



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية



MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
وزارة البحث العلمي و التعليم العالي

Université Saad Dahleb de Blida
جامعة سعد دحلب البليد

Faculté de technologie
كلية التكنولوجيا

Département des énergies renouvelables
قسم الطاقات المتجددة

Mémoire
Présenté par

Mehaia Fatima Ezzahra
Bahfir Dihia

Pour l'obtention du titre de

Master En Énergies Renouvelables et Habitat Bioclimatique
Option : Habitat Bioclimatique

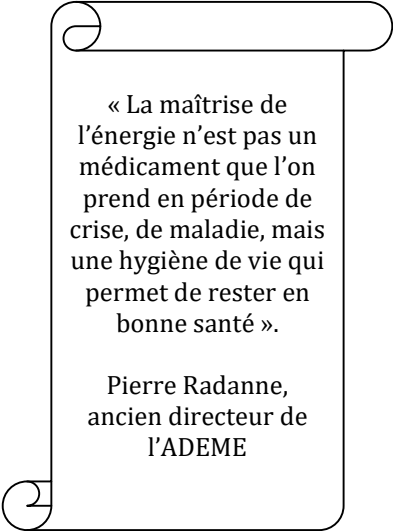
Thème

Intégration d'un système photovoltaïque dans un bureau intelligent

Soutenu le : 12/11/2020

Devant :

- Le jury : Dr Lafri Djamel chef de département des énergies renouvelables et enseignant à l'USDB-1-
- Président : Dr Doumaz Toufik : enseignant à l'USDB-1-
- Promoteur : Dr Hamid enseignant à l'USDB-1-



« La maîtrise de l'énergie n'est pas un médicament que l'on prend en période de crise, de maladie, mais une hygiène de vie qui permet de rester en bonne santé ».

Pierre Radanne,
ancien directeur de
l'ADEME

Dédicaces

Aucune dédicace ne sera à la hauteur pour exprimer ma gratitude et mon profond respect à toutes les personnes qui m'ont soutenue.

C'est avec grand honneur que je dédie ce travail :

À la sensibilité de ma mère,

À la justice de mon père,

À l'amour de mes frères (Juba et Ayoub) et ma sœur (Aldjia)

À la fidélité, au respect et au soutien de mes amis (Bourahla Wail, Saidi Ahmed, Hamouda Salma, Tabta Lylia, Chabla Samia et Raoui Hanane)

À l'effort de mon binôme : Hiba

En la mémoire de Mme Haddadi

À nos généreux formateurs et professeurs qui ont fait de leur mieux pour nous instruire et nous guider.

J'espère que ce travail sera digne des noms cités auparavant.

B. Dihia

Je Dédie ce travail :
À ceux qui me sont chers
À ceux qui ont toujours cru en moi
À ceux qui m'ont toujours encouragé
À ma très chère mère
Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente
Pour exprimer mon immense gratitude envers tous les sacrifices
Qu'elle n'a cessé de faire depuis ma naissance.
Je lui dédie ce travail en témoignage de mon profond amour.
À mon très cher père
À mon frère et mes adorables sœurs
À mes enseignants du département des énergies renouvelables.
À tous ceux qui m'aiment ; et tous ceux que j'aime.

M. Fatima Ezzahra

Remerciements

*Nous tenons à remercier du fond du cœur les professeurs : **Doumaz Toufik, Aitsahed, Semar, Lafri** et madame **Mazouz Halima** pour leurs compréhensions, patiences, et précieuses aides.*

*On remercie notre **promoteur Mr. Hamid** pour ses **efforts sa patience** et son **aide** qui est loin d'être négligeable.*

*Nos remerciements vont ensuite aux **amis** qui ont toujours été présent pour nous et nous ont beaucoup aidé :*

Yousra, Dahmane, khiro, Ferial, Maamri Abdessetar et Wail.

Sommaire

Dédicaces.....	I
Remerciements	III
Sommaire	IV
Liste des figures.....	VII
Liste des tableaux.....	IX
Liste des abréviations	X
Résumé	XI
Abstract	XI
تلخيص.....	XI
Introduction générale.....	1
Problématique	2
Hypothèses.....	2
Les objectifs de la recherche :	3
Chapitre 1 : Généralités	4
Introduction	4
1.1. Efficacité énergétique :.....	4
1.1.1. Bâtiment à Basse Consommation :	4
1.1.2. Bâtiments passives :	4
1.1.3. Bâtiments à Zéro énergie :	5
1.1.4. Bâtiments à énergie positive :	5
1.1.5. Bâtiments bioclimatiques :	5
1.1.6. Construction durable :	5
1.1.7. Maison écologique :	5
1.1.8. Maisons solaires :	5
1.2. Les solutions d'efficacité énergétique passives :	5
1.2.1. Compacité du bâtiment :	5
1.2.2. L'orientation :	5
1.2.3. Répartition des pièces (zonage) :	6
1.2.4. Solaire passif :	6
1.2.5. L'éclairage naturel :	7
Typologies des fenêtres :	7
1.2.6. Protection solaire :	7
Les protections mobiles :	7
Les protections permanentes :	8
Protection végétal :	8
Protection végétale des murs :	8
1.3. Réflexion et Absorption passif :	8
1.4. Isolation :	8
1.4.1. Critères de sélection d'un isolant :	8
1.4.2. Solutions :	8
1.4.3. Système d'isolation	9
1.5. Étanchéité à l'air :	9

1.6. Ventilation :	10
1.7. Comportement des consommateurs :	10
1.8. Les solutions d'efficacité énergétique actives.....	10
1.9. Conclusion.....	10
Chapitre 2 : Dimensionnement et simulation des panneaux photovoltaïques	11
Introduction	11
2.1. Les différents types de système PV	11
2.1.1. <i>Système isolé ou autonome</i>	11
2.1.2. <i>Système raccordé au réseau</i>	11
2.1.3. <i>Les systèmes photovoltaïques hybrides</i>	12
Partie 1 : dimensionnement du système PV	13
2.2. Calcul de la puissance des modules photovoltaïques.....	14
Notion de nombre d'heures équivalentes	14
Choix de la tension de l'installation autonome	16
Nombre de modules PV en série par branche	16
Nombre de branches PV en parallèle	16
Calcul du stockage d'énergie d'une installation autonome	17
Dimensionnement des batteries.....	17
Durée d'autonomie	17
Capacité des batteries	17
Dimensionnement du régulateur	18
Dimensionnement de l'onduleur.....	18
2.3. Les systèmes photovoltaïques raccordés au réseau	18
Dimensionnement de l'onduleur	18
2.4. Avantages et inconvénients des systèmes photovoltaïques	19
2.4.1. <i>Avantages</i>	19
2.4.2. <i>Inconvénients</i>	20
2.5. Schémas des systèmes photovoltaïques raccordés au réseau	20
2.5.1. <i>Injection de la totalité de la production</i>	20
2.5.2. <i>Injection du surplus de la production</i>	20
Partie 2 : simulation et optimisation d'un système PV raccordé au réseau.....	22
2.6. Le logiciel de simulation PVSyst.....	22
2.7. Les menus principaux	23
2.7.1. <i>Pré-dimensionnement</i>	23
2.7.2. <i>Conception du projet</i>	23
2.7.3. <i>Outils</i>	24
2.8. Site d'implantation	25
2.8.1. <i>Données météorologiques</i>	27
2.8.2. <i>Trajectoire du soleil</i>	27
2.9. Simulation d'un système PV raccordé au réseau avec le logiciel PVSyst.....	28
2.9.1. <i>Orientation des modules PV</i>	28
Simulation d'un système PV.....	31
2.10. Simulation du champ PV sur "plan incliné fixe avec stockage"	31
2.11. Simulation du champ PV avec stockage et "Ajustement saisonnier d'inclinaison"	39
2.12. Conclusion	45
Chapitre 3 : Simulation de la consommation du bureau bioclimatique après intégration du système photovoltaïque	46
Introduction	46
3.1. Coordonnées géographiques et zone climatique	46
3.2. Paramètre du bureau.....	47
3.2.1. <i>Plan du bureau</i>	47
3.2.2. <i>Dimensions et zonage du projet</i>	47

3.2.3. <i>Caractéristiques thermiques des matériaux</i>	48
3.3. Méthodologie de l'étude des besoins énergétiques	48
3.4. Outils de simulation.....	49
3.4.1. <i>Logiciel de simulation</i>	49
Présentation du logiciel TRNSys	49
Étude énergétique du bureau :.....	49
3.5. Conclusion	55
Conclusion générale	56
Références	57
Annexe	59
Annexe A :	59
Annexe B : Caractéristique I(V) et P(V) du module	64

Liste des figures

Chapitre 02

Figure 2-1 : Branchement des modules série/parallèle de notre exemple.....	16
Figure 2-2 : La batterie idéale pour notre exemple.....	17
Figure 2-3 : Les caractéristiques de la batterie.....	17
Figure 2-4 : Schéma d'une installation avec injection de la totalité de la production ^[27]	20
Figure 2-5 : Schéma d'une installation avec injection du surplus de production ^[27]	21
Figure 2-6 : Menu principal du PVSyst 6.8I.....	22
Figure 2-7 : Fenêtre de pré-dimensionnement dans le logiciel PVSyst.....	23
Figure 2-8 : Fenêtre de conception de projet dans le logiciel PVSyst.....	24
Figure 2-9 : Fenêtre des outils dans le logiciel PVSyst.....	24
Figure 2-10 : Bases de données PVSyst.....	25
Figure 2-11 : Choix du site sur le logiciel PVSyst.....	26
Figure 2-12 : Création du site sur le logiciel PVSyst.....	26
Figure 2-13 : Données météorologiques du site.....	27
Figure 2-14 : Trajectoire du soleil à Souidania.....	28
Figure 2-15 : L'orientation et l'inclinaison des modules (Plan incliné fixe).....	29
Figure 2-16 : Énergie incidente, horizontale et globale de référence dans le plan fixe de capteurs.....	29
Figure 2-17 : L'orientation et l'inclinaison des modules (Ajustement saisonnier d'inclinaison).....	30
Figure 2-18 : Énergie incidente de référence dans le plan ajusté de capteurs.....	30
Figure 2-19 : Schéma simplifié du système PV raccordé au réseau.....	31
Figure 2-20 : Le panneau choisi pour l'installation.....	32
Figure 2-21 : Évaluation du rendement en fonction de l'irradiance du module à base de cellules au silicium monocristallin.....	33
Figure 2-22 : Caractéristiques de l'onduleur choisi pour l'installation.....	33
Figure 2-23 : Paramètres de simulation du champ PV "plan fixe" et stockage.....	34
Figure 2-24 : Paramètres de simulation du champ PV "plan fixe" et stockage.....	35
Figure 2-25 : Principaux résultats de simulation du champ PV "plan incliné fixe" avec stockage.....	36
Figure 2-26 : Diagramme d'entrée/ sortie journalier correspondant sur un plan fixe avec stockage.....	37
Figure 2-27 : Diagramme des pertes dans le système PV.....	38
Figure 2-28 : Paramètres de simulation du champ PV avec "Ajustement saisonnier d'inclinaison" et stockage.....	39
Figure 2-29 : Principaux résultats de simulation du champ PV avec "Ajustement saisonnier d'inclinaison" et stockage.....	40
Figure 2-30 : Diagramme d'entrée/ sortie journalier sur plan ajusté.....	41
Figure 2-31 : Diagramme des pertes dans le système PV "Avec ajustement saisonnier d'inclinaison" et stockage.....	42
Figure 2-32 : Paramètres de simulation du champ PV avec "Ajustement saisonnier d'inclinaison" et sans stockage.....	43
Figure 2-33 : Principaux résultats de simulation du champ PV avec "Ajustement saisonnier d'inclinaison" et sans stockage.....	44

Chapitre 03

Figure 3-1 : Plan du bureau 47

Figure 3-2 : La page principale de TRNSys..... 49

Figure 3-3 : Importation du projet..... 50

Figure 3-4 : 50

Figure 3-5 : Projet importé : simulation d'un bureau intelligent..... 50

Figure 3-6 : Consommation énergétique électrique sans l'installation PV. 51

Figure 3-7 : Changements de paramètres dans l'application weather (météo) 52

Figure 3-8 : Insertion du système dans le bureau 52

Figure 3-9 : Résultats de la simulation PV obtenu par l'application Typ65a pour le voltage..... 53

Figure 3-10 : Résultats de la simulation PV obtenu par l'application Typ65a pour le courant 53

Figure 3-11 : Résultat de la simulation du bureau intelligent obtenu par l'application online_T65-2 54

Figure 3-12 : La différence entre la consommation énergétique d'un bureau avec et sans insertion de système photovoltaïque..... 54

Liste des tableaux

Chapitre 01

<i>Tableau 1.1 : Comparatif isolation intérieure et extérieure^[17]</i>	9
---	---

Chapitre02

<i>Tableau 2-1 : Consommation des équipements</i>	13
<i>Tableau 2-2 : Caractéristique technique du panneau photovoltaïque</i>	15
<i>Tableau 2-3 : Tension de la batterie conseillée en fonction de la puissance du système PV^[18]</i>	16

Chapitre 03

<i>Tableau 3-1 : Zonage et données des pièces</i>	47
<i>Tableau 3-2 : caractéristiques thermiques des matériaux</i>	48
<i>Tableau 3-3 : Exemples d'applications à utiliser dans la simulation thermique dynamique via TRNSys</i>	51

Liste des abréviations

PV : photovoltaïque
KWh : kilo watt heure
 E_{sol} : Illumination solaire reçue ($Wh/m^2/j$)
 N_e : Heures équivalentes h/j
STC : Standard Test Contions
Q : Capacité de la batterie
AUT : Nombre de jours d'autonomie
 P_d : Profondeur de décharge de la batterie
 N_{MS} : nombre de modules en série
 V_{bat} : tension de la batterie
 V_{max} : tension maximal d'un seul module
 N_T : nombre de panneau PV
VA : volt ampère
PIB : Produit Intérieur Brut

Résumé

Pour mettre fin au réchauffement climatique, la dépendance énergétique et économique et protéger l'environnement, le monde s'est engagé à diminuer ses pertes carbonées.

Plusieurs solutions ont été étudiées et approuvées, notamment l'utilisation des énergies renouvelables comme source d'énergie, la construction bioclimatique et l'insertion de matériaux rénovateurs dans les bâtiments.

Pour savoir quel matériau et quelle source d'énergie sera plus efficace, on utilise des outils de simulation.

Les mots clés :

PV, bioclimatique, PVSyst, simulation, efficacité, TRNSys, dimensionnement

Abstract

To control the global warming, the energetic and economic dependence, also to protect the environment, the world has committed to limit his Carbon losses. Many solutions has been studied and approved, such as the use of renewable energies, bioclimatic constructions and the integration of renovator materials. In order to be sure of which material and which energy source would be more efficient, we use simulation tools.

Key words:

PV, bioclimatic, PVSyst, simulation, efficiency, TRNSys, sizing

تلخيص

للحد من خطر الاحتباس الحراري و التبعية الطاقوية و الاقتصادية ومن اجل الحماية البيئية وبقرار من المنظمة العالمية لحماية البيئة والحد من انتشار غاز ثنائي الكربون تم العثور على الحلول والتي لا تزال في طور الدراسة منها استغلال الطاقات المتجددة التي تعد صديقة للبيئة كمصدر طبيعي للطاقة اعتماد البناء الايكولوجي والمتمثل في تجسيد بنايات مناخية تساهم في التقليل من من استهلاك المفرط للطاقة

الكلمات المفتاحية

الطاقات المتجددة البناء الايكولوجي الفعالية الواح شمسية

Introduction générale

Depuis l'apparition de l'homme sur Terre, il n'a cessé de se surpasser dans tout les domaines (philosophique, technologique, physique...). Il découvrit des moyens qui l'ont aidé à extraire des énergies qui lui ont permis de créer des systèmes de chauffage et d'éclairage très performants et développa des technologies qui lui ont facilité la vie, allant ainsi de nomade (fuyant l'ardeur du climat et suivant sa nourriture) au sédentaire (avec tout le confort technologique qui va avec comme les voitures, les Smartphones, les satellites, WIFI...). Au fil des avancées scientifiques, ces systèmes ont évolué et leur efficacité énergétique s'est améliorée.

Mais son intelligence le mena à sa perte car ces développements et découvertes causèrent la pollution de son environnement, qui entraîna le réchauffement climatique menant aux fontes des glaces impliquant la montée des eaux, donc l'extinction de certaines espèces animales et végétales...

En réponse au réchauffement climatique, 183 pays de la communauté internationale ont ratifié le protocole de Kyoto. En vigueur depuis 2005, il définit les prémisses d'un droit international de l'environnement. Il est basé sur un marché international nommé «bourse du carbone» permettant l'échange d'autorisations d'émissions et sur un mécanisme d'observance, contrôlant le respect des engagements. Les pays européens s'y sont engagés pour une réduction de 8% de leurs émissions entre 1992 et 2012.

Pour 2020, l'Europe a pour objectifs :

- une réduction de 20% des émissions de GES ;
- une diminution de 20% de la consommation énergétique ;
- une part d'énergie renouvelable dans la production énergétique d'au moins 20%.

Le Grenelle de l'environnement s'est déroulé en 2007 sous la forme de rencontres entre plusieurs groupes de travail. Selon le récapitulatif de cette table ronde, le «bâti consomme 42,5% de l'énergie finale. [...] C'est le gisement principal d'économie d'énergie exploitable immédiatement»^[1]

Pour cette raison, le monde s'est engagé dans la construction de bâtiment à hautes performances énergétiques. Parallèlement, de multiples projets scientifiques ont été lancés pour définir le bâtiment de demain. Nous l'imaginons tous comme une construction à très faible consommation, capable de produire une grande partie des énergies dont il a besoin et offrant une amélioration du confort de vie à ses occupants.

Le bâtiment n'est normalement pas conçu pour consommer et il semble logique qu'un bâtiment devrait assurer, sans aucune consommation d'énergie, un confort visuel, physiologique, olfactif et sonore. Malheureusement, ce n'est que très rarement le cas. Au cours du 20^e siècle, beaucoup de bâtiments ont été conçus comme des constructions découplées de leur environnement extérieur. Ainsi de nombreux immeubles ont été construits sans tenir compte de leur contexte environnemental, ces bâtiments sont aujourd'hui parmi les plus gros consommateurs d'énergie.

Les contraintes énergétiques citées précédemment poussent l'homme à repenser le bâtiment comme un système écologique. Les bâtiments écologiques sont des constructions à basse consommation capables de produire toutes les énergies dont ils ont besoin. Par une démarche d'éco-conception, les ingénieurs dimensionnent les matériaux et les équipements pour exploiter au mieux les caractéristiques de l'environnement (rayonnement solaire,

géothermie...). Cette approche écologique n'est envisageable que pour de nouvelles constructions ce qui limite son application dans le parc immobilier actuel.

L'enjeu économique et social est grand. Le bâtiment bioclimatique n'est qu'à ses balbutiements et offre de grandes perspectives. Les projets et les financements autour de la gestion de l'énergie dans les bâtiments sont en pleine croissance autant dans les entreprises privées que dans les laboratoires de recherche. De nombreux pôles d'innovation et de compétitivité ont été créés, on cite notamment CNERIB (Centre National des Études et de la Recherche Intégré du Bâtiment) à Souidania, Alger qui a été créé en 1982 par la transformation de l'INERBA, il a pour mission d'entreprendre tout les travaux scientifiques et techniques se rapportant à la mise au point, au développement et à la maîtrise des technique pour accroître la performance de l'appareil de production du secteur de la construction.

Il ne faut pas oublier que l'habitat en Algérie connaît une crise aigue en matière de confort thermique : il fait très chaud en été et très froid en hiver. Ce qui implique une grande consommation d'énergie et un dégagement de gaz à effet de serre remarquable.

C'est pourquoi la réalisation de bâtiments à faible consommation d'énergie (neufs et rénovateurs) est indispensable pour palier à la pénurie des ressources fossiles et pour réduire les émissions de Gaz à Effet de Serre.

Soucieuse de la protection de l'environnement et de la réduction de ces pertes, l'Algérie, consciente de la prédominance de l'énergie conventionnelle dans sa consommation intérieure, a adopté des lois sur la maîtrise de l'énergie appelées DTR-C3.2 et DTRC3.4 ^[2]. Il s'agit d'études faites avant, pendant et après la construction du projet à fin d'avoir une idée sur les changements à effectuer, les matériaux à utiliser, la volumétrie à adopter... de tel sorte que le confort de la personne qui va s'y installer sera atteinte sans pour autant nuire à l'environnement.

La réalisation de bâtiments à haute performance énergétique doit être accompagnée d'un outil puissant d'aide dans la production de l'énergie non polluant et performant.

Problématique

L'Algérie doit faire face à un problème énergétique croissant lié à l'augmentation de sa démographie et l'absence d'application de réglementation thermique allié à des contraintes économiques de coût de construction et des pratiques architecturales importées favorisant la réalisation de bâtiments totalement inadaptés aux climats.

Quelles sont les stratégies de conception à adapter, les dispositifs architecturaux à utiliser pour améliorer la performance énergétique des bâtiments ?

Hypothèses

Pour répondre à la problématique posée, on a proposé les hypothèses suivantes :
Application des règles en conformité avec la conception architecturale et la bonne utilisation des énergies renouvelables
Les choix stratégique et principes d'intégration de la conception bioclimatique.

Les objectifs de la recherche :

On a fixé pour objectif la minimisation ou la maîtrise de la consommation énergétique des bâtiments et l'amélioration du confort des occupants grâce à des stratégies de gestion technologique et énergétique appropriées.

Les objectifs de conception des habitats à haute performance énergétique sont :

Un bon choix d'orientation, choix de matériaux à utiliser pour la construction et l'isolation, le choix de la volumétrie,... pour diminuer la consommation d'énergie et on ira jusqu'à l'optimiser en intégrant les énergies renouvelables dans le bâtiment ce qui va aider dans la diminution des dépenses énergétiques, les émissions des gaz à effet de serre et amélioration du confort dans le bâtiment : thermique, visuel, psychique...

Chapitre 1 : Généralités

Introduction

L'évolution de la technologie et du mode de vie nous permet aujourd'hui de prévoir des logements mieux adaptés. De plus, La majorité des individus passent beaucoup de leur temps à domicile surtout les vieux ou les handicapés, donc le sentiment de bien-être et de confort dans l'habitat apparaît comme une tâche d'une grande importance sociale. Dans ce chapitre nous allons vous introduire à la maison bioclimatique à haute performance énergétique et aux stratégies qu'on va suivre à fin de diminuer au maximum la consommation énergétique du bâtiment.

1.1. Efficacité énergétique :

Il existe plusieurs définitions de l'efficacité énergétique, nous ont retiendrons quelques unes :

- C'est le rapport entre l'énergie directement utilisée (dite énergie utile) et l'énergie consommée (en général supérieure du fait des pertes) ^[3]
- L'efficacité énergétique c'est réduire à la source la quantité d'énergie nécessaire pour un même service, mieux utilisé l'énergie à qualité de vie constante ^[4]
- L'efficacité énergétique se définit comme une consommation en énergie moindre pour le même service rendu. La notion d'efficacité énergétique est à distinguer de celle de l'intensité énergétique, qui représente la quantité d'énergie consommée pour produire une quantité de PIB. Elle ne se confond pas non plus avec celle de sobriété énergétique. Cette dernière est consensuelle si elle vise à éviter les gaspillages ^[5].

De ces trois définitions se dégage un point commun, l'efficacité énergétique vise à réduire le rapport entre l'énergie utile et la consommation énergétique. On rajoutera le fait que la performance énergétique et aussi à distinguer de la notion d'efficacité énergétique qui est intimement liée à un objectif politique.

1.1.1. Bâtiment à Basse Consommation :

Bâtiment à basse consommation est un concept qui a été élaboré et mis en place sous forme de label par une association française qui consomme, pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire, l'éclairage, les auxiliaires et la climatisation, 50 kWh/m².an en énergie primaire (mètre carre de SHON module selon la zone climatique et l'altitude ^[3] .

1.1.2. Bâtiments passives :

Le terme PassivHaus est un Label qui a été développé par l'institut de recherche allemand PassivHaus, dont les besoins de chauffage (en énergie utile) sont de l'ordre de 15kWh/m².an et la consommation en énergie primaire est inférieure à 120 kWh/m².an pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire et l'électricité. Ce terme peut être employé pour : un bâtiment qui est quasiment autonome pour ses besoins en chauffage. Il utilise les apports gratuits (solaires, métaboliques, d'équipements) et présente une bonne isolation, le chauffage devenant un simple appoint. La référence allemande est appelée Passivas ^[3]

1.1.3. Bâtiments à Zéro énergie :

C'est une notion qui est apparue suite à la construction d'une maison sans consommation de chauffage, sa consommation peut être assurée par une installation solaire, ce qui ramène sa consommation à zéro.

1.1.4. Bâtiments à énergie positive :

Ce type de construction produit plus d'énergie qu'il n'en consomme ^[6]. C'est la maison dont le bilan énergétique est positif,

1.1.5. Bâtiments bioclimatiques :

Les maisons bioclimatiques reposent sur l'idée que l'édifice peut, par le choix de son orientation et sa conception, tirer le maximum d'énergie des éléments naturels et en particulier du climat et de la topographie locale ^[7]

L'architecture bioclimatique doit respecter certaines contraintes qui sont développées en Annexe A.

1.1.6. Construction durable :

L'éco-conception vise à produire des biens de consommation ou matériaux conçus, dès l'amont de la chaîne de fabrication, en limitant leurs impacts environnementaux (énergie, eau, air...), dans les conditions techniques et économiques du moment. C'est une démarche préventive qui prend en compte le cycle de vie du produit, depuis l'extraction des matières premières jusqu'à son élimination en fin de vie ^[3]

1.1.7. Maison écologique :

La construction de bâtiments écologiques respecte un processus unique de réalisation de projet ^[8].

Pour les caractéristiques distinctives des maisons écologiques voir Annexe A.

1.1.8. Maisons solaires :

Précurseurs des maisons bioclimatiques, elles n'utilisent que le soleil direct comme solution d'économie d'énergie ^[7]

1.2. Les solutions d'efficacité énergétique passives :

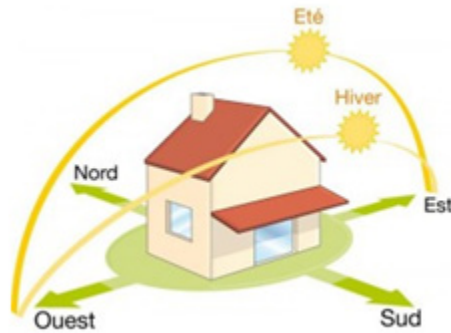
Nous avons choisi d'organiser les solutions d'efficacité énergétique en trois catégories distinctes, qui ont trait à leurs rapports à l'énergie utilisée, ainsi la première catégorie dite passive regroupe toutes les solutions qui n'exigent pas une consommation énergétique pour leurs fonctionnements (conception, ventilation naturelle, solaire passif, vitrage, isolation) à l'inverse de la catégorie active où une source d'énergie est requise, la troisième catégorie celle du comportement humain concerne le choix et l'utilisation raisonnée des usages énergétiques dans le bâtiment.

