

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Saad DAHLAB – Blida1



Faculté de technologie

Département des énergies renouvelables

MÉMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention de diplôme Master en Energies Renouvelables

PTION : Conversion Photovoltaïque

THÈME

**Etude et Réalisation d'une serre solaire
contrôlée par une carte à base
d'Arduino avec une station météo**

Réalisé par : * KOUIDER ARAIBI Moncef

*** HOUACHMI Maamar**

Soutenu le 12/07/2022 devant le jury :

Dr. LAFRI Djamel	M.C.B	USDB1	Président
Dr. BOUKENOUI Rachid	M.C.B	USDB1	Examineur
Dr. AIT SAHED Oussama	M.C.B	USDB1	Examineur
Mr. DOUMAZ Toufik	M.A.A	USDB1	Promoteur
Dr. BOUZAKI Med. Moustafa	M.C.B	USDB1	Co-promoteur

2021/2022

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements

Nous exprimons nos remerciements et notre profonde gratitude

Avant tout au bon DIEU qui nous a donné la force et la volonté

D'élaborer ce modeste travail.

*Nous voudrions tout d'abord remercier notre enseignant et encadreur,
Mr. DOUMAZ Toufik*

Pour son soutien et sa contribution à la réalisation de ce mémoire

Et pour ses précieux conseils.

En ne pas oubliant notre co-promoteur, Dr. BOUZAKI Mohamed Moustafa

Pour son aide et son assistance

*Au président de jury et Chef de notre département le Dr. LAFRI Djamel et aux membres du
jury Dr. BOUKENOUI Rachid et Dr. AITSAHED Oussama*

*Sans oublier tout le personnel chacun en son nom de l'Institut National de Recherche
Forestière et à leur tête le Dr. SBABDJI Mohamed*

*A nos professeurs sans exception qui n'ont ménagé aucun effort pour
nous avoir fait acquérir toutes ces connaissances durant notre formation.*

Nous sommes heureux de remercier tous ceux et celles

qui nous ont accompagné et soutenu tout au long de cette aventure.

Merci infiniment à tous

Dédicaces

C'est avec un énorme plaisir que je dédie ce modeste travail aux personnes les plus chères dans ma vie, particulièrement mes parents

grâce à leurs tendres encouragements et leurs grands sacrifices, ils ont pu créer le climat affectueux et propice à la poursuite de nos études.

Aucune dédicace ne pourrait exprimer mon respect, ma considération et mes profonds sentiments envers eux.

À mes sœurs : Ibae et Ibtihel et mon frère Issam.

À toute la famille de KOUIDER ARAIBI.

À tous mes enseignants sans exception.

À mon binôme et mon ami Maamar que j'ai eu de la chance de l'avoir à mes côtés

À mes proches : Samir, Faycel, Abdelkader,

Mohammed, Hamza, Adel, Aness, Wassim, Dounia

en témoignage de l'amitié sincère qui nous a lié et des bons moments passés ensemble. Je vous souhaite un avenir radieux et plein de bonnes promesses.

À tous ceux qui m'aiment.

KOUIDER ARAIBI Moncef

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Mes parents.

*Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour dont ils n ont
cesse de me combler.*

Que DIEU leur procure bonne santé et longue vie.

A ma sœur Souriya et mon frère Abd el Razak pour leur intarissable encouragement

A mon binôme Moncef que j'ai eu le plaisir de travailler avec lui.

A mes amis proches : Aness, Wassim, Halla, Adel, Sofiane, Rayan

*A tous mes amis qui m'ont apporté leur soutien moral pendant ces
années d'études.*

*Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet
soit possible*

*Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et
de réussite.*

HOUACHMI Maamar

ملخص

نقدم في أطروحتنا تصميم وبناء بيت بلاستيكي (متعدد الغرف) ذكي مزود بالطاقة الشمسية ومحطة طقس يتم التحكم فيها بواسطة بطاقة تعتمد على بطاقة أرد وينو. الهدف هو ضمان الأداء الجيد وتقليل عبء عمل المزارعين وزيادة العائد الزراعي من خلال التحكم تلقائيًا في الإعدادات المختلفة داخل البيت البلاستيكي (درجة الحرارة ورطوبة الأرض والبيت البلاستيكي) عبر بطاقة أردوينو أونوا وضمان تتبع بيانات الطقس خارج البيت البلاستيكي باستخدام محطة الطقس.

الكلمات المفتاحية:

مستشعر الرطوبة، ، مستشعر درجة الحرارة، بطاقة أرد وينو أونوا، الألواح الكهروضوئية، بيت بلاستيكي ذكي، محطة الطقس.

Résumé :

Nous présentons dans notre mémoire la conception et la réalisation d'une serre solaire (multi chambre) intelligente et d'une station météo contrôlées par des cartes de contrôle à base d'Arduino. L'objectif est d'assurer de bonnes performances, réduire la charge de travail des agriculteurs et augmenter le rendement agricole en contrôlant automatiquement les différents paramètres à l'intérieur de la serre (température et humidité du sol et de la serre) via une carte Arduino UNO et en assurant le suivi des données météorologiques extérieures à l'aide de la station météo.

Mots clés :

capteur de l'humidité, capteur de température, carte Arduino UNO, panneaux photovoltaïques, serre intelligente, station météo.

Abstract :

We present in Our memory the design and construction of an intelligent Solar greenhouse (multi chamber) and a weather station controlled by an Arduino card. The objective is to ensure good performances, reduce farmers' workload and increase agricultural yield by automatically controlling the various parameters inside the greenhouse (temperature and humidity of the ground and the greenhouse) via an Arduino UNO board and ensuring the tracking outdoor weather data with weather station.

Keywords :

humidity sensor , , temperature sensor, Arduino UNO card, photovoltaic panels, smart greenhouse, weather station.

Table des matières

Remerciements

Dédicaces

Résumés

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des symboles et abréviations

Introduction générale 1

Chapitre I : L'énergie solaire photovoltaïque

I.1 Introduction..... 2

I.2 Historique..... 2

I.3 Énergie solaire photovoltaïque..... 3

I.4 Types des systèmes photovoltaïques 3

I.4.1 Système photovoltaïque autonome..... 3

I.4.1.1 Système photovoltaïque autonome sans stockage électrochimique..... 4

I.4.1.2 Système photovoltaïque autonome avec stockage électrochimique..... 4

I.4.2 Systèmes photovoltaïques autonomes hybride..... 4

I.4.3 Système photovoltaïque connecté au réseau..... 6

I.5 Cellule photovoltaïque..... 7

I.5.1 Principe de fonctionnement 8

I.6 Architecture classique d'un modèle photovoltaïque..... 9

A. Association en série..... 9

B. Association en parallèle..... 9

C. Association série et parallèle..... 9

I. 7 Technologie des cellules photovoltaïques..... 10

A. Silicium monocristalline..... 11

B. Silicium poly-cristalline..... 11

C. Silicium amorphe..... 12

I.8 Avantages et inconvénients de l'énergie photovoltaïque.....	12
I.8.1 Les avantages	12
I.8.2 Les inconvénients.....	13
I.9. L'onduleur.....	13
I.9.1 Principe de fonctionnement.....	14
A. Onduleur monophasé.....	14
B. Onduleur triphasé.....	14
I.10 Élément de stockage.....	14
I.10.1 Les batteries.....	14
I.10.2 Principe de fonctionnement des batteries.....	15
I.10.3 Caractéristiques générales des batteries.....	16
I.11 Conclusion.....	16

Chapitre II : Notions générales sur les serres

II.1. Introduction	17
II.2. La culture sous serres en Algérie	17
II.3. Production sous serres et climat méditerranéen	17
II.4. Les serres agricoles	18
II.4.1. Définition	18
II.4.2. Intérêt de la serre	18
II.4.3. Choix de la serre et de sa couverture	18
II.4.4. Les différents types de serres	18
II.4.4.1 La serre chapelle	19
II.4.4.2 La serre multi chapelle	19
II.4.4.3 La serre tunnel	20
II.4.4.4 La serre gonflable	20
II.4.5 Caractéristiques des serres	21
II.4.5.1 La structure de la serre	21
II.4.5.2 Forme extérieure et taille	21
II.4.5.3 Climat	21

II.4.5.4 Orientation de la serre	23
II.4.5.5 Aspects spécifiques d'une serre	23
II.4.5.6 Sources d'énergies dans les serres	23
II.4.5.7 Conditions climatiques d'une serre	24
II.4.5.8 Mouvements de l'air	24
II.4.5.9 Aération	25
II.4.5.10 Hétérogénéité climatique	25
II.4.5.11 Le revêtement	25
II.5 La Technologie dans les serres agricoles	26
II.5.1 La Ventilation	26
II.5.1.1 La Ventilation traditionnelle et naturelle	26
II.5.1.2 La Ventilation développée	26
II.5.2 Chauffage des Serres.....	26
II.5.2.1 Le chauffage au gaz	26
II.5.2.2 Le Chauffage électrique	27
II.5.2.3. Chauffage passif par galets	27
II.5.2.4 Le chauffage Solaire	28
II.5.3 Les systèmes de refroidissement	28
II.5.3.1 Rideaux d'ombrage	28
II.5.3.2 Panneaux humides de refroidissement (Cooling Pad)	29
II.5.3.3 Brouillard Basse Pression (Fog System)	29
II.6 Conclusion	29

Chapitre III : La station météo

III.1 Introduction	30
III.2 Météorologie	30
III.3 Station météorologique	30
III.4 Les moyens d'acquisition des données météorologiques	32
III.4.1 Satellite météorologique	33
III.4.2 Les radars météorologiques	33

III.4.3 Les stations météorologiques automatiques .	34
III.5 Domaine d'application des stations météorologiques automatiques .	34
III.6 Conclusion.....	35

Chapitre IV : Etude et réalisation

IV.1 Introduction	36
IV.2 La situation géographique	36
IV.3 Présentation de l'institut national de recherche forestière (INRF)	36
IV.4. Dimensions de la serre	37
IV.5 Logiciels et matériels utilisés	38
IV.5.1 Introduction	38
IV.5.2 Logiciels utilisés	39
A. IDE Arduino	39
B. Fritzing	40
C. PVsyst	40
IV.5.3 Matériels utilisés	42
A. Carte Arduino	42
B. Les capteurs	43
B.1. Capteur BME280	43
B.2. Capteur de luminosité TSL2561	44
B.3. Le module horloge DS3231	45
B.4. Le module carte SD	46
B.5. Le capteur DHT22	47
B.6. Le capteur DS18B20	49
B.7. Capteur de l'humidité du sol	50
B.8. Afficheur LCD	51
B.9. Module relais	52
C. Extracteurs d'air	53
D. Pompes à eau	54
IV.6 Dimensionnement du système d'alimentation	54
IV.6.1. Choix du site	55

IV.6.2. Orientation des panneaux photovoltaïques	56
IV.6.3. Horizon des ombrages lointains	56
IV.6.4. Définition des besoins énergétiques	57
IV. 6.5. Choix du système	58
IV.7. Le système utilisé	59
IV.8. Réalisation	60
IV.8.1. Montage des capteurs	60
IV. 8.2. Installation	61
IV.9. Résultats et discussions	62
IV. 9.1. La serre	64
IV. 9.2. Station météo	66
IV.10. Recommandations et perspectives	67
IV.11. Conclusion	67
Conclusion générale	68
Références bibliographiques	
Annexes	

Liste des figures

Fig. (I.1) : Système photovoltaïque autonome	3
Fig. (I.2) : Système photovoltaïque autonome hybride avec éolien	5
Fig. (I.3) : Schéma principal d'un système hybride avec groupe électrogène	5
Fig. (I.4) : Système photovoltaïque connecté au réseau	6
Fig. (I.5) : Répartition spectrale du rayonnement solaire	7
Fig. (I.6) : La caractéristique I(V)	8
Fig. (I.7) : Caractéristique résultante d'un groupement en série de N_s cellules identiques	9
Fig. (I.8) : Caractéristique résultante d'un groupement en parallèle de N_p cellules identiques	9
Fig. (I.9) : Caractéristique résultante d'un groupement hybride de $(N_p + N_s)$ cellules identiques.....	10
Fig. (I.10) : Cellule photovoltaïque, le module et le champ.....	10
Fig. (I.11) : Silicium Monocristallin	12
Fig. (I.12) : Silicium Polycristallin	12
Fig. (I.13) : Silicium Amorphe	12
Fig. (I.14) : Schéma symbolique de l'onduleur	13
Fig. (I.15) : Schéma synoptique d'un système photovoltaïque avec batterie de stockage	15
Fig. (II.1) : Serre chapelle.....	19
Fig. (II.2) : Multi chapelle.	19
Fig. (II.3) : La serre Tunnel.....	20
Fig. (II.4) : La serre gonflable	20
Fig. (II.5) : Schématisation de l'effet de serre	22
Fig. (II.6) : Les galets	27
Fig. (II.7) : Les composants du chauffe-eau solaire	28
Fig. (III.1) : Base météo.....	30
Fig. (III.2) : Station météo automatique	31
Fig. (III.3) : System d'observations météorologiques globale	32
Fig. (III.4) : Schéma montrant les orbites des satellites météorologiques	33

Fig. (III.5) : Fonctionnement d'un radar météorologique	33
Fig. (III.6) : Station météorologique terrestre	34
Fig. (IV.1) : Le terrain choisi avant l'implantation de la serre et la station météo	36
Fig. (IV.2) : Dimensions de la serre solaire réalisée au niveau de l'INRF BAINEM.....	37
Fig. (IV.3) : Les dimensions des chambres à l'intérieur de la serre	38
Fig. (IV.4) : Le logiciel Arduino	39
Fig. (IV.5) : Le logiciel Fritzing	40
Fig. (IV.6) : Le logiciel Pvsyst	41
Fig. (IV.7) : Carte Arduino UNO	43
Fig. (IV.8) : Capteur BME280	43
Fig. (IV.9) : Montage du capteur BME 280 avec l'Arduino	44
Fig. (IV.10) : Capteur TSL2561	44
Fig. (IV.11) : Montage du capteur TSL2561 avec l'Arduino	45
Fig. (IV.12) : Module horloge DS3231	45
Fig. (IV.13) : Montage du module DS3231 avec l'Arduino	46
Fig. (IV.14) : Module carte SD	46
Fig. (IV.15) : Montage du module carte SD avec l'Arduino	47
Fig. (IV.16) : Capteur DHT22	47
Fig. (IV.17) : Montage du capteur DHT22 avec l'Arduino	48
Fig. (IV.18) : Capteur DS18B20	49
Fig. (IV.19) : Montage du capteur DS18B20 l'Arduino	49
Fig. (IV.20) : Capteur de l'humidité du sol	50
Fig. (IV.21) : Montage du capteur de l'humidité du sol avec l'Arduino	50
Fig. (IV.22) : Afficheur LCD	51
Fig. (IV.23) : Montage de l'afficheur LCD avec l'Arduino	52
Fig. (IV.24) : Module relais	52
Fig. (IV.25) : Montage du module relais avec l'Arduino	53
Fig. (IV.26) : Les extracteurs utilisés pour l'évacuation d'air à l'intérieur de la serre	54
Fig. (IV.27) : Pompe à eau 5W	54

Fig. (IV.28) : La première fenêtre après l'ouverture de PVsyst	54
Fig. (IV.29) : Le choix du site	55
Fig. (IV.30) : Les données météorologiques du site choisi	55
Fig. (IV.31) : L'orientation des modules PV	56
Fig. (IV.32) : Trajectoire du soleil	56
Fig. (IV.33) : La définition de la consommation journalière	57
Fig. (IV.34) : Choix des différents composants du système photovoltaïque selon les besoins	58
Fig. (IV.35) : Les panneaux photovoltaïques	59
Fig. (IV.36) : La batterie et l'onduleur	59
Fig. (IV.37) : Le régulateur	59
Fig. (IV.38) : Schéma du montage des capteurs de la station météo	60
Fig. (IV.39) : Les capteurs de la station météo	60
Fig. (IV.40) : Schéma du montage des capteurs de la serre	61
Fig. (IV.41) : Les capteurs de la serre	61
Fig. (IV.42) : La serre solaire et la station météo	62
Fig. (IV. 43) : L'humidité ambiante de la serre en fonction du temps	62
Fig. (IV. 44) : Les températures ambiantes internes et externes en fonction du temps	63
Fig. (IV. 45) : L'humidité du sol de la serre en fonction du temps	64
Fig. (IV. 46) : La température du sol dans la serre en fonction du temps	65
Fig. (IV. 47) : L'humidité ambiante donnée par la station météo en fonction du temps	66
Fig. (IV. 48) : La température ambiante donnée par la station météo et la luminosité en fonction du temps	66

Liste des tableaux :

Tableau (I.1) : Les types de lumière en fonction de la longueur d'onde 7

Tableau (IV.1) : Les types des cartes Arduino 42

Liste des symboles et abréviations

PV : Photovoltaïque

Eph : Energie de photon (W/m^2)

λ : Représente la longueur d'onde (μm)

h : La constante de Planck

C : La vitesse de la lumière

A : Facteur de qualité de la diode

Es : Ensoleillement (W/m^2)

PN : la jonction de la cellule

DC/DC : Convertisseur continu-continu (Hacheur)

DC/AC : Convertisseur continu-alternatif

Voc : Tension en circuit ouvert (V)

ICC : Courant de court-circuit (A)

INRF : L'Institut national de recherche forestière

IDE : Integrated development environment

TCP : le protocole de contrôle de transmission

LCD : liquid-crystal display

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale :

La culture sous serre connaît depuis plusieurs années, un développement important dans tous les pays concernés par la volonté d'augmenter la qualité et la quantité des produits agricoles, destinés à la consommation alimentaire des populations et à l'amélioration de leurs cadres de vie.

Afin de faire face à un marché de plus en plus concurrentiel, les systèmes de production sous serre deviennent considérablement sophistiqués. C'est grâce à la mécanisation des outils, et l'augmentation des surfaces irriguées, et aussi grâce à l'économie énergétique qui est un moyen essentiel pour le contrôle des prix des produits dans le marché.

Actuellement dans le domaine de recherche agricole, beaucoup de travaux ont été orientés vers l'utilisation des sources énergétiques renouvelables, particulièrement l'énergie solaire.

L'énergie solaire présente une source d'énergie non polluante, économique, inépuisable, et disponible en abondance dans la plupart des endroits du monde.

La situation géographique de l'Algérie favorise le développement et l'épanouissement de l'utilisation de l'énergie solaire. En effet, vu l'importance de l'intensité du rayonnement reçu ainsi que la durée de l'ensoleillement qui dépasse les dix heures par jour pendant plusieurs mois, notre pays peut couvrir certains de ses besoins en énergie solaire.

La technologie photovoltaïque (PV) est une solution attrayante comme remplacement ou complément des sources conventionnelles d'approvisionnement en électricité en raison de ses nombreux avantages à savoir :

- Elle est un moyen fiable qui requiert peu d'entretien.
- Elle fournit de l'électricité avec l'énergie gratuite et renouvelable du soleil.
- Elle ne nécessite aucun combustible.
- Elle est silencieuse, non polluante et respectueuse de l'environnement.
- Elle est polyvalente et peut être ajustée selon les besoins.

Dans ce qui suit, on propose l'étude, la simulation et la réalisation d'une serre solaire tunnel (multi chambre) alimentée par panneaux photovoltaïque et une station météo aussi alimentée par panneau PV pour la visualisation de données (vitesse de vent, direction de vent, température, humidité, luminosité) sur un afficheur LCD, et les sauvegarder dans une base de données dans une carte SD. Cette acquisition de l'état du climat sera utilisée pour la gestion de notre serre solaire pour affiner mieux les paramètres internes de la serre et diminuer aux maximum le cout en énergie et sa protection.

La serre et la station météo seront automatisées via une carte Arduino UNO pour le contrôle et le suivi des différents paramètres météorologiques à l'intérieur et l'extérieur de la serre.

Chapitre I :

L'énergie solaire

photovoltaïque

I.1 Introduction :

L'énergie photovoltaïque connaît actuellement un fort développement dans le monde.

Vu son caractère écologique, elle apparaît comme une source importante telle que la qualité d'énergie solaire qui arrive à la surface de la terre durant une journée est dix fois plus grande que celle consommée [1].

Dans ce chapitre, sont présentées des généralités sur le système photovoltaïque, (historique, L'énergie solaire photovoltaïque, type de système PV, cellule PV, élément de stockage, avantages et inconvénients...etc.). On s'intéresse particulièrement au principe de fonctionnement des cellules photovoltaïques.

I.2 Historique :

L'effet photovoltaïque permet de transformer l'énergie solaire en électricité. Le mot « photovoltaïque » vient du mot grec « photos » et de « volta » nom du physicien italien qui découvre la pile électrique.

L'historique du photovoltaïque débute en 1839 lorsque le physicien français Becquerel découvre le principe photovoltaïque. [2.3]

En 1875, le physicien Werner Von Siemens expose devant l'Académie des Sciences de Berlin un article sur l'effet photovoltaïque dans les semi-conducteurs. Malheureusement, le phénomène est encore considéré comme anecdotique jusqu'à la seconde Guerre Mondiale.

En 1923, Albert Einstein explique le principe photovoltaïque, ce qui lui permet d'ailleurs d'obtenir le prix Nobel de physique.

Les premières vraies cellules photovoltaïques sont apparues en 1930 avec les cellules à oxyde cuivreux puis au sélénium.

Ce n'est qu'en 1954 que trois chercheurs américains, CHAPIN, PEARSON et prince mettent au point une cellule photovoltaïque, avec un rendement de 6%. On entrevoit alors la possibilité de fournir de l'électricité grâce à ces cellules. Au même moment, l'industrie spatiale naissante cherche de nouvelles solutions pour alimenter ses satellites.

En 1958, une cellule avec un rendement de 9% est mise au point et en même temps, les premiers satellites avec panneaux solaires sont envoyés dans l'espace.

En 1973, la première maison alimentée par des cellules photovoltaïques est construite aux États-Unis.

Au cours des années 90, la technologie photovoltaïque progresse régulièrement avec la mise en place de plusieurs centrales, et devient même familière à des consommateurs à travers de nombreux produits et faible puissance y faisant appel : montres, calculatrice, balises radio et météorologiques, pompes et même réfrigérateurs solaires...

Aujourd'hui, l'énergie photovoltaïque est à la disposition des entreprises et des particuliers, et les panneaux photovoltaïques ont des rendements allant jusqu'à 20%.

I.3 Énergie solaire photovoltaïque :

L'énergie solaire photovoltaïque provient de la conversion de la lumière de soleil en électricité au sein de matériaux semi-conducteurs comme le silicium recouvert d'une mince couche métallique. Ces matériaux photosensibles ont la propriété de libérer leurs minces électrons sous l'influence d'une énergie extérieure. C'est l'effet photovoltaïque. L'énergie est apportée par les photons (composants de la lumière) qui heurtent les électrons et libèrent un courant électrique continu. L'électricité produite est disponible sous forme d'électricité directe ou stockée en batteries (énergie électrique décentralisée) ou en électricité injectée dans le réseau.

Un générateur solaire photovoltaïque est composé de modules photovoltaïques eux même composés de cellules photovoltaïques connectées entre elles. [4]

I.4 Types de système photovoltaïque :

I.4.1 Systèmes photovoltaïques autonome :

Le rôle des systèmes autonomes est d'alimenter un ou plusieurs consommateurs situés

Dans une zone isolée du réseau électrique. La figure (I.1) présente un exemple d'un système PV Autonome, en remarquant qu'il y a un système de stockage qui est associé aux générateurs PV pour assurer l'alimentation à chaque instant et pendant plusieurs jours malgré l'intermittence de la production. Ce système est utilisé en tampon, celui-ci étant rechargé en cas de surplus de production et déchargé en cas de surconsommation.

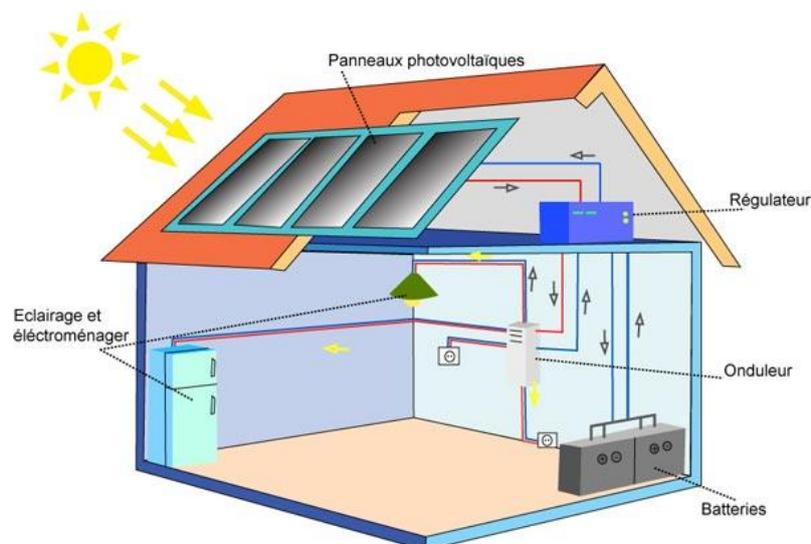


Fig. (I.1) : Système photovoltaïque autonome [2]

Le système de stockage représente une partie très importante du coût de l'installation, et ces conditions de fonctionnement sont très contraignantes. Par conséquent, des systèmes de gestion de l'énergie ont été développés afin d'optimiser la durée de vie du système de stockage et de réduire les coûts de fonctionnement. Un sous-dimensionnement a notamment pour conséquences un vieillissement prématuré du système de stockage ainsi qu'un accroissement des délestages de consommation et de production alors qu'un surdimensionnement peut conduire économiquement. [2]

I.4.1.1 Système photovoltaïque autonome sans stockage électrochimique :

Dans ce cas, l'appareil alimenté ne fonctionnera qu'en présence d'un éclairage solaire suffisant pour son démarrage. C'est intéressant pour toutes les applications qui n'ont pas besoin de fonctionner dans l'obscurité, et pour lesquelles le besoin en énergie coïncide avec la présence de l'éclairage solaire. Mais il faut bien dimensionner le générateur photovoltaïque de sorte de qu'il ait assez de puissance pour alimenter l'appareil à l'éclairage le plus faible. Le pompage photovoltaïque est un exemple de cette catégorie de système autonome.

I.4.1.2 Système photovoltaïque autonome avec stockage électrochimique :

C'est la configuration la plus courante des systèmes photovoltaïques autonomes. Elle comporte des batteries qui emmagasinent l'énergie électrique produite par le générateur photovoltaïque au cours de la journée. Donc, le stockage électrochimique est indispensable pour assurer le fonctionnement nocturne ou durant un nombre de jours prédéfinis dans le dimensionnement des systèmes photovoltaïques.

I.4.2 Systèmes photovoltaïques autonomes hybride :

Les systèmes Hybrides sont généralement des systèmes PV couplés à d'autres sources comme par exemple une éolienne ou un groupe électrogène. Le rôle du second producteur d'énergie est de palier aux insuffisances éventuelles de la production photovoltaïque.

