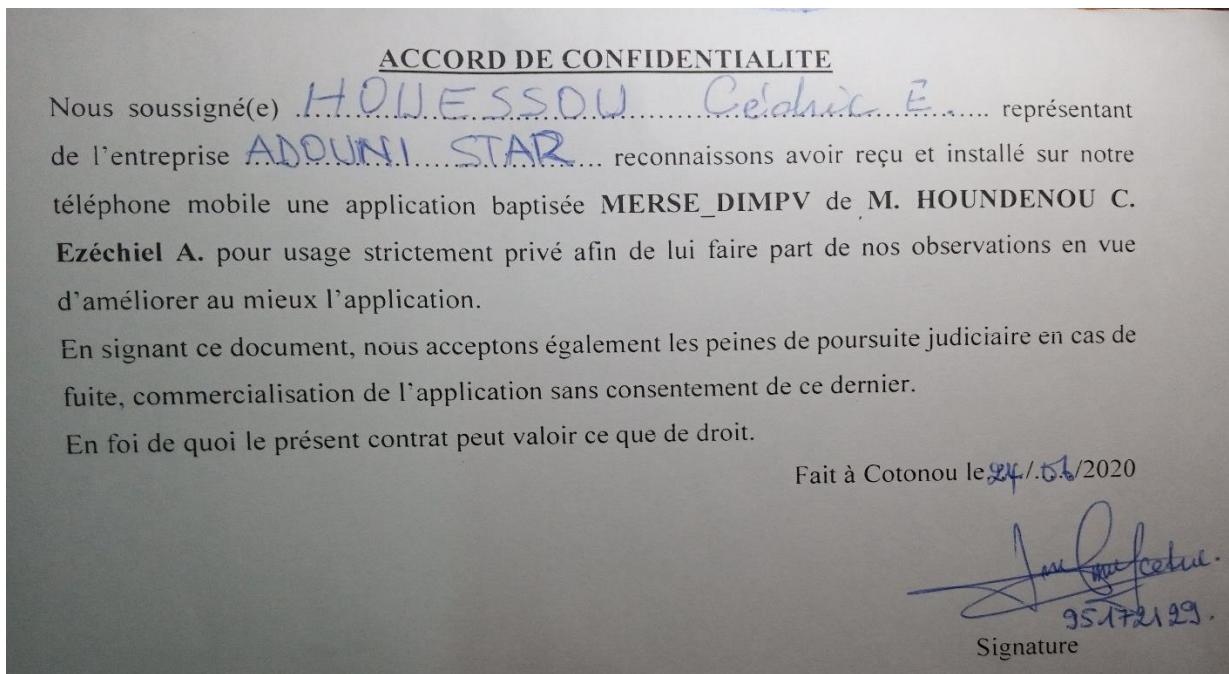


Figure 31: Accord de confidentialité ADOUNI STAR Sarl

Annexe 3 : Icône de l'application sous Android

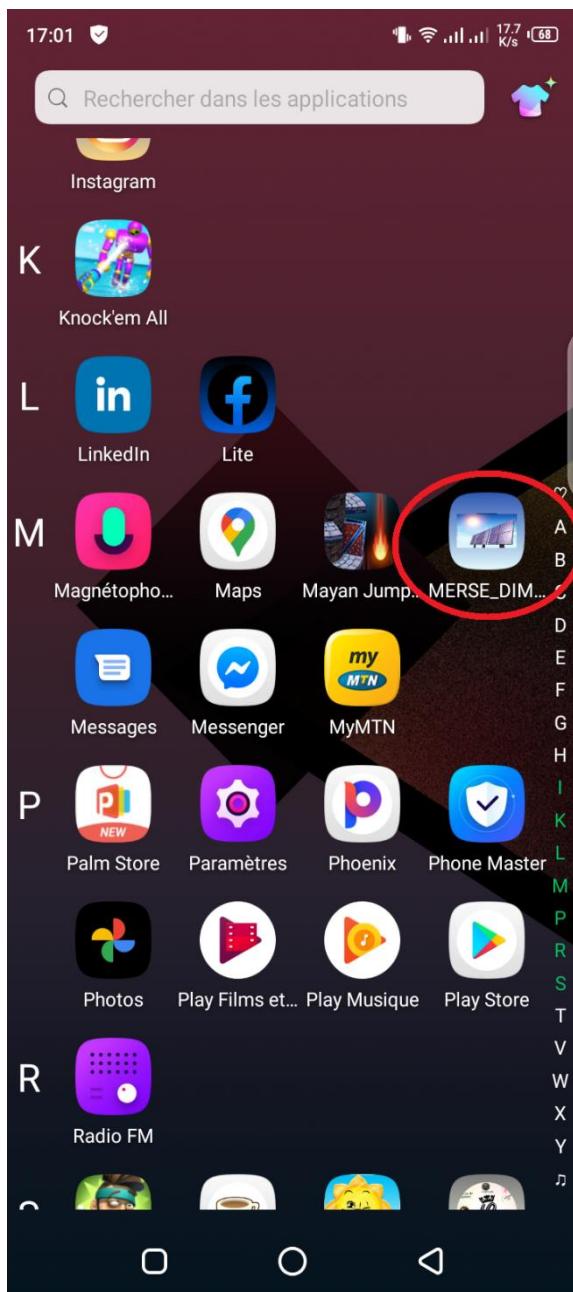


Figure 32: Menu du téléphone montrant l'application

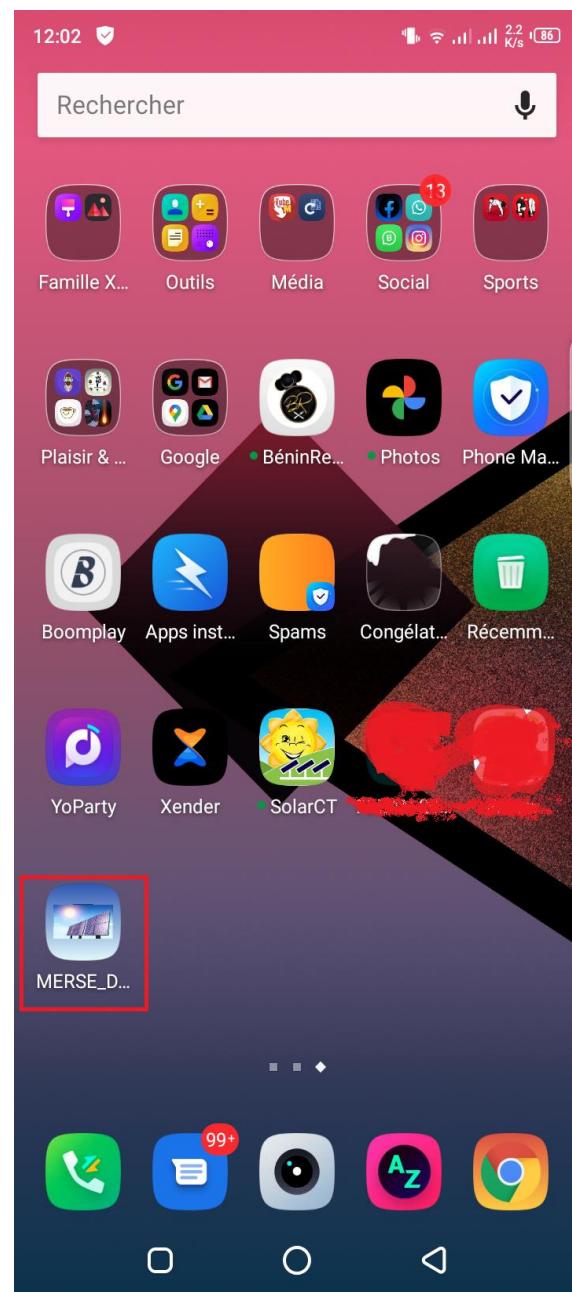


Figure 33: Ecran montrant l'application installée sur téléphone

Annexe 4 : Interface de l'application

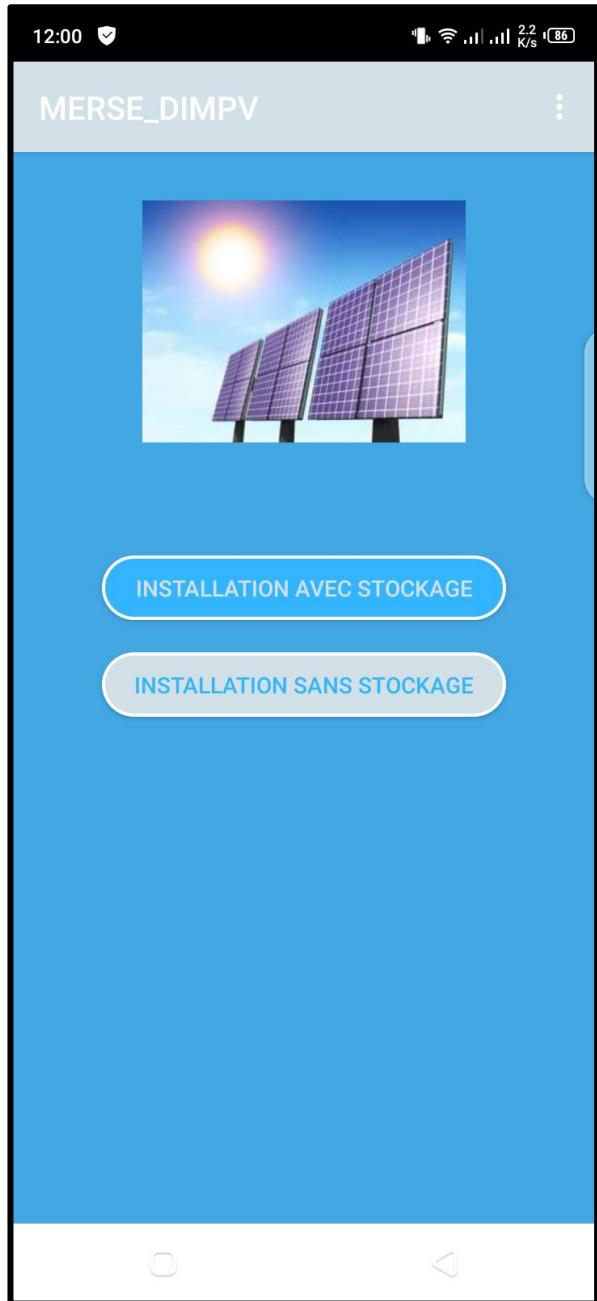


Figure 34: Ecran de la première fenêtre de l'application

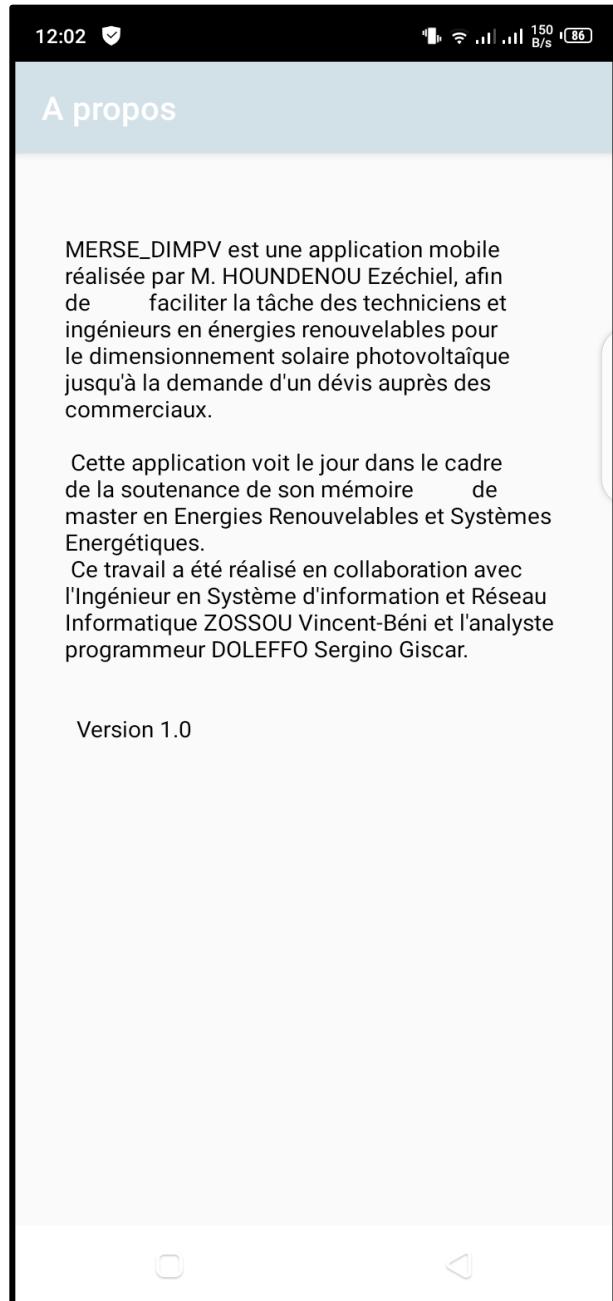


Figure 35: Ecran de l'à propos

Annexe 5 : choix des communes