1.2.1. Compacité du bâtiment :

Un bâtiment compact est un bâtiment qui a un rapport faible entre la surface des parois extérieures et la surface habitable. Sans brider la conception architecturale, il est plus économique et bénéfique pour l'efficacité thermique de retenir des formes plutôt compactes.

1.2.2. L'orientation :

Le soleil est souvent recherché l'hiver alors qu'on essaye de s'en protéger l'été ; la figure ci-contre montre la course du soleil suivant la saison :



- En hiver, la course du soleil est limitée et seules les façades orientées au Sud apportent un complément solaire significatif par rapport aux besoins de chauffage.
- L'été, la course du soleil est beaucoup plus longue et plus haute.

Les façades Est et Ouest font l'objet de surchauffe et devront être équipées de dispositifs de protection. Il est préférable pour le logement quand cela est possible, une orientation Nord/Sud (c'est à-dire qui offre une plus grande façade au sud), car cette orientation est la plus passivement profitable et donne le meilleur compromis entre apports de chaleur et apports lumineux en toute saison (apports solaires d'hiver facilement maîtrisables l'été) ; les expositions plein Est et plein Ouest nécessitent des protections solaires en été.

1.2.3. Répartition des pièces (zonage) :

En matière d'orientation et d'architecture le travail du concepteur doit consister à combiner au mieux apports du soleil d'hiver et protections du soleil en été et en mi saison :

Les pièces occupées en permanence durant la journée devraient de préférence être orientées au sud.

Les chambres seront plutôt situées au sud et à l'est, profitant du lever du soleil. Elles garderont ainsi leur fraîcheur en fin de journée.

Veiller à limiter dans la cuisine les apports solaires sur les vitrages sud-ouest, souvent générateurs de surchauffe.

Une serre ou véranda placée au sud permet, tout en apportant de la chaleur en hiver, de créer un espace intermédiaire entre l'intérieur et l'extérieur.

Les espaces peu ou non chauffés (entrée, atelier, garage) seront plutôt disposés à l'ouest ou au nord. Si le vent est souvent violent, un sas d'entrée sera nécessaire pour éviter que l'air froid ne s'infilte dans la maison ^[9].

1.2.4. Solaire passif :

Le solaire passif fait appel à trois principes : le captage, le stockage et la distribution de l'énergie du soleil.

La conception attentive d'un bâtiment solaire permet : d'utiliser les gains solaires reçus pour les besoins de chauffage instantané et de stocker le reste sous forme de masse thermique intrinsèque ou de dispositifs de stockage expressément conçus à cette fin.

Les systèmes de chauffage solaire passifs se rangent en deux grandes catégories :

Le système passif à gain direct tire parti directement de l'énergie solaire, sans l'intervention d'appareils mécaniques. Dans sa forme la plus simple, le soleil qui s'infilte par la fenêtre réchauffe la pièce.

La masse thermique à l'intérieur du bâtiment absorbe une partie de la chaleur et la libère le soir venu.

Le système passif à gains indirects séparé des locaux chauffés est un système isolé ^[10].

1.2.5. L'éclairage naturel :

L'importance de l'éclairage naturel s'impose du fait qu'il permet une réduction significative de la consommation de l'énergie dans le bâtiment.

L'éclairage par les fenêtres :

Garantit le contact visuel indispensable avec l'extérieur et présente peu de risques d'infiltrations d'eau par pluie battante. Il présente cependant des inconvénients : l'éclairage n'est pas uniforme sur le plan de travail, et la luminosité peut être trop élevée au voisinage des fenêtres. L'apport significatif de lumière par un vitrage vertical est limité à une distance correspondant à deux fois la hauteur supérieure de la fenêtre, soit environ 3 à 4 mètres.

L'éclairage par le plafond :

Appelé aussi éclairage zénithal a une efficacité bien supérieure à l'éclairage par les fenêtres, même par ciel couvert. La lumière provient en effet de la partie centrale du ciel, plus lumineuse. L'éclairage est alors plus uniforme durant toute la journée, et donne une lumière diffuse sans zones d'ombres. Il présente des inconvénients : le risque d'infiltration d'eau et d'exposition à la poussière est plus important que pour une fenêtre ; une ouverture en plafond mal isolée peut provoquer d'importantes pertes thermiques hivernales ^[4].

Typologies des fenêtres :

Comme une vitre ne laisse pas passer 100% du rayonnement solaire reçu, il est aisé de comprendre que plus une fenêtre comportera de couches vitrées, plus elle bloquera le rayonnement. En pratique, cette constatation peut être utile pour bien choisir ses vitres :

- **le simple vitrage** est le moins performant thermiquement mais laisse passer quasiment les calories solaires.
- **le double vitrage** est moins performant thermiquement que le triple vitrage mais laissera davantage passer les calories solaires.
- **le triple vitrage** reste plus isolant que le double vitrage mais freinera davantage les calories solaires qui ne pourront pas arriver dans la maison.

En bioclimatisme chaque détail compte. Bien choisir ses fenêtres, les disposer au bon endroit et surtout les adapter en fonction de la pièce permet d'obtenir le meilleur rendement calorifique possible tout en participant au confort ^[11].

1.2.6. Protection solaire :

De nombreux types de protections solaires existent : permanentes ou fixes (vitrages spéciaux, films autocollants, auvents, avancées architecturales), mobiles (stores extérieurs, volets).

Le choix d'une protection solaire doit se faire en fonction de l'orientation de la fenêtre. Si possible, elle maintiendra la possibilité de bénéficier d'une lumière naturelle suffisante ^[12].

Les protections mobiles :

Stores extérieurs, claustras, panneaux coulissants, etc. Elles sont utilisées en fonction des besoins, et permettent une protection efficace en été tout en bénéficiant des apports solaires en hiver.

Les protections solaires placées à l'intérieur du bâtiment sont peu efficaces, elles laissent en effet pénétrer le soleil dans la pièce avant de transformer le rayonnement en chaleur.

Les protections permanentes :

Au sud, la longueur des protections solaires permanentes doit être comprise entre une fois et une fois et demie la hauteur de la fenêtre. Au sud, ces éléments restent de dimensions raisonnables. À l'est et à l'ouest, pour atténuer le soleil rasant, ceux-ci deviennent disproportionnés. Les protections permanentes ne permettent pas d'atténuer totalement le rayonnement diffus qui, selon les périodes de l'année, représente une part importante du rayonnement global ^[13].

Protection végétal :

Le principe de la toiture végétale (aussi : toit vert ou toit végétalisé) existe depuis la préhistoire. Il consiste à recouvrir d'un substrat végétalisé un toit plat ou à faible pente (jusqu'à 35° et rarement plus, au-delà, on parlera de mur végétalisé).

La toiture végétalisée présente de nombreux avantages, tant sur le plan de l'esthétique et de la durabilité, que dans une perspective de protection de la biodiversité et de l'environnement en milieu urbain.

Protection végétale des murs :

Le mur végétal est une paroi qui s'élève parallèlement aux murs du bâtiment à protéger. Selon son orientation et sa composition, le mur vert servira à la fois d'écran contre les vents dominants, les intempéries, le bruit, l'ensoleillement mais également la pollution. Il peut jouer un rôle en matière de microclimat et de qualité de l'air ^[14].

1.3. Réflexion et Absorption passif :

Quand le rayonnement solaire frappe une surface, une partie est absorbée mais une autre est réfléchi. Selon les situations, il peut être intéressant de privilégier l'une par rapport à l'autre.

Réfléchir pour ne pas s'échauffer : Pour ne pas monter en température, une surface doit réfléchir le maximum d'énergie solaire afin qu'elle ne s'accumule pas à l'intérieur. Cette faculté de réflexion varie d'un matériau à l'autre, mais dépend essentiellement de sa couleur. On parle du facteur de réflexion solaire du matériau, c'est-à-dire de son albédo.

Absorber pour réduire l'échauffement : Dans certaines situations, il est préférable que l'énergie solaire ne soit pas trop réfléchi pour ne pas provoquer un échauffement indirect. C'est le cas des sols aux abords des bâtiments qui, en réfléchissant une partie du rayonnement, contribuent à échauffer davantage les murs de façade ^[15].

1.4. Isolation :

1.4.1. Critères de sélection d'un isolant :

Choisir un isolant ou un système offrant un *Uparoi* le plus faible possible.

Concevoir des systèmes constructifs de liaisons de parois minimisant les ponts thermiques structurels.

Choisir un isolant ayant la perméabilité à l'eau la plus faible possible ^[16].

1.4.2. Solutions :

Solution classique d'isolation extérieure ou intérieure. Sachant que dans le cas d'une isolation par l'intérieur, les ponts thermiques peuvent représenter une forte part des déperditions, cette solution sera plutôt réservée au cas de réhabilitation.

1.4.3. Système d'isolation



	Isolation par l'intérieur	Isolation par l'extérieur
Schéma		
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> -Ne modifie pas l'aspect extérieur de la maison -Prix réduit 	<ul style="list-style-type: none"> -Regroupe les opérations d'isolation et de ravalement -Traite un grand nombre de ponts thermiques -Protège les murs des variations climatiques -Ne modifie pas la surface des pièces
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> -Réduit la surface des pièces -Gênes éventuelles lors de l'ouverture et de la fermeture des portes et fenêtres -Mise en œuvre difficile si présence de prises, canalisations, équipements à démonter -Ne traite pas tous les ponts thermiques 	<ul style="list-style-type: none"> -Coût supérieur -Modifie l'aspect extérieur -Technique moins employée
Solutions techniques	<ul style="list-style-type: none"> - Panneaux simples d'isolants protégés par une cloison de doublage - Panneaux composites constitués d'un parement de plâtre et d'un isolant - Panneaux sandwich où l'isolant est placé entre deux plaques de plâtre. - Préconisés pour les murs humides ou irréguliers. 	<ul style="list-style-type: none"> -Enduit mince sur isolant : collage sur le mur puis couverture avec un enduit spécifique armé de fibres de verre puis d'un enduit de finition -Enduit hydraulique sur isolant en remplacement d'un enduit mince, projeté sous forme de mortier -Parements sur isolant : isolant collé sur un support puis revêtements de carrelages, pierres minces ou panneaux de bardage -Vêtues : éléments préfabriqués comprenant un isolant et une plaque de parement

Tableau 1.1 : Comparatif isolation intérieure et extérieure^[17]

1.5. Étanchéité à l'air :

Assurer un bon niveau d'étanchéité à l'air dans un bâtiment consiste à maîtriser les flux d'air qui circulent à travers les orifices volontaires (bouches de ventilation et entrées d'air) et à limiter les flux incontrôlés pouvant causer inconfort, et gaspillage d'énergie. Les principaux enjeux liés à l'étanchéité à l'air sont :

- Le confort thermique.
- La facture énergétique,
- La conservation du bâti.
- Maintenir la performance des isolants thermiques tout au long de la vie du bâtiment.

1.6. Ventilation :

Renouveler l'air a également pour fonction d'évacuer la vapeur d'eau et d'éviter ainsi des condensations et dégradations. Cela permet enfin un fonctionnement normal et sans danger des appareils de combustion. La ventilation d'un logement est donc absolument impérative pour maintenir une ambiance intérieure confortable.^[4]

1.7. Comportement des consommateurs :

Aucun progrès significatif en matière d'efficacité énergétique ne pourra être fait sans mobilisation des citoyens en tant que consommateurs. Ainsi le rôle du consommateur se résume dans le choix des équipements, leurs gestions et enfin la maintenance.

1.8. Les solutions d'efficacité énergétique actives

L'efficacité énergétique dite « active » est basée sur une offre de produits performants et de systèmes intelligents de régulation, d'automatismes et de mesure.

Ces solutions peuvent être mises en place rapidement et présentent des temps de retour sur investissement particulièrement courts, alors que les solutions relatives au bâti, dites "passives", s'inscrivent dans des stratégies à plus long terme, impliquant des investissements qui concernent le gros œuvre.

1.9. Conclusion

Les constructions bioclimatiques ont depuis toujours fait partie de la vie de l'être humain (utilisant des matériaux naturels et qui se trouvent à proximité de lui), c'est juste le développement technologique (importation de projets de construction et utilisation de matériaux peu performants), et c'est ce développement lui même qui a fait rejaillir les constructions bioclimatiques avec un petit bonus : les sources d'énergies renouvelables.

Chapitre 2 : Dimensionnement et simulation des panneaux photovoltaïques

Introduction

L'utilisation des énergies renouvelables a des conséquences positives à long terme pour le climat, aussi leur utilisation accrue réduit la dépendance aux importations, augmentant ainsi la sécurité de l'approvisionnement et réduisant les risques de la dépendance énergétique.

En fonction de la situation géographique, plusieurs types d'énergies renouvelables sont utilisables : l'éolien, la biomasse, l'hydraulique, le solaire (photovoltaïque et thermique) et la géothermie.

Comme nous sommes dans un pays où le soleil règne, il est donc évident que nous allons intégrer l'énergie solaire pour l'approvisionnement électrique.

Dans ce chapitre nous allons faire le dimensionnement et la simulation sous PVSyst du champ PV.

On entamera la simulation par le plan incliné fixe avec et sans stockage, ensuite, plan à ajustement saisonnier avec et sans stockage et on terminera par une comparaison entre les quatre (4) simulations.

2.1. Les différents types de système PV

2.1.1. Système isolé ou autonome

Un système photovoltaïque isolé alimente l'utilisateur en électricité sans être connecté au réseau électrique. C'est bien souvent le seul moyen de s'électrifier lorsque le courant du réseau n'est pas disponible : les maisons en site isolé, sur des îles, en montagne...

Ce type de système nécessite l'utilisation de batteries pour le stockage de l'électricité et d'un contrôleur de charge pour assurer la durabilité des batteries. ^[18]

2.1.2. Système raccordé au réseau

Par système photovoltaïque connecté au réseau, on entend un système couplé directement au réseau électrique à l'aide d'un onduleur. Ce type de système offre beaucoup de facilité pour le producteur/consommateur puisque c'est le réseau qui est chargé de l'équilibre entre la production et la consommation d'électricité. ^[19,18]

Dans le cas de systèmes connectés au réseau, il est impératif de convertir le courant continu produit par le système photovoltaïque en un courant alternatif synchronisé avec le réseau. Pour effectuer cette conversion, on utilise un onduleur. Le rendement typique d'un onduleur est d'environ 95%. Il en existe de différentes puissances et les onduleurs sont conçus spécifiquement pour les applications photovoltaïques. L'onduleur possède également une fonction de découplage du réseau qui empêche d'injecter du courant sur le réseau lorsque celui-ci n'est pas en fonctionnement et une fonction de protection contre les surtensions.

2.1.3. Les systèmes photovoltaïques hybrides

Les systèmes photovoltaïques hybrides intègrent un générateur photovoltaïque et un autre générateur : éolienne, groupe électrogène, système hydroélectrique... et même parfois le réseau public d'électricité. ^[20]

En général un système de batteries stocke l'énergie et permet ainsi de ne pas perdre l'énergie des sources aléatoires telles que le solaire ou l'éolien.

La difficulté de ce type de système est d'équilibrer les différentes sources d'énergie de façon à toutes les optimiser.

Aujourd'hui des systèmes à grande échelle intègrent une gestion fine des systèmes photovoltaïques, on parle souvent de "smart-grid" c'est à dire des réseaux au sein desquels une régulation intelligente et coordonnée assure l'optimisation des différentes sources d'énergie.

Partie 1 : dimensionnement du système PV

La puissance photovoltaïque requise est la puissance que doit fournir l'ensemble des panneaux photovoltaïques pour couvrir le besoin en énergie électrique de l'application, quelles que soient les conditions ^[21]. Elle est calculée sur la base de la consommation électrique totale (pour un système autonome) ou des surfaces disponibles (pour un système raccordé au réseau) d'une part et, d'autre part, de l'ensoleillement journalier et de l'efficacité des composants du système : batterie, panneau photovoltaïque, onduleur, câblage...etc

La puissance photovoltaïque du générateur à installer est déduite du calcul de la consommation de l'application. Le calcul de dimensionnement prend en compte la puissance, la tension des appareils ainsi que les durées d'utilisation.

Toutes les consommations disponibles (lampes, radios, téléviseurs, réfrigérateurs, ordinateurs... etc.) sont listées en précisant leurs tensions, leurs puissances et leurs durées d'utilisation par jour. Les appareils à faible consommation d'énergie et à haut rendement sont préférés, même si leur coût d'investissement est plus élevé. Ce surcoût est vite compensé par la baisse de puissance solaire et du stockage que procure ce type de récepteur.

Le tableau suivant présente des exemples de consommations énergétiques journalières pour différents équipements supposé. La puissance de démarrage maximale correspond aux surcharges (courants très élevés) survenant lors des démarrages de certains appareils. Elle permet de déterminer la puissance de sortie permanente de l'onduleur qui devra résister à ces surcharges ^[18]

Équipements	Nombre d'équipements	Temps de consommation (h/jour)	Puissance (W)	Consommation (Wh/jour)
Ordinateurs	4	4	80	1280
Lampes	5	2	18	180
Imprimantes (jet d'encre économique 10/6 ppm (vitesse en pages par minutes))	1	2 H pour l'impression 7 H de veille	22 pour le mode impression 5 pour le mode veille	44 + 35 = 79
Téléphones	1	5	20	100
Chargeurs	2	5	20	200
Camera de sécurité	2	15	12	360
Moteur pas-à-pas	5	1	19	95
Climatiseur	2	3	100	600
Totale				2894

Tableau 2-1 : Consommation des équipements

Après la consommation globale journalière, il faut étudier sa variation dans le temps (hebdomadaire, mensuelle voire saisonnière) en fonction de l'utilisation des exploitants [20]

Pour une consommation de week-end, le calcul du dimensionnement est fondé sur la valeur moyenne de consommation obtenue en multipliant la consommation totale journalière par 2/7, soit la consommation de 2 jours étalée sur 7 jours [22].

Ce raisonnement est applicable pour différentes échelles de temps : saisonnière, mensuelle...etc.

2.2. Calcul de la puissance des modules photovoltaïques

Le Calcul de la puissance des modules photovoltaïque nécessite la maîtrise des principaux paramètres [23] suivants :

- Nombre d'heures équivalentes.
- Période d'ensoleillement.
- Pertes électriques.
- Technologie des modules.

Pour une installation autonome, la puissance du générateur photovoltaïque est définie et ensuite comparée aux besoins énergétiques afin de vérifier leur adéquation.

Notion de nombre d'heures équivalentes

Le module photovoltaïque est caractérisé par sa puissance crête P_c dans des conditions STC spécifiques correspondant à un ensoleillement de 1000 W/m^2 , à la température de 25°C sous un spectre AM 1,5. Le module ainsi exposé à un ensoleillement maximal produit une énergie (Wh) égale à la puissance crête durant un certain temps. Or, dans les conditions réelles de fonctionnement, cet ensoleillement maximal ne se produit que durant quelques heures de la journée, en raison de la fluctuation journalière de rayonnement solaire. Ces heures optimales sont appelées heures équivalentes [21]

$$N_e = \frac{E_{sol}}{1000} \quad (1)$$

Un rayonnement solaire de $3500 \text{ Wh/m}^2/\text{j}$ équivaut à $(3500/1000) = 3,5$ heures par jour d'ensoleillement.

Il est donc possible de connaître la production électrique (E_{totale}) d'un panneau pendant une journée en multipliant le nombre d'heures équivalentes par sa puissance crête P_c :

$$E_{totale} = N_e * P_c \quad (2)$$

L'erreur à éviter est de multiplier le nombre d'heures d'ensoleillement d'une journée entière (estimée à 10h) par la puissance du panneau (à la place de N_e). Dans ce cas, le risque de sous dimensionnement est garanti [23].

La relation ci-dessus n'a pas pris en compte les pertes électriques se produisant tout au long de la production d'électricité, du générateur au récepteur ou au réseau de distribution (réseau).

Ainsi, en reprenant l'application précédente, l'équation déterminant la production journalière d'un panneau (E_{totale}), en condition STC, devient :

$$E_{totale} = N_e * P_c * K \quad (3)$$

Avec K : Coefficient de perte ou facteur de correction (variant entre 0,65 et 0,9) [22].

On prend l'équation (3) et on remplace N_e par $E_{sol}/1000$ et l'équation devient :

$$P_c = \frac{1000 * E_{totale}}{E_{sol} * K} \quad (4)$$

On prend un panneau monocristallin ayant les caractéristiques suivantes :

Caractéristiques techniques	
Dimensions du module	1956*992*40mm
poids	22Kg
Puissance nominale Pmpp	360W
Tension à puissance max. Vmpp	38.4V
Courant à puissance max. Impp	9.38A
Tension en circuit-ouvert Voc	47.4V
Courant de court-circuit Isc	10.24A
Type de cellules	Monocristallin
Nombre de cellules couplées en série	72
Résistance aux impacts (grêle)	23m/s, 7.53g
Boite de raccordement	PV-JB002
Type de connecteur	MC4
Longueur de câbles	900mm
Tolérance de puissance	+/-3%
Cadre	Aluminium
Garantie produit	5 ans
Informations fabricant	
Référence Victron	SPM043602400
Nomenclature Victron	Panneaux solaires BlueSolar
Code EAN	8719076040385

Tableau 2-2 : Caractéristique technique du panneau photovoltaïque

Et on prend :

$$E_{sol} = 1500 \text{ wh/m}^2/\text{j}$$

$$K = 0,75$$

$$P_{Mod} = 360 \text{ W (Puissance crête du module)}$$

$$V_{max} = 38.4 \text{ V (Tension max du module)}$$

$$AUT = 5 \text{ jours (Nombre de jours d'autonomie)}$$

$$P_d = 0,70 \text{ (Profondeur de décharge de la batterie.)}$$

$$\text{L'énergie totale consommé : } E_{totale} = 2894 \text{ wh/jour}$$

$$\text{Ce qui va donner une } P_c = \frac{2894 * 1000}{1500 * 0.75} = 2572.44 \text{ W}_c$$

La puissance crête de l'installation PV est de 2572.44 W.

Tel que:

$$N_T = \frac{P_c}{P_{mod}} = \frac{2572.44}{360} = 7.14$$

On aura donc besoin de 8 panneaux PV

Choix de la tension de l'installation autonome

Le choix de la tension d'un générateur PV doit tenir compte de la puissance PV de l'installation. En règle générale, plus la puissance est élevée, plus la tension est élevée afin de réduire les déperditions d'énergie dans les câbles ^[18].

Le tableau suivant indique des valeurs pour la tension de la batterie selon la valeur de la puissance crête à installer.

Puissance crête (KW)	Tension de la batterie recommandée (V _{bat})
0 – 0,5	12
0,5 – 2	24
2 – 10	48
Sup à 10	Sup à 48

Tableau 2-3 : Tension de la batterie conseillée en fonction de la puissance du système PV^[18]

Dans notre cas on prend la tension de la batterie égale à 48 V.

Nombre de modules PV en série par branche

$$N_{MS} = \frac{V_{bat}}{V_{max}} = \frac{48}{38.4} = 1.25 \approx 2 \text{ modules PV en série}$$

Nombre de branches PV en parallèle

$$N_{MP} = \frac{N_T}{N_{MS}} = \frac{8}{2} = 4$$

Ce qui va nous donner le schéma suivant :

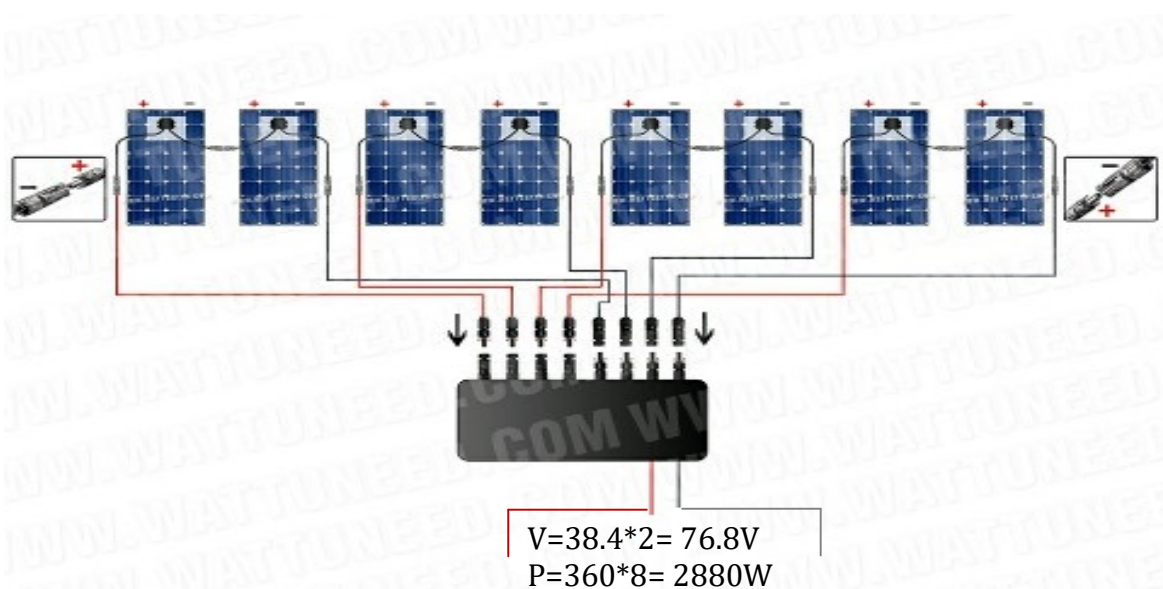


Figure 2-1 : Branchement des modules série/parallèle de notre exemple.

Calcul du stockage d'énergie d'une installation autonome

Dimensionnement des batteries

Le rôle des batteries est de stocker une quantité d'énergie suffisante pour subvenir à l'absence d'ensoleillement temporaire pendant quelques heures, voire plusieurs jours. La capacité des batteries dépend des besoins énergétiques et de l'autonomie sans apport solaire (jours d'autonomie).

Durée d'autonomie

La durée d'autonomie du stockage à déterminer correspond à la période au cours de laquelle les batteries doivent alimenter seules l'installation. Elle varie en fonction des conditions météorologiques du site.

Généralement, la valeur retenue en pays tempérés est comprise entre 5 à 8 jours voire 15 jours pour les installations plus sensibles ^[22]

Capacité des batteries

Le calcul de la capacité nominale des batteries tient compte des besoins énergétiques et des jours d'autonomie d'une part et, d'autre part, de la profondeur de décharge.

$$Q = \frac{AUT * E_{totale}}{V_{bat} * P_d} = \frac{5 * 2572.44}{48 * 0.70} = 382.80 \approx 500 \text{ Ah}$$

Par exemple on a des batteries de 48 V et de 500 Ah.

On prend la batterie suivante :



Figure 2-2 : La batterie idéale pour notre exemple.



Figure 2-3 : Les caractéristiques de la batterie

Dimensionnement du régulateur

Le dimensionnement du régulateur est défini une fois que le type de régulateur est retenu. Il existe deux types de régulateurs : [22]

Régulateur de charge (simple) : il ne contrôle que la charge de la batterie et évite ainsi les surcharges de ses dernières, il est utilisé pour des installations pour lesquelles le risque de décharge est quasiment nul.

Régulateur charge-décharge : il permet, en outre, d'éviter des décharges profondes en coupant l'alimentation de tout ou partie des appareils électriques.

Le régulateur sera dimensionné d'après les paramètres suivants : tension, courant d'entrée et courant de sortie.