Dans le cas d'un système hybride avec éolien (voir la figure (I.2)), l'énergie produite par celle-ci (qui possède son propre contrôleur) vient compléter la charge des batteries. Sa production étant plus aléatoire que celle des panneaux solaires, elle complète efficacement un générateur photovoltaïque pour des applications particulièrement gourmandes en électricité, qui ne nécessitent pas de fonctionner de façon régulière, mais au gré du vent. [2,5]

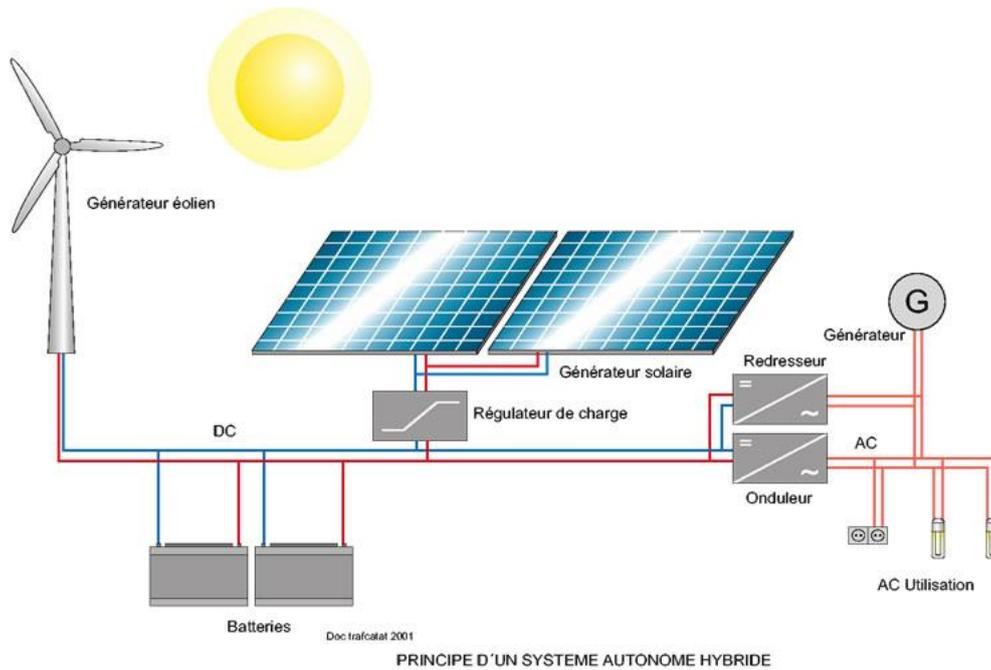


Fig. (I.2) : Système photovoltaïque autonome hybride avec éolien [6]

Le cas d'un système hybride avec groupe électrogène (voir la figure (I.3)) est différent par rapport avec celui d'éolien. Ce type de configuration est adapté aux applications très consommatrices d'électricité mais qui ne fonctionnent qu'une, deux ou trois heures par jour. Il peut aussi être utilisé comme "secours", permettant de limiter la taille du parc de batteries pour les jours "sans soleil". A son démarrage, le groupe électrogène devient une source principale afin de fournir pour tous les appareils dans la maison tout en complétant la charge des batteries au travers du convertisseur-chargeur. Lorsque le groupe s'arrêtera, le système basculera automatiquement sur les batteries. [2,3]

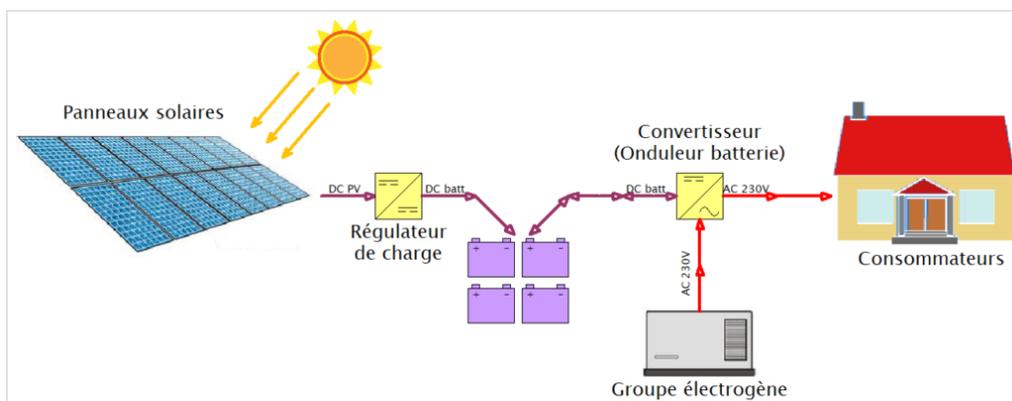


Fig. (I.3) : Schéma principale un système hybride avec groupe électrogène [7]

Par rapport au système hybride avec éolien, celui à groupe électrogène est plus cher au niveau du coût de fonctionnement (coût du fuel) et plus impactant sur l'environnement.

Cependant, le groupe électrogène est capable de satisfaire immédiatement les changements de consommation pendant un court du temps.

I.4.3 Systèmes photovoltaïques connectés au réseau :

La figure ci-dessous représente un système PV connecté au réseau électrique, dont le rôle principal est de contribuer à la production d'électricité d'origine renouvelable sur le réseau. D'un point de vue de la physique, l'énergie produite par les panneaux est directement consommée par les charges locales de l'habitat. L'éventuel surplus de production par rapport à la consommation instantanée est injecté sur le réseau. Et en cas de coupure réseau, l'onduleur stoppe l'injection d'électricité photovoltaïque produite sur le réseau et bascule la production sur un circuit électrique de secours parallèle, constitué d'un ensemble de batteries.

La protection de découplage permet de supprimer tout risque d'électrocution en cas de rupture de courant pour le personnel intervenant. Cette fonction est assurée par l'onduleur qui s'arrête automatiquement lorsque le réseau est mis hors tension. [2,8]

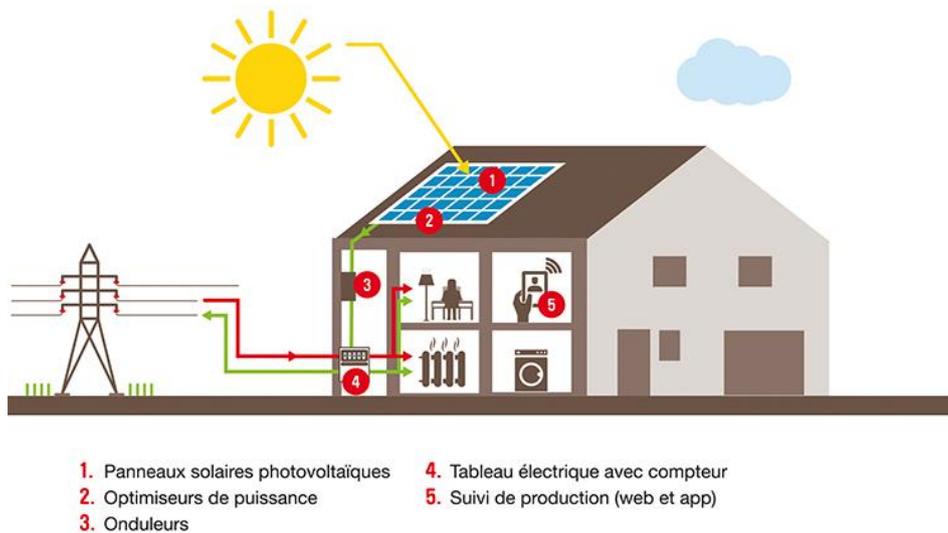


Fig. (I.4) : Système photovoltaïque connecté au réseau [9]

Les panneaux photovoltaïques débitent sur un bus de tension continue à travers un convertisseur dont le rôle est d'effectuer la conversion DC-AC et de faire en sorte que le générateur PV fonctionne toujours à son point de fonctionnement optimal (puissance maximale). Les caractéristiques électriques des panneaux photovoltaïques étant liées aux conditions météorologiques, ce convertisseur améliore la rentabilité du système global

I.5 Cellules photovoltaïques :

Le rayonnement solaire est constitué des photons transportant chacun une énergie E_{ph} qui répond, elle-même, à la relation suivante :

$$E_{ph} = h \times \frac{C}{\lambda} \dots\dots\dots (I.1)$$

Où :

E_{ph} représente la quantité d'énergie.

λ la longueur d'onde en μm .

h la constante de Planck ($6.62607015 \times 10^{-34} \text{J.s}$)

et C la célérité de la lumière dans le vide (3.10^8 m/s)

D'après la relation, cette énergie est inversement proportionnelle à la longueur d'onde. Le flux d'énergie solaire est alors transmis sous forme de rayonnements électromagnétiques dont les longueurs d'ondes assez différents du corps noir dans l'espace, mais encore plus sur la terre telle que le montre la figure ci-dessus :

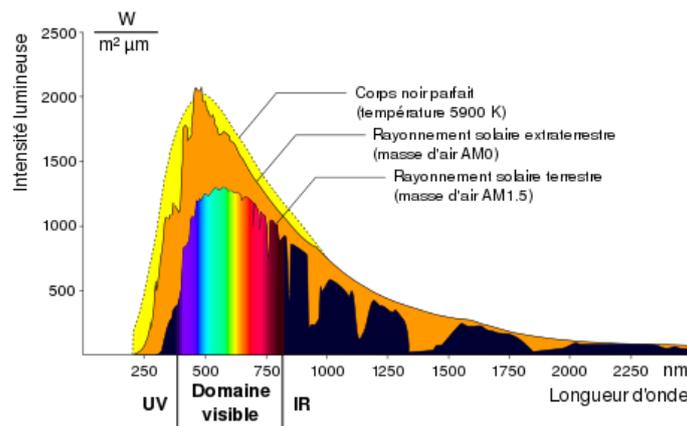


Fig. I.5 : Répartition spectrale solaire [12]

Dans les conditions AM0 : hors atmosphère à haute altitude.

Dans les conditions AM2 : pour l'atmosphère terrestre, le soleil étant à 30° sur l'horizon.

Il est à remarquer que le spectre de l'énergie solaire en atmosphère terrestre est décalé vers le rouge et l'infrarouge par rapport au spectre hors atmosphère.

Tableau (I.1) : Les intervalles des types de lumière en fonction de la longueur d'onde

Longueur d'onde λ (μm)	Type de lumière
Entre 0.01 et 0.2	Ultraviolet
Entre 0.2 et 0.78	Lumière visible
Entre 0.78 et 1.1	Infrarouge

I.5.1 Principe de fonctionnement :

L'énergie solaire photovoltaïque est l'énergie obtenue par la conversion de la lumière en électricité. Cette énergie est obtenue grâce au phénomène physique appelé l'effet photovoltaïque (l'énergie des photons absorbés est transformée en électrons et donc en électricité). Rapporté par Edmond Becquerel en 1839 [10], le principe est assez simple et consiste en l'émergence d'une différence de potentiel aux extrémités d'une structure de matériel semi-conducteur et d'un courant, produit par l'absorption de la lumière.

Plus précisément, l'effet Photovoltaïque est propre à la cellule (unité fondamentale de conversion)., les cellules sont réalisées à partir de deux couches de silicium, une dopée P (en général dopée au bore) et l'autre dopée N (en général dopée au phosphore). Lorsque les photons sont absorbés par le semi-conducteur, ils transmettent leur énergie aux atomes de la jonction PN de telle sorte que les électrons de ces atomes se libèrent et créent des électrons (charges N) et des trous (charges P). Ceci crée alors une différence de potentiel entre les deux couches. Cette différence de Potentiel est mesurable entre les connexions des bornes positives et négatives de la cellule. La tension ainsi générée peut varier entre 0.3 V et 0.7 V en fonction du matériau utilisé et de sa disposition ainsi que de la température de la cellule et du vieillissement de la cellule. [9,11].

Chaque cellule est représentée par sa caractéristique courant tension appelée I(V) (figure (I.6)).

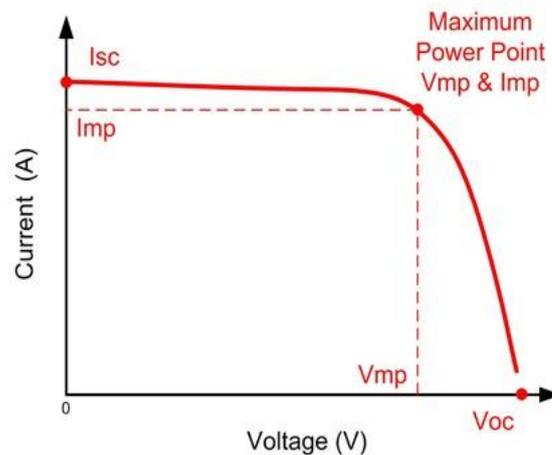


Fig. (I.6) : La caractéristique I(V)

I.6 Architecture classique d'un modèle photovoltaïque :

A. Association en série :

Dans un groupe en série, les cellules sont traversées par le même courant et la caractéristique résultante du groupement en série est obtenue par addition des tensions à courant donné. La caractéristique d'un groupement de N_s cellule PV identiques est présentée sur la figure suivante :

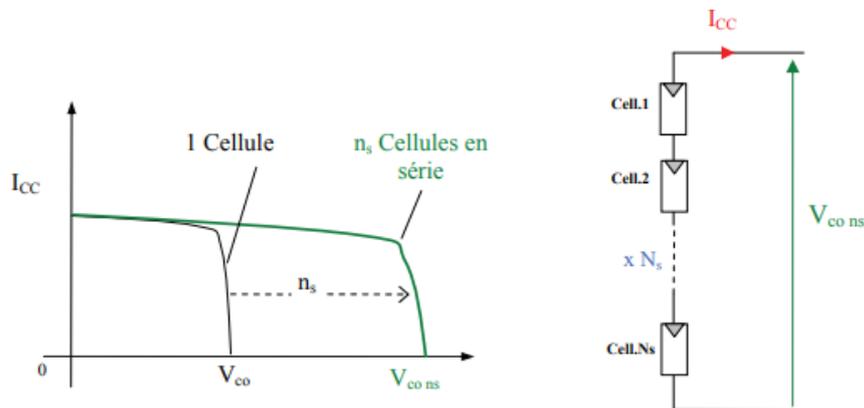


Fig. (I.7) : Caractéristique résultante d'un groupement en série de n_s cellules identiques [9]

B. Association en parallèle :

Dans un groupement de cellules connectées en parallèle, les cellules sont soumises à la même tension et la caractéristique résultante de groupement est obtenue par addition des courants à tension donnée. [11]

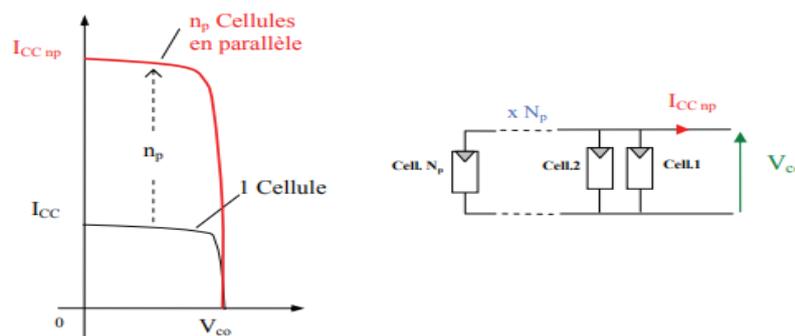


Fig. (I.8) : Caractéristique résultante d'un groupement en parallèle de N_p cellules identiques[9]

C. Association série et parallèle :

Selon l'association en série et/ou parallèle de ces cellules, les valeurs du courant de court-circuit I_{cc} et de la tension à vide V_{co} sont plus ou moins importantes. La caractéristique d'un générateur PV constitué de plusieurs cellules à une allure générale assimilable à celle d'une

cellule élémentaire, sous réserve qu'il n'y ait pas de déséquilibre entre les caractéristiques de chaque cellule (irradiation et température uniformes). [10,11]

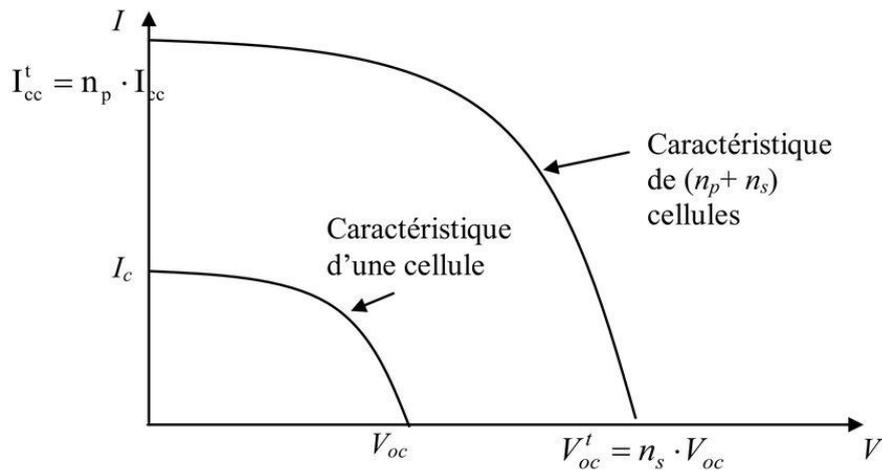


Fig. (I.9) : Caractéristique résultante d'un groupement hybride de $(N_p + N_s)$ cellules identiques[9]

I.7 Technologie de la cellule photovoltaïque :

Les puissances demandées par les charges couramment utilisées nécessitent conjointement des tensions supérieures à ceux que peuvent fournir les cellules élémentaires, il faut donc envisager des groupements. Pour cela les cellules sont assemblées pour former un module les connexions en série de plusieurs cellules augmentent la tension pour un même courant, tandis que la mise en parallèle accroît le courant en conservant la même tension. [7]

Un module photovoltaïque protégé de l'humidité par un capsulage de verre et de plastique. L'ensemble est ensuite muni d'un cadre et d'une boîte de jonction électrique. [6]

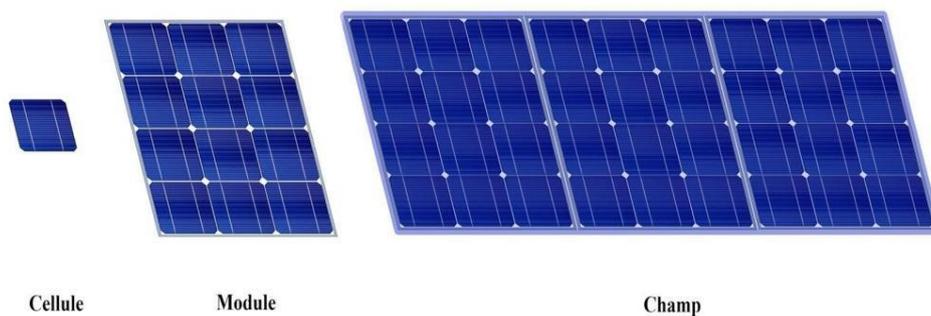


Fig. (I.10) : Cellule photovoltaïque, le module et le champ

Il existe différents types de cellules solaires ou cellules photovoltaïque. Chaque type de cellule est caractérisé par un rendement et un coût qui lui est propre. Cependant quel que soit le type, le rendement reste assez faible entre : 8 et 23 % de l'énergie que les cellules reçoivent. Les cellules les plus utilisées sont : [10]

A. Silicium monocristallin [10] :

Les cellules monocristallines sont des photopiles élaborées à partir de silicium cristallisé en un cristal unique. Leur rendement est de 10 à 16 %, mais leur fabrication est complexe et consommatrice d'énergie.



Fig. (I.11): Silicium Monocristallin

B. Silicium polycristalline [10] :

Les cellules poly cristallines sont fabriquées à partir d'un bloc de silicium cristallisé sous forme de cristaux multiples. Leur rendement moyen est de 11 à 13 %, et leur coût de production est un peu moins élevé que celui des cellules monocristallines.

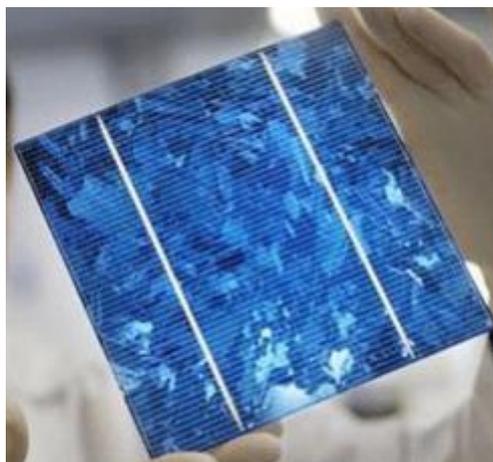


Fig. (I.12) : Silicium Polycristalline

C. Silicium amorphe [10] :

Les cellules amorphes se composent de couches de silicium très minces appliquées sur un support en verre, en plastique souple ou en métal. A l'origine, leur rendement était plus faible (6 à 10%), mais la technologie évolue rapidement, ils fonctionnent avec un éclairage faible ou diffus (même par temps couvert, y compris sous éclairage artificiel de 2 à 3000 lux).



Fig. (I.13) : Silicium Amorphe

I.8 Avantages et inconvénients de l'énergie photovoltaïque :

L'énergie photovoltaïque présente un certain nombre d'avantages et d'inconvénients parmi eux on cite :

I.8.1 Les avantages :

➤ Sa source est gratuite

Le soleil est la seule ressource dont a besoin un panneau solaire et le soleil brillera jusqu'à la fin des temps. De plus, la plupart des cellules photovoltaïques sont fabriquées à base de silicium, un matériau abondant et non toxique (second matériau le plus abondant sur Terre).

➤ L'énergie solaire photovoltaïque ne génère ni bruit, ni émissions nocives, ni gaz polluants l'électricité solaire utilise seulement l'énergie du soleil comme source. Elle ne crée aucun coproduit nocif et contribue activement à réduire le réchauffement climatique.

➤ L'énergie solaire exige peu de maintenance les modules solaires ne nécessitent pratiquement aucune maintenance et faciles à installer.

➤ L'énergie solaire photovoltaïque fournit de l'électricité aux zones rurales les plus isolées.

I.8.2 Les inconvénients :

- Les modules photovoltaïques ne fonctionnent pas quand l'énergie solaire n'est pas disponible.
- La fabrication du module photovoltaïque relève de la haute technologie et requiert des investissements d'un coût élevé.
- Le rendement réel de conversion d'un module est faible (la limite théorique pour une cellule au silicium cristallin est de 28%).
- Lorsque le stockage de l'énergie électrique sous forme chimique (batterie) est nécessaire, le coût du générateur photovoltaïque est accru. La fiabilité et les performances du système restent cependant équivalentes pour autant que la batterie et les composants de régulation associés soient judicieusement choisis.
- Les générateurs photovoltaïques ne sont pas compétitifs par rapport aux générateurs Diesel pour des faibles demandes d'énergie en région isolée.

I.9. L'onduleur :

Un onduleur est un dispositif d'électronique de puissance permettant de fournir des tensions et des courants alternatifs à partir d'une source d'énergie électrique de tension ou de fréquence différente. C'est la fonction inverse d'un redresseur. L'onduleur est un convertisseur statique de type continu/alternatif. Certains onduleurs sont dits hybrides ou intelligents et plusieurs générations de micro-onduleurs sont apparues sur le marché en 2014. Compatibles avec des modules jusqu'à 310 W, résistants à des températures de +65 °C, refroidis par convection naturelle de l'air et dont le rendement atteint 95,7 %

- Il filtre les parasites
- Il se substitue au réseau électrique pendant les coupures
- Il stabilise l'énergie électrique (tension et fréquence)
- Il élimine les microcoupures

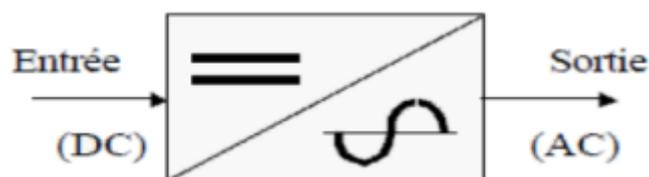


Fig. (I.14) : Schéma symbolique de l'onduleur [2]

I.9.1 Principe de fonctionnement :

A. Onduleur monophasé :

Les onduleurs sont basés sur une structure en pont en H, constituée le plus souvent d'interrupteurs électroniques tels que les IGBT, transistors de puissance ou thyristors. Par un jeu de commutations commandées de manière appropriée (généralement une modulation de largeur d'impulsion), on module la source afin d'obtenir un signal alternatif de fréquence désirée. Il existe deux types d'onduleurs : les onduleurs de tension et les onduleurs de courant.

On distingue aussi les onduleurs autonomes et les onduleurs non autonomes.

B. Onduleur triphasé :

L'onduleur triphasé constitue de trois cellules de commutation. On retrouve évidemment une structure différentielle dans laquelle les tensions triphasées sont obtenues de façon composée sur les trois bornes de sortie. Il est facile de généraliser ce principe à un onduleur « p-phase » en pont qui comporterait donc p cellules. Dans cette configuration différentielle, la cellule de commutation peut donc être considérée comme une phase de l'onduleur, la composante alternative de sa tension de sortie constituant une tension simple du système polyphasé. On peut cependant indiquer la possibilité d'élaborer les phases d'un générateur p-phase à l'aide de p onduleurs monophasés en pont, solution lourde mais qui peut avoir son intérêt en termes de contrôle des tensions et de dimensionnement.

Cela est utilisé dans des applications telles que les alimentations de secours de forte puissance. [6,7]

I.10 Élément de stockage :

Il existe différents types de stockages, le stockage électrochimique, le stockage hybride...etc.

Dans les systèmes de stockage par batteries électrochimiques, les assemblages de batteries sont conçus pour fournir la puissance et la capacité en fonction des usages (par exemple stabilisation des réseaux, alimentation de secours).

I.10.1 Les batteries :

Les batteries servent de zone tampon entre production et consommation d'énergie (utilisation). Leur capacité doit être suffisamment grande pour faire face à tous les aléas de la production et de la consommation. [9]

Lorsque le réservoir d'énergie est plein toute quantité d'énergie supplémentaire entraînera le bouillonnement de l'électrolyte :

- Le niveau dans la batterie baisse, et celle-ci peut être gravement endommagée
- Les gaz produits peuvent exploser avec une flamme ou une étincelle.
- Le surplus d'énergie risque de détériorer les plaques en plomb en arrachant la matière active.

Il existe différents types de batteries, on peut citer :

- La batterie plomb acide
- La batterie nickel cadmium
- La batterie sodium chlorure de nickel
- La batterie lithium-ion
- La batterie zinc air

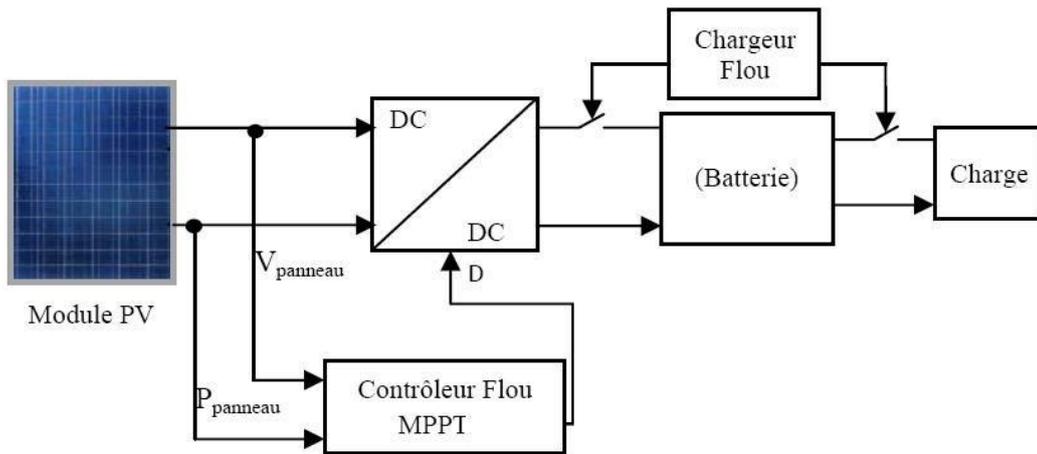


Fig. (I.15) : Schéma synoptique d'un système photovoltaïque avec batterie de stockage [12]

I.10.2 Principe de fonctionnement des batteries :

Le principe de fonctionnement d'un générateur électrochimique est essentiellement basé sur la conversion de l'énergie chimique en énergie électrique. Toute réaction chimique d'oxydoréduction, pourvu qu'elle soit spontanée, c'est-à-dire accompagnée d'une diminution d'énergie libre, est en effet susceptible de donner naissance à un courant électrique lorsqu'elle a lieu dans des conditions appropriées. Pour cela, il faut que l'échange des électrons de valence s'effectue par le canal d'un circuit extérieur au système. [6,7,9]

Ainsi la combustion libre de l'hydrogène produisant de l'eau et de l'énergie calorifique ne peut donner naissance à un courant électrique car l'échange électronique s'accomplit directement, en quelque sorte par un court-circuitage moléculaire.

