

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

UNIVERSITE SAAD DAHLAB BLIDA-1



FACULTE DE TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT DES ENERGIES RENOUVELABLES

Mémoire de Fin d'Etude

Pour l'obtention du diplôme de Master en Energies Renouvelables

Option : Conversion Photovoltaïque

Thème :

Evaluation énergétique d'une centrale photovoltaïque

Préparé par : Rahmani Okba

Elbey Amine

Soutenu devant les jurys composés de :

M. Boukhalfa Yaici

Promoteur

M. Hamid Abdekader

Président

M. Doumaz Toufik

Examineur

Novembre 2020

الهدف من هذا العمل هو تحليل أداء الطاقة في مصنع ضوئي مرتبط بشبكة 20 MWp التي تم تركيبها في بيئة صحراوية في جنوب الجزائر في منطقة أدرار. يتألف هذا التحليل من دمج المعلومات الفورية الحقيقية لسنة 2019 في نظام الإشراف على المنشأة و هذا لغرض محاكاة متغيرات و نسبة الأداء. و في الوقت نفسه، أجريت محاكاة أخرى مع PVSYSY باستخدام قاعدة البيانات الخاصة بالأرصاء الجوية للحصول على نتائج الأداء، ونتيجة لذلك ، تمت مقارنة النتيجتين المتحققّة من المحاكاة مع الأداء الفعلي لاستنتاج المتغيرات المختلفة التي لها تأثير على إنتاج الطاقة من جهة، و من ناحية أخرى، الحكم على كفاءة PVSYSY. وأخيراً ، تم اقتراح و محاكاة حلولاً لتحسين، وأيضاً أوصي باستخدام حلول أخرى بنفس الخصائص لتحسين أداء المنشأة والأداء من حيث إنتاج المزيد من الطاقة

Résumé

L'objectif de ce travail de thèse est l'analyse énergétique d'une centrale photovoltaïque connectée au réseau de puissance 20MWc installée dans un environnement désertique au sud algérien dans la région d'Adrar. Cette analyse consiste à intégrer dans PVSYSY les paramètres réels instantanés pour l'année 2019 récupérés au niveau du système de supervision de la centrale et de simuler pour obtenir les paramètres de performance. Parallèlement une autre simulation a été faite avec PVSYSY en utilisant des données météorologiques pour aboutir aux résultats de performance. Les deux résultats obtenus par simulation ont été comparés pour déduire d'une part les différents paramètres qui ont un impact sur la production d'énergie, d'autre part pour juger de l'efficacité de PVSYSY. Enfin des solutions d'amélioration ont été proposées et simulées, d'autre ont été recommandées pour l'optimisation des performances de la centrale.

Abstract

The objective of this work is to analyze the performance of a 20 MWp solar PV power plant connected to the grid in a desert environment in southern Algeria in the region of Adrar. This analysis consists of integrating into PVSYSY the instantaneous real parameters for the year 2019 retrieved from the plant supervision system and simulating to obtain the performance parameters. At the same time another simulation was done with PVSYSY using meteorological data to achieve performance results. The two results obtained by simulation were compared to deduce on the one hand the various parameters which have an impact on energy production, on the other hand to judge the efficiency of PVSYSY. Finally improvement solutions were proposed and simulated, others were recommended for optimizing plant performance.

*Avec un énorme plaisir, un coeur ouvert et une immense joie,
que je dédie mon travail à mes parents, ma famille, pour tous
leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et
leurs prières tout au long de mes études.*

*A tous mes amis et toute ma promotion pour leurs appuis et
leur encouragement.*

*A tous ce qui de loin ou de près n'ont pas cessé de m'apporter
leur soutien, pendant mes années d'études.*

*Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant
allégués, et le fruit de votre soutien infailible*

Je remercie ALLAH le tout-puissant de m'avoir donné le courage, la volonté et la patience de mener à terme ce présent travail.

Je tiens à remercier sincèrement

M. Boukhalfa Yaici pour son encadrement, sa compréhension, ses conseils, ses observations et son aide durant la réalisation de ce mémoire.

Je remercie M. Hamid Abdekader président de jury et M. DOUMAZ Toufik pour avoir accepté juger ce travail.

Je remercie mes amis pour l'aide qu'ils m'ont apportée pour la réalisation de ce travail.

Table des matières

I.	Introduction générale	01
III.	Description de la centrale de 20MWc d'Adrar	13
3.1	Equipement de la centrale	14
3.1.1.	L'Onduleur central	14
3.1.2.	Boite de raccordement	15
3.1.3.	Autre équipement de la centrale	15
3.2	Méthode de mesure :	15
IV.	Analyse des données.....	18
4.1	Objectifs de l'analyse des données.....	18
5.	Observation générale sur les données.....	18
5.1.	Les paramètres mesurés	18
5.2.	Absence d'enregistrement	18
5.3.	Calcul de T max/année.....	19
5.4.	Calcul d'éclairement max/ année	19
6.	Observation particulière	20
6.1.	La courbe d'éclairement journalière	20
6.1.1.	Observation	21
6.2.	la courbe de charge journalière	21
6.2.1.	Observation	22
6.3.	Variation annuelle de la température et de l'éclairement	22
6.3.1.	Variation annuelle de la température.....	22
6.3.2.	Variation annuelle de l'éclairement.....	23
6.4.	Variation annuelle de l'énergie produite.....	23
6.5.	Variation des autres paramètres (vitesse du vent, humidité).....	24
6.5.1.	Variation annuelle de l'humidité.....	24
6.5.2.	Variation annuelle de la vitesse du vent.....	24
6.6.	Influence de la température ambiante sur l'énergie produite	26
6.7.	Influence de l'éclairement sur la puissance produite.....	27
6.8.	Variation de température et humidité	28
6.9.	Variation de tous les paramètres	29
7.	Observations générales.....	30
8.	Expressions utilisées.....	30
8.1.	Calcul de l'énergie journalière	30