Tension nominale : Elle doit être égale à celle du champ PV

Courant d'entrée : C'est le courant de charge maximal que les modules sont susceptibles de débiter. Il doit être supporté sans problème par le régulateur. Pour estimer ce courant, le plus sûr est de prendre 1,5 fois le courant maximal. [24]

Courant de sortie : L'intensité du courant de sortie du régulateur doit être supérieure à la valeur maximale que peuvent tirer les récepteurs simultanément.

Dimensionnement de l'onduleur

Lorsque l'application des appareils qui fonctionnent en alternatif, il faut convertir l'électricité produite par les panneaux du direct à l'alternatif utilisable par ces appareils. Le dimensionnement d'un onduleur se base sur la somme des puissances maximales de chaque équipement à connecter au courant alternatif, et se fait en fonction de plusieurs critères :

Tension d'entrée : elle est égale à celle de la batterie ou du régulateur.

Tension de sortie : en Algérie nous utilisons du 230VAC, 50Hz

Puissance nominale : puissance nominal de l'onduleur (VA) est définie par les besoins déjà calculés auparavant. Elle tient compte du nombre d'équipements et de leurs puissances.

2.3. Les systèmes photovoltaïques raccordés au réseau

La mise en réseau présente un certain nombre d'avantages par rapport aux installations autonomes [25] :

- Le courant produit est conforme au réseau (230 V, 50 Hz) et peut être utilisé directement par les consommateurs existants (appareils ménagers, ampoules, etc.) ;
- Les utilisateurs de courant solaire n'ont pas besoin de réseau séparé ;
- En cas de surproduction (ou, inversement, de surconsommation), l'équilibrage d'énergie s'effectue automatiquement par le biais du raccordement au réseau ;
- Le «stockage» de l'énergie produite est assuré par le réseau électrique, et les accumulateurs locaux sont superflus ;
- En cas de panne du réseau, l'installation se déclenche automatiquement.

Dimensionnement de l'onduleur

Pour une installation reliée au réseau, l'onduleur est dimensionné en fonction des caractéristiques des modules et du réseau électrique. A l'exception de la tension de sortie, les paramètres de dimensionnement sont ceux d'une installation autonome [26].

Tension de sortie : les onduleurs raccordés au réseau doivent convertir le courant continu en un courant alternatif strictement identique à celui du réseau, avec un minimum de perte de puissance et une fiabilité maximale.

La tension de sortie est celle du réseau de distribution (230 V) et parfaitement synchronisée avec le réseau (fréquence de 50 Hz \pm 1%).

Le signal sinusoïdal de sortie doit être de haute qualité avec un taux très faible de distorsion (déformation) harmonique en tension (de 1 à 2%) [20].

Tension d'entrée : Les onduleurs sont caractérisés par une plage de tension d'entrée limitée [19]. Cette dernière doit être compatible avec la tension des séries de modules, quels que soient la température, le nombre de modules en série et la technologie. Le dimensionnement de la tension consiste à veiller à ce que la gamme de tension du générateur photovoltaïque reste incluse dans la plage de tension d'entrée de l'onduleur et ce, quelle que soit la température des modules.

Puissance nominale : l'onduleur devrait délivrer la même puissance que celle du générateur PV. En réalité, sa puissance nominale est au moins 0.90 fois plus faible que celle du générateur [25] en raison de la diminution inévitable de la puissance nominale des modules, ce qui s'explique par le fait que:

- la puissance crête des modules donnée en conditions standard (STC) est rarement atteinte en conditions réelles;
- l'effet de la température sur les modules entraîne un abaissement de 10 à 20 % de la puissance nominale du générateur;
- le rendement de l'onduleur, le câblage induisent des pertes de puissance.

2.4. Avantages et inconvénients des systèmes photovoltaïques

2.4.1. Avantages

- Les systèmes photovoltaïques sont fiables : aucune pièce employée n'est en mouvement. Les matériaux utilisés (silicium, verre, aluminium), résistent aux conditions météorologiques extrêmes;
- Le photovoltaïque est une technologie sûre et sans risque. En général, les panneaux photovoltaïques sont garantis 25 ans (et peuvent fonctionner 40 ans quasiment sans diminuer leurs rendements);
- Les installations photovoltaïques présentent un bilan énergétique positif. Les modules sont recyclables et la majorité des composants peut être réutilisée ou recyclée;
- la mise en place d'une installation photovoltaïque donne de la valeur au logement qui en est équipé car sa classe énergétique augmente;
- ce système produit de l'électricité sur place ; il peut donc être installé là où on en a besoin, sans être raccordé à un quelconque réseau;
- il s'agit d'une source d'énergie électrique totalement silencieuse ce qui n'est pas le cas, par exemple, des installations éoliennes;
- l'énergie photovoltaïque est une énergie propre et non-polluante qui ne dégage pas de gaz à effet de serre et ne génère pas de déchets et aussi c'est une source d'énergie inépuisable;
- ils peuvent être combinés avec d'autres sources d'énergie pour augmenter la fiabilité de système;
- ils peuvent résister à des conditions atmosphériques pénibles comme la neige et la glace;
- ils ne consomment aucun combustible fossile et leur carburant est abondant et libre;
- Le système modulaire de panneaux photovoltaïques permet un montage adaptable à des besoins énergétiques variés. La taille des installations peut aussi être augmentée par la suite pour suivre les besoins de son propriétaire ; les systèmes peuvent être dimensionnés pour des applications allant du milliwatt au mégawatt.

2.4.2. Inconvénients

- Les panneaux solaires coûtent excessivement cher, du fait de la haute technicité qu'ils requièrent ;
- Le coût initial des systèmes PV est élevé, même si la rentabilité à long terme est assurée. Ils sont donc parfois hors de portée des personnes à faibles revenus;
- La fabrication des panneaux solaires photovoltaïques relève de la haute technologie demandant énormément de recherche et développement et donc des investissements coûteux. Cela se traduit dans le prix de l'installation qui, aujourd'hui, reste chère;
- l'énergie issue du générateur photovoltaïque est continue et de faible voltage donc il doit être transformé par l'intermédiaire d'un onduleur;
- La durée de vie d'une installation photovoltaïque n'est pas éternelle mais de l'ordre de 20 à 30 ans. De plus, le rendement des cellules photovoltaïques diminue avec le temps qui passe. On parle en général pour les panneaux photovoltaïques, d'une perte de rendement de 1% par an;
- lorsque le stockage de l'énergie électrique par des batteries est nécessaire, le coût du système photovoltaïque augmente;
- le rendement réel de conversion d'un module est faible;
- les usines de production de cellules photovoltaïques émettent un grand taux de Dioxyde de Carbone;
- Les batteries utilisées par les panneaux photovoltaïques sont composées de plomb, de zinc, de cadmium, . . . et donc ont un impact sur l'environnement.

2.5. Schémas des systèmes photovoltaïques raccordés au réseau

2.5.1. Injection de la totalité de la production

L'intégralité de la production est injectée dans le réseau et vendue. Un point de branchement spécifique à la production est alors créé par le gestionnaire du réseau. Toute la consommation est par ailleurs comptabilisée par le compteur de consommation existant, comme dans tous bâtiments raccordés au réseau.

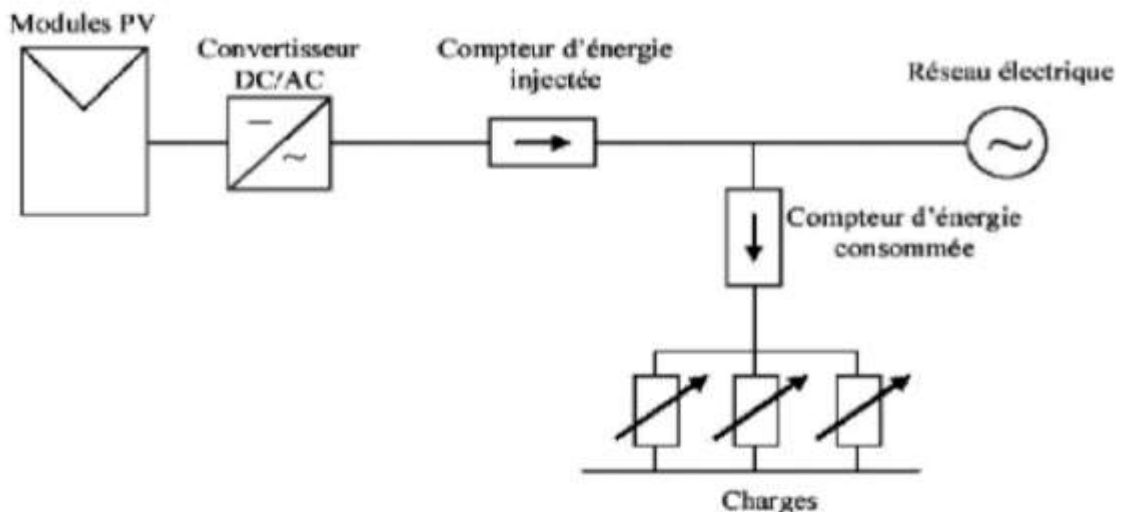


Figure 2-4 : Schéma d'une installation avec injection de la totalité de la production ^[27]

2.5.2. Injection du surplus de la production

La production électrique consommée sur place par les appareils en cours de fonctionnement (l'autoconsommation) n'est pas comptabilisée par le compteur de

production, mais vient réduire le décompte de la consommation. Seul le surplus de la production par rapport à la consommation instantanée est injecté sur le réseau et vendu.

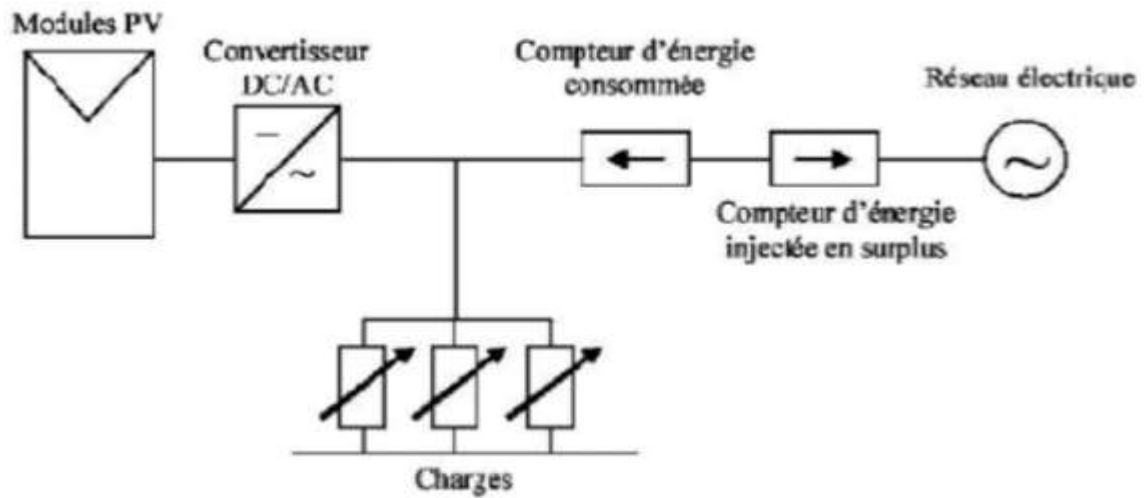


Figure 2-5 : Schéma d'une installation avec injection du surplus de production ^[27]

Partie 2 : simulation et optimisation d'un système PV raccordé au réseau

2.6. Le logiciel de simulation PVSyst

Le PVSyst est un logiciel de dimensionnement de panneaux solaires permettant d'obtenir diverses informations telles que la production d'énergie, l'irradiation et le coût de l'installation, la surface nécessaire, ou la production annuelle d'énergie. Un mode avancé permettant d'obtenir beaucoup plus d'informations pour une étude très complète.

Le logiciel PVSyst comprend principalement deux modes de fonctionnement : le premier est une application de pré-dimensionnement assez simple à prendre en main. Le deuxième permet une étude beaucoup plus approfondie et prend en compte beaucoup plus de paramètres. De plus, il se base sur du matériel concret pour ses calculs, contrairement au premier mode qui effectue ses calculs pour un cas très général. La figure suivante nous montre la description de ce logiciel.



Figure 2-6 : Menu principal du PVSyst 6.81

Afin d'optimiser la gestion d'une installation PV, il est nécessaire de pouvoir comparer les mesures de diverses installations entre elles, pour différentes technologies de modules et conceptions de systèmes. Dans ce chapitre, nous présentons les résultats de dimensionnement de systèmes PV à simple jonction en utilisant le logiciel PVSyst développé par l'Université de Genève. Nous présentons également une interprétation de nos résultats par une évaluation de la puissance (énergie) photovoltaïque produite et injectée dans le réseau en utilisant deux types de champs (plan incliné fixe et ajustement saisonnier d'inclinaison) et on prend le plus performant et on le simule sans stockage pour une même installation limitée à 1 MW.

2.7. Les menus principaux

2.7.1. Pré-dimensionnement

Pour une étude rapide et simple, on donne une localisation et le type de système PV puis le logiciel calcule quelques paramètres de pré dimensionnement, ainsi qu'un graph de production énergétique annuelle, un graphe d'irradiation par mois, un tableau récapitulatif et une étude de coût.

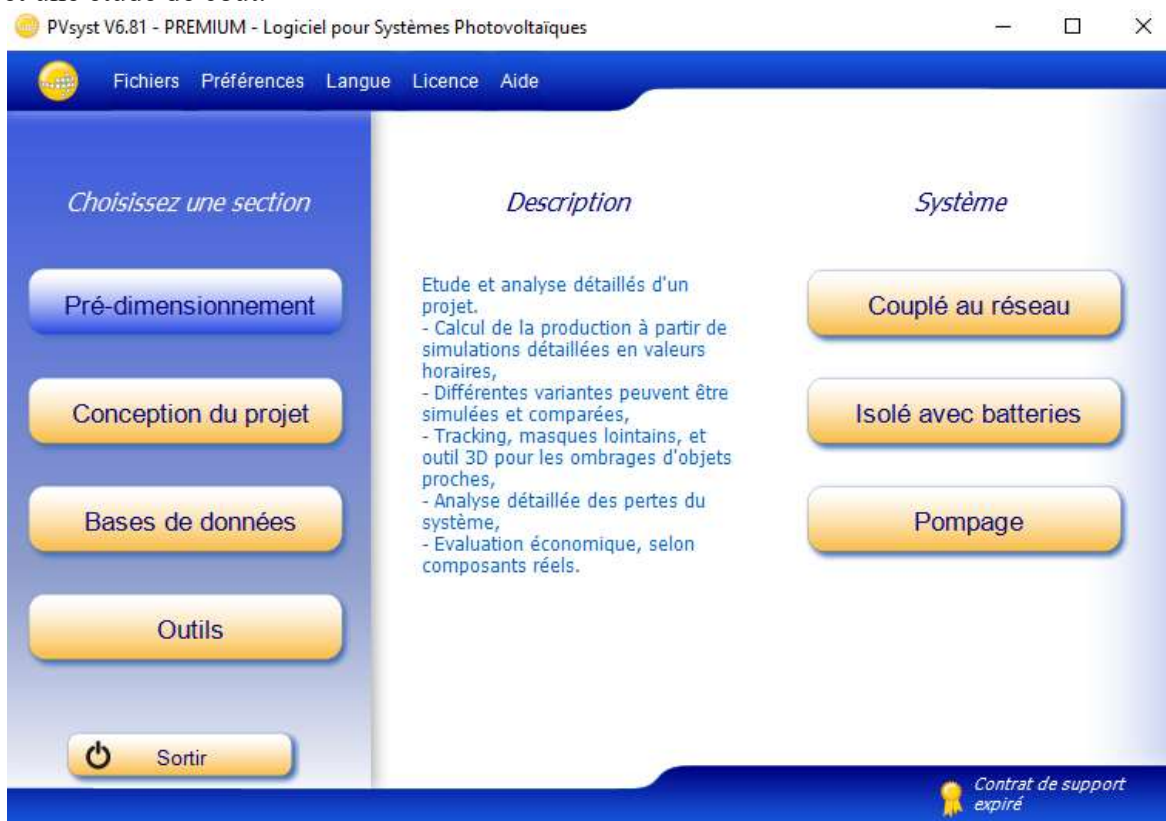


Figure 2-7 : Fenêtre de pré-dimensionnement dans le logiciel PVsyst

2.7.2. Conception du projet

Nous utilisons cette section pour une étude plus approfondie avec de nombreux paramètres à prendre en compte notamment les ombres proches et lointaines. On dispose aussi de plus de choix au niveau de l'orientation des panneaux avec le choix par exemple de panneaux «tracking» qui suivent la course du soleil. Les calculs sont basés sur des systèmes réels commercialisés que l'on choisira parmi une vaste liste. On génère ensuite une simulation qui nous fournit un large choix de résultats et de graphes personnalisables.



Figure 2-8 : Fenêtre de conception de projet dans le logiciel PVsyst

2.7.3. Outils

Comme nous le montre la figure suivante cette fenêtre permet de modifier les bases de données et d'utiliser des outils du programme sans pour autant créer un projet complet.

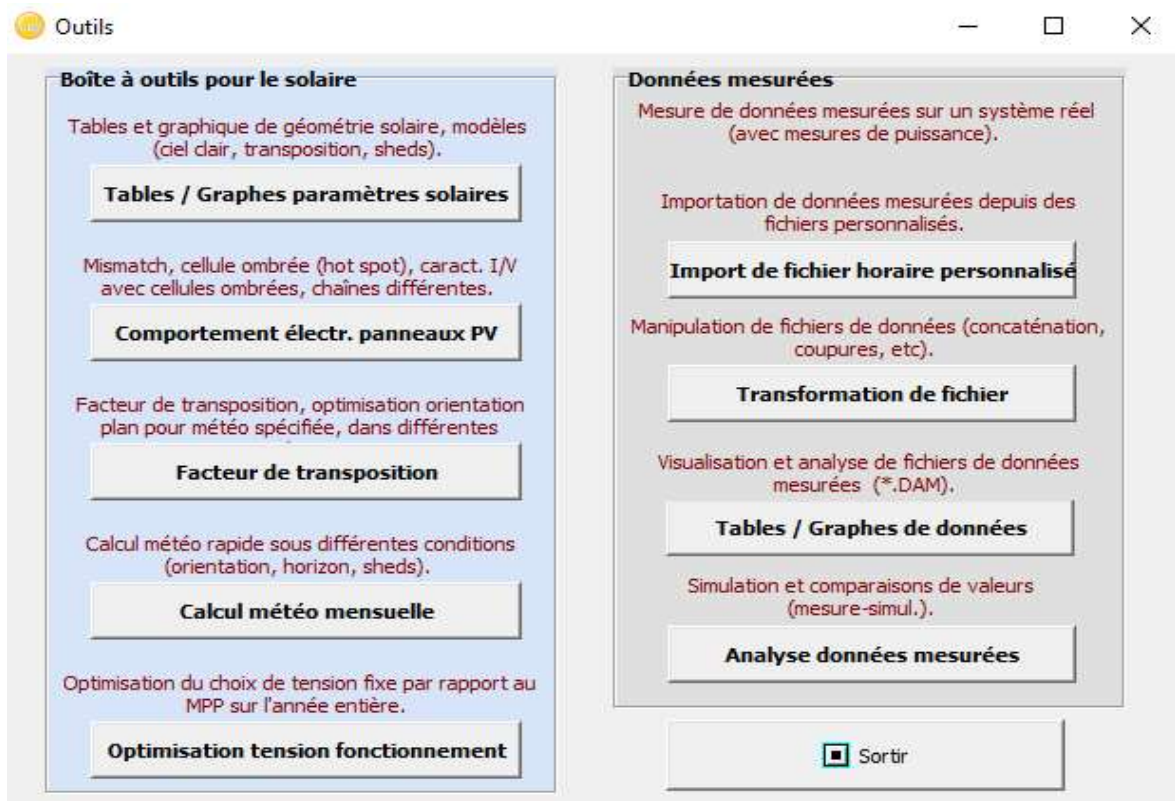


Figure 2-9 : Fenêtre des outils dans le logiciel PVsyst

2.8. Site d'implantation

Pour la simulation de notre projet photovoltaïque, nous avons choisi le site d'Alger (Soudania) où les données géographiques et météorologiques sont incluses dans le logiciel PVSyst, comme y a aussi un moyen d'ajouter d'autre sites géographiques voulus à la base de donnée du logiciel.



Figure 2-10 : Bases de données PVSyst

On choisi notre site, sinon on en crée un nouveau site en cliquant sur nouveau ou sur voir la carte (encadré en jaune sur la figure 2-12) qui fonctionne avec connexion wifi. On introduit les coordonnées géographiques et on clique sur importer qui a le symbole du soleil comme on le montre dans les figures 2-11 et 2-12

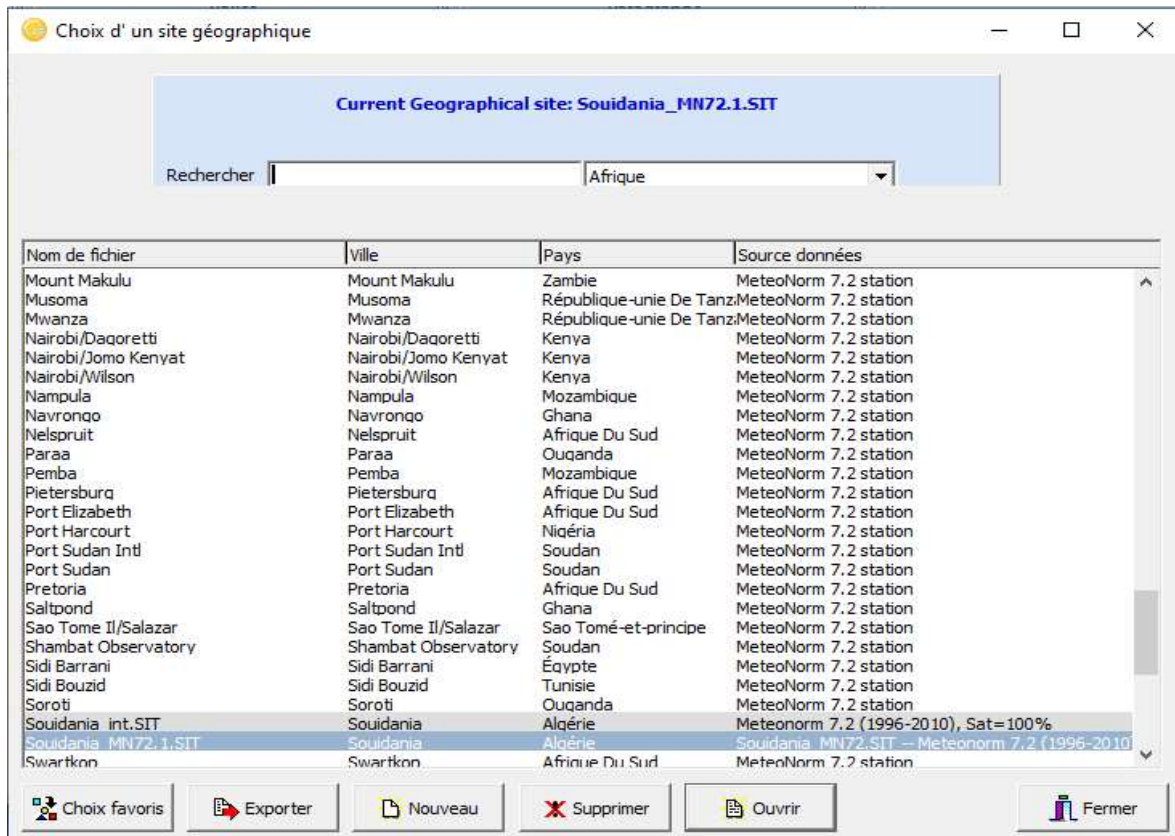


Figure 2-11 : Choix du site sur le logiciel PVSystem

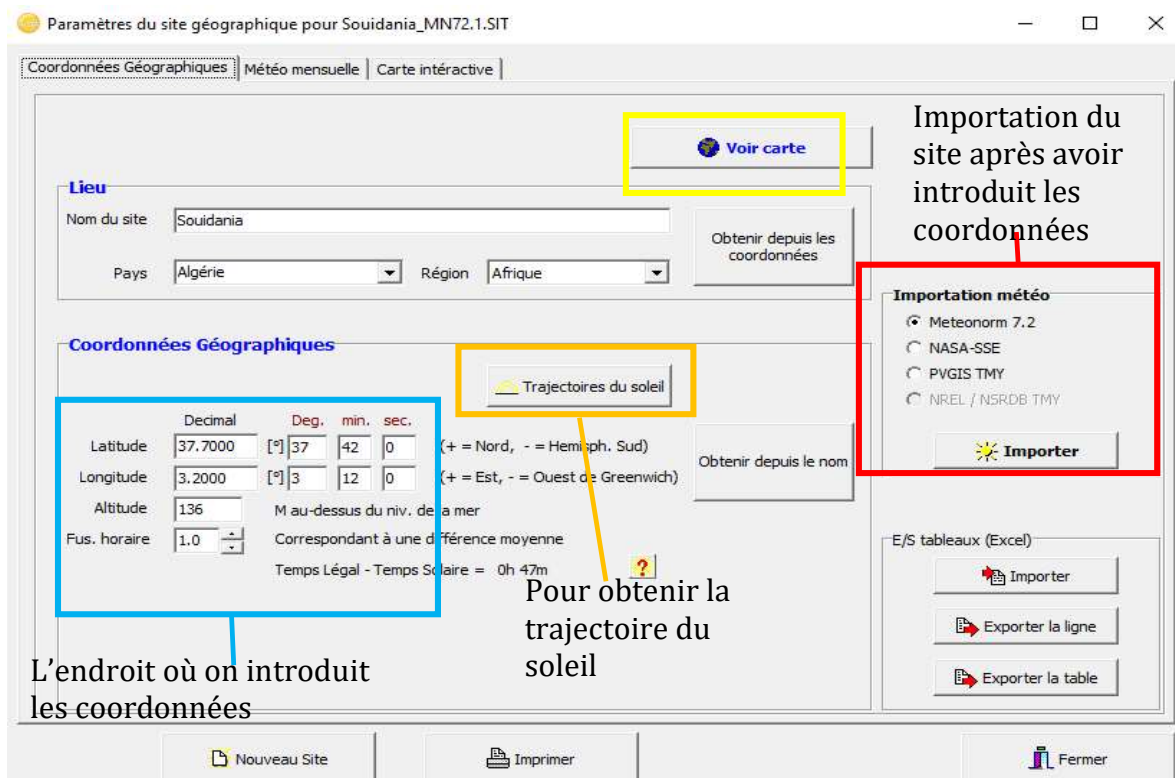


Figure 2-12 : Création du site sur le logiciel PVSystem

2.8.1. Données météorologiques

Le tableau suivant résume les caractéristiques climatiques du site de Souidania.