Figure 36: Ecran de l'interface des choix des communes

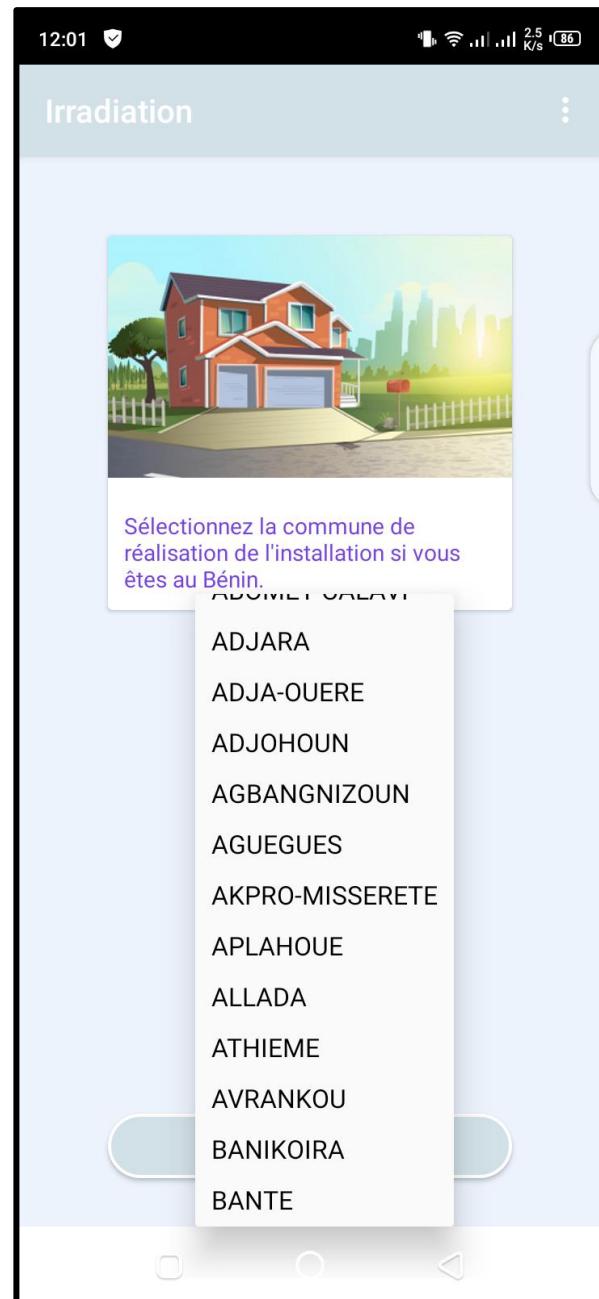


Figure 37: Ecran du menu déroulant des communes

Annexe 6 : Bilan journalier

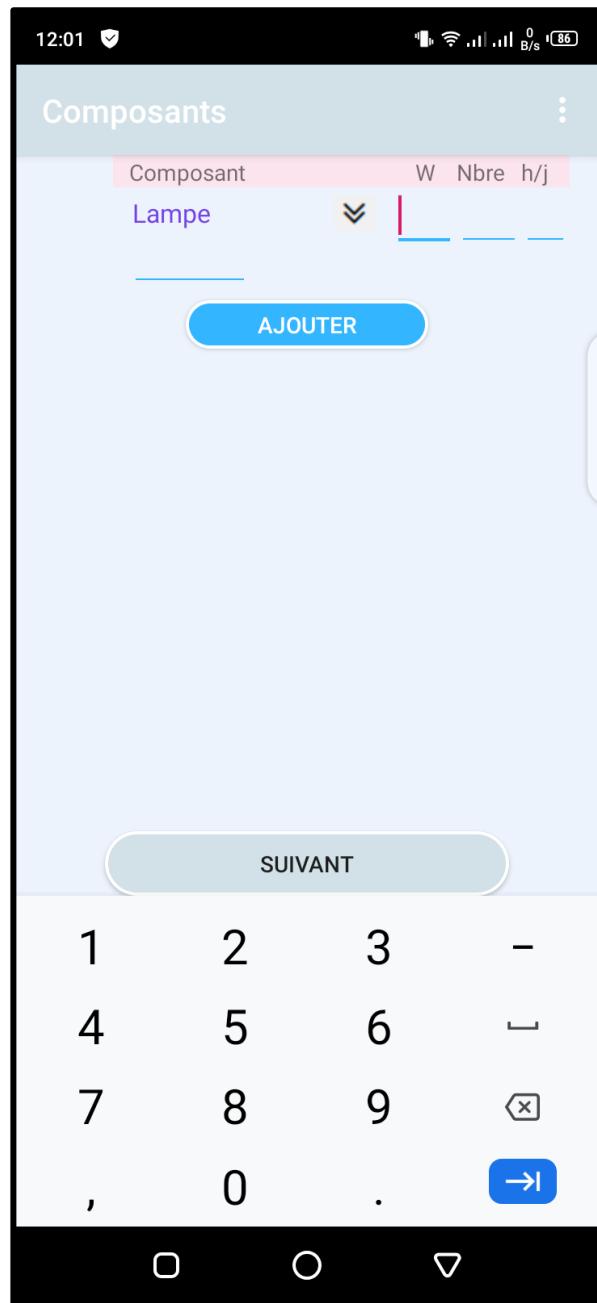


Figure 38: Ecran de l'interface montrant le bilan journalier

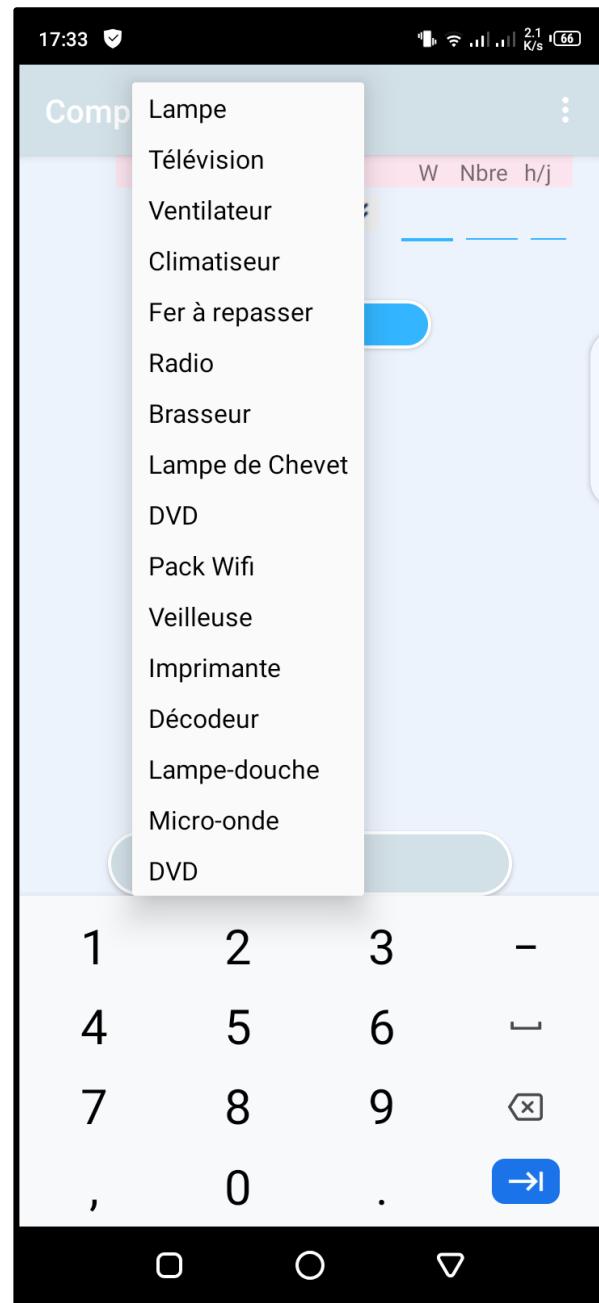


Figure 39: Ecran de l'interface montrant le menu des équipements

Annexe 7 : Choix des équipements



Figure 40: Ecran du résumé des besoins

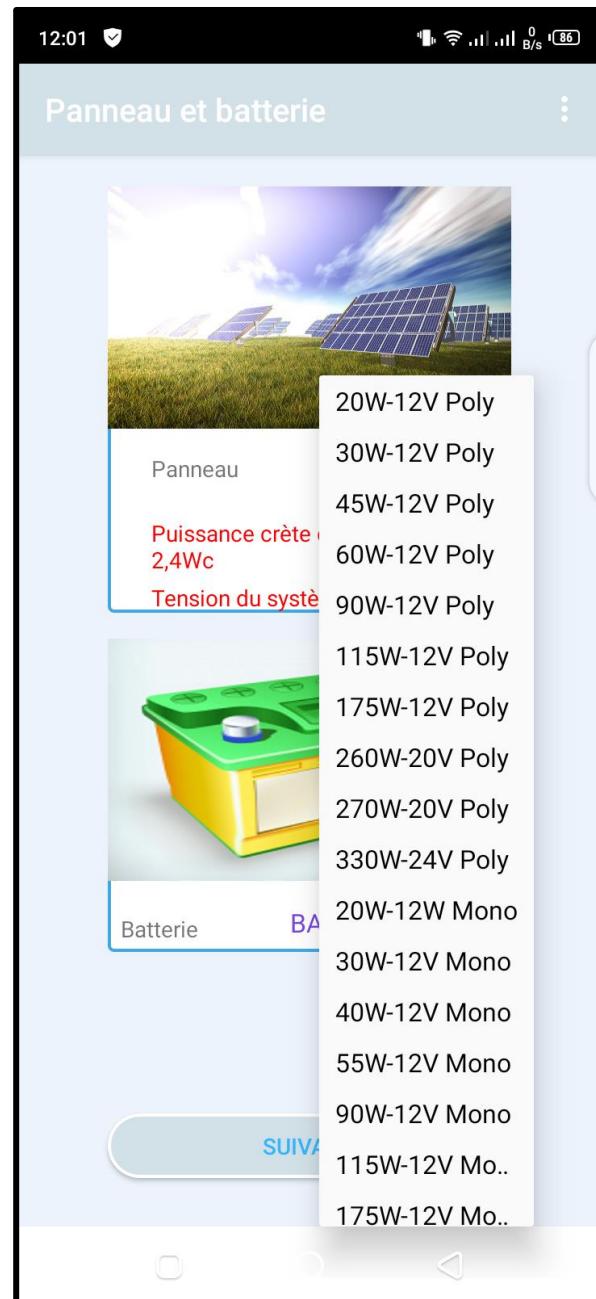


Figure 41: Ecran du menu déroulant des choix des panneaux

Annexe 8 : Affichage des résultats du dimensionnement

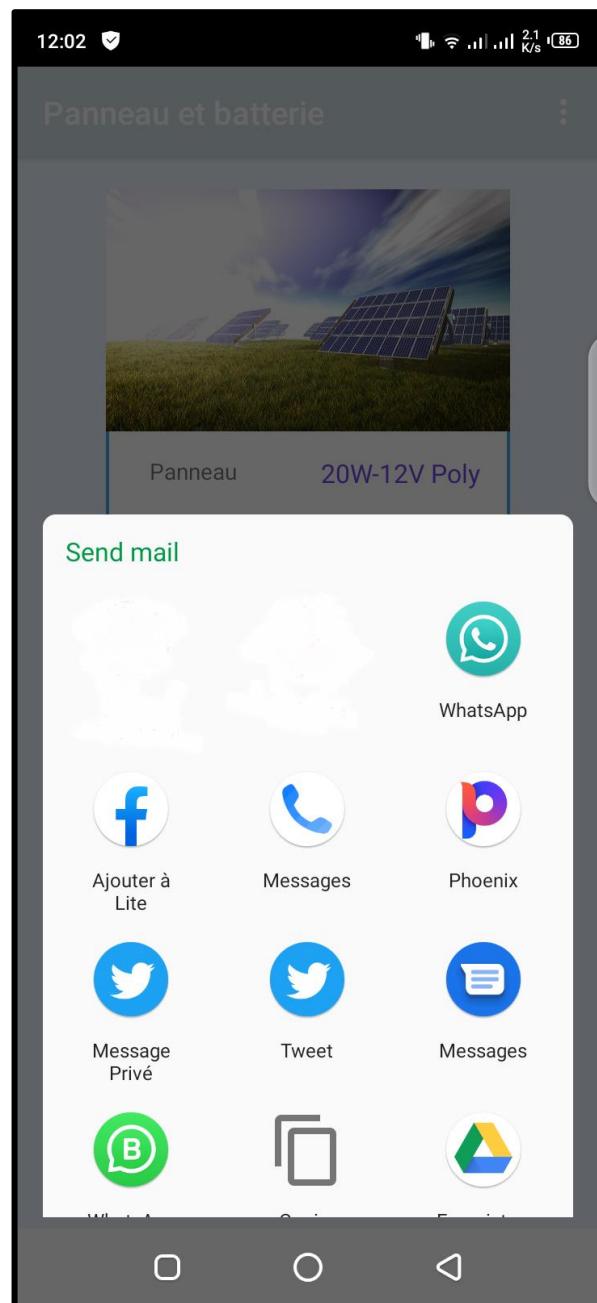


