

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE**



**UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA 1
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE MECANIQUE**

Projet de Fin d'Etudes

Pour l'obtention du Diplôme de Master en Mécanique

Option : Energétique

Titre :

**Etude D'un Système De Production Du Froid Par
Les Energies Renouvelables (Système Hybride).**

Réaliser par :

M^{elle} FORTAS Sihem

M^{elle} SELMOUNE Wahida

Proposé et encadré par :

Dr N.E KHELALFA

Année universitaire 2019/2020

Remerciement

Nous tenons à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

Je commence d'abord par remercier nos Tuteur de notre stage de Master II en industrie au sein de la compagnie Smart cold (Algérie), Monsieur ABDELLAOUI, Monsieur GHANEM et Monsieur BARRA pour leurs aides précieuses, et leurs disponibilité durant toute cette période et même au-delà.

J'exprime ma profonde gratitude à Mme N.E KHELALFA pour avoir accepté de nous encadrer, pour sa disponibilité tout au long de la réalisation de ce mémoire, pour la qualité de ses conseils et pour les nombreuses discussions que nous avons eues. Elle est et elle sera pour nous un exemple de rigueur et de droiture dans l'exercice de la profession.

Nos vifs remerciements aux membres du jury pour l'intérêt accordé à notre travail en l'examinant minutieusement et avec attention.

Dédicaces

C'est avec profonde gratitude et sincères mots, que je dédie ce modeste travail de fin d'étude :

À mes chers parents, qui ont sacrifié leur vie pour ma réussite et m'ont éclairé le chemin par leurs conseils judicieux, c'est grâce à vous et pour vous que j'ai fait mon mémoire. Aucun mot sur cette page ne saurait exprimer ce que je vous dois, ni combien je vous aime. J'espère qu'un jour, je pourrais leurs rendre un peu de ce qu'ils ont fait pour moi, que dieu leur prête bonheur et longue vie.

À Mes frères Soufiene et Hamza, mes sœurs (Rafika, Hassiba et Khaoula) pour avoir contribué à la réussite de ce travail d'une manière indirecte, et pour leurs encouragements.

À mes plus fidèles amis(es), et sœurs de cœur, toi Fatima, Wahida, Randa, Fadila, Sarah, Rayen, Malek, Amine, Smail,

Je prends le temps de vous remercier pour votre soutien et encouragement, je vous en serais éternellement reconnaissante.

Merci à tous.

FORTAS Sihem.

Dédicaces

Tout d'abord, je remercie le bon dieu qui m'a donné le courage et la volonté pour réaliser ce modeste travail

*Je dédie ce modeste travail à Ma chère **Maman Mébarka** et **Mon Père Bader Eddine** qui m'ont beaucoup appris tout au long de mon existence. J'espère ne pas les décevoir.*

*Ainsi qu'à mes sœurs (**Tamani, Fatima, Iman, Zina**)*

*Et a toutes les familles **Selmoune** et **Ghaoui**.*

*À mes plus fidèles ami(e)s de cœur (**Smail, Sihem, Randa, Fadila, Sarah, Hassiba**).*

Qui est à mes cotes tout le temps

Et Spécialement mes collègues département mécanique

Volonté, ordre, temps : tels sont les éléments de l'art d'apprendre.

L'intelligence ne mène qu'à l'inaction. C'est la foi qui donne à l'homme l'élan qu'il faut pour agir et l'entêtement qu'il faut pour persévérer.

Merci à tous.

SELMOUNE Wahida

ملخص

يتمثل أحد التحديات العالمية الرئيسية اليوم في القدرة على ضمان الأمن الغذائي لعدد متزايد من سكان العالم. في كل عام وفي جميع أنحاء العالم، تُفقد كميات هائلة من الطعام بسبب التلف والغزو. تتمثل إحدى طرق تقليل فقد الغذاء أثناء الحصاد وبعده في تبريد المنتجات الغذائية الزراعية.

في صناعة الأغذية، يعد تبريد المنتجات صناعة مهمة جداً للحفاظ على المنتجات الطازجة. تعمل درجات الحرارة المنخفضة على الحد من نمو الكائنات الدقيقة وبالتالي إطالة العمر الافتراضي للمنتجات الطازجة، ومع ذلك يظل التبريد (غرفة التبريد السلبية والإيجابية) كثيفاً للطاقة، وبالتالي فهو مكلف للغاية وغير متوفر. لغالبية كبيرة من المزارعين، وخاصة أولئك البعيدين عن المناطق الحضرية و / أو غير المتصلين بشبكة الكهرباء.

في هذا السياق، يهدف هذا العمل إلى المساهمة في دراسة وتطوير وتعزيز تقنيات التحويل الحراري المرتبطة بالطاقات المتجددة. إنهم يقومون بدراسة الطاقة لضمان إمداد الطاقة لغرفة التبريد السلبية لتجميد التمور في منطقة بسكرة. لهذا، تعتمد دراستنا الحالية على الطاقات المتجددة خاصة على نظام توليد الطاقة الهجين "الشمسي - الكتلة الحيوية". يتم ذلك عن طريق تحديد حجم الألواح الكهروضوئية اللازمة لتزويد الغرفة الباردة بالكهرباء. سيتم ربط هذه الألواح بالمصدر الثاني للطاقة المتجددة، وهو الكتلة الحيوية، والتي ستؤدي المهمة أثناء الليل و / أو في الأيام التي تكون فيها الإضاءة منخفضة. ستكون شبكة الكهرباء مصدرًا احتياطيًا. في هذه الدراسة، استخدمنا برنامج PVSYST لتحجيم الألواح الكهروضوئية. بالنسبة للكتلة الحيوية، يتم استخدام مولد الكتلة الحيوية يسمى "Power Pallet" لتوليد الكهرباء. تستخدم النفايات الزراعية والغابات التي يمكن جمعها بسهولة وهي قريبة جداً من غرفة التبريد المدروسة. إنها أحد الأصول الرئيسية لإنتاج الكهرباء. ولتجنب كل التقلبات ونقص أحد المصادر (الكتلة الحيوية و الشمسية)، أضفنا شبكة الكهرباء كمصدر احتياطي.

الكلمات المفتاحية: البرودة ، غرفة التبريد ، نظام هجين ، طاقة شمسية ، كتلة حيوية ، PVSYST ، منصة نقالة

Résumé

Aujourd'hui, l'un des principaux défis mondiaux est de pouvoir assurer la sécurité alimentaire d'une population mondiale en croissance. Chaque année et partout dans le monde, des quantités massives de nourriture sont perdues en raison de la détérioration et des infestations. Un moyen de réduire la perte de nourriture pendant et après la récolte est la réfrigération des produits agroalimentaire.

Dans l'industrie alimentaire, la réfrigération des produits représente un secteur d'activités très important pour la conservation des produits frais. Les basses températures permettent de limiter la croissance des micro-organismes et par conséquent de prolonger la Durée de conservation des produits frais. Toute fois, la réfrigération (chambre froide négative et positive) reste tres energivore, par consequent assez onereuse et n'est pas disponible pour une grande majorité des agriculteurs surtout ceux qui sont loins des agglomerations et / ou qui ne sont pas connecté au reseau electrique. Dans ce contexte, ce travail se propose d'apporter une contribution à l'étude, le développement et la promotion des technologies de conversions thermiques liées aux energies renouvelables. Ils'agit de faire une étude énergétique pour assurer l'alimentation en électricité d'une chambre froide négative pour la congélation des dattes dans la région de Biskra. Pour cela notre presente etude est basées sur les énergies renouvelables spécialement sur un système de generation d'energie hybride « solaire - biomasse ».Cela se fera par un dimensionnement des panneaux photovoltaïques necessaires à l'alimentation de la chambre froide par l'electricité.

Ces panneaux seront couplés à la seconde source d'energie renouvelable qui est la biomasse qui prendra le relai pendant la nuit et / ou les journées où l'eclairment sera faible. Le réseau électrique sera une source de secours. Pour effecuteur cette etude, nous avons utilisé le logiciel PVSYST pour le dimensionnement des panneaux photovoltaïques.

Pour la biomasse, une génératrice de biomasse appelée « Power Pallet » est utilisée pour la generation d'électricité. Elle utilise des déchets agricoles et forestiers qui peuvent être facilement récoltés et qui sont très proche de la chambre froide étudiée. C'est un atout majeur pour la production d'électricité. Et afin d'éviter toutes les fluctuations et une pénurie d'un des sources (solaire-biomasse), nous avons rajouté le réseau électrique comme source de secoure.

Mots-clés : Froid, Chambre froide, système hybride, solaire, biomasse, PVSYST, Power Pallet.

Abstract

Today, one of the major global challenges is to ensure food security for a growing world population. Every year and around the world, massive amounts of food are lost due to spoilage and infestations. One way to reduce food loss during and after harvest is the refrigeration of agri-food products.

In the food industry, product refrigeration is a very important sector for the preservation of fresh products. Low temperatures limit the growth of micro-organisms and therefore extend the shelf life of fresh produce. However, refrigeration (negative and positive cold chamber) is still very energy intensive, therefore quite expensive and is not available to the vast majority of farmers, especially those who are far from urban areas and / or not connected to the electricity grid.

In this context, this work aims to contribute to the study, development and promotion of thermal conversion technologies related to renewable energies. The aim is to carry out an energy study to ensure the supply of electricity to a negative cold room for freezing dates in the Biskra region. For this reason, our present study is based on renewable energies, especially on a hybrid "solar-biomass" energy generation system, by dimensioning the photovoltaic panels necessary to supply the cold room with electricity.

These panels will be coupled with the second source of renewable energy, which is biomass, which will take over during the night and/or on days when there is little light. The power grid will be a backup source. To carry out this study, we used the PVSYST software for the dimensioning of the photovoltaic panels. For biomass, a biomass generator called "Power Pallet" is used to generate electricity. It uses agricultural and forestry waste that can be easily harvested and is very close to the cold room under study. This is a major asset for the production of electricity. And in order to avoid all fluctuations and a shortage of one of the sources (solar-biomass), we have added the power grid as a back-up source.

Keywords: Cold, Cold room, hybrid system, solar, biomass, PVSYST, Power Pallet.

Liste des Symboles

Symboles	Nomenclatures	Unités
AC	courant alternatif	A
BP	Basse Pression	Bar
CD	courant continu	A
Cp1	Chaleur massique des denrées avant la congélation	KJ/Kg. °C
Cp2	Chaleur massique des denrées après la congélation.	KJ/Kg. °C
HP	Haute Pression	Bar
Ii	Apport calorique journalier moyen.	Wh/m ³ J
I	Intensité.	A
K d	Taux d'intérêt net.	%
L	Chaleur latente de congélation.	KJ/Kg
M	Masse totale dans la chambre froide.	Kg
MJ	Masse journalière moyenne de la marchandise.	Kg
P	Puissance de l'éclairage par unité de surface.	W/m ²
Pa	Puissance active.	KW
Pp	Puissance du panneau solaire	W
Q	Pénétration de chaleur journalière	Wh/m ² . J
Qc	Chaleur dégagée par chaque personne on prend en vison 150	w/pers
Qa	Apport de chaleurs divers ou annexes.	Wh/Jour
Qe	Chaleur dégagée par l'éclairage.	Wh/Jour
Qi	Quantité chaleur due au renouvellement et l'infiltration d'air par jour.	Wh/Jour.
Qm	Apport de chaleur par la marchandise.	Wh/Jour.

Qp	La quantité de chaleur qui pénètre par jour	Wh/Jour.
QT	Quantité de chaleur totale à extraire de la chambre froide.	Wh/Jour
Qv	Chaleur dégagée par la ventilation.	Wh/Jour.
U	Tension.	Volt
S	Puissance apparente.	KVa.
Sext	Surface extérieure de la paroi.	m ² .
Sp	Surface du plancher.	m ² .
T	Taux de passage.	Vol/h.
t	Temps de marche de l'éclairage.	Heurs.
Temps	Le temps de travail dans la chambre.	Heurs.
V	Débit volumique d'un fluide frigorigène (R404A).	m ³ /h.
Vi	Volume intérieur de la chambre.	m ³
ΔT1	Différences de température entre la température l'introduction des denrées et la température de congélation des denrées.	°C
ΔT2	Différence de température entre la température de congélation des denrées et celle de la température ambiante.	°C
Φ	Puissance frigorifique.	KW.

Abréviation

CF :	Chambre Froide.
CF (+) :	Chambre Froide Positive.
CF (-) :	Chambre Froide Négative.
CFC :	Chlorofluorocarbure.
CH₄ :	Gaz Méthane.
Coeff :	Coefficient multiplicateur de correction pour (LEP × 1.2 ; PUR × 0.70).
Coeff (3) :	Coefficient multiplicateur dépend du Volume de la Chambre froide.
Coeff (2) :	Coefficient dépendant du débit volumique (R404A).
Coeff (1) :	Coefficient multiplicateur pour l'ouverture de la porte.
E_{net} :	Coût annuel d'électricité.
H₂ :	Gaz Hydrogène.
HCFC:	Hydro Chrofluorocarbure
LEC:	Levelized Electricity Cost.
LEP :	Liège.
K_{insurance} :	Taux d'assurance net.
K_{invest} :	Coût investissement.
K_{o, M} :	Coût annuel d'exploitation et de maintenance.
K_{invest} :	Coût investissement
K_{fuel} :	Cout annuelle en carburant.
MPP:	Maximum Power Point.
MPPT:	Maximum Power Point Tracking.
N :	Nombre de Travailleurs.
n :	Durée de vie.
NP :	Nombre des Panneaux solaire.
PP30 :	Power Pallet 30.
PV :	Photovoltaïque.
PUR :	Polyuréthane.
CO :	Hydrocarboné.
SMA :	Système Mess Anlagentchik.
FSC :	Fuel Save Controller.

Table des matières

Remerciement

Dédicaces

ملخص

Résumé

Abstract

Liste des symboles

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale..... 19

Chapitre I:Etude Bibliographique..... 21

I.1.Présentation chronologique des principaux travaux 22

I.2.Problématique 24

Chapitre II:Production Du Froid 26

II.1. Définition..... 27

II.2. Principe de production du froid 27

II.3. Machine de production du froid 28

 II.3.1. Machine à compression 29

 II.3.2. Machine à absorption 32

 II.3.3. Pompe à chaleur inversée PAC 33

II.4. Applications industrielles du froid..... 35

II.5. Chambre froide 36

 II.5.1. Définition..... 36

 II.5.2. Chambre froide positive (CF+)..... 36

 II.5.3. Chambres froides négatives (CF-)..... 37

II.6. Comparaison entre une chambre froide négative et positive.....	37
II.6.1. Chambre négative	37
II.6.2. Chambre positive	37
II.7. Types des chambres froides.....	38
II.8. Principe de fonctionnement de la chambre froide	38
II.9. Bilan frigorifique d'une chambre froide.....	39
Chapitre III : Energies Renouvelables	41
III.1. Introduction	42
III.2. Définition	42
III.3. Ressource de l'énergie renouvelable.....	43
III.3.1. Energie éolienne	43
III.3.2. Energie hydraulique	43
III.3.3. Energie géothermie	44
III.3.4. Energie solaire.....	44
III.3.5. Energie biomasse.....	46
III.4. Etude comparative entre les ressources de l'énergie renouvelable	48
III.5. Relation entre l'énergie renouvelable et le froid.....	50
III.6. Froid par l'énergie solaire	51
III.7. Froid par l'énergie biomasse.....	52
III.8. Conclusion.....	53
Chapitre IV :Etude Théorique D'un Système Hybride	54
IV.1. Introduction	55
IV.2. Principe de fonctionnement.....	55
IV.3. Étude technique.....	56
IV.3.1. Définition de la Charge	56
IV.3.2. Station Solaire	57
IV.3.3. Génératrice biomasse	62
IV.3.4. Réseau électrique	63

IV.3.5. Station météo.....	64
IV.3.6. Régulateur et contrôleur hybride	64
IV.4. Contrôle et maintenance du système.....	66
IV.5. Etude financière	70
IV.6. Conclusion	71
Chapitre V :Simulation Et Interprétation De Résultat.	72
V.1.Introduction	73
V.2. Présentation de logiciel PVsyst	73
V.2.1.Objectif de l'interface	74
V.2.2. Données de la simulation	74
V.2.3. Présentation de région d'étude :	75
V.3. Etapes de la simulation.....	75
V.3.1. Interface d'accueil de PVsyst 7.0.....	75
V.3.2. Données géographiques.....	77
V.3.3. Orientation des modules PV	78
V.3.4 Dimensionnement de la station solaire.....	79
V.3.5. Paramètres pour les pertes du champ PV	81
V.3.6. Simulation de système.....	84
V.3.7. Rapport de système :	88
V.4. Résultats de simulation :.....	90
V.4.1. Paramètre de simulation	90
V.4.2. Analyse de résultat	93
V.5. Balance énergétique et logique de fonctionnement.....	96
V.6. Conclusion.....	96
Conclusion générale	98
Bibliographie	
Annexe A	

Annexe B

Annexe C

Annexe D

Annexe E

Liste des figures

Chapitre II

Figure II.1.Cycle Rankine (machine à compression) [21].....	29
Figure II.2.Fonctionnement de compresseur.....	30
Figure II.3.Fonctionnement de condenseur.....	30
Figure II.4.Fonctionnement de détendeur.....	31
Figure II.5.Fonctionnement de l'évaporateur.....	31
Figure II.6.Diagramme enthalpique du cycle frigorifique [23].....	32
Figure II.7.Machine à absorption [27].....	33
Figure II.8.Fonctionnement pompe à chaleur inversée.....	34
Figure II.9.Principaux éléments constituent une chambre froide.....	38
Figure II.10.Fonctionnement chambre froide [38].....	39

Chapitre III

Figure III.1.Énergie éolienne [41].....	43
Figure III.2.Energie hydraulique [43].....	44
Figure III.3.Chaleur de géothermie [45].....	44
Figure III.4.Panneau solaire [41].....	46
Figure III.5.Centrale de l'énergie biomasse [50].....	47

Chapitre IV

Figure IV.1.Principe de fonctionnement système hybride.....	56
Figure IV.2.Branchement en série-parallèle [72].....	59
Figure IV.3.Fonctionnement Système PV (Onduleur-Panneau solaire).....	62
Figure IV.4.Rôle du contrôleur hybride SMA.....	65

Chapitre V

Figure V.1.Interface d'accueil de PVsyst.....	76
Figure V.2.Création de projet.....	76
Figure V.3.Sectionnement de l'emplacement sur la carte.....	77

Figure V.4.Importation des données métrologiques.....	77
FigureV.5.Paramètres climatiques de Biskra.....	78
FigureV.6.Définition d'inclinaison optimale annuelle.....	79
Figure V.7.Choix des panneaux solaires et onduleur.....	80
Figure V.8.Paramètres pour les pertes des champs PV.....	81
FigureV.9.Qualité des modules-LID-Mismatch.....	82
Figure V.10.Les données sure utilisation dégradation dans la simulation.....	83
Figure V.11.Les données sur utilisation dégradation dans la simulation.....	84
Figure V.12.Simulation avancée.....	85
Figure V.13.Nouvelle variante de simulation.....	85
Figure V.14.Paramètre de vieillissement.....	86
Figure V.15.Pert pour la simulation.....	87
Figure V.16.Exécutassions de la simulation.....	87
Figure V.17.Simulation effectue-graphique et rapports disponibles.....	88
Figure V.18.Rapport de simulation.....	88
Figure V.19.Réglage paramètre de rapport.....	89
Figure V.20.Avertissements durant l'installation.....	90
Figure V.21.Paramètres de simulation du champ PV.....	91
Figure V.22.Principaux résultats de simulation du champ PV.....	92
Figure V.23.Diagramme d'entrée/sortie journalier.....	93
Figure V.24.Energie utile produite par le système PV.....	93
Figure V.25.Indice de performance représentant l'efficacité globale du système PV.....	94
Figure V.26.Diagramme des pertes dans le système PV.....	95

Liste des tableaux

Chapitre II

Tableau II.1. Les Différentes applications du froide.....	35
---	----

Chapitre III

Tableau III.1.Les avantages et les inconvénients Ressources d'énergies renouvelables.....	48
---	----

Tableau III.2.Comparaison entre les ressources de l'énergie renouvelable.....	50
---	----

Chapitre IV

Tableau IV.1.Les avantages et les inconvénients du panneau solaire.....	60
---	----

Tableau IV.2.Les avantages et les inconvénients technique de l'onduleur SMA.....	61
--	----

Tableau IV.3.Les avantages et les inconvénients technique génératrice biomasse.....	63
---	----

Tableau IV.4.Les avantages et les inconvénients Réseau électrique Sonelgaz[74].....	64
---	----

Tableau IV.5.Les avantages et les inconvénients Contrôleur Hybride SMA.....	66
---	----

Tableau IV.6.Contrôle et maintenance du système.....	67
--	----

Tableau IV.7.Prix des équipements.....	70
--	----

Chapitre V

Tableau V.1.Les entrées et les sorties du PVsyst.....	74
---	----

Tableau V.2.Travail de l'énergie solaire biomasse en alternance.....	96
--	----

Introduction Générale

Introduction générale

De nos jours, nous assistons à un grand déficit énergétique généralisé, dans l'industrie alimentaire, la réfrigération des produits représente un secteur d'activité très important pour la conservation des produits frais. Les basses températures permettent de limiter la croissance des micro-organismes et par conséquent de prolonger la durée de conservation des produits frais.

Les énergies nobles sont majoritairement produites par les sources fossiles qui non seulement s'épuisent progressivement mais aussi, elles ont des conséquences environnementales néfastes : pollution de l'atmosphère, destruction de la couche d'ozone, production des gaz à effet de serre contribuant au réchauffement climatique.

La tendance actuelle est donc de trouver des nouvelles formes d'énergies d'origine renouvelables pour pallier ce problème. L'idéal serait de produire la totalité de l'énergie utilisée par des sources renouvelables, mais malheureusement, ce secteur connaît encore beaucoup de défis d'ordre technologique et commercial.

Dans ce contexte, ce travail se propose d'apporter une contribution à l'étude, le développement et la promotion des techniques et de diminuer la consommation d'électricité basée sur les énergies renouvelables spécialement système hybride « l'énergie solaire et l'énergie biomasse ».

Ce présent travail consiste à faire une étude énergétique via un dimensionnement pour l'alimentation en électricité une chambre froide négative pour la congélation des dattes dans la région de Biskra, notre choix s'est porté sur un système hybride Photovoltaïque-biomasse.

Notre contribution sera de dimensionner les panneaux photovoltaïques nécessaires à l'alimentation de la chambre froide en électricité pendant la journée. La biomasse prendra le relais pendant la nuit, pour cela une étude pour le choix du système adéquat de la génération d'électricité via la biomasse, ainsi que la quantité nécessaire en biogaz. Nous utilisons le réseau électrique comme un secours. Ce sujet, traité pour la première fois à l'université de Saad Dahleb, s'intéresse à produire le froid par l'énergie renouvelable (système hybride).

Ce présent mémoire est structuré en deux parties, présentant respectivement la partie théorique et la partie pratique :

Introduction Générale

- La partie théorique comporte quatre chapitres. Le premier est consacré au l'état de l'art, où nous allons présenter les différents travaux existant afin de proposer une solution au problème posé. Le deuxième chapitre a pour objectif de présenter la production de froid, le troisième chapitre décrit l'énergie renouvelable et la relation entre le froid et le système hybride et le quatrième chapitre a pour objectif d'expliqué et détaillé notre travail.
- La partie Simulation comprend un chapitre concerne la simulation et l'interprétation des résultats.

Nous terminons ce mémoire avec une conclusion générale où nous récapitulerons les principaux résultats obtenus et présenterons quelques perspectives à réaliser dans le futur.

Chapitre I:

Etude

Bibliographique

CHAPITRE 1 Recherche Bibliographique

I.1. Présentation chronologique des principaux travaux

- En 1913, l'allemand Edmund Altenkirch a étudié la théorie sur les systèmes à absorption pour la production du froid. [1]

- En juin 2004 R.F. Mechlouch a étudié et réalisé une installation à absorption solaire pour le cas du climat en Espagne. Les tests prouvent que le refroidissement par l'énergie solaire à l'aide de systèmes LiBr / H₂O est possible dans le cadre du climat de Tarragone (Une étude expérimentale a permis de comparer les résultats expérimentaux avec ceux calculés). [2]

- En 2009 Adel Benchabane (Responsable du projet) avec son équipe de recherche (N. Boulf, N. Belghar, M.A. Djezzar, H. Benfatah et K. Benlouanas) ont étudiés la Production du froid solaire par absorption. Le Développement d'un premier prototype s'est fait à Biskra. L'objectif du projet Solo est de proposer des solutions technologiques solaires dans le but de diminuer l'effet de serre, de diminuer la consommation d'électricité et d'améliorer les conditions de confort dans les bâtiments (climatisation) et de conservation (réfrigération) des produits agroalimentaires notamment les dattes. [3]

- En 10 juin 2010 Hubert Tian massa COULIBALY a étudié la conception et la réalisation d'un prototype de climatisation solaire de 5 kW froid au Burkina Faso. Il s'agit en effet de proposer une technologie de climatisation solaire adaptée au contexte socio-économique du Burkina Faso. À l'issue des résultats satisfaisants, ces derniers seront des arguments convaincants pour intégrer la technologie à travers les programmes nationaux du Burkina d'efficacité énergétique et de réduction de la consommation d'électricité. [4]

- En 29 octobre 2011 Hamza MOUSSA BENABDELLAH étudie Expérimentalement la production frigorifique par adsorption solide : c'est une application à la conception d'une plateforme de tri génération à partir de biomasse en milieu rural ; L'objectif de cette étude est l'étude de faisabilité de production du froid d'un équipement de micro-Tri génération. Un tel système suscite beaucoup d'intérêt économique et environnemental pour l'Algérie. [5]

- En 2011 Hocine Benfatah a étudié le rafraîchissement solaire en Algérie par des procédés de sorption Le but de cet article est double :

i) mettre le point sur la situation de l'Algérie, en particulier la région de Biskra, par

rapport à l'état d'exploitation du gisement solaire dans le domaine de rafraîchissement des

CHAPITRE 1 Recherche Bibliographique

bâtiments et ii) sélectionner la technologie de rafraîchissement solaire la plus adaptée en Algérie, notamment dans la région de Biskra pendant les longues séquences chaudes de l'année qui coïncident avec les périodes de l'ensoleillement maximal. [6]

-En 2012 Kamel Benlouanas, étudie la faisabilité d'un local de conservation des dattes basée sur l'énergie solaire. L'Application s'est faite dans la région de Biskra, l'objectif principal est de proposer une solution technologique solaire dans le but de diminuer l'effet de serre, de diminuer la consommation d'électricité et d'améliorer les conditions de conservation frigorifique des produits agroalimentaires notamment les dattes. [7]

-En 2012 BENAHMED Lamia et BEN MOSTEFA Fatima Zahra ont étudié l'intégration d'un système de rafraîchissement solaire au bâtiment. Faisabilité technico-économique l'objectif consiste à étudier la faisabilité technico-économique des installations et pour comparer deux installations de rafraîchissement solaire intégrées à une maison dans la wilaya de Tlemcen, utilisé dans la première installation un capteur photovoltaïque couplé avec une machine à compression de vapeur, et la deuxième installation utilise un capteur solaire couplé avec une machine à absorption. [8]

-En 2012 M.A DJEBIRET à étudier la faisabilité d'un climatiseur solaire adapté à la région de Biskra ce travail présente une étude de faisabilité d'une installation de rafraîchissement solaire dans la région de Biskra. Le sujet a comme objectifs de :

1. Dresser l'état de l'art des technologies de production du froid solaire (climatisation et réfrigération) en mettant en évidence l'aspect technico-économique des différentes technologies.

2. Comparer entre les performances et les coûts d'investissement des différentes technologies et présélectionner les meilleures techniques.