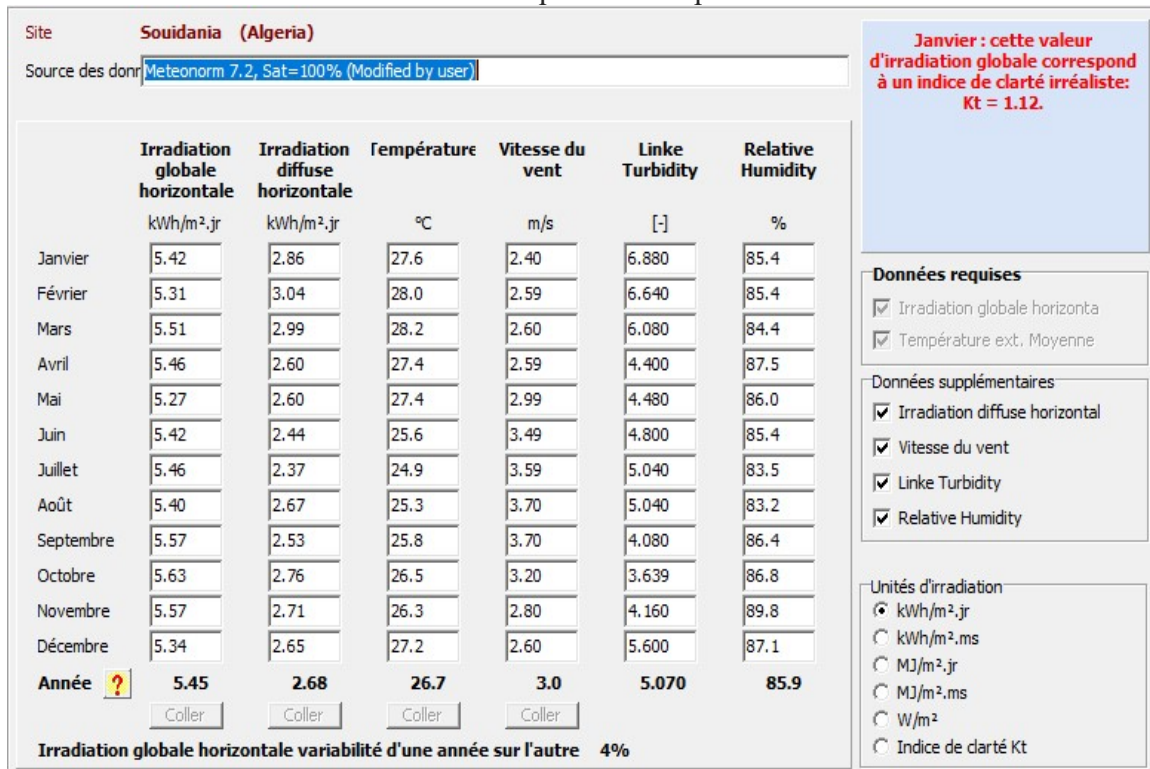


Figure 2-13 : Données météorologiques du site

2.8.2. Trajectoire du soleil

La connaissance du mouvement apparent du soleil pour un point donné de la surface terrestre est nécessaire pour toute application solaire. La position du soleil est définie par deux angles: sa hauteur HS (angle entre le soleil et le plan horizontal du lieu) et son azimut AZ (angle avec la direction du sud, compté négativement vers l'est). La Figure 2-14, présente la hauteur du soleil dans le ciel en fonction de l'azimut à Alger au cours d'une année.

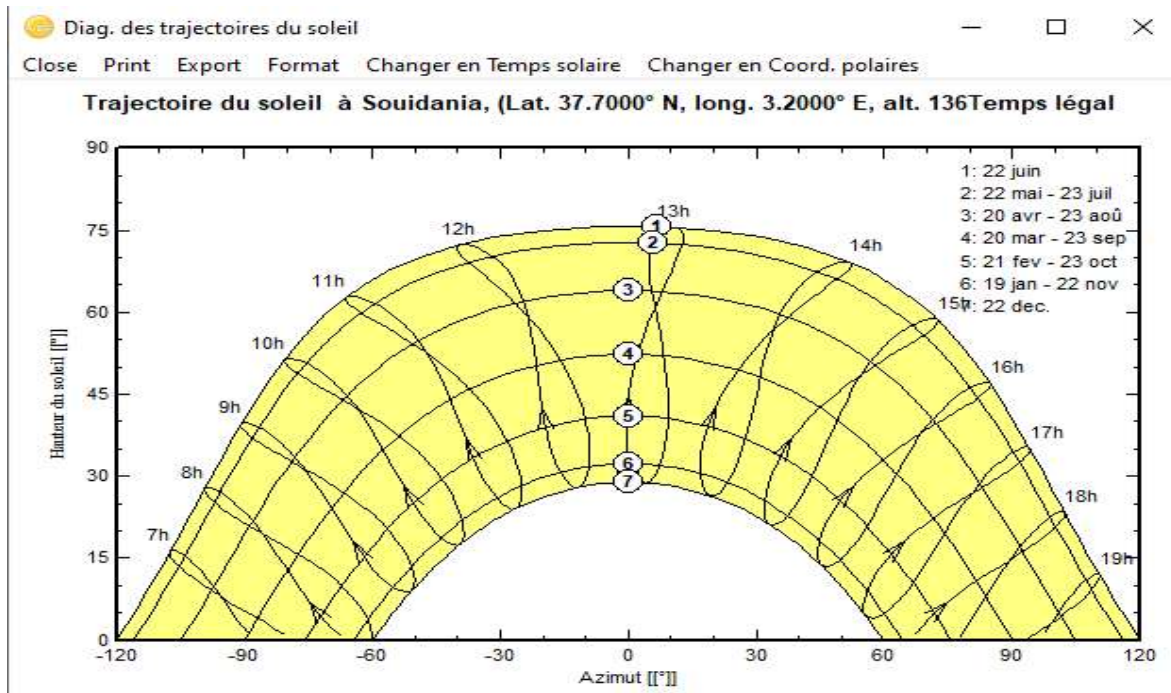


Figure 2-14 : Trajectoire du soleil à Soudania

2.9. Simulation d'un système PV raccordé au réseau avec le logiciel PVSyst

Dans le PVSyst, l'étude d'une installation donnée est effectuée dans le cadre d'un projet, qui fixe les données du site et de la météo. Pour un projet donné, l'opérateur peut définir diverses variantes de chaque groupe de paramètres et exécuter la simulation pour toute combinaison désirée.

La simulation détaillée d'un système PV comporte :

- Le choix des composants (panneaux PV, onduleur, ...etc.) ;
- La disposition détaillée du champ de capteurs (orientation, mode de montage, ...etc.) ;
- L'estimation de l'énergie produite ;
- Une évaluation des coûts de l'installation.

2.9.1. Orientation des modules PV

Vu le prix élevé des modules PV, il est nécessaire de choisir des orientations et inclinaisons favorables à la production d'énergie. Pour notre simulation nous avons choisi deux types de champ, l'un " plan incliné fixe" d'une inclinaison de 36° par rapport à l'horizontale comme l'illustre la (Figure 2-15), et l'autre "Ajustement saisonnier d'inclinaison" d'une inclinaison de 20° pendant l'été, et de 50° pendant l'hiver (Figure 2-16).

Le système "Ajustement saisonnier d'inclinaison" présente l'avantage d'assurer une production électrique plus grande.

Au solstice d'été (pôle Nord proche du soleil : $+23^\circ 27'$), l'angle d'incidence des rayons se rapproche de la perpendiculaire et la quantité d'énergie reçue par unité de surface augmente, ce qui explique l'inclinaison de 20° déterminée sous le logiciel.

Au solstice d'hiver (pôle Nord éloigné du soleil : $-23^\circ 27'$), l'angle d'incidence des rayons s'éloigne de la perpendiculaire et la quantité d'énergie reçue par unité de surface diminue, ce qui explique l'inclinaison de 50° déterminée sous le logiciel.

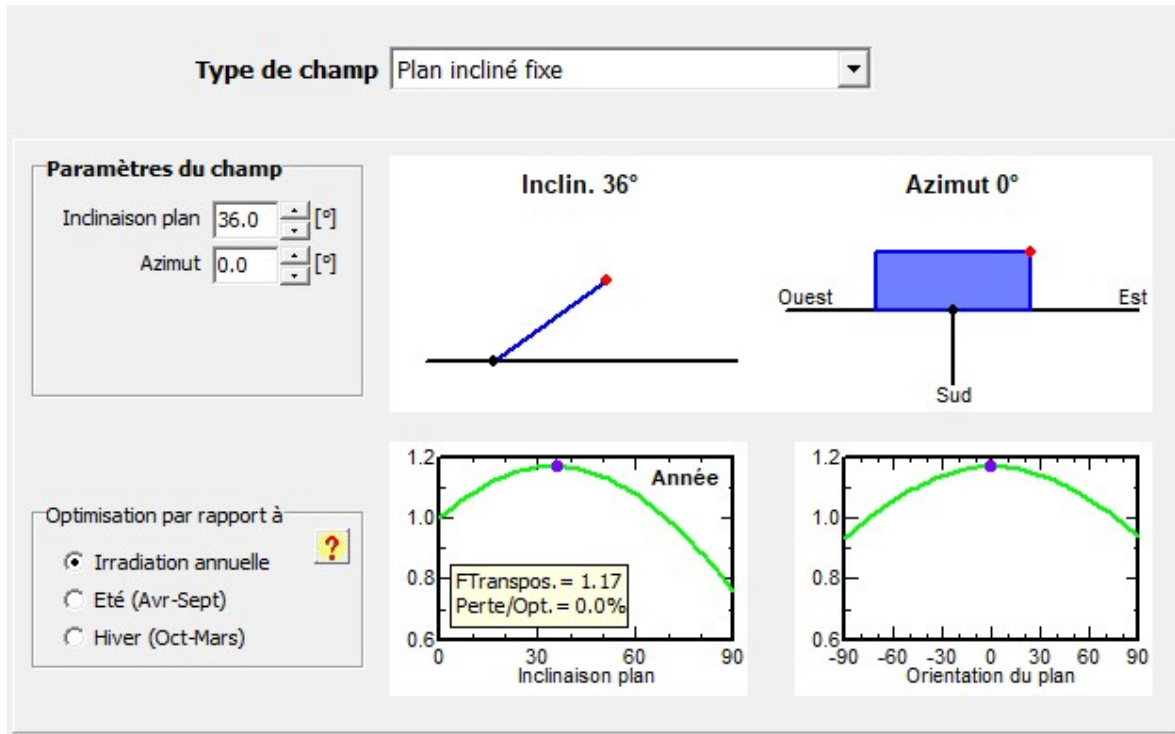


Figure 2-15 : L'orientation et l'inclinaison des modules (Plan incliné fixe)

La Figure suivante montre l'énergie incidente sur le plan fixe de capture.

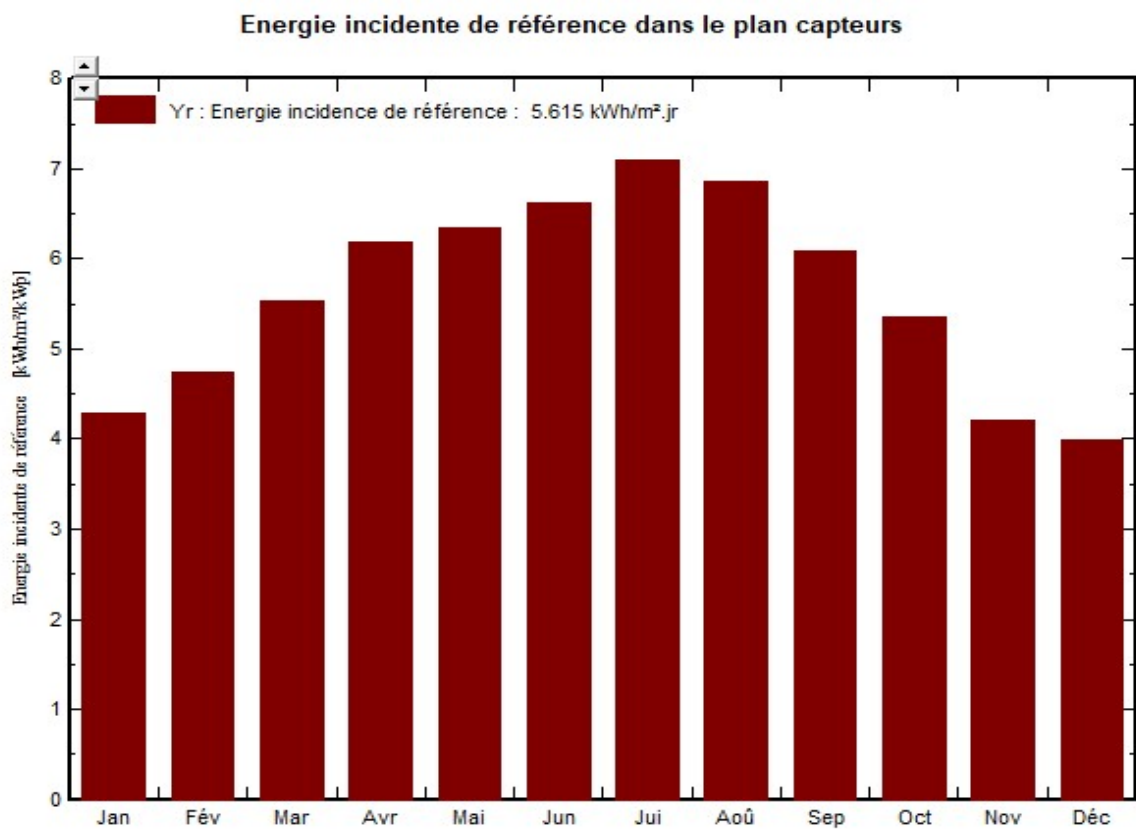


Figure 2-16 : Énergie incidente, horizontale et globale de référence dans le plan fixe de capteurs

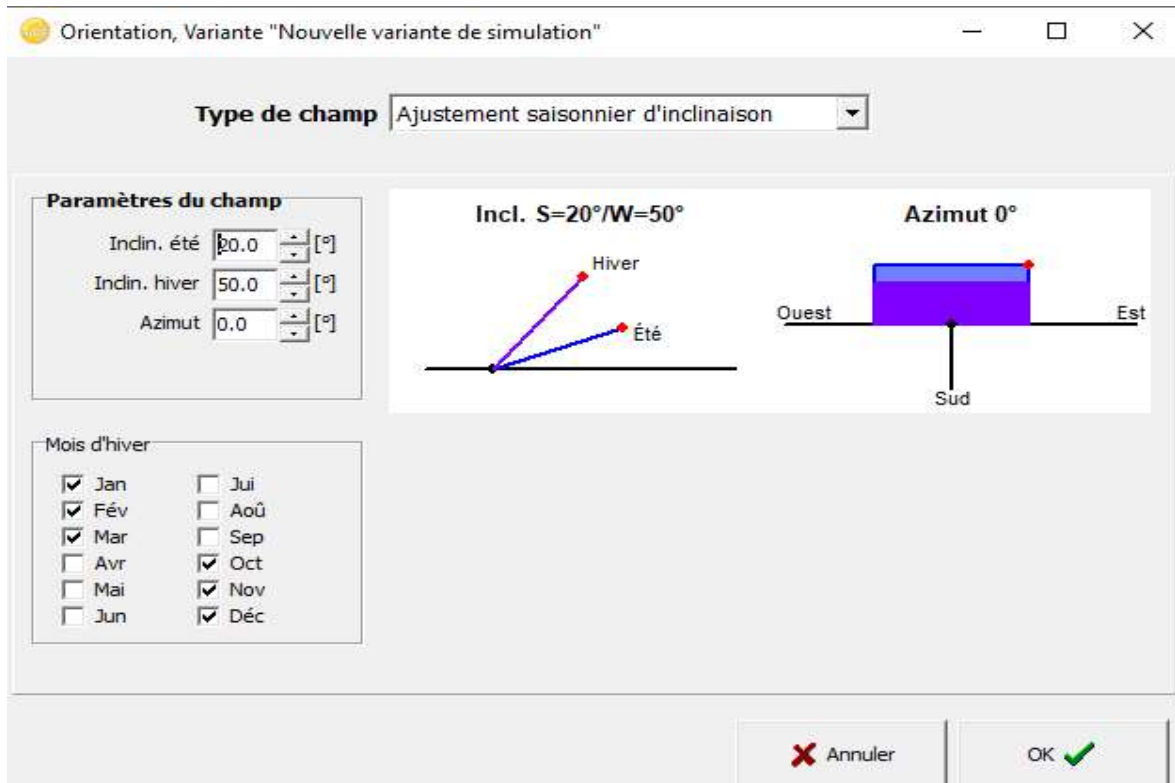


Figure 2-17 : L'orientation et l'inclinaison des modules (Ajustement saisonnier d'inclinaison).

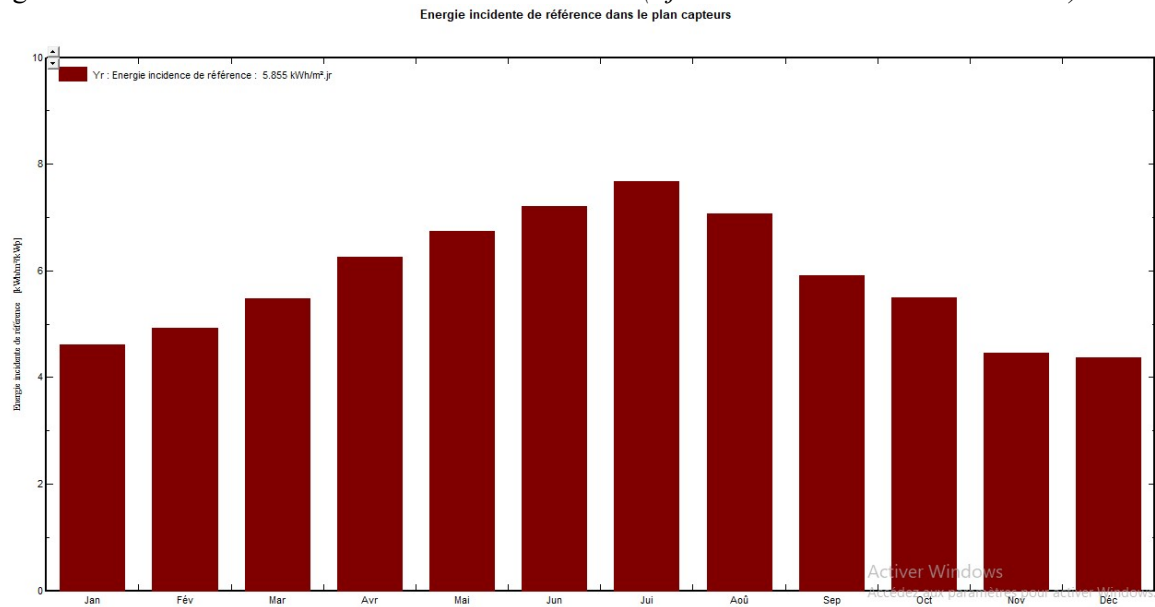


Figure 2-18 : Énergie incidente de référence dans le plan ajusté de capteurs

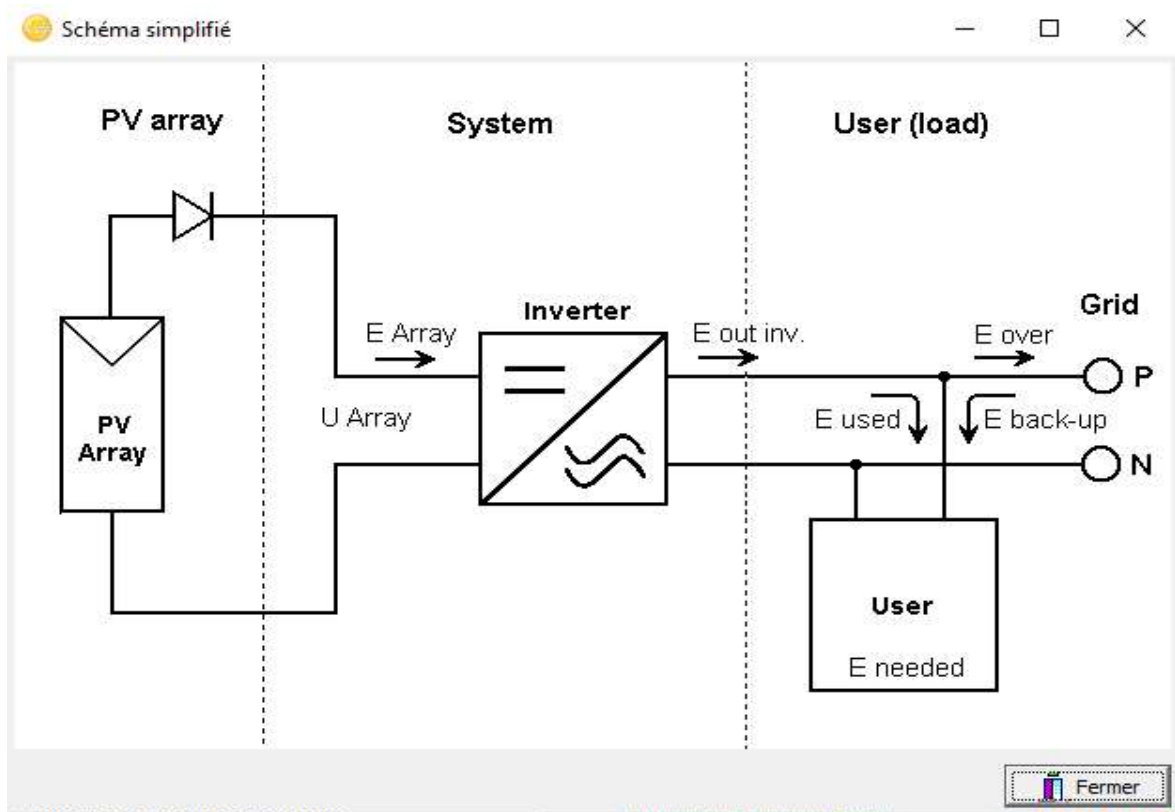
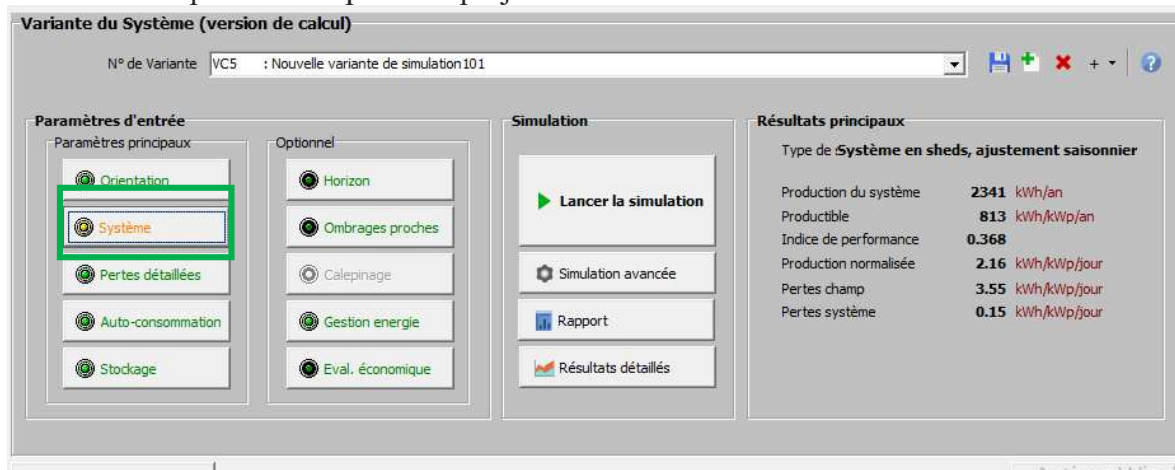


Figure 2-19 : Schéma simplifié du système PV raccordé au réseau

Simulation d'un système PV

2.10. Simulation du champ PV sur "plan incliné fixe avec stockage"

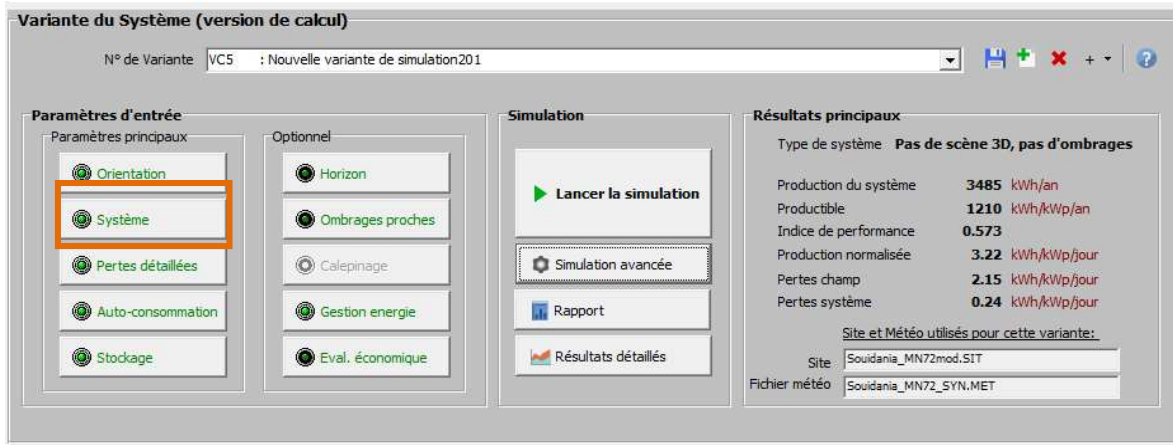
Étape 1 : Cette étape consiste à choisir le panneau PV à utiliser en allant au système qui se trouve dans la partie conception du projet.



Notre système est de couleur orange car il y a une petite erreur (nous avons trouvé des difficultés dans le choix de l'onduleur)

Si l'endroit est vert c'est que tout est normal et réglementaire, mais on peut y faire des petites retouches pour que le système choisi corresponde au notre.

Si l'endroit est rouge cela signifie que c'est l'étape suivante et qu'on ne peut pas aller à l'étape suivante sans passer par là.



Après avoir trouvé le bon onduleur, la couleur du système est devenue verte.