8.2.	Calcul de l'énergie mensuelle	30
8.3.	Calcul de l'énergie moyenne mensuelle.....	31
8.4.	Calcul de l'énergie annuelle	31
8.5.	Calcul de l'énergie moyenne annuelle.....	31
8.6.	Taux de couverture photovoltaïque unitaire Y_f	31
8.7.	Productivité du champ Y_A	31
8.8.	L'indice de performance PR	32
V.	Performance de la centrale par la méthode de simulation.....	34
1.	Introduction	34
2.	Description du PVSYST	34
2.1.	Les Options de logiciel PVsyst	35
2.1.1.	Pré dimensionnement.....	35
2.1.2.	Conception du projet	35
2.2.	PVGIS.....	36
3.	Méthode de simulation.....	36
4.	Résultat de simulation PVsyst avec les données de PV-GIS	38
4.1.	Paramètre de simulation PVsyst avec les données de PV-GIS.....	38
4.2.	Paramètre du champ.....	38
4.3.	La Production et le PR	39
4.4.	Bilan mensuel.....	40
4.5.	Graphes spéciaux	40
4.6.	Diagramme des pertes	42
4.7.	Energie incident et facteur normalisés.....	43
5.	Résultat de simulation PVsyst avec les données réelles de la centrale.....	43
5.1.	Paramètre de simulation.....	44
5.2.	Paramètre du champ.....	44
5.3.	La Production et le PR	44
5.4.	Bilan mensuel.....	45
5.5.	Graphes spéciaux	45
5.6.	Diagramme des pertes	46
5.7.	Energie incidente et facteurs normalisés.....	46
6.	Interprétation des résultats	47
7.	Comparaison des résultats	48
8.	Conclusion.....	49
9.	Solutions d'amélioration.....	50

Table des matières

VI. Conclusion générale53

Liste des tableaux

Chapitre III

Tableau 1:spécification du module de la centrale du Fabricant Yingli	14
--	----

Chapitre IV

Tableau 1: Température moyenne et température Max en (°C)	19
Tableau 2: Eclairage mensuel maximum (W/m2)	20

Chapitre V

Tableau 1:parameters de simulation	36
------------------------------------	----

Liste des figures

Chapitre III

Figure 1 : situation du projet-source google earth-	14
Figure 2 : configuration de la centrale (voir l'annexe schéma unifilaire de la centrale)	14
Figure 3:La station météorologique	16

Chapitre IV

Figure 1: La courbe de variation instantanée d'éclairage solaire pour la journée du 18/03/2019	20
Figure 2: variation journalière de l'éclairage solaire	21
Figure 3: puissance journalière enregistrée pour le mois de janvier 2019 en KW	22
Figure 4: variation moyenne journalière d'une année de température	22
Figure 5: variation annuelle d'énergie d'éclairage (KWh/m2/jour)	23
Figure 6: Variation annuelle de l'énergie produite (MWh/Jour)	23
Figure 7: variation annuelle de l'humidité	24
Figure 8:Variation annuelle de la vitesse du vent	24
Figure 9:Influence de la Température sur la Puissance produite.	26
Figure 10: Influence de l'éclairage sur l'énergie produite	27
Figure 11: Variation de température et humidité	28
Figure 12: Variation de tous les paramètres	29

Chapitre V

Figure 1:Paramètres de simulation PVSyst	38
Figure 2 : Paramètres du champ PV	38
Figure 3:La Production et le PR	39
Figure 4: Bilan Mensuel	40
Figure 5: Graphe speciaux	41
Figure 6:Diagramme des pertes	42
Figure 7: Energie incident et facteur normalisés	43

Abréviation

G : Eclairement solaire globale [W/m^2]

P_A : Puissance AC à la sortie d'onduleur [KW]

T : Température ambiante du site [$^{\circ}\text{C}$]

H : Humidité relatif [%]

S_W : Vitesse du vent [m/s]

P : Pression atmosphérique [HPa]

$E_{i,\tau}$: Energie journalière de jour i avec un temps d'échantillonnage τ [kWh]

τ : représente le temps échantillonnage de système d'acquisition des données [min]

P_i : Puissance instantanée de l'instant i [KW]

E_M : Energie mensuelle [kWh]

$E_{M,moy}$:Energie moyenne mensuelle [kWh]

E_Y : Energie annuelle produite [KWh]

Y_f :Taux de couverture photovoltaïque (ou Rendement final du système PV) [h/jour]
ou ($\text{kWh}\cdot\text{d}^{-1}$) RÉEL/ (kW) ASSIGNÉ.[2]

η_{LOAD} : Rendement avec lequel l'énergie de toutes les sources est transmise à l'utilisation

Y_A : représente l'énergie quotidienne produite par kW installé

PR : Indice de performance.

PV : photovoltaïque

STC : condition standard de test (standard test condition)

INTRODUCTION GENERALE

1. Introduction générale

La transition énergétique occupe une place importante dans le programme du gouvernement qui vise, outre l'intensification des efforts de prospection et de production des hydrocarbures, la diversification des sources énergétiques à travers le développement des énergies renouvelables et la promotion de l'efficacité énergétique.