Figure 42: Ecran de l'interface qui montre les résultats, et de son partage

Figure 43: Ecran de la fenêtre de partage des résultats

Annexe 9 : Autres images de la maison personnelle située à Bohicon



Figure 44: Vue de la cour



Figure 45: Vue de la position des compteurs de la SBEE dans la maison

Annexe 10 : Autres images de la maison locative située à Malanville



Figure 46: Vue de la véranda d'un des appartements



Figure 47: Vue de la cour de la maison montrant un aperçu des deux appartements

Annexe 11 : Autres images du bâtiment de l'administration (DGRE)



Figure 48: Vue de l'arrière-cour de la DGRE montrant le parking



Figure 49: Vue de la façade principale de la DGRE

Table des matières

RESUME.....	1
ABSTRACT	1
DEDICACE.....	2
REMERCIEMENTS	3
SOMMAIRE	5
LISTE DES ACRONYMES ET ABREVIATIONS	6
NOMENCLATURE.....	7
LISTE DES FIGURES	8
LISTE DES TABLEAUX	10
INTRODUCTION GENERALE.....	11
LES OBJECTIFS	13
OBJECTIF GLOBAL.....	13
OBJECTIFS SPECIFIQUES :	13
METHODOLOGIE :.....	13
MATERIEL	13
METHODE.....	14
RESULTATS OBTENUS	14
CHAPITRE 1 : REVUE DE LITTERATURE	15
1.1. GENERALITES SUR L'ENERGIE PHOTOVOLTAIQUE.....	16
1.1.1. Introduction	16
1.1.2. Historique de l'énergie photovoltaïque.....	16