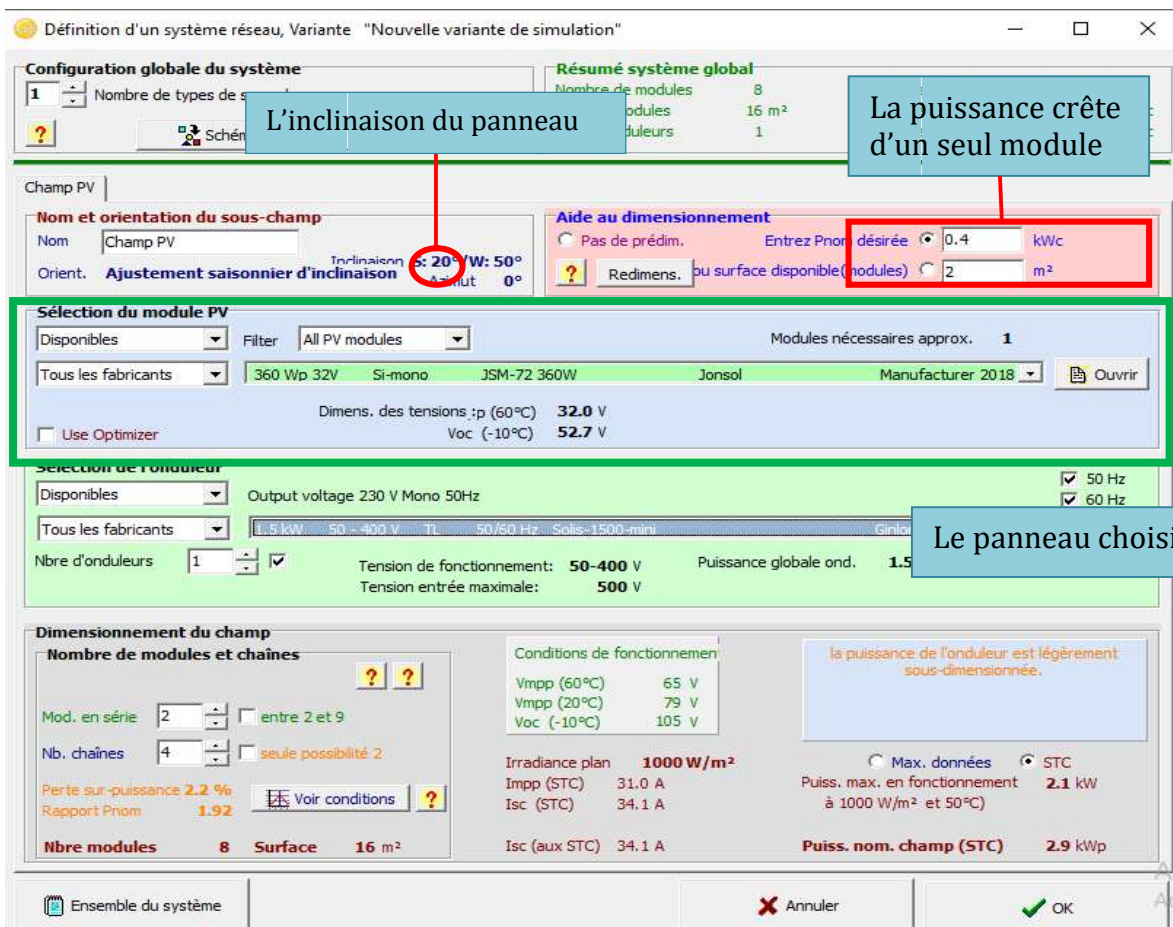


Figure 2-20 : Le panneau choisi pour l'installation

Caractéristique du module PV (Annexe B)

Modèle: Mono 360Wp 72 cellules

$P_{mpp} = 400 \text{ W}$

$I_{mpp} = 9.38 \text{ A}$

$V_{mpp} = 38.4 \text{ V}$

$I_{sc} = 10.24 \text{ A}$

$V_{co} = 47.4 \text{ V}$

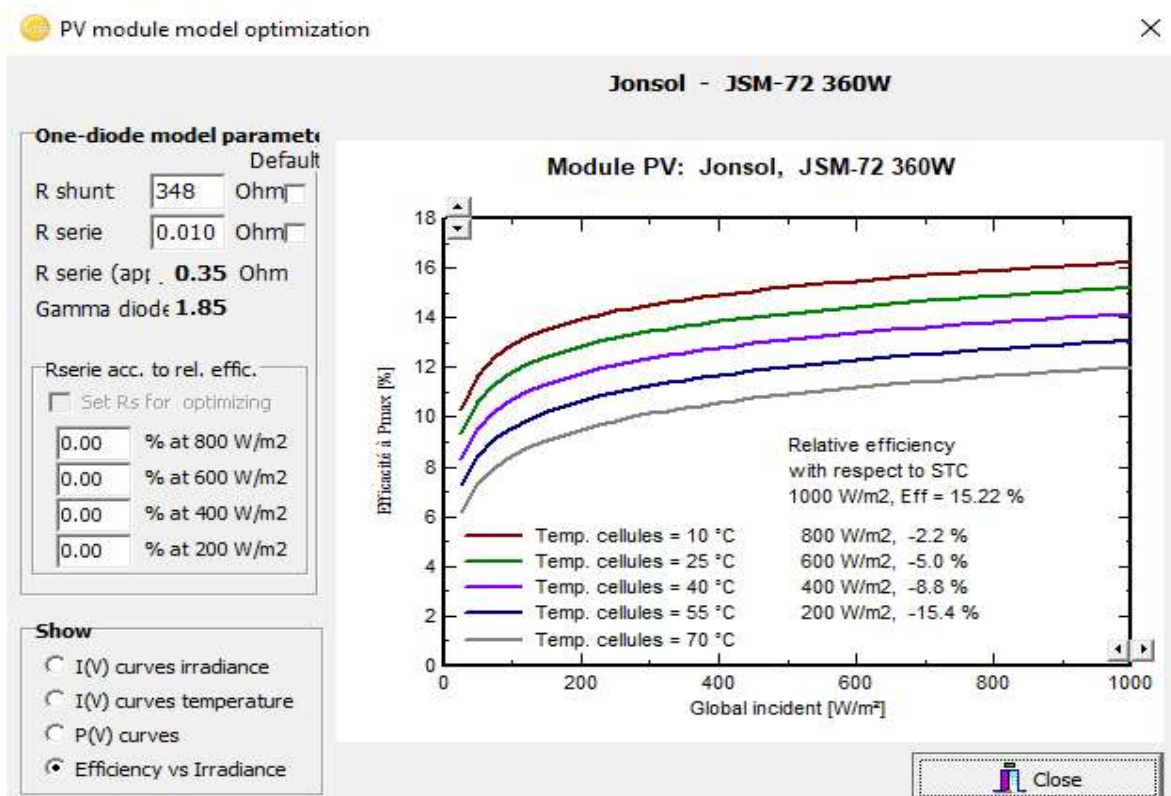


Figure 2-21 : Évaluation du rendement en fonction de l'irradiance du module à base de cellules au silicium monocristallin

Étape 2 : Cette étape consiste à choisir l'onduleur PV à utiliser

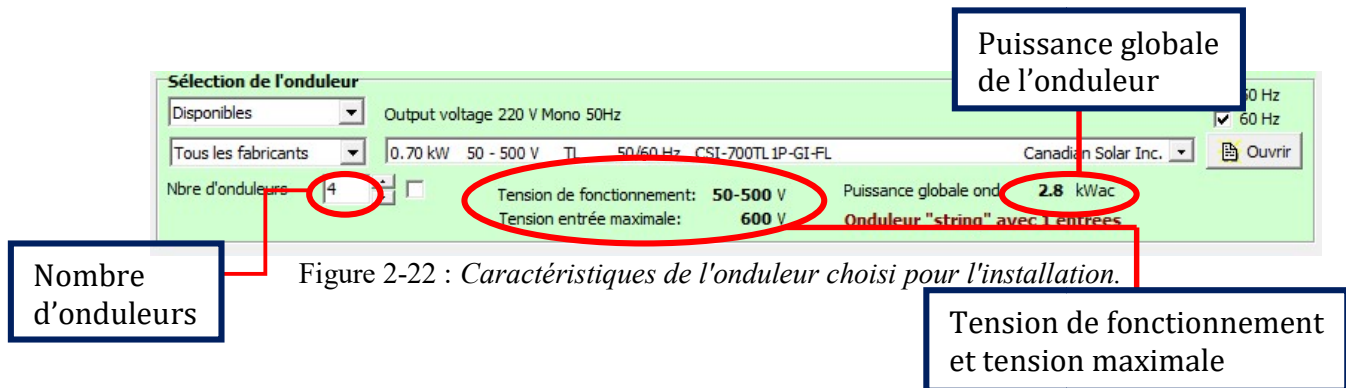


Figure 2-22 : Caractéristiques de l'onduleur choisi pour l'installation.

Les paramètres de dimensionnement du champ PV pour une puissance limitée à 1 MW, sont résumés dans le tableau ci-dessous :

PVSYST V6.81		14/11/20	Page 1/7
Système couplé au réseau: Paramètres de simulation			
Projet : Nouveau Projet			
Site géographique	Soudania	Pays Algeria	
Situation	Latitude 37.70° N	Longitude	2.90° E
Temps défini comme	Temps légal	Fus. horaire TU+1	Altitude 149 m
	Albédo	0.20	
Données météo:	Soudania	Meteonorm 7.2 (1996-2010), Sat=100% - Synthétique	
Variante de simulation : sans stockage 10			
	Date de la simulation	14/11/20 à 14h13	
	Simulation pour la	9ème année de fonctionnement	
Paramètres de simulation	Type de système	Système en sheds, simple rangée	
Orientation plan capteurs	Inclinaison	36°	Azimut 0°
Modèles utilisés	Transposition	Perez	Diffus Perez, Meteonorm
Horizon	Pas d'horizon		
Ombrages proches	Sans ombrages		
Stockage	Type	Auto-consommation	
	Stratégie de charge	Lorsqu'il y a un excès de puissance solaire	
	Stratégie de décharge	Dès qu'il y a besoin de puissance	
Besoins de l'utilisateur :	Consomm. domestique moyenne	Constants sur l'année 2.1 kWh/Jour	
Limitation de puissance réseau	Active Power	2.00 kW	Rapport Pnom 1.440
Caractéristiques du champ de capteurs			
Module PV	Si-mono	Modèle	JSM-72 360W
Paramètres définis par l'utilisateur		Fabricant	Jonsol
Nombre de modules PV		En série	2 modules
		En parallèle	4 chaînes
Nombre total de modules PV		Nbre modules	8
Puissance globale du champ		Nominale (STC)	2880 Wc
Caractéristiques de fonct. du champ (50°C)		U mpp	67 V
		I mpp	31 A
Surface totale		Surface modules	15.5 m²
		Surface cellule	13.7 m²
Onduleur		Modèle	CSI-700TL1P-GI-FL
Base de données PVsyst originale		Fabricant	Canadian Solar Inc.
Caractéristiques		Tension de fonctionnement	50-500 V
		Puissance unitaire	0.70 kWac
Batterie d'onduleurs		Nbre d'onduleurs	4 unités
		Puissance totale	2.8 kWac
		Rapport Pnom	1.03
Batterie		Modèle	Volta 6SB100
		Fabricant	Volta
Caractéristiques du banc de batteries		Nombre d'unités	4 en série x 5 en parallèle
		Tension	48 V
		Capacité nominale	500 Ah (C10)
		Décharge: min. SOC	25.0 %
		Energie stockée	18.0 kWh
		Température	Fixée (20°C)
Chargeur de batterie		Modèle	Generic
		Puissance max. de charge	3.0 kWdc
		Efficacités max./ EURO	97.0/95.0 %
Onduleur batterie-réseau		Modèle	Generic
		Puissance max. de décharge	0.4 kWac
		Efficacités max./ EURO	97.0/95.0 %
Facteurs de perte du champ PV			

Figure 2-23 : Paramètres de simulation du champ PV "plan fixe" et stockage.

PVSYST V6.81		14/11/20		Page 2/7					
Système couplé au réseau: Paramètres de simulation									
Fact. de pertes thermiques	Uc (const)	15.0 W/m ² K	Uv (vent)	0.0 W/m ² K / m/s					
Perte ohmique de câblage	Rés. globale champ	24 mOhm	Frac. pertes	1.0 % aux STC					
Perte de qualité module			Frac. pertes	-0.8 %					
Perte de "mismatch" modules			Frac. pertes	1.0 % au MPP					
Perte de "mismatch" strings			Frac. pertes	0.10 %					
Dégradation moyenne des modules	Année no	9	Facteur de pertes	0.4 %/an					
Mismatch dû à la dégradation	RMS dispersion sur Imp	0.4 %/an	RMS dispersion sur Vmp	0.4 %/an					
Effet d'incidence (IAM): Fresnel, verre normal, n = 1.526									
	0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
	1.000	0.998	0.981	0.948	0.862	0.776	0.636	0.403	0.000
Indisponibilité du système	7.3 jours, 3 périodes			Frac. du temps		2.0 %			

Figure 2-24 : Paramètres de simulation du champ PV "plan fixe" et stockage.

Résultats de simulation

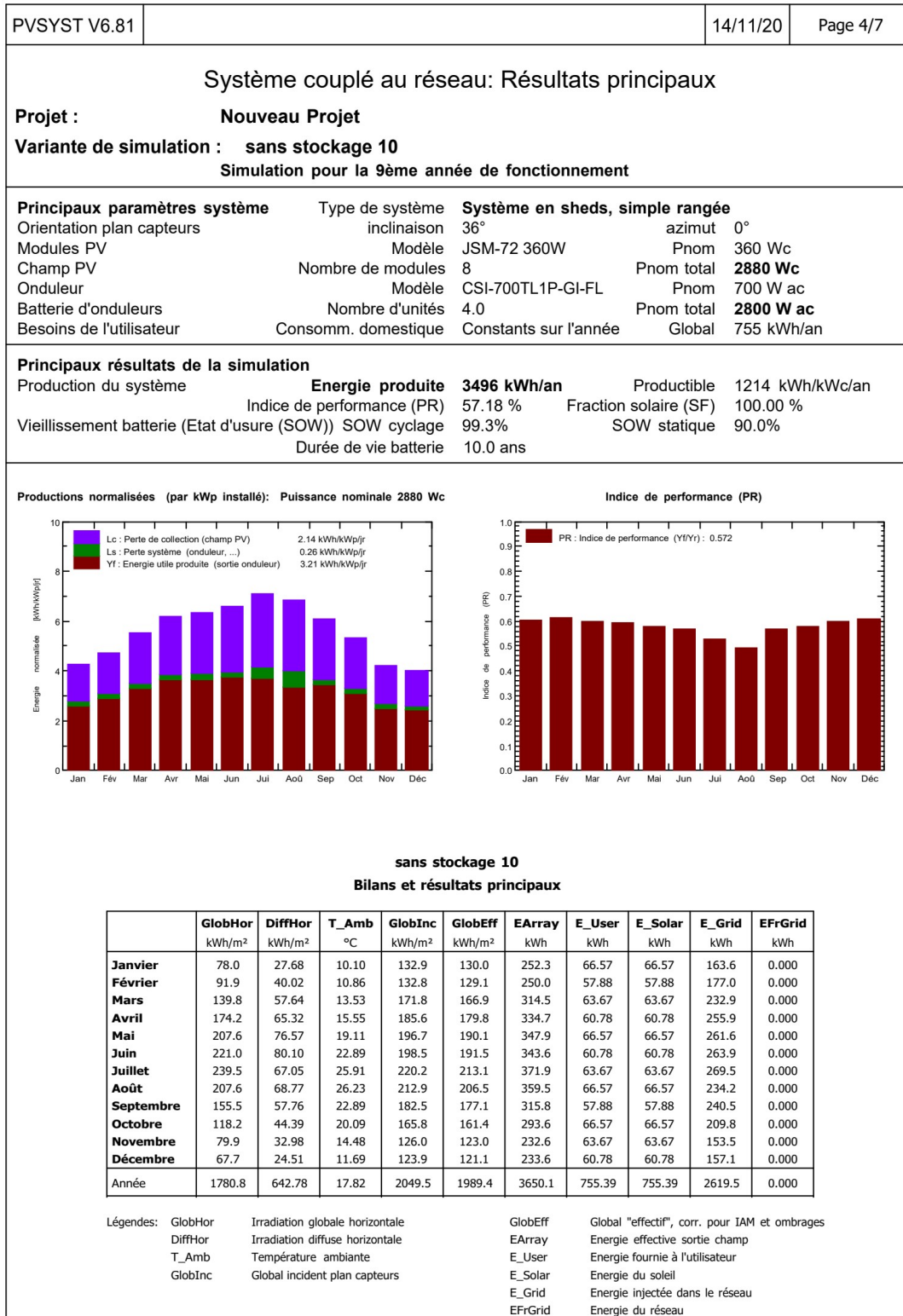


Figure 2-25 : Principaux résultats de simulation du champ PV "plan incliné fixe" avec stockage.

D'après ces résultats, on voit bien que :

- L'énergie produite par le champ photovoltaïque (E_{Array}) est proportionnelle aux valeurs d'énergie incidente ($GlobInc$).
- La production du système (à la sortie de l'onduleur) est représentée sur la Figure suivante. Les pertes L_c et L_s sont les pertes correspondantes dans le champ PV et dues à l'onduleur, respectivement.
- L'indice de performance (ou performance ratio "PR") représenté sur la Figure 2-26, est défini par le rapport de la production du système (Y_f) par l'énergie incidente de référence (Y_r) tel que $PR = Y_f/Y_r$. Autrement dit, il représente l'efficacité globale du système par rapport à ce qu'on pourrait en attendre selon la puissance installée et peut atteindre 80% dans les meilleures installations.

Diagramme d'entrée/sortie journalier

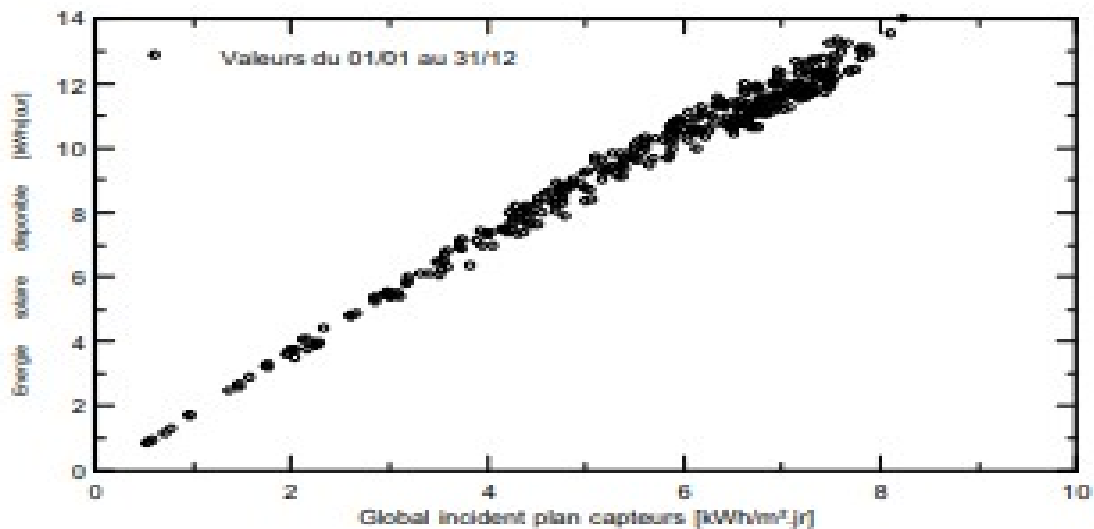


Figure 2-26 : Diagramme d'entrée/ sortie journalier correspondant sur un plan fixe avec stockage

La figure ci-dessous résume les pertes influençant la production du système PV à savoir : les pertes ohmiques du câblage, effets d'incidence, pertes dues à la température du champ, pertes dues à la qualité des modules, ...etc. Parmi celles-ci, nous remarquons que la contribution la plus importante est celle de l'onduleur, d'où l'importance de prendre en considération l'efficacité de l'onduleur. En effet, l'énergie produite par le champ (E_{Array}) estimée à 3650.1 KWh est réduite à 2619.5KWh à la sortie de l'onduleur comme l'illustre la figure ci-dessous :

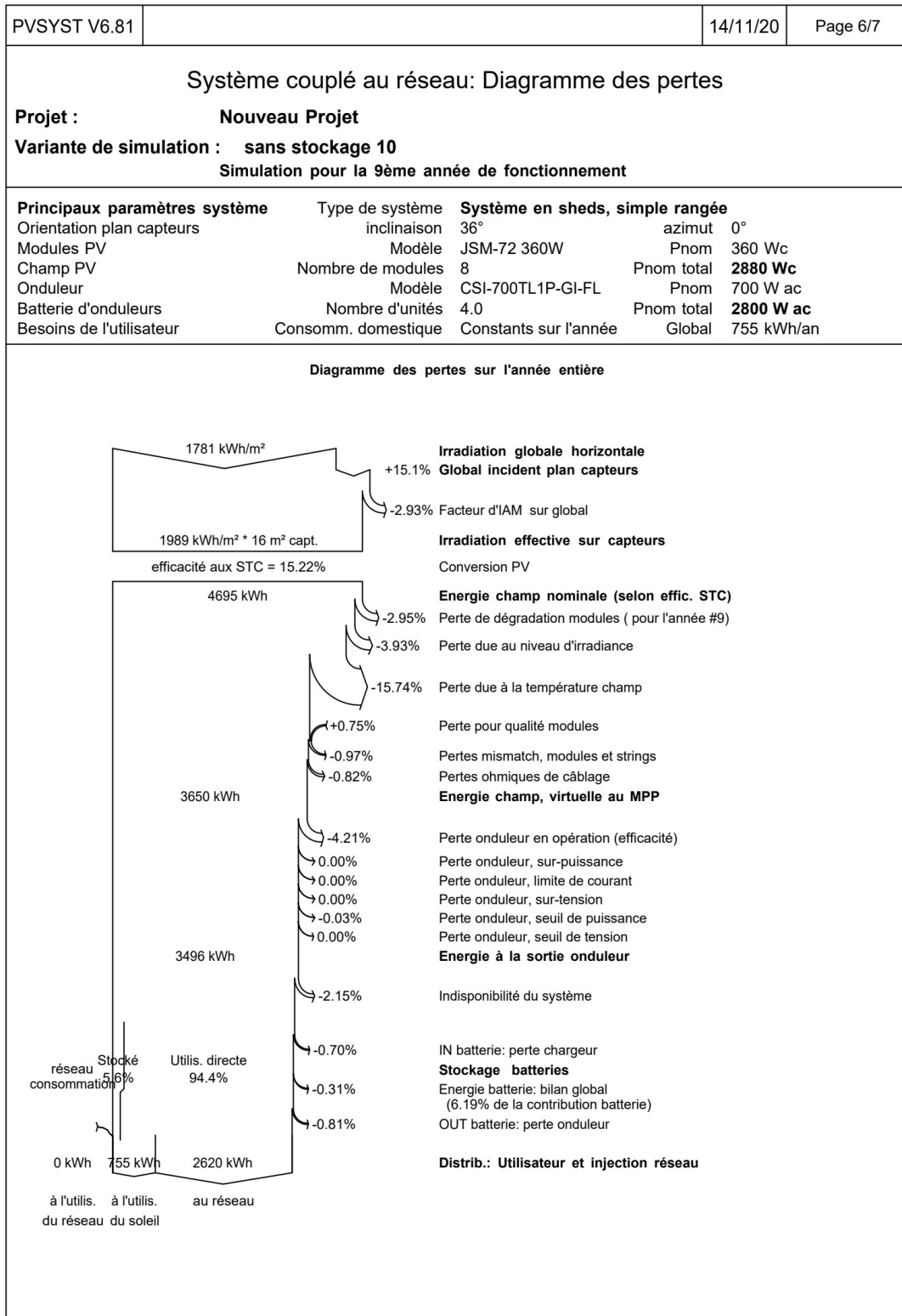


Figure 2-27 : Diagramme des pertes dans le système PV

2.11. Simulation du champ PV avec stockage et "Ajustement saisonnier d'inclinaison"

Dans cette section, nous avons utilisé les mêmes caractéristiques de modules PV et d'onduleurs, nous avons modifié le type du plan capteurs pour optimiser l'orientation des modules dans le but d'avoir une meilleure production énergétique.

PVSYST V6.81		09/11/20	Page 1/8
Système couplé au réseau: Paramètres de simulation			
Projet :	Nouveau Projet		
Site géographique	Soudania	Pays	Algérie
Situation	Latitude 37.70° N	Longitude	2.90° E
Temps défini comme	Temps légal Fus. horaire TU+1	Altitude	149 m
Données météo:	Soudania	Meteonorm 7.2 (1996-2010), Sat=100% - Synthétique	
Variante de simulation : Nouvelle variante de simulation2010			
	Date de la simulation	09/11/20 à 04h34	
	Simulation pour la	9ème année de fonctionnement	
Paramètres de simulation	Type de système	Système en sheds, ajustement saisonnier	
Plan capteurs: Ajustement saisonnier d'inclinaison	Inclin. hiver	Saison d'hiver	O-N-D-J-F-M
	Inclin. été	Inclin. hiver	50°
Modèles utilisés	Transposition	Perez	Diffus Perez, Meteonorm
Horizon	Pas d'horizon		
Ombrages proches	Sans ombrages		
Stockage	Type	Auto-consommation	
	Stratégie de charge	Lorsqu'il y a un excès de puissance solaire	
	Stratégie de décharge	Dès qu'il y a besoin de puissance	
Besoins de l'utilisateur :	Consomm. domestique moyenne	Constants sur l'année 2.1 kWh/Jour	
Caractéristiques du champ de capteurs			
Module PV	Si-mono	Modèle	JSM-72 360W
Paramètres définis par l'utilisateur		Fabricant	Jonsol
Nombre de modules PV		En série	2 modules
Nombre total de modules PV		Nbre modules	8
Puissance globale du champ		Nominale (STC)	2880 Wc
Caractéristiques de fonct. du champ (50°C)		U mpp	67 V
Surface totale		Surface modules	15.5 m²
		Surface cellule	13.7 m²
Onduleur		Modèle	CSI-700TL1P-GI-FL
Base de données PVsyst originale		Fabricant	Canadian Solar Inc.
Caractéristiques		Tension de fonctionnement	50-500 V
Batterie d'onduleurs		Nbre d'onduleurs	4 unités
		Puissance unitaire	0.70 kWac
		Puissance totale	2.8 kWac
		Rapport Pnom	1.03
Batterie		Modèle	Volta 6SB100
		Fabricant	Volta
Caractéristiques du banc de batteries		Nombre d'unités	4 en série x 5 en parallèle
		Tension	48 V
		Capacité nominale	500 Ah (C10)
		Décharge: min. SOC	25.0 %
		Energie stockée	18.0 kWh
		Température	Fixée (20°C)
Chargeur de batterie		Modèle	Generic
		Puissance max. de charge	2.0 kWdc
		Efficacités max./ EURO	97.0/95.0 %
Onduleur batterie-réseau		Modèle	Generic
		Puissance max. de décharge	0.2 kWac
		Efficacités max./ EURO	97.0/95.0 %
Facteurs de perte du champ PV			
Fact. de pertes thermiques	Uc (const)	15.0 W/m²K	Uv (vent) 0.0 W/m²K / m/s

Figure 2-28 : Paramètres de simulation du champ PV avec "Ajustement saisonnier d'inclinaison" et stockage.