I.10.3 Caractéristiques générales des batteries :

Les accumulateurs destinés aux installations photovoltaïques doivent avoir les qualités suivantes :

- être robustes
- avoir un grand nombre de cycles (de charge et de décharge), soit entre 5000 à 10000.
- avoir une faible résistance interne
- avoir un taux d'autodécharge faible
- Maintenance réduite
- posséder une grande réserve d'électrolyte
- avoir une durée de vie importante (de 5 à 8 ans pour les batteries au plomb ou au gel et 10 ans pour celles au lithium)

Dans ce travail notre choix se porte sur les batteries plomb acide vue les avantages qu'elles présentent :

- Prix de revient moins cher que les autres types de batteries
- Elles sont solides
- Capable de fournir des courants élevés
- Sans effet mémoire

I.11 Conclusion :

L'énergie est au centre de l'économie pour tous les pays et à la base de toute activité humaine, ces sources se sont diversifiées au cours du temps afin de satisfaire une demande toujours croissante.

Dans ce chapitre précédent nous avons présenté le système photovoltaïque, l'énergie solaire photovoltaïque et les différents systèmes photovoltaïques (systèmes autonomes, système autonome sans stockage électrochimique, système autonome avec stockage électrochimique, systèmes Hybrides, système PV connecté au réseau électrique).

Nous avons aussi présenté le fonctionnement de la cellule photovoltaïque puis les convertisseurs statiques (hacheur, onduleur), et les éléments de stockages tels que le type de stockage généralement utilisé dans ce système est la batterie au plomb L'utilisation de ces batteries à l'échelle saisonnière est inenvisageable. Elles ne peuvent rester longtemps inutilisées sans conséquences néfastes sur leur durée de vie. En fin on a terminé avec une conclusion.

Chapitre II :

Notions générales sur

les serres

II.1. Introduction :

Dans ce chapitre, nous donnerons un aperçu des différents types de serres agricoles, ainsi que les paramètres climatiques qui contrôlent la croissance des plantes et les derniers systèmes automatisés pour un contrôle et une régulation précise des paramètres climatiques en fonction des plantes et de leurs besoins.

L'utilisation de la technologie de contrôle automatique permet aux producteurs d'atteindre des objectifs techniques et économiques, tels que :

- Augmenter le rendement de la production agricole.
- Réduire la consommation d'énergie.
- Améliorer la qualité des produits agricoles.
- Les légumes et les fruits peuvent être produits toute l'année.
- Contrôlez et gérez à distance la quantité et le type de production agricole.

II.2. La culture sous serres en Algérie :

Au début du vingtième siècle, les cultures sous serres sont introduites dans plusieurs pays surtout après le développement de l'industrie du verre et l'apparition du plastique.

En Algérie, la culture sous serre n'a connu le vrai départ qu'au début des années 80. La surface des cultures protégées s'est considérablement étendue. L'augmentation des rendements et la production précoce et hors-saison a encouragé les agriculteurs à utiliser des serres solaires. [13]

II.3. Production sous serre et climat méditerranéenne :

Comparée à celle des régions de production plus septentrionales ou atlantiques, la production sous serre en région méditerranéenne est limitée par des conditions climatiques estivales particulièrement éprouvantes pour les cultures. En théorie, le rayonnement solaire élevé des régions méditerranéennes est favorable au développement des cultures sous serre. Cependant, dans la réalité la production ne peut être maintenue à son potentiel que si les autres facteurs climatiques ne sont pas limitants, et notamment si la température et le déficit de saturation de l'air ne dépassent pas certains seuils. [14]

II.4. Les serres agricoles :

II.4.1. Définition :

Une serre est une structure close ou semi-ouverte translucide, en verre ou en plastique, soutenue par une structure métallique ou en bois, destinée en général à la production agricole.

Elle vise à protéger les cultures vivrières ou de loisir des éléments climatiques, afin d'améliorer la production des plantes, d'en accélérer la croissance et de les produire indépendamment des saisons grâce à un gain de température par blocage de la convection (et non par effet de serre) sous la structure. La culture sous serre s'appelle la serriculture.

Une serre peut également être un édifice architectural d'agrément, soit privé de petite taille à l'intérieur d'une maison, soit ouverte au public et de grande taille, qui satisfait l'esthétique par sa forme architecturale et par la richesse des collections de plantes qu'elle abrite.

[15,16].

II.4.2. Intérêt de la serre :

La serre de culture offre la possibilité de s'affranchir des contraintes climatiques extérieures (pluie, vent, froid), elle est conçue pour recréer un environnement donné (microclimat). Elle permet le chauffage de l'air et des racines, le contrôle de l'irrigation et de la fertilisation, l'enrichissement en CO₂ et le contrôle de l'humidité. Elle joue un rôle économique en présentant des produits sur le marché en contre saison.

La serre permet ainsi d'obtenir une production végétale dans des conditions meilleures que celles existant naturellement par conséquent une meilleure qualité, du produit. Pour aboutir à ces résultats, il faut répondre minutieusement aux exigences de la culture pour les différents facteurs intervenant dans sa croissance et son développement, ceci suppose la connaissance des interactions entre ces divers paramètres [17].

II.4.3. Choix de la serre et de sa couverture :

Les principaux critères de choix d'une serre et sa couverture d'après sont les suivants : [17]

- La transmission du rayonnement utile à la photosynthèse (elle détermine le potentiel de la production)
- La solidité et la durabilité (attention aux zones comportent des risques climatiques)
- La fonctionnalité et la facilité de maintenance (elle joue un rôle dans le coût de main-d'œuvre)
- Les économies d'énergie et le prix

II.4.4. Les différents types de serre :

La classification des serres peut être faite soit de point de vue technologique, ou de point de vue professionnel.

II.4.4.1. La serre chapelle :

La chapelle est l'unité de construction de la serre, formée par deux parois latérales verticales (ou très légèrement penchées) et un toit à deux pentes, généralement symétriques.

La chapelle est caractérisée par sa largeur, les dimensions courantes sont approximativement entre (3, et 16m)



Fig. (II.1) : serre chapelle

II.4.4.2 La serre multi chapelle :

La Serre Multi chapelle est constituée de nefs adossées avec une couverture elliptique et des parois latérales verticales. Il s'agit d'une serre très polyvalente qui s'adapte parfaitement à tous types de climats et de cultures et permet d'adapter la largeur de chaque chapelle au cadre de plantation des cultures.



Fig. (II.2) : Serre multi chapelle

II.4.4.3 La serre tunnel :

En général, la serre tunnel se compose d'une série d'éléments juxtaposés constitués chacun par une armature en tube d'acier assemblé par des boulons. La largeur est de 3 à 9 m. Le film plastique se fixe par divers systèmes de clips.

La serre tunnel est spécialement dédiée aux cultures précoces. Elle est incontournable pour le potager puisqu'elle permet de prolonger la récolte de fruits et légumes hors saison, voire de permettre des floraisons d'été. Elle doit son nom à sa forme demi-circulaire. Sa structure se maintient grâce à de grands arceaux métalliques. Elle est recouverte d'une bâche plastique spécialement conçue pour les serres. Cette bâche souple et transparente permet de doubler l'efficacité de la serre.



Fig. (II.3) : Serre tunnel

II.4.4.4. La serre gonflable :

La serre gonflable est une serre dont les parois sont flexibles de manière où son vrai volume avec l'état de son climat change (la température élevée provoque une détente qui fait augmenter la pression totale intérieure, la condensation de la vapeur d'eau diminue la pression totale, et provoque une dépression) par conséquent la paroi se rabat sur l'armature de la serre.



Fig. (II.4) : Serre gonflable

II.4.5 Caractéristiques des serres :

II.4.5.1 La structure de la serre :

Le choix du matériau de la structure est en fonction du type de serre choisi, ce qui revient à la question de la place disponible et du budget.

Structure en aluminium : C'est un matériau très pratique et très utilisé, pour sa solidité et le peu d'entretien qu'il nécessite. Une structure en aluminium de qualité peut durer une centaine d'années.

Structure en bois : C'est le matériau le plus séduisant car le plus « noble » et le plus esthétique, il faut le choisir imputrescible et s'il est bien entretenu, il pourra durer toute une vie.

Structure en acier : L'acier présente l'avantage d'être souple et résistant. Une serre en acier pourra avoir la longévité d'une serre en aluminium à condition de prendre garde à la rouille.

Structure en PVC : Le PVC est relativement bon marché et c'est un des meilleurs isolants, mais il est peu apprécié esthétiquement et sa longévité n'est pas exceptionnelle. [18]

II.4.5.2 Forme extérieure et Taille :

Les serres se différencient les unes des autres sur leurs forme extérieure, la taille et l'espace réservé, cette différence est dépendue au type d'utilisation, Ainsi que l'environnement, le climat extérieur et le terrain.

Les entreprises de fabrication étudient l'emplacement géographique et choisiront la forme qui mieux adaptée à cette zone.

II.4.5.3 Climat :

Le climat spontané à l'intérieur de la serre dépend essentiellement du climat extérieur, des caractéristiques physiques de l'air intérieur, de la forme de la serre, du volume de l'abri, de son orientation et des qualités physico-chimiques des matériaux de la couverture utilisée.

Les principaux facteurs du micro climat, qui sont modifiés par rapport à l'extérieur sont : la lumière, la température, l'humidité et les concentrations des gaz (CO₂, O₂).

Lumière : Les conditions d'éclairément à l'intérieur de la serre sont sous l'étroite dépendance du climat lumineux naturel, la meilleure utilisation de ce climat naturel sera liée au choix des matériaux de couverture (verre, pvc, polyéthylène) et aux conditions de leur mise en œuvre (structure, forme et orientation des serres) qui ont une grande influence sur l'utilisation raisonnable de ce climat lumineux naturel. [17]

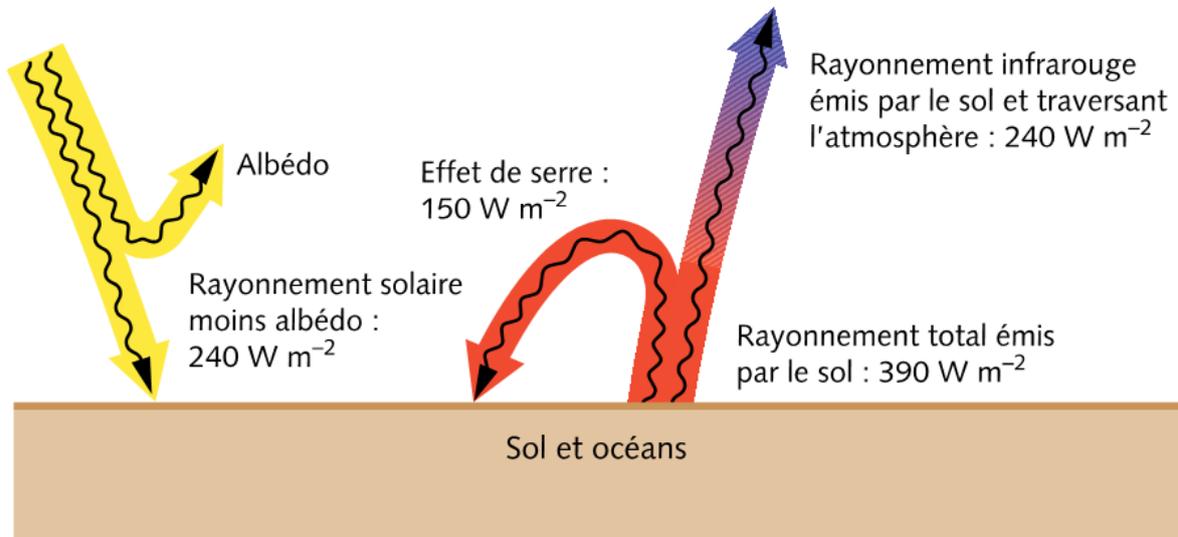


Fig. (II.5) : Schématisation de l'effet de serre

Température : La température de l'air, prise comme caractéristique du climat de la serre, est la résultante du bilan d'énergie établi sous la serre. L'effet de serre se présente généralement de la façon suivante :

Pendant la nuit la déperdition d'énergie par rayonnement infrarouge limite l'atténuation de refroidissement nocturne, dans le cas des nuits particulières et en absence de turbulences à l'intérieur de la serre ce phénomène peut entraîner des abaissements de température plus marqués, on parle alors d'inversement de température.

L'élévation de température de l'air pendant le jour qui devient rapidement excessive lorsque le rayonnement solaire est intense, est dû aux effets conjugués des piégeages des apports radiatifs solaires et à la réduction d'échanges convectifs. Il est alors nécessaire d'intervenir en augmentant la vitesse de renouvellement de l'air par aération statique ou par ventilation dynamique. [19]

Humidité : L'accroissement de la température de l'air dans la serre tend à créer un déficit de saturation et donc une diminution d'humidité, alors que le confinement et l'étanchéité de la serre la favorisent. Les conséquences de l'humidité sont :

-Pendant le jour : L'élévation de la température de l'air peut entraîner un abaissement exagéré de son humidité relative et provoquer un véritable "stress hydrique" au niveau de la végétation d'où la nécessité de prévoir un système de ventilation de la serre. [19]

-Pendant la nuit : Les serres étant généralement fermées, l'humidité relative est élevée.

Au cours de la nuit, la température baisse. Il se produit fréquemment des condensations sur les parois et les gouttes condensées peuvent tomber sur la végétation (Conditions favorables au développement de certaines maladies...).

Teneur en gaz carbonique : Dans le cas des serres très étanches (peu aérées), il est souhaitable de réaliser un enrichissement en CO₂ d'une façon judicieuse pour qu'il soit bénéfique, aussi bien pour le rendement que pour la photosynthèse. Dans les régions arides, où le besoin de refroidissement est important dès le début de la saison de culture, la ventilation est alors abondante pendant la majeure partie de la journée, l'enrichissement en CO₂ est peu applicable. [19]

II.4.5.4. Orientation de la serre :

Le réglage de l'orientation de la serre selon la course du soleil ainsi que selon la direction des vents a causé des difficultés pour éviter l'hétérogénéité de certaines conditions climatiques à l'intérieure de la serre. Dans la région méditerranéenne, où le soleil s'élève sur l'horizon, les vérifications ont montré que l'éclairement solaire satisfaisant pouvait s'obtenir par l'adaptation d'une orientation nord-sud. La comparaison entre le matin et le soir a montré que cette orientation permet d'avoir une meilleure homogénéité du flux lumineux. Compte tenu de la direction générale Nord-sud ou Est -Ouest des forme orientation , cette orientation a l'avantage de réduire les effets néfastes des vents tant sur la structure que sur les déperditions énergétiques de la serre [20]

II.4.5.5. Aspects spécifiques d'une serre :

Photosynthèse : La photosynthèse est un processus de conversion d'énergie radiative en énergie chimique, transportable et réutilisable. Elle repose sur la transformation de l'oxyde, du carbone et d'hydrogène à faible énergie potentielle chimique, en hydrates de carbone à énergie potentielle chimique élevée [21].

Respiration : Les hydrates de carbone formés par photosynthèse sont distribués dans tout l'organisme et peuvent alors être soit polymérisés en macro-molécules destinées à l'élaboration des parois cellulaires, soit mis en réserve sous forme de sucre ou de graisse, soit finalement utilisés comme source d'énergie lors de synthèse d'autres substances organiques.

La récupération de l'énergie chimique emmagasinée dans les hydrates de carbone s'effectue par un processus de dégradation oxydative, dénommé respiration, qui peut être considéré dans une certaine mesure comme la réaction inverse de la photosynthèse [22].

Évapotranspiration : Les transferts d'eau du système sol-végétation dans la serre peuvent s'effectuer selon deux canaux. Soit par évaporation directe de l'eau du sol soit par transpiration des végétaux préalablement prélevée dans le sol par leurs systèmes racinaux.

L'évaporation directe se produit essentiellement dans une zone de faible épaisseur située immédiatement sous la surface du sol. Les deux processus se produisent simultanément et de telle manière qu'il est difficile de les distinguer. Ils sont englobés sous le terme général d'évapotranspiration [21].

I.2.5.6 Source d'énergies qui peuvent chauffer les serres

Géothermie : Il s'agit d'exploiter des poches d'eau situées dans les couches profondes du sous-sol ; vers 1000 à 2000 [m] de profondeur. L'eau contenue dans ces poches se distingue

par des températures de l'ordre de 50 à 70 °C. Cette énergie géothermique est utilisée dans plusieurs pays dans le domaine de l'agriculture pour le chauffage des serres agricoles en vue d'amélioration des cultures sous serre. En Algérie les puits d'eau chaude qui étaient destinés depuis plusieurs décennies pour la consommation humaine et pour l'irrigation, ne furent exploités pour le chauffage des serres qu'à partir de l'année 1974 [21].

Énergie solaire : La serre elle-même est un capteur solaire à la fois biologique (photosynthèse) et thermique. Le capteur thermique est même souvent trop efficace puisqu'il faut fréquemment aérer la serre et donc rejeter la chaleur à l'extérieur par ventilation. Un système de stockage de cette chaleur doit être prévu au vu non seulement des rapports d'ensoleillement jour/nuit mais aussi des rapports hiver/été ce qui représente un obstacle majeur [21].

II.4.5.7 Conditions climatiques d'une serre :

Échanges thermiques :

Les conditions climatiques au voisinage du sol résultent des échanges de chaleurs et de masse entre le sol, la végétation et l'atmosphère. Ainsi nous considérerons, dans cette étude que l'agrosystème serre peut-être décrit à partir des transferts d'énergie et de masse. Ces transferts peuvent s'effectuer sous trois formes différentes par rayonnement, convection et conductions [22].

Les échanges radiatifs : de courtes longueurs d'ondes aussi bien directs que diffus, qui sont transmis, réfléchis et / ou absorbés par les différents milieux considérés. Les échanges radiatifs de grandes longueurs d'ondes entre ces milieux, le ciel et l'extérieur.

Les échanges convectifs : échanges de chaleur sensible et latente par aération entre les différents milieux et l'extérieur, plus l'échange de chaleur latente d'évaporation ou de condensation.

Les échanges conductifs : concernent essentiellement les transferts thermiques entre la surface du sol et les déperditions thermiques à travers les parois ou les vitres. La modélisation et l'établissement du modèle mathématique, traduisant les phénomènes considérés, aboutissent alors à la résolution d'un système d'équations, ici par des méthodes numériques considérées [22].

II.4.5.8 Mouvements de l'air :

L'une des différences majeures entre les conditions climatiques à l'intérieur de la serre et celles qui règnent à l'extérieur concerne les vitesses du vent qui entrent en jeu. La vitesse moyenne du vent est de l'ordre de 4m. s⁻¹ à l'extérieur tandis qu'elle est nettement plus faible à l'intérieur.

Le rôle d'abri joué par la structure de la serre est essentiel car la croissance des plantes est sensiblement réduite lorsqu'elles sont soumises à des vitesses d'air très supérieures à 0.5m. s⁻¹. Néanmoins, le mouvement d'air est nécessaire car il facilite les échanges de chaleur, de vapeur d'eau et du dioxyde de carbone entre les plantes et l'air environnant [23]

Même dans le cas d'une serre fermée, l'air à l'intérieur n'est pas complètement au repos du fait qu'il existe des gradients thermiques (différence de températures). Ces gradients créent des mouvements d'air convectifs. Par ailleurs, la serre n'étant pas complètement étanche, des mouvements d'air peuvent être induits par le vent extérieur. Parfois également, les mouvements d'air sont créés par l'utilisation du chauffage ou de ventilateurs pour contrôler le microclimat à l'intérieure de la serre.

Nous distinguons donc deux mécanismes prépondérants qui mettent en mouvement l'air dans la serre :

- Les forces de flottabilité qui correspondent à la poussée d'Archimède : Elles sont fonction de la densité de l'air. Elles même dépendent de la température.
- La force motrice générée par le vent extérieur (ou par les ventilateurs). Elle met en action les masses d'air dans la serre et crée des zones de surpression ou de dépression.

II.4.5.9 Aération :

Le processus d'aération influence directement sur le transport d'énergie et de masse entre l'environnement extérieur et l'intérieur. Il s'agit de : - Dissiper le surplus de chaleur - Accroître les échanges de dioxyde de carbone et d'oxygène - Maintenir un niveau d'humidité acceptable Ainsi, l'aération affecte fortement la distribution du climat qui règne dans la serre.

Or une distribution hétérogène des variables microclimatiques dans une serre engendre elle-même une hétérogénéité de la production, notamment en termes de qualité. L'efficacité de l'aération joue donc un rôle prépondérant à la production (Bartzanas et al.2004) [24]

II.4.5.10 Hétérogénéité climatique :

L'hétérogénéité climatique des serres a un effet important sur la variabilité de l'activité des cultures, notamment sur la transpiration et la photosynthèse. Cette hétérogénéité pourrait être particulièrement forte dans les serres plastiques de type tunnel. Les transferts radiatifs et convectifs contribuent principalement à cette hétérogénéité. Quelques études (Haxaire et al ; 1999) ont mis en évidence cet aspect et ont comparé des données mesurées et simulées, aussi bien sous ciel dégagé que sous ciel nuageux. [25]

II.4.5.11 Le revêtement :

- Le film souple laisse parfaitement passer la lumière et retient bien la chaleur. C'est le revêtement le plus économique mais il devient jaune et cassant au bout de trois à quatre ans et doit donc être régulièrement remplacé.
- Le plastique est vendu sous forme de grandes feuilles légères et projette donc peu d'ombre.
- Il est aussi le plus hermétique des revêtements, donc le meilleur conservateur de chaleur. Il est cependant difficile à nettoyer.
- Le verre est parfaitement indiqué pour une serre pour ses qualités de transparence, sa durée de vie et sa facilité de nettoyage. Mais il est relativement lourd et fragile,

donc potentiellement dangereux notamment pour les enfants, à moins d'être du verre trempé [18].

II.5. La technologie dans les Serres Agricoles :

Il existe de nombreuses techniques et annexions modernes, qui sont incluses dans les serres pour contrôler les conditions climatiques dans la serre et pour fournir une atmosphère adaptée aux plantes agricoles, dans le but d'obtenir une production agricole supérieure à la normale.

Exemple : la ventilation, chauffage, les systèmes de refroidissement...etc.

II.5.1. Ventilation :

Depuis l'invention de la serre, l'homme a mis au point une solution pour la ventilation des serres par des fenêtres avec différentes formes et tailles, ont été placées en fonction des besoins des plantes et de la forme de la serre.

Il y a deux méthodes de ventilation d'une serre :

II.5.1.1. Ventilation traditionnelle et naturelle :

Les agriculteurs ont utilisé la ventilation traditionnelle comme solution simple et peu coûteuse, pour contrôler le climat de serre, et adapté la température et l'humidité, pression atmosphérique au maximum possible par des fenêtres s'ouvrir et se fermer manuellement, et permettre à l'air de bien circuler

II.5.1.2. Ventilation développée :

En raison de la nécessité d'utiliser la ventilation développée, il existe de nombreuses technologies et les appareils électriques utilisés Dans la ventilation des serres sont souvent constitués des fenêtres, portes et ventilateurs, Ils sont souvent connectés à une unité de contrôle central qui ouvre et ferme les ports en fonction des valeurs du capteur, ces types de ventilation développée sont utilisés pour l'adaptation du climat interne de la serre.

II.5.2. Chauffage de Serre :

Pour maintenir la température nécessaire à la survie des plantes, il faut installer un système de chauffage dans la serre. Il aura un rôle soit d'antigel en maintenant la température vers 2°C au minimum soit de chauffage au sens strict du terme pour obtenir une ambiance tempérée ou tropicale dans la serre. Le système de chauffage doit être suffisamment puissant pour atteindre et maintenir efficacement la température choisie. Quant à l'énergie utilisée, tout dépend de région climatique, des frais d'installation et des coûts d'utilisation compte tenu du système de chauffage qui équipe la serre [26].

II.5.2.1. Le chauffage au gaz :

Le chauffage au gaz s'avère très efficace dans la serre. Le gaz de ville étant naturellement exclu car son installation serait chère et compliquée, même le butane est inefficace car il est trop sensible au gel, donc il est mieux d'utiliser du propane, qui lui ne gèle pas, toutes les

bouteilles de gaz doivent être sorties de la serre pour éviter tout risque d'explosion par surchauffe.

Il faut aussi surveiller avec plus d'attention l'aération de la serre car la combustion du propane dégage de la vapeur d'eau. S'il est mal réglé, il peut également émettre des vapeurs toxiques pour les plants [26].

II.5.2.2. Le Chauffage électrique :

Le chauffage électrique est non contaminé mais coûteux et inefficace dans les grandes serres, donc il n'est pas utilisé beaucoup dans les grandes serres.

Afin de contrôler le chauffage de la serre, il C'est mieux à choisisses un schéma pour déterminer le nombre de chauffage nécessaire pour la taille de la serre, et installé dans des endroits très précis, pour assurer la meilleure diffusion de la chaleur, Comme nous le savons, la chaleur en haut sera plus élevée en bas. Il est donc recommandé de laisser passer de petits ventilateurs en haut pour transférer l'air chaud et la distribution partout.

II.5.2.3. Chauffage passif par galets :

Durant la journée les galets absorbent la chaleur et la restitue le soir.



Fig. (II.6) : Les galets

II.5.2.4. Chauffage solaire :

Le chauffage solaire de la serre est réalisé par la production de l'eau chaude à l'aide d'un chauffe-eau solaire en utilisant comme source d'énergie la lumière du soleil. Grâce à lui, on peut couvrir entre 30 et 80% des besoins en énergie pour le réchauffement de la serre.

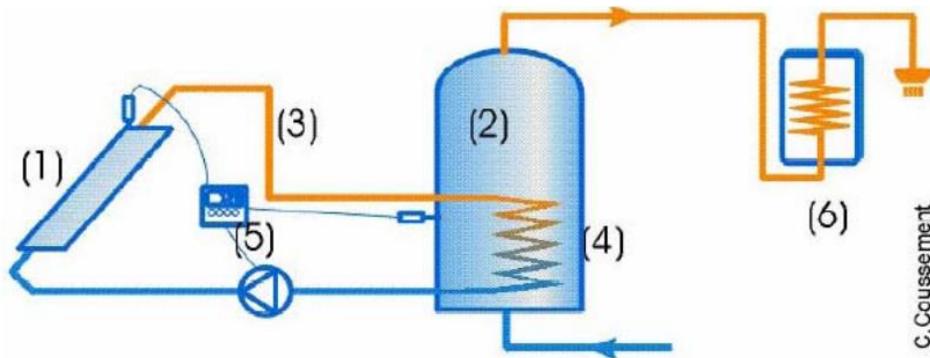


Fig. (II.6) : les composants du chauffe-eau solaire

- (1) : le capteur solaire (2) : le réservoir de stockage (3) : le circuit primaire
(4) : l'échangeur de chaleur (5) : les accessoires (circulateur ou pompe, régulation)
(6) : le chauffage d'appoint

II.5.3. Systèmes de refroidissement :

Il existe plusieurs méthodes de refroidissement utilisées dans les serres. Nous expliquerons certaines méthodes de refroidissement.

II.5.3.1. Rideaux d'ombrage :

Les rideaux thermiques peuvent être utilisés pour ombrager la serre et limiter l'augmentation de la température à l'intérieur de celle-ci. Les rideaux thermiques peuvent réduire la température jusqu'à 6°C lorsque comparés à une serre qui n'utilise pas de rideaux thermiques (NGMA, 1996). Par contre, l'utilisation de cette technique réduit la luminosité qui est nécessaire à la photosynthèse. En climat canadien, le rideau thermique est plutôt utilisé pour réduire la consommation énergétique dans les serres au cours de l'hiver. Le rideau thermique peut être utilisé pour ombrager la serre en temps chaud et ensoleillé ou pour réduire la consommation énergétique d'une serre durant la nuit.[27]

ghII.5.3.2. Panneaux humides de refroidissement (Cooling Pad) :

Cette méthode de refroidissement consiste à faire circuler de l'eau froide dans un panneau de cellulose à base de plastique ou à base de cellulose ayant reçu un traitement spécifique, combinée à des ventilateurs d'extraction d'air mécanique. Les panneaux de refroidissement sont installés dans une section de murs, idéalement, celle qui est exposée aux vents dominants.