3. Etudier la faisabilité technico-économique d'un climatiseur solaire dans la région de Biskra par une description détaillée d'une future installation. [9]

-En B. MEBARKI à étudier et analyser un système de production de froid par énergie solaire pour la climatisation : l'objectif est l'étude du fonctionnement des machines frigorifiques à adsorption est abordée par analyse thermodynamique classique des bilans énergétiques des

CHAPITRE 1 Recherche Bibliographique

quatre phases du cycle. Dans le but de comparer entre les trois couples plus utilisés et l'étude de l'influence de certains paramètres sur les performances de la machine frigorifique. [10]

-En 2015 A. Elias a étudié la modélisation d'une installation de climatisation solaire à absorption munie d'un système de stockage par matériaux à changement de phase : l'objectif de ce travail est de proposer un système de couplage d'un capteur solaire couplé à une machine à absorption dotée d'une cuve de stockage avec un matériau à changement de phase [11].

-En 2016 M. Bendob et R. Nedjai ont étudié la performance d'une machine frigorifique à absorption alimentée par l'énergie solaire, l'objectif principal à atteindre consiste à étudier la performance des machines frigorifiques à absorption solaire, et en particulier l'effet des températures limites du cycle thermodynamique sur le coefficient de performance thermique COP [12].

-En 2016 M. Trouzzit et O. Midegue ont étudié la production froide par effet Peltier dans une salle informatique ; L'objectif consiste au refroidissement par effet de Peltier, «un phénomène thermoélectrique ». Après le calcul du bilan thermique de la salle d'informatique au département mécanique [13].

I.2. Problématique

L'abondance des cultures agricoles est devenue une obsession qui inquiète les agriculteurs.

Cela a conduit à la génération de nombreux problèmes à savoir :

- l'incapacité à commercialiser immédiatement ou dans un délai très court les produits.
- Les changements de coloration et d'aspect que subissent les végétaux à température ambiante.
- Les légumes et les fruits frais ont un besoin continu d'oxygène pour leurs respirations qui se traduisent par une transformation des sucres, une libération d'énergie, et une dégradation des qualités nutritives.
- Une diminution de la température retarde les dégradations du produit induites par les réactions chimiques ou biologiques mais aussi permet d'elles limiter.

La consommation d'électricité est le plus gros problème posé par les industriels algériens et spécifiquement en agroalimentaire et dans le domaine pharmaceutique et cela pour

CHAPITRE 1 Recherche Bibliographique

le stockage dans les chambres froides de leurs produits (médicaux, fruits, légumes, plantes ..etc). Les différents types de stockage nécessitent une température spécifique en fonction du type de produit pour préserver sa durée de conservation.

Un autre problème est le peu ou quasiment l'absence des chambres froides dans les régions du sud, qui est la plus grande région d'Algérie. Cette dernière souffre d'un climat très chaud en été, ce qui peut entraîner une crise de manque de matières médicales, de légumes, de fruits frais, de poissons, viandes...etc. Cela engendre une hausse des prix des produits peu disponibles. Ce problème doit trouver solution du fait que le grand sud-est devenu une région où l'agriculture a pris un grand essor.

Chapitre II:

Production Du Froid

CHAPITRE II :Production Du Froid

II.1. Définition

La production du froid est une technique complexe, nécessitant beaucoup de savoir-faire et d'expérience, à partir d'équipements conçus et fabriqués par les hommes débute au 19ème siècle.

La production de froid permet d'absorber de la chaleur, et obtenue à partir de machines frigorifiques (de réfrigération à compresseurs, machines à absorption ...), En général produire froid car la conservation des denrées et stockage des médicaments etc.... [14].

II.2. Principe de production du froid

La production du froid consisté à absorber la chaleur contenue dans un milieu peut être obtenue suivant plusieurs modes. Parmi les différents modes de production du froid, il faut retenir :

- **La sublimation d'un solide (cas du CO₂)** :Consiste à le faire passer de l'état solide à l'état vapeur par absorption de chaleur, le cas le plus courant est celui du CO₂ qui a la pression Atmosphérique à une température de sublimation de -78.9°C.
- **La détente d'un gaz comprimé** :Basé sur le principe de l'abaissement de la température d'un fluide lors de sa détente (avec ou sans travail extérieur). Cependant, cet abaissement est plus important lors de la détente sans travail extérieur (détente Joule -Thomson) mais il ne faut pas perdre de vue que le refroidissement du gaz détendu aura lieu seulement dans le cas où sa température avant la détente serait inférieure à la température d'inversion de l'effet Joule – Thomson.
- **La fusion d'un corps solide** : se fait à température constante par absorption de la chaleur latente de fusion du corps considéré.

CHAPITRE II : Production Du Froid

- **Le refroidissement thermoélectrique:** est utilisé pour produire de très petites quantités de froid. Il consiste à faire passer un courant continu dans un thermocouple constitué de conducteurs de natures différentes reliés alternativement par des ponts de cuivre.
- **La dissolution de certains sels :** La dissolution d'un sel dans l'eau provoque un abaissement de la température de la solution. Ce n'est pas un phénomène très utilisé dans l'industrie frigorifique à cause de la nécessité de vaporisation ultérieure de l'eau (récupération du sel).
- **La vaporisation d'un liquide :** Permet de produire du froid par l'absorption de la chaleur à travers un échangeur (évaporateur), la vapeur produite étant ultérieurement liquéfiée dans un autre échangeur (condenseur), le fluide décrit ainsi un cycle au sein d'une machine, fonctionnant de manière continue.

La vaporisation d'un liquide en circuit fermé reste la méthode la plus utilisée pour la production du froid [15].

II.3. Machine de production du froid :

Il existe plusieurs types des machines frigorifiques pour produire du froid nous citons :

- Machine à compression mécanique [16] :
 - Cycle mono étagés.
 - Cycle multi étagés.
- Machines frigorifiques à compression de vapeur.
- Réfrigération / pompe à chaleur à compresseur à eau (R718) [17].
- Réfrigération thermoélectrique et le refroidissement par évaporation. [18].

Dans ce travail, nous mentionnons trois machines importantes : (machine à compression, machine à absorption et pompe à chaleur inversée) et cela est dû à plusieurs raisons parmi lesquelles :

- Le rapport d'efficacité énergétique moyen peut être de 4,5 ou plus.
- Sécurité et protection de l'environnement.
- Facile à installer.

CHAPITRE II : Production Du Froid

- Longue durée de vie, Jusqu'à 15 ans de durée de vie (PAC et machine à compression) et les machines d'absorption sont très durables avec une durée de vie prévue de 20 à 30 ans [19].
- Faibles coûts de maintenance.
- Trois machines ne consomment pas d'électricité [20].

II.3.1. Machine à compression

Le principal mode de production de froid à échelle industrielle est la machine à compression, qui fonctionne sur le cycle d'un fluide frigorigène (Figure II.6) et fonctionne selon le cycle Rankine ((Figure II.1) :

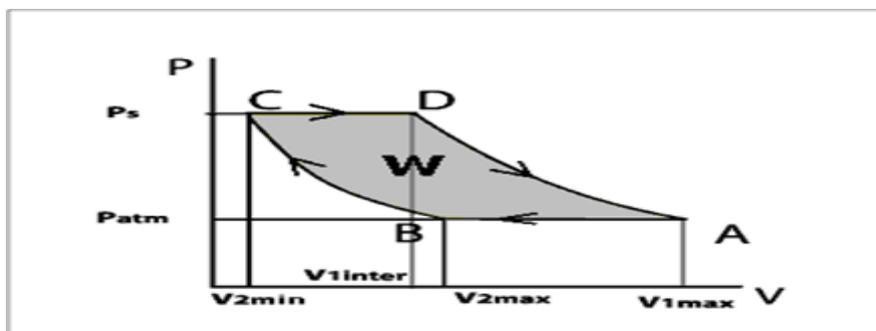


Figure II.1.Cycle Rankine (machine à compression) [21].

B→C : Compression adiabatique et réversible (isentropique).

C→D : Vaporisation isobare et irréversible.

D→A : Détente adiabatique et réversible (isentropique).

A→B : Liquéfaction isobare et irréversible.

✚ Principe de fonctionnement de la machine à compression :

Le compresseur (Figure II.2) Met en circulations le réfrigérant. Lors de son passage dans le condenseur:

CHAPITRE II : Production Du Froid

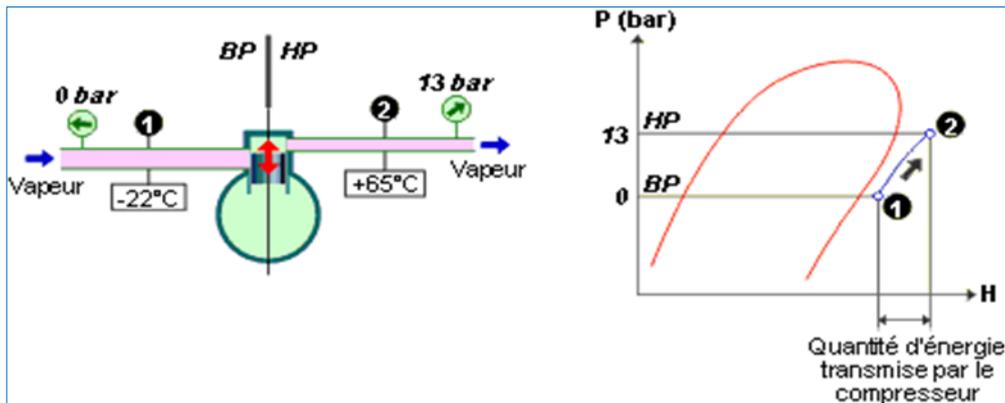


Figure II.2. Fonctionnement de compresseur.

Le réfrigérant perd beaucoup de calories et se condense. Nous observons donc un changement d'état. (Figure II.3) :

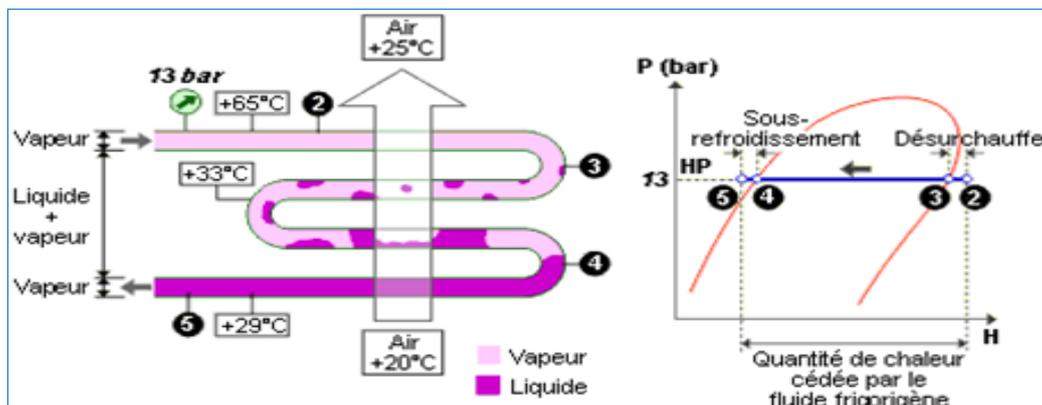


Figure II.3. Fonctionnement de condenseur.

Le détendeur (Figure II.4) est donc alimenté en réfrigérant à l'état liquide, à la sortie du détendeur, nous observons une chute de pression importante ainsi qu'une chute de température du réfrigérant, Nous observons l'état du fluide n'est pas changé (liquide).

CHAPITRE II : Production Du Froid



Figure II.4. Fonctionnement de détendeur.

La partie liquide du fluide entre en ébullition en absorbant les calories qui sont au voisinage de l'évaporateur (Figure II.5) :

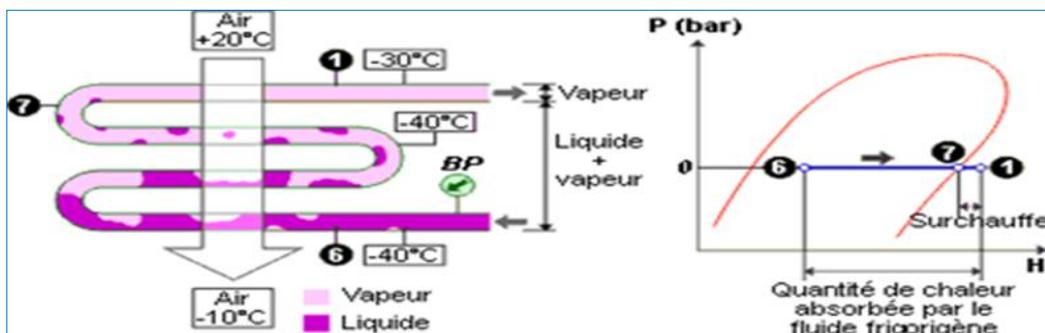


Figure II.5. Fonctionnement de l'évaporateur.

Le fluide à l'état gazeux est alors aspiré par l'orifice BP (Basse Pression) du compresseur et le cycle se renouvelle.

Suivons le parcours du fluide frigorigène dans les différents équipements et repérons le tracé de l'évolution du fluide frigorigène dans le diagramme des thermodynamiques. [22]

La figure ci-dessus montre Diagramme enthalpique du cycle frigorifique :

CHAPITRE II : Production Du Froid

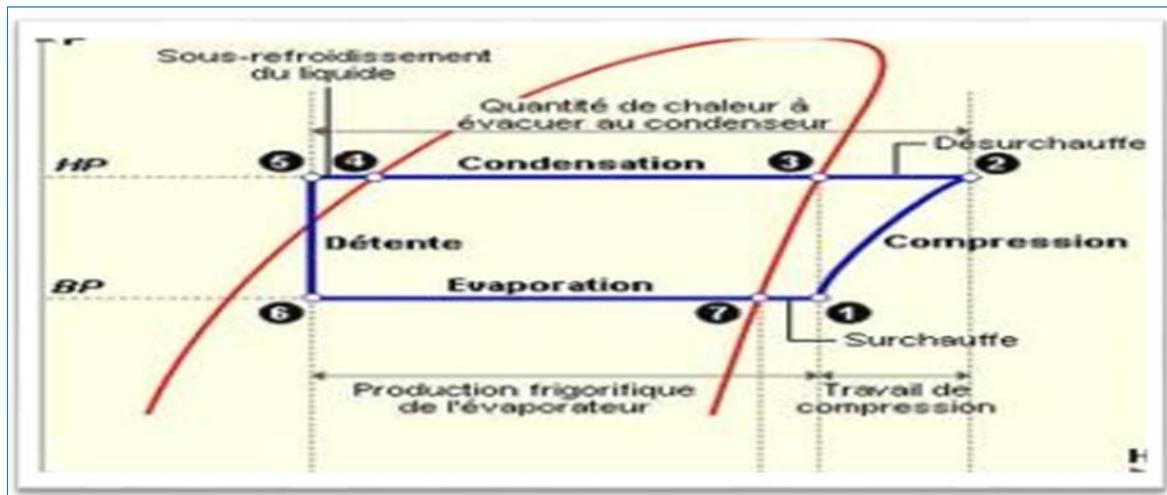


Figure II.6. Diagramme enthalpique du cycle frigorifique [23].

II.3.2. Machine à absorption :

1. Définition :

La machine à absorption est l'élément du système permettant de produire du froid et du chaud à tout niveau de température. C'est une technique connue et maîtrisée puisque son invention date de 1854. Elle a bien sûr depuis été considérablement améliorée. [24]

On distingue trois machines à froid à absorption [25] :

- Machine frigorifique à absorption humide.
- Machine frigorifique à absorption sèche.
- Machine frigorifique à absorption solaire.

L'absorption, est un phénomène volumique intéressant la totalité de la masse de l'absorbant en général le système par absorption, une source de chaleur est utilisée pour séparer un constituant volatil d'une solution, le plus souvent binaire. Ce constituant séparé sous phase vapeur est ensuite condensé, puis détendu. Le liquide issu de la détente s'évapore, absorbant ainsi de la chaleur et produisant du froid.

2. Principe de fonctionnement :

Les éléments majeurs suivants sont nécessaires pour produire froid dans le cycle d'absorption (figure II.7), nous mentionnons l'importance de chaque composant :

CHAPITRE II : Production Du Froid

- Un générateur agit comme une "chaudière", et cet échangeur est utilisé pour séparer le liquide de refroidissement de la solution en fournissant de la chaleur.
- Un condensateur sert à condenser la vapeur de fluide frigorigène issu du générateur, le fluide de refroidissement servant à la condensation de cette vapeur sera en général de l'air ambiant.
- Un évaporateur afin de produire l'effet frigorigère, en d'autres termes le niveau de température du liquide à refroidir (par exemple de l'eau entrant à 12°C et sortant à 7°C) fixe la température d'évaporation.
- L'absorbant est utilisé pour stabiliser la vapeur de liquide de refroidissement dans le liquide absorbant, c'est-à-dire concentrée dans la matière volatile inférieure, la chaleur dégagée lors de l'absorption doit également être évacuée, par exemple par l'eau, puis diffusée dans le refroidisseur d'air.
- La pompe augmente la pression du mélange et le dirige vers la chaudière [26].

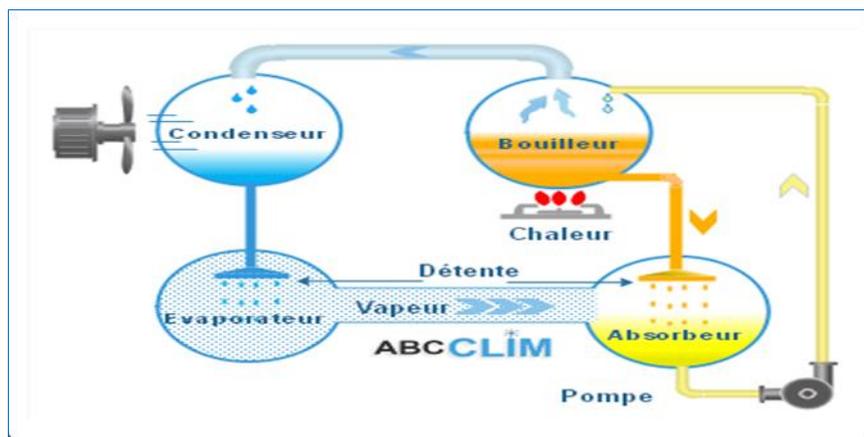


Figure II.7. Machine à absorption [27].

II.3.3. Pompe à chaleur inversée PAC

1. Définition :

Une PAC est une machine thermodynamique qui puise la chaleur dans un milieu naturel appelé "source froide" (eau, air, sol) dont la température est inférieure à celle du local à chauffer [28].

CHAPITRE II : Production Du Froid

La PAC aspire la chaleur de l'environnement extérieur et le diffuse encore plus chaud à l'intérieur des habitations, le cycle inversé de la PAC produit un effet inverse, l'air chaud intérieur, il est transformé et évacué vers l'extérieur.

2. Fonctionnement d'une pompe à chaleur réversible est simple :

Une pompe à chaleur réversible est capable d'inverser ce cycle thermodynamique ; la chaleur puisée à l'intérieur de l'habitation est transférée et rejetée à l'extérieur l'habitation. [29].

Le compresseur aspire le fluide frigorigène à l'état gazeux, à l'entrée de compresseur monter la pression et libérer à la sortie du compresseur, à cette pression le fluide frigorigène passer de l'état gazeux à l'état liquide (liquéfaction) dans le condenseur), la liquéfaction n'est rien d'autre que la perte d'énergie de fluide, le condenseur va chauffer le milieu extérieur (l'environnement), à la sortie du condenseur il y'aura peu de gaz, il y'aura que du liquide, le liquide circule pour arriver à le détendeur, le passage de fluide est très compliqué si ton dire gardé déférant Pression de deux éléments de circuit, à la sortie du détendeur la pression très faible à cause le diamètre de détendeur, à cette pression le liquide commencé à vaporiser dans l'évaporateur l'a 1 bar (à la sortie détendeur), le fluide frigorigène va commencer vaporisé à -10 C° (sourcefroide à l'extérieur de l'évaporateur).

Par exemple pour chouffer maison, nous peut voire mette condenseur à l'intérieur et l'évaporateur à l'extérieure de la maison, à cette manière même avec T plus faible (-10 C°) de milieu extérieur, nous pouvons chouffer l'intérieur à une $T=20\text{ C}^\circ$, plus inertie de complètement système est réversible, il sauf se fait consumer condenseur à l'évaporateur pour créer le froid ($T=20\text{ C}^\circ$).

La figure (II.8) suivante montre comment la pompe à chaleur inversée fonctionne :

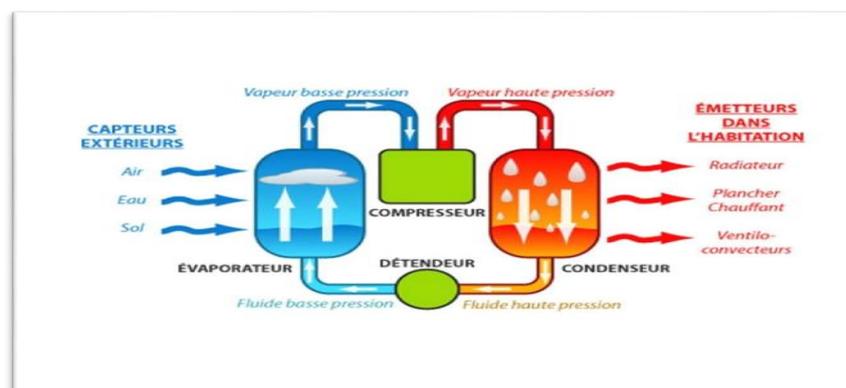


Figure II.8.Fonctionnement pompe à chaleur inversée.

CHAPITRE II :Production Du Froid

II.4. Applications industrielles du froid

Les applications du froid sont nombreuses et spécialement dans l'industrie alimentaire, cela est dû à des causes de santé, de conservation, de concentration et de déshydratation.

Les opérations de refroidissement sont utilisées aussi dans d'autres secteurs, notamment :

- Le génie chimique.
- Les Industries de transformation (mécanique, caoutchouc, plastique).
- La liquéfaction des gaz.
- Les procédés de réfrigération [30].

Tableau II.1. Les différentes applications du froid.

Réfrigération Classique	Gamme de Températures C°	Applications
Réfrigération des denrées	0 à +10	Conservation des aliments à court/moyen terme
Congélation des denrées	-35 à 0	Conservation des aliments à long terme
Lyophilisation	-80 à -30	Dessiccation à basse T
Cryogénie	Gamme de Température (K)	Applications
Liquéfaction du gaz nature	92 à 113	Transport en phase liquide (méthanier)
Liquéfaction de l'air	70 à 80	Distillation
Liquéfaction de l'hydrogène	14 à 30	Recherche nucléaire

CHAPITRE II : Production Du Froid

II.5. Chambre froide

II.5.1. Définition

Les chambres froides sont des chambres réfrigérées qui permettent aux professionnels de conserver leurs produits de façon à ce que la chaîne de froid soit maintenue. Les produits qui peuvent être conservés dans les chambres froides sont variés comme la viande, les poissons, les produits de laboratoire, les légumes et les fruits.

Il existe deux catégories de chambres froides :

- La chambre froide positive .
- La chambre froide négative.

Dans une chambre frigorifique, deux équipements sont indispensables :

- Le groupe de réfrigération .
- Les fluides frigorigènes.

Ces derniers servent de fluide caloporteur et permettent l'échange de chaleur entre elle et le groupe de réfrigération dont elle est équipée. Les systèmes de production de froid négatif et positif ou de production de chaleur en font tout usage [32].

II.5.2. Chambre froide positive (CF+)

Sont des chambres froides classiques, c'est-à-dire qu'elles soufflent de l'air à une certaine température, afin de conserver les aliments , ne servent qu'à conserver les aliments pendant une période assez courte. La particularité des chambres froides positives, c'est qu'elles soufflent de l'air à une température supérieure à zéro degré, contrairement à la chambre froide négative, dont l'air est inférieur à zéro degré [33].

La C.F (+) est composée de deux parties bien distinctes :

- Le circuit frigorifique.
- Les panneaux de la chambre froide [34].

CHAPITRE II :Production Du Froid

II.5.3. Chambres froides négatives (CF-)

Dans les chambres froides négatives, la température d'une denrée est abaissée à un niveau tel que la majeure partie de son eau de constitution est transformée en cristaux de glace plus ou moins gros, on parle alors de congélation. La congélation peut être suivie d'une surgélation ou congélation rapide, la surgélation des denrées consiste à soumettre celles-ci à l'action du froid à basse température, de façon à provoquer rapidement la cristallisation de l'eau de la denrée et abaisser sa température à une valeur suffisamment basse pour que la proportion d'eau non congelée soit très faible.

Les conditions qui motivent la surgélation sont :

- Produits dans un très bon état de fraîcheur et d'hygiène.
- Délai avant congélation réduite.
- Congélation rapide jusqu'à -18 C° .
- Stockage et distribution à une température supérieure à -18 C° [35].

II.6. Comparaison entre une chambre froide négative et positive

II.6.1. Chambre négative

- Capable de produire de l'air très froid, en dessous des 0°C .
- Le fait de congeler des produits alimentaires donne la possibilité de les conserver plus longtemps qu'une chambre positive. Ce type de CF est idéal pour les boucheries afin de conserver de grosses pièces de viande.
- La température d'une chambre négative est de -18°C (et jusqu'à -60°C)
- On retrouve CF (-) dans le secteur alimentaire (pour les aliments congelés, pour conserver de la viande, du poisson ou encore de la crème glacée), aussi dans le secteur médical et hospitalier, nous pouvons par exemple citer les vaccins qui doivent être conservés à -25C .

II.6.2. Chambre positive

- L'intérêt de ce système est de maintenir à une température au-dessus de 0°C .
- Cet espace vous permettra de stocker des légumes, des fruits ou encore des produits laitiers pendant une courte période.

CHAPITRE II :Production Du Froid

- Nous retrouvons le plus souvent dans les restaurants.
 - La température d'une chambre positive se situe entre 0 et 15°C.
 - On retrouve CF (+) dans le secteur pharmaceutique (certains médicaments) et chez les fleuristes (Afin de garder la belle forme et la couleur des plantes qui sont très fragiles...)
- [36].

II.7. Types des chambres froides

Il existe plusieurs types des chambres froides :

- Chambre froide compacte.
- Chambre froide modulable, démontable [37].

II.8. Principe de fonctionnement de la chambre froide

Généralement, une chambre froide fonctionne comme un réfrigérateur, mais avec des contraintes techniques plus importantes et une puissance plus élevée. Cinq éléments principaux constituent une chambre froide (Figure II.9), qu'elle soit négative ou positive, Sont :



Figure II.9.Principaux éléments constituent une chambre froide.

À l'entrée du compresseur (Figure II.10) le fluide frigorigène (gaz) est à basse température et à basse pression et à la sortie du compresseur le gaz est à haute température et haute pression.

Le fluide frigorigène passe du condenseur qui permet au fluide de passer de l'état gazeux à l'état liquide (changement de phase à la température et la pression constantes dans le condenseur).

Ce phénomène de condensation se réalise à l'aide du refroidissement. Le condensateur transmet ensuite son énergie au milieu considéré, qu'il s'agisse de l'eau ou de l'air. À noter qu'il est possible de refroidir en utilisant un condensateur par eau, statique ou avec ventilateur. Le déshydrateur c'est l'élément qui capture l'humidité et qui permet le filtrage des impuretés.

CHAPITRE II : Production Du Froid

Le détendeur est l'élément qui réduit la pression et la température du fluide frigorigène à l'entrée de l'évaporateur. Il garantit également le remplissage de l'évaporateur par le fluide frigorigène. Il s'agit d'un détendeur thermostatique. Le fluide ne change pas l'état physique et la détente de pression et température de gaz (Basse Température et Basse Pression).