Résultats de simulation

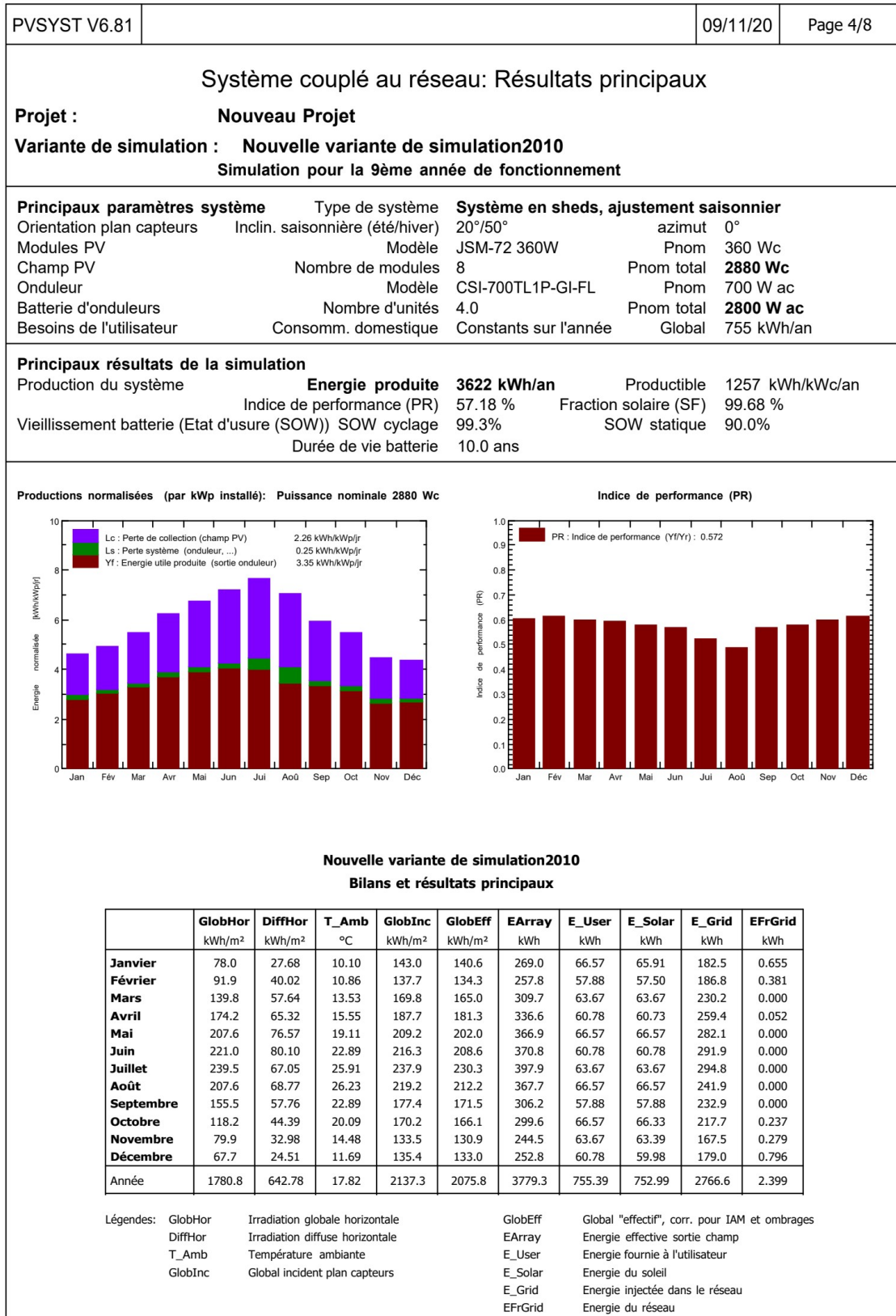


Figure 2-29 : Principaux résultats de simulation du champ PV avec "Ajustement saisonnier d'inclinaison" et stockage.

D'après ces résultats, on remarque que l'énergie produite par le champ photovoltaïque pendant l'année est légèrement supérieure comparativement à celle obtenue dans le cas d'une inclinaison fixe ; ceci peut être expliqué par le fait que les modules PV reçoivent plus de rayonnement solaire ou plus d'éclairement E lorsqu'ils sont dirigés d'une manière sélective respectant les orientations et inclinaisons optimales qui diffèrent d'une saison à une autre. L'énergie injectée dans le réseau et représentée dans la figure suivante :

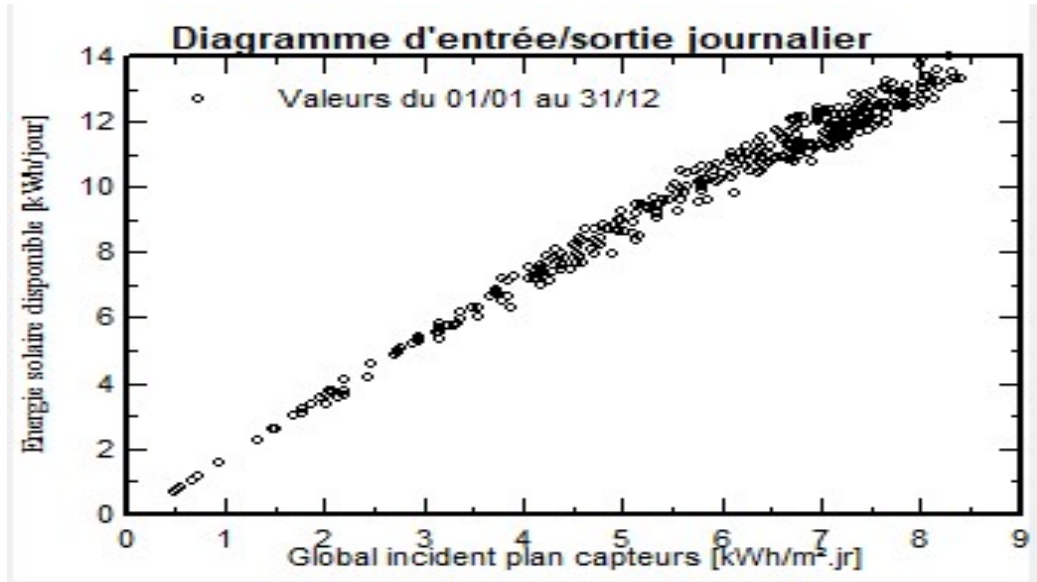


Figure 2-30 : Diagramme d'entrée/ sortie journalier sur plan ajusté

La production du système (à la sortie de l'onduleur) utilisant un plan avec ajustement saisonnier est nettement supérieure comparativement à celle obtenue avec un plan fixe.

Les différents types de pertes dans le système PV sont regroupés dans la figure 2-30. L'énergie produite par le champ est estimée à 3779.3 KWh, cette valeur est réduite à 2766.6 KWh à la sortie de l'onduleur comme l'illustre la figure ci-dessous :

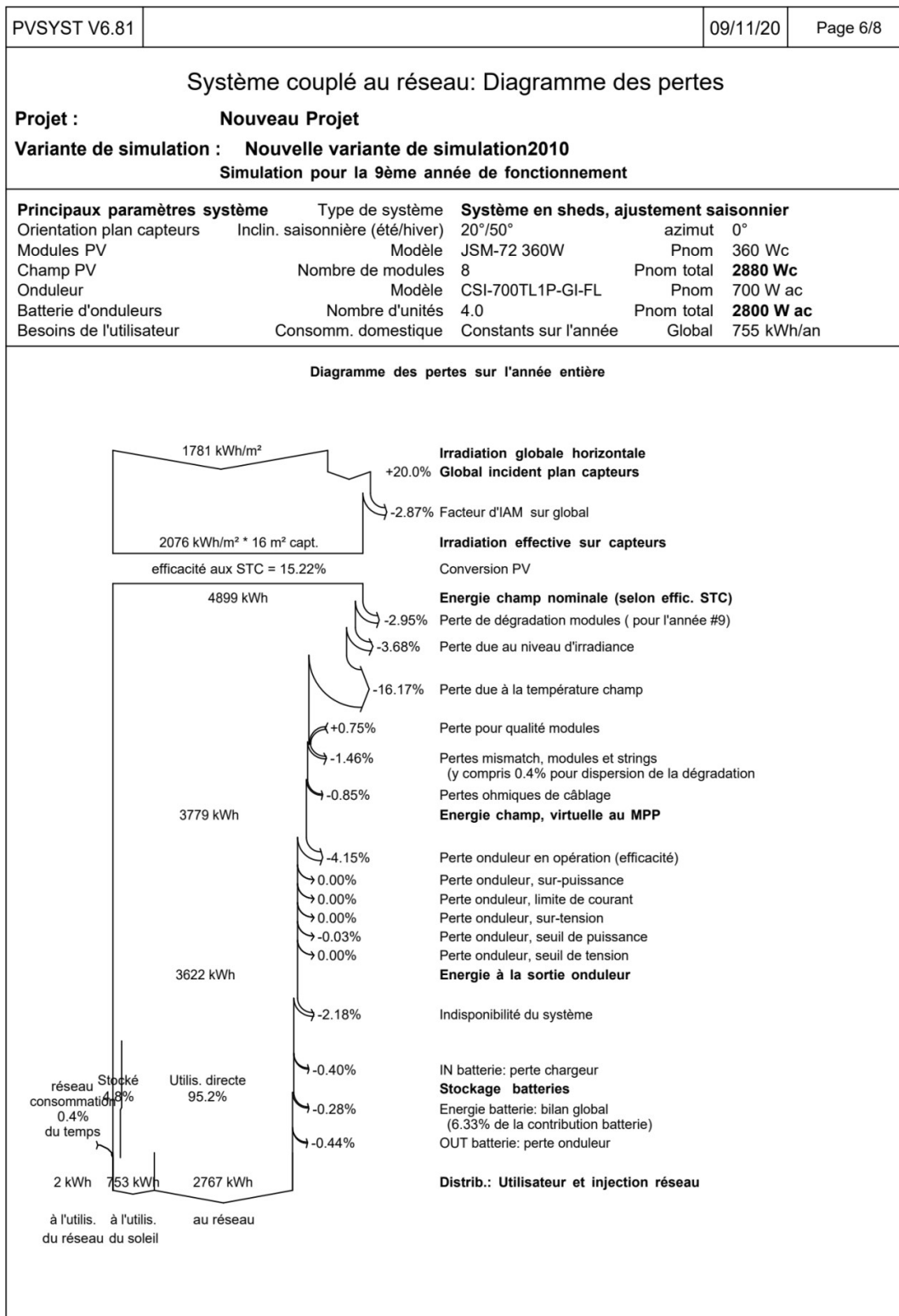


Figure 2-31 : Diagramme des pertes dans le système PV "Avec ajustement saisonnier d'inclinaison" et stockage.

Comme nos résultats montrent que le système PV avec l'ajustement saisonnier d'inclinaison est plus performant que le système à plan fixe, on a décidé de faire sa simulation sans stockage pour voir si on peut s'épargner l'achat de vingt (20) batteries. Voici ce que nous avons fait :

PVSYST V6.81		10/11/20	Page 1/6
Système couplé au réseau: Paramètres de simulation			
Projet : Nouveau Projet			
Site géographique	Soudania	Pays	Algeria
Situation	Latitude 37.70° N	Longitude	2.90° E
Temps défini comme	Temps légal Fus. horaire TU+1	Altitude	149 m
	Albédo 0.20		
Données météo:	Soudania	Meteonorm 7.2 (1996-2010), Sat=100% - Synthétique	
Variante de simulation : sans stockage 1			
	Date de la simulation	10/11/20 à 11h51	
	Simulation pour la	1ère année de fonctionnement	
Paramètres de simulation	Type de système	Système en sheds, ajustement saisonnier	
Plan capteurs: Ajustement saisonnier d'inclinaison	Inclin. hiver	Saison d'hiver	O-N-D-J-F-M
	Inclin. été	Inclin. hiver	50°
Modèles utilisés	Transposition	Perez	Diffus Perez, Meteonorm
Horizon	Pas d'horizon		
Ombrages proches	Sans ombrages		
Besoins de l'utilisateur :	Charge illimitée (réseau)		
Limitation de puissance réseau	Active Power	2.00 kW	Rapport Pnom 1.440
Caractéristiques du champ de capteurs			
Module PV	Si-mono	Modèle	JSM-72 360W
Paramètres définis par l'utilisateur		Fabricant	Jonsol
Nombre de modules PV		En série	2 modules
Nombre total de modules PV		Nbre modules	8
Puissance globale du champ		Nominale (STC)	2880 Wc
Caractéristiques de fonct. du champ (50°C)		U mpp	67 V
Surface totale		Surface modules	15.5 m²
		En parallèle	4 chaînes
		Puissance unitaire	360 Wc
		Aux cond. de fonct.	2087 Wc (50°C)
		I mpp	31 A
		Surface cellule	13.7 m²
Onduleur		Modèle	CSI-700TL1P-GI-FL
Base de données PVsyst originale		Fabricant	Canadian Solar Inc.
Caractéristiques		Tension de fonctionnement	50-500 V
		Puissance unitaire	0.70 kWac
Batterie d'onduleurs		Nbre d'onduleurs	4 unités
		Puissance totale	2.8 kWac
		Rapport Pnom	1.03
Facteurs de perte du champ PV			
Fact. de pertes thermiques	Uc (const)	15.0 W/m²K	Uv (vent) 0.0 W/m²K / m/s
Perte ohmique de câblage	Rés. globale champ	24 mOhm	Frac. pertes 1.0 % aux STC
Perte de qualité module			Frac. pertes -0.8 %
Perte de "mismatch" modules			Frac. pertes 1.0 % au MPP
Perte de "mismatch" strings			Frac. pertes 0.10 %
Dégradation moyenne des modules	Année no	1	Facteur de pertes 0.4 %/an
Mismatch dû à la dégradation	RMS dispersion sur Imp	0.4 %/an	RMS dispersion sur Vmp 0.4 %/an
Effet d'incidence (IAM): Fresnel, verre normal, n = 1.526			
	0°	30°	50°
	1.000	0.998	0.981
	60°	70°	80°
	0.948	0.862	0.776
	85°	90°	
	0.636	0.403	0.000
Indisponibilité du système	7.3 jours, 3 périodes		Frac. du temps 2.0 %

Figure 2-32 : Paramètres de simulation du champ PV avec "Ajustement saisonnier d'inclinaison" et sans stockage

Et on a obtenu les résultats suivant :

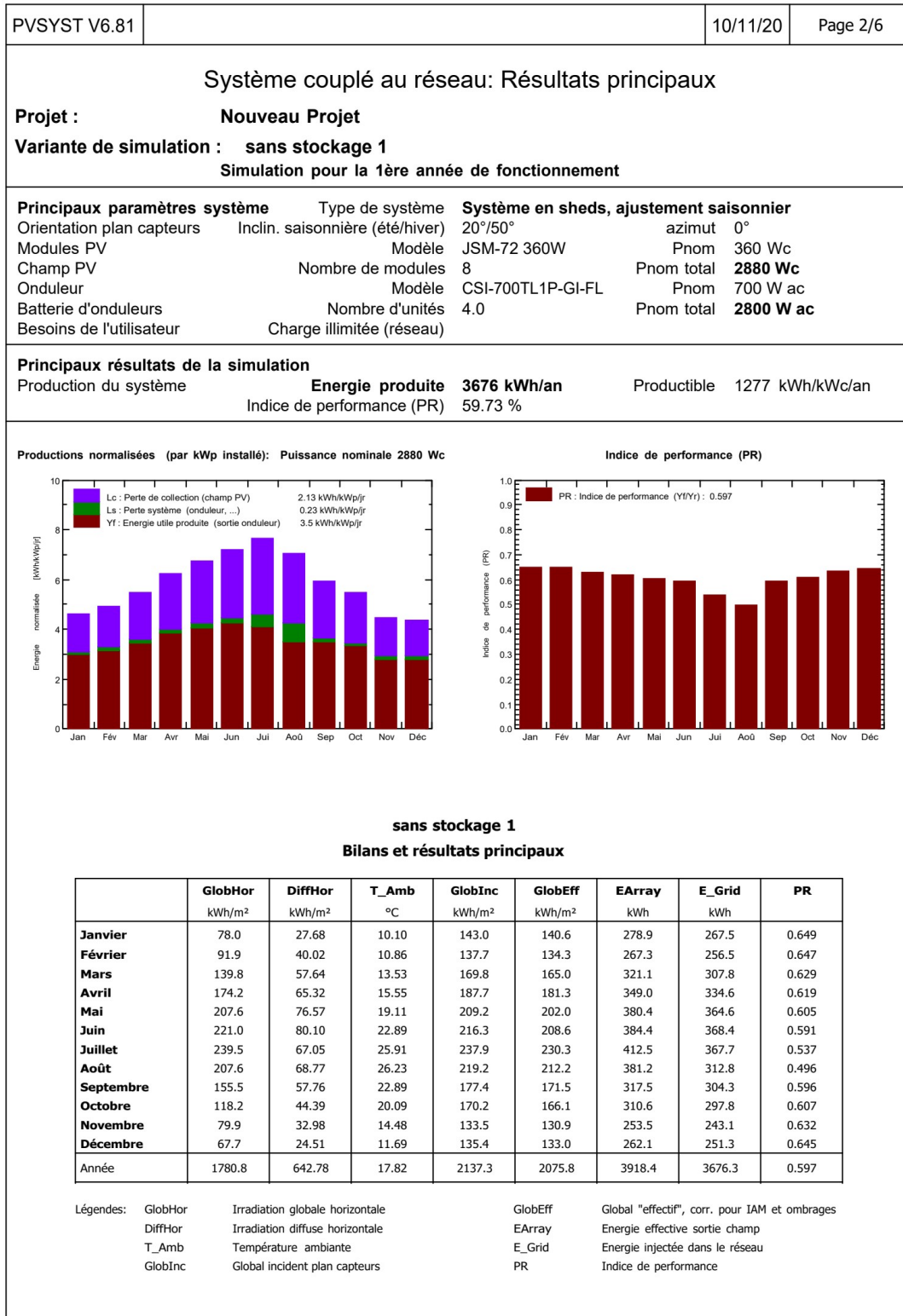


Figure 2-33 : Principaux résultats de simulation du champ PV avec "Ajustement saisonnier d'inclinaison" et sans stockage.

On remarque que l'énergie effective à la sortie du réseau sans stockage est plus élevée et cela est dû aux diminutions des pertes de charge par batteries

2.12. Conclusion

Par les résultats de simulation, nous prouvons que :

- L'énergie maximale peut être extraite par un ajustement saisonnier des angles d'inclinaison des modules PV.
- L'appoint est nécessaire dans notre installation car on peut rencontrer des contraintes climatiques qui affecteront la production.
- Le système raccordé au réseau sans batteries produit une énergie supérieure à celle du système raccordé au réseau avec stockage.

D'ici on en conclue que le système à introduire dans le bureau intelligent est le système raccordé au réseau à ajustement saisonnier d'inclinaison et sans stockage de batterie.

Chapitre 3 : Simulation de la consommation du bureau bioclimatique après intégration du système photovoltaïque

Introduction

La simulation thermique dynamique (STD) est une étape importante pour réussir des bâtiments économes et confortables, aussi bien dans la construction que dans la rénovation. Un bâtiment à faible consommation d'énergie ne se comporte pas comme une construction traditionnelle. Des phénomènes auparavant négligeables dans les bâtiments à fort besoins de chauffage deviennent prépondérants. De plus, les surchauffes estivales, conséquences de l'isolation importante, sont un élément indispensable à prendre en compte pour le confort et la maîtrise des consommations d'énergie.

Une modélisation fine du comportement du bâtiment est alors nécessaire pour quantifier à l'avance les impacts de la conception architecturale au regard des besoins de chauffage et du confort. C'est là l'intérêt de la STD qui, contrairement à une simulation statique, prend en compte l'inertie des matériaux, les apports externes et internes, etc.

Certains outils permettent de tester différentes solutions techniques à la recherche de l'optimum entre performances et investissements.

Parmi eux on cite le logiciel Pléiades

3.1. Coordonnées géographiques et zone climatique

Les coordonnées géographiques du bureau se trouvent à la ville de Souidania :

Latitude : 36,70° Nord

Longitude : 3,20° Est

Il est situé en zone climatique A, et son altitude est de 136 m.

3.2. Paramètre du bureau

3.2.1. Plan du bureau

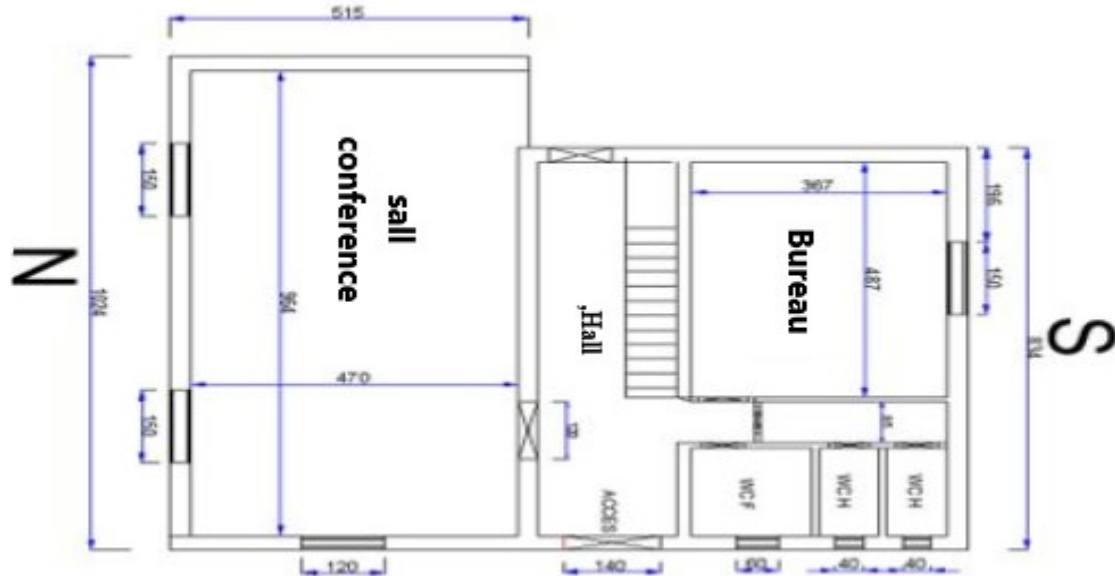


Figure 3-1 : Plan du bureau

3.2.2. Dimensions et zonage du projet

Le bâtiment étudié est un local à usage de bureaux, il a une surface de 102 m². Il se compose de :

Un bureau qui contient une fenêtre côté Sud de 2,02 m² et une fenêtre côté Est de 2,02 m².

Une salle de conférence contient deux fenêtres côté Nord de 2,02 m² et une fenêtre côté Ouest de 1,62 m².

Les murs sont réalisés en maçonnerie de briques mono-murs de 30 cm auto isolantes en terre cuite qui ne nécessitent aucun isolant supplémentaire.

La toiture est réalisée en béton de 15 cm et isolée par une couche de 9 cm de polystyrène expansé.

Le plancher est réalisé en béton de 15 cm et isolé par une couche de 5 cm de polystyrène extrudé.

Les fenêtres sont réalisées en triple vitrages avec menuiserie en PVC.

	Hauteur (m)	Largeur (m)	Longueur (m)	Surface (m ²)	Volume (m ³)
A1 : Salle de conférence	3.1	4.70	10.24	48.128	149.20
B1 : Hall	3.1	2.70	8.34	22.518	69.806
C1 : Bureau	3.1	3.70	5.17	19.129	59.30
C 2 : Sanitaires	3.1	3.40	3.47	11.798	39.80
totale				101.573	318.106

Tableau 3-1 : Zonage et données des pièces

Chapitre 03 : Simulation de la consommation du bureau bioclimatique après intégration du système photovoltaïque

Les surfaces vitrées sont de 11.35% de la surface du plancher (ce qui représente environ 6.36 % surface vitrée par façade). Avec des fenêtres triple vitrage qui ont un coefficient $U=0,5 W/(m^2.K)$.

3.2.3. Caractéristiques thermiques des matériaux

Les caractéristiques thermiques des matériaux utilisés dans la construction du bureau sont représentées dans le tableau :

Matériaux	λ (W/m°C)	e (m)	ρ (Kg/m ³)	C (J/Kg°C)
Mortier ciment	1,4	0.02	2200	940
Brique creuse	0.15	0.30	900	936
Enduit plâtre	1.2	0.015	1800	840
Polystyrène expansé	0.04	0.09	20	1380
Béton	1.7	0.15	2500	840
Carrelage	1	0.01	2000	940
Polystyrène extrudé	0.038	0.05	25	1380

Tableau 3-2 : caractéristiques thermiques des matériaux

3.3. Méthodologie de l'étude des besoins énergétiques

L'étude des besoins énergétiques du projet passe par la réalisation de séries de simulations thermiques dynamiques :

- Une simulation du cas de base, qui repose sur un modèle de base et de laquelle on déduit la consommation.
- Des simulations du cas optimisé qui repose sur un modèle du projet, en cours de construction, exploitant les mesures d'efficacité énergétique et de laquelle on déduit la consommation du cas optimisé.

On distinguera alors deux types de données d'entrée :

- Les données identiques entre le modèle de base et les modèles du projet. Il s'agit :
- De la volumétrie (surface, volume, surface des façades...)
- Des données météorologiques
- Et des schémas d'utilisation (apports internes et consignes de température...)

Consignes de température : Selon le document technique réglementaire en application en Algérie, les températures de confort pour le chauffage et la climatisation dans les bureaux sont respectivement (21°C, 24°C) et les autres espaces (salle d'eau et couloir) sont (18°C, 27°C).

Les données qui seront autorisées à évoluer entre le modèle de base et les modèles du projet et qui traduiront ainsi le gain énergétique. Il s'agit :

- De La compacité du bâtiment.
- De la répartition des pièces d'intérieures.
- Des types des fenêtres.
- Des surfaces vitrées.
- Des types des matériaux de construction.
- De l'impact de l'isolation.
- De La protection solaire permanente

3.4. Outils de simulation

3.4.1. Logiciel de simulation

Il existe un nombre important de logiciels dédiés à la simulation énergétique. Les logiciels existants diffèrent entre eux par les algorithmes qu'ils utilisent, par leur interface utilisateur et par leurs vocations et leurs domaines d'application. [28]

Le logiciel utilisé dans le cadre de cette présente étude est : **TRNSys**

Présentation du logiciel TRNSys

TRNSYS est [28] :

- un programme réalisant des simulations dynamiques
- un programme basé sur une approche modulaire
- une méthode pour créer de nouveaux modèles en plus de ceux de la bibliothèque de modèles de systèmes thermiques et de composants auxiliaires (données météo, histogrammes, ...)
- un solveur pour la résolution de systèmes d'équations

Développeurs :

- SOLAR ENERGY LABORATORY (Code source de TRNSYS, TRNSED),
- TRANSOLAR (Type 56, PREBID = TRNBUILD),
- CSTB (Interface graphique IISiBat = Simulation Studio)

Étude énergétique du bureau :

Voici les étapes à suivre :

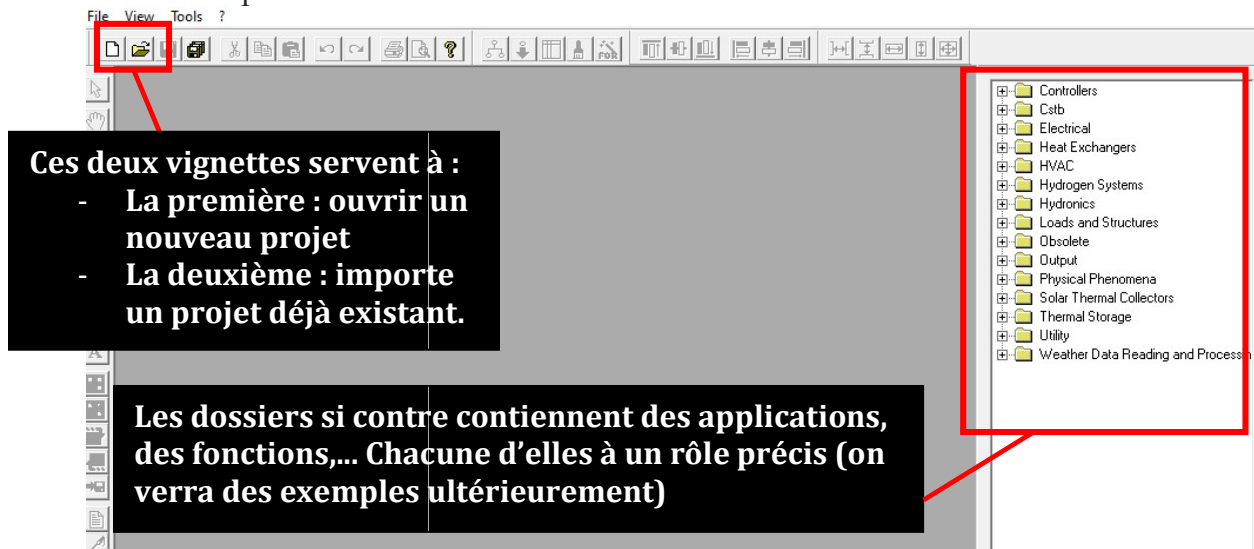


Figure 3-2 : La page principale de TRNSys

Comme la partie de l'étude du comportement thermique à déjà été faite par les étudiantes et camarades 'M.Mouici et H.Makhlouf' donc on a décidé de prendre cet étude et leur résultats et de les simuler mais avec l'apport de notre installation et de comparer nos résultats aux leurs.