1.1.3. L'effet photovoltaïque	16
1.1.4. Quelques définitions relatives à un système photovoltaïque:	17
1.1.5. Principe de la conversion photovoltaïque	18
1.1.6. Technologies des cellules photovoltaïques	19
1.1.7. Avantages et inconvénients de l'énergie solaire	21
1.1.8. L'installation des panneaux solaires	22
1.1.9. Différents types de systèmes photovoltaïques :	22
1.1.9.1. Les systèmes autonomes :.....	23
1.1.9.2. Les systèmes hybrides :	23

MISE AU POINT D'UNE APPLICATION MOBILE LOCALE POUR LE DIMENSIONNEMENT DE PANNEAUX SOLAIRES PHOTOVOLTAIQUES

1.1.9.3.	Système connecté au réseau	24
1.1.10.	Principe de fonctionnement d'une installation photovoltaïque	24
1.1.11.	Dimensionnement des systèmes photovoltaïques	25
1.1.11.1.	Critère de dimensionnement.....	25
1.1.11.2.	Principe de dimensionnement d'une installation photovoltaïque	25
1.1.11.3.	Les étapes du dimensionnement	25
1.1.11.4.	Présentation des paramètres d'entrée intervenant dans le dimensionnement.....	25
1.1.11.5.	Paramètres relatifs au système Photovoltaïque	26
1.1.11.6.	Paramètres relatifs au site d'installation.....	26
1.1.11.7.	Paramètres concernant le module PV :	26
1.1.11.8.	Paramètres concernant les batteries de stockage :	27
1.1.11.9.	Paramètres concernant le régulateur de charge :	27
1.1.11.10.	Paramètres concernant le convertisseur :	27
1.1.11.11.	Paramètres concernant la charge :.....	27
1.1.12.	Conclusion.....	27
1.2.	GENERALITES SUR LES OUTILS DE DIMENSIONNEMENT	28
1.2.1.	Introduction.....	28
1.2.2.	Quelques outils de dimensionnement solaire.....	28
1.2.2.1.	Les logiciels de dimensionnement.....	28
1.2.2.2.	Les applications mobiles	28
1.2.2.3.	Les tableaux Excel.....	28
1.2.3.	HOMER PRO	29
1.2.4.	PV PLANNER	30
1.2.5.	PVSYST	31
1.2.6.	RETScreen	32
1.2.7.	Solar Consult Lite	34
1.2.8.	Solar Edge Monitoring.....	35
1.2.9.	Sun Seeker	36
1.2.10.	Sunny Portal.	37
1.2.11.	Conclusion.....	37