A la sortie de l'évaporateur (qui est un échangeur de chaleur transformant le liquide en état de vapeur.), il est indispensable d'utiliser un système de ventilation pour que l'air soit bien diffusé à l'intérieur de la chambre froide. L'évaporateur est lié au conduit d'évacuation d'eau pour libérer les condensats. Cependant, pour une chambre froide négative, un fil chaud est indispensable pour qu'il n'y ait pas de formation de glace. Cet élément absorbe également l'énergie de l'eau ou de l'air au milieu considéré.

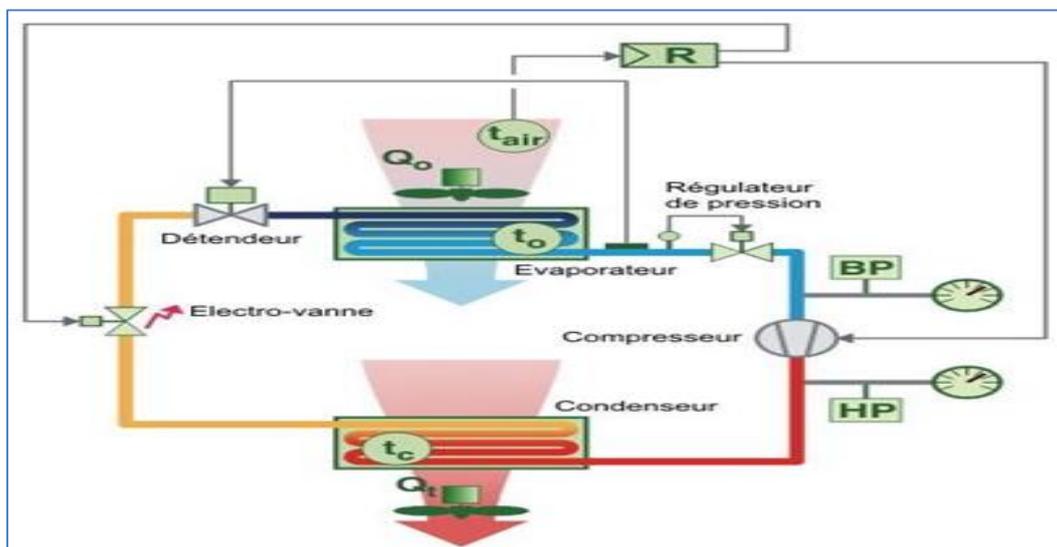


Figure II.10. Fonctionnement chambre froide [38].

Pour que la chambre froide puisse bien fonctionner, il est indispensable qu'elle soit isolée. Généralement, l'isolation est constituée de panneaux préfabriqués composés de deux feuilles de panneaux (métalliques, aluminiums) entre lesquelles une mousse polyuréthane est placée. Les isolants les plus recommandés sont sans HCFC et sans CFC [39].

II.9. Bilan frigorifique d'une chambre froide

Dans une enceinte climatique (refroidie) on doit combattre les différents apports de chaleur qui sont les éléments constitutifs du bilan suivant :

- ✓ **Q_p** : Apport de chaleur par transmission à travers les parois en [Wh/Jour]

CHAPITRE II : Production Du Froid

La quantité de chaleur apportée par conduction à travers les parois est danner par :

$$Q_p = Q \times Sext \times Coeff \quad (\text{II. 1})$$

✓ **Qi** : Apport de chaleur par infiltration en [Wh/J]

$$Q_i = V_i \times I_i \times Coeff(1) \quad (\text{II. 2})$$

✓ **Qm** : Apport de chaleur par les produits ou la marchandise en [Wh/Jour]

$$Q_m = \frac{[(MJ \times Cp1 \times \Delta T) + (M \times L) + (M \times Cp2 \times \Delta T2)]}{3.6} \quad (\text{II. 3})$$

✓ **Qa** : Apport de chaleurs divers ou annexes en [Wh/Jour] (ventilation, éclairage, personnel, dégivrage ...)

Dans tous les cas, aucune d'elles ne doit être négligée

$$Q_a = Q_v + Q_e + Q_p + Q_{dg} \quad (\text{II. 4})$$

▪ **Qv** : Chaleur dégagée par la ventilation en [Wh/Jour]

$$Q_v = V \times Coeff(2) \quad (\text{II. 5})$$

▪ **Qe** : Chaleur dégagée par l'éclairage en [Wh/Jour]

$$Q_e = P \times Sp \times t \quad (\text{II. 6})$$

▪ **Qp** : Chaleur dégagée par personnel en [Wh/Jour]

$$Q_p = Q_c \times N \times Temps \quad (\text{II. 7})$$

▪ **Qdg** : Chaleur dégagée par Dégivrage en [Wh/Jour]

$$Q_{dg} = V \times Coeff(3) \quad (\text{II. 8})$$

✓ La somme des différents apports de chaleur nous donne la quantité de chaleur totale «*Qtotal*» à extraire de la chambre froide.

$$Q_{total} = \sum Q = Q_{parois} + Q_{infiltration} + Q_{marchandise} + Q_{annexe} \quad (\text{II. 9})$$

✓ **Φ** : La puissance frigorifique en [KW]

$$\Phi = Q_{total} / (16 \text{ à } 18 \text{ temps de fonction}) \quad (\text{II. 10})$$

Chapitre III :
Energies
Renouvelables

CHAPITRE III : Energies Renouvelables

III.1. Introduction

L'utilisation des énergies renouvelables est une question qui a gagné en importance ces dernières années, bien sûr en raison de son importance environnementale, mais aussi en raison de l'impact politique, économique et social que l'utilisation de nouvelles sources d'énergie entraîne.

III.2. Définition

L'énergie renouvelable est définie comme suit : « *Les énergies renouvelables (ou **EnR**) désignent un ensemble de moyens de produire de l'énergie à partir de sources ou de ressources théoriquement illimitées, disponibles sans limite de temps ou reconstituées les plus rapidement qu'elles ne sont consommées. On parle généralement des énergies renouvelables par opposition aux énergies tirées des combustibles fossiles dont les stocks sont limités et non renouvelables à l'échelle du temps humain : charbon, pétrole, gaz naturel... Au contraire, les énergies renouvelables sont produites à partir de sources comme les rayons du soleil, ou la biomasse qui sont théoriquement illimitées à l'échelle. Les énergies renouvelables sont également désignées par les termes « énergies vertes » ou « énergies propres ». Le faible impact environnemental de leur exploitation en fait un élément majeur des stratégies **RSE**¹ des entreprises en matière de **développement durable**² »[39].*

¹**La RSE** (Responsabilité Sociale des Entreprises) regroupe l'ensemble des pratiques mises en place par les entreprises dans le but de respecter les principes du développement durable (social, environnemental et économique).

²**Le développement durable** est l'idée que les sociétés humaines doivent vivre et répondre à leurs besoins sans compromettre la capacité des générations futures à répondre à leurs propres besoins

Chapitre III : Energies Renouvelables

III.3. Ressource de l'énergie renouvelable

Il existe cinq ressources de l'énergie renouvelable, et, est défini comme suit

III.3.1. Energie éolienne

L'énergie éolienne (ou énergie du vent) désigne le processus de création d'électricité à partir du vent, ou des flux d'air qui se produisent naturellement dans l'atmosphère terrestre. Les éoliennes modernes sont utilisées pour capter l'énergie cinétique du vent et produire de l'électricité[40].



Figure III.1.Énergie éolienne [41].

III.3.2. Energie hydraulique

L'énergie hydraulique ou hydro-électrique est celle produite par l'eau qui est stockée dans des réservoirs et des lacs à haute altitude (de sorte qu'elle possédait une énergie potentielle gravitationnelle). Si, à un moment donné, elle tombe à un niveau inférieur, cette énergie est transformée en énergie cinétique puis en énergie électrique dans la centrale [42].



Figure III.2.Energie hydraulique [43].

III.3.3. Energie géothermie

L'énergie géothermique est une forme de conversion de l'énergie dans laquelle l'énergie thermique de la terre est captée et exploitée pour la cuisine, le bain, le chauffage des locaux, la production d'électricité et d'autres utilisations[44].



Figure III.3.Chaleur de géothermie [45].

III.3.4.Energie solaire

L'énergie solaire est l'énergie du soleil qui est convertie en énergie thermique ou électrique. L'énergie solaire est la source d'énergie renouvelable la plus propre et la plus abondante disponible, les techniques solaires peuvent exploiter cette énergie à des fins diverses,

Chapitre III : Energies Renouvelables

notamment pour produire de l'électricité, fournir de la lumière ou un environnement intérieur confortable, et chauffer de l'eau pour un usage domestique, commercial ou industriel [46]. Il existe deux principaux types de technologies d'énergie solaire :

- **Solaire photovoltaïque** : également (appelé PV solaire) convertit directement la lumière du soleil en électricité grâce à une technologie connue sous le nom de cellule semi-conductrice ou de cellule PV solaire. La forme la plus courante de cellule solaire PV est généralement enveloppée dans du verre et un cadre en aluminium pour former un panneau solaire.

Les panneaux solaires photovoltaïques sont actuellement le type de technologie le plus répandu, mais d'autres types de panneaux solaires photovoltaïques sont en cours de développement pour des applications ciblées, notamment les panneaux photovoltaïques pouvant être intégrés dans les bâtiments, les panneaux photovoltaïques flexibles et même les peintures photovoltaïques.

- **Solaire thermique** : Convertit la lumière du soleil en chaleur (également appelée énergie thermique), qui peut être utilisée à diverses fins, notamment pour créer de la vapeur afin d'alimenter un générateur d'électricité. Cette énergie thermique peut également être utilisée pour alimenter un cycle de réfrigération afin de fournir un refroidissement à base d'énergie solaire. Il existe deux principaux types de technologies solaires thermiques :
 - **La technologie thermique à petite échelle** : est utilisée pour le chauffage des locaux ou pour chauffer de l'eau.
 - **Le solaire thermique concentrée** : récolte la chaleur du soleil pour produire de l'électricité à grande échelle. Il utilise un champ de miroirs pour réfléchir la lumière du soleil sur un dispositif appelé récepteur, qui transfère la chaleur à un système de stockage d'énergie thermique. L'énergie peut alors être libérée du stockage selon les besoins, de jour comme de nuit [47].



Figure III.4.Panneau solaire [41].

- ✚ **Fonctionnement de l'énergie solaire :** l'énergie solaire fonctionne en convertissant la lumière du soleil en électricité. Cette électricité peut ensuite être utilisée ou exportée vers le réseau lorsqu'elle n'est pas nécessaire. Pour ce faire, il faut installer sur le toit des panneaux solaires qui produisent de l'électricité en courant continu (**DC**). Celui-ci est ensuite alimenté par un onduleur solaire qui convertit le courant continu de panneaux solaires en courant alternatif (**AC**).
- Les cellules solaires produisent de l'électricité grâce à l'effet photovoltaïque, où la lumière du soleil crée de l'électricité dans certains matériaux en faisant se détacher leurs électrons extérieurs.
 - L'électricité continue produite par les panneaux solaires est dirigée vers l'onduleur central (ou micro onduleur, selon la configuration du système), où elle est convertie en électricité alternative que les maisons et les appareils peuvent utiliser[48].

III.3.5. Energie biomasse

La biomasse est un terme industriel pour obtenir de l'énergie en brûlant des matières organiques qui proviennent de plantes et d'animaux. Plantes ou matières végétales qui ne sont pas utilisées pour l'alimentation humaine ou animale, et qui sont spécifiquement appelées biomasses lignocellulosiques. La biomasse est une source d'énergie renouvelable et durable, elle peut être utilisée soit directement par combustion pour produire de la chaleur, soit indirectement après conversion en diverses formes de biocarburants[49].

Il existe deux types de la biomasse :

Chapitre III : Energies Renouvelables

- **Biomasse sèche** : le bois de feu est la plus ancienne source d'énergie. Les divers déchets ligneux constituent la « biomasse sèche » et sont également appelés « Bois-énergie ».
- **Biomasse humide** : Les déchets organiques d'origine agricole (fumiers, lisiers...) agroalimentaire ou urbaine (déchets verts, boues d'épuration, fraction fermentescible des ordures ménagères...) constituent la « biomasse humide », qui peut être transformée en énergie ou en engrais/amendement [50].



Figure III.5. Centrale de l'énergie biomasse [50].

- ✚ **Fonctionnement de l'énergie biomasse**: la production d'électricité d'une centrale biomasse comporte plusieurs étapes :
- **La combustion** : L'ensemble des déchets organiques (végétaux, déchets animaux) que l'on appelle la biomasse, sont brûlés dans une chambre de combustion.
- **La production de vapeur** : Cette combustion chauffe de l'eau dans une chaudière, dont se dégage de la vapeur qui, en grande partie envoyée sous pression vers les turbines, va actionner leur mouvement. Une plus petite partie sera récupérée et réutilisée pour le chauffage. C'est le principe de cogénération.
- **La production d'électricité** : Chaque turbine en action fait elle-même fonctionner un alternateur, qui produit alors un courant électrique alternatif.
- **Le transport** : Un transformateur augmente la tension du courant électrique pour lui permettre de passer dans les lignes à moyenne et haute tension.
- **Le recyclage** : la vapeur est transformée en eau à l'aide d'un condenseur afin d'être récupérée et réutilisée dans la chaudière pour un nouveau cycle[51].

Chapitre III : Energies Renouvelables

III.4. Etude comparative entre les ressources de l'énergie renouvelable

Dans cette section, nous comparons les différentes ressources de l'énergie renouvelable décrite dans les sections précédentes. Le tableau « un » récapitule les avantages et inconvénients de chaque ressource. Ainsi, le tableau « deux » récapitule d'une façon générale leurs principales caractéristiques.

À partir de ces tableaux, nous pouvons remarquer que le système « énergie solaire » et « énergie biomasse » ont des points forts et des points faibles par rapport aux autres ressources (éolienne, hydraulique et géothermique).

Tableau III.1. Les avantages et les inconvénients Ressources d'énergies renouvelables.

Ressources	Avantages	Inconvénients
Eolienne [52]	<ul style="list-style-type: none">• Produire l'électricité éolienne : sans dégrader la qualité de l'air, sans polluer les eaux• L'électricité éolienne garantit une sécurité d'approvisionnement face à la variabilité des prix du baril de pétrole.• Un parc éolien prend peu de temps à construire, et son démantèlement garantit la remise en état du site original.	<ul style="list-style-type: none">• L'électricité éolienne est une énergie intermittente.• L'énergie éolienne ne suffit pas en elle-même à définir une politique énergétique et environnementale.• La solution serait de coupler l'électricité éolienne à des panneaux solaires photovoltaïques.
Hydraulique [52]	<ul style="list-style-type: none">• Est une issue d'une source d'énergie verte• Elle n'émet de gaz à effet de serre, elle préserve donc la planète du réchauffement climatique.• Elle ne produit pas de déchets	<ul style="list-style-type: none">• Elle suppose la construction d'installations de barrages avec un fort impact sur les écosystèmes environnants.• Les zones d'exploitation de l'énergie hydraulique sont limitées à des

Chapitre III : Energies Renouvelables

		<ul style="list-style-type: none"> • Endroits montagneux. • La production hydroélectrique demande de lourds investissements de capitaux.
Géothermie [53]	<ul style="list-style-type: none"> • La géothermie à basse énergie peut être utilisée pour le chauffage de nos habitations. • Elle utilise uniquement des éléments naturels qui sont notamment la chaleur de la Terre et l'eau. Aucune réaction chimique ou physique n'est nécessaire. 	<ul style="list-style-type: none"> • Émissions toxiques. • Impact environnemental. • Il ne peut pas être transporté comme source principale de chaleur, il doit être consommé à l'endroit même où il provient. •
Solaire [54]	<ul style="list-style-type: none"> • Il ne génère ni pollution ni émission de gaz à effet de serre. Il ne contribue pas au changement climatique. • Ne nécessite pas de carburant. Seul le rayonnement du soleil. Il est facile d'ajouter ou de retirer des modules en fonction de la demande d'énergie. 	<ul style="list-style-type: none"> • Peu esthétique et installation limitée. • Coût élevé de l'installation. • Durabilité limitée dans le temps.
Biomasse [55]	<ul style="list-style-type: none"> • Est une source d'énergie stable avec des actifs géographiquement bien diversifiés et peu de risques politiques. • Si la biomasse est bien manipulée, elle est neutre en carbone à long terme. • Elle utilise dans la production d'électricité au lieu des combustibles fossiles. 	<ul style="list-style-type: none"> • Les coûts et les impacts du transport pour amener le bois là où la ressource manquent. • Livraison de plus grands volumes difficiles à sécuriser. Provoque la pollution des eaux et des sols.

Chapitre III : Energies Renouvelables

Tableau III.2.Comparaison entre les ressources de l'énergie renouvelable.

Sources	Coût	Rendement	La durée de vie	Utilisation
Eolienne	Moins couteuse [62]	Un bon rendement [58]	La durée dévie d'un parc éolien est estimée à 20 ans à 30 ans[61]	Électricité [56]
Hydraulique	Coût élevé de l'investissement [60].	70% à 80% [58].	Une durée de vie de 20 à 50 ans[63].	Électricité [56]
Géothermie	Le coût élevé d'investissement [66].	Rendement électrique faible (5-15%) [56].	Durée de vie d'environ 20 ans. Une indépendance[59].	Electricité et la chaleur[56].
Solaire	Moins Coûteuse [67]	Très élevé [56]	Panneau solaire a une durée de vie moyenne de 25 ans en Algérie [57]	Electricité et la chaleur[56]
Biomasse	Le coût à l'achat d'une cheminée ou d'une chaudière biomasse reste onéreux[64]	Un bon rendement [58]	La durée de vie de ce genre d'équipement peut aller de 20 à 25 ans en viron [64]	Électricité, chaleur, transport, biogaz ou bioc arburant. [56]

III.5. Relation entre l'énergie renouvelable et le froid

La production du froid par l'énergie renouvelable connue sous plusieurs noms « le refroidissement renouvelable, refroidissement vert ou refroidissement de processus ».

Chapitre III : Energies Renouvelables

Le refroidissement renouvelable est la fourniture de refroidissement aux bâtiments en utilisant des ressources naturelles renouvelables, au lieu de consommer des combustibles fossiles. La solution standard pour refroidir les bâtiments consiste à utiliser des refroidisseurs et des systèmes de climatisation qui consomment une très grande quantité d'électricité : cela coûte cher et (si l'électricité provient d'une centrale électrique alimentée au gaz, au pétrole ou au charbon) entraîne le rejet de grandes quantités de CO₂ dans l'atmosphère.

III.6. Froid par l'énergie solaire

Le refroidissement solaire est un système qui convertit la chaleur due soleil en refroidissement pouvant être utilisé pour la réfrigération et la climatisation. Un système de refroidissement solaire recueille l'énergie solaire et l'utiliser dans un processus de refroidissement thermique qui est à son tour utilisé pour diminuer et contrôler la température à des fins telles que la production d'eau glacée ou la climatisation d'un bâtiment. [68]

Il existe de nombreuses techniques de cycle de refroidissements différentes qui utilisent différents principes pour fonctionner. Parmi les trois techniques les plus populaires, citons :

- Cycles d'absorption
- Cycles de dessiccation
- Cycles de mécanique solaire

Dans ce travail notre choix s'est porté sur la machine absorption à cause de l'absence de compresseur mécanique, donc moins de vibrations et moins de bruits. D'où le fait que ces machines demandent un entretien limité et présentent une grande longévité. Aussi, la possibilité de valoriser une énergie calorifique disponible et d'éviter ainsi la consommation électrique d'un compresseur[69].

✚ **Fonctionnement de froid solaire** : principe de l'utilisation solaire dans une machine frigorifique à d'absorption, le processus de refroidissement se déroule comme suit :

- L'absorbeur contient un mélange absorbant réfrigérant qui est délivré au générateur via une pompe à liquide.
- Le générateur prend le mélange absorbant réfrigérant et le chauffe en utilisant l'énergie solaire externe qui a été collectée via une source telle qu'un panneau solaire. La solution commence à bouillir en réaction à la chaleur, transformant l'eau en vapeur qui s'écoule vers le condenseur.

Chapitre III : Energies Renouvelables

- Le condenseur liquéfie la vapeur d'eau, rejetant la chaleur dans le processus qui est collecté par le dissipateur de chaleur. Le nouveau condensat liquide est ensuite dirigé vers l'évaporateur via un détendeur.
- L'évaporation du réfrigérant à basse pression amène l'évaporateur à absorber la chaleur de l'espace refroidi, créant l'effet de refroidissement
- Le réfrigérant vaporisé retourne à l'absorbeur et le cycle se répète. L'énergie solaire est responsable de la conduite de ce cycle[68].

III.7. Froid par l'énergie biomasse

Le refroidissement à la biomasse est un moyen renouvelable de refroidir (les locaux, les bureaux ...etc.). En plus d'offrir des économies de carbone (diminution des gaz à effet de serre GES).

La biomasse est une source de carburant sûre et fiable qui minimise la volatilité des prix du carburant, souvent ressentie par les utilisateurs de pétrole et de gaz.

Il existe plusieurs méthodes pour convertir la biomasse en électricité :

- La première consiste simplement à brûler directement la biomasse, à chauffer de l'eau en vapeur et à l'envoyer dans une turbine à vapeur, qui produit ensuite de l'électricité.
- La deuxième voie nécessite la gazéification de la biomasse. Un gazéificateur de biomasse prend la biomasse sèche, comme les déchets agricoles, et avec l'absence d'oxygène et des températures élevées produit du gaz de synthèse (**CO + H₂**), également connu sous le nom de pyrolyse de la biomasse, également appelé pyrolyse de la biomasse.

Le processus de gazéification transforme la biomasse humide, comme les déchets alimentaires et le fumier, en méthane (**CH₄**) dans un réservoir de digestion. Le méthane et le gaz de synthèse peuvent être utilisés dans un moteur à gaz ou une turbine à gaz pour la production d'électricité.

- Une troisième façon de produire de l'électricité à partir de la biomasse. Gazéifiée consiste à utiliser des piles à combustible. Si nous disposons de biogaz suffisamment pur, nous pouvons utiliser des piles à combustible pour produire de la bioélectricité. Les piles à combustible se décomposent rapidement si le gaz contient des impuretés.

Chapitre III : Energies Renouvelables

Cette technique n'est pas encore commerciale. Les biocarburants, comme l'éthanol, le biodiesel et la bio huile, peuvent également être utilisés pour la production d'électricité dans la plupart des types de générateurs électriques construits pour l'essence ou le diesel[70].

III.8. Conclusion

Nous vivons dans une société de consommation, où nos besoins d'énergie augmente car elle est nécessaire dans notre vie comme le chauffage, l'éclairage, le refroidissement ...etc. Mais cette énergie n'est pas éternelle. Nous recherchons donc une alternative sans impact environnemental, à savoir les énergies renouvelables.

L'énergie renouvelable est une grande partie de notre avenir énergétique car elle permet un développement futur. Soleil et biomasse, éolienne ...etc. Toutes sont des énergies capables de générer de l'énergie grâce aux technologies développées par les chercheurs. Et l'énergie solaire et la biomasse jouent un rôle important dans le refroidissement, en produisant de l'électricité puis en utilisé dans plusieurs domaines : les climatiseurs ou bien les chambres froides...etc. Puis en couvrant les coûts élevés de l'électricité.

Dès lors, l'utilisation des sources d'énergies renouvelables semble être une solution adéquate.

Chapitre IV :
Etude Théorique
D'un Système
Hybride

CHAPITRE IV Etude Théorique D'un Système Hybride

IV.1. Introduction

L'instabilité de la disponibilité des énergies renouvelables est l'un des maillons faibles de ce domaine, quelle que soit la source, soleil, biomasse, vent..., la génération d'électricités n'est pas toujours stable, elle est plus coûteuse pour la faire stocker.

Vu le changement climatique dû à l'usage des sources non renouvelables est nocif à notre planète, il est indispensable ces jours-là de se retourner vers les énergies renouvelables.

Grâce à l'électronique la maîtrise des énergies renouvelable est devenue possible, un dispositif de contrôle et surveillance permet l'hybridation des énergies renouvelables est possible, on peut contrôler, gérer et produire de l'énergie électrique stable et fiable depuis plusieurs sources à la fois.

IV.2. Principe de fonctionnement

Dans ce travail, nous avons deux sources différentes d'énergies renouvelables la première est principalement dépendant du rayonnement solaire, l'autre source est une génératrice électrique usant la biomasse comme carburant. La troisième source réseaux électriques, est une source stable et fiable, elle est prise point de référence par notre contrôleur hybride.

Le contrôleur hybride est un dispositif qui marche avec une loi logique. Il possède plusieurs entrées destinées à recevoir l'énergie électrique depuis nos trois sources (solaire – biomasse – réseaux électriques) et une sortie pour fournir de l'électricité à notre charge.

Grâce à ces capteurs il peut mesurer les grandeurs des énergies acquises par les trois sources et favorise l'usage de l'énergie solaire vue qu'elle est la moins coûteuse, si la charge demande plus d'énergie il peut ajouter la différence depuis la biomasse. Dans le cas échéant il fait appel à l'énergie disponible dans le réseau électrique. Ce type de gestion d'énergie est appelé système Hybride. La figure (IV.1) suivante récapitule le principe de fonctionnement et le branchement entre les différents systèmes.

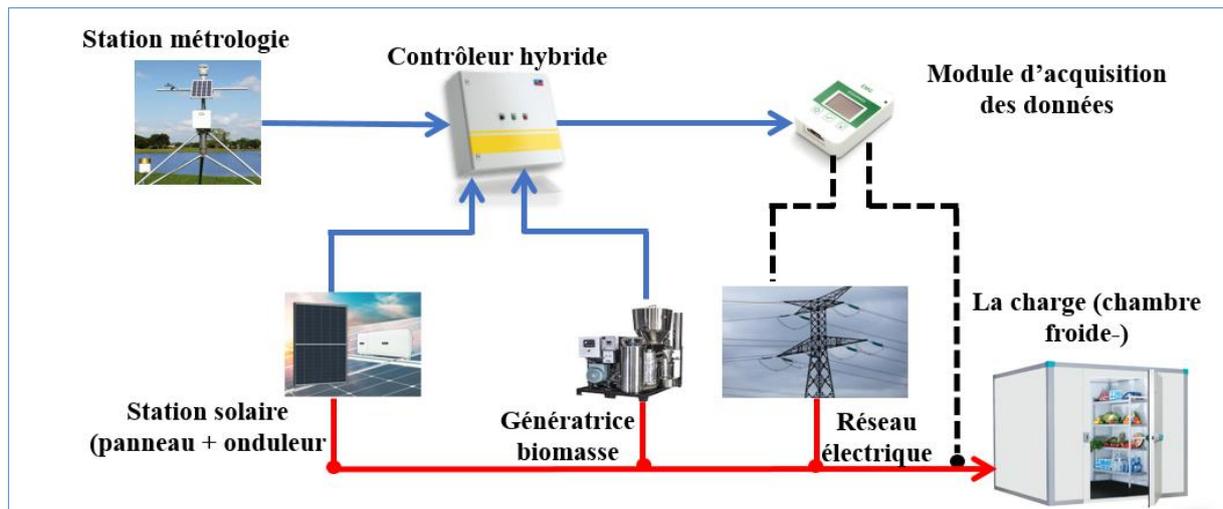


Figure IV.1. Principe de fonctionnement système hybride.

IV.3. Étude technique

Dans cette partie nous définissons la charge ou bien récepteur (chambre froide négative), station solaire (panneau solaire photovoltaïque + onduleur), génératrice biomasse, réseau électrique Sonelgaz, régulateur et contrôleur hybride

IV.3.1. Définition de la Charge

Notre charge(cas de cette présente étude) est une chambre froide de type négative pour la congélation des dattes situéesà wilaya de Biskra avec des données suivantes :

- Un volume de 100m³
- Les dimensions 6 / 4 / 4,15 (profondeur/ largeur/ hauteur).
- Capacité de stockage 25 tonnes.
- Capacité frigorifique de 8 KW.
- Puissance électrique 13.5 KW /h.

Nous obtenir la valeur de la puissance électrique de la chambre froide de type négative (13.5KW/h) à partir les calculs(la somme puissances de choix équipement de la chambre froide négative égale la puissance électrique de la chambre négative) nous obtenir par l'annexe (A).

CHAPITRE IV Etude Théorique D'un Système Hybride

IV.3.2. Station solaire

Dans cette station nous commençons par définir les durées de vie du panneau solaire PV et Onduleur, ensuite nous présentons ses principales caractéristiques (courant, tension, rendement...), et comment fonctionne le panneau solaire avec l'onduleur.

✚ **Panneaux solaires** : sont destinés à récupérer l'énergie du rayonnement solaire pour la transformer en chaleur ou en électricité. Et dans notre cas nous avons choisi la marque « LONGi », qui fournit diverses caractéristiques telles que :

- Une garantie de dix ans pour les matériaux et le traitement.
- Vingt-cinq ans pour une puissance de sortie linéaire supplémentaire.
- Une puissance flirtant avec les 400 WC et des rendements proches de 20% fait de ce panneau solaire une référence.
- Nombre d'entrée dans l'onduleur et son intervalle d'opération de voltage pour répondre aux exigences.

Le panneau solaire est équipé avec :

- Le module solaire photovoltaïque monocristallin LONGi 440 WC
- L'onduleur SMA de la puissance électrique de 17 kWh.
- ❖ **Choix de puissance électrique du panneau solaire** : nous avons choisi le panneau solaire photovoltaïque 440 WC à base de :
 - Besoins récepteurs appelé la charge (chambre froide négative)
 - Nombre panneau réduit = avantage (minimisé le cout).
 - Caractéristiques (Puissance électrique, courant et tensions) à la sortie de l'onduleur.
 - La puissance électrique de panneau solaire en marché international (30 W à 570 W).

Pour obtenir le nombre des panneaux solaires, les calculs sont effectués comme suit :

CHAPITRE IV Etude Théorique D'un Système Hybride

1) Calculer la puissance apparente (S) :

$$Pa = s * \cos\varphi \quad (\text{IV.1})$$

Où :

Pa : puissance active (kW). \longrightarrow Pa = 13.5 kW

$\cos\varphi$: Facteur de puissance. \longrightarrow $\cos\varphi = 0.8$

Pa et $\cos\varphi$ sont calculées comme définit dans (chapitre IV section 2.1.).

D'après l'équation (IV.1) :

$$S = p \div \cos\varphi$$

$$S = 13.5 / 0.8$$

$$S = 16.88 \text{ kVa}$$

2) Calculer la puissance du panneau (Pp) :

$$Pp = U \times I \quad (\text{IV.2})$$

Où :

U : Tension (volt). \longrightarrow U=50 volts

I : Intensité en (ampère). \longrightarrow I=8.8 ampères

D'après l'équation (IV..2) :

$$Pp = 50 \times 8.8 = 440 \text{ Watt}$$

3) Calculer le nombre des panneaux solaires(N) :

$$N = \frac{S}{PP} \quad (\text{IV.3})$$

$$N = 16.88 / 440$$

$$N = 38$$

Donc nous obtenons selon nos calculs 38 panneaux.

Pour monter ces panneaux en série et en parallèle en même temps nous obtenons 19 panneaux (38/2).

CHAPITRE IV Etude Théorique D'un Système Hybride

- ❖ **Câblage de panneau solaire** : les panneaux peuvent être câblés en série, ou en parallèle en fonction des résultats attendus :
 - En série pour une tension (V) plus élevée.
 - En parallèle pour une intensité (A) plus importante.
 - En série et en parallèle pour augmenter à la fois la tension et l'intensité du système.

Dans cette section nous prendrons le câblage en série et en parallèle :

- **Branchement mixte (en série et en parallèle)** : est le branchement qui s'impose lorsque nous avons besoin d'une certaine puissance à une tension voulue (en volts, V). Les règles du montage en série et celles du montage en parallèle s'appliquent dans le cas du montage mixte. Il convient d'avoir des produits de même tension et de même intensité ou capacité. Un ensemble monté en série s'appelle un "string", il est possible d'ajouter des panneaux de mêmes tensions dans les strings pour augmenter la tension (en volts, V). Ou alors d'ajouter un ou plusieurs strings si vous avez besoin de plus d'intensité pour plus de puissance [71].

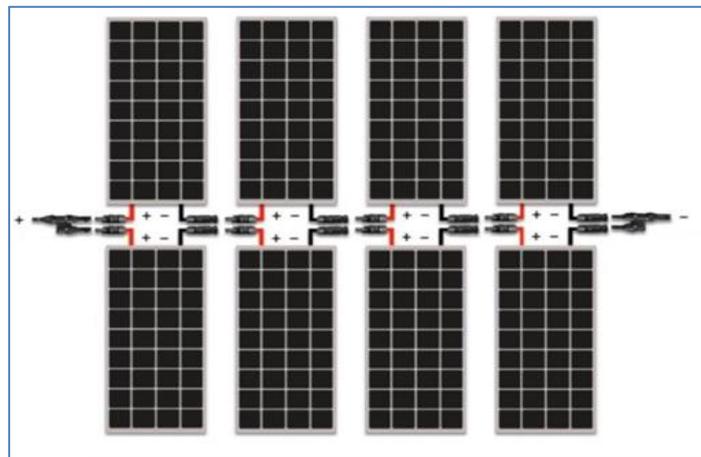


Figure IV.2. Branchement en série-parallèle [72].

- ❖ **Avantages et inconvénients de panneau solaire « LONGi »** : le tableau ci-dessus récapitule les avantages et les inconvénients de panneau solaire « LONGi », voire l'annexe B.

CHAPITRE IV Etude Théorique D'un Système Hybride

Tableau IV.1. Les avantages et les inconvénients du panneau solaire « LONGi ».

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none">• Hauts rendements.• Puissance élevée.• Esthétique.• La fourniture de puissance réactive 24h/24.	<ul style="list-style-type: none">• La performance est fonction de la météo.• Le coût d'investissement est actuellement encore très élevé.

✚ **Onduleur** : Permet de transformer le courant électrique continu (DC) en courant alternatif (AC). Il existe plusieurs marques d'onduleurs dits hybride et qui peuvent être couplées avec plusieurs autres sources. Dans notre cas d'étude, nous avons choisi un onduleur triphasé "SMA" pour des dimensionnements simples qui fournit les caractéristiques suivantes :

- Doté d'une technologie novatrice, il assure une installation simple, des niveaux élevés de production et une assistance au réseau fiable.
- Il se distingue par sa grande souplesse lors de la conception d'installations de puissances allant de 10 kW jusqu'au mégawatt.
- L'onduleur dispose d'un dispositif complet de protection avec détection du dysfonctionnement des strings, fusibles string électroniques et fonction intégrable de protection contre la foudre.

Le **SMA** allie donc disponibilité maximale et baisse des coûts de l'installation voire l'annexe(C).

❖ **Avantages et inconvénient de l'onduleur « SMA »** : le tableau ci - dessus récapitule les avantages et les inconvénients de l'onduleur « **SMA** », voire l'annexe (C).

CHAPITRE IV Etude Théorique D'un Système Hybride

Tableau IV.2. Les avantages et les inconvénients technique de l'onduleur SMA .

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none">• Fort rendement 98.5%.• Large plage de tension d'entrée.• Polyvalence sur type de panneau solaire choisis.	<ul style="list-style-type: none">• Il devient moins performant en cas d'absence du soleil.• Son entretien doit être exclusivement pris en charge par un professionnel, et impose la souscription à un contrat de maintenance.

Fonctionnement du panneau solaire – onduleur :

Avant de placé système PV(onduleur-panneau solaire) ce doit être une armoire de protection composée de disjoncteurs divisionnaires.

Après la protection du système, en passent à l'installation de panneaux en les raccordant par des câbles solaires photovoltaïques placés source fond terre puis on les connecte avec l'onduleur qui convertit le courant continu des modules photovoltaïques en courant alternatif identique à celui du réseau.

Dans sa conversion, l'onduleur cherche à chaque instant le point maximal de fonction(MPP) en fonction des caractéristiques Résistance du champ photovoltaïque comme le montre la figure (IV.3) qui récapitule le fonctionnement système PV.

CHAPITRE IV Etude Théorique D'un Système Hybride

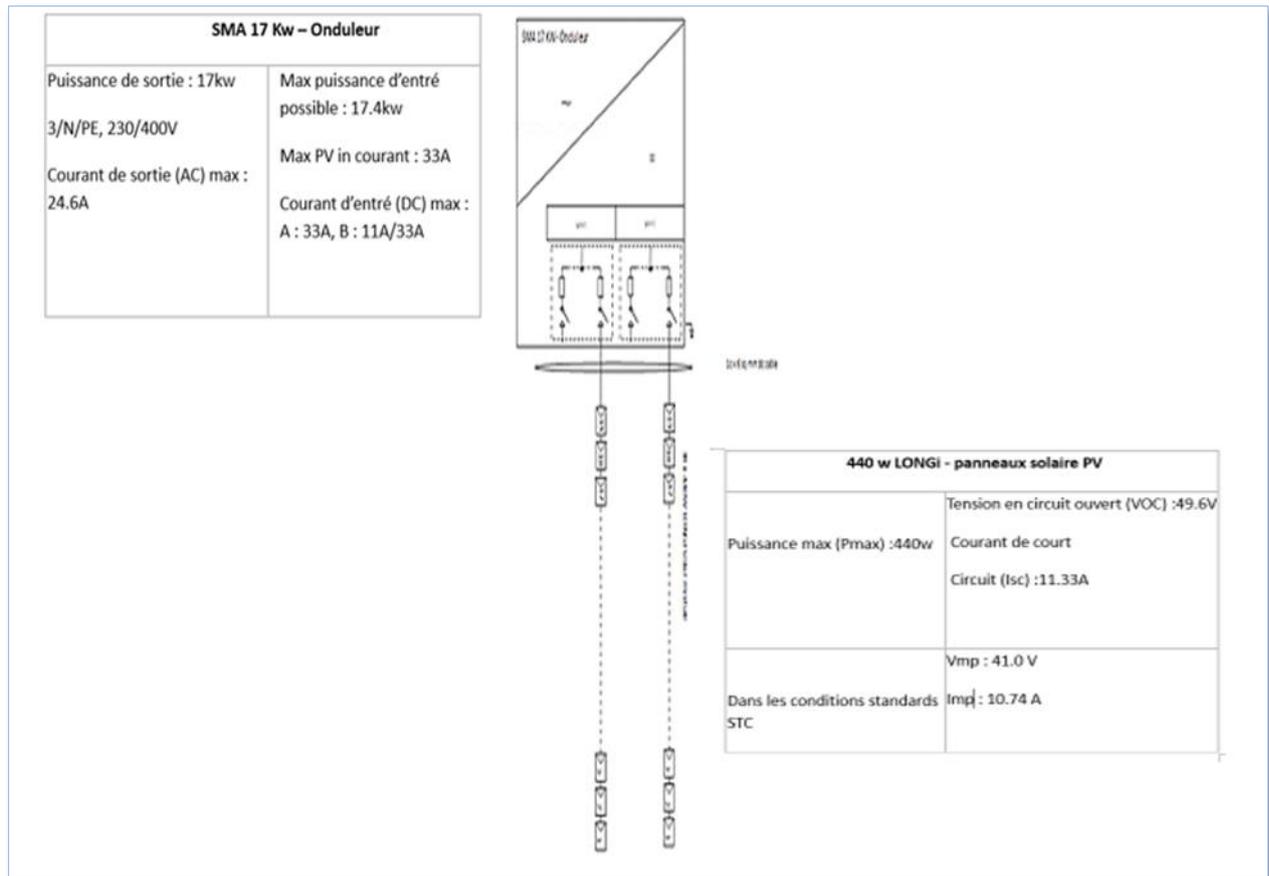


Figure IV.3. Fonctionnement de système PV (Onduleur-panneau Solaire).

IV.3.3. Génératrice biomasse

La génératrice biomasse fonctionne avec tout type de combustibles (bois ou végétaux) : résidus forestiers et agricoles, copeaux, granulés ou plantes énergétiques.

Dans notre cas d'étude, notre choix s'est porté sur un générateur type (**PowerPallet**) c'est une nouvelle génération d'appareils énergétiques qui utilisent une source d'énergie renouvelable qui est la biomasse en remplacement du mazout ou fuel (diesel). Il combine les meilleures caractéristiques d'utilisabilité des générateurs diésels, avec le fonctionnement propre des énergies renouvelables typiques, avec le potentiel d'un impact négatif en carbone (annexe D).

La puissance électrique disponible dans le marché est de **22KW**. C'est un avantage car la génératrice biomasse fonctionne à $13.5 / 22 = 60 \%$ de sa capacité ce qui fait augmenter sa durée de vie. De là, la Power Pallet est une solution complète pour la production d'électricité commerciale via la biomasse.

CHAPITRE IV Etude Théorique D'un Système Hybride

✚ Capacité énergétique :

La puissance électrique de la génératrice biomasse « Power Pallet » est de 22 kW et la consommation de la biomasse est de 1 kg/kWh (annexeD).

✚ Avantages et inconvénients :

Le tableau ci-dessus récapitule les avantages et les inconvénients de génératrice biomasse (annexe D) :

Tableau IV.3. Les avantages et les inconvénients de génératrice biomasse

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none">• Le taux d'émission de CO2 est particulièrement faible.• Convertis la biomasse ligneuse en électricité.• Le moteur est fermé et les ventilateurs de refroidissement sont des ventilateurs électriques à faible bruit.	<ul style="list-style-type: none">• Un important coût d'installation.• Prix élevé.

IV.3.4. Réseau électrique

Le réseau électrique peut se définir comme l'infrastructure permettant la mise en relation entre la production d'électricité et les usages finaux. En réalisant cette interface, le réseau assure non seulement un lien physique permettant la circulation des flux d'énergie mais aussi une mise à disposition de services pour la collectivité [73].

Dans ce travail, nous avons utilisé le réseau électrique **Sonelgaz**, qui est considéré comme source de sécurité pour le système hybride. Il permet de remplacer le solaire ou biomasse dans le cas où le solaire ou la biomasse est insuffisant selon les cas suivants :

- **Cas 1** : le réseau électrique remplace la source solaire au matin (saisons d'hiver ou d'automne), si la puissance de panneau solaire ne suffit pas à la charge électrique de la chambre froide négative.
- **Cas 2** : le réseau électrique remplace la source biomasse, si le déchet ne suffise pas à la charge électrique de la chambre froide négative.

CHAPITRE IV Etude Théorique D'un Système Hybride

Ainsi, le réseau électrique Sonelgaz intervient comme secours au système hybride en cas de problème.

✚ Avantages et inconvénients :

Le tableau ci-dessus récapitule les avantages et les inconvénients techniques du réseau électrique :

Tableau IV.4. Les avantages et Les inconvénients Réseau électrique Sonelgaz [74].

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none">• Une énergie peu chère à produire.• Coût minimal.• Protection système hybride.• Disponible tout la journée.	<ul style="list-style-type: none">• Une énergie difficile à stocker• Perte de puissance due à l'effet de joule (chaleur)• Énergie fossile.

IV.3.5. Station météo

Ou souvent appelé « **parc météorologique** » une enceinte qui rassemble tous les instruments météorologiques afin de déterminer les valeurs des variables qui composent l'atmosphère. Le but de l'installation d'une station est de prévoir le temps et de déterminer le climat [75].

IV.3.6. Régulateur et contrôleur hybride :

En général le contrôleur hybride (régulateur hybride) contrôle la puissance des sources :

- Système PV « panneau solaire – onduleur ».
- Groupe électrogène « biomasse ».
- Réseau public Sonelgaz en même temps.
- Récepteur (chambre froide négative).

CHAPITRE IV Etude Théorique D'un Système Hybride

Dans notre présent travail, nous utilisons le contrôleur hybride de la marque SMA (FSC) à cause des avantages des caractéristiques compatibles avec les caractéristiques de (génératrice biomasse, système PV (onduleur « SMA » - Panneau solaire « LONGi »))

Le contrôleur d'économie de carburant (FSC) de SMA est un élément-clé de la solution SMA pour les systèmes hybrides photovoltaïques / biomasses. Il permet d'utiliser l'énergie solaire pour produire de l'électricité de manière rentable afin de réduire la consommation de carburant des génératrices biomasses.

En tant qu'interface reliant la génératrice biomasse, le système PV et la charge, il gère l'alimentation PV en fonction des besoins selon les profils de charge et de production du système dans son ensemble.

Le FSC assure des fonctions complètes de gestion du réseau, garantit une sécurité opérationnelle maximale et réduit au minimum les dépenses d'exploitation et les émissions de CO₂ (annexe E).

✚ Rôle du contrôleur hybride :

La figure (IV.4) montre le rôle du contrôleur hybride SMA.

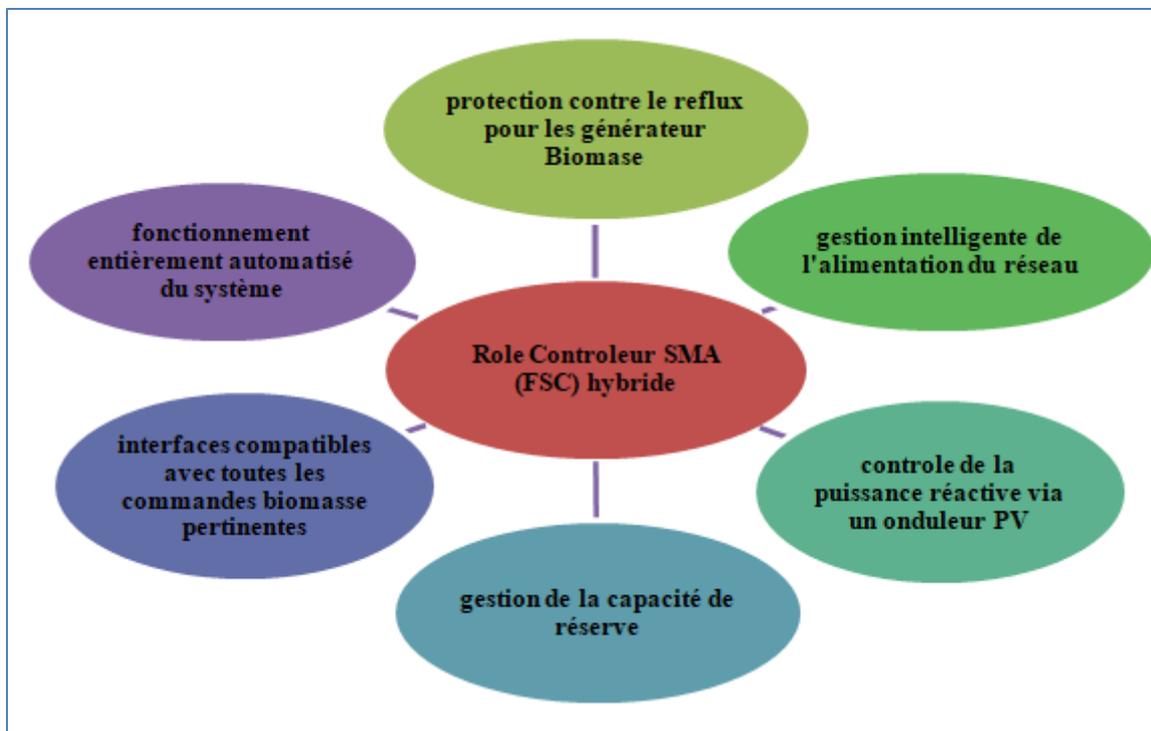


Figure IV.4. Rôle du contrôleur hybride SMA.

CHAPITRE IV Etude Théorique D'un Système Hybride

✚ Avantages et inconvénients du contrôleur hybride SMA :

Tableau ci-dessous récapitule les avantages et les inconvénients de contrôleur hybride SMA (annexe E).

Tableau IV.5. Les avantages et Les inconvénients Contrôleur Hybride SMA .

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none">• Jusqu'à 75% de pénétration photovoltaïque.• La bonne version du produit et la configuration du système pour chaque taille du système.• Les systèmes de stockage d'énergie peuvent être intégrés à tout moment.• Installation simple et rapide.• Commande facile avec PC standard.	<ul style="list-style-type: none">• Indisponible en Algérie.

IV.4. Contrôle et maintenance du système

La maintenance d'un équipement est l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé. Et cela est fait par l'entretien, maintenance et contrôle les équipements du système hybride comme illustre le tableau ci-dessus (IV.6) :

CHAPITRE IV Etude Théorique D'un Système Hybride

Tableau IV.6. Contrôle et maintenance du système.

		Panneau solaire	Onduleur	Génératrice biomasse	Réseau électrique
Maintenance	Préventive	<ul style="list-style-type: none"> • L'inspection des panneaux solaires. • La vérification des boîtiers de protection. • Tests les divers électriques jusqu'à l'analyse complète de l'onduleur, et de sa bonne marche (tests « onduleur »). 	<ul style="list-style-type: none"> • Vérification visuelle de l'état de l'appareil et de son environnement • Vérification des éléments mécaniques, du serrage des connexions, ventilateurs... • Remplacements périodiques des pièces d'usure : ventilateurs, condensateurs, cartes électroniques... 	<ul style="list-style-type: none"> • Toutes les deux semaines, procéder aux contrôles demandés dans le guide d'entretien. • Tous les mois, le groupe électrogène doit tourner pendant 30 minutes en charge à 50%. • Nettoyer le pare-étincelles et contrôler le tuyau du carburant tous les six mois. • Nettoyer la chambre à combustion toutes les 2 années. 	<ul style="list-style-type: none"> • Réduire la dégradation ou la possibilité d'une défaillance de l'installation afin qu'une maintenance soit requise à des intervalles prédéterminés ou selon des critères prescrits.

CHAPITRE IV Etude Théorique D'un Système Hybride

	Corrective	<ul style="list-style-type: none"> • Lorsque l'installation a fait l'objet d'une panne ou d'un sinistre, la maintenance curative est mise en œuvre. • En règle générale, le ou les modules défectueux sont tout simplement remplacés. Cependant, si les modules supplémentaires ne sont pas fournis au début du projet, il sera difficile de trouver des modules équivalents après des années d'installations. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diagnostics, expertise, recherche de l'origine de la panne • Remplacement des éléments défectueux (batteries, ventilateurs, condensateurs, cartes...) sur site • Remise en marche et tests complets 		<ul style="list-style-type: none"> • Restaurer l'installation et de revenir à un état dans lequel elle peut exécuter la fonction requise, et tout cela a lieu après a détection d'une panne.
Contrôle	<ul style="list-style-type: none"> • Vérifier l'état général du verre en face avant : si le panneau présente des fissures, impact, point chaud sur une soudure (tâche marron), nous devons se changer le panneau. • Vérifier l'état général du revêtement : les soudures des 	<ul style="list-style-type: none"> • Vérifier visuellement l'état général de l'onduleur. • Vérifier que les câbles de connexion AC et DC sont correctement serrés. • Vérifier qu'il n'y a pas de trace d'échauffement et/ou 	<ul style="list-style-type: none"> • Mesures de la qualité de combustion des équipements. • Contrôle du bon fonctionnement des appareils de mesure et de contrôle présents sur les équipements 		

CHAPITRE IV Etude Théorique D'un Système Hybride

	<p>cellules sont oxydées en raison des rayures et des trous - formant des points chauds, s'ils ne sont pas bien étanchéité.</p> <ul style="list-style-type: none">• Vérifier l'état général de la boîte de connexion : le panneau doit être débranché immédiatement puis remplacer s'il est cassé ou fondu.• Contrôler que le panneau délivre bien une tension en Volt (V)• Contrôler que le panneau produit bien du courant en Ampère (A).	<p>de corrosions au niveau des connexions.</p> <ul style="list-style-type: none">• Assurer du fonctionnement des ventilateurs.• Contrôlez la pile.• Vérifiez les dispositifs de coupure d'urgence de l'onduleur.	<ul style="list-style-type: none">• Vérification du bon état des installations.• Vérification de la tenue des documents d'exploitation présentée.	
--	---	--	--	--

CHAPITRE IV Etude Théorique D'un Système Hybride

IV.5. Etude financière

Dans cette étude, nous traitons une explication des prix des équipements et le coût d'installation :

IV.5.1. Prix des équipements

Nous avons contacté les entreprises pour rechercher via le net les prix de chaque élément pour une installation logique et idéal.comme le montre (Tableau IV.7)

L'indicateur le plus utilisé pour les centrales solaires et dans beaucoup d'autres systèmes et le **LEC**[76].

Il est calculé de la manière suivante :

$$LEC = \frac{(C_{rfk}invest + K_{o,M} + K_{fuel})}{E_{net}} \quad (IV.3)$$

$$Avec : C_{rf} = \frac{K_d(1+K_d)^n}{(1+K_d)^n - 1} + K_{insurance} = 9.88 \% \quad (IV.4)$$

Tableau IV.7. Prix des équipements.

Equipements	Prix des équipements « DZD »
38 Panneau solaire « LONGi »[77].	4885480,19
Onduleur « SMA »[78].	706848,55
Génératrice Biomasse « Power Pallet pp 30 »[79].	6591,90
Chambre froide « Négative »	2 500 000

CHAPITRE IV Etude Théorique D'un Système Hybride

IV.6. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté l'étude théorique du système hybride (solaire – biomasse). Elle permet de détailler le principe de fonctionnement du système hybride (solaire-biomasse) et besoins récepteurs (chambre froide négative). Après avoir recherché la marque de chaque élément qui répond à nos besoins et d'assurer la puissance électrique de la charge, nous avons intéressé à l'estimation approximative du prix de revient de l'installation de stations solaires (onduleur-panneau solaire PV), génératrice biomasse, réseau électrique Sonelgaz , contrôleur hybride et la charge (chambre froide négative).

Chapitre V :
Simulation Et
Interprétation De
Résultat.

CHAPITRE V Simulation Et Interpretation Des Résultats

V.1.Introduction

Le PV SYST est un logiciel de dimensionnement de panneaux solaires permettant d'obtenir diverses informations telles que la production d'énergie, l'irradiation et la surface nécessaire, ou la production annuelle d'énergie, indice de performance (PR) et capacités de stockage. Un mode avancé permettant d'obtenir beaucoup plus d'informations pour une étude très complète.

Ce chapitre est consacré à la simulation et interprétation des résultats d'un logiciel dédié au dimensionnement d'un système PV pour une chambre froide de type négative.

Afin de valider notre travail, nous allons réaliser la simulation par l'outil PVSYSY pour le dimensionnement d'un système PV (onduleur –panneau solaire PV).

Dans ce chapitre, nous expliquons l'utilisation de logiciel PVSyst pour un système photovoltaïque raccordé au réseau. Il est subdivisé en trois parties :

- La première partie : nous présentons le logiciel PVSyst et la région d'étude,
- La deuxième partie : nous expliquons les étapes de simulation
- La dernière partie : nous discutons le résultat de simulation.

V.2. Présentation de logiciel PVsyst

Le logiciel PVSYSY est un logiciel d'étude et de simulation du système développé par le groupe de Physique Appliquée de l'Université de Genève. Ce logiciel simplifie la tâche d'évaluer les conceptions des différents systèmes d'alimentation électrique, hors réseau et reliés au réseau, pour une variété d'applications.

Il permet d'analyser et de combiner diverses sources d'énergie afin d'arriver à afficher une configuration optimale. Différents cas de configurations ont été évalués afin de déterminer, selon un certain nombre de critères techniques, quelles sont les applications réellement envisageables pour ce type de système[80].

Ce logiciel fera ressortir clairement ce qui suit :

- L'estimation de la production d'énergie de l'installation.
- Dimensionnement d'un système PV.

CHAPITRE V Simulation Et Interpretation Des Résultats

V.2.1.Objectif de l'interface

L'objectif principal de ce logiciel (PVsyst) est :

- La mise au point d'un logiciel de dimensionnement d'un système PV.
- Ce logiciel est conçu pour être utilisé par les architectes, les ingénieurs et les chercheurs
- un outil pédagogique très utile. Il inclut une aide contextuelle approfondie, qu'explique en détail la procédure et les modèles utilisés et offre une approche économique avec guide dans le développement d'un projet.

V.2.2. Données de la simulation

Le tableau suivant récapitule les données input nécessaires au PVsyst et les output obtenus :

Tableau V.1.Les entrées et les sorties du PVsyst.

Entrées (input)	Sorties (output)
Les données météorologiques(Région Biskra)	<ul style="list-style-type: none">• L'altitude, longitude, latitude, fus-horaire, albédo.
Orientation : type de champs, Inclinaisons, inclinaison plane, azimuth.	<ul style="list-style-type: none">• Les graphes.
Système : puissance, modèle de module PV, onduleur.	<ul style="list-style-type: none">• Nombre de module.• Surface module• Nombre onduleur.• Puissance (PV maximale, AC nominale)
Pertes détaillées(vieillissement , perte d'encrassement, mismatch).	<ul style="list-style-type: none">• Encrassement du champ• Facteur de pertes thermique,• Pertes (ohmique de câblage, qualité de module, Mismatch module, Mismatch strings).
Simulation	<ul style="list-style-type: none">• Rapport de simulation en format PDF

CHAPITRE V Simulation Et Interpretation Des Résultats

V.2.3. Présentation de région d'étude

La wilaya de Biskra est située dans la partie occidentale du nord d'Algérie central, entre deux pôles urbains importants, Alger et Annaba. Elle est limitée au nord par Batna, au sud par la wilaya de Djelfa et d'Oued Souf, à l'ouest par M'silla à l'est par Khenchela. Elle s'étend sur une superficie de 21671,20 km².

Les vitesses du vent augmentent et sont maximales dans les régions situées au centre du grand Sahara (Adrar, In Salah et Timimoune). On distingue plusieurs microclimats, à savoir autour d'Oran, Tiaret, In Amenas, ainsi que les environs de Biskra, où les vitesses de vent enregistrés sont supérieures 4 m /s[81].

Le climat est désertique tout au long de l'année, la pluie y est techniquement inexistante. Selon la **classification de Köppen-Geiger**[82].

Biskra affiche une température annuelle moyenne de 21.8°C. Sur l'année, la précipitation moyenne est de 141 mm.

V.3. Etapes de la simulation

Avant de commencer la simulation, plusieurs étapes doivent être suivies :

V.3.1. Interface d'accueil de PVsyst 7.0

Au lancement du logiciel, la page d'accueil est la première page qui s'affiche. Elle permet aux utilisateurs de choisir la nature de la conception de projets et simulation (couplé au réseau, isolé avec batteries, pompages, bases de données, outils et données mesurées), comme illustré dans la figure (V.1) :

CHAPITRE V Simulation Et Interpretation Des Résultats

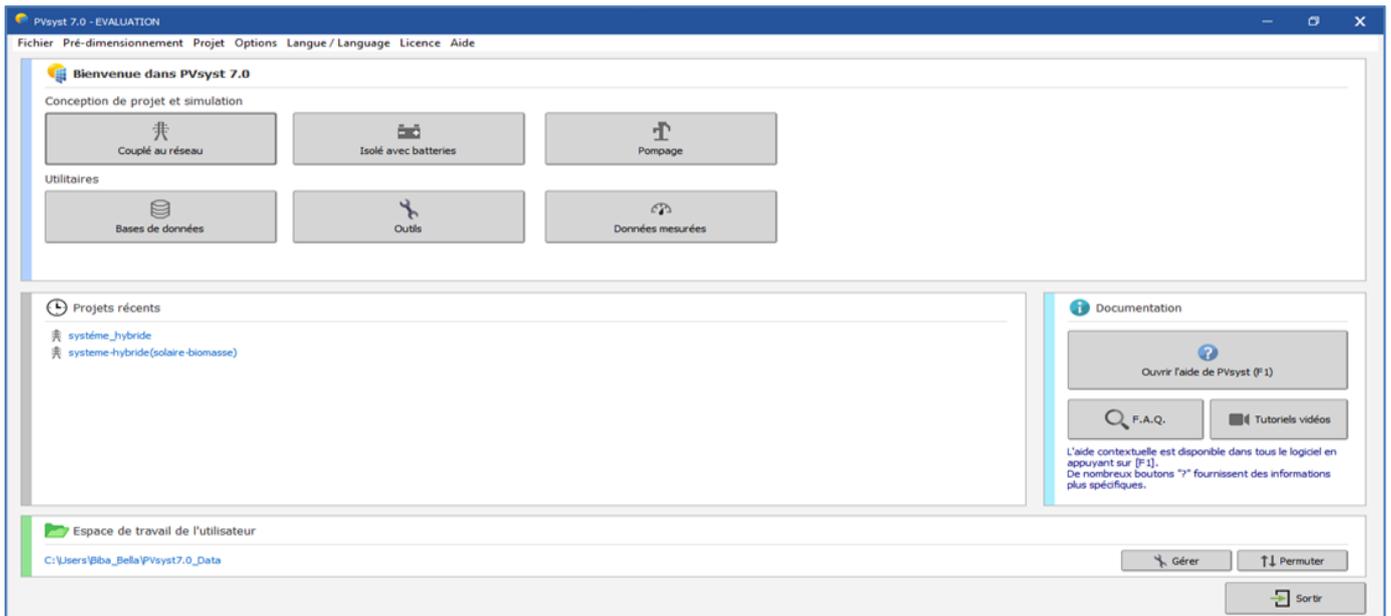


Figure V.1.Interface d'accueil de PVsyst.

Pour réaliser notre travail nous avons choisi de coupler au réseau comme nature de la simulation. Une fois que vous cliquez sur le couplé au réseau, une interface s'affiche, elle permet aux utilisateurs de créer un nouveau projet et le nommer. Aussi elle permet de choisir : situation géographique, l'orientation, système comme illustré dans la figure (V.2):

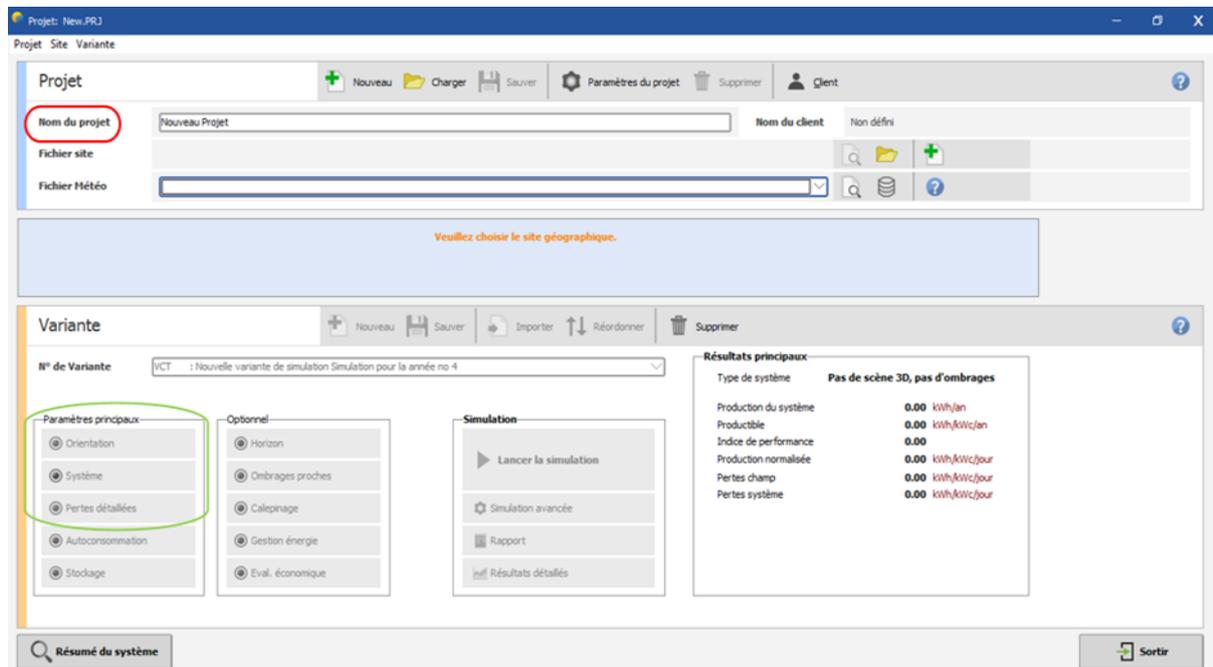


Figure V.2.Création de projet.

CHAPITRE V Simulation Et Interpretation Des Résultats

V.3.2. Données géographiques

Dans notre cas nous avons choisi la wilaya de Biskra comme région de notre étude. La figure (V.3) suivante montre le fichier météo de Biskra :

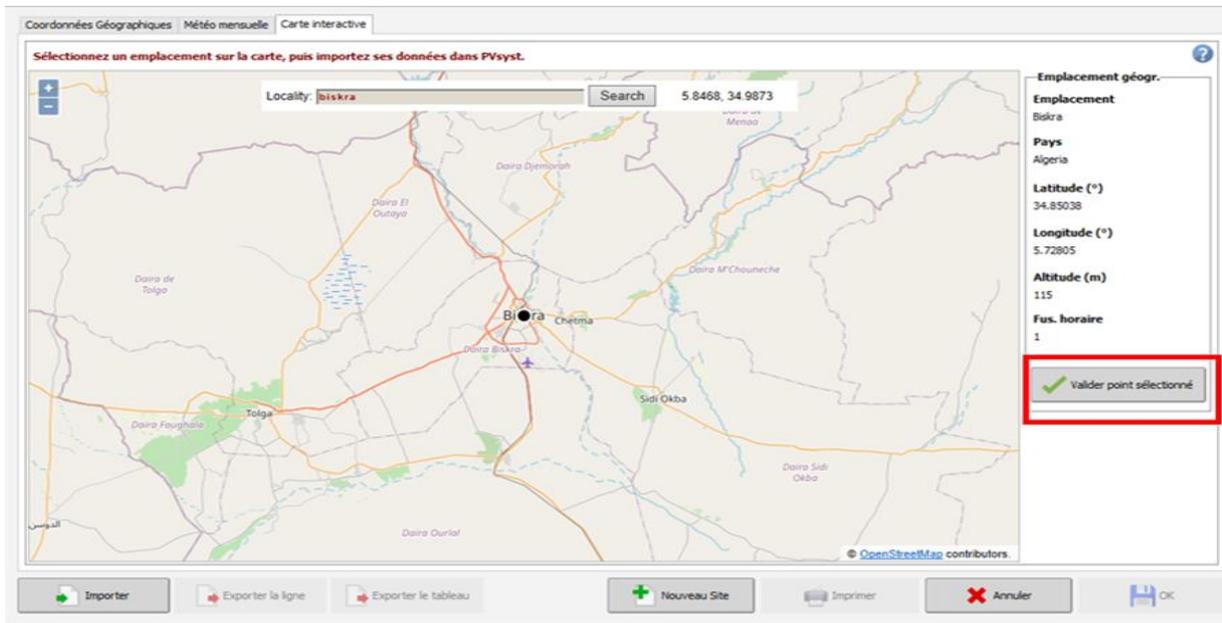


Figure V.3. Sectionnement de l'emplacement sur la carte.

Après la validation du point sélectionné, une autre page s'affiche :

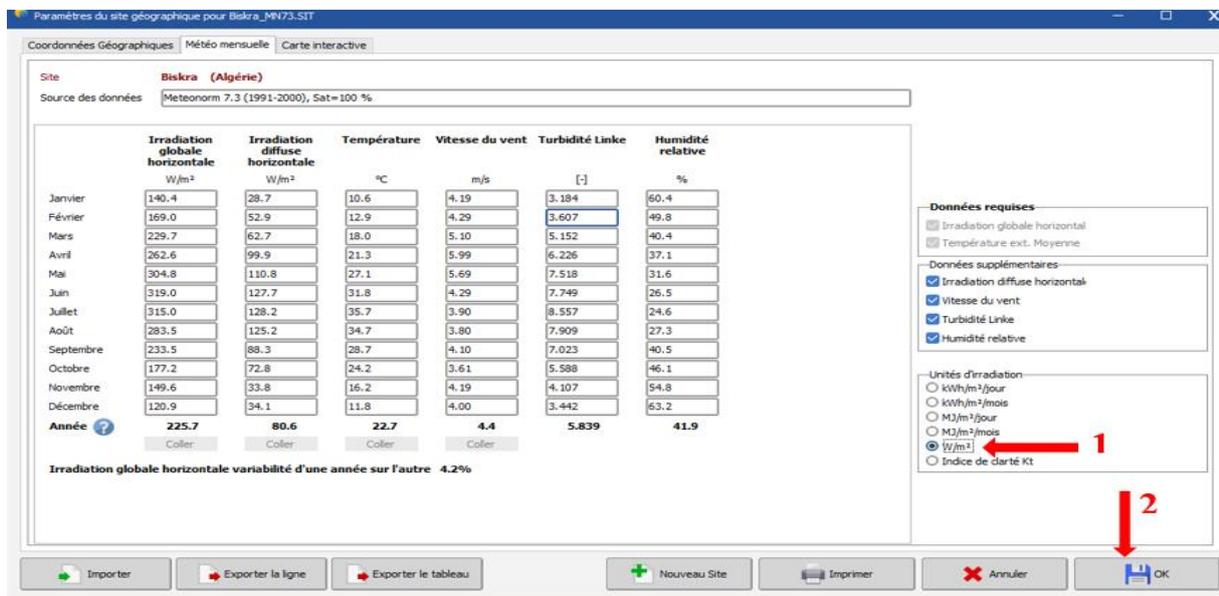


Figure V.4. Importation des données météorologiques.

CHAPITRE V Simulation Et Interpretation Des Résultats

Importer le fichier métronome de la région de Biskra, comme le montre la figure (V.5) ci-dessus.

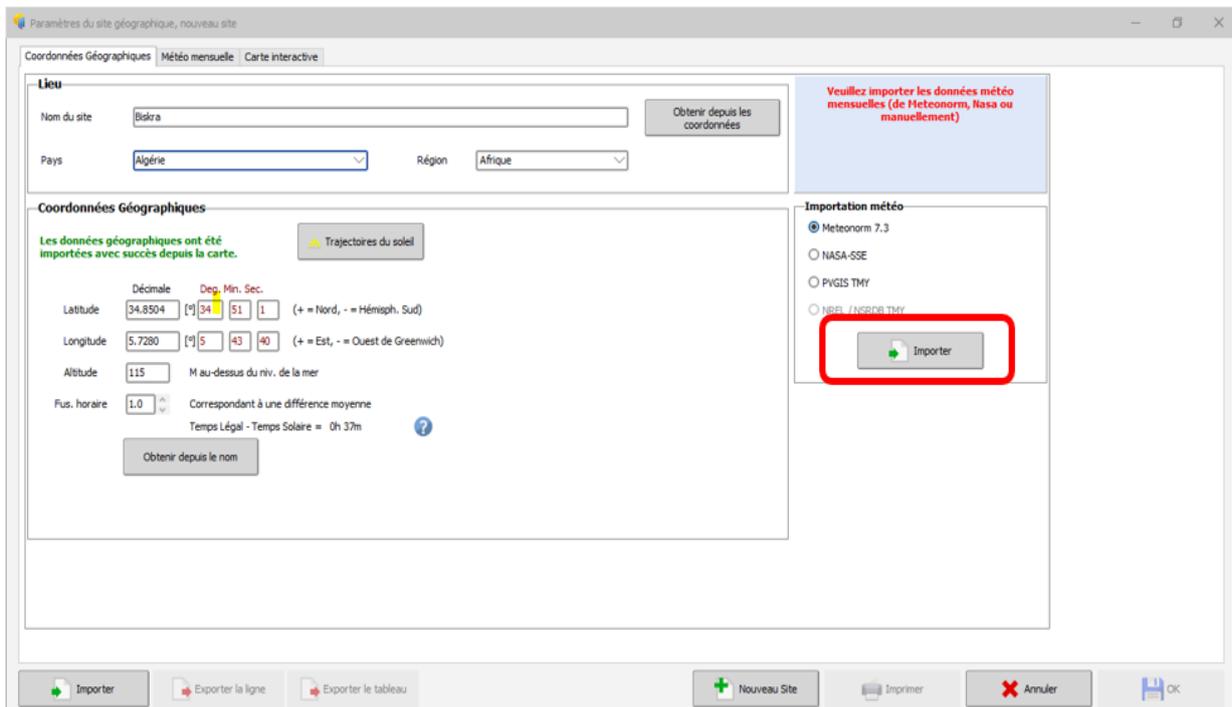


Figure V.5. Paramètres climatiques de Biskra.

La figure au-dessous nous donne les moyennes mensuelles des irradiances globales et diffuses ainsi que celles des températures. Ces données résument les caractéristiques climatiques du site de Biskra.

V.3.3. Orientation des modules PV

Pour obtenir une génération d'énergies maximales et optimales la position des panneaux solaires et importants, il est nécessaire de les diriger vers le sud lors de l'installation.

CHAPITRE V Simulation Et Interpretation Des Résultats

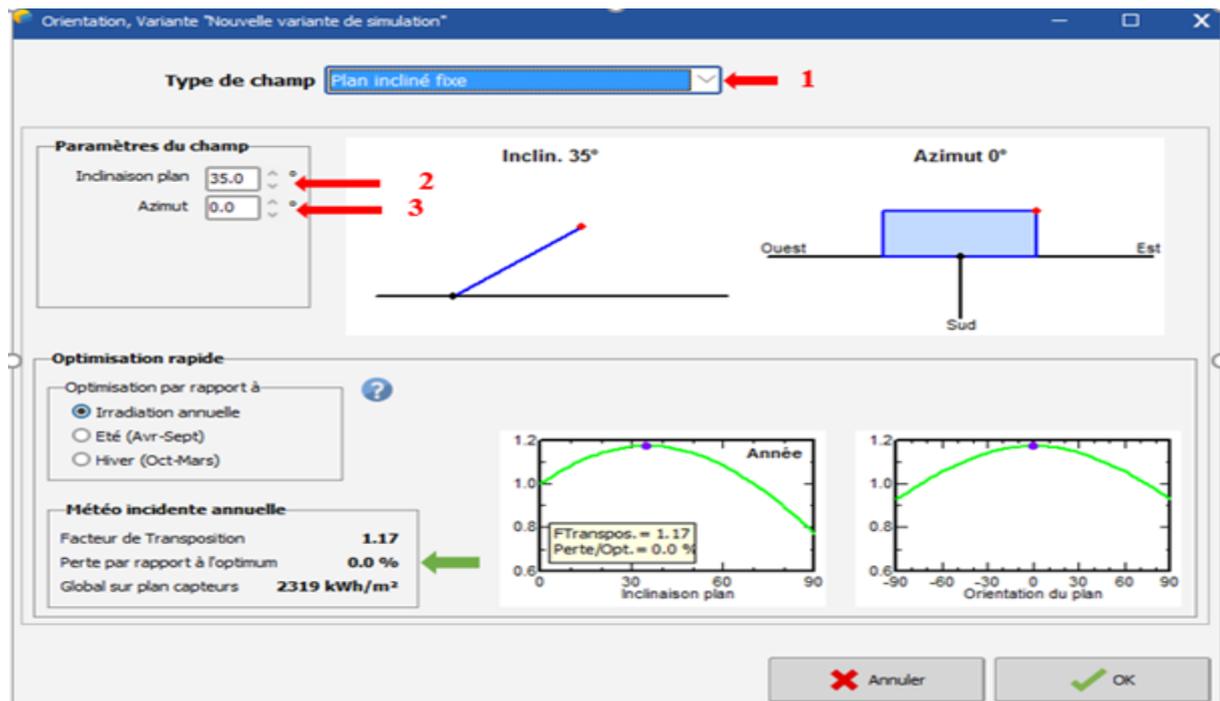


Figure V.6. Définition d'inclinaison optimale annuelle.

Nous avons choisi un plan incliné fixe d'une inclinaison 35° et un angle azimut 0° , car nous obtenons « 0 » perte par rapport à l'optimum comme l'illustre la figure (V.6) donnée et calculée par le logiciel PVsyst.

V.3.4 Dimensionnement de la station solaire

D'après les besoins électriques de la chambre froide il est nécessaire de produire 13.5 KW d'électricité par heures, et après plusieurs simulations nous avons constaté que pour produire 13.5 KW il nous faut une station de 16.9 kW dont la différence est définie comme des pertes.

CHAPITRE V Simulation Et Interpretation Des Résultats

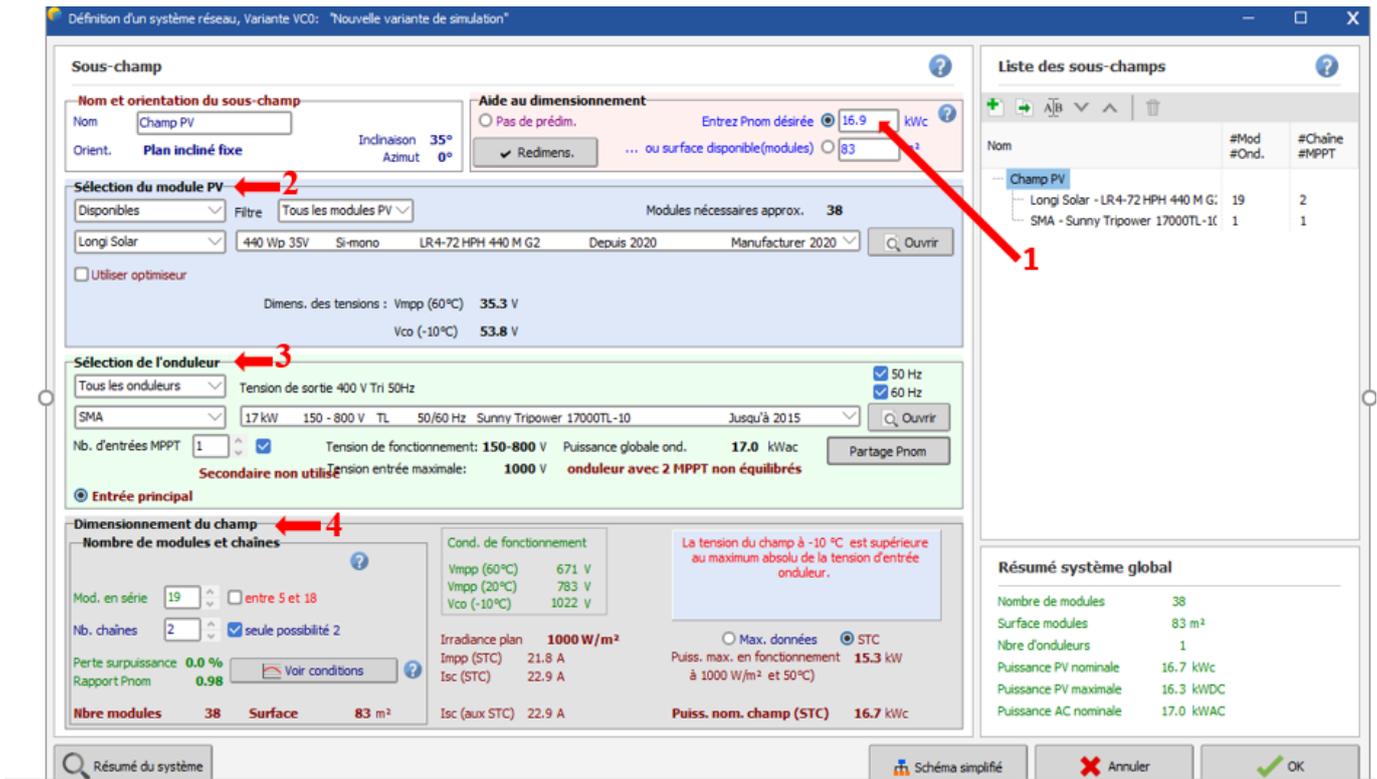


Figure V.7. Choix des panneaux solaires et onduleur.

Comme il est montré dans la figure (V.7) au-dessus, nous devons à remplir la case de la fenêtre du logiciel :

- **Case 1 :** 16.9 KW. Le logiciel aide à définir le nombre des panneaux et onduleur de la station selon 16.9kw.
- **Case 2 :** Sélection du module PV, cette case permet de définir la marque du panneau solaire enregistré dans la bibliothèque du logiciel, le choix du LONGi 440 Wc dépend du nombre d'entrées dans l'onduleur et son intervalle d'opération de voltage pour répondre aux exigences de case 4.
- **Case 3 :** choix de l'onduleur, il existe plusieurs marques d'onduleur dites hybride et qui peuvent être couplé avec plusieurs autre source l'onduleur SMA est choisi en fonction de sa fiabilité, longue durée de vie et un rendement élevé.
- **Case 4 :** connexion entre panneaux (nombre des panneaux connecté en série et parallèle).

CHAPITRE V Simulation Et Interpretation Des Résultats

Note : les calculs de PVSYS visent à obtenir l'optimum de l'emplacement des panneaux solaire.

V.3.5. Paramètres pour les pertes du champ PV

Les pertes détaillées la figure (V.8) ci-dessous montre par cercle rouge, cela passe par trois étapes sont :

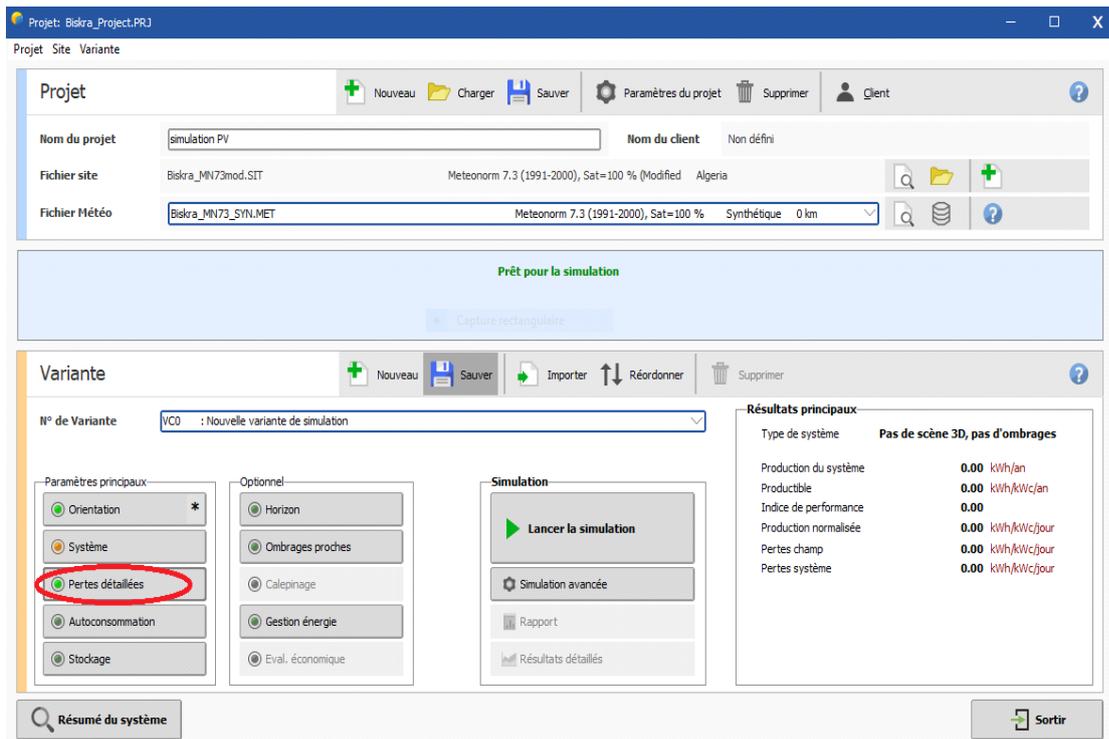


Figure V.8. Paramètres pour les pertes des champs PV.

🔧 Qualité des modules –LID- Mismatch :

Nous cliquons sur le cercle rouge (Indisponibilité), ensuite à la probabilité d'indisponibilité du système nous ajoutons facteur « sept » c'est la condition dans les zones sableuses (Cercle vert) comme elle montre dans la figure (V.9) suivant :

CHAPITRE V Simulation Et Interpretation Des Résultats

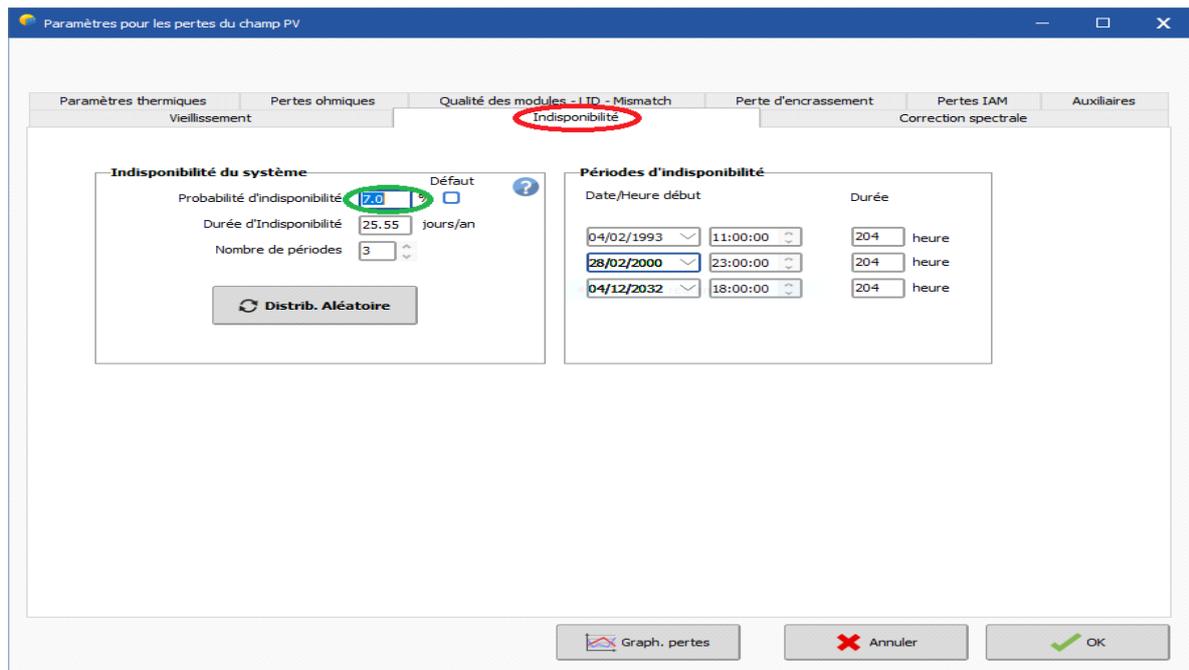


Figure V.9. Qualité des modules –LID- Mismatch.

La perte due à la dispersion des caractéristiques des panneaux (pertes de « Mismatch »), est une valeur fixe, dépendant du mode de fonctionnement (MPP Ou tension fixe). Un outil graphique permet de l'estimer si l'on connaît la distribution réelle des courants ou puissances nominales des panneaux de l'installation, qui peut être demandée au fournisseur. Un tri préalable, pour regrouper les panneaux les plus proches dans des mêmes séries, permet de diminuer significativement cette perte.

Pertes d'encrassement :

Nous passons alors aux pertes d'encrassement (cercle rouge) . la poussière et l'argile qui couvrent les panneaux solaires au sahara. Pour cela on définit le pourcentage de jours où il n'y a pas de soleil sur trois périodes (cercle vert) ensuite on clique sure la case verte comme le montre la figure (V.10) ci-dessous :

CHAPITRE V Simulation Et Interpretation Des Résultats

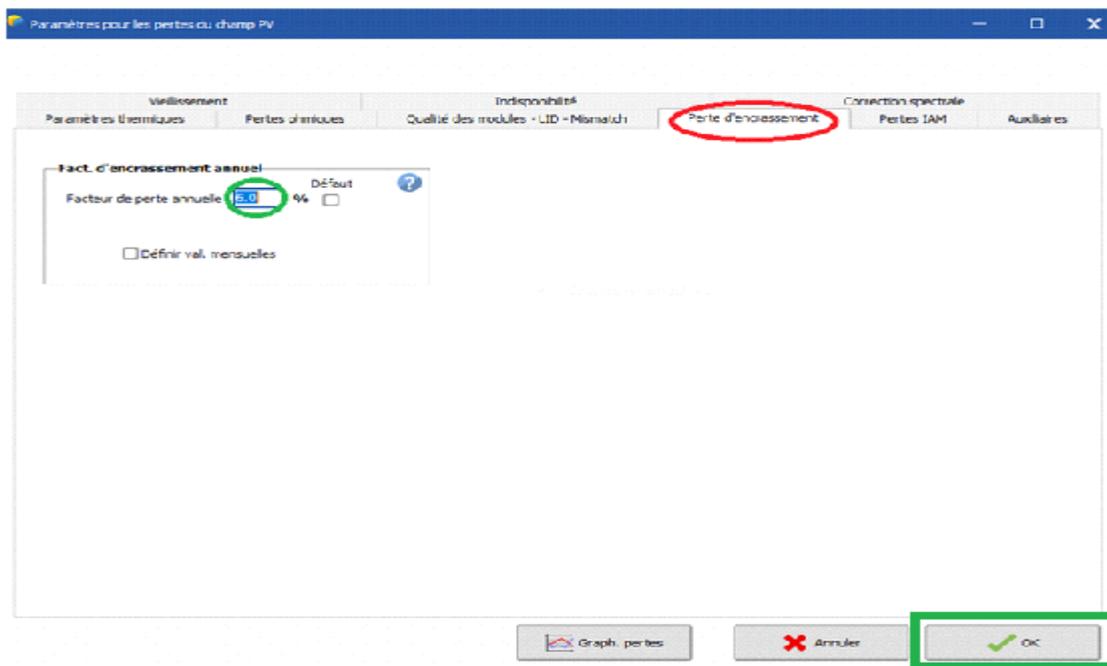


Figure V.10. Les données avec utilisation de dégradation dans la simulation

Vieillessement :

Nous cliquons sur le cercle jaune (vieillessement) après avoir ajouté l'année de simulation dans la case rouge, en notant que le pourcentage de son utilisation change dans la simulation de perte comme indiqué par le cercle noir représente le facteur dégradation globale sur la courbe de droite. Ensuite, sélectionner à utiliser pour la simulation et à la fin, cliquez sur OK, comme l'illustre la figure (V.11) ci-dessous :

CHAPITRE V Simulation Et Interpretation Des Résultats

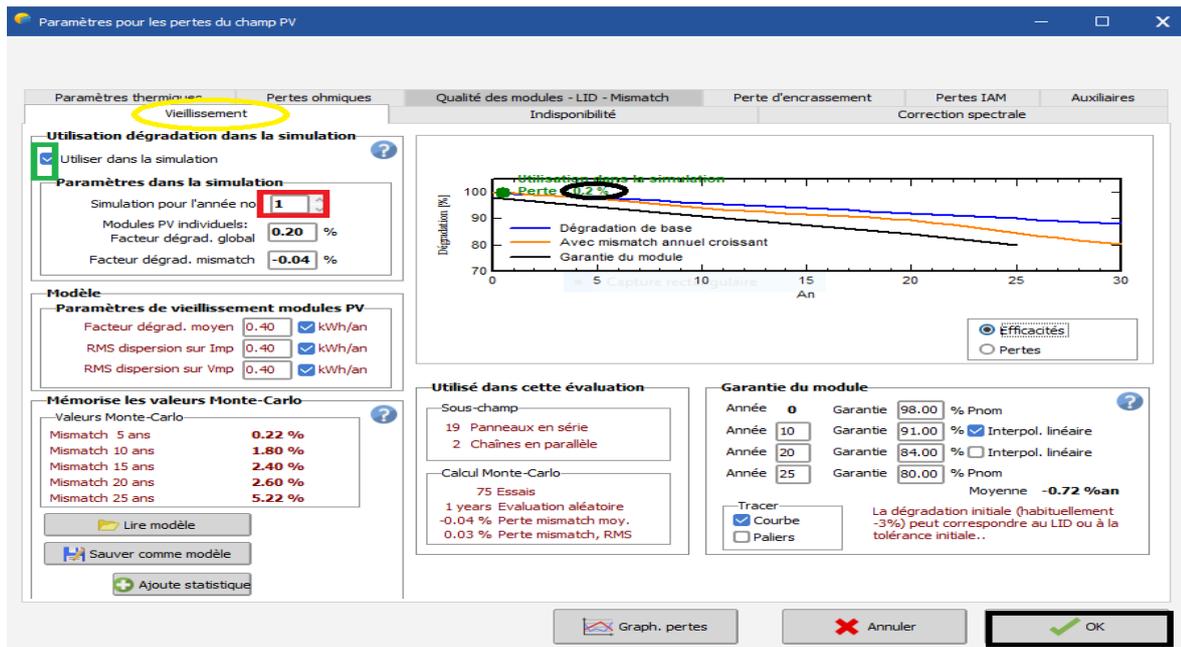


Figure V.11. Les données sur utilisation dégradation dans la simulation.

V.3.6. Simulation de système

D'après les paramètres principaux, en cliquant sur la case de simulation avancée « cercle rouge » qui montre dans (V.12), après une nouvelle variante de simulation dans la figure (V.13) en cliquant sur le cercle vert (outil de vieillissement), cette étape divisée en trois parties suivants :

CHAPITRE V Simulation Et Interpretation Des Résultats

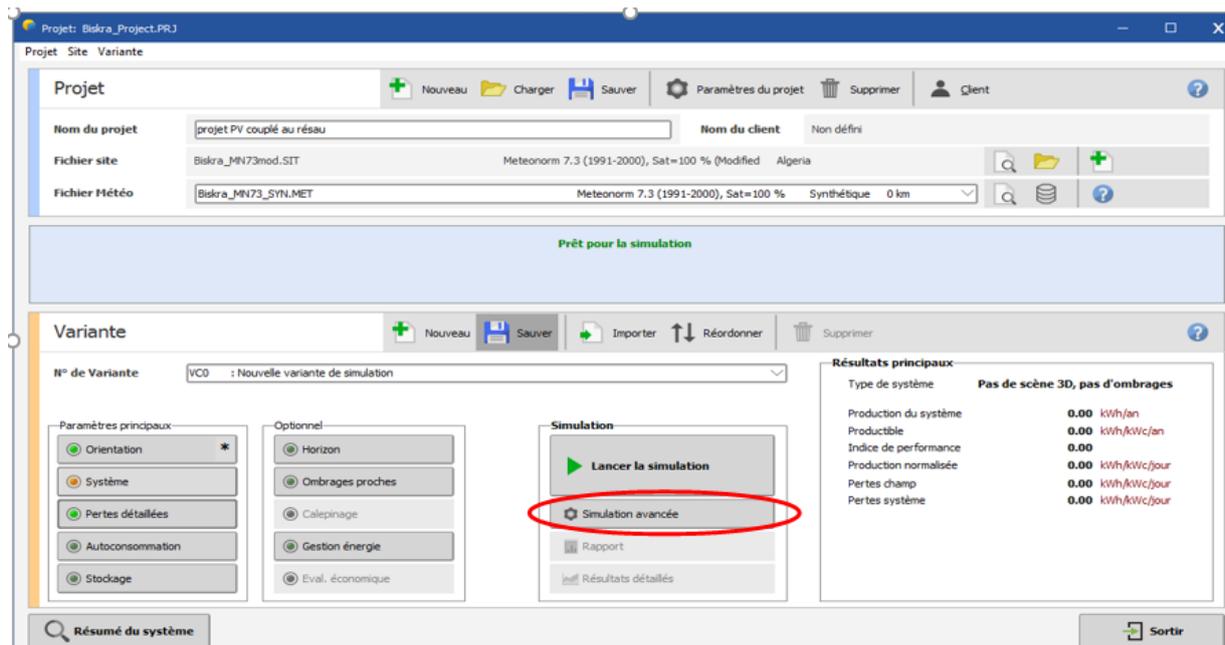


Figure V.12. Simulation avancée.

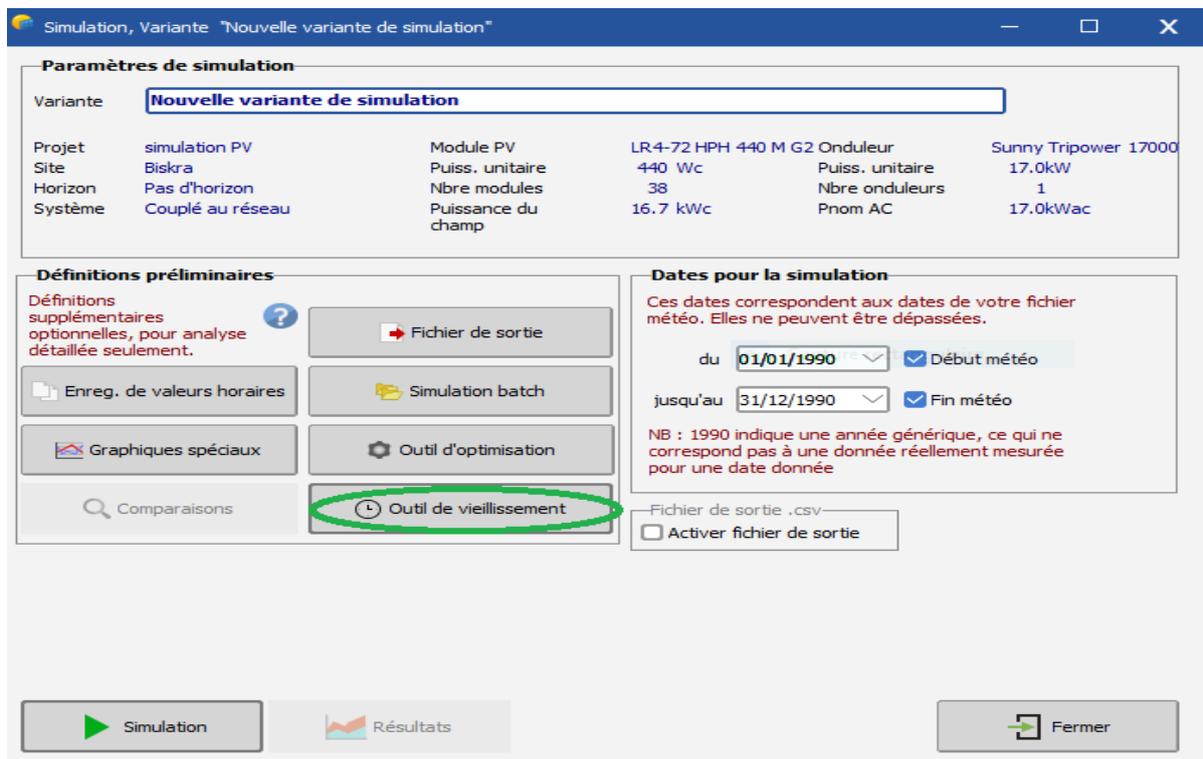


Figure V.13. Nouvelle variante de simulation.

CHAPITRE V Simulation Et Interpretation Des Résultats

- **Partie 1** : la figure (V.14) montre les paramètres de vieillissement, en ajoutant l'année du système fonctionne « **une année** » et l'année simulées « **trente ans** », après en sélectionnant « **générer un rapport** » et une variante en obtenir « **oui** » par couleur verte, ensuite en cliquant sur lancer la simulation la figure (V.15) ci-dessous montre prêt pour la simulation :

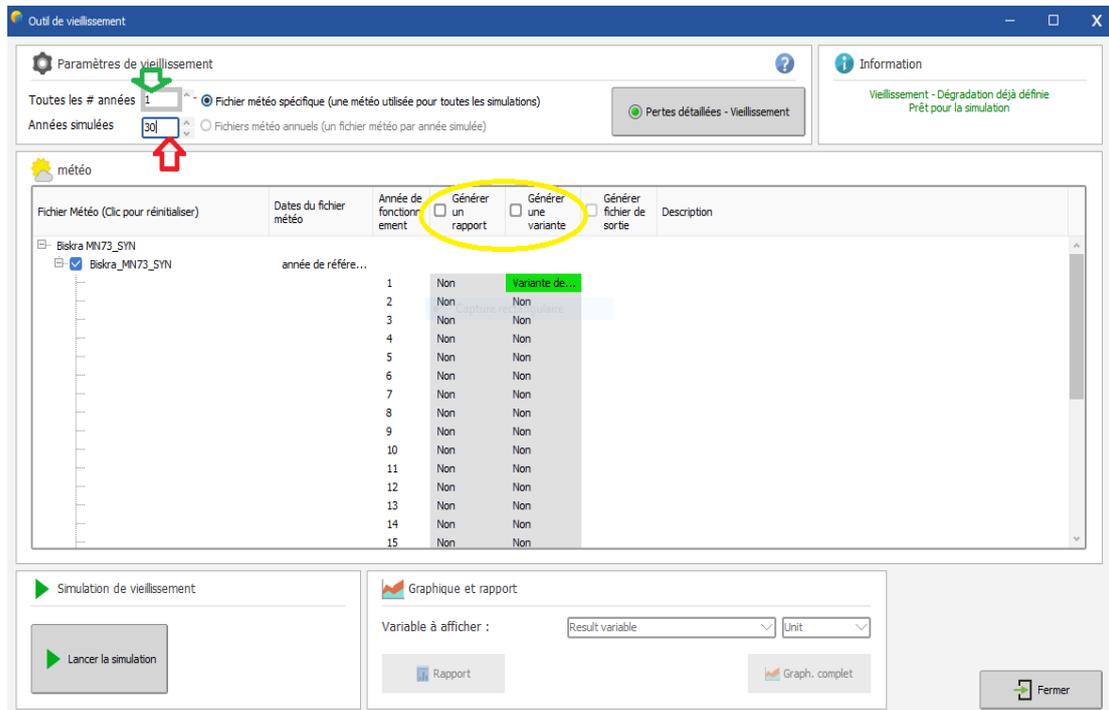


Figure V.14. Paramètre de vieillissement.

CHAPITRE V Simulation Et Interpretation Des Résultats

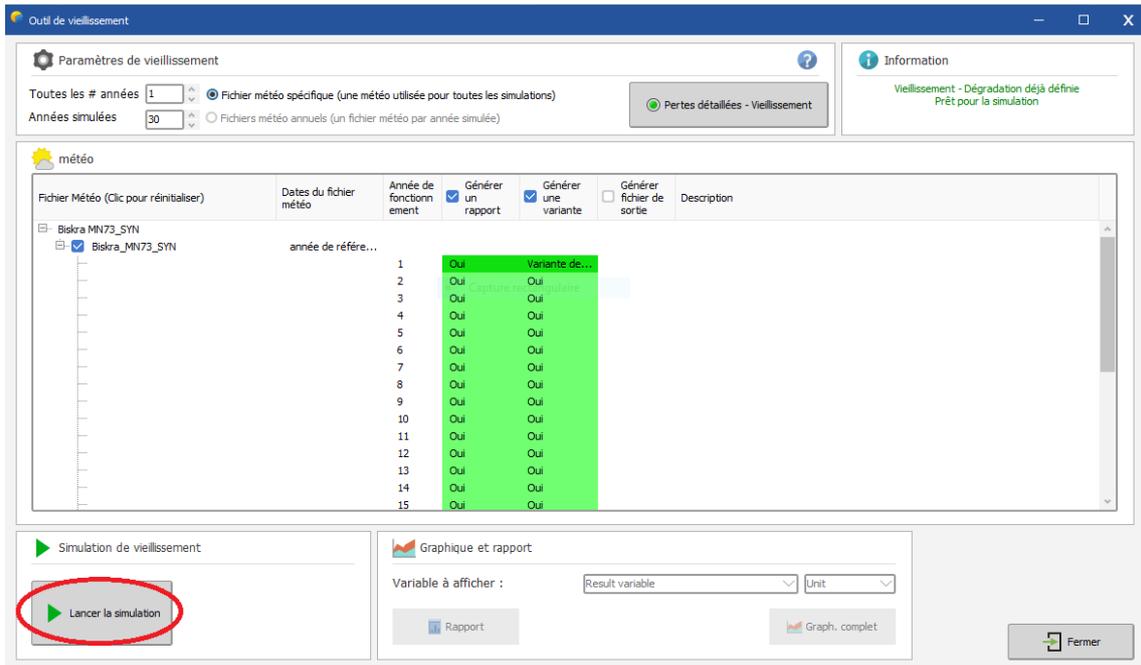


Figure V.15. Prêt pour la simulation.

- **Partie 2** :après nous cliquons sur « lancer la simulation », la simulation commence, apparaît le résultat comme illustre dans la figure (V.16) ci-dessous :

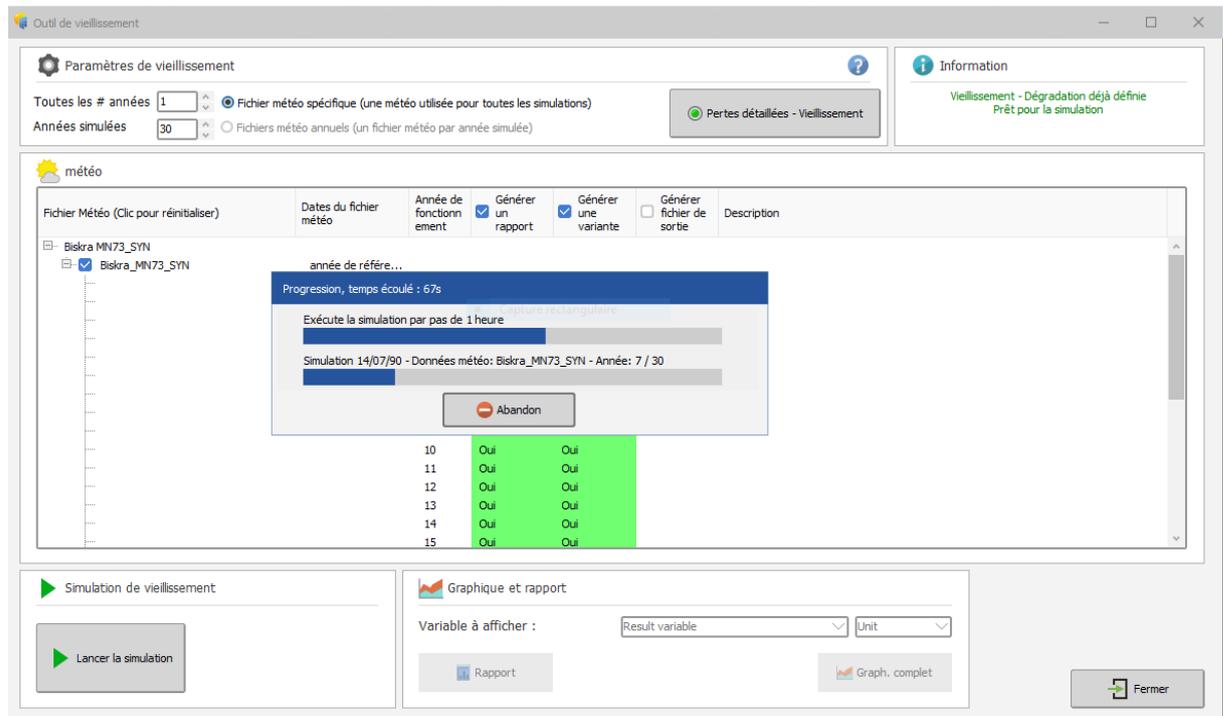


Figure V.16. Exécutions de la simulation.

CHAPITRE V Simulation Et Interpretation Des Résultats

En sélectionnant généré une variante (cercle vert), puis nous cliquons sur rapportcommemontre la figure (V.17) suivante :

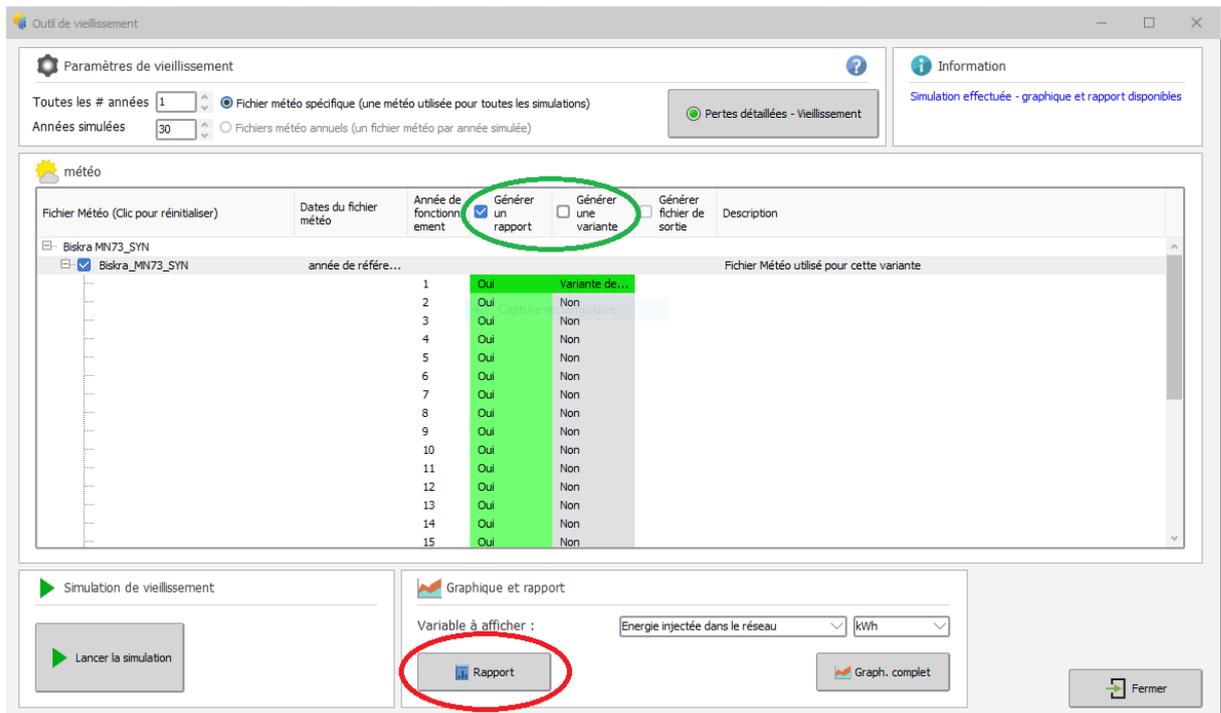


Figure V.17. Simulation effectuée– graphique et rapports disponibles.

V.3.7. Rapport de système :

Cette étape est divisée en deux parties (Figure V.18) :

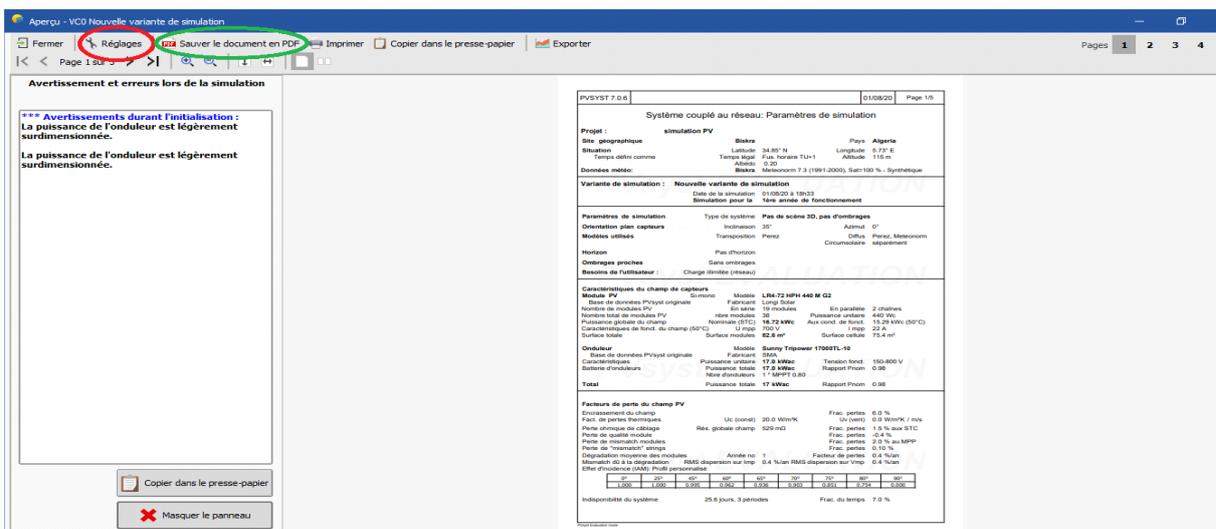


Figure V.18. Rapport de simulation

CHAPITRE V Simulation Et Interpretation Des Résultats

Etape 1 :

Au-dessus à gauche de la fenêtre du PVsyst, en cliquant sur le cercle rouge (réglages) s'affiche comme montre la figure (V.19), Nous faisons quelques changements sur la case rouge (options générales) sont :

- Nous remplaçons MWh par kWh c'est unité du diagramme de perte.
- En sélectionnant personnaliser le texte du type de système proposé, nous ajoutons le nom de projet comme elle présente la case au-dessous droite de lafenêtre, après en cliquant sur « ok »et en passant à l'étape suivante.

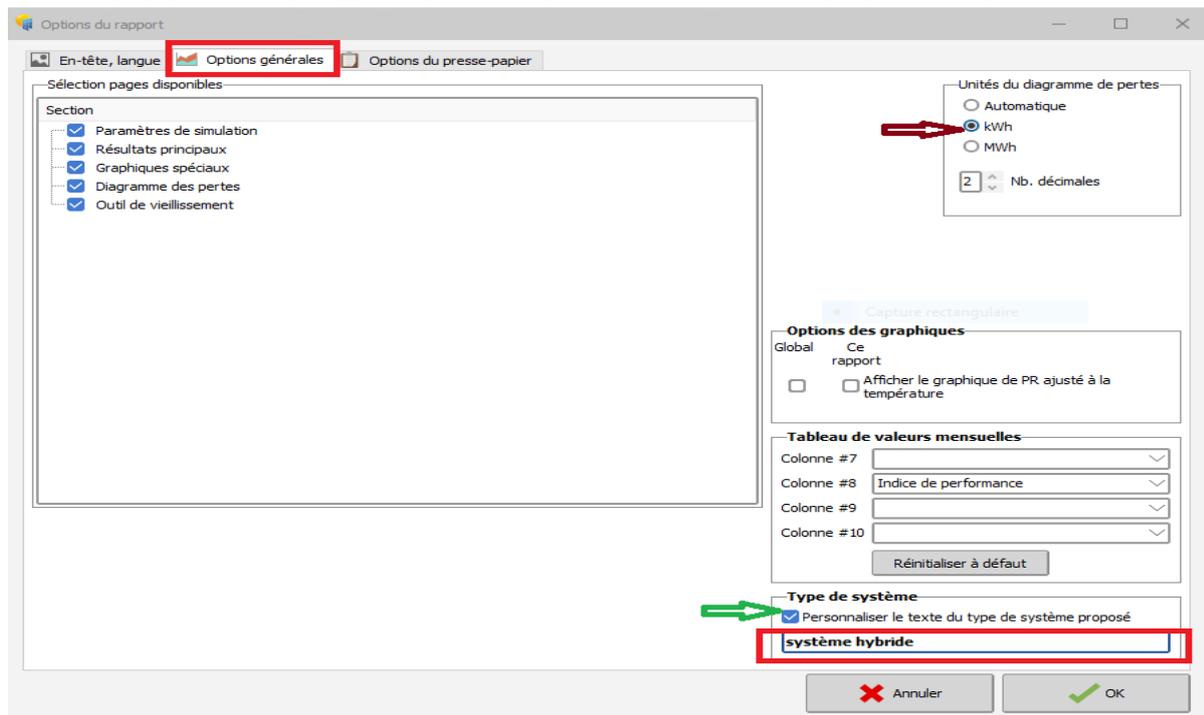


Figure V.19. Réglage paramètres de rapport.

Etape 2 :

En cliquant sur l'icône sauvee le doucement en PDF, ce dernier apparaît sous la forme d'un fichier PDF, les résultats de dimensionnement seront affichés et sauvegardés sur une fiche technique utilisateur. Montre figure (V.20).

CHAPITRE V Simulation Et Interpretation Des Résultats

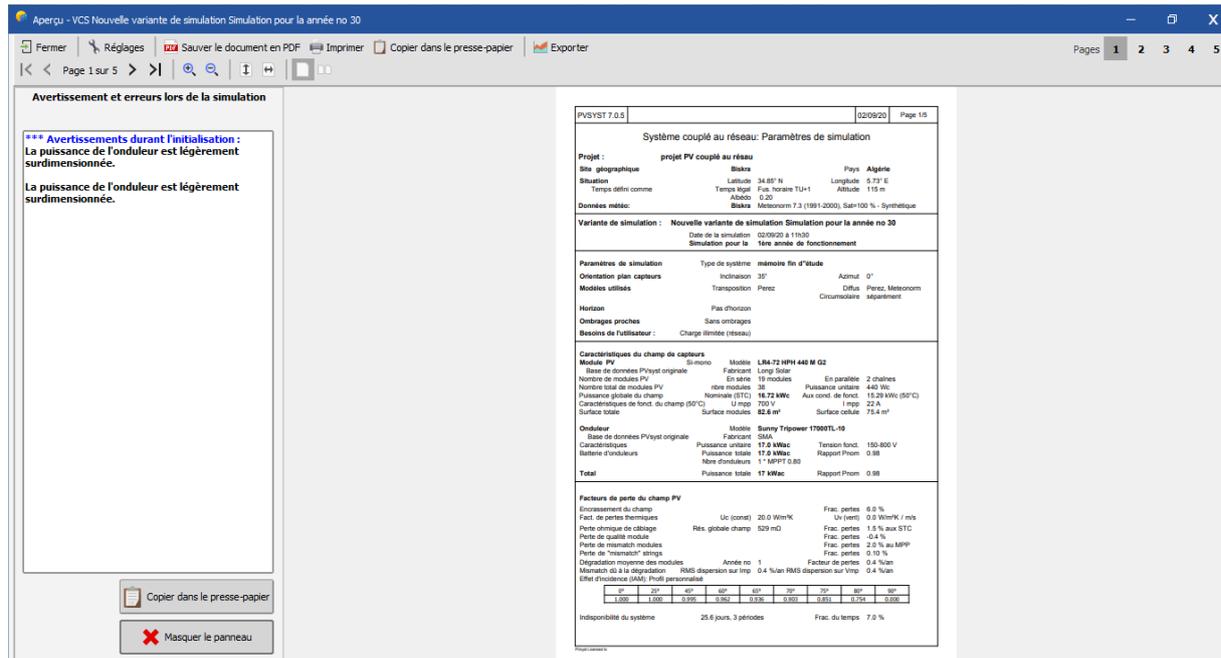


Figure V.20. Avertissements durant l'installation.

V.4. Résultats de simulation :

Dans cette partie, nous présentons les résultats de la simulation d'une installation photovoltaïque autonome avec le logiciel PVsyst qui est conçu pour ce type d'étude

V.4.1. Paramètre de simulation

Après la configuration de toutes les étapes de la simulation, un rapport de cette dernière est réalisé automatiquement avec tous les résultats nécessaires sous forme de rapport et de figures. La figure (V.21) ci-dessous nous donne les informations suivantes :

- **Champ PV** : Constitué de dix-neuf modules en série en deux chaînes (trente-huit modules en tous), avec une surface de **82.6 m²** et de puissance de **15.29 Kwc** à **50°C** (dans les conditions de fonctionnement).
- **Onduleur** : constitué un seul onduleur avec une puissance globale de **17 kWac**.
- **Facteur de pertes** : Une liste des différentes pertes du système, qui sera encore détaillée sur la figure si après.

CHAPITRE V Simulation Et Interpretation Des Résultats

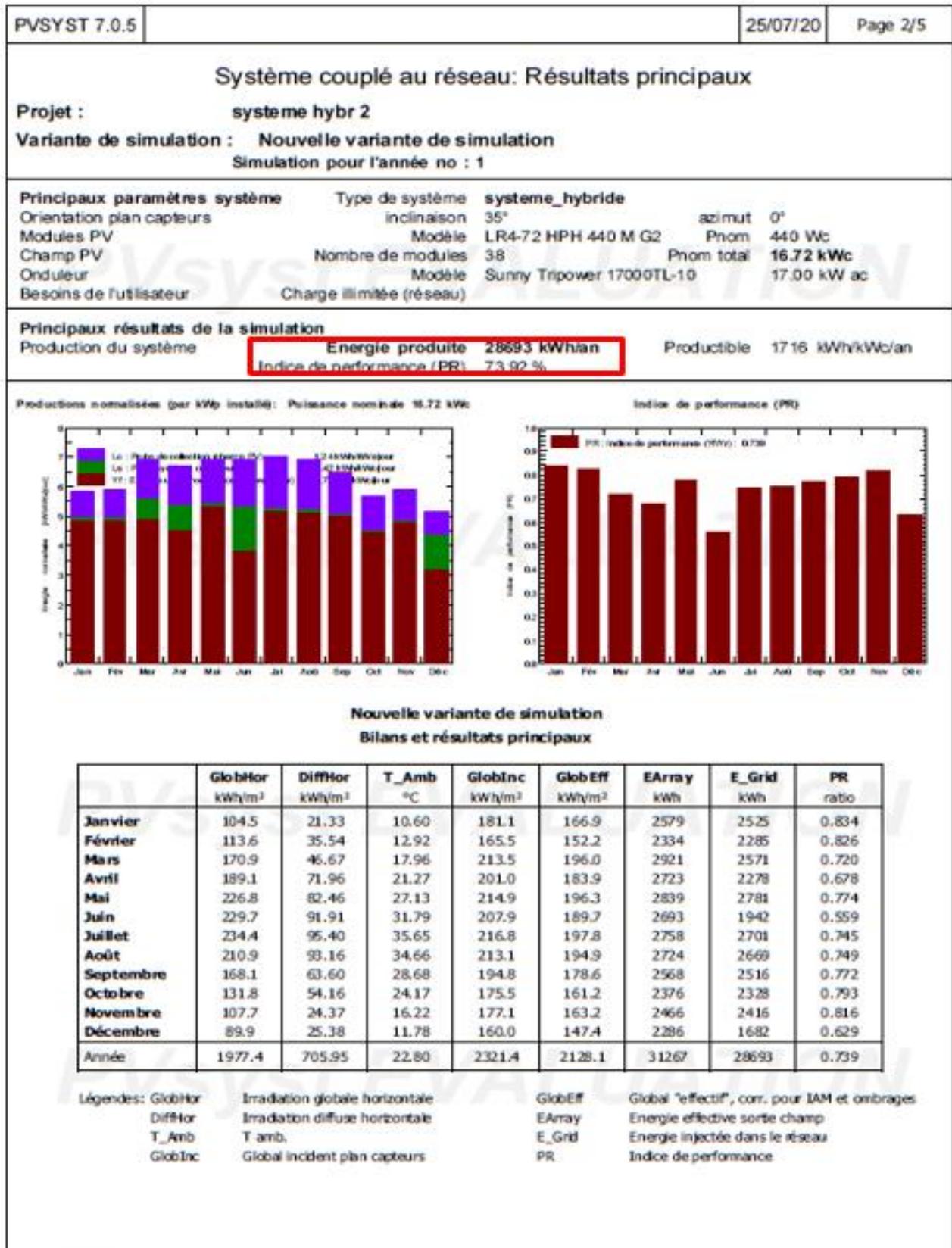


Figure V.22. Principaux résultats de simulation du champ PV[80].

CHAPITRE V Simulation Et Interpretation Des Résultats

V.4.2. Analyse de résultat

D'après les résultats de la figure (V.22), représentés sous forme de graphe (FigureV.23.), nous constatons que l'énergie produite par le champ photovoltaïque (E_{Array}) est proportionnelle aux valeurs d'énergie incidente (G_{Inc}).

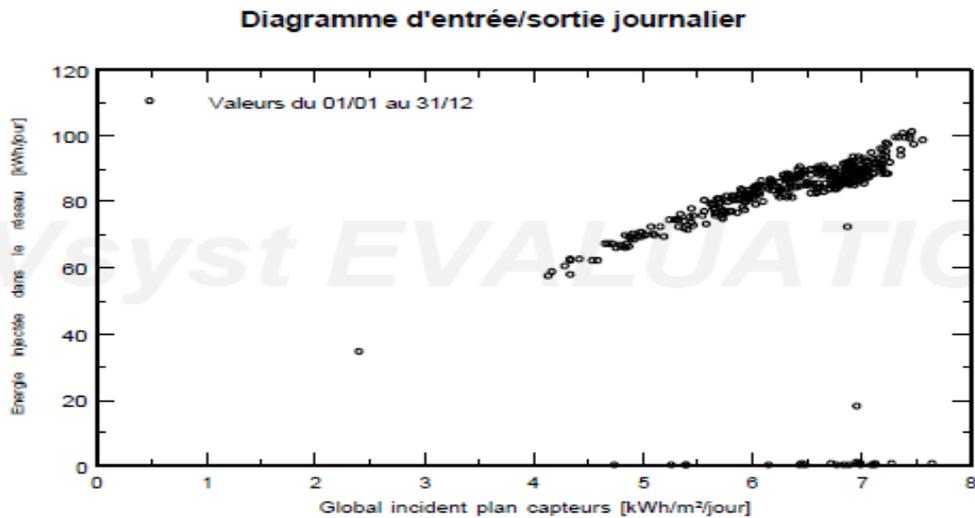


Figure V.23. Diagramme d'entrée/ sortie journalier[80].

La production du système (à la sortie de l'onduleur) est représentée sur la figure (V.24). Les pertes L_c et L_s sont les pertes correspondantes dans le champ PV et dues à l'onduleur, respectivement.

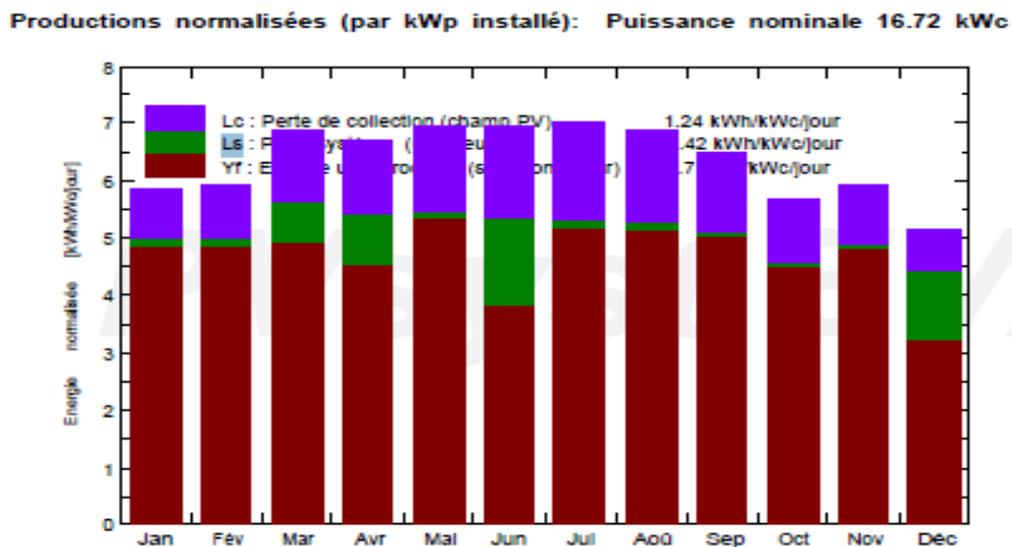


Figure V.24. Energie utile produite par le système PV[80].

CHAPITRE V Simulation Et Interpretation Des Résultats

L'indice de performance (ou performance ratio " PR ") représenté sur la figure (V.25), est défini par le rapport de la production du système (Y_f) par l'énergie incidente de référence (Y_r) telle 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 **74 %** dans les meilleures installations.

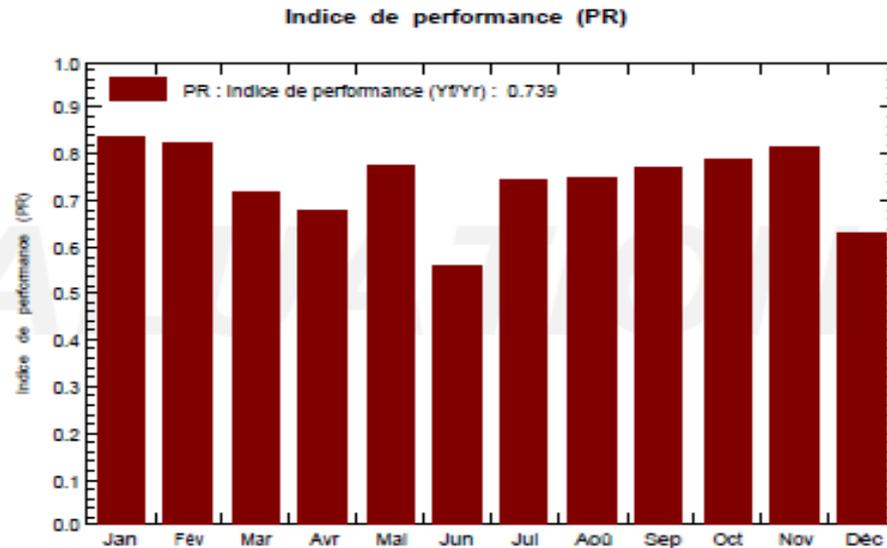


Figure V.25. Indice de performance représentant l'efficacité globale du système PV[80].

Comme nous l'avons indiqué ci-dessus le lancement de la simulation nous permet d'accéder aux différents résultats de la conception de notre système photovoltaïque d'une puissance de **15.29 kwc à 50C° (au Condition de fonctionnement)** . Ainsi, à partir de la figure (V.26), nous constatons les différentes pertes d'énergie résumées sous forme d'un diagramme, sont très importantes dans le système photovoltaïque. Ceci est justifié par le fait que le système photovoltaïque est exposé à plusieurs paramètres de dégradation qui est interprété par des facteurs de pertes (voir figure V.26) :

- Pertes champs (Température, qualité des modules, résistances, etc.).
- Pertes Onduleur globales.
- Pertes système de stockage

Nous remarquons sur le diagramme des pertes sur l'année entière que l'irradiation globale incidente n'est pas complètement exploitable à cause des facteurs et pertes sur les différentes parties du système, on obtient une énergie totale de **28693 kWh**.

CHAPITRE V Simulation Et Interpretation Des Résultats

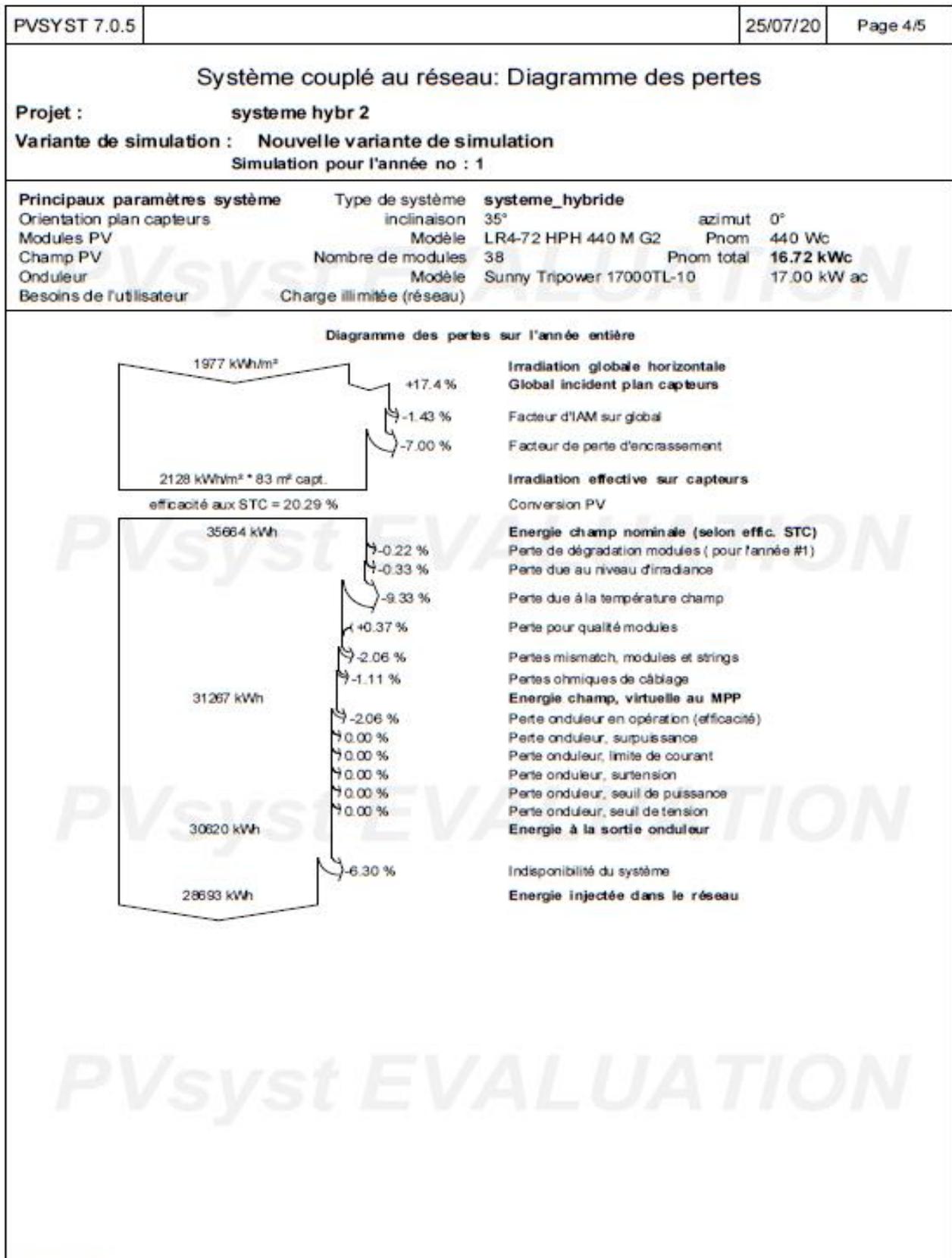


Figure V.26. Diagramme des pertes dans le système PV [80].

CHAPITRE V Simulation Et Interpretation Des Résultats

V.5. Balance énergétique et logique de fonctionnement

Afin de fournir aux les chambres froides l'énergie nécessaire, le PowerPallet convertit l'énergie biomasse en électricité. Pour obtenir **15 kW** de puissance, nous consommons **15kg** de déchets (copeaux, résidus forestiers...etc.), ce qui couvre le besoin de récepteur de **13.5 KW/h** (la capacité restante ira comme des pertes). Voir l'annexe (D).

Le tableau suivant récapitule le travail de l'énergie solaire et l'énergie biomasse en alternance :

Tableau V.2.Travail de l'énergie solaire et l'énergie biomasse en alternance.

Heurs	09h $\xrightarrow{\quad}$ 16h	16h $\xrightarrow{\quad}$ 09h
PV	100%	
Biomasse		100%

La période du matin avant le lever du soleil (**05h**) et la période du soir quelques heures avant le coucher du soleil (**16h**), l'énergie biomasse fonctionne et cela est dû à l'absence de soleil dans cette période de temps, elle remplace les batteries : c'est l'objectif de notre étude de conversion énergétique hybride de la source d'alimentation en énergie électrique de la chambre froide négative.

- Comme pour la période restante du la matinée jusqu'à midi (à partir de **9h** à **16h**) vient le tour de l'énergie solaire, ce dernier est à son débit maximum à midi et est égal à **100%** et c'est ce qui répond au besoin de la chambre froide.

V.6. Conclusion

Un système PV est un système générateur d'électricité pour répondre à des besoins énergétiques.

Ce système se compose de plusieurs éléments principalement les modules PV qui représentent le champ de captage des rayons solaires, l'onduleur qui assure la conversion du courant continu en courant alternatif.

CHAPITRE V Simulation Et Interpretation Des Résultats

Le dimensionnement des panneaux photovoltaïques à l'aide du logiciel **PVsyst** a montré que pour couvrir les besoins de notre installation, nous avons besoin de dix-neuf panneaux en série (trente-huit) panneaux PV de **440 WC** et un seul onduleur de **17 kWac**.

Finalement, nous pouvons dire que les systèmes PV peuvent jouer un rôle très important en apportant une solution réellement pour couvrir les besoins énergétiques pour le Sud algérien et les régions dites « d'ombre » où la connexion au réseau Sonelgaz n'est pas réalisée.

Le résultat de la simulation est présenté sous un fichier PDF automatique.

Conclusion Générale

Conclusion générale

Dans le cadre de ce travail, notre objectif était d'appliquer un système hybride (solaire-biomasse) par réseau sans utilisation des batteries pour la production de froid pour une chambre froide négative dans la région de Biskra car la population locale et spécialement les propriétaires de chambres froides souffrent énormément du coût élevé de l'électricité.

Pour ce faire, nous avons en premier lieu étudié la production de froid en général (définition, principe, application, machine frigorifique) puis choisi la chambre froide comme cas de notre étude. Notre stage de Master il s'est déroulé au sein de la compagnie SMART COLD.

Nous avons d'abord réalisé une étude théorique en général sur les chambres froides (définition, type, principe de fonctionnement, bilan frigorifique pour calculer la puissance frigorifique).

Nous avons en deuxième lieu traité de l'utilisation des sources d'énergies renouvelables. Ces dernières sont une alternative inéluctable pour toute l'humanité, d'où notre adhésion à cette réalité en essayant d'orienter une réflexion conceptuelle dans ce sens pour illustrer des solutions pilotes à caractère d'énergie non polluante pour nos activités professionnelles spécialement dans le créneau de la congélation des dattes à amortissement économique et à moindre coût.

En troisième lieu, nous avons présenté l'étude théorique du système hybride (solaire – biomasse). Le Photovoltaïque est cependant une solution d'avenir qui mérite d'être plus exploitée. Cette énergie qui permet une production d'énergie propre sans combustibles fossiles et donc une réduction des gaz à effets de serre ainsi qu'une considérable réduction de la pollution atmosphérique. La génératrice biomasse « POWER PALLET PP-30 » est une énergie renouvelable solution qui est une réponse sensée à un besoin critique d'énergie à faible émission de carbone, avec la fonctionnalité standard de mise en parallèle du réseau.

Après avoir recherché la marque de chaque élément qui répond à nos besoins en puissance électrique de la charge, on s'est intéressé à l'estimation approximative du prix de revient de l'installation de stations solaires (onduleur-panneau solaire PV), génératrice biomasse, réseau électrique Sonelgaz et contrôleur hybride et la charge (chambre froide négative).

Conclusion Générale

Après l'étude théorique du système hybride, nous avons réalisé la simulation via le logiciel PV Syst pour pouvoir dimensionner les panneaux solaires PV et l'onduleur (station solaire).

Après la simulation nous avons pu obtenir un rapport des résultats qui donne :les dimensions des panneaux solaires nécessaires pour l'alimentation de la chambre froide négative en électricité, le choix du panneau, la puissance électrique du panneau et de l'onduleur ainsi que les pertes.

Pour la partie de la biomasse, le système « POWER PALLET PP-30 » nous permet d'alimenter notre chambre froide pendant la nuit et lorsque les panneaux ne peuvent plus alimenter en électricité. La quantité de déchet nécessaire pour la génération d'énergie électrique nécessaire fut calculée.