Ces panneaux de refroidissement sont utiles lorsque le climat extérieur est chaud et sec. Ils permettent le refroidissement adiabatique de l'air de la serre, en utilisant l'air chaud à faible teneur en eau de l'extérieur. En évaporant l'eau du panneau de refroidissement humide, l'air chaud de l'extérieur devient froid et à haute teneur en eau, contribuant à abaisser la température ambiante de la serre. [27]

II.5.3.3. Brouillard Basse Pression (Fog System) :

Le brouillard basse pression suit le même principe avec une taille de gouttelettes supérieures et moins nombreuses. La conséquence : une humification plus importante. Il est principalement utilisé pour des plantes robustes qui ne craignent pas d'être humidifiées sur leur feuillage ou leurs fruits [28].

II.6 Conclusion :

Le choix du type et de la structure de la serre dépend du climat de la région et des types de plantes cultivées dans cette serre.

Dans ce chapitre, nous avons examiné les types de serres agricoles les plus populaires, puis nous avons identifié les paramètres les plus importants pour la croissance de la culture sous serre, et enfin nous avons défini les différents systèmes automatisés nécessaires pour gérer efficacement les paramètres climatiques dans des conditions strictes.

Sur la base d'une compréhension complète des caractéristiques et des besoins des différentes étapes de croissance des plantes et aussi, en choisissant la meilleure technologie dans la serre, on va offrir aux plantes les meilleures conditions de croissance.

Chapitre III :

La Station météo

III.1 Introduction :

Les scientifiques ne cessent de rechercher pour comprendre les lois qui régissent les phénomènes météorologiques.

La station météo nous permet d'apporter des avancées significatives en perfectionnant les instruments de mesure. Parce qu'ils peuvent être mesurés très précisément, tout en simplifiant la détection des données, puis en les enregistrant.

Mais le plus important est d'utiliser ces phénomènes pour générer d'éventuels profits ou prévenir un danger.

Dans ce chapitre nous présenterons un descriptif détaillé d'une station météo en général pour répondre aux caractéristiques de notre région.

III.2 Météorologie :

La météorologie est une science qui étudie l'atmosphère terrestre. Elle a pour objet d'en connaître les états pour comprendre les phénomènes qui s'y déroulent afin de décrire le temps qu'il fait et de le prédire. La météorologie observe et étudie les 30 premiers Kilomètres de l'atmosphère en contact avec la surface de la terre. [29]

III.3 Station météorologique :

Une station météorologique automatisée est un instrument qui mesure et enregistre les paramètres météorologiques à l'aide de capteurs sans intervention humaine. Les paramètres mesurés peuvent être stockés dans un enregistreur de données intégré ou peuvent être transmis à un emplacement distant via une liaison de communication. Si les données sont stockées dans un enregistreur de données, les données enregistrées doivent être physiquement téléchargées sur un ordinateur ultérieurement pour un traitement ultérieur. Cependant, ce n'est pas une option viable en particulier lorsque la station météo est située dans un endroit distant sans surveillance. Par conséquent, le système de communication est un élément essentiel dans une station météorologique automatisée [30].



Fig. (III.1) : Base météo

Les variables à mesurer sont la température, la pression, la vitesse et la direction du vent, l'hygrométrie, la pluviométrie, la hauteur et le type des nuages, le type et l'intensité des précipitations ainsi que la visibilité. Les stations peuvent comporter des capteurs pour toutes ou une partie seulement de ces informations, selon leur type : agro-météorologique, d'aéroport, météo routière, climatologique etc.

Il existe deux types de station météorologique : manuelle et automatique et elles sont définies comme suit :

- Station météo annuelle :

Dans cette station la prise des mesures se fait par un technicien en météorologie selon un horaire régulier alors qu'une station météorologique automatique est une station dont les capteurs rapportent à intervalles une série de données météorologiques sans intervention humaine. Les instruments sont souvent les mêmes dans les deux cas mais certaines observations sont plus fiables quand elles proviennent d'un observateur humain. Par exemple, la couverture nuageuse et le type de précipitations sont plus facilement observables par un être humain que déduits par un instrument électronique [31].

- Station météo automatique :

Elles ont été développées pour être utilisées dans des endroits difficiles d'accès (régions éloignées ou bouée météorologique en mer) mais elle remplace de plus en plus les stations avec personnel à cause de leur moindre coût. Développées pour les services météorologiques nationaux, elle est maintenant utilisée également pour la recherche météorologique, pour divers utilisateurs spécialisés comme la météorologie agricole et le suivi des conditions routières, même les météorologues amateurs. Elle est le plus souvent regroupée en réseaux pour couvrir un territoire donné, sa densité varie de quelques kilomètres entre la station à plusieurs centaines de kilomètres selon les besoins et l'accessibilité des sites. La figure (III.2) montre une station météo automatique [31]



Fig. (III.2) : Station météo automatique

III.4 Les moyens d'acquisition des données météorologiques :

Afin de regrouper le maximum de données météorologiques pour pouvoir faire des prévisions justes et fiables à l'échelle locale ou planétaire, les météorologues utilisent différents moyens de mesure et de collecte d'information météorologique en différents endroits dans le globe pour pouvoir présenter tous les phénomènes météorologiques.

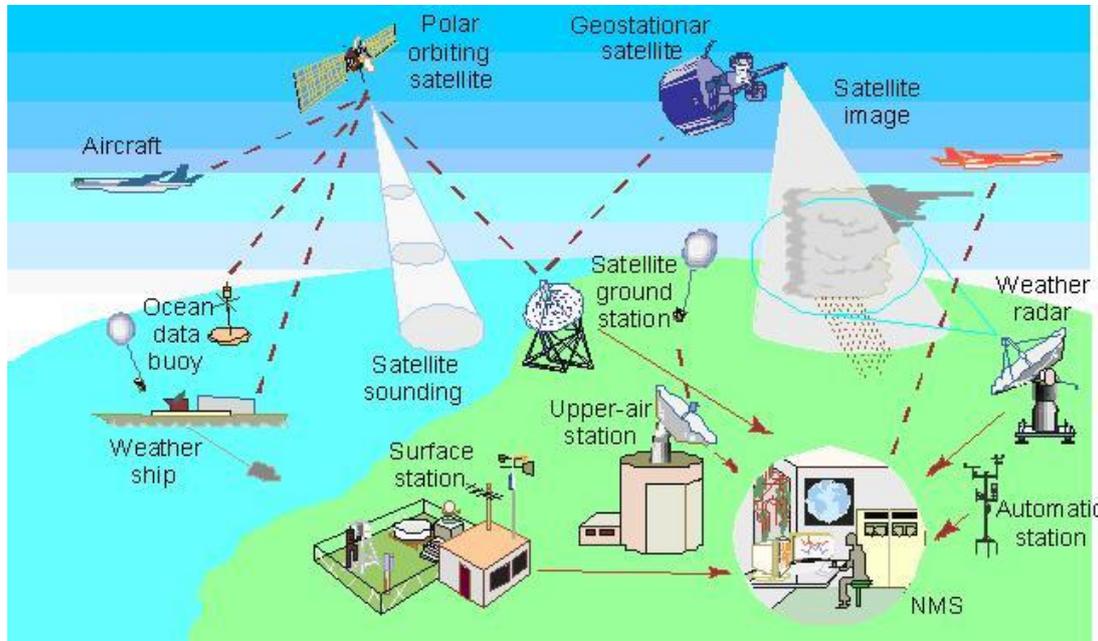


Fig. (III.3) : Système d'observations météorologiques globale

III.4.1 Satellite météorologique :

Un satellite météorologique a comme mission de collecte de données utilisées pour la surveillance du temps et du climat de la Terre. Il comporte des capteurs capables d'effectuer des mesures très précises ce qui permet de les utiliser pour différencier les phénomènes météorologiques comme les nuages, précipitations, vents, brouillard.

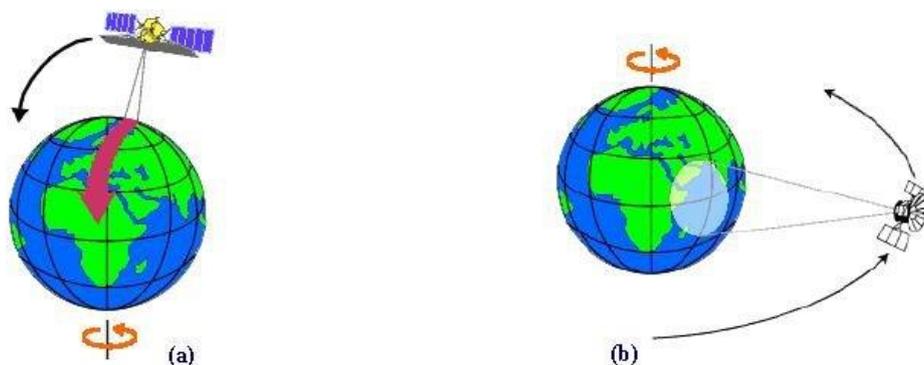


Fig. (III.4) : Schéma montrant les orbites des satellites météorologiques.

e

III.4.2 Les radars météorologiques :

Les radars sont un moyen d'observation irremplaçable pour détecter et quantifier les précipitations. Les radars météorologiques permettent de localiser les précipitations et de mesurer leur intensité en temps réel, ils ont une portée d'environ 100 km pour mesurer la quantité de précipitations et d'environ 200 km pour détecter des phénomènes dangereux. Un radar est classiquement constitué d'une antenne parabolique, d'un système d'émission-réception et d'un calculateur.

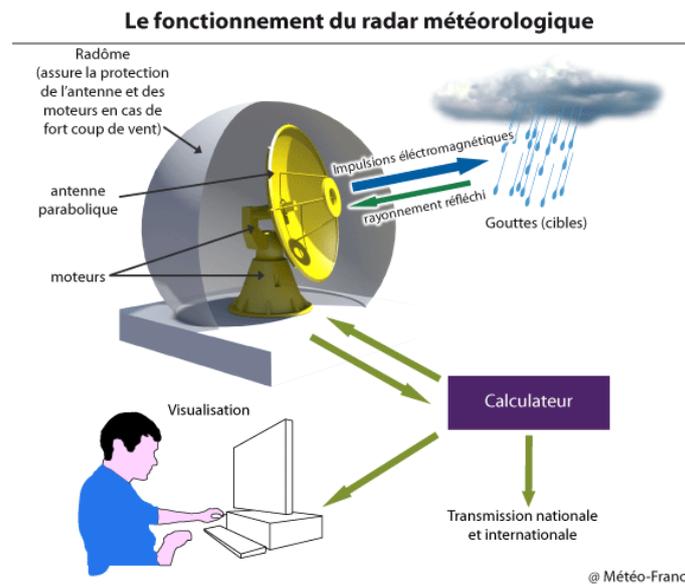


Fig. (III.5) : Fonctionnement d'un radar météorologique

III.4.3 Les stations météorologiques automatiques :

Une station météorologique est un ensemble de capteurs qui enregistrent et fournissent les mesures des paramètres météorologiques, elle est fixée au sol ou monter sur des bateaux ou des avions. Les stations peuvent comporter des capteurs pour toutes ou une partie seulement de ces informations, selon leurs domaines utilisations : agro-météorologique, d'aéroport, météo routière, climatologique.



Fig. (III.6) : Station météorologique terrestre

III.5 Domaine d'application des stations météorologiques automatiques : [32,33]

La station météorologique est utilisée dans plusieurs domaines :

- Aéronautique : installation des stations automatique dans l'aéroport afin de sécuriser le décollage et l'atterrissage des avions et l'observation des phénomènes qui menacent les pratiques aéronautiques telles que le vent ou les précipitations.
- Climatologie : c'est l'étude de climat en se basant sur les données rassemblées au fil des temps. On suit les changements climatiques comme les variations de température.
- Hydrométéorologie : la mesure des eaux et d'humidité à partir des stations météorologiques.
- Agro-météorologie : l'utilisation de la station météorologique pour étudier les paramètres météorologiques afin d'améliorer la gestion de l'agriculture. On exploite les données récoltées pour optimiser les décisions sur le traitement des cultures, et l'anticipation de l'éclosion des insectes ravageurs et l'irrigation.
- Sécurité civile : l'application des stations météorologiques à l'amélioration de la protection des personnes et des biens dans le cas d'événements météorologiques dangereux ou destructeurs.

III.6 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous nous intéressons aux informations générales sur les stations météorologiques.

Le but de notre projet est de créer une station météorologique qui nous permettra d'acquérir des données climatiques externes pouvant être transmises au système qui gère les serres agricoles. Les paramètres climatiques transmis sont :

Le rayonnement global, l'humidité relative de l'air extérieur, la vitesse du vent, la direction du vent et la température de l'air extérieur.

Ces données seront remontées à un système de contrôle intelligent qui décidera d'utiliser ces paramètres afin d'économiser de l'énergie pour le démarrage des pompes, des extracteurs, des chaudières et de l'éclairage artificiel en comparant le climat intérieur de la serre avec le climat extérieur, et aussi le gain du temps lié à l'automatisation de certaines tâches et à la centralisation des informations et des commandes, et encore l'amélioration de la sécurité de la serre en contrôlant le vent à l'extérieur.

Chapitre IV :

Etude et

réalisation

IV.1. Introduction :

Dans ce chapitre, on va entamer tout ce qui concerne l'étude, la conception et la réalisation de notre serre solaire tunnel et la station météo qui sont alimentées par des systèmes photovoltaïques autonomes, en parlant de leur situation géographique, leur dimensionnement énergétique et tout ce qui concerne le matériel et logiciels utilisés dans le but de faciliter à comprendre toutes les étapes qu'on a suivi pour réaliser notre projet de fin d'étude.

IV.2. La situation géographique :

La réalisation du projet était faite au niveau de L'institut National de Recherche Forestière (INRF) qui est située au niveau de la forêt de Bainem, à l'ouest de la wilaya d'Alger.

Le choix du terrain de l'implantation de notre serre et station météo était bien étudié tel qu'il soit bien exposé à la lumière du soleil en évitant toutes sources d'ombrages pour avoir un rendement maximal de notre système solaire photovoltaïque.



Fig. (IV.1) : le terrain choisi avant l'implantation de la serre et la station météo

IV.3. Présentation de l'institut national de recherche forestière (INRF) :

L'Institut national de recherche forestière (INRF) est un établissement public à caractère administratif créé en 1981, placé sous la tutelle du secrétaire d'état aux forêts et à la mise en valeur des terres.

L'institut a pour objet d'organiser et d'effectuer tous les travaux de recherche et d'expérimentations forestières en matière de protection et de développement forestier et des groupements végétaux naturels. [34]

Conformément aux textes fixant les missions de l'INRF, les domaines de recherches ont été ventilés en 3 unités de recherche comportant chacune des divisions, des équipes de recherche et les moyens de recherche appropriés, une unité de recherche en foresterie, une autre en biotechnologie forestière et reboisement, et une troisième en érosion éolienne et hydrique. [35]

IV.4. Dimensions de la serre :

Après l'étude du terrain idéal pour l'implantation, le calcul des dimensions de la serre était fait en donnant les résultats suivants :

La longueur : 10 mètres

La largeur : 8.4 mètres

La hauteur : 3.5 mètres

Avec un volume totale égal à 274 m³

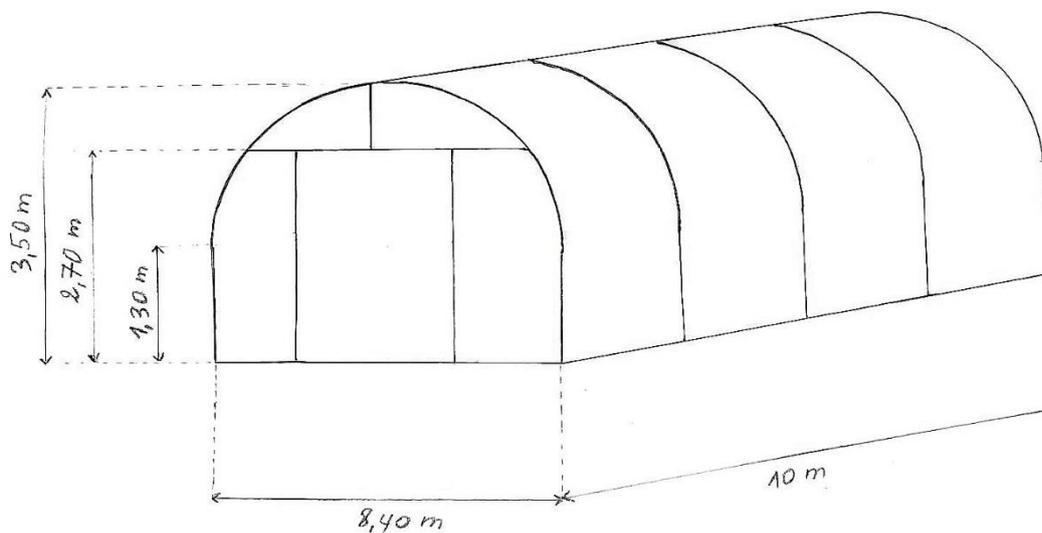


Fig. (IV.2) : Dimensions de la serre solaire réalisée au niveau de l'INRF de Bainem

Remarque : La serre est divisée en 04 chambres de mêmes dimensions (47.6 m³ chacune), isolées avec le polycarbonate pour planter 04 types de cultures, chacune ses paramètres (température ambiante, humidité ambiante, température du sol, humidité du sol), comme montré dans la figure (IV.3) ci-dessous.

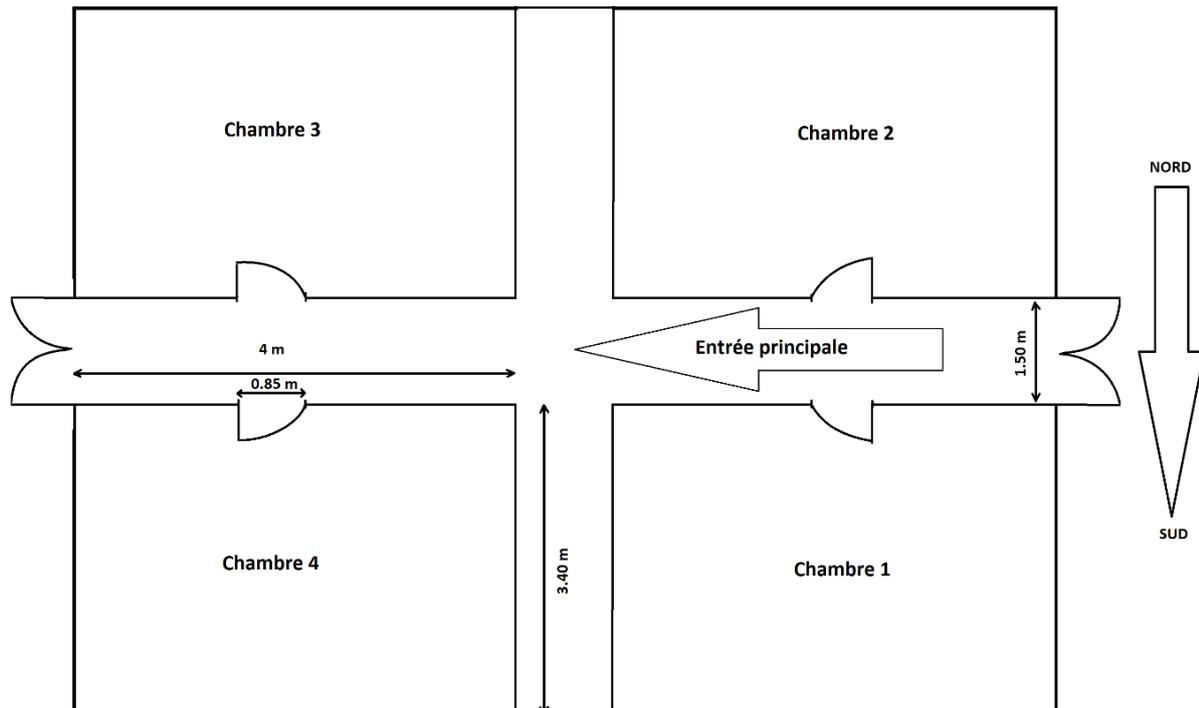


Fig. (IV.3) : Les dimensions des chambres à l'intérieur de la serre

N.B : dans ce projet nous allons faire le dimensionnement pour la chambre 1

IV.5. Logiciels et matériels utilisés :

IV.5.1. Introduction :

Le dimensionnement, l'automatisation et le suivi du projet nécessitent un ensemble de logiciels et de matériels pour assurer le bon fonctionnement de la serre et la station météo.

Dans ce qui suit, nous allons présenter les différents logiciels et matériels utilisés dans ce projet.

IV.5.2. Logiciels utilisés :

A. IDE Arduino :

IDE Arduino est une plate-forme de prototypage d'objets interactifs à usage créatif constituée d'une carte électronique et d'un environnement de programmation. Sans tout connaître, ni tout comprendre de l'électronique, cet environnement matériel et logiciel permet à l'utilisateur de formuler ses projets par l'expérimentation directe avec l'aide de nombreuses ressources disponibles en ligne. En effet, c'est un pont tendu entre le monde réel et le monde numérique, Arduino permet d'étendre les capacités des relations humaines/machines ou environnement/machine. Arduino est un projet en source ouverte : la communauté importante d'utilisateurs et de concepteurs permet à chacun de trouver les réponses à ses questions. [36]

Avec Arduino, nous allons concevoir un système électronique utilisant une carte Arduino et un panel assez important de composants électroniques.

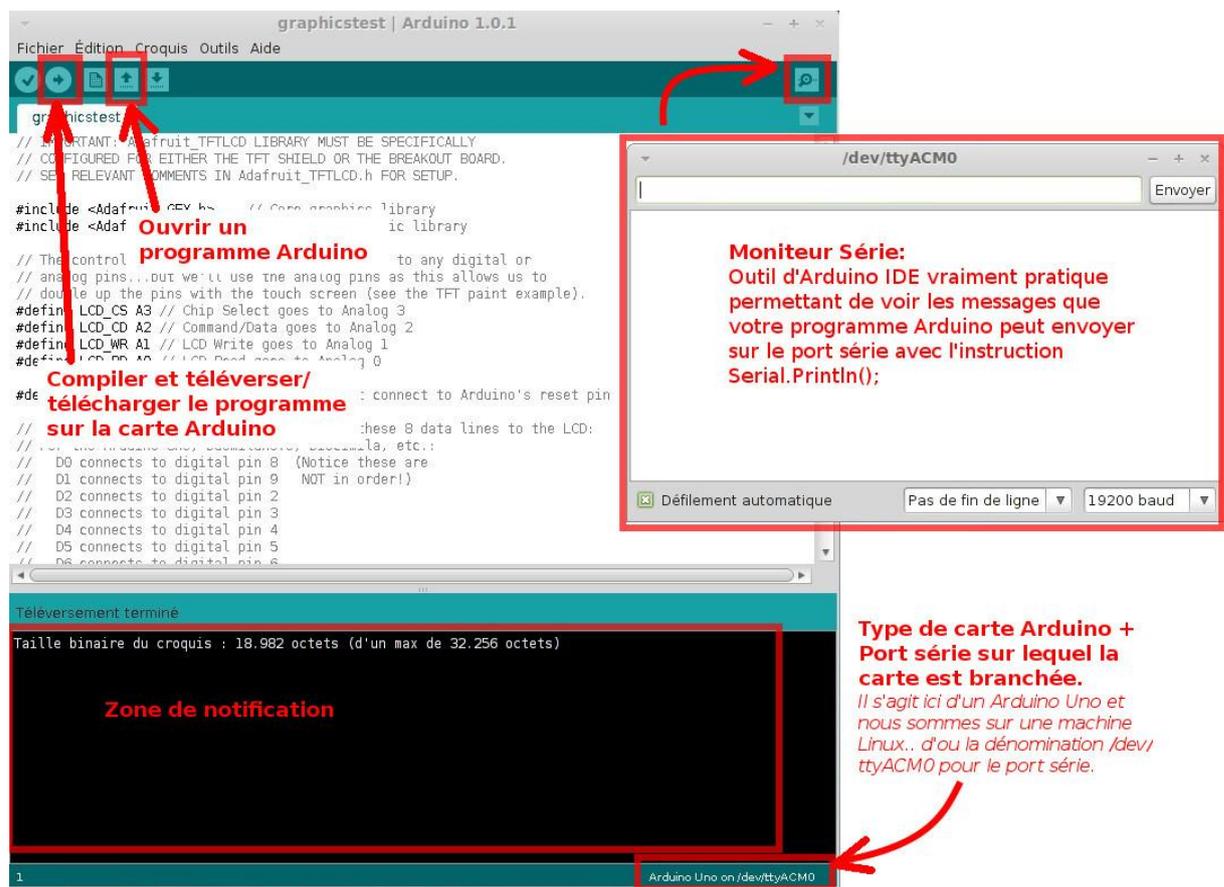


Fig. (IV.4) : Le logiciel Arduino

B. Fritzing :

Fritzing est un logiciel qui permet de documenter et de partager des projets de prototypes électroniques, d'enseigner l'électronique et de fabriquer des cartes de circuits imprimés (PCB) professionnelles, ainsi que de représenter des pièces électroniques de manière réaliste et adopter une approche intuitive pour rendre une technologie complexe utilisable par des non-techniciens (créant une faible barrière à l'entrée).

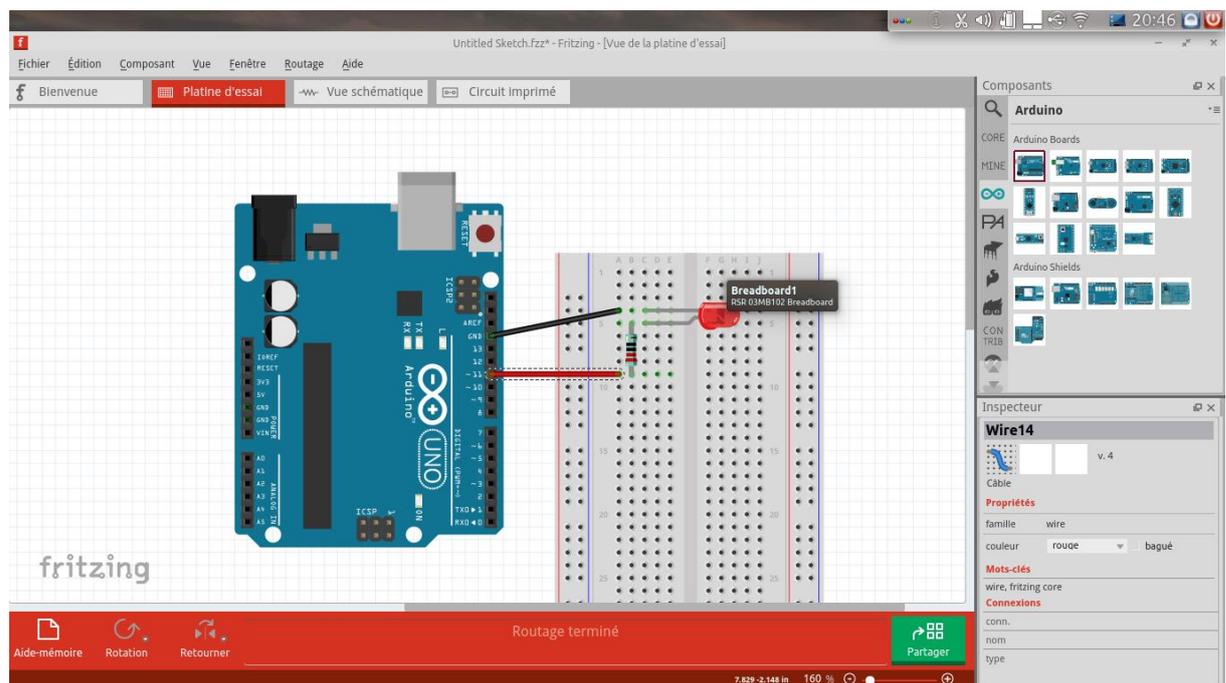


Fig. (IV.5) : Le logiciel Fritzing

C. PVsyst :

PVsyst est un logiciel PC pour l'étude, le dimensionnement et l'analyse des données des systèmes PV complets.