MISE AU POINT D'UNE APPLICATION MOBILE LOCALE POUR LE DIMENSIONNEMENT DE PANNEAUX SOLAIRES PHOTOVOLTAIQUES

CHAPITRE 2 : MODELISATION ET DEVELOPPEMENT DE L'APPLICATION DE DIMENSIONNEMENT SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AU BENIN	38
Introduction	39
2.1. LANGAGE DE PROGRAMMATION ET OUTILS	39
2.1.1. Java	39
2.1.2. SQLite	39
2.1.3. Recycleview	39
2.2. ETAPE DE LA MODELISATION ET DU CODAGE	40
2.2.1. Fonctionnement du système.....	40
2.2.2. Diagramme de cas d'utilisation	41
2.2.3. Diagramme de classe	41
2.2.4. Implémentation d'un Recycleview pour l'ajout des composants électriques	42
2.2.5. Implémentation du Modèle du Recycleview	43
2.2.6. Implémentation de la Vue du Recycleview	43
2.2.7. Implémentation du contrôleur du Recycleview	44
2.3. LES DONNEES DES DIFFERENTS CALCULS DU DIMENSIONNEMENT INTEGRE AU SYSTEME	44
2.3.1. Estimer l'énergie électrique qui sera consommée : Ec	45
2.3.2. L'énergie électrique à produire Ep	45
2.3.3. La puissance crête du générateur Pc	46
2.3.4. Le nombre de panneau	46
2.3.4.1. Le nombre de panneau en série/parallèle	46
2.3.5. La capacité de la batterie et nombre de batterie.....	47
2.3.6. Détermination du régulateur de charges	48
2.3.7. L'irradiation	49
Conclusion	49
CHAPITRE 3 : ETUDE DE CAS, RETOURS D'EXPERIENCE D'UTILISATEURS ET PERSPECTIVES.....	50
Introduction	51
3.1. ETUDE DE CAS.....	51
3.1.1. L'administration.....	51

MISE AU POINT D'UNE APPLICATION MOBILE LOCALE POUR LE DIMENSIONNEMENT DE PANNEAUX SOLAIRES PHOTOVOLTAIQUES

3.1.2.	Résultat du dimensionnement de l'administration.....	52
3.1.3.	La maison personnelle	53
3.1.4.	Résultat du dimensionnement de la maison personnelle	55
3.1.5.	La maison locative	57
3.1.6.	Résultat du dimensionnement de la maison locative	60
3.2.	RETOURS D'EXPERIENCES D'UTILISATEURS	61
3.2.1.	ADOUNI STAR SARL	62
3.2.1.1.	Présentation de la structure :.....	62
3.2.1.2.	Forces de l'application présentée	62
3.2.1.3.	Faiblesses de l'application présentée.....	62
3.2.2.	UNIVERSAL TECHNOLOGY SARL	62
3.2.2.1.	Présentation de la structure :.....	62
3.2.2.2.	Forces de l'application présentée	63
3.2.2.3.	Faiblesses de l'application présentée.....	63
3.3.	PERSPECTIVES	63
	Conclusion	64
	CONCLUSION GENERALE	65
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	66
	ANNEXES	a
	Annexe 1 : Irradiation insérée par défaut dans l'application.....	b
	Annexe 2: Accords de confidentialité	e
	Annexe 3 : Icône de l'application sous Android	f
	Annexe 4 : Interface de l'application	g
	Annexe 5 : choix des communes	h
	Annexe 6 : Bilan journalier	i
	Annexe 7 : Choix des équipements	j
	Annexe 8 : Affichage des résultats du dimensionnement.....	k
	Annexe 9 : Autres images de la maison personnelle située à Bohicon	l
	Annexe 10 : Autres images de la maison locative située à Malanville	m
	Annexe 11 : Autres images du bâtiment de l'administration (DGRE).....	n
	Table des matières	o