Nous pouvons affirmer que la solution hybride PV-biomasse est une solution à la génération d'électricité aussi bien pour les régions reculées du pays ou ailleurs. Cette solution coûterait beaucoup moins du point de vue financier et surtout préserverait notre environnement en diminuant les gaz à effet de serre ainsi que la quantité de déchets qui s'amoncellent sans trouver de solution à ce fléau environnemental.

La perspective de ce travail et sa réalisation avec la compagnie SMART COLD qui est fortement intéressée.

Bibliographie

- [1] <http://technomitron.aainb.com/culture-professionnelle-2/techniques-du-froid/visiter> le 23/05/2020 à 10h30.
- [2] R, Mechlouch., K, Brahim., A, Brahim., M, Bourouis., M, Nogues., & A, Coronas. Etude d'une machine absorbante zon solaire dans le climat de l'Espagne (Tarragona : lat. 41 63'n, long. 1 15, 2'e).
- [3] https://www.cder.dz/vlib/PNRE/pdf/PNRE_054.pdf page visitée le 10/07/2020 à 11h55.
- [4] H.T, Massa COULIBALY., & P. Y, COULIBALY. Conception et réalisation d'un prototype de climatisation solaire de 5 kW froid au Burkina Faso.
- [5] H, Moussa Benabdellah. (octobre 2011). Etude Expérimentale de Production Frigorifique par Adsorption Solide : Application à la Conception d'une Plateforme de Tri génération à partir de Biomasse en Milieu Rural, thèse de Magister, Université M'Hamed BOUGARA, Boumerdes.
- [6] H, Benfatah., A, Benchabane., M.A, Djebiret., M. E, Djeddar., & A Kaci, (2011). Rafraîchissement Solaire en Algérie par des Procédés de Sorption. Premier Séminaire Nationale de Génie Mécanique, SNGM01, Biskra, 7, 1-6.
- [7] B, Kamel. (2012). Etude de faisabilité d'un local de conservation de dattes basée sur l'énergie solaire. Application à la région de Biskra (Doctoral dissertation, Université de Biskra-Mohamed Khider).
- [8] L, Benahmed, & F.Z, Ben mostefa. (2013). Intégration d'un système de rafraîchissement solaire au bâtiment. Faisabilité technico-économique (Doctoral dissertation).
- [9] M. A, Djebilet. (2012). Etude de faisabilité d'un climatiseur solaire adapté à la région de Biskra (Doctoral dissertation, Université de Biskra-Mohamed Khider).
- [10] B, Mebarki. (2013). Etude et analyse d'un système de production de froid par énergie solaire pour la climatisation.
- [11] E, Abdenour. (Juin 2015). Modélisation d'une installation de climatisation solaire a

absorption munie d'un système de stockage par matériaux changement de phase, thèse de Master, Université Saad Dahleb de Blida.

- [12] <https://bu.univ-ouargla.dz/master/pdf/BENDOB-NEDJAI.pdf?idmemoire=54481> visiter le 10/03/2020 à 16h03.
- [13] M, Trouzzit, O, Midegue.(2016). Production du froid par effet Peltier dans une salle informatique, thèse de Master, Université Saad Dahleb de Blida.
- [14] https://energypedia.info/images/8/8a/Production_de_Froid.pdf (30/03/2020à15h30).
- [15] Technique, D. Froid/cours de base. (juillet2007).
- [16] M, Duminil. (1996). Théorie des machines frigorifiques. Machine à compression mécanique. Techniques de l'ingénieur. Génie énergétique, 5(B9730), B9730-1. 10 avr. 2014.
- [17] M.N, Šarevski., & V.N, Šarevski. (2016). Water (R718) turbo compressor and ejector refrigeration/heat pump technology. Butterworth-Heinemann.
- [18] <https://www.refrigerationschool.com/blog/hvacr/four-types-refrigeration-systems-need-know/> visiter le 10/05/2020 à 16h17.
- [19] <https://www.huazhaochiller.com/water-cooled-scroll-type-heat-pump-water-heater/water-cooled-scroll-type-heat-pump-water-heater.html> visiter le 10/05/2020 à 17 :02.
- [20] R, Nikbakhti., X, Wang., AK, Hussein, AK et A, Iranmanesh., (2020). Systèmes de refroidissement par absorption - Examen de diverses techniques d'amélioration des performances énergétiques. Alexandria Engineering Journal, 59 (2), 707-738.
- [21] A, Zenkhri., M, Hammouda & W, Selmoune.,(Juin 2018). Production du froid par les énergies renouvelables, thèse de Licence, Université Saad Dahleb de Blida.
- [22] <https://energieplus-lesite.be/techniques/froid-alimentaire7/machine-frigorifique-a-compression-d1/> visiter le 04/04/2020 à 09 :05.
- [23] <https://energieplus-lesite.be/evaluer/climatisation5/comparer-les-performances-des-fluides-frigorigenes/> visiter le 13/02/2020 à 10h30.
- [24] <http://www.helioclim.fr/blog/features/machine-a-absorption/> visiter le 10/02/2020 à 16h35.

- [25] M, Diny. (1996). Etude du fonctionnement d'une machine frigorifique à adsorption : modélisation des transferts de chaleur et de masse et optimisation du fonctionnement de la machine (Doctoral dissertation, Université Henri Poincaré-Nancy 1).
- [26] <http://www.recuperation-chaleur.fr/machine-absorption> visiter le 21/05/2020 à 14 :27.
- [27] <https://www.abcclim.net/absorption.html> visiter le 17/06/2020 à 8h30.
- [28] H, Benfateh. (2009). Etude du Rafrâchissement par la Géothermie, Application à l'Habitat (Doctoral dissertation, Université Mohamed Khider Biskra).
- [29] https://climatisation.ooreka.fr/comprendre/pompe_a_chaleur_reversible visiter le 20/05/2020 à 14h20.
- [30] C, Marvillet.(10octobre 2016). Applications industrielles du froid. Industries utilisatrices .Techniques de l'ingénieur. Génie énergétique, 5(BE9756), V2.
- [31] <https://dspace.univadrar.dz/jspui/bitstream/123456789/307/1/%c3%89tude%20de%20Syst%c3%a8me%20de%20climatisation%20par%20%c3%a9nergie%20solaire%20.pdf> Visiter le 15/04/2020 à 11h45.
- [32] <https://www.hvac-intelligence.fr/fonctionnement-chambre-froide/> visiter le 21/04/2020 à 21h36.
- [33] <http://www.chambre-froide-positive.com/> visiter le 23/05/2020 à 14h34.
- [34] <https://colddistribution.fr/content/6-fonctionnement-chambre-froide> visiter le 23/05/2020 à 16h09.
- [35] O, JABER. (Juillet 2013). Chambre Froide, thèse de Master SPÉCIALITÉ ÉNERGÉTIQUE, Institut des Sciences Appliquées et Economiques Centre du Liban Associé au CNAM.
- [36] <https://www.materiel-horeca.com/guide/bien-choisir-sa-chambre-froide-professionnelle-positive-ou-negative/> visiter le 21/05/2020 à 20h12.
- [37] <https://www.clim34.fr/blog/froid-commercial/la-chambre-froide.html> visiter le 13/06/2020 à 19h36.
- [38] <https://colddistribution.fr/content/6-fonctionnement-chambre-froide> visiter le 16/05/2020 à 22h30.

- [39] <https://youmatter.world/fr/definition/energies-renouvelables-definition/> Visiter le 13/05/2020 à 13 :00.
- [40] <https://www.awea.org/wind-101/basics-of-wind-energy> Visiter le 13/05/2020 à 13 :10.
- [41] <https://pixabay.com/fr/images/search/%C3%A9nergies%20renouvelables/?p=3> Visiter le 14/05/2020 à 18 :03.
- [42] http://recursostic.educacion.es/newton/web/materiales_didacticos/e_hidraulica/e_hidraulica.html Visiter le 14/05/2020 à 18 :05.
- [43] <https://www.gettyimages.fr/photos/energie-renouvelable?mediatype=photography&phrase=energie%20renouvelable&sort=mostpopular#> Visiter le 14/05/2020 à 18 :10.
- [44] <https://www.britannica.com/science/geothermal-energy/History> visiter le 14/05/2020 à 18 :25.
- [45] <https://lenergeek.com/2017/06/13/chaleur-geothermique-energie-renouvelable/> Visiter le 14/05/2020 à 18 :30.
- [46] <https://www.seia.org/initiatives/about-solar-energy> Visiter le 15/05/2020 à 15 :40.
- [47] <https://arena.gov.au/renewable-energy/solar/> Visiter le 16/05/2020 16 :01.
- [48] <https://www.infiniteenergy.com.au/about-solar-power/how-solar-power-works/> Visiter le 17/05/2020 13 :05.
- [49] <https://www.powerworldanalysis.com/biomass-//energy-definition/> 17/05/2020 à 14 :10.
- [50] <https://www.picbleu.fr/page/biomasse-energie-definition-enjeux-et-avantages> Visiter le 28/05/2020 18 à 18 :30.
- [51] <https://positivr.fr/definition/centrale-biomasse/> Visiter le 30/05/2020 à 17 :30.
- [52] <https://www.vattenfall.fr/le-mag-energie/avantages-inconvenients-des-energies-renouvelables> Visiter le 31/05/2020 13 :25.
- [53] <https://lenergie-solaire.net/energies-renouvelables/energie-geothermique/avantages-inconvenients> Visiter le 31/05/2020 13 :15.

- [54] <https://www.calculo.fr/Eco-travaux/Les-travaux-d-economies-d-energie/Energie-solaire-avantages-inconvenients> Visiter le 31/05/2020 à 13 :17.
- [55] <http://energie-biomass.e-monsite.com/pages/les-inconvenients.html> Visiter le 31/05/2020 à 13 :20.
- [56] <http://acti-ve.org/les-energies-renouvelables/> Visiter le 01/06/2020 à 11 :05.
- [57] https://www.reflexiondz.net/L-energie-solaire-l-avenir-de-l-Algerie_a51303.html Visiter le 01/06/2020 à 14 :30
- [58] <https://www.les-energies-renouvelables.eu/conseils/eolienne/avantages-inconvenients-eolienne/> Visiter le 01/06/2020 à 17 :00.
- [59] <https://www.puitsbernier.ca/geothermie/avantages-geothermie/> Visiter le 01/06/2020 à 17 :15.
- [60] J.M, Martin-Amouroux. (Juin 2004). Economie de l'hydraulique, Document, centre européen de grenoble sur l'hydraulique pour un développement durable.
- [61] <https://www.futura-sciences.com/planete/questions-reponses/energie-renouvelable-duree-vie-eolienne-1035/> Visiter le 01/06/2020 à 17 :35.
- [62] https://eolienne.f4jr.org/projet_eolien/demantelement Visiter le 01/06/2020 à 17 :40.
- [63] https://www.jechange.fr/energie/electricite/guides/hydroelectricite4180?fbclid=IwAR28NZs1BY8u8gWYMxIKaoSd39giJozLvL0iOaMf-DIBd-wm4_akJHxpki Visiter le 01/06/2020 à 17 :45.
- [64] <https://www.quelleenergie.fr/economies-energie/chaudiere-bois/chaudiere-biomasse> Visiter le 01/06/2020 à 17 :55.

- [65] <https://www.quelleenergie.fr/economies-energie/panneaux-solaires-photovoltaiques/prix-economies> Visiter le 01/06/2020 à 18 :00.
- [66] <https://www.climamaison.com/conseil-expert/cout-d-une-installation-de-geothermie.htm> Visiter le 01/06/2020 à 18 :10.
- [67] <https://www.les-energies-renouvelables.eu/conseils/photovoltaique/cout-et-rentabilite-d-une-installation-de-panneaux-solaires-photovoltaique/> Visiter le 02/06/2020 à 14 :10.
- [68] <https://whatis.techtarget.com/definition/solar-cooling>. Visiter le 02/06/2020 à 14 :10.
- [69] <https://energieplus-lesite.be/techniques/climatisation8/production-de-froid/machine-frigorifique-a-ab-adsorption/> Visiter le 02/06/2020 à 18 :30.
- [70] <https://www.wbdg.org/resources/biomass-electricity-generation> Visiter le 02/05/2020 à 19 :00.
- [71] <https://www.ecolodis-solaire.com/conseils/cablage-et-securite-d-une-installation-photovoltaique-en-site-isole-cablage-en-serie-et-cablage-en-parallele-47> visiter le 10/08/2020 à 09 :30.
- [72] <https://www.google.com/search?q=cablage+panneau+solaire+en+serie+en+parallele&authuser> visiter le 10/08/2020 à 10 :00.
- [73] A, DOULET., P, BORNARD.(mai 2013). Réseaux électriques - Avant-propos, D4000 v2,10.
- [74] <https://particuliers.engie.fr/electricite/conseils-electricite/comprendre-electricite/avantages-inconvenients-electricite-energie-logement.html> visiter le 10/08/2020 à 10 :47.
- [75] https://www.pce-instruments.com/french/instruments-de-mesure/mesureur/station-m%C3%A9trologique-kat_132046.htm visiter le 10/08/2020 à 11 :00.

- [76] Pr M. MERZOUK. Conversion thermodynamique solaire, thèse de Cour, Département des énergies renouvelables, Université Saad Dahlab Blida 1.
- [77] <https://french.alibaba.com/product-detail/longi-risen-ja-solar-panel-price-430w-435w-440w-solar-panel-> Visiter le 10 /08/2020 à 19 :02.
- [78] <https://www.elysun-store.fr/onduleur-sma-tripower-17000tl.html> visiter le 10/08/2020 à 19 :10
- [79] <http://hosted.verticalresponse.com/1265205/00e8091414/544131997/01df248334/?fbclid=IwAR1qESX6U9IxKz-6LQAA16NxBlmXVX0vSXV1jfhvT6r4SeWQ5vfDfQO0eP0>
Visiter le 10/08/2020 à 19 :10.
- [80] <https://www.pvsyst.com/fr/> visiter le 25/07/2020 à 18 :03.
- [81] N. Kasbadji Merzouk. Carte des Vents de l'Algérie- Résultats Préliminaires, Laboratoire dévaluation du Potentiel Energétique, Centre de Développement des Energies Renouvelables Valorisation (1999) 209-214.
- [82] <http://eduterre.ens-lyon.fr/thematiques/climat/climats-de-la-terre> visiter le 25/07/2020 à 18 :10.

Annexes

Annexe A : Fiche De Technique De Chambre Froide



SMART COLD

BIR TOUTA-ALGER

09/07/2020 / Toutes les données sans garantie

Fiche Technique

1. Compresseur 4CES-9Y-40S

Etage de puissance	100%
Puissance Frigorifique	6.93 KW
Puissance Evaporateur	6.93 KW
Puissance Absorbée	5.52 KW
Puissance de condensation (EC)	12.17 KW
Intensité (400V)	10.18A
Plage des tensions	380V -420 V
Facteur de puissance	0.8
Débit masse	229kg/h
Mode de Travail	Standard
Température gaz refoulement non refroidi	126.8C°
Informations moteur	

Annexes

Version du moteur	1
Tension moteur (autre sur demande)	380-420VY-3-50HZ
Intensité de fonctionnement max.	20.2A
Int. Démarrage (rotor bloqué)	82.4A
Puissance absorbée Max.	11.3kW

2. Evaporateur GACCRX.040.1/3-70.A-1823771E

Evaporateur	
Puissance frigorifique	11.8kW
Frigorigène	R404A
Surface de réserve	0.1%
Temp. D'évaporation (point de rosée)	-25C°
Débit volumique d'air	8640m ³ /h
Surchauffe	5.0K
Air à l'entrée	-18.0C°
Temps.de condensation (point de rosée)	53.0C°
Air à la sortie	-21.3C°
Temps. De sous – refr.	47.7C°
Pression atmosphérique	1013bar
Ventilateurs (EC) : 3	
Pièce(s)	1- 230V 50-60Hz
Données par moteur (données nominales)	

Annexes

Pression sonore	50 dB(A) en 3.0 m
Vitesse de rotation	1200 min ⁻¹
Puissance sonore	72dB(A)
Puissance (mec. /el.)	0.12Kw/0.17 KW
Portée de l'air	Environ 14 m
Ampérage	1.30A
Givre	0.0 mm
Erp	Compliant
Puissance absorbée	0.51 KW
Classe efficace d'énergie	B(2014)
Caisson	AIMg. Revêt. Par poudre RAL 9003
Tubes	Cuivre
Surface d'échange	58.7m ²
Ailettes	Aluminium
Volume des tubes	19.8
Dp distributeur	3.8 bar
Pas d'aillettes	7.00 mm
Raccord d'aspiration	35.0 * 1.50 mm
Poids de l'appareil vide	76 kg
Tubulure d'entrée	22.0 mm
Pression de service max	32.0 bars
PED classification	Catégorie I, module A

Annexes

3. Groupes de condensation

Détermination du compresseur	
Données de départ	
Type du groupe	LH114E/4CES-9Y
Série	Standard
Fluide frigorigène	R404A
Température de référence	Point de rosée
Temp. D'évaporation	-25,00 °C
Température ambiante	40,0 °C
Température de gaz aspiré	20,00 °C
Surchauffe utilisable	100%
Mode de travail	Auto
Tension d'alimentation	400V-3-50Hz
Régulateur puissance	100%
Résultats	
Type du groupe	LH114E/4CES-9Y-40S
Etages de puissance	
puissance. Frigorifique	8,41 kW
Puissance. Evaporateur	8,41 kW
Puissance. absorbée *	6,10 kW
Intensité (400V)	10,03 A
Plage des tensions	380-420V
Débit masse	242 kg/h
Temp. de condensation	46,8 °C
Sous-refroidi. du liquide	2,97 K
Mode de travail	Standard

Annexe B : Panneau Solaire LR4-72HPH 440 Wc

1.Présentation du panneau solaire LR4-72HPH 440Wc



Dimensions : 2115x 1052 x 35 mm.

Poids : 23.5 Kg.

Puissance max : 440W

Affichant des performances exceptionnelles, le panneau solaire LR4 full black de Longi a de quoi rivaliser avec ses concurrents LG ou Panasonic.

Une puissance flirtant avec les 440 Wc et des rendements proches de 20% font de ce panneau solaire une référence.

En 2020, Longi est tout simplement le seul fabricant à avoir obtenu la meilleure note (AAA) au classement Bloomberg .

2.Caractéristiques essentielles

Tolérance de puissance positive : (0 + 5W) garanti.

Efficacité de conversion élevée du module : jusqu'à 19,8%.

Dégradation de puissance plus lente : activée par la technologie MONO PERC à faible couvercle : première année <2% ; 0,55% année 2-25.

Résistance PID solide : garantie par l'optimisation du processus des cellules solaires et la sélection minutieuse de la nomenclature des modules.

Réduction des pertes résistives : avec un courant de fonctionnement plus faible.

Annexes

Rendement énergétique supérieur : avec température de fonctionnement plus basse.

Risque de point chaud réduit : grâce à une conception électrique optimisée et un courant de fonctionnement plus faible.

2. Fiche technique du panneau solaire

Type	Monocristallin
Puissance maximum (Pmax/w)	440
Tension en circuit ouvert (Voc/V)	49.9
Courant de court-circuit (Isc/A)	11.3
Tension de puissance max (Vmp/v)	41.0
Courant de crête maximale (Imp/A)	8.8
Efficacité du module (%)	19.8
Coefficient de température de Isc (% / °C)	+0.057
Coefficient de température de Voc (% / °C)	-0.286
Coefficient de température de Pmax (% / °C)	+0.370
Pays de fabrication	Chine
Les points forts de la marque :	<ul style="list-style-type: none">• Hauts rendements• Puissance élevée• Esthétique• Note AAA au classement• Bloomberg

Annexe C : L'onduleur (SunnyTripower) MPPT17000 TL.

1. Présentation de l'onduleur



Le SunnyTripower dépasse toutes les attentes. Doté d'une technologie novatrice, il assure une installation simple, des niveaux élevés de production et une assistance au réseau fiable. Sa technologie Multi-String et sa plage de tension d'entrée élargie font du SunnyTripower l'onduleur triphasé idéal pour toutes les configurations de systèmes possibles et imaginables. Il se distingue par sa grande souplesse lors de la conception d'installations de puissances allant de 10 kW jusqu'au mégawatt. Cet onduleur dispose d'un dispositif complet de protection avec détection du dysfonctionnement des strings, fusibles string électroniques et fonction intégrable de protection contre la foudre. Le SunnyTripower allie donc disponibilité maximale et baisse des coûts de l'installation.

2. Fiche technique de l'onduleur

Entrée (DC)	
Puissance DC max. (pour $\cos \varphi=1$)	17410 W
Tension DC max.	1000 V
Plage de tensions photovoltaïques, MPPT	400 V – 800 V
Tension nominale DC	600 V
Tension DC min. / tension de démarrage	150 V / 188 V
Courant max. par MPPT / par entrée	A : 33 A, B : 11 A / 33 A
Nombre de MPP trackers / Nombre max. d'entrées (parallèle)	2 / A : 5, B : 1
Sortie (AC)	
Puissance active AC max. (pour 230 V, 50 Hz)	17000 W
Puissance apparente AC max.	17000 VA
Tension nominale AC ; Plage	3 / N / PE, 230 V / 400 V ; 160 V – 280 V

Annexes

Fréquence du réseau AC ; plage	50, 60 Hz ; -6 Hz, +5 Hz
Courant de sortie max.	24,6 A
Facteur de puissance réglable ($\cos \varphi$)	0,8 inductif... 0,8 capacitif
Phases d'injection / Phases de raccordement / Power Balancing	3 / 3 /—
Rendement	
Rendement max. / Euro-eta	98,1 % / 97,7 %

Annexe D : Power Pallet PP-3

1.Présentation du power pallet PP-30



Le nouveau groupe électrogène Power Pallet PP30 25 kW est une énergie renouvelable solution qui est une réponse sensée à un besoin critique d'énergie à faible émission de carbone. Avec la fonctionnalité standard de mise en parallèle du réseau,

Combinaison de chaleur et d'électricité, boîtier moteur et contrôle des émissions, le nouveau PP30 répond aux besoins d'une puissance moderne et exigeante normes.

L'architecture de gazéification à plusieurs étages brevetée unique d'APL, en combinaison avec notre intégration thermique innovante gazéificateur-moteur, système de contrôle électronique et recyclage de la chaleur résiduelle, donne le Power Pallet Flexibilité et efficacité sans précédent dans le domaine de la biomasse.

La Power Pallet utilise des déchets agricoles et forestiers qui peuvent être facilement obtenus très près du point de production. Il est compact et portable, facilement transporté là où se trouve le carburant et là où la puissance est nécessaire. Contrairement au diesel ou à l'essence, ce le carburant est souvent disponible à peu ou pas de frais, et surtout, en fonction de la sélection de la matière première et des détails d'utilisation, la Power Pallet est capable de fonctionner en carbone négatif

Annexes

2.Fiche technique de Power Pallet PP-30

Performances	
Puissance électrique : continue : En réseau avec CHP	25 kW à 60 Hz / 22 kW à 50 Hz 27 kW à 60 Hz / 24 kW à 50 Hz
Niveau sonore @ 7 mètres :	75 dB (A)
Consommation de biomasse :	1,0 kg / kWh (base sèche)
Temps de fonctionnement par remplissage de trémie : Approximatif @ Densité de carburant de 250 kg / m ³	5 kW : 12 heures 10 kW : 6 heures 15 kW : 4 heures
Max. Fonctionnement continu :	> 16 heures
Temps de démarrage :	> 10-15 minutes
Chaleur et puissance combinées (CHP)	
Efficacité électrique :	~ 23% (biomasse ligneuse, LHV) ~ 28% (gaz de synthèse)
Efficacité électrique + thermique : Gazéificateur HX + refroidissement moteur + échappement HX :	> 65% (biomasse) > 80% (gaz de synthèse) (3 étages)
Production de chaleur CHP : 3 étapes :	2,0 kWth pour 1 kWe
(Sans échappement HX) 2 étages :	1,5 kWth pour 1 Kwe
Liquide de refroidissement moteur : Fluide de travail : Écart de température :	Jusqu'à 50% PEG 75 à 95 ° C (165 à 205 ° F)
Cogénération côté client : LoopTemp. Débit minimum à 50 kWth : Distribution de chaleur minimale : Connexion de plomberie :	75 à 90 ° C (165 à 195 ° F) 2,2 m ³ / heure (9,5 GPM) 0 kWth (secours de radiateur natif) Raccord sanitaire de 1,5
Dimensions	
Caisse principale :	185 x 145 x 140 cm / 73 x 57 x 55 pouces.
Caisse de trémie :	83 x 83 x 114 cm / 33 x 33 x 45 pouces.

Annexe E : SMA Fuel Save Controller « FSC »

1.Présentation de SMA fuel Save Controller



UN élément-clé de la solution SMA pour les systèmes hybrides photovoltaïque/biomasse.

Il permet l'utilisation d'énergie solaire rentable pour produire de l'électricité afin de réduire la consommation de carburant des générateurs de biomasse. En tant qu'interface reliant le générateur de biomasse, le système photovoltaïque et la charge, il gère l'alimentation photovoltaïque en fonction des profils de charge et de production du système dans son ensemble. Le SMA s'acquitte de fonctions complètes de gestion du réseau, assure une sécurité opérationnelle maximale et réduit au minimum les dépenses d'exploitation et les émissions de CO₂.

La seconde génération du SMA est disponible pour des systèmes de 100 kW à 50 MW. Système hybride avec les techniques SMA offre une extension modulaire à tout moment et une commande optimale du système grâce à la télésurveillance.

2. Avantage et rôle de contrôleur SMA

SMA FUEL SAVE CONTROLLER « FSC »

Les avantages	Le rôle
<ul style="list-style-type: none"> • Jusqu'à 75% de pénétration photovoltaïque. • La bonne version du produit et la configuration du système pour chaque taille du système. • Les systèmes de stockage d'énergie peuvent être intégrés à tout moment. • Installation simple et rapide. • Commande facile avec PC standard. • Robuste et fiable. 	<ul style="list-style-type: none"> • Protection contre le reflux pour les génératrices biomasses. • Gestion intelligente de l'alimentation du réseau • Contrôle de la puissance réactive via un onduleur PV • Gestion de la capacité de réserve interfaces compatibles avec toutes les commandes biomasses pertinentes • Fonctionnement entièrement automatisé du système

2.Fiche technique de contrôleur SMA

Les caractéristiques techniques contrôleurs d'économie de carburant S	
Conception générale du système Caractéristique	
Taille du système (taille du système PV)	Jusqu'à 500 kW
Nombre maximum de générateurs Par mesure / par commutation	3/8
Données générales	
Dimensions (L x H x P) en mm (approx.)	760 x 760 x 210

Annexes

Demande poids (approx.)	48 kg
Degré de protection selon la norme DIN EN 60529	IP 65
Conditions ambiantes	
Plage de températures de fonctionnement	-10°C à +50°C
Altitude maximale d'exploitation	2000 m au-dessus du niveau de la mer
Humidité	5% à 95% (Non-condensation)
Alimentation	
Alimentation en tension (valeur nominale)	110 à 240 VAC (50 à 60 Hz)
Consommation d'énergie (Max. / moyenne)	200 W / 120 W
Communication	
Système de communication pour la surveillance du système, le SCADA et la surveillance à distance	Modbus/ TCP, http, FTP via Ethernet 10 BASE-T et 100 BASE-T(X.)
Communication entre modules / longueur maximale de câble	Ethernet 100 BASE-FX et TX 2000
Communication vers les onduleurs / longueur maximale de câble	Sunny Central : Ethernet 100 BASE-FX et 100 BASE-TX (en option) / SunnyTripower : 100 m, Sunny Central : 2000 m
Protocole de communication vers les contrôleurs de groupes électrogènes	Modbus/ TCP Master via Ethernet 100 BASE-FX et TX ou CAN / CANOpen2)
Dispositif de communication	Switch