Il traite des systèmes PV connectés au réseau, autonomes, de pompage et de réseau DC, et comprend de nombreuses bases de données de composants de systèmes météorologiques et photovoltaïques, ainsi que des outils généraux d'énergie solaire.

Ce logiciel est adapté aux besoins des architectes, ingénieurs, chercheurs. Il est également très utile pour la formation pédagogique.

PVsyst se concentre sur une étude complète et précise du système PV avec un ensemble complet d'outils.

PVsyst permet d'importer des données météo d'une dizaine de sources différentes ainsi que des données personnelles.

Le logiciel PVsyst permet de :

- Pré-dimensionnement
- Estimation rapide de la production pour une première étude de nos installations
- Conception de projets.
- Etude détaillée, dimensionnement et simulation horaire, résultats dans un rapport complet imprimable.
- Données météo (importation de diverses sources, génération synthétique ...).
- Base de données des composants (module PV, onduleur, batteries, pompes, etc.)
- Outils didactiques, (géométrie solaire, optimisation de l'orientation, comportement électrique de champs PV avec ombrage).
- Analyse de données réelles mesurées (avancé). [37]

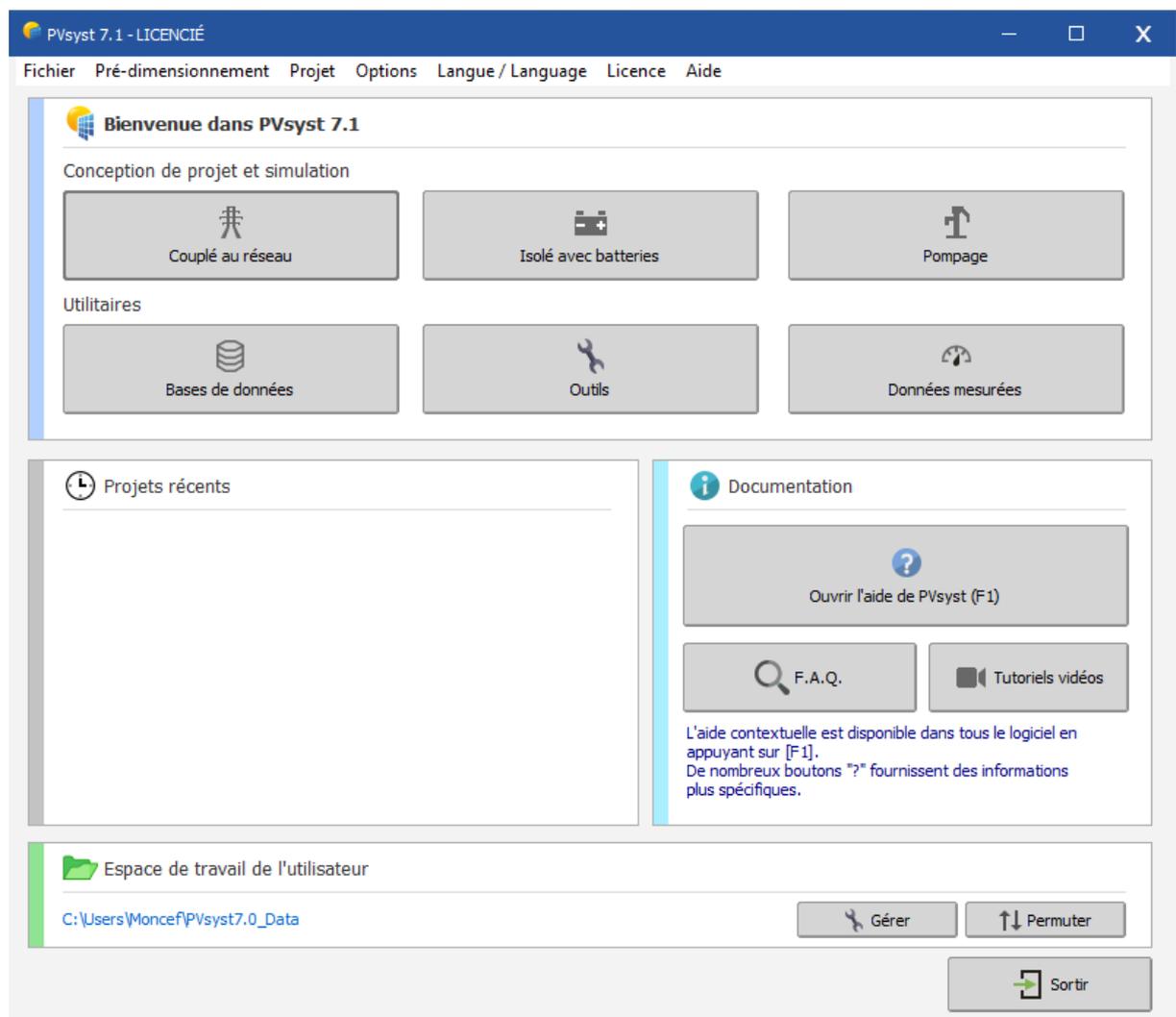


Fig. (IV.6) : Le logiciel Pvsyst.

IV.5.3. Matériels utilisés :

A. Carte Arduino :

Les cartes Arduino sont utilisées pour permettre à un ordinateur d'interagir avec l'environnement, en détectant diverses données de l'environnement à l'aide de capteurs et de dispositifs de contrôle tels que des lumières, des moteurs, etc., faisant partie d'une famille de microcontrôleurs. Un microcontrôleur est une petite unité informatique dotée d'une mémoire, de ports d'entrée/sortie et de périphériques qui lui permettent d'interagir avec l'environnement. Dans les périphériques, on liste généralement les temporisateurs, les convertisseurs analogique-numérique, les liaisons série, etc. On peut comparer un microcontrôleur à un ordinateur classique, mais avec un système d'exploitation différent et beaucoup moins de puissance de calcul.

- **Les types de la carte « Arduino » :**

La carte Arduino est disponible en plusieurs catégories suivant ses caractéristiques.

On doit citer les différents types dans le tableau ci-dessous :

Tableau (IV.1) : Les types des cartes Arduino

Carte Arduino	Flash (KB)	Bootloader (KB)	SRAM (KB)	EEPROM (KB)	Digital I/O	Sorties PWM	Analog I/O
Micro	32	4	2,5	1	20	7	12
Leonardo	32	4	2,5	1	20	7	12
Uno	32	0,5	2	1	14	6	6
Nano	32	2	2	1	14	6	8
MKR Zéro	256	8	32	-	22	12	7/1
101	196	-	24	-	14	4	6
Due	512	-	96	-	54	12	12/2
Méga	256	8	8	4	54	15	16
Zéro	256	-	32	-	20	10	6/1
M0 PRO	256	-	32	-	20	12	6/1

Qu'est-ce qu'on doit utiliser dans notre projet ?

La carte Arduino UNO est sans doute la plus populaire. Elle est alimentée par un processeur Atmega328P fonctionnant à 16 MHz, comprend 32 Ko de mémoire programme, 1 Ko d'EEPROM, 2 Ko de RAM, 14 entrées et sorties numériques, 06 entrées analogiques plus un rail d'alimentation de 12V et 5V .



Fig. (IV.7) : Carte Arduino UNO

B. Les capteurs :

Un capteur est un dispositif ayant pour tâche de transformer une mesure physique observée en une mesure généralement électrique qui sera à son tour traduite en une donnée binaire exploitable et compréhensible par un système d'information.

On présente dans cette partie les capteurs utilisés, ces capteurs utilisent le protocole I2C, tous ces capteurs contiennent un convertisseur analogique numérique (ADC) qui transforme une tension comprise entre 0V et +5V en un nombre allant de 0 à 1023. [38]

B.1. Capteur BME280 :

C'est un capteur de précision destiné pour mesurer l'humidité relative de 0 à 100% avec une précision de $\pm 3\%$, une pression barométrique de 300Pa à 1100 hPa avec une précision absolue de ± 1 hPa et une température de -40 °C à 85 °C avec une précision de $\pm 1,0$ °C.

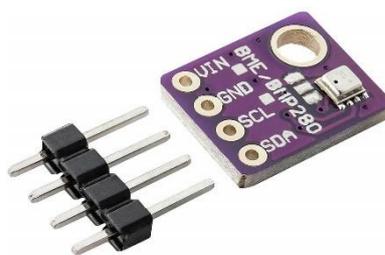


Fig. (IV.8) : Capteur BME280

Ce capteur contient 04 broches comme on a vu dans la figure(IV. 8):

- VIN : est l'alimentation du module qui peut être comprise entre 3,3 V et 5 V
- GND : doit être connecté à la terre d'Arduino
- SCL : est une broche d'horloge (A5)
- SDA : est une broche de données(A4)

Schéma de montage :

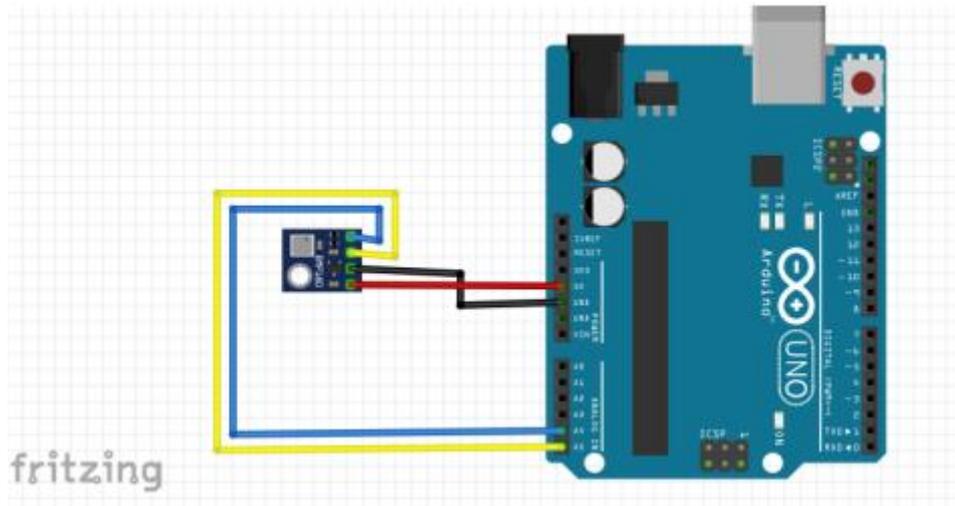


Fig. (IV.9) : Montage du capteur BME 280 avec l'Arduino

B.2. Capteur de luminosité TSL2561 :

C'est un capteur numérique avancé, idéal pour une large utilisation, il nous permet de mesurer avec précisions la luminosité entre 0,1 et 40 000 Lux, il intègre en effet des diodes sensibles à l'ensemble du spectre lumineux, contrairement à d'autres détecteurs de type photorésistances, ce capteur peut être réglé sous différentes configurations, son interface numérique I2C nous permet de sélectionner une adresse, donc de connecter jusqu'à 3 capteurs de luminosité au microcontrôleur. [39]

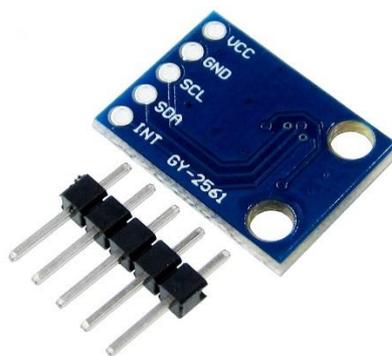


Fig. (IV.10) : Capteur TSL2561

Ce capteur contient 05 broches comme on a vu dans la figure(IV. 10):

- VIN : est l'alimentation du module qui peut être comprise entre 3,3 V et 5 V
- GND : doit être connecté à la terre d'Arduino
- SCL : est une broche d'horloge (A5)
- SDA : est une broche de données (A4)
- INT :Je n'ai pas utilisé cette option.

Schéma de montage :

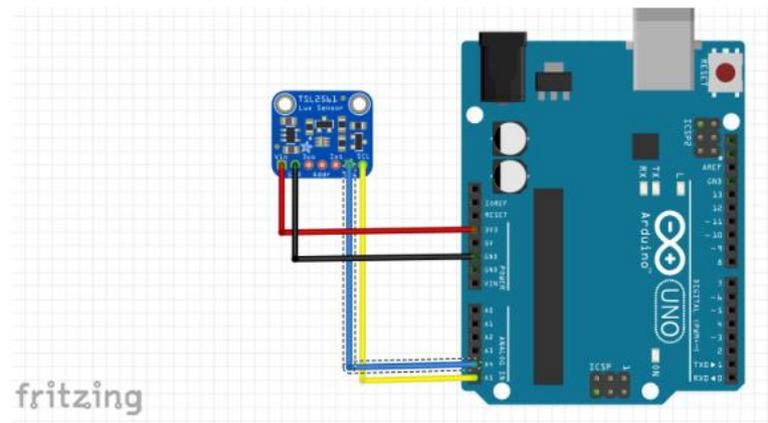


Fig. (IV.11) : Montage du capteur TSL2561 avec l'Arduino

B.3. Le module horloge DS3231 :

Le module horloge DS3231 est une horloge en temps réel I2C (RTC) moins coûteuse, très précise, avec un oscillateur à cristaux liquides (TCXO) intégré et un cristal. L'appareil intègre une entrée de batterie, débranche l'alimentation principale et maintient un chronométrage précis. L'oscillateur intégré améliore la précision à long terme de l'appareil et réduit le nombre de composants de la ligne de production. Le RTC conserve les secondes, les minutes, les heures, le jour, la date, le mois et l'année. Moins de 31 jours du mois, la date de fin sera automatiquement ajustée, y compris les corrections pour l'année bissextile. L'horloge fonctionne dans les 24 heures ou l'indication de bande / AM / PM du format de 12 heures. Il fournit deux réveils configurables et un calendrier peut être réglé sur une sortie d'onde carrée [41].

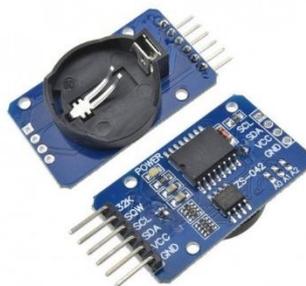


Fig. (IV.12) : Module horloge DS3231

Ce capteur contient 04 broches comme on a vu dans la figure (IV. 12):

- VIN : est l'alimentation du module qui peut être comprise de 5 V
- GND : doit être connecté à la terre d'Arduino
- SCL : est une broche d'horloge (A5)
- SDA : est une broche de données (A4)

Schéma de montage :

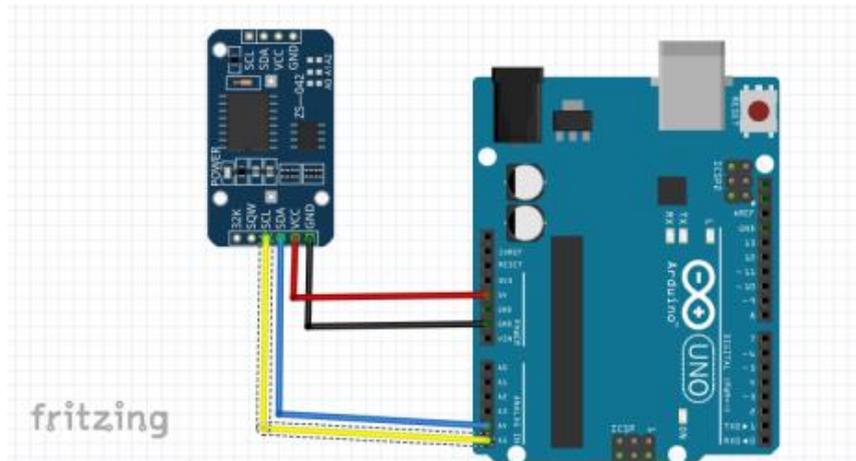


Fig. (IV.13) : Montage du module DS3231 avec l'Arduino

B.4. Le module carte SD :

Le module carte SD (figure IV.13) a une interface compatible Arduino permettant d'ajouter un espace de stockage sur vos projets Arduino. Il supporte les cartes SD et les cartes micro-SD (via un adaptateur inclus). [41]

Ce module est très important pour le stockage des différents paramètres dans une carte mémoire.



Fig. (IV.14) : Module carte SD

Ce capteur contient 06 broches comme on a vu dans la figure(IV. 14):

- VIN : est l'alimentation du module qui peut être comprise de + 5 V
- GND : doit être connecté à la terre d'Arduino
- MOSI :pin D11 d'Arduino
- MISO :pin D12 d'Arduino
- SCK : pin D13 d'Arduino
- CS : pin D4 d'Arduino

Schéma du montage :

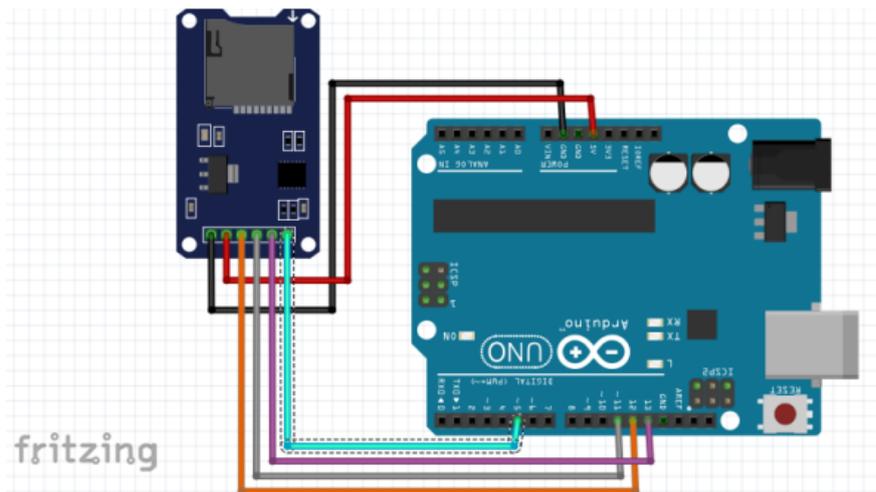


Fig. (IV.15) : Montage du module carte SD avec l'Arduino

B.5. Le capteur DHT22 :

Le DHT22 est un capteur de température et d'humidité ambiantes, ce capteur est polyvalent et particulièrement flexible grâce à sa tension d'entrée. Ainsi, il ne dépend pas d'une tension d'exactly 3,3 V mais peut être utilisé avec une plage de tension de 3,3 à 6 V. Pour cette raison, le capteur peut être appliqué dans de nombreux systèmes différents. Le signal de sortie est émis numériquement.

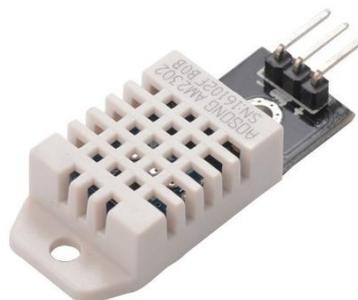


Fig. (IV.16) : Capteur DHT22

Les spécifications du capteur DHT22 :

- Dimensions : 40 x 23 mm
- Poids : 4g
- Port : bus simple bidirectionnel numérique
- Plage de température : -40 jusqu'à 80 °C \pm 0.5 °C
- Humidité : 0-100 % HR \pm 2 % HR

Ce capteur contient 03 broches comme on a vu dans la figure(IV. 16):

- VIN : est l'alimentation du module qui peut être comprise entre 3,3 V et 5 V
- GND : doit être connecté à la terre d'Arduino
- DATA :sur la broche numérique

Schéma de Montage :

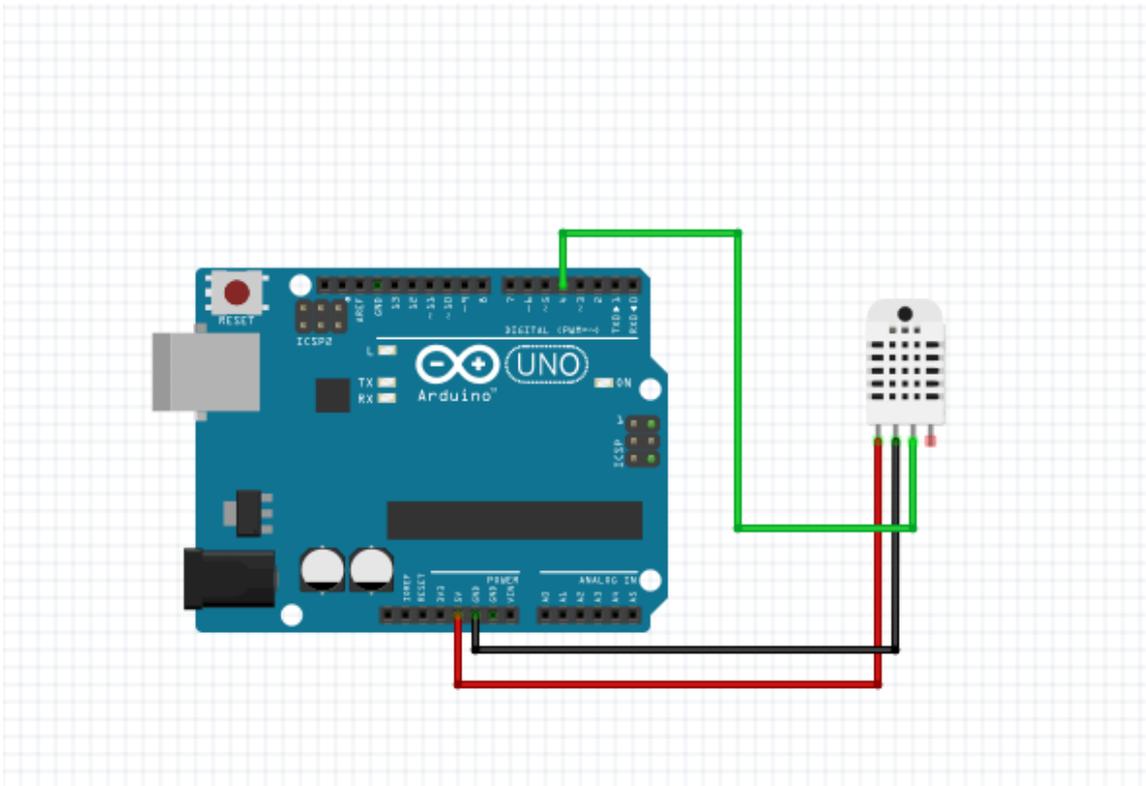


Fig. (IV.17) : Montage du capteur DHT22 avec l'Arduino

1AB.6. Le capteur DS18B20 :

Le thermomètre numérique DS18B20 fournit des mesures de température en degrés Celsius avec une valeur codée de 9 à 12 bits. Sa gamme de mesure s'étend de -55°C à $+125^{\circ}\text{C}$ avec une précision de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

Il dispose d'une fonction d'alarme avec des points de déclenchement haut et bas non volatiles et programmables par l'utilisateur. [42]



Fig. (IV.18) : Capteur DS18B20

Ce capteur contient 03 broches comme on a vu dans la figure(IV. 18):

- VIN : est l'alimentation du module qui peut être comprise de 3.3 V
- GND : doit être connecté à la terre d'Arduino
- DATA :sur la broche numérique

Schéma de montage :

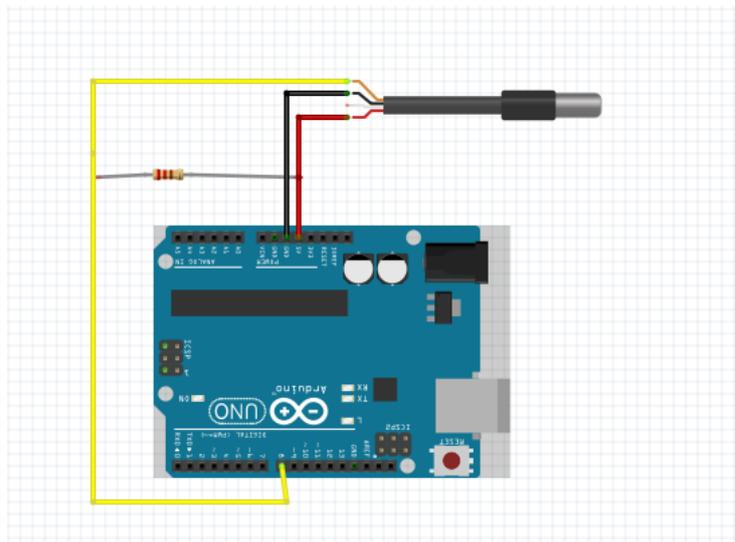


Fig. (IV.19) : Montage du capteur DS18B20 avec l'Arduino

B.7. Capteur de l'humidité du sol :

Ces capteurs mesurent la teneur en eau volumétrique indirectement à l'aide d'autres grandeurs du sol telles que la constante diélectrique, la résistance électrique. Ces dernières sont alors converties en pourcentage d'humidité.

La relation entre la propriété calculée ainsi que l'humidité du sol doivent être ajustée et peut changer en fonction des facteurs écologiques tels que la température, le type de sol et la conductivité électrique. L'émission des micro-ondes réfléchis peut-être influencée par l'humidité du sol et est principalement utilisée dans l'agriculture et la télédétection en hydrologie.

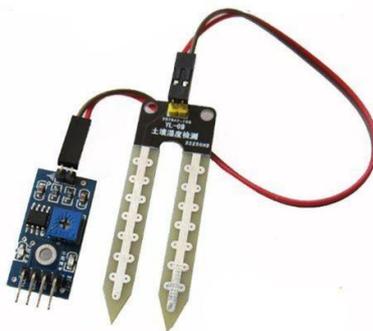


Fig. (IV.20) : Capteur de l'humidité du sol

Ce capteur contient 03 broches comme on a vu dans la figure(IV. 20):

- VIN : est l'alimentation du module qui peut être comprise entre 3,3 V et 5 V
- GND : doit être connecté à la terre d'Arduino
- A0 : interface de sortie analogique

Schéma du montage :

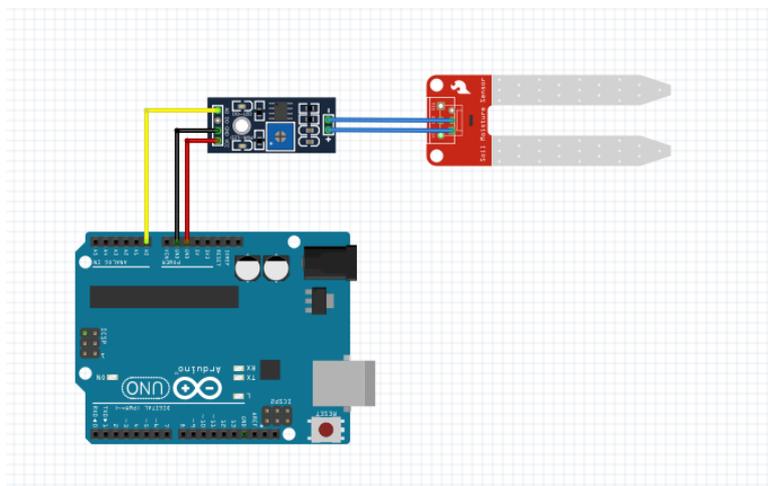


Fig. (IV.21) : Montage du capteur de l'humidité du sol avec l'Arduino

B.8. Afficheur LCD :

Les afficheurs à cristaux liquides LCD (Liquide Crystal Display), sont des modules intelligents qui consomment relativement peu de courant de 1 à 5 mA, les afficheurs sont caractérisés par le nombre de caractères affichables et par le nombre de lignes disponibles. Dans notre exemple l'afficheur possède seize caractères sur deux lignes.



Fig. (IV.22) : Afficheur LCD

Ce capteur contient 04 broches comme on a vu dans la figure(IV. 22):

- VIN : est l'alimentation du module qui peut être comprise de +5V
- GND : doit être connecté à la terre d'Arduino
- SCL : est une broche d'horloge (A5)
- SDA : est une broche de données (A4)

Schéma de montage :

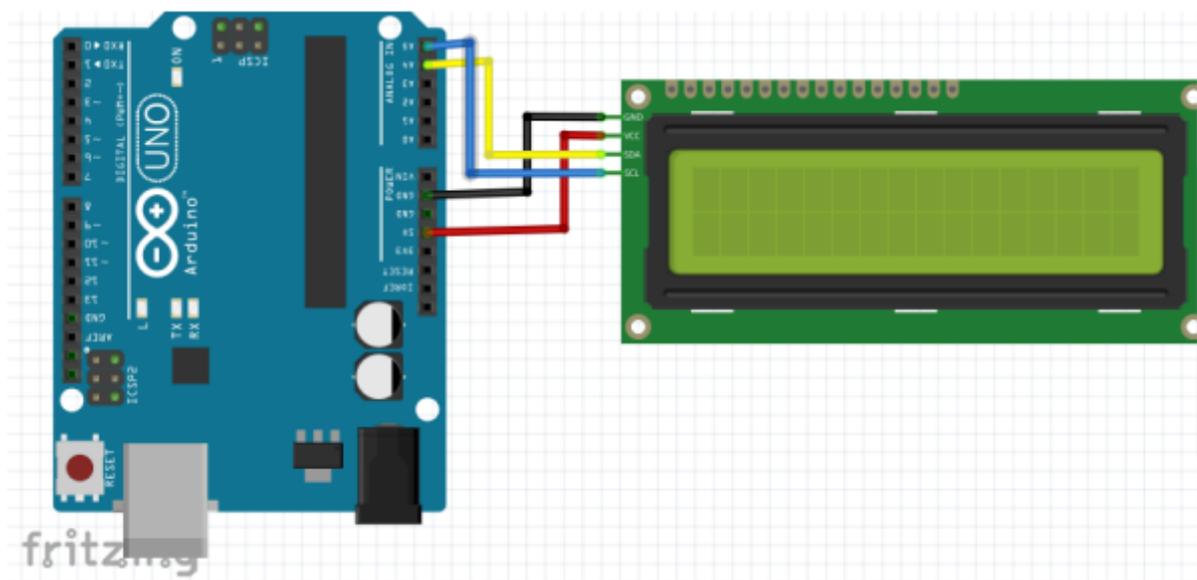


Fig. (IV.23) : Montage de l'afficheur LCD avec l'Arduino

B.9. Module relais :

Les modules relais servent à connecter la carte Arduino avec les différents appareils électriques (dans notre cas les extracteurs, les pompes et les lampes AC), ils se présentent sous la forme de 1 à 8 relais.

Les entrées de commande de ces modules sont séparées des bobines de relais par des optocoupleurs. Cela signifie qu'ils n'interfèrent pas avec la carte Arduino et offrent une protection supplémentaire contre les dommages aux ports numériques du microcontrôleur. Les barrettes à broches et les bornes à vis garantissent une intégration facile dans le circuit.

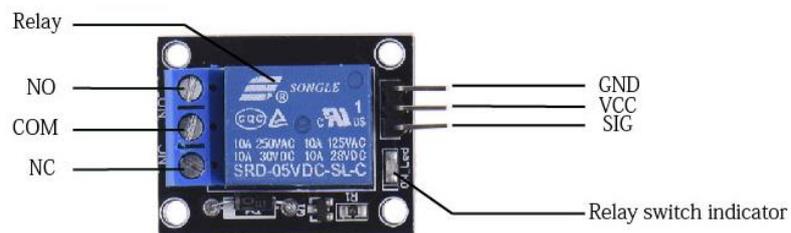


Fig. (IV.24) : Module relais

Ce capteur contient 03 broches comme on a vu dans la figure(IV. 24):

- VIN : est l'alimentation du module qui peut être comprise de 3.3 V
- GND : doit être connecté à la terre d'Arduino
- SIG :sur la broche numérique

Schéma du montage :

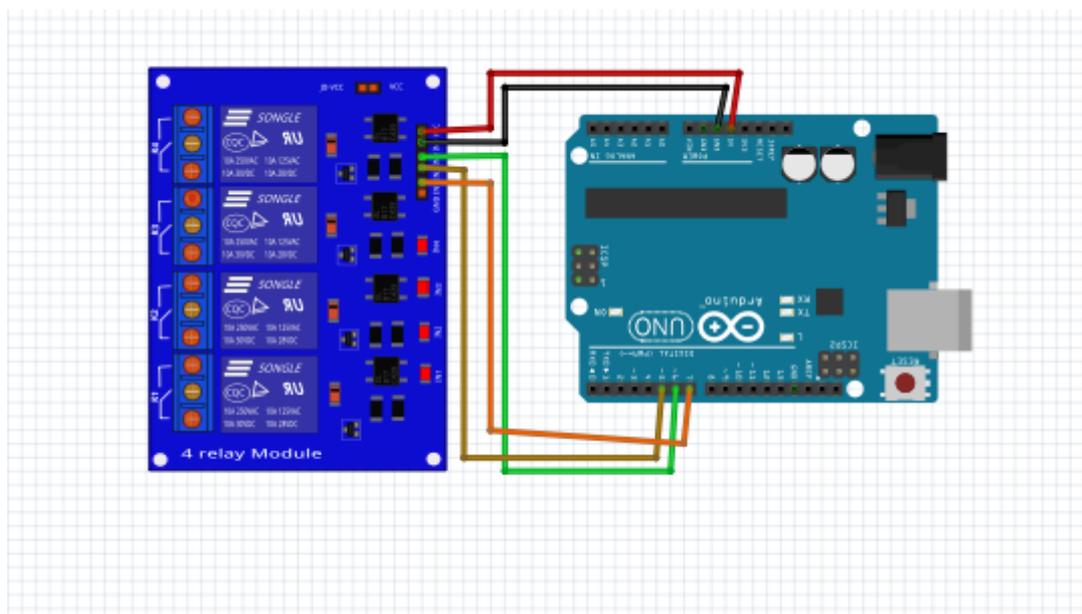


Fig. (IV.25) : Montage du module relais avec l'Arduino

C. Extracteurs d'air :

Le réchauffement dû aux rayons du soleil par effet de serre cause une immense augmentation de température à l'intérieur de la serre ce qui entraîne la mort des plantes et empêche les différentes activités dans la serre. Pour cela, il faut avoir un bon système de ventilation permettant d'éviter tous ces effets préjudiciables.

Dans le but de fixer la température ambiante à l'intérieur de la serre à 28°C (inférieure à la réalité (33°C) pour vraiment éprouver notre système de ventilation), on a utilisé deux extracteurs, le premier d'une puissance de 45W (17 m³/mn) et le deuxième d'une puissance de 35W (7 m³/mn), sachant que le volume de la chambre est de 47.6 m³.

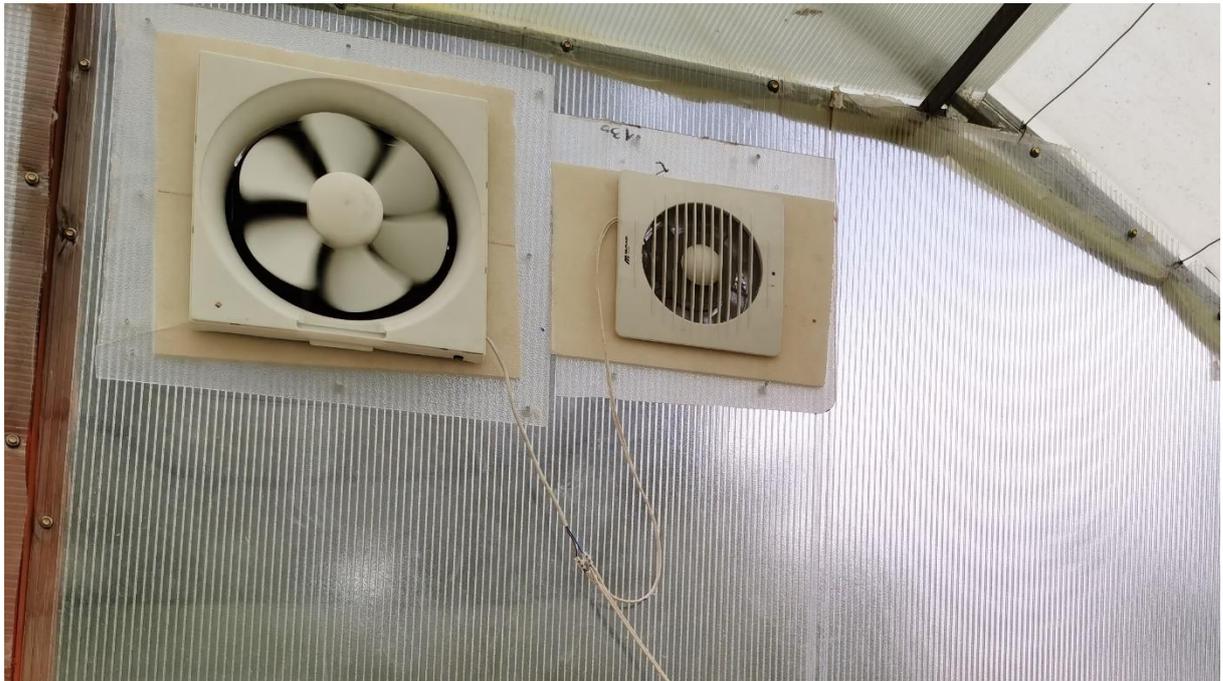


Fig. (IV.26) : Les extracteurs utilisés pour l'évacuation d'air à l'intérieur de la serre

D. Pompes à eau :

L'utilisation des pompes d'eau sont indispensables pour l'arrosage des plantes et l'humidification de l'air, dans notre expérimentation on a utilisé deux pompes de 5W/12V afin d'accomplir ce travail. Pour l'humidité, on a pris comme hypothèses de travail les valeurs suivantes : l'humidité ambiante doit être toujours supérieure à 40% et l'humidité du sol doit être aussi supérieur à 60%.



Fig. (IV.27) : Pompe à eau 5W

IV.6. Dimensionnement du système d'alimentation :

Ce dimensionnement est fait en utilisant le logiciel PVsyst déjà présenté auparavant.

Tout d'abord, en ouvrant le logiciel nous allons avoir la fenêtre de la figure (IV.28), puis on choisit le système isolé avec batterie.

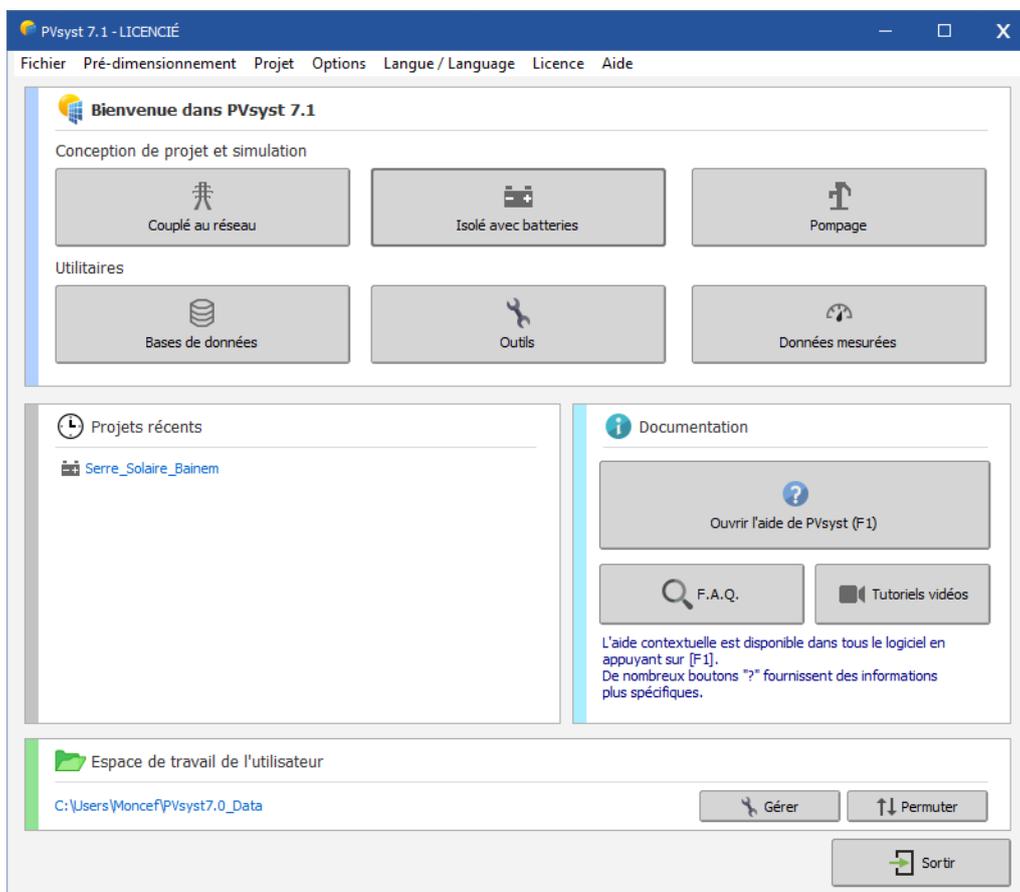


Fig. (IV.28) : La première fenêtre après l'ouverture de PVsyst

IV.6.1. Choix du site :

Ensuite, on doit sélectionner le lieu de l'implantation de la serre, dans notre cas c'est L'institut nationale de recherche forestière (INRF) au niveau de la forêt de Bainem à Alger comme illustré dans les deux figures ci-dessous.

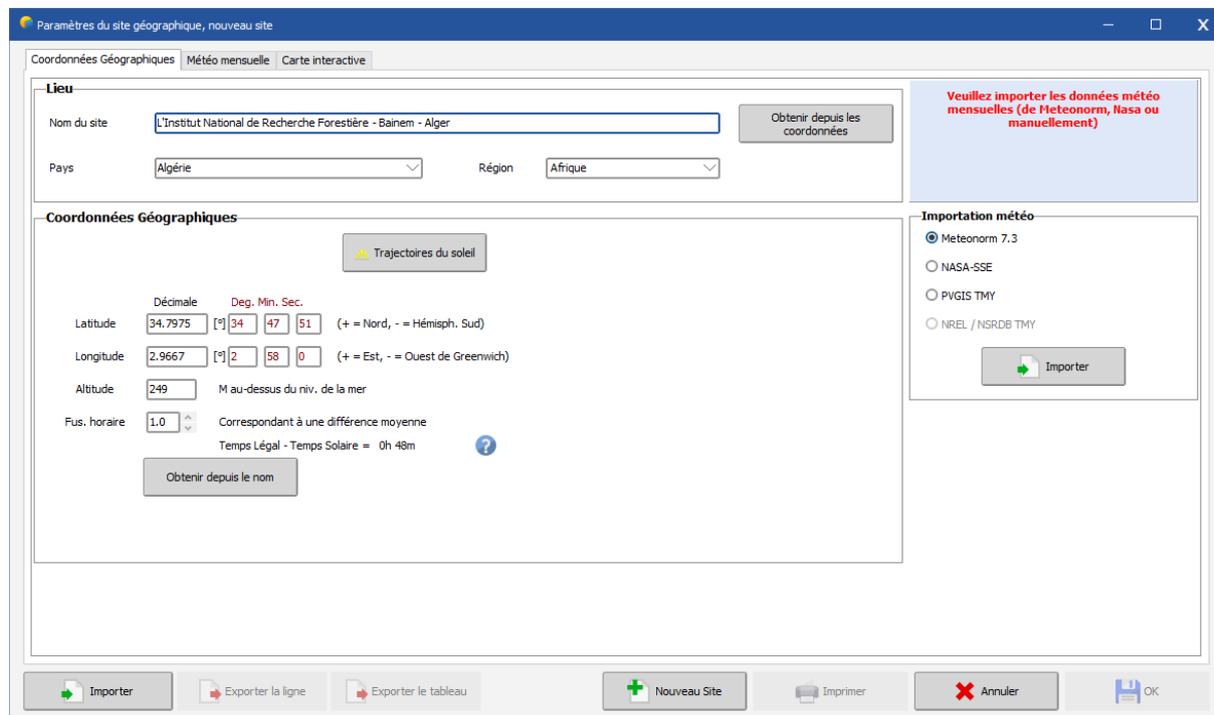


Fig. (IV.29) : Le choix du site

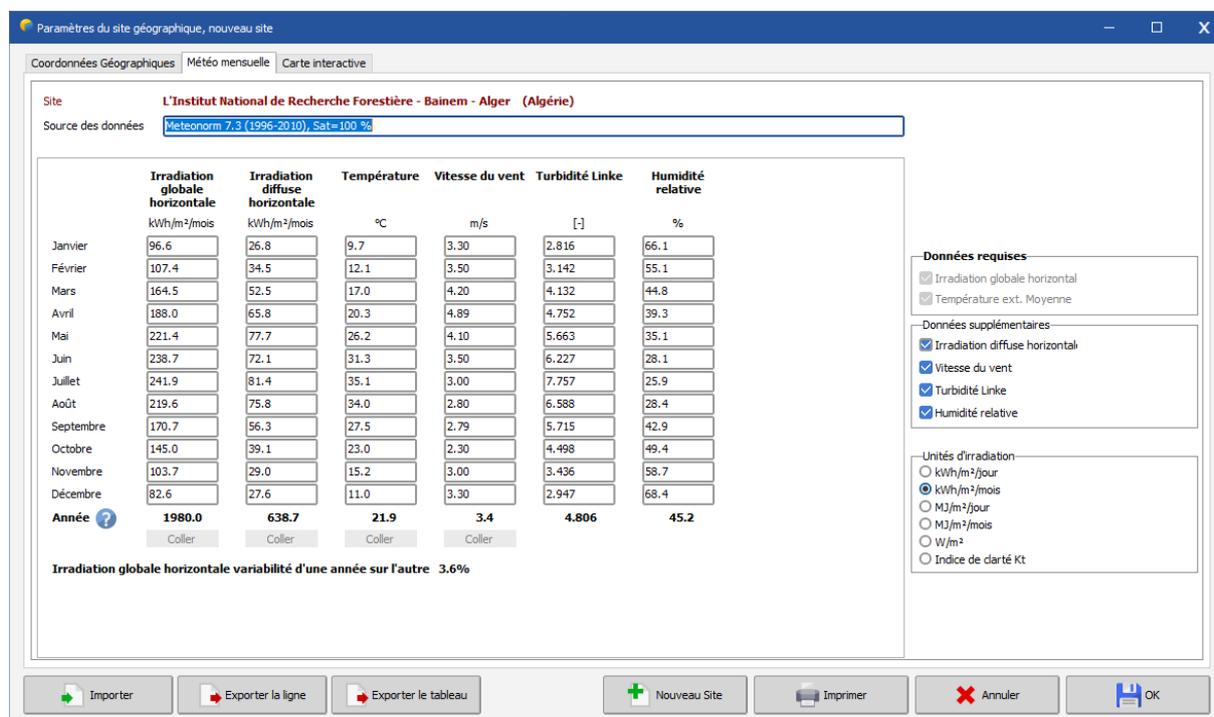


Fig. (IV.30) : Les données météorologiques du site choisi

IV.6.2. Orientation des panneaux photovoltaïques :

Nous avons choisi un plan incliné fixe d'une inclinaison 34° (par rapport à l'horizontale).

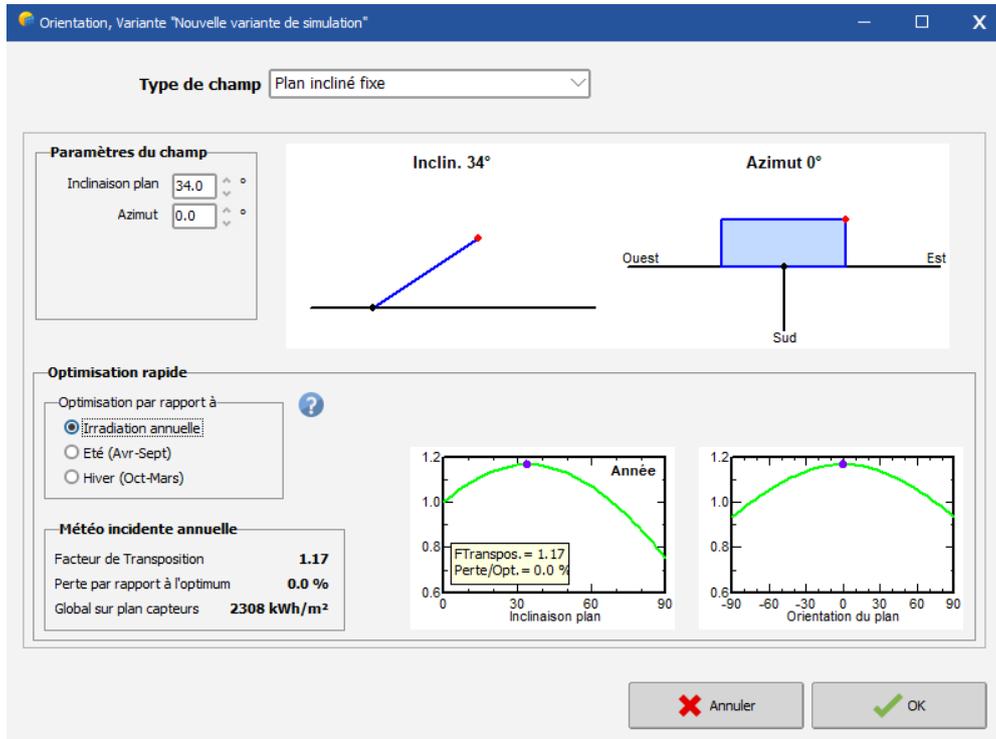


Fig. (IV.31) : L'orientation des modules PV

IV.6.3. Horizon des ombrages lointains :

C'est une opération très simple avec l'outil graphique PVsyst. L'horizon est une ligne brisée superposée sur le diagramme de trajectoire du soleil, qui peut contenir un nombre quelconque de hauteur / points d'azimut.

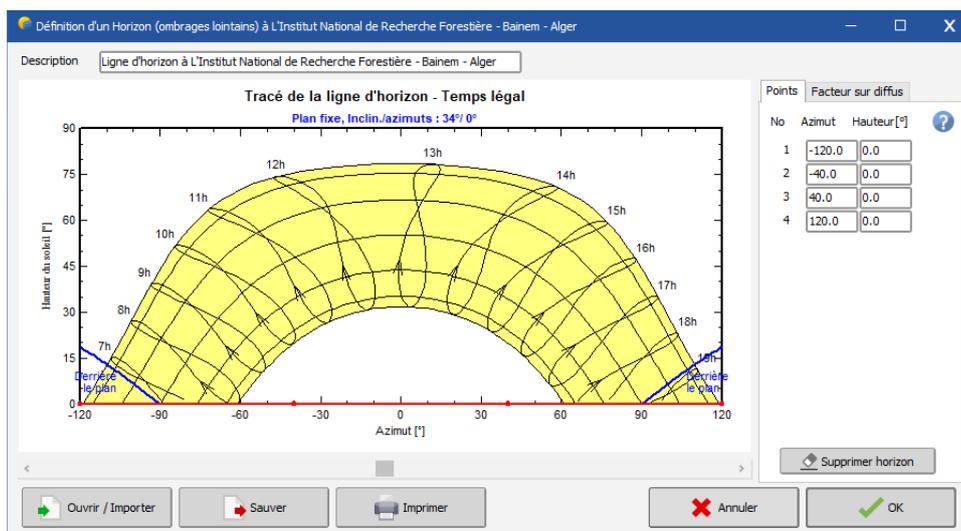


Fig. (IV.32) : Trajectoire du soleil

IV.6.4. Définition des besoins énergétiques :

PVSyst offre une grande flexibilité pour définir les besoins de l'utilisateur (ou la « charge » du système).

Les profils journaliers en valeurs horaires peuvent être définis par l'utilisateur à l'aide d'un outil graphique, comme :

- Constant sur l'année : le même profil tout au long de l'année,
- Modulation saisonnière : quatre profils journaliers spécifiques, pour chaque saison (définis comme juin-août, septembre-novembre, décembre-février, mars-mai).
- Normalisations mensuelles : un seul profil journalier dont l'amplitude est modulée en fonction de valeurs de somme mensuelles données.
- Modulation hebdomadaire : un profil journalier spécifique pour les « jours ouvrables », et un autre pour les « week-ends ». Chacun d'eux reste constant au cours de l'année. Le nombre de "jours ouvrés" dans une semaine est défini par l'utilisateur.

Définition des usages domestiques journaliers pour l'année.

Consommation | Distribution horaire

Consommations journalières

Nombre	Appareil	Puissance	Util. journ.	Distrib. horaire	Daily energy
1	Extracteur 01	45 W/lampe	3.0 h/jour	OK	135 Wh
1	Extracteur 02	35 W/app	3.0 h/jour	OK	105 Wh
2	Pompes	5 W/app	2.0 h/jour	OK	20 Wh
0		0.00 kWh/jour	0.0		0 Wh
0		0.0 W moy.	0.0 h/jour		0 Wh
0		45 W/app	1.0 h/jour		0 Wh
0		300 W/app	0.5 h/jour		0 Wh
Consomm. de veille		1 W tot	24 h/jour		24 Wh
Energie journalière totale					284 Wh/jour
Energie mensuelle					8.5 kWh/mois

Info appareils

Définition consommation par

Années
 Saisons
 Mois

Utilis. Week-end ou semaine

Utilisation seulement pendant
 jours dans la semaine

Modèle

Charger | Sauver | Autre profil | Annuler | OK

Fig. (IV.33) : La définition de la consommation journalière

IV. 6.5. Choix du système :

Lors du dimensionnement d'un système PV autonome, les contraintes de base sont la disponibilité de l'énergie solaire au cours de l'année, et la satisfaction des besoins de l'utilisateur. Le problème à résoudre est l'optimisation de la taille du générateur photovoltaïque et de la capacité de stockage, soumis à des critères qui peuvent prendre des poids différents selon l'usage :

- La fiabilité de l'approvisionnement, ce qui est très important, par exemple dans les installations de télécommunications décentralisées. Mais dans une installation domestique, cela peut être surmonté avec un petit générateur de secours. Cette fiabilité est mesurée en tant que probabilité de « perte de charge ».

- Les coûts d'investissement et de maintenance, qui doivent prendre en considération le coût du générateur PV, le coût initial des batteries, ainsi que celui de leur maintenance et remplacement. Le prix élevé du kWh utilisé nécessite une étude très fine des besoins réels de l'utilisateur et l'utilisation d'appareils spécifiques très économes en consommation d'énergie.

- Durabilité : le coût des batteries est étroitement lié à la qualité de celles choisies, ainsi qu'à leur longévité, elle-même dépendante des conditions d'utilisation (état moyen de charge, cyclage, profondeur de décharge, température).

On constate donc que l'optimisation d'un système PV est un problème complexe à plusieurs critères, qui n'a pas de solution toute faite. L'outil d'avant-projet permet de « jouer » avec les principaux paramètres, et d'observer rapidement leurs effets sur les performances du système, pour optimiser les caractéristiques souhaitées par approximations successives.

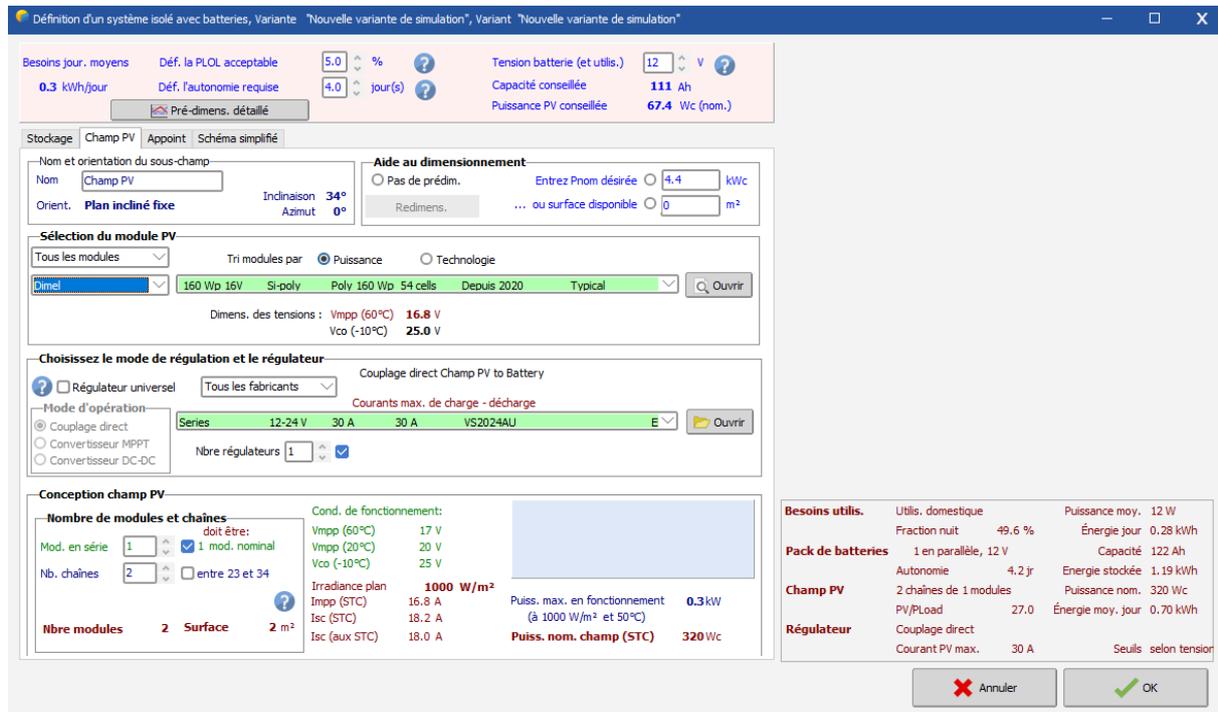


Fig. (IV.34) : Choix des différents composants du système photovoltaïque selon les besoins

IV.7. Le système utilisé :

Après le dimensionnement (Rapport détaillé à l'annexe A) on a choisi les composants photovoltaïques suivants pour l'alimentation électrique du projet :

- Deux panneaux photovoltaïques DIMEL, d'une puissance $P = 160W$ chacun donc sa sera une puissance totale de $320W$ (suffit largement pour nos besoins $284W$)



Fig. (IV. 35) : Les panneaux photovoltaïques

- Une batterie DIMEL BT-HSE-120-12 avec une capacité 120 Ah et une tension de 12V
- Un onduleur Vectron energy 12V/350W



Fig. (IV. 36) : La batterie et l'onduleur

- Un régulateur EPEVER 12V-24V et $I=20A$



Fig. (IV. 37) : Le régulateur

IV.8. Réalisation :

Dans cette partie nous allons présenter les parties essentielles de la réalisation de notre projet.

IV.8.1. Montage des capteurs :

La première partie est le montage des capteurs de la station météo et de la serre. Ces deux derniers ont deux schémas différents de montage des capteurs.

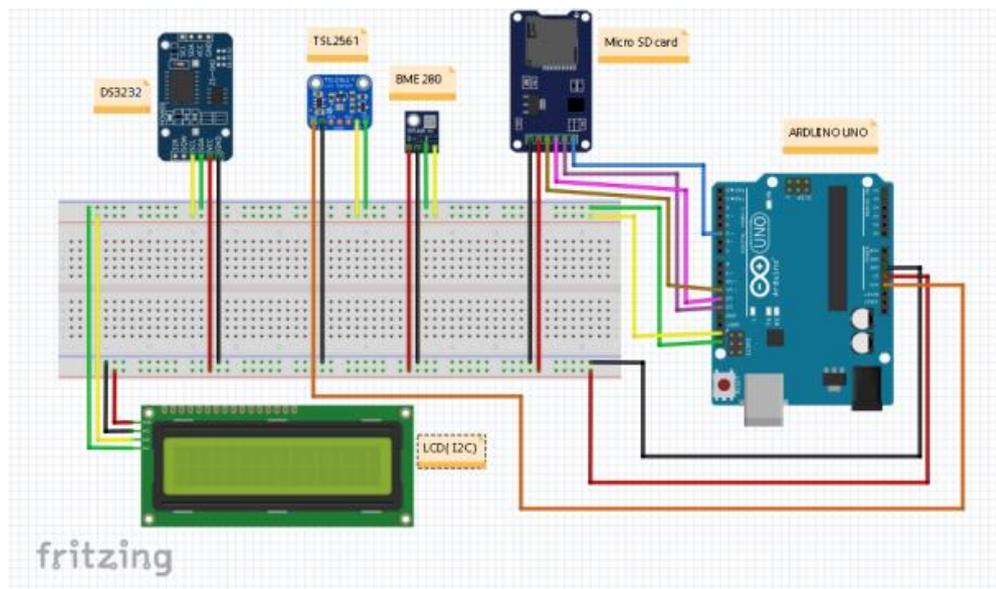


Fig. IV. (38) : Schéma du montage des capteurs de la station météo



Fig. (IV. 39) : Les capteurs dans la station météo



Fig. (IV. 42) : La serre solaire et la station météo

IV.9. Résultats et discussions :

Dans cette partie, nous allons étudier tous les résultats obtenus (température ambiante et du sol, humidité ambiante et du sol) à l'intérieur de la serre et aussi la température et l'humidité ambiante à l'extérieur (captés par la station météo).

IV. 9.1. La serre :

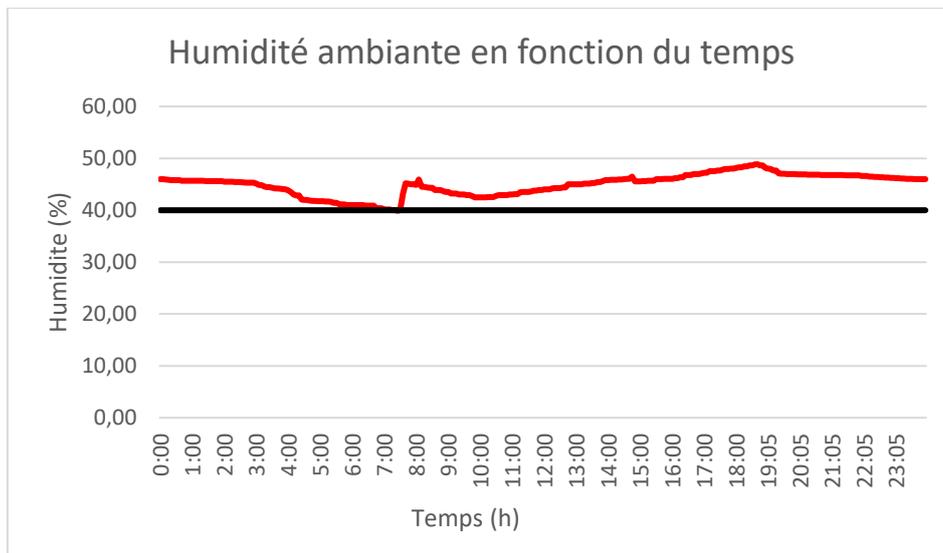


Fig. (IV. 43) : L'humidité ambiante de la serre en fonction du temps

Analyse et remarques :

La figure (IV. 43) représente le graph de l'humidité ambiante à l'intérieur de la serre (%) en fonction du temps (h) de 00h :00 à 23h :05 (courbe en rouge). Nous avons tracé la courbe h = 40% (courbe en noir) pour visualiser l'action des extracteurs durant la journée.

On voit que l'humidité était de 46% à 00h :00 et elle a commencé à diminuer jusqu'à atteindre la valeur 40% à 7h :30. A ce moment la pompe a commencé à humidifier l'air à l'intérieur de la serre, c'est ce qui a causé l'augmentation rapide de l'humidité au-delà de la valeur 40% à la valeur 46% dans la période entre 7h :30 et 8h :00, ensuite, la valeur de l'humidité est restée fluctuante entre 42% et 49%, donc, on remarque que notre système de pompage a atteint son objectif en maintenant l'humidité ambiante à l'intérieur de la serre supérieur à 40% durant toute la journée.

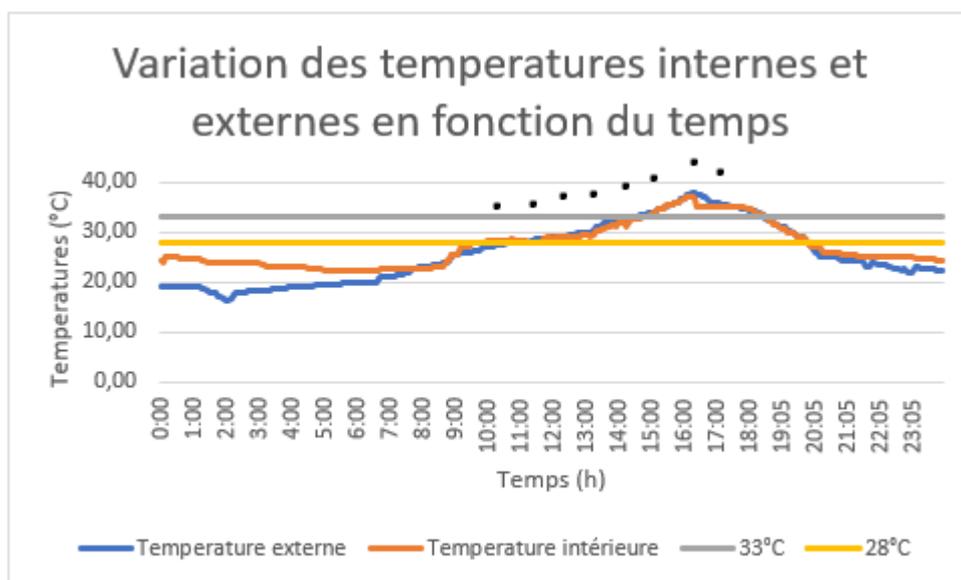


Fig. (IV. 44) : Les températures ambiantes internes et externes en fonction du temps

Analyse et remarques :

La figure (IV. 44) représente le graphe de plusieurs courbes :

- Des points expérimentaux de la température de la serre (Chambre n° 02) sans extracteur.
- La température ambiante à l'intérieur de la serre (°C) en fonction du temps (h).
- La température ambiante à l'extérieur de la serre (°C) en fonction du temps (h).
- Les courbes des températures de référence (28°C et 33°C)

On remarque que la température de la serre de 10h00 à 17h00. Elle atteint 47 °C à 16h00. Elle est supérieure à la température à l'extérieur (37°C) et à l'intérieur de la serre(37°C).

Cas de $T_{ref}=28\text{ }^{\circ}\text{C}$:

- La température de la serre augmente de 25°C à 00h00 à 28°C à 10h00, et reste supérieure à celle de la température externe.
- De 10h00 à 19h00 la température reste supérieure à 28°C avec un pic de 37°C (et sans extracteurs 47°C). Les extracteurs jouent bien le rôle d'abaisseurs de température mais restent insuffisants durant **9 heures**. Durant cette période les températures interne et externe a la serre varient de la même manière et restent sensiblement égales.
- Aussi, de 19h à 23h55 les extracteurs continuent à abaisser la température de 28°C à 24.4°C , et cette fois la température interne reste supérieure à celle externe. C'est la persistance de l'effet de serre qui nous renseigne sur l'inertie thermique.

Cas de $T_{ref}=33\text{ }^{\circ}\text{C}$:

- La température de la serre augmente de 25°C à 00h00 à 33°C à 14h40, et reste supérieure à celle de la température externe.
- De 14h40 à 18h00 la température reste supérieure à 33°C avec un pic de 37°C (et sans extracteurs 47°C). Les extracteurs jouent bien le rôle d'abaisseurs de température mais restent insuffisants durant **3.3 heures**. Durant cette période les températures interne et externe a la serre varient de la même manière et restent sensiblement égales.
- Aussi, de 18h à 23h55 les extracteurs continuent à abaisser la température de 33°C à 24.4°C , et cette fois la température interne reste supérieure à celle externe. C'est la persistance de l'effet de serre qui nous renseigne sur l'inertie thermique.

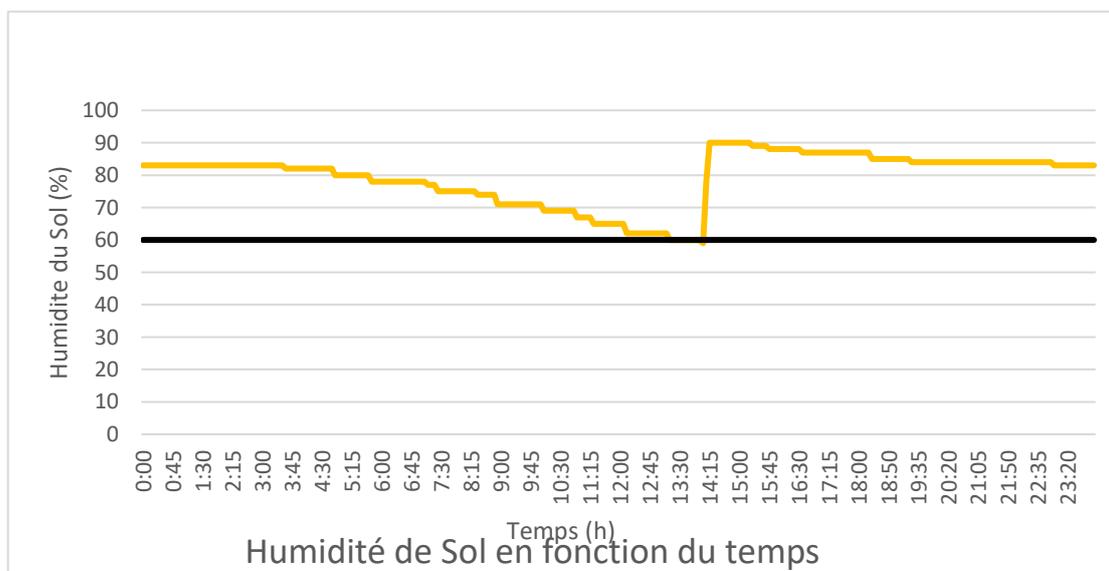


Fig. (IV. 45) : L'humidité du sol de la serre en fonction du temps

Analyse et remarques :

La figure (IV. 45) représente le graphe de l'humidité du sol (en %) en fonction du temps (h).

On voit que l'humidité était de l'ordre de 82% à 00h :00 et elle a commencé à diminuer jusqu'à atteindre la valeur de 60% à 13h :45. A ce moment-là, la pompe d'arrosage a commencé à arroser la terre, c'est ce qui a causé l'augmentation rapide de l'humidité du sol de la valeur 60% à la valeur 90% dans la période allant de 13h :45 à 14h :40, ensuite, l'humidité du sol est restée supérieure à la valeur 60% pour atteindre la valeur 83%, donc, on remarque que notre système d'arrosage a atteint son objectif en maintenant l'humidité du sol supérieure à 60% durant toute la journée.

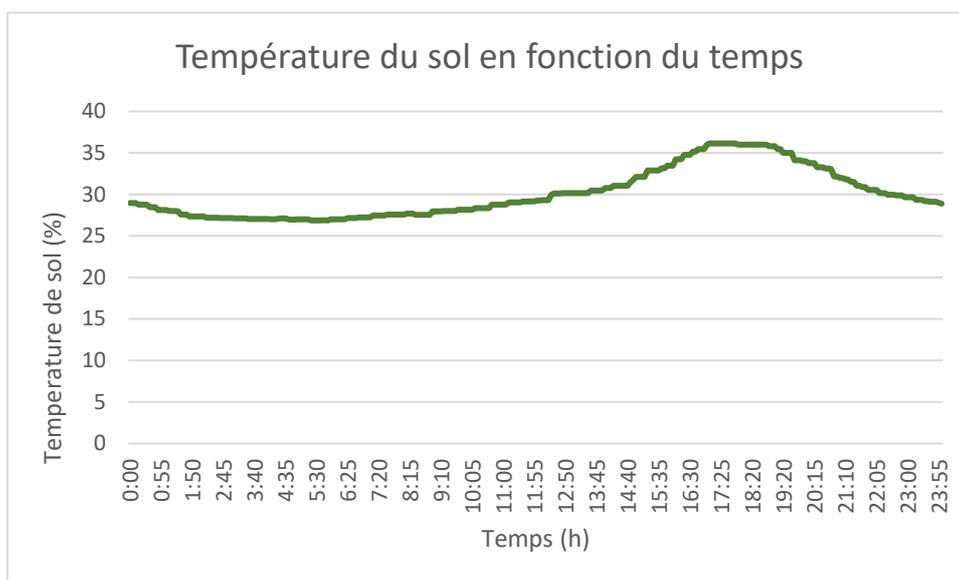


Fig. (IV. 46) : La température du sol dans la serre en fonction du temps

Analyse et remarques :

La figure (IV. 46) représente le graphe de la température du sol (en °C) en fonction du temps (en h).

De la courbe, on remarque que la température augmente légèrement de la valeur 30°C jusqu'à atteindre la valeur 36°C à 17h :25, puis elle reste fixe pendant 2 heures et elle diminue après, jusqu'à revenir à sa valeur initiale 30°C.

Sachant que, la pompe d'arrosage a fonctionné de 14h :05 à 14h :10, soit 5 minutes. Durant cette période la quantité d'eau versée dans les pots de culture était en quantité très petite et sachant que le réservoir d'eau était installé à l'intérieur de la serre (température = 33°C) ceci n'a pas favorisé la diminution de la température du sol.

Cela peut être un avantage si l'on désire garder la température du sol haute. Dans le cas contraire, il faut placer le réservoir à l'extérieur de la serre.

IV. 9.2. Station météo :

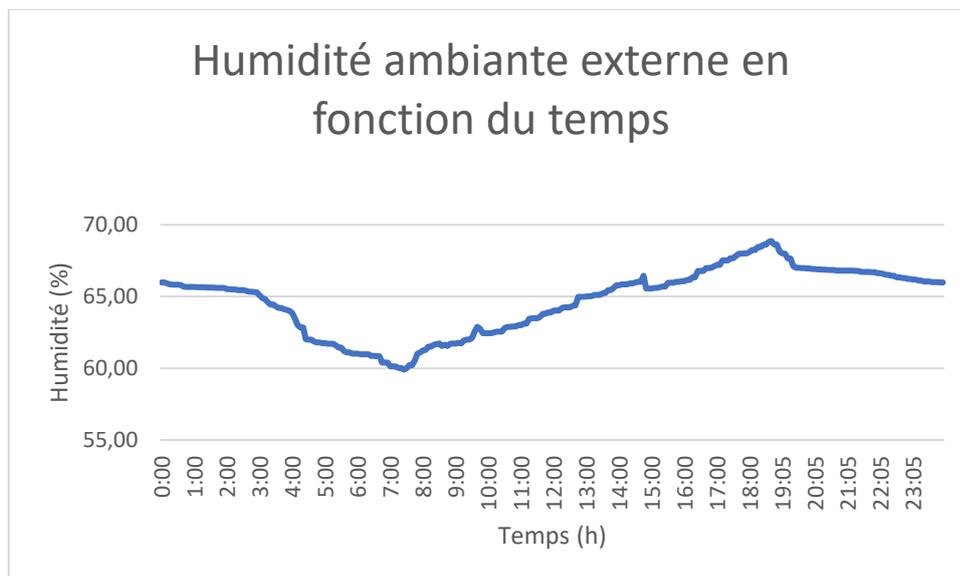


Fig. (IV. 47) : L’humidité ambiante donnée par la station météo en fonction du temps

Analyse et remarques :

La figure (IV. 47) représente le graphe de l’humidité ambiante à l’extérieur captée par la station météo (en %) en fonction du temps (en h).

On voit que l’humidité ambiante à l’extérieur était toujours supérieure à la valeur de 60%,

- De 00h00 à 7h30 l’humidité de l’air diminue car la quantité d’eau présente devient de la rosée qui se dépose sur l’herbe.
- De 7h30 à 18h 45 l’humidité augmente jusqu’à la valeur de 69 % à cause de l’eau de la rosée et celle du sol qui se « re-évaporise » et se retrouve donc dans l’air.

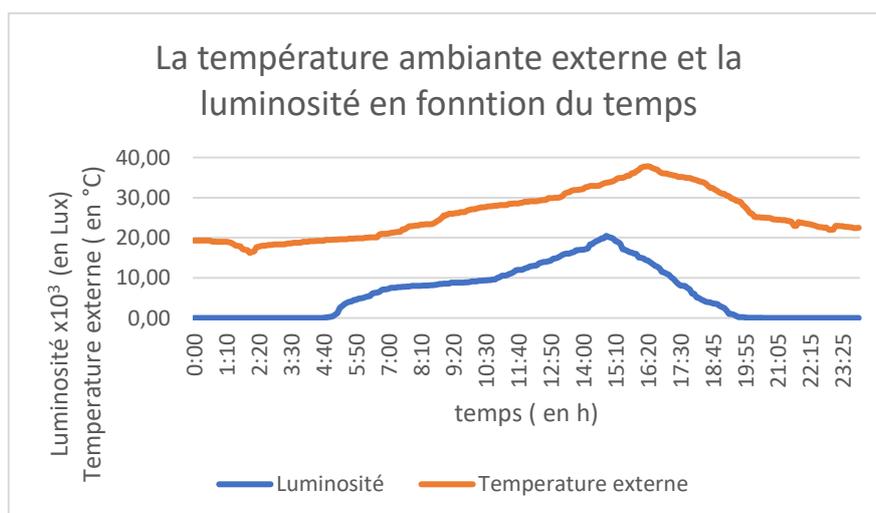


Fig. (IV. 48) : La température ambiante donnée par la station météo et la luminosité en fonction du temps

Analyse et remarques :

La figure (IV. 48) représente le graphe de la température ambiante à l'extérieur captée par la station météo (en °C) et de la luminosité (en Lux) en fonction du temps (en h).

La température s'augmente au fur et à mesure de la valeur 20°C jusqu'à atteindre la valeur 38°C à 16h :10, puis elle diminue jusqu'à redescendre à 22.4°C.

Cette variation suit exactement la variation de la luminosité en fonction du temps. La luminosité atteint son maximum 20480 Lux à 15h48. Il y a donc une relation de proportionnalité entre la température ambiante et la luminosité.

IV.10. Recommandations et perspectives :

Dans cette partie nous allons proposer les différentes solutions pour les problèmes rencontrés dans notre projet, et aussi les perspectives pour l'améliorer.

- Les deux extracteurs d'air utilisés sont insuffisants pour contrôler la température ambiante à l'intérieur de la serre, surtout durant la saison d'été, donc on doit ajouter d'autres extracteurs d'air (avec plus grand débit et de faible puissance) pour faciliter le contrôle en cas d'élévation de la température ambiante externe.
- Si on veut augmenter la température ambiante à l'intérieur, on doit utiliser le chauffage solaire (puit canadien, chauffage passif par galets et ou par chauffe-eau solaire).
- Dans la chambre 1 : le contrôle de la température du sol n'était pas nécessaire mais si on aura besoin de ce contrôle on doit utiliser un réservoir dans la serre.
- Pour éviter les pertes d'énergie produite, on peut utiliser un système hybride en intégrant notre système dans le réseau (système raccordé au réseau)

IV.11. Conclusion :

A travers ce chapitre nous avons présenté les différentes étapes de la réalisation de la serre solaire et la station météo et les différents outils utilisés pour effectuer les mesures des données.

Puis on a étudié les résultats obtenus et on a proposé les solutions pour améliorer le projet et corriger les problèmes rencontrés.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale :

En résumé, la réalisation des serres agricoles photovoltaïques automatisées à base de carte Arduino présente de nombreux avantages :

- L'association d'un partenariat agricole avec une production d'énergie propre : l'énergie produite est une énergie renouvelable. La démarche d'étude se fait dans le respect de l'intégration du dispositif aux contraintes locales et aux besoins de l'exploitant pour la réalisation de son projet.
- Une démarche de développement durable, en s'inscrivant dans le cadre des objectifs de l'Algérie pour augmenter la part de production d'électricité issue d'énergies renouvelables et réduire l'émission des gaz à effet de serre.
- La réalisation du projet respectera les exigences en matière de protection de l'environnement (gestion et économie d'eau, respect de l'environnement faune et flore existant et environnant etc.)
- Une démarche développement durable en associant la production agricole à une production d'électricité verte.
- Cet investissement améliorera les conditions de travail pour la main d'œuvre agricole.

En ce qui concerne notre installation PV :

- Les extracteurs sont insuffisants mais ils marchent toute la journée, donc le dimensionnement électrique est réaliste (2 Panneaux de 160W et une batterie de 120Ah pour une autonomie de 2 jours).
- La maîtrise de la température ambiante dépend des extracteurs :

Le choix de $T_{ref} = 28^{\circ}\text{C}$ (température inférieure à la réalité) a été proposé pour éprouver notre système et $T_{ref} = 33^{\circ}\text{C}$ correspond à une température de culture donnée.

- A $T_{ref} = 28^{\circ}\text{C}$, la température reste 9 heures au-dessus de cette température référence
- A $T_{ref} = 33^{\circ}\text{C}$, la température reste 3 heures 20 minutes au-dessus de cette température référence et donc avec de plus grands débits nous pouvons maîtriser la température à l'intérieur de la serre.
- L'humidité ambiante dans la serre est bien contrôlée durant toute la journée.
- L'humidité du sol est bien contrôlée durant toute la journée.
- La température du sol est maîtrisée durant toute la journée.

En perspectives, nous pouvons apporter plusieurs améliorations :

- Choix d'extracteurs de plus grand débit et moins de puissance
- Pour éviter le gel durant la nuit (diminuer l'écart de la température entre la journée et le soir), nous pouvons ajouter à notre installation un puit canadien, chauffage passif à galets, utilisation de matériaux à changement de phases (la paraffine) et des chauffe-eaux solaire.

- Pour faciliter le suivi et le contrôle de la serre et la station météo, nous pouvons utiliser la carte de contrôle d'accès à distance par TCP / IP qui consiste à gérer et contrôler notre serre et station météo à distance par internet.

Références Bibliographiques

Références bibliographiques :

[1] ZEGUINE BILAL, « Modélisation d'un système de production électrique par cellule photovoltaïque ». Mémoire de Magister de l'Université BADJI MOKHTAR Annaba, 2010.

[2] XUAN-LINH DANG, « Contribution à l'étude des systèmes photovoltaïques (PV)/Stockage distribués. Impact de leur intégration à un réseau fragile ». Thèse de Doctorat d'école Normale Supérieure De Cachan, 2014.

[3] MAZOUZ KARIM, « étude d'une batterie de stockage dans un système photovoltaïque ». Mémoire de Fin de Cycle de l'Université de Bejaia, 2012.

[4] BOUGHRARI IMAD EDDIN & MOKDADI BELGACEM, « étude et optimisation d'un système photovoltaïque ». Mémoire de Fin de Cycle de l'Université KASDI MERBAH Ouargla, 2016.

[5] ALAIN RICAUD, « Systèmes photovoltaïques ». 2e Edition, Octobre 2011.

[6] REMI LARONDE, « Fiabilité et durabilité d'un système complexe dédié aux énergies renouvelable application à un système photovoltaïque ». Thèse de Doctorat d'Ecole Doctoral Sciences Et Technologies De L'information Et Mathématiques, 30 Septembre 2011.

[7] SALMA FATEH, « Modélisation d'un système multi générateurs photovoltaïques interconnectés au réseau électrique ». Mémoire de Magister de l'Université Ferhat Abbas Sétif, 01 Avril 2011.

[8] BOUDEHOUCHE MOHAMED DJALLAL & OUENNOUGHI MOKHTAR, «Gestion d'un système photovoltaïque avec stockage». Mémoire de Fin de Cycle de l'Université de Bejaia, Juin 2016.

[9] ZAOUI FERS, « Utilisation des énergies renouvelables influence de la température sur les performances du module P.V3 ». Thèse de Doctorat l'Université MOHAMED KHIDER Biskra, 12 mai 2016.479-490.

[10] BOUZID Allah El Moubarak. « Dimensionnement d'un système photovoltaïque pour l'alimentation d'une ferme (étude de l'onduleur triphasé li a cette application) », mémoire d'ingénieur d'état, université des sciences et de la technologie d'Oran Mohamed Boudiaf, 2008.