Cette transition devrait permettre à notre pays de s'affranchir de manière progressive de la dépendance vis-à-vis des ressources conventionnelles et d'amorcer une dynamique d'émergence d'une énergie verte et durable qui s'appuie sur la mise en valeur de ressources d'énergie inépuisables

Cette démarche s'articule sur les considérations suivantes :

- la préservation des ressources fossiles et leur valorisation ;
- le changement du modèle énergétique de production et de consommation ;
- le développement durable et la protection de l'environnement ;
- la maîtrise des coûts de réalisation des installations des énergies renouvelables

Le système d'approvisionnement en énergie en Algérie a connu également une croissance importante tirée par la demande d'électricité et de gaz naturel d'où nouveaux besoins d'infrastructure d'ici 2027 à savoir 17.210 MW en capacité additionnelle de production de l'électricité, 32.890 km de réseau additionnel de transport de l'électricité HT et THT , 128.500 km de réseau de distribution de l'électricité et environ 4,2 millions de clients additionnels.

Ces besoins entrent dans un contexte un peu particulier qui peut se résumer dans les points suivants :

- Satisfaction de la demande et sécurisation de l'approvisionnement en énergie (électrique et gazière), à long terme
- Préservation des ressources fossiles
- Développement de sources alternatives d'énergie et adoption d'un mix énergétique pour le moyen-long terme

- Engagements internationaux de l'Algérie dans le cadre de la prise en charge de la problématique environnementale (Changements climatiques) et plus globalement la promotion du développement durable
- Disponibilité de potentiel, notamment solaire important

Pour cela des enjeux sont fixés pour :

- Réduction des consommations de combustibles
- Développement d'un mix énergétique
- Promotion de l'économie de l'énergie et de l'efficacité énergétique
- Diversification de l'économie nationale et création d'une nouvelle dynamique socio-économique autour des EnR

L'objectif principal de ce travail de thèse consiste à analyser les données d'exploitation d'une centrale photovoltaïque de 20MWc installée dans un milieu désertique pour l'optimisation de la production instantanée et la préservation des performances dans le temps. Cet objectif peut être atteint par une évaluation précise de la performance du système photovoltaïque sans sous-estimer l'impact des facteurs climatiques et environnementaux (température, irradiation solaire).

En conséquence, les principaux objectifs au cours des différentes étapes de ce travail de thèse sont résumés comme suit :

1. Analyser les performances de la centrale solaire

- A partir des données issues du monitoring le travail consiste tout d'abord à les analyser et détecter les valeurs aberrantes telles que les défauts de fonctionnement des onduleurs, etc.
- Présenter les conditions environnementales du site telles que la température ambiante, la quantité d'irradiation reçue, la vitesse du vent. Cela va nous permettre de mieux interpréter les performances de la centrale solaire.
- Calcul de performance par la méthode de simulation
- Analyser les performances sur une longue durée (l'année 2019 et les comparer à celles de 2018)

2. Proposition des solutions techniques dans le cadre de l'optimisation des performances de la centrale

Ces propositions reposent essentiellement sur les points suivants :

- Utilisation de double orientation annuelle (orientation d'été et orientation hiver)
- Installation d'un système tracking au lieu d'une structure fixe.

Pour atteindre les objectifs susmentionnés et faciliter la présentation des résultats obtenus dans ce travail, la thèse est organisée comme suit:

- 1.** Le chapitre 1 donne une présentation générale sur le plan de développement des énergies renouvelables de l'Algérie ainsi que l'efficacité énergétique tracée par la politique d'état au moyen et long terme
- 2.** Le chapitre 2 donne une description générale de la centrale photovoltaïque d'Adrar de 20 MWc connectée au réseau installée au sud-ouest de l'Algérie avec les différents composants (des panneaux solaires jusqu'à la connexion au réseau) du système photovoltaïque
- 3.** Le chapitre 3 examine les données collectées. Les données environnementales du site sont également analysées en termes de quantités d'irradiations reçues, de la température ambiante, de la température des modules et de la vitesse du vent.
- 4.** Le chapitre 4 consiste à exploiter les données analysées et le calcul de la performance de la centrale avec la méthode de simulation
- 5.** La conclusion générale consiste à faire des propositions et des solutions techniques dans le cadre de l'optimisation des performances de la centrale

Chapitre I

2. Plan de développement des énergies renouvelables

Ce plan de développement des énergies renouvelables est inspiré du plan d'action du gouvernement pour l'année 2020 relatif à la transition énergétique dans le cadre d'impulser le renouveau économique

Tenant compte du potentiel existant et des capacités d'absorption de notre réseau national de transport et de distribution de l'énergie électrique et de l'énergie d'origine renouvelable, un programme adapté de développement des énergies renouvelables d'une capacité de 15.000 MWe à l'horizon 2035, dont 4000 MWe d'ici 2024, sera mis en œuvre.

La réalisation de ces capacités permettra non seulement d'économiser près de 240 milliards de m³ de gaz naturel et d'éviter ainsi l'émission de 200 millions de tonnes de CO², mais aussi le développement effectif d'un tissu de PME sur l'ensemble de la chaîne de valeur des composants dédiés aux énergies renouvelables.

L'hybridation de la production de l'électricité de source conventionnelle au niveau du Sud du pays, par la production photovoltaïque, constitue pour le gouvernement une action prioritaire dans ce domaine.

Aussi, la mise à niveau de la réglementation d'encouragement de la production d'électricité à partir de sources renouvelables afin d'y intégrer des mécanismes adaptés à l'auto production par les résidentiels, sera rapidement mise en œuvre.