Donc on va importer le projet :

Chapitre 03 : Simulation de la consommation du bureau bioclimatique après intégration du système photovoltaïque

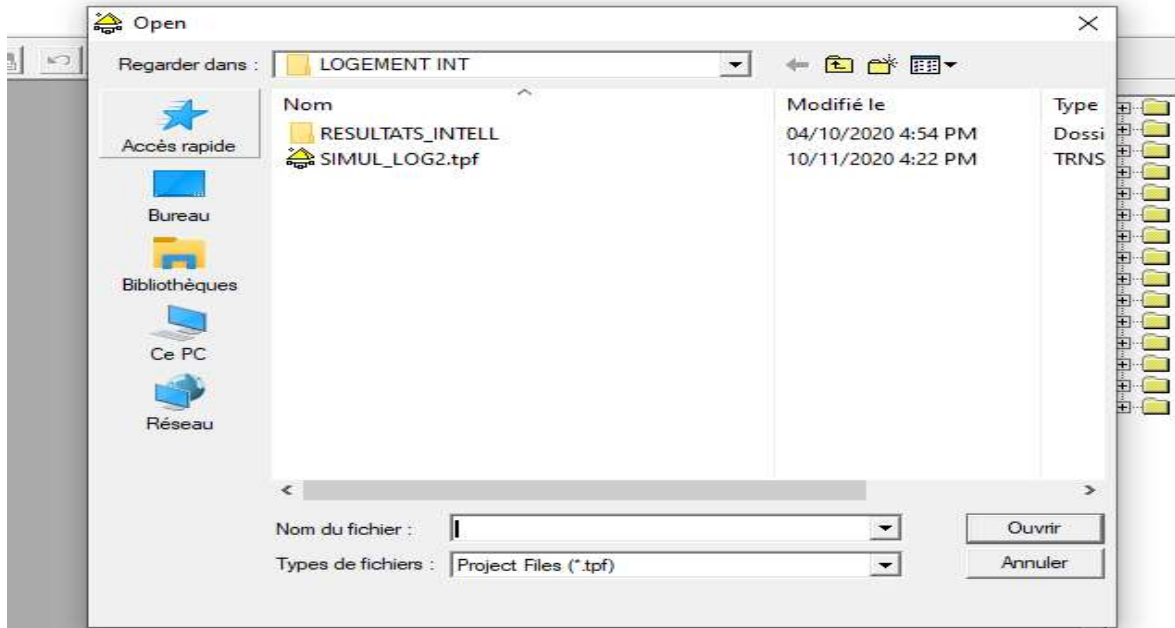


Figure 3-3 : Importation du projet
Figure 3-4 :

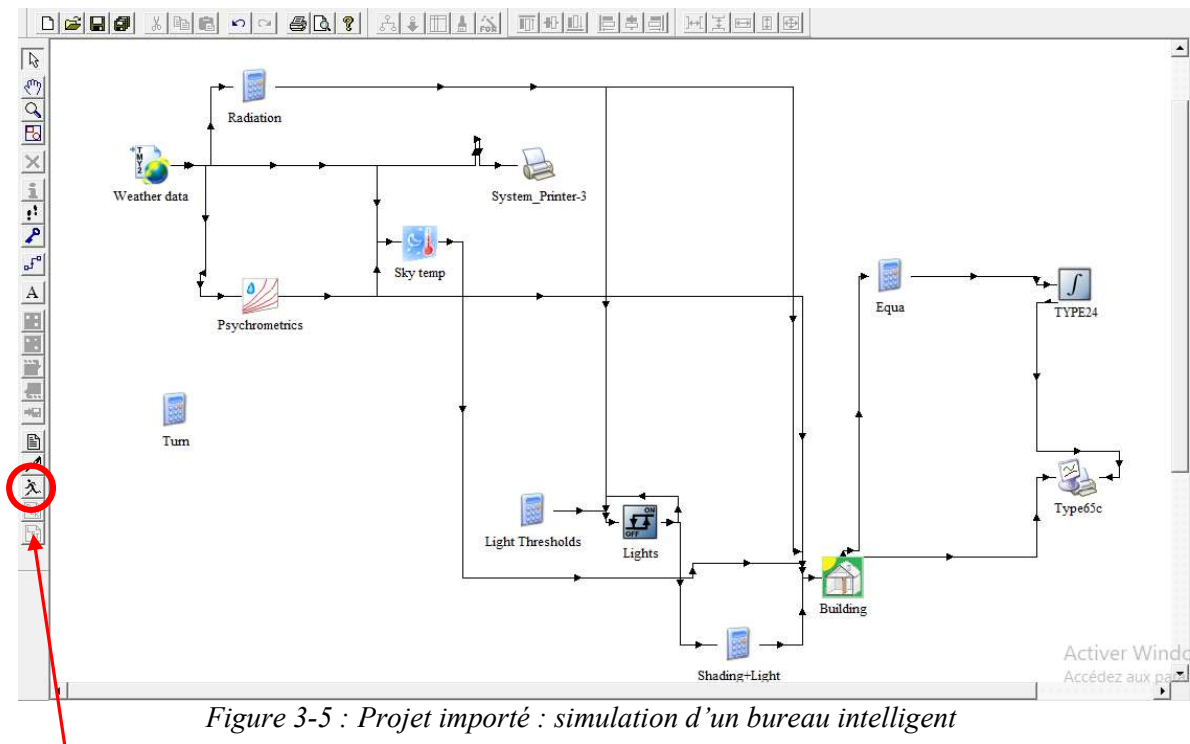


Figure 3-5 : Projet importé : simulation d'un bureau intelligent

On clique sur run (la vignette contenant l'image du monsieur qui court)

On obtient nos résultats sous Excel et on simule (on dessine nos graphes) :

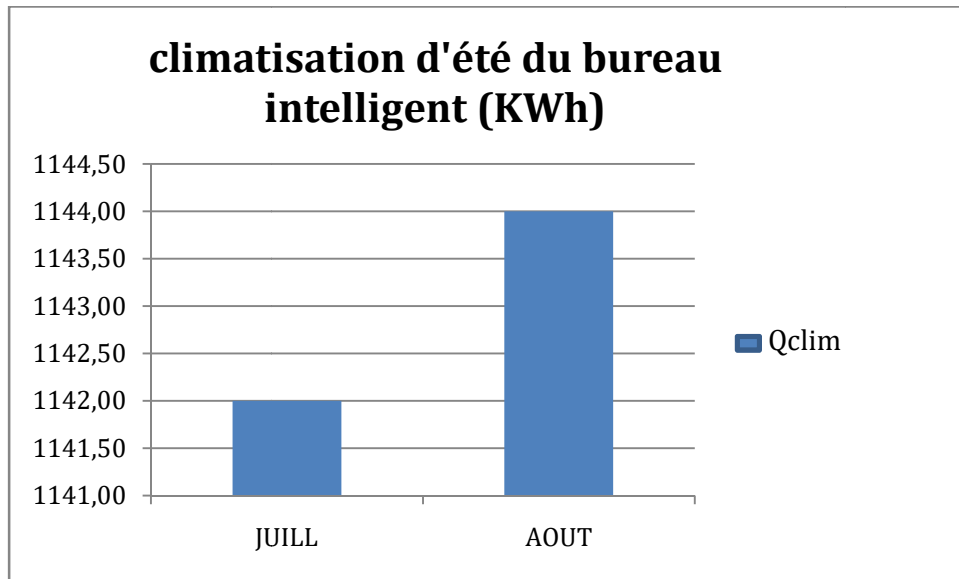


Figure 3-6 : Consommation énergétique électrique sans l'installation PV.

On remarque que la consommation pour la climatisation est entre 1142 et 1200 KWh. Notre travail consiste dans l'intégration du système PV dans le bureau bioclimatique et intelligent en ajoutant les applications, fonction,... contenues dans les dossiers dont on a parlé précédemment pour essayer de minimiser au maximum la consommation et pourquoi pas en venir à bout :

Type d'application	Type48a	Type188a	Type94a
Rôle	Onduleur	Le raccordement au réseau	Le champ PV
Les paramètres de l'application changeables	<p>On trouve les entrées et les sorties à connecter ou non, selon les besoins.</p>	<p>Le voltage fournit par le réseau (230V pour l'Algérie)</p>	<p>En appuyant sur "more", on obtient plus d'informations sur les paramètres.</p>

Tableau 3-3 : Exemples d'applications à utiliser dans la simulation thermique dynamique via TRNSys

Chapitre 03 : Simulation de la consommation du bureau bioclimatique après intégration du système photovoltaïque

(SIMUL_LOG2.tpf) Weather data

Parameter	Input	Output	Derivative	Special Cards	External Files	Comment
14	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				sky diffuse radiation on horizontal kJ/hr.m ² More... <input checked="" type="checkbox"/>
15	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				ground reflected diffuse radiation on horizontal kJ/hr.m ² More... <input type="checkbox"/>
16	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				angle of incidence on horizontal surface degrees More... <input checked="" type="checkbox"/>
17	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				slope of horizontal surface degrees More... <input checked="" type="checkbox"/>
18	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				total radiation on tilted surface-1 kJ/hr.m ² More... <input type="checkbox"/>
19	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				beam radiation on tilted surface-1 kJ/hr.m ² More... <input type="checkbox"/>
20	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				sky diffuse radiation on tilted surface-1 kJ/hr.m ² More... <input type="checkbox"/>
21	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				ground reflected diffuse radiation on tilted surface-1 kJ/hr.m ² More... <input checked="" type="checkbox"/>
22	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				angle of incidence for tilted surface -1 degrees More... <input checked="" type="checkbox"/>

1 How many surfaces are to be evaluated by This Type 109? 4

Sorties non connectées

Sorties connectées

Figure 3-7 : Changements de paramètres dans l'application weather (météo)

On continue ainsi jusqu'à ce qu'on ait terminé de paramétrer les applications de tel sorte à ce qu'il soit identique au système simulé dans le chapitre précédent et on l'introduit dans la simulation thermique dynamique du bureau intelligent et on lance la simulation :

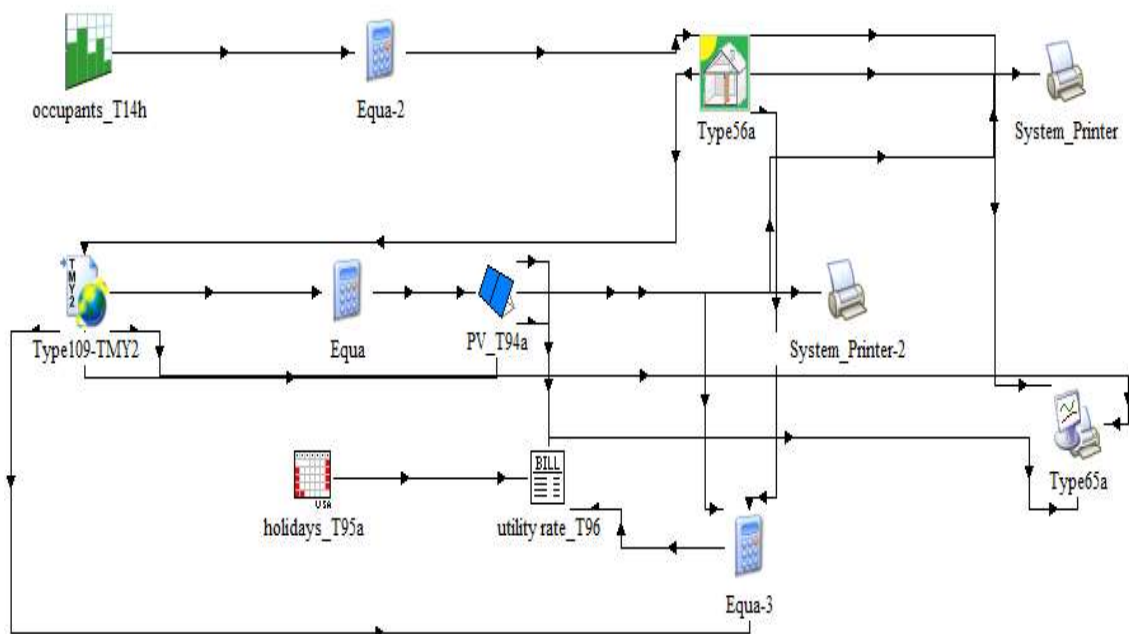


Figure 3-8 : Insertion du système dans le bureau

Chapitre 03 : Simulation de la consommation du bureau bioclimatique après intégration du système photovoltaïque

On obtient les résultats suivants :

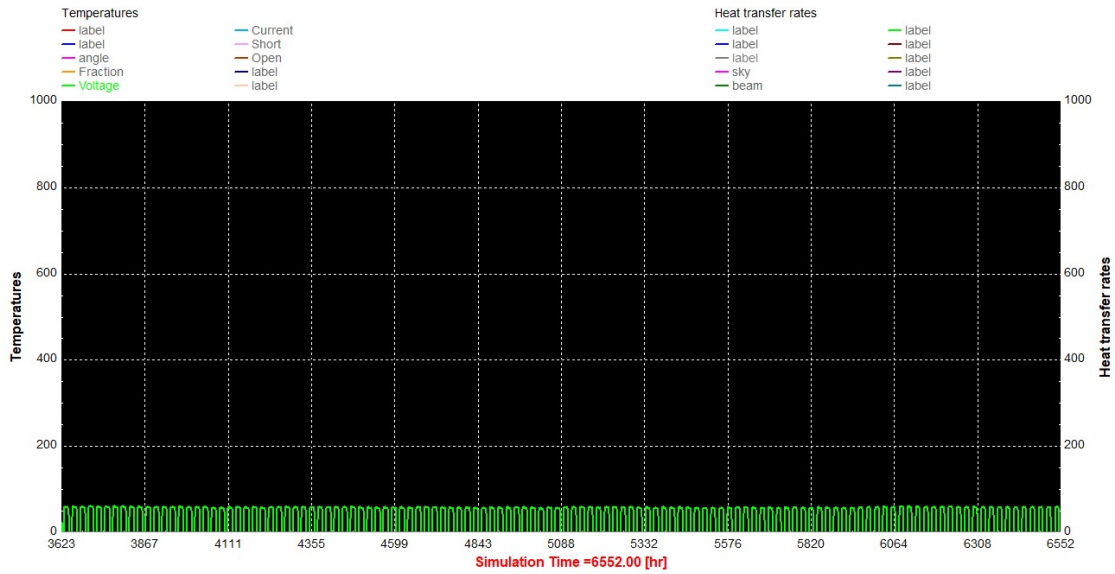


Figure 3-9 : Résultats de la simulation PV obtenu par l'application Typ65a pour le voltage

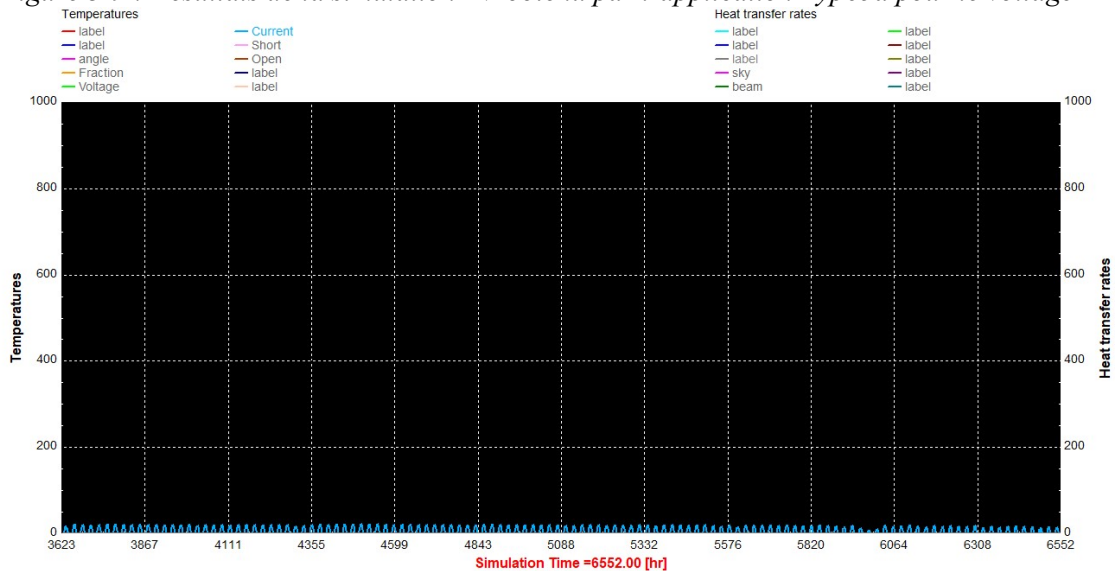


Figure 3-10 : Résultats de la simulation PV obtenu par l'application Typ65a pour le courant

Chapitre 03 : Simulation de la consommation du bureau bioclimatique après intégration du système photovoltaïque

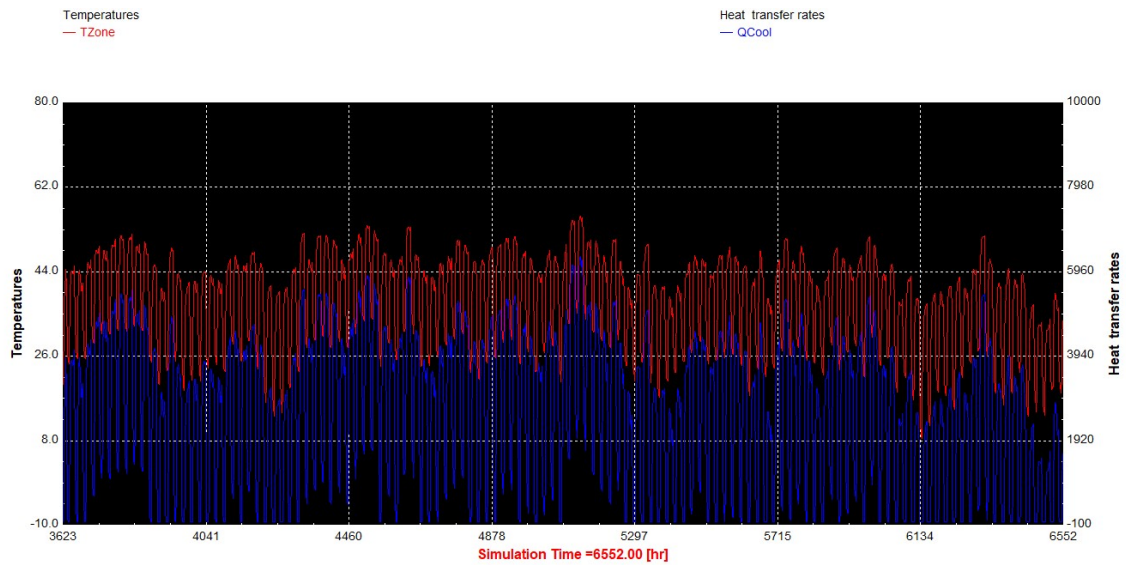


Figure 3-11 : Résultat de la simulation du bureau intelligent obtenu par l'application online_T65-2

Donc notre bureau va normalement utiliser l'appoint que le soir, mais il ne sera pas nécessaire vu que il n'y aura pas de consommation, car tout sera éteint et contrôlé par le système intelligent de plus c'est un bureau donc personne ne va y passer la nuit et consommer...

Ce qui va nous donner les résultats suivants :

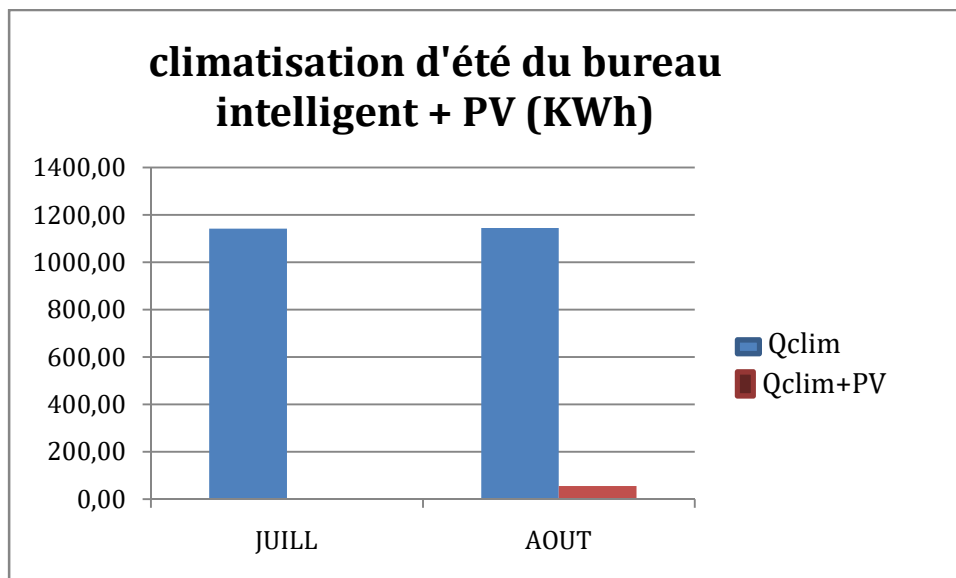


Figure 3-12 : La différence entre la consommation énergétique d'un bureau avec et sans insertion de système photovoltaïque

On remarque que la consommation d'énergie pour la climatisation est presque nulle et cela est dû aux capteurs (contrôleurs de consommation si ils sont bien programmés) la bonne isolation, implantation et orientation du bureau, le triple vitrage et l'insertion de l'énergie renouvelable connecté au réseau.

3.5. Conclusion

Avant la conception de n'importe quel projet, il est important d'étudier sa faisabilité (est-ce que tous les matériaux sont disponibles et efficaces ? Vont-ils être performants dans l'endroit où ils vont être utilisés ?...) C'est là le rôle des simulations.

Notre simulation a prouvé que l'intégration des énergies renouvelables palie à la consommation énergétique du bâtiment et les rend plus performant.

Conclusion générale

Le secteur résidentiel est celui dont toutes les attentions en termes d'efficacité énergétique doivent être tournées, étant partout dans le monde le secteur responsable de la plus grande part de la consommation énergétique, cela est tout en plus vrai pour l'Algérie qui en l'espace de quelques années a vu croître son parc de logement sans la moindre prise en considération de la question de la maîtrise de l'énergie.

C'est pourquoi plusieurs chercheurs essaient de compenser la consommation de l'énergie dans les constructions en les rénovant (ajout de sources d'énergies renouvelables, végétations...)

Notre travail consiste dans l'ajout, dans un logement à usage de bureau qui est bioclimatique, de l'énergie photovoltaïque et cela pour atteindre une haute performance énergétique.

Pour se faire il nous a fallu dimensionner et simuler un système photovoltaïque à plan fixe incliné à 36° avec stockage et accouplement au réseau puis un plan à ajustement saisonnier d'inclinaison avec stockage et accouplement au réseau sous le logiciel PVSyst. Comme le système à ajustement saisonnier avait donné une plus grande énergie, on l'a simulé avec la désactivation de batteries (sans stockage) pour voir si on peut éviter l'achat d'une vingtaine de batteries chaque six ans (en plus c'est un bureau donc on n'aura pas besoin d'utiliser de l'énergie le soir). Les résultats ont montré que cette dernière est assez efficace.

L'étape suivante consiste dans l'insertion de ce système dans le bureau bioclimatique et la simulation sous le logiciel TRNSys à fin d'avoir la certitude que l'ajout de cette source sera bénéfique.

Lors de la simulation on remarque que la consommation du bureau qui était aux alentours des 1150KWh a baissé jusqu'à 50 voir même 20KWh. Cette différence nous indique que l'application d'un système photovoltaïque à ajustement saisonnier sans stockage mais raccordé au réseau aura des répercussions positives sur notre bureau.

Donc au lieu de subventionner massivement le prix de l'énergie (fossile), il est plus judicieux et efficace d'utiliser les conceptions bioclimatiques, l'isolation, la domotique (l'intelligence), les énergies renouvelables et même la sensibilisation des gens à fin qu'ils consomment moins et utilisent des dispositifs qui sont moins énergivores.

Références

- [1] : Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement 2011
- [2] : introduction
De : Dr Astrid Denker et Dr. S.M.K. El Hassar Grp. D'experts spécialiste en efficacité énergétique et durabilité sous la direction de Dr.-Ing Saad Baradiy
Titre du livre : Guide pour une construction Eco-énergétique en Algérie.
Editeur: GIZ Dag-hammarskjöld – Weg 1-5 65 760 Eschborn
- [3] : Les 100 mots de la construction durable. [PDF] Paris : FFB, 2010.
- [4] : Salomon, Thierry et Bedel, Stéphane. 2004. La maison des [néga]Watts: Le guide malin de l'énergie chez soi. Mens : Terre vivante, 2004. 2-904082-77-8.
- [5] : De Béthencourt, Anne et Chorin, Jacky. 2013. Efficacité énergétique : un gisement d'économies ; un objectif prioritaire. Paris : Les éditions des JOURNAUX OFFICIELS, 2013. 978-2-11-120906-0/0767-4538.
- [6] : Le mensuel du concepteur et de l'entreprise. Chaud Froid Performance (CFP). EDIPA, éd. parisiennes, Février 2010, 731.
- [7] : Les maisons bioclimatiques. ÉCOCONSO. ÉCOCONSO, 2009, 156.
- [8] : Lucuik, Mark, et al. 2005. Analyse de rentabilité pour les bâtiments écologiques au Canada. Ottawa : MORISON HERSHFIELD, 2005. 2052223.00.
- [9] : Salomon, Thierry. 2000. Architecture solaire et conception climatique des bâtiments. [PDF] Montpellier : l'Agence Méditerranéenne de l'Environnement (AME) et l'Ordre des Architectes, 2000.
- [10] : Robertson, Keith et Athienitis, Andreas. 2012. L'énergie solaire pour les bâtiments. [PDF] CANADA : SCHL (Société canadienne d'hypothèques et de logement), 2012.
- [11] : Claude Altayrac & Aline Aublé. 2011. Le guide ultime de la fenêtre. ma maison bioclimatique. [En ligne] Claude Altayrac & Aline Aublé, 31 12 2011. [Citation : 19 07 2013.] <http://www.mamaisonbioclimatique.fr/maison/le-guide-ultime-de-la-fenetre/>.
- [12] : Guide pratique pour la construction et la rénovation durables de petits bâtiments. [PDF] Bruxelles : Institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement, 2010.
- [13] : Amélioration du rendement énergétique des fenêtres. [PDF] Canada : Office de l'efficacité énergétique de Ressources naturelles Canada, 2011. M144-52/2011F.
- [14] : Bouattour, Mohamed et Alain, Fuchs. 2009. La végétalisation des bâtiments. [PDF] Paris : DREIF (Direction régionale de l'Équipement Ile de France), 2009.