[11] BEDIDA TAREK & BEN AMARA RADHIA, « étude d'un système d'énergie renouvelable avec système de stockage », Mémoire de Fin D'étude l'Université Del Oued, juin 2014.

[12] BOUKHLIFA HAZA, « Dimensionnement technique d'une installation photovoltaïque de 30K ». Mémoire de Fin de Cycle de l'Université M'Hamed BOUGARA BOUMERDES, juin 2017.

[13] HAMID ABDELKADER, « Contribution à l'étude du bilan thermique de la serre avec stockage en lit de galets », Mémoire pour obtenir le grade de Magister, Centre de développement des Energies Renouvelables (CDER), 1989

- [14] BOULARD Thierry, « Caractérisation et modélisation du climat des serres : Application à la climatisation estivale », Thèse de doctorat présentée à l'Ecole National Supérieure Agronomique de Montpellier, 30 Janvier 1996
- [15] K. Mesmoudi, "Etude Expérimentale et Numérique de la Température et de l'Humidité de l'Air d'un Abri Serre Installé dans les Haut Plateaux d'Algérie, Région des Aurès," Thèse de Doctorat Physique Energétique, option énergétique Université de Batna, 2010.
- [16] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Serre>
- [17] Y. Bouteraa, "Automatisation d'une serre agricole, " Magister en Sciences agronomique, école nationale supérieur d'agronomie El-Harrach, 2012
- [18] I .Telli, "Gestion Automatique d'une Serre Agricole", Mémoire de Fin d'Etudes En vue de l'obtention du diplôme MASTER, Université de Biskra 2015
- [19] Mme LEBBAL Fatiha. "Contribution à l'étude dynamique et thermique de l'air à l'intérieur d'une serre en verre de type Venlo dans les régions des Aurès; les hauts plateaux est d'Algérie (Etude de simulation)". Thèse de doctorat de Science en Mécanique énergétique Université El-Hadj Lakhdar Batna. (2010)
- [20] Andre, M ; Marc, S." Livre : Physique de sol, France (1991). Baille A, INRA et les cultures sous serre". Vers l'utilisation rationnelle de l'énergie et la maîtrise des conditions climatiques/INRA (Paris-France) – 1995
- [21] Djeghel, Rachida."Modélisation thermique d'une serre agricole". Thèse de magisterDépartement de physique. Université de Ouargla (2004).
- [22] Bartzanas, T; Boulard, T; Kittas ,C."Effect of vent arrangement on windward ventilation of a tunnel greenhouse". Biosystems Engineering, INRAE France (2004)88(4),
- [23] Ould Khaoua, Sid Ali. "Modélisation De L'aération Naturelle Et Du Microclimat Des Serres EN Verre De Grande Portée Sous Climat Tempéré Océanique".Thèse de doctorat, École Doctorale D'angers (2006)
- [24] Boulard, T.Draoui, B. "Natural ventilation Of a greenhouse with Continuous roof Vents: Measurement and Data Analysis". J.agric. Engng Res. INRA station de bioclimatologie. France (1995) 61, 27-36.
- [25] LEBIK Slimane. "Simulation a l'aide du code de calcule CFD des mécanisme jeu dans le refroidissement évaporaire combine au renouvellement d'air dans une serre". Thèse de MAGISTERE En génie mécanique option thermofluides . Université mouloud Mammeri de Tizi ouzou (2008).
- [26] <http://www.acd-serres.fr/fr-8825-4813-6707-sitemap-chauffage-serre.html>
- [27] Vallères, Marise. "Comparaison de méthodes de refroidissement et de déshumidification pour une production en serre de tomates biologiques". Maîtrise en génie agroalimentaire Québec, Canada 2018.
- [28] <https://richel-group.fr/produits/refroidissement>.

- [29] A. DJEBARI, O.BELLACHE, « réalisation d'une station météo à base d'une carte Arduino uno », thèse de master, université Saad DAHLAB- Blida 1
- [30] R.M. WEERASINGHE, M.S.M AROOS, A.S. PANNILA, M.K. JAYANANDA and D.U.J. SONNADARA, " Construction of an Automated Weather Station for Ground Level Weather Measurements", The Institution of Engineers, Sri Lanka, Annual Transactions of IESL 2011.
- [31] L.KARA, S.GUELLAL, « Conception et réalisation d'un système de mesure et transmission de paramètres météorologiques », thèse de master, université MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU(2018).
- [32] A.HAI, S.HAMMADOU, « Etude de corrélation entre l'irradiation solaire et les factures météorologiques », thèse de master, université ABDERRAHMANE MIRA DE BEJAÏA
- [33] H.IHADADENE, R.SELLAMI, « Etude et mise en marche de la station météorologique ENERCO 520 IG », thèse de master, université MOULOUD MAMMERI, TIZI-OUZOU.
- [34] JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE, 19 décembre 1981, page 1271
- [35] https://fr.wikipedia.org/wiki/Institut_national_de_recherche_foresti%C3%A8re
- [36] <https://elec13.wordpress.com/2016/02/23/kesako-arduino/>
- [37] : AMEUR ALI ELHABIB, DAOUDI MUSTAPHA. « Dimensionnement d'une installation photovoltaïque (application entreprise ENAVA)». Mémoire de master LMD, option : ACTIONNEUR ET CONTROLE INDUSTRIEL. 2016.
- [38] Ahmed Rafik El-Mehdi BAAHMED, Nour EL-houda GREBICI, Ali HARIRI Ilhem BENGUEDDA, Lahcen Mohammed El-Amine, DELENDIA, Rania LOUADJ « CONCEPTION D'UNE STATION MÉTÉO INTELLIGENTE CONNECTÉE », École supérieure d'informatique 08 Mai 1954, Sidl Bel Abbes, Algérie.
- [39] A.AGUSTI, K.MEDILLA, "Weather Station Design Using IoT Platform Based On Arduino Mega", Electrical Engineering Department, Industrial Technology Faculty, Indonesia Islamic University Yogyakarta, Indonesia.
- [40] A. DEBOUZ, M. AMARA, « réalisation d'une carte de commande d'une station de pompage à base d'arduino », thèse de master, Université Abdelhamid IBN BADIS de Mostaganem (2018)
- [41] M.BACHAAISSA, « conception et réalisation d'une plateforme station météo connectée », thèse de master, université M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES
- [42] Catalogue « Mesurer la température avec une sonde DS18B20 (1-wire) ».pdf

ANNEXES



Version 7.1.1

PVsyst - Simulation report

Stand alone system

Project: Serre_Solaire_Bainem

Variant: Nouvelle variante de simulation

Stand alone system with batteries

System power: 320 Wp

L'Institut National de Recherche Forestière - Bainem - Alger - Algérie

| Author



PVsyst V7.1.1
Simulation date:
27/06/22 01:55
with v7.1.1

Project: Serre_Solaire_Bainem
Variant: Nouvelle variante de simulation

Project summary

Geographical Site	Situation	Project settings
L'Institut National de Recherche Forestière - Bainem - Algérie	Latitude Longitude Altitude Time zone	Albedo
	34.80 °N 2.97 °E 249 m UTC+1	0.20
Meteo data		
L'Institut National de Recherche Forestière - Bainem - Alger Meteonorm 7.3 (1996-2010), Sat=100 % - Synthétique		

System summary

Stand alone system	Stand alone system with batteries
PV Field Orientation	User's needs
Fixed plane Tilt/Azimuth 34 / 0 °	Daily household consumers Constant over the year Average 0.3 kWh/Day
System information	Battery pack
PV Array	Technology
Nb. of modules 2 units	Lead-acid, sealed, AGM
Pnom total 320 Wp	Nb. of units 1 Unit
	Voltage 12 V
	Capacity 122 Ah

Results summary

Available Energy	466.0 kWh/year	Specific production	1456 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	14.11 %
Used Energy	103.7 kWh/year			Solar Fraction SF	100.00 %

Table of contents

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Detailed User's needs	4
Main results	5
Loss diagram	6
Special graphs	7



PVsyst V7.1.1
Simulation date:
27/06/22 01:55
with v7.1.1

Project: Serre_Solaire_Bainem
Variant: Nouvelle variante de simulation

General parameters

Stand alone system		Stand alone system with batteries		User's needs	
PV Field Orientation		Models used		Daily household consumers	
Orientation		Transposition		Constant over the year	
Fixed plane			Perez	Average	0.3 kWh/Day
Tilt/Azimuth	34 / 0 °	Diffuse	Perez, Meteonorm		
		Circumsolar	separate		

PV Array Characteristics

PV module		Battery	
Manufacturer	Dimel	Manufacturer	Dimel
Model	Poly 160 Wp 54 cells	Model	BT-HSE-120-12
(Custom parameters definition)		Technology	Lead-acid, sealed, AGM
Unit Nom. Power	160 Wp	Nb. of units	1 Unit
Number of PV modules	2 units	Discharging min. SOC	18.8 %
Nominal (STC)	320 Wp	Stored energy	1.2 kWh
Modules	2 Strings x 1 In series	Battery Pack Characteristics	
At operating cond. (50°C)		Voltage	12 V
Pmpp	289 Wp	Nominal Capacity	122 Ah (C10)
U mpp	17 V	Temperature	Fixed 20 °C
I mpp	17 A	Battery Management control	
Controller		Threshold commands as	Battery voltage
Manufacturer	EPEVER	Charging	13.5 / 12.5 V
Model	VS2024AU	Corresp. SOC	0.90 / 0.75
Technology	Series transistor	Discharging	11.7 / 12.2 V
Temp coeff.	-5.0 mV/°C/Elem	Corresp. SOC	0.17 / 0.45
Total PV power			
Nominal (STC)	0 kWp		
Total	2 modules		
Module area	2.0 m ²		
Cell area	2.6 m ²		

Array losses

Thermal Loss factor		DC wiring losses		Serie Diode Loss	
Module temperature according to irradiance		Global array res.	17 mΩ	Voltage drop	0.7 V
Uc (const)	20.0 W/m ² K	Loss Fraction	1.5 % at STC	Loss Fraction	3.7 % at STC
Uv (wind)	0.0 W/m ² K/m/s				
Module Quality Loss		Module mismatch losses		Strings Mismatch loss	
Loss Fraction	1.5 %	Loss Fraction (Fixed voltage)	2.5 %	Loss Fraction	0.1 %
IAM loss factor					
ASHRAE Param: IAM = 1 - bo(1/cosi - 1)					
bo Param.	0.05				



PVsyst V7.1.1
 Simulation date:
 27/06/22 01:55
 with v7.1.1

Project: Serre_Solaire_Bainem
 Variant: Nouvelle variante de simulation

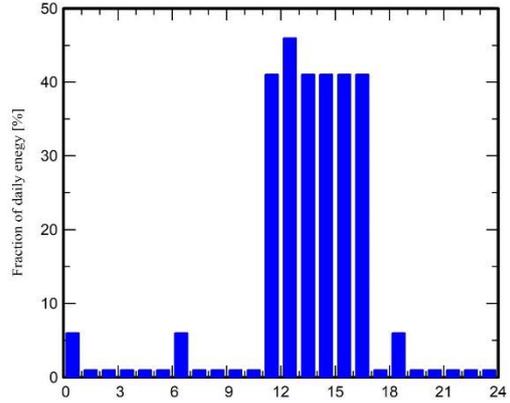
Detailed User's needs

Daily household consumers, Constant over the year, average = 0.3 kWh/day

Annual values

	Number	Power W	Use	Energy
			Hour/day	Wh/day
Extracteur 01	1	45W/lamp	3.0	135
Extracteur 02	1	35W/app	3.0	105
Pompes	2	5W/app	2.0	20
Consomm. de veille			24.0	24
Total daily energy				284Wh/day

Hourly distribution





Project: Serre_Solaire_Bainem
 Variant: Nouvelle variante de simulation

PVsyst V7.1.1
 Simulation date:
 27/06/22 01:55
 with v7.1.1

Main results

System Production

Available Energy 466.0 kWh/year
 Used Energy 103.7 kWh/year
 Excess (unused) 353.6 kWh/year

Specific production 1456 kWh/kWp/year
 Performance Ratio PR 14.11 %
 Solar Fraction SF 100.00 %

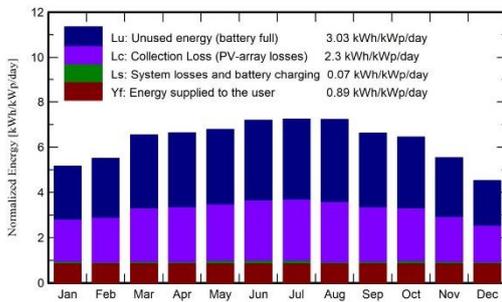
Loss of Load

Time Fraction 0.0 %
 Missing Energy 0.0 kWh/year

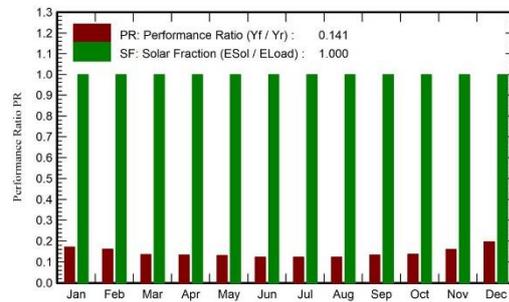
Battery aging (State of Wear)

Cycles SOW 89.1 %
 Static SOW 90.0 %
 Battery lifetime 9.2 years

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	E_Avail kWh	EUnused kWh	E_Miss kWh	E_User kWh	E_Load kWh	SolFrac ratio
January	96.6	157.0	32.79	23.20	0.000	8.804	8.804	1.000
February	107.4	151.0	31.51	23.22	0.000	7.952	7.952	1.000
March	164.5	198.5	41.36	31.86	0.000	8.804	8.804	1.000
April	188.0	194.0	40.37	31.34	0.000	8.520	8.520	1.000
May	221.4	204.3	42.41	32.55	0.000	8.804	8.804	1.000
June	238.7	209.6	43.36	33.73	0.000	8.520	8.520	1.000
July	241.9	218.4	45.05	35.06	0.000	8.804	8.804	1.000
August	219.6	218.6	45.13	35.89	0.000	8.804	8.804	1.000
September	170.7	194.6	40.39	31.26	0.000	8.520	8.520	1.000
October	145.0	196.2	40.83	31.10	0.000	8.804	8.804	1.000
November	103.7	163.2	34.06	24.93	0.000	8.520	8.520	1.000
December	82.6	137.6	28.74	19.52	0.000	8.804	8.804	1.000
Year	1980.0	2243.2	466.01	353.65	0.000	103.660	103.660	1.000

Legends

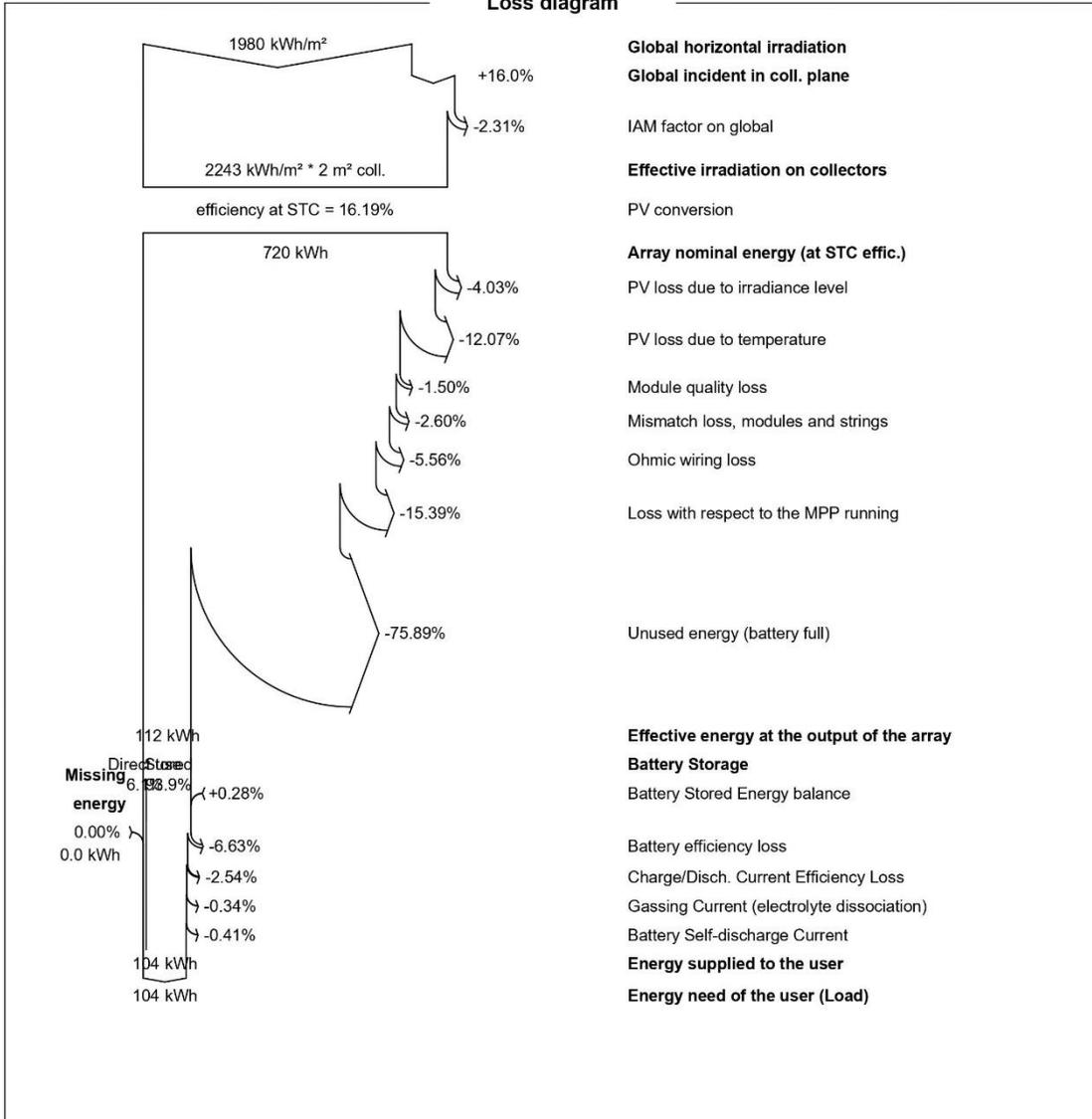
GlobHor Global horizontal irradiation
 GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings
 E_Avail Available Solar Energy
 EUnused Unused energy (battery full)
 E_Miss Missing energy
 E_User Energy supplied to the user
 E_Load Energy need of the user (Load)
 SolFrac Solar fraction (EUsed / ELoad)



PVsyst V7.1.1
 Simulation date:
 27/06/22 01:55
 with v7.1.1

Project: Serre_Solaire_Bainem
 Variant: Nouvelle variante de simulation

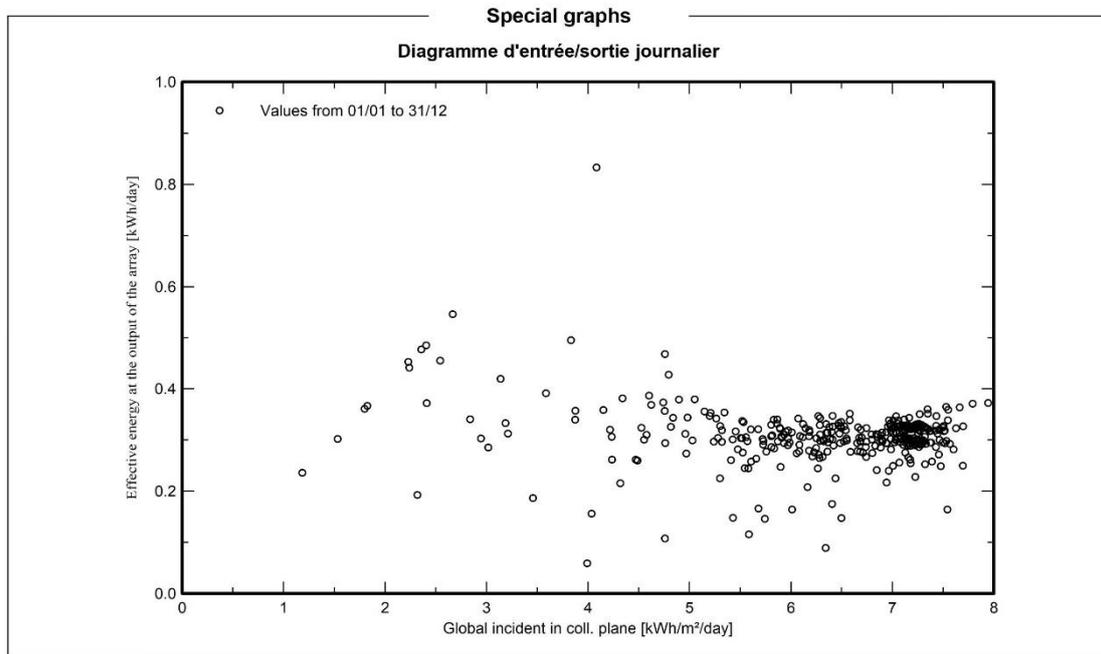
Loss diagram





PVsyst V7.1.1
Simulation date:
27/06/22 01:55
with v7.1.1

Project: Serre_Solaire_Bainem
Variant: Nouvelle variante de simulation



Le programme Arduino de la serre :

```
*****Libraries*****  
  
#include <Wire.h>  
#include <Arduino.h>  
#include "DHT.h"  
#include <SD.h>  
#include <SPI.h>  
#include <OneWire.h>  
#include <DallasTemperature.h>  
#include <DS3231.h>  
#include <LiquidCrystal_I2C.h>  
  
***** Affectation des broches*****  
  
#define TEST_DELAY 1000  
#define RELAY1 6  
#define RELAY2 5  
#define RELAY3 7  
#define an A0  
#define ONE_WIRE_BUS 2  
#define DHTPIN 4  
#define DHTTYPE DHT22  
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);  
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);  
DallasTemperature sensors(&oneWire);  
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);  
DS3231 rtc(SDA,SCL);  
File data;  
int value=0, humidite=0;  
int meteoCount = 1;  
void setup(){
```

```
pinMode(RELAY1,OUTPUT);
pinMode(RELAY2,OUTPUT);
pinMode(RELAY3,OUTPUT);
Serial.begin(9600);
rtc.begin();
lcd.begin();
lcd.backlight();
dht.begin();
sensors.begin();
SD.begin(8);
data = SD.open("houachmi.txt", FILE_WRITE);
data.println("Count:, Temps: , Date: , Temperature: , Humidité: , Temperature du sol:,
Humidité: du sol: ");
data.close();}
void loop(){
  sensors.requestTemperatures();
  value=analogRead(an);
  humidite=map(value,1023,230,0,100);
  delay(3000);
  data = SD.open("houachmi.txt", FILE_WRITE);
if (data)
data.print(meteoCount);
data.print(" , ");
data.print(rtc.getTimeStr());
data.print(" , ");
data.print(rtc.getDateStr());
data.print(" , ");
data.print(dht.readTemperature());
data.print(" , ");
data.print(dht.readHumidity());
```

```
data.print(" ");
data.print(sensors.getTempCByIndex(0));
data.print(" , ");
data.print(humidite);
data.println(" ,");
data.close();
meteoCount++;
  if (humidite >60)
    {digitalWrite(RELAY3, LOW); }
  else
    {digitalWrite(RELAY3, HIGH); }
  if (dht.readHumidity() >40)
    { digitalWrite(RELAY1, LOW); }
  else
    { digitalWrite(RELAY1, HIGH); }
  if (dht.readTemperature() <28)
    { digitalWrite(RELAY2, LOW); }
  else
    { digitalWrite(RELAY2, HIGH); }
Serial.print(rtc.getDateStr());
Serial.print(" -- ");
Serial.println(rtc.getTimeStr());
Serial.print("Humidity: ");
Serial.print(dht.readHumidity());
Serial.print(" % ");
Serial.println();
Serial.print("Temperature: ");
Serial.print(dht.readTemperature());
Serial.print(" °C ");
```

```
Serial.println();
Serial.print("Temperature du sol ");
Serial.print(sensors.getTempCByIndex(0));
Serial.print(" °C ");
Serial.println();
Serial.print("humidite du sol = ");
Serial.print(humidite);
Serial.println("%");
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Time :");
lcd.print(rtc.getTimeStr());
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Date: ");
lcd.print(rtc.getDateStr());
delay(2000);
lcd.backlight();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Temp :");
lcd.print(dht.readTemperature());
lcd.print(" C ");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Humidity: ");
lcd.print(dht.readHumidity());
lcd.print("%");
delay(2000);
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Temp de sol:");
lcd.print(sensors.getTempCByIndex(0));
lcd.print("C");
```

```
lcd.setCursor(0, 1);  
lcd.print("hum de sol:");  
lcd.print(humidite);  
lcd.println(" % ");  
delay(2000);}
```

Le programme Arduino de la station météo :

```
*****Libraries*****
#include <SD.h>
#include <Wire.h>
#include <SPI.h>
#include <DS3231.h> // (12,11,13);(MISO,MOSI,SCK)
#include <Adafruit_Sensor.h> // Utilisation du capteur TSL2561
#include <Adafruit_TSL2561_U.h> // Utilisation de la librairie Adafruit pour leTSL2561
#include <Adafruit_BME280.h> // Utilisation de la librairie Adafruit pour le BME280
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
***** ***Affectation des broches*****

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);
#define SEALEVELPRESSURE_HPA (1013.25)
Adafruit_BME280 bme;
Adafruit_TSL2561_Unified tsl = Adafruit_TSL2561_Unified(TSL2561_ADDR_FLOAT ,12345);

DS3231 rtc(SDA,SCL); // Initialisation du capteur DS3231

File data ;
int meteoCount = 1 ;

void setup() {
Serial.begin(9600); // Préparation du port série
rtc.begin();
lcd.begin();
lcd.backlight();
if (!bme.begin(0x76)){Serial.println ( "Impossible de trouver un capteur BME280 valide,
vérifiez le câblage!");}
SD.begin(4);
```

```
data = SD.open("houachmi.txt", FILE_WRITE);
data.println("Count:, Temps: , Date: , Temperature: , Pression: , Humidité: ,Luminosité: ,");
data.close();
}
void loop() {
  sensors_event_t event;
  tsl.getEvent(&event);
  int luminosity = event.light;
  delay(3000);
  data = SD.open("houachmi.txt", FILE_WRITE);
  if (data)
  data.print(meteoCount);
  data.print(" , ");
  data.print(rtc.getTimeStr());
  data.print(" , ");
  data.print(rtc.getDateStr());
  data.print(" , ");
  data.print(bme.readTemperature());
  data.print(" , ");
  data.print(bme.readPressure() / 100.0F);
  data.print(" , ");
  data.print(bme.readHumidity());
  data.print(" , ");
  data.print(luminosity);
  data.print(" , ");
  data.close();
  meteoCount++;
  Serial.print(rtc.getDateStr());
  Serial.print(" -- ");
```

```
Serial.println(rtc.getTimeStr());
Serial.print("Temperature = ");
Serial.print(bme.readTemperature());
Serial.println(" °C ");
Serial.print("Humidity = ");
Serial.print(bme.readHumidity());
Serial.println("%");
Serial.print("Pressure =");
Serial.print(bme.readPressure() / 100.0F);
Serial.println("hPa ");
Serial.print("Luminosité = ");
Serial.print(luminosity);
Serial.println(" Lux/n");
{
  lcd.backlight();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Time : ");
  lcd.print(rtc.getTimeStr());
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Date: ");
  lcd.print(rtc.getDateStr());
  delay(5000);
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Temp : ");
  lcd.print(bme.readTemperature());
  lcd.print(" C ");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("Humidity: ");
  lcd.print(bme.readHumidity());
```

```
lcd.print("%");  
delay(5000);  
lcd.setCursor(0, 0);  
lcd.print("Pres:");  
lcd.print(bme.readPressure() / 100.0F);  
lcd.print(" hPa");  
lcd.setCursor(0, 1);  
lcd.print("Lum : ");  
lcd.print(luminosity);  
lcd.print(" Lux ");  
delay(5000);  
}}
```