Chapitre II

3. Description de la centrale de 20MWc d'Adrar

La centrale PV de 20 MWc connectée au réseau d'Adrar situé au sud Sahara dans la wilaya d'Adrar sous les coordonnées géographiques suivantes ($27^{\circ}54'28.1''N$ $0^{\circ}19'01.8''W$) et d'altitude 276m par rapport au niveau de mer.

La figure 1 montre un aperçu sur la situation de la centrale photovoltaïque d'Adrar.

La centrale PV de 20 MWc comporte des sous-champs de 1 MWc chacune et divisée en deux sous-systèmes. Chaque sous système a un onduleur de 500 KW, le nombre de modules par sous-champ est de 4092. Le nombre total des modules dans la centrale est de 81.840, Les modules sont montés à un angle de 27° et orientés plein sud. Le type de module est poly cristallin avec une puissance crête de 245 Wc et la surface totale des modules sur la superficie de 132.538.775 m². La caractéristique de fabrication du module PV est indiquée sur le tableau 1, les caractéristiques des autres équipements sont mentionnées au niveau des annexes.

La centrale a été mise en service le 28 octobre 2015 et devrait produire annuellement 36.000 MWh/an (contractuelle), avec une économie d'environ 10.080 m³ / an de gaz. Cependant, les résultats présentés dans cette étude sont constitués des données mesurées sur une période d'une année (janvier 2019 à décembre 2019). Un schéma de principe de système photovoltaïque est illustré sur la figure 2. Le rayonnement solaire global dans le plan, la vitesse du vent, la température ambiante et la puissance de sortie CA ont été mesurés et enregistrés après chaque intervalle de 15 minutes.



Figure 1 : situation du projet-source google earth-

Tableau 1:spécification du module de la centrale du Fabricant Yingli

Parameters	Specification
Manufacturer	Yingli Green Energy Holding Co. Ltd.
Cell type	Polycristallin
PV Model	YL245P-29P
Maximum power, P_p (W)	245
Maximum power voltage, V_p (V)	29.6
Maximum power current, I_p (A)	8.28
Open circuit voltage, V_{oc} (V)	37.5
Short circuit current, I_{sc} (A)	8.83
Number of cells	60
Module dimensions (mm)	1640*990*35
Module efficiency (%)	15.1
Maximum system voltage (V)	1000
Temperature coefficient of P_p , α_{Pp} (%/°C)	-0.42
Temperature coefficient of I_{sc} , α_{Isc} (%/°C)	0.05
Temperature coefficient of V_{oc} , α_{Voc} (%/°C)	-0.32

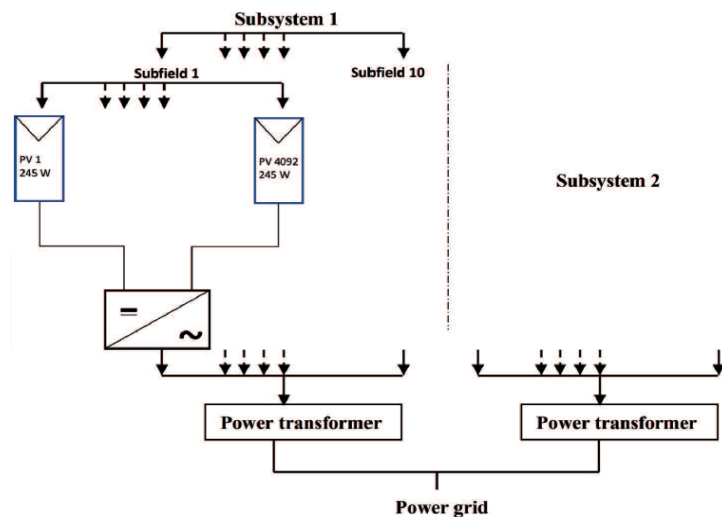


Figure 2 : configuration de la centrale (voir l'annexe schéma unifilaire de la centrale)

3.1 Equipement de la centrale

3.1.1. L'Onduleur central

En Shelter, intégré à l'intérieur des onduleurs, boîte générale, unité de contrôle, unité de distribution, pouvant assurer une interconnexion et service à longue durée bien sécuritaire et fiable.

L'onduleur de **SUNGROW** de la gamme SG1000TS se compose de conteneur, 2 SG500MX onduleurs, 2 boîtes générales, unité de contrôle local des sous-champs, cellule de distribution.

Boîtes générales se trouvent en bas, cellule de distribution est en haut d'onduleur A, unité de contrôle est en haut d'onduleur B.

Les caractéristiques détaillées de l'onduleur sont mentionnées sur l'annexe (Caractéristiques de l'onduleur).

3.1.2. Boîte de raccordement

Enveloppe dans laquelle toutes les chaînes PV de tous groupes PV sont reliées électriquement et où peuvent être placés les dispositifs de protection éventuels.

La Boîte de raccordement de **SUNGROW** est munie de 8 entrées CC.

3.1.3. Autre équipement de la centrale

Autres équipement principaux de la centrale sont décrits dans les annexes.

3.2 Méthode de mesure :

Toutes les données utilisées dans ce travail de thèse sont récupérées à partir du système de contrôle commande de la centrale avec un intervalle de temps de 15 minutes, elles sont des données brutes et n'ont subi aucun traitement.

Le système de contrôle commande de la centrale reçoit lui-même les données à partir les instruments installés au niveau de la station météorologique.

La station météorologique automatique est l'équipement d'observation météorologique de sol qui peut automatiquement faire l'acquisition, le traitement, l'enregistrement et la transmission pour les différents éléments météorologiques selon les exigences spécifiées, pour réduire le travail d'observation de sol d'observateur, améliorer la qualité et l'efficacité d'observation.

La station météorologique installée sur le terrain comporte :

- Thermo hygromètre
- Radiomètre (Total Radiation, Le rayonnement direct, Le rayonnement de diffusion)
- Panneaux solaire
- anémoscope
- Baromètre
- Pluviomètre
- Batterie



Figure 3: La station météorologique

Chapitre III

4. Analyse des données

4.1 Objectifs de l'analyse des données

L'objectif principal d'analyse des données est de traiter les données relevées par le système d'acquisition des données, ce traitement se base à l'extraction des données remarquables telle que les valeurs max, les valeurs min, les moyennes journalières, mensuelles et annuelles des différents paramètres nécessaires pour la simulation.

Aussi, cette analyse nous permet de vérifier les paramètres essentiels par rapport à la référence à travers la visualisation telle que la forme de production journalière, mensuelles ou annuelles ainsi que la variation de la production et l'influence des différents paramètres sur la production.

5. Observation générale sur les données

5.1. Les paramètres mesurés

Les paramètres mesurés utilisés dans notre travail sont listés dans ce qui suit :

- Rayonnement global en [W/m²]
- Puissance à la sortie de l'onduleur [KW]
- Température ambiante du site [°C]
- Humidité [%]
- Vitesse du vent [m/s]
- Pression atmosphérique [HPa]

5.2. Absence d'enregistrement

L'absence d'enregistrement signifie manque d'information sur une durée déterminée ou indéterminée, ce manque engendre une perte d'information soit au niveau du système contrôle commande, soit au niveau de l'équipement lui-même ou par l'instrument de mesure (capteur ou appareil de mesure ...)

Le traitement d'absence d'information des données, est basé à la compensation ou le remplacement d'information, ce dernier soit par estimation ou par interpolation,

L'estimation des données est utilisée si l'intervalle de temps est non important, (supposant que la variation est linéaire et on calcule la moyenne estimée). L'interpolation est généralement utilisée si le temps de perte d'information est important, ou par comparaison par d'autres paramètres.[1]

5.3. Calcul de T max/année

Après l'analyse et le traitement des données, on a extrait le tableau suivant :

Tableau 2: Température moyenne et température Max/Min en (°C)

	JANV	FEVR	MARS	AVR	MAI	JUN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC
Température moyenne (°C)	12,1	14,2	20,7	25,1	32,1	35,6	39,8	38,8	34,4	26,1	18,9	15,3
Température Max (°C)	27,1	26,8	33,3	38,6	44,3	49,7	47	45,8	42,4	33,5	26,3	23,2
Température Min/ jour	4,8	6,4	13,0	16,9	25,0	26,9	32,2	31,6	26,3	18,7	11,8	7,9

Ce tableau présente la température en degré Celcius (°C) relevée par le système de mesure

La 1^{ère} ligne représente les mois de l'année

La 2^{ème} ligne représente la température moyenne mensuelle des moyennes journalières

La 3^{ème} ligne représente la température max enregistrée pour chaque mois

La 4^{ème} ligne représente la température Min/jour enregistrée pour chaque mois

On observe ce qui suit :

- A partir du mois de mai jusqu'au mois de septembre la température max est supérieur à 42 °C.
- Le mois de juillet la température max est enregistrée a 49.7 ~ 50 °C qui pourrait influencer d'une manière significative sur la production de la centrale en énergie notamment pour la technologie cristalline qui a un coefficient de dégradation de la puissance par rapport à la température un peu plus élevé.
- A partir du mois de Mai jusqu'au mois de septembre la température moyenne est supérieur à 32 °C.

5.4. Calcul d'éclairement max/ année

Avant l'extrait des valeurs maximum et moyennes mensuelles d'éclairement sur le plan incliné, on représente au premier temps la variation journalière d'éclairement solaire.

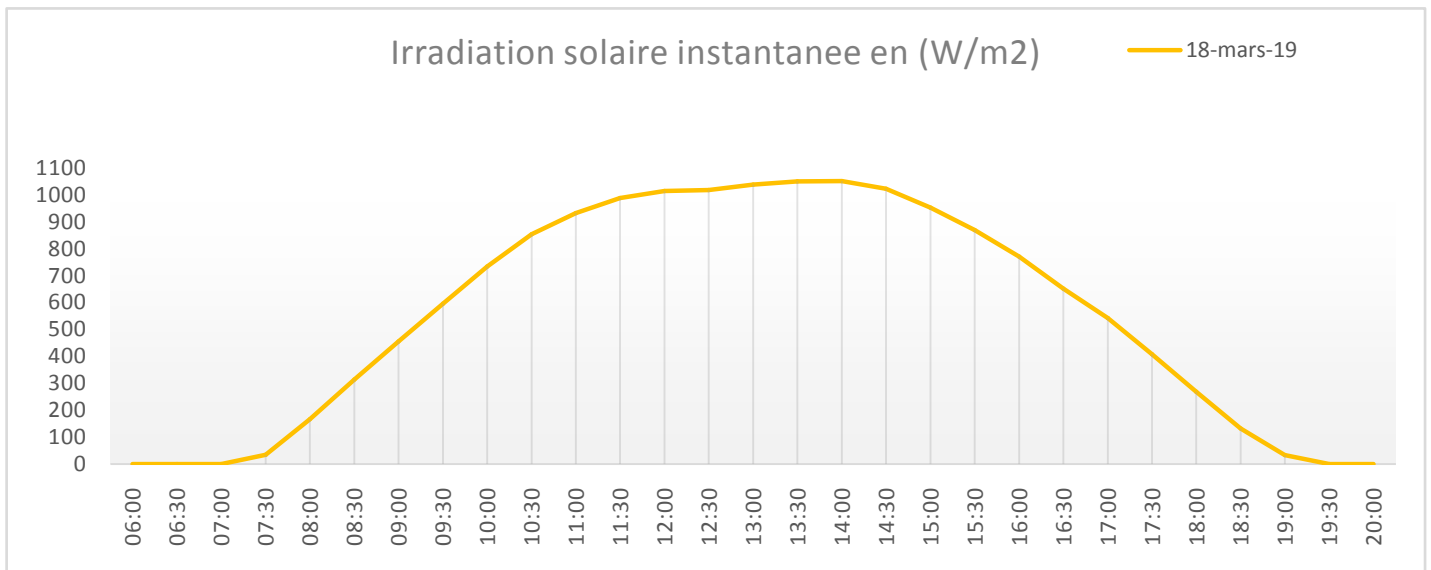


Figure 4: La courbe de variation instantanée d'éclairement solaire pour la journée du 18/03/2019

La courbe représente la variation d'éclairement solaire pendant la journée. Pour calculer l'énergie journalière d'éclairement en [Wh/m²/jour], il suffit de calculer la surface entre la courbe et l'axe de temps (la surface hachurée) ou par l'équation (3) de point 8.3.

Pour trouver l'éclairement journalier maximum, il suffit de prendre la valeur max de la courbe au le-sommet de la courbe de variation d'éclairement,

Tableau 3: Eclairement mensuel maximum (W/m²)

	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUI	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
G_{Max} (W/m ²)	1046,9	1132,7	1102,9	1149,8	1169,7	1129,3	1134,5	1148,8	1197,2	1134,5	1146,0	1042,0

On observe que pendant la journée l'éclairement atteint des valeurs considérables (>1000W/m²), cela signifie que le potentiel important relevé dans la zone d'Adar qu'on peut exploiter pour la production d'énergie.

6. Observation particulière

6.1. La courbe d'éclairement journalière

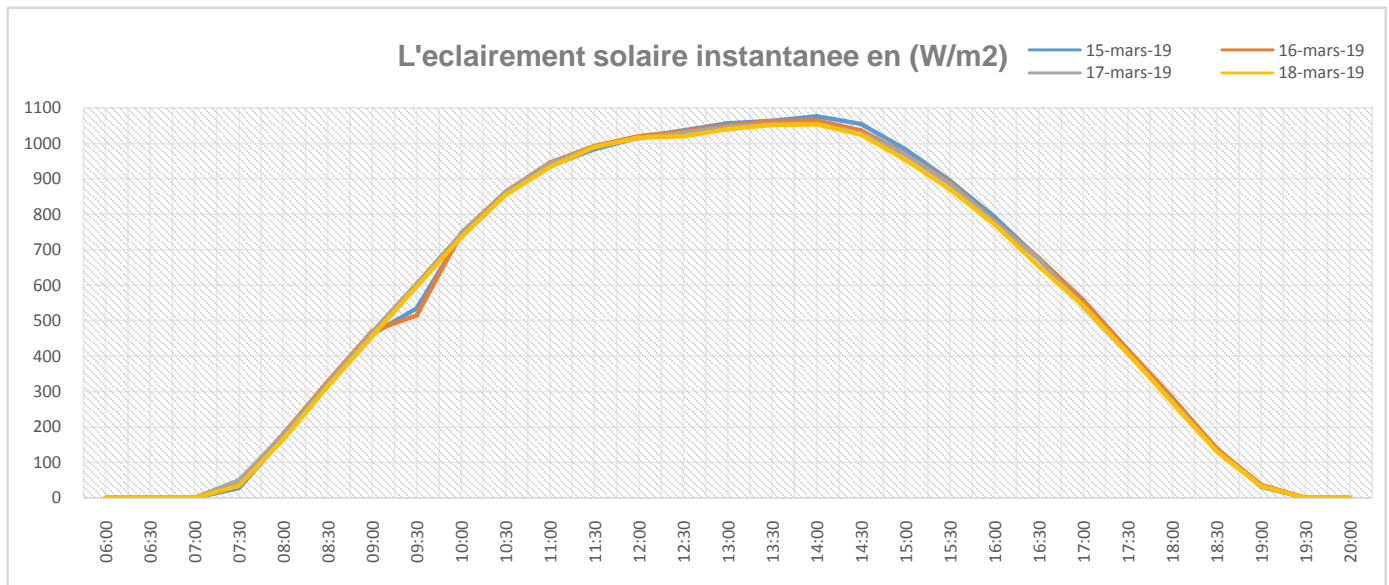


Figure 5: variation journalière de l'éclairement solaire

6.1.1. Observation

La courbe d'éclairement journalier ayant une forme parabolique inversée, l'éclairement commence le matin suivant un minimum d'éclairement après il augmente et suit la forme parabolique jusqu'à la fin de la journée, le sommet de la parabole représente l'éclairement maximum dans la journée. Ce maximum varie d'une journée à une autre et d'une saison à une autre.

Le début et la fin d'éclairement dépendent essentiellement des saisons (l'heure de levée et couchée de soleil).

6.2. la courbe de charge journalière

On trace la courbe de charge suivant :

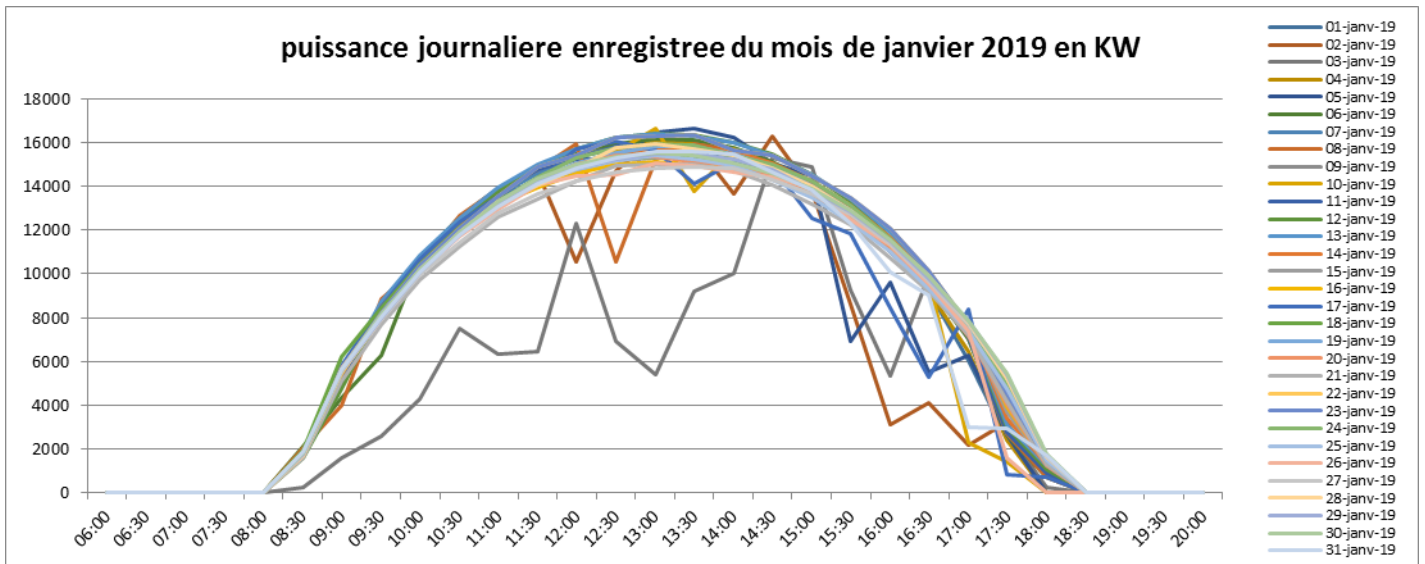


Figure 6: puissance journalière enregistrée pour le mois de janvier 2019 en KW

6.2.1. Observation

On observe que la forme générale de la courbe de charge est la même que celle d'éclairage, cela signifie que la production dépend directement de l'éclairage. Elle a une forme en cloche, la production commence le matin suivant un minimum d'éclairage, puis la production augmente et suit la forme jusqu'à la fin de la journée, le sommet de la parabole représente la production maximale au cours de la journée. Ce maximum varie d'une journée à une autre et d'une saison à une autre suivant l'éclairage journalier et/ou annuel. Cela nous conduit à étudier la variation d'éclairage journalier.

6.3. Variation annuelle de la température et de l'éclairage

6.3.1. Variation annuelle de la température

La figure suivante représente la variation moyenne journalière d'une année de la température.

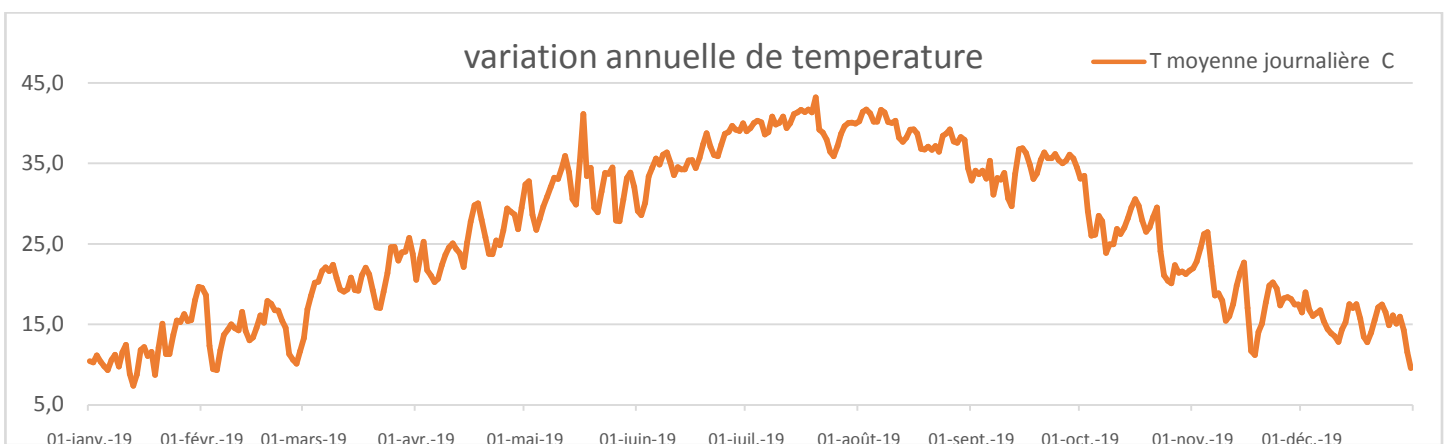


Figure 7: variation moyenne journalière d'une année de température

On observe que la courbe de variation annuelle de température présente des fluctuations importantes au cours de l'année, cela va influencer sur la puissance et par conséquent sur l'énergie produite et exportée.

6.3.2. Variation annuelle de l'éclairement

La courbe suivante représente la variation annuelle d'énergie d'éclairement.

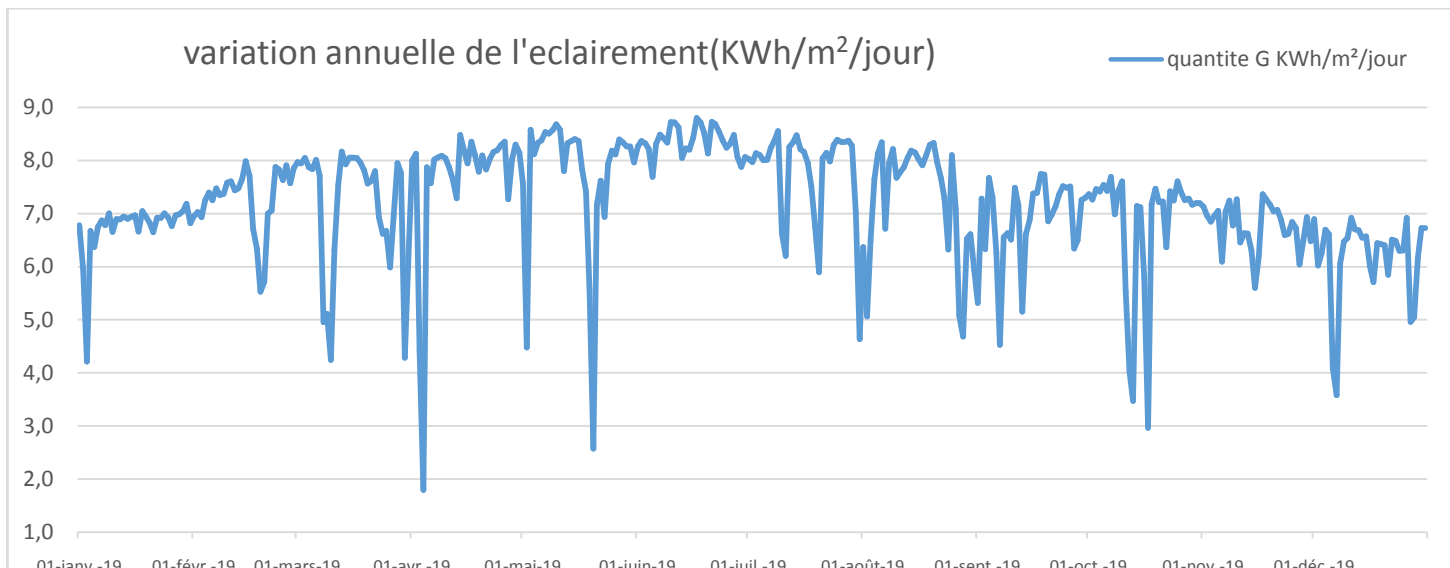


Figure 8: variation annuelle d'énergie d'éclairement (KWh/m²/jour)

On observe que la courbe de variation annuelle de l'éclairement présente des fluctuations au cours de l'année provoquées par des paramètres climatiques tels que le vent de sable.

6.4. Variation annuelle de l'énergie produite

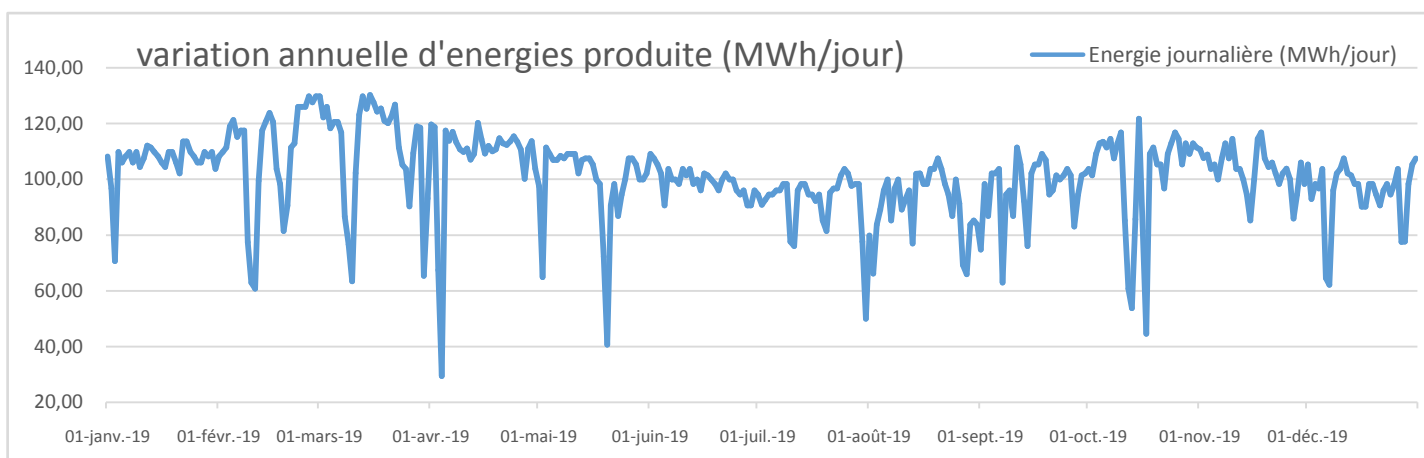


Figure 9: Variation annuelle de l'énergie produite (MWh/Jour)

On observe que la courbe de variation annuelle d'énergie produite présente également des fluctuations qui sont presque identiques à ceux de l'éclairement

6.5. Variation des autres paramètres (vitesse du vent, humidité)

6.5.1. Variation annuelle de l'humidité