- [15] : DELMET, PAULINE. Rafraîchir sa maison naturellement, Végétation, aération, ventilation, brumisateurs, puits canadien, fontaine et plan d'eau. [PDF] Paris : ULMER.
- [16] Borloo, Jean-Louis, Valérie, LETARD et Benoist , APPARU. 26 janvier 2010. Solidarité Écologique : « Pour que le Grenelle Environnement bénéficie pleinement aux territoires ruraux et aux plus modestes touchés par la précarité énergétique ». [pdf] Paris : Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer en charge des technologies vertes et des négociations sur le climat, 26 janvier 2010
- [17] : Dessons, Alix, Cambillau, Gilles et Dessons, David. 2011. Vitrage et isolation des parois opaques. [PDF] Paris : Raspail, 2011.
- [18] : Palyvos, J.A., 2008. A survey of wind convection coefficient correlations for building envelope energy systems' modeling. Applied Thermal Engineering. 28, 801–808
- [19] : http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_static/methods.html
- [20] : http://files.pvsyst.com/help/pvmodule_model.htm
- [21] : http://files.pvsyst.com/help/thermal_loss.htm
- [22] : <https://www.pv-tech.org/editors-blog/top-10-module-suppliersin-2017>
- [23] <http://www.solarkeymark.dk/CollectorCertificates>
- [24] <https://www.solarpowerworldonline.com/2013/04/top-10-solar-pvmodule-suppliers-of-2012/>
- [25]: Manuel de formation pour l'Installation et la Maintenance de petits systèmes photovoltaïques
- [26]: www.victronenergy.com
- [27]: Cours de Systèmes Photovoltaïques Par M. A. GUENOUNOU
Département Énergies Renouvelables Master 2 Habitat Bioclimatique
Chapitre II : INSTALLATIONS PHOTOVOLTAÏQUES AUTONOMES
- [28] Documentation TRNSYS16 volume1 Getting Started.

Annexe

Annexe A :

Démarche HQE :

Démarche Haute Qualité Environnementale Volontaire, elle prend en compte, dans la réalisation d'un projet de construction et/ou d'aménagement, les critères environnementaux définis en 14 cibles regroupées en 4 familles :

- éco-gestion,
- éco-construction,
- confort
- sante.

Dans le cadre de l'opération, un système de management environnemental est également mis en place.

DPE : Diagnostic de performance énergétique

État des lieux énergétique d'un bâtiment. Il prend en compte les éléments de l'enveloppe et les équipements techniques et donne lieu à un classement en termes de consommation énergétique et d'émission de gaz effet de serre conventionnelle. Ce classement figure sur une étiquette énergie et climat. Il est obligatoire pour les bâtiments neufs et pour toute transaction immobilière (location et vente).

Énergie primaire, finale, utile et grise :

L'énergie finale (Ef) : Elle correspond à l'énergie arrivant dans l'habitation avant sa transformation en énergie utile par le système choisi (par exemple : électricité du secteur, stère de bois...). L'énergie finale n'est pas l'unité d'énergie utilisée pour comparer les consommations d'un bâtiment avec un autre.

L'énergie utile (eu) : correspond aux besoins bruts/primaires de l'enveloppe. Elle correspond aux déperditions thermiques de l'enveloppe auxquelles on soustrait les apports passifs solaires ainsi que les apports thermiques provenant de l'activité humaine (métabolique) et du fonctionnement des appareils (apports utiles). Elle permet donc d'apprécier pleinement la performance thermique de l'enveloppe ainsi que la gestion des apports solaires. L'énergie utile équivaut aux besoins de chauffage à couvrir afin d'obtenir une température intérieure de confort prédéfinie

Energie Utile = Déperditions thermiques de l'enveloppe – (Apports thermiques du métabolisme humain et du fonctionnement des appareils)

L'énergie primaire (ep) : est utilisée en valeur de référence pour la plupart des labels. Elle représente l'énergie réellement consommée avec prise en compte de la filière amont de production. Elle prend en compte la nature de l'énergie utilisée (solaire, bois, électricité...) et pondère donc l'énergie finale en fonction de l'impact environnemental de la ressource utilisée. Le vecteur de pondération énergétique est fixé par les pays pour chaque filière et peut varier du fait de la diversité de modes de production d'énergie employés. L'énergie primaire correspond à des produits énergétiques dans l'état (ou proches de l'état) dans lequel ils sont fournis par la nature : charbon, pétrole, gaz naturel ou bois.

Performance énergétique : Indicateur qui traduit la quantité d'énergie, calculée ou mesurée, nécessaire pour répondre aux besoins énergétiques liés à une utilisation normale du bâtiment. Elle inclut notamment l'énergie utilisée pour le chauffage des locaux, l'eau chaude sanitaire, le refroidissement éventuel, la ventilation et l'éclairage. Plus la quantité d'énergie est faible et plus la performance énergétique est bonne.

Le coefficient de compacité : Le coefficient de compacité C est le rapport S/V entre la surface totale extérieure S des parois et le volume habitable V . Plus c est faible, plus le bâtiment est compact. Un coefficient c inférieur à 0,70 correspond à une très bonne compacité.

L'architecture bioclimatique

L'architecture bioclimatique n'est pas chose nouvelle, nos ancêtres suivaient déjà la plupart de ses principes. Malheureusement, ce type de construction a été oublié pendant quelques temps et est remis au goût du jour récemment en y incluant des progrès de la technique. Quelques principes qui guident la conception des maisons bioclimatiques :

L'implantation et l'intégration au relief : les façades vitrées sont à placer vers le sud et le bâtiment sera abrité par un talus ou un écran de végétation afin d'optimiser l'ensoleillement et de minimiser les pertes dues aux vents froids.

Le volume de la maison : une forme compacte est à préférer pour éviter les déperditions thermiques (en été comme en hiver). Afin d'augmenter le confort thermique, des matériaux tels que la dalle massive, l'argile, ...seront utilisés pour leurs propriétés d'inertie thermique et ainsi créer des accumulations de chaleur ou de fraîcheur.

La disposition des pièces de vie : Au Sud, peut accueillir une serre non chauffée. C'est un espace tampon, capteur de calories et de lumière habité temporairement. Au côté Nord, on place les pièces nécessitant peu de chauffage (garage cellier...) pour jouer le rôle de 'zone tampon' entre l'extérieur et l'habitation. C'est le principe de la « double enveloppe ».

Des parois performantes : permettant des gains en chaleur passive et en lumière naturelle
L'inertie thermique : utilisation de matériaux lourds à l'intérieur ayant la capacité de stocker les calories (exemple : un sol en pierre sombre isolé dans une serre bien exposée), permettant un déphasage jour/nuit.

L'isolation : performante et de préférence posée par l'extérieur pour réduire les ponts thermiques.

Le vitrage : à placer de préférence au sud pour profiter des apports caloriques du soleil et de la lumière. Le double vitrage est de mise. □ Les matériaux : l'utilisation de matériaux 'bio', respirant et hygroscopiques permet une régulation naturelle de l'humidité ambiante.

Les murs : les murs exposés au soleil doivent être plutôt sombres (les couleurs sombres accumulent le rayonnement solaire tandis que les couleurs claires le réfléchissent), l'entrée principale doit être protégée par un sas pour limiter l'entrée/sortie de l'air chaud ou froid.

Quelques techniques bioclimatiques spécifiques

Les serres bioclimatiques : c'est volume vitré capteur, séparé du logement par une paroi munie de fenêtres ou de porte-fenêtre. C'est un espace tampon occultable, et naturellement ventilée. Sa conception (isolation, dimensionnement, sol, etc.) est très variable et peut mener à des bilans thermiques très différents.

Les murs capteurs et les murs trombes : c'est un mur constitué d'un vitrage disposé devant une paroi lourde, et séparé par une lame d'air. La masse du mur accumule, conduit et diffuse la chaleur par rayonnement vers l'intérieur de l'habitation.

Le mur trombe comporte en plus des orifices de communication entre la lame d'air et l'espace de vie, permettant aussi un transfert thermique par convection naturelle.

Les puits canadiens : c'est un échangeur thermique constitué de canalisations souterraines dans lesquels l'air transite avant d'arriver à la maison. Selon la saison, l'air s'y réchauffe ou s'y refroidit. À 2 mètres de profondeur, la température du sol est régulière et ne dépend pas de la météorologie.

La ventilation : elle permet de renouveler l'air intérieur pour satisfaire les besoins en oxygène, évacuer la vapeur d'eau et réduire les pollutions intérieures. Elle peut être naturelle ou mécanique, couplée à un système de récupération de la chaleur ou à un puits canadien.

Ce sont là quelques pistes à suivre pour construire ou rénover son habitat 'à la mode bioclimatique'. Mais, il ne faut pas perdre de vue que l'habitat bioclimatique est aussi un mode de vie réfléchi et qu'on peut aussi résoudre un certain nombre de problèmes énergétiques en adoptant quelques comportements simples, comme vivre avec le soleil, ouvrir et fermer des protections nocturnes en hiver (volets), opter pour du double vitrage, ne pas surchauffer son logement... faisant des occupants des habitants actifs de leur maison.

Solaire passif :

Facteur d'absorption : rapport du flux d'énergie rayonnante absorbée par une surface au flux d'énergie reçue.

Système à l'énergie solaire actif : installation mécanique de chauffage ou de climatisation stockant et distribuant la chaleur du soleil dans le bâtiment au moyen de moteurs, de pompes ou de valves.

Cote énergétique (CE) : système de cotation permettant de comparer l'efficacité thermique des fenêtres dans des conditions hivernales moyennes.

Capteur solaire à tube sous vide : capteur solaire employant des tubes individuels scellés sous vide autour d'une plaque absorbante métallique.

Capteur plan : type le plus courant de capteur solaire, vitré ou non.

Système d'alimentation hybride : combinaison d'un système solaire passif et d'un système solaire actif ou utilisation de plus d'une sorte de combustible pour le même dispositif.

Pellicule à faible émissivité : revêtement mis en œuvre sur le verre d'une fenêtre pour réduire les pertes de chaleur de l'intérieur sans toutefois réduire les gains solaires de l'extérieur.

Système à l'énergie solaire passif : installation de chauffage ou de climatisation fonctionnant par gravité, mouvement de chaleur ou évaporation pour recueillir et transférer l'énergie solaire.

Chaleur latente : aussi appelée chaleur de transformation, c'est l'énergie calorifique absorbée ou libérée par une substance lors d'un changement d'état, p. ex. la glace qui se change en eau et l'eau qui se transforme en vapeur.

Système de panneaux photovoltaïques (PV) : système convertissant l'énergie solaire en électricité. Peut s'utiliser de façon autonome ou avec une autre source d'énergie. (Peut se raccorder au principal réseau d'alimentation).

Résistance thermique (R - mesure anglaise; RSI – mesure métrique) : mesure établissant la résistance au mouvement de la chaleur traversant un matériau ou un assemblage (valeur inverse de la valeur U).

Solarium : balcon fermé tenant lieu de capteur solaire.

Constante solaire (1350 W/m^2) : quantité moyenne d'énergie solaire atteignant les couches supérieures de l'atmosphère de la terre.

Chauffe-eau domestique solaire : appareil d'appoint au chauffe-eau domestique traditionnel. L'appareil le plus répandu comporte des capteurs plans vitrés dans un système contenant du glycol circulant dans un circuit de chauffage fermé.

Coefficient d'apport par rayonnement solaire (CARS) : Le coefficient d'apport par rayonnement solaire (CARS) est une mesure utile de la capacité d'une fenêtre à laisser passer l'énergie solaire. Le CARS est la quantité de gains solaires qu'autorise une fenêtre, divisée par la quantité d'énergie solaire disponible sur sa paroi extérieure ; il s'agit d'un chiffre se situant entre 0 (mur massif) et 1 (fenêtre ouverte). Le CARS peut se mesurer pour la fenêtre, y compris son dormant, ou l'aire de vitrage. Plus le CARS est élevé, plus la fenêtre capte l'énergie solaire avec efficacité. Si la surchauffe cause un motif d'inquiétude, l'emploi de fenêtres à faible coefficient d'apport par rayonnement solaire permettra d'exclure l'énergie solaire pour ainsi réduire la charge de climatisation.

Sud solaire : direction à 180 degrés du nord géographique (et non du nord magnétique).

Verre adaptatif : vitrage dont les propriétés optiques ou de transmission de la lumière solaire peuvent varier sous l'effet de la lumière (photochrome), de la chaleur (thermo-chrome) ou d'un courant électrique (électro-chrome).

Capteur solaire à thermosiphon : système raccordé à une boucle de circulation naturelle de l'eau chaude. Valeur U : mesure ($\text{W/m}^2/^\circ\text{C}$) du mouvement de chaleur à travers un matériau ou un assemblage.

Intercalaire isolant : Coupure thermique ou matériau à faible conductivité séparant les couches de vitrage d'une fenêtre.

Les types d'isolants :

Plusieurs familles d'isolants coexistent sur le marché. Le classement peut se faire suivant le mode d'isolation :

Isolation par emprisonnement d'air : Ces isolants piègent l'air dans les petites cavités qui se trouvent entre leurs fibres. Or l'air immobile est un excellent isolant avec un coefficient de conductivité thermique très faible. A savoir tous les isolants à base de fibres Minérales (laines de verre, laines de roche,...)

Animales (laines de mouton, plumes de canard,...)

Végétales (fibres de bois, ouate de cellulose, chanvre, lin,...)

Isolation par gaz piégé : Le principe est le même que celui de l'air immobile mais dans ces isolants, l'air est remplacé par un gaz ayant un coefficient de conductivité thermique plus faible que celui de l'air. C'est le cas par exemple des mousses de polyuréthane, du polystyrène expansé et du polystyrène extrudé.

Isolation par le vide : Le vide est le meilleur isolant possible car, en l'absence de matière, les déperditions de chaleur par conduction et par convection ne peuvent pas s'opérer. Seul le transfert par rayonnement est possible.

Les fenêtres

Comme la performance des fenêtres dépend de plusieurs critères à savoir les types des matériaux, la conception, l'étanchéité et l'isolation ...etc. Ces critères sont à prendre en considération pour déterminer le type des fenêtres:

La fenêtre basse émissivité : possède un film métallique fixé sur l'intérieur des vitres du double vitrage. Ce film permet la réflexion de la chaleur vers l'extérieur en été et l'arrêt du froid hivernal.

La fenêtre à isolation renforcée : est une fenêtre basse émissivité qui voit l'air contenu dans son double vitrage remplacé par un gaz rare (argon, krypton). Ce gaz rare permet de freiner la perte des calories de façon plus efficace que l'air classique.

La fenêtre triple vitrage : est encore plus performante qu'une vitre double vitrage car elle possède deux lames d'air et trois vitres, ce qui empêche encore plus aux calories de fuir vers l'extérieur. Pour rendre la fenêtre triple vitrage encore plus performante. Il est également possible de la doter d'un film de basse émissivité et d'un gaz rare. On parle alors d'un triple vitrage à isolation renforcée.

Il y a trois grands moyens d'améliorer l'efficacité énergétique des fenêtres existantes:

Réparer.

Rénover.

Ajouter du vitrage, en installant des contre-fenêtres extérieures ou intérieures; remplacer la fenêtre ou certaines parties de la fenêtre. Afin de modifier les fenêtres pour en accroître la performance on peut ajouter une deuxième ou une troisième couche de verre ce qui fait diminuer grandement la valeur U (et augmenter la valeur R) tout en conservant un important CARS. Cette caractéristique est très avantageuse du point de vue du chauffage solaire passif.

Le dormant constitue souvent le maillon thermique le plus faible de la fenêtre. Bien que le dormant (châssis et meneaux) n'occupe que de 10 à 25 % de l'aire du vitrage des bâtiments, il peut expliquer jusqu'à la moitié des déperditions de chaleur de la fenêtre et se prêter grandement à la formation de condensation. Des fenêtres à bon rendement énergétique vont :

Augmenter le confort. De telles fenêtres réduisent les courants d'air froid et contribuent à accroître la sensation de chaleur à l'intérieur durant la saison de chauffage.

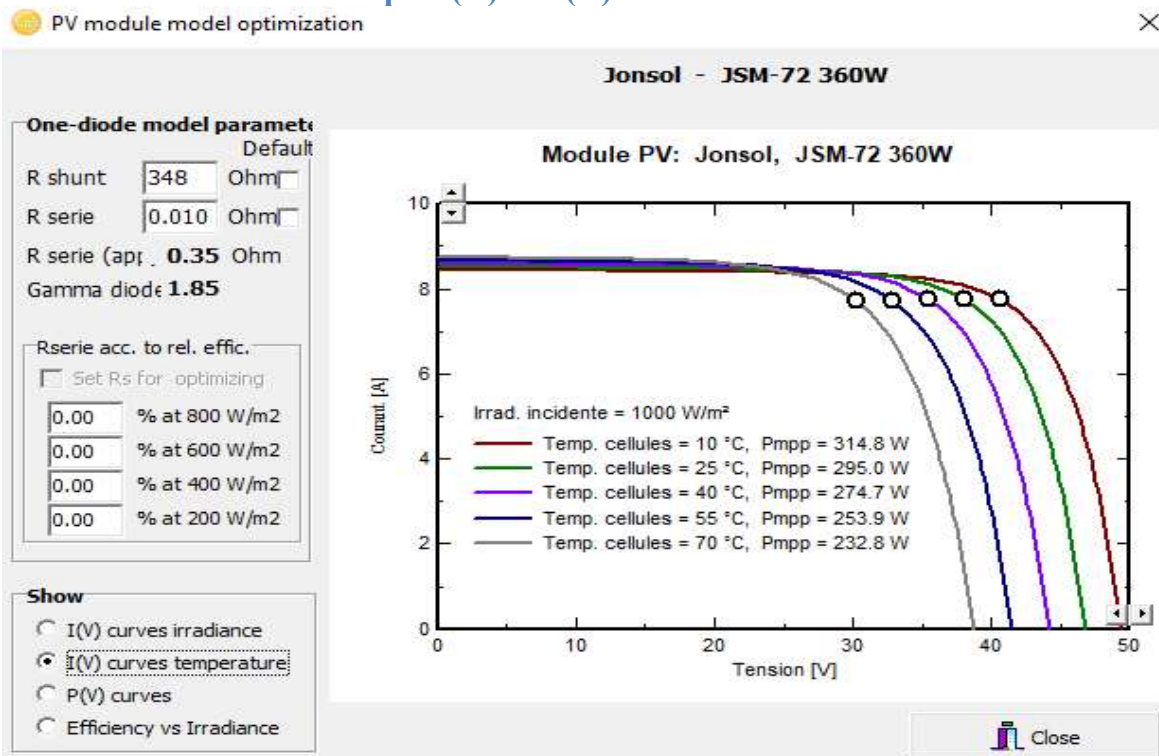
Limiter la condensation. Les surfaces intérieures de fenêtres à bon rendement énergétique demeurent plus chaudes, ce qui signifie que le taux d'humidité relative peut être plus élevé à l'intérieur sans pour autant provoquer de condensation sur les fenêtres (n'oubliez pas qu'aucune fenêtre, même énergétique, n'empêchera la condensation si le taux d'humidité dans le bâtiment est trop élevé).

Épargner de l'argent. En réduisant les fuites d'air et en améliorant le rendement thermique des fenêtres, par exemple par l'installation de contre-fenêtres.

Durer plus longtemps. La condensation peut causer une détérioration prématurée des fenêtres, de même que des murs et des finis, entraînant un entretien ou un remplacement coûteux.

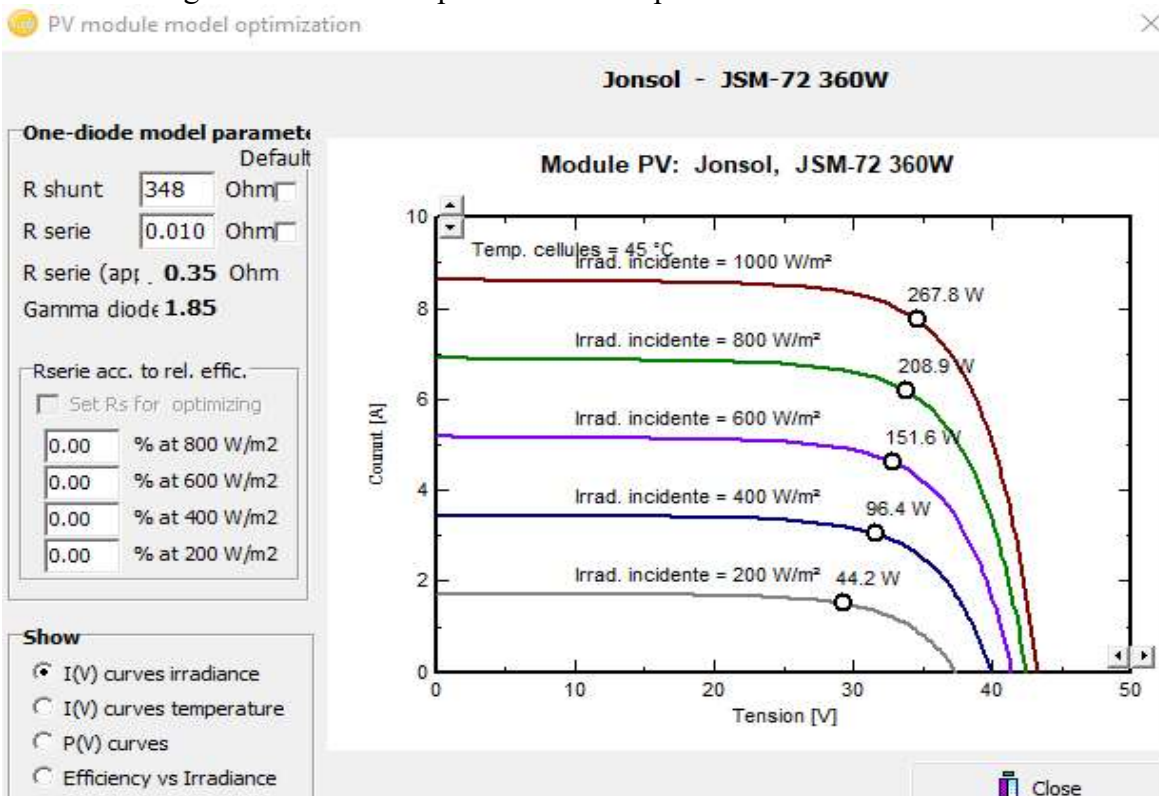
Réduire la consommation d'énergie et son incidence environnementale.

Annexe B : Caractéristique I(V) et P(V) du module

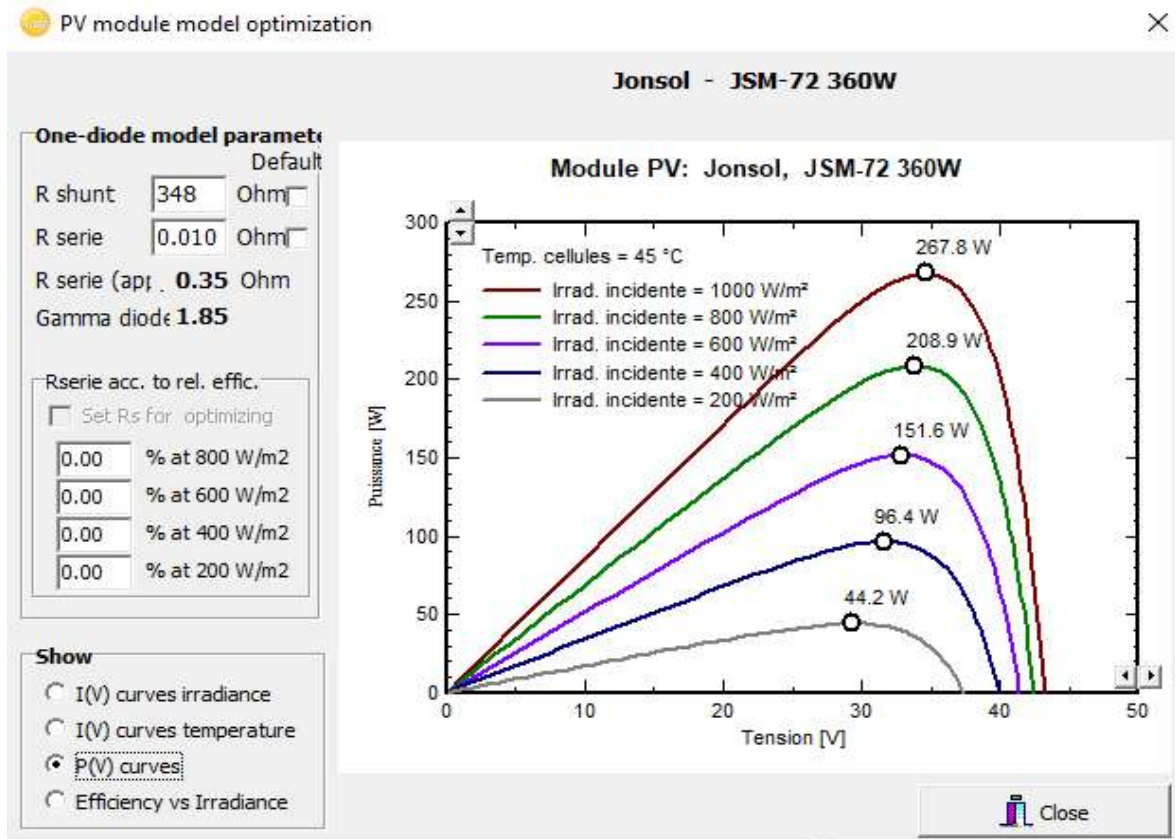


On remarque que la température influence beaucoup plus la tension que le courant : plus la température est élevée, plus la tension baisse.

La solution est d'utiliser le PVT (photovoltaïque-thermique) : la chaleur qui influence la cellule et la dégrade sera absorbée par le fluide caloporteur.



Par contre l'irradiance influe positivement sur le PV



Ici on voit bien que la puissance augmente avec l'augmentation de l'irradiance car :
 $P = V \cdot I$

Nom du document : PFE M2.docx
Répertoire : C:\Users\Dihia\Documents
Modèle : C:\Users\Dihia\AppData\Roaming\Microsoft\Templates\Normal.dotm
Titre :
Sujet :
Auteur : Nabila
Mots clés :
Commentaires :
Date de création : 08/11/2020 17:57:00
N° de révision : 198
Dernier enregistr. le : 15/11/2020 11:26:00
Dernier enregistrement par : Dihia bahfir
Temps total d'édition : 3 858 Minutes
Dernière impression sur : 15/11/2020 11:26:00
Tel qu'à la dernière impression
Nombre de pages : 78
Nombre de mots : 17 380 (approx.)
Nombre de caractères : 95 593 (approx.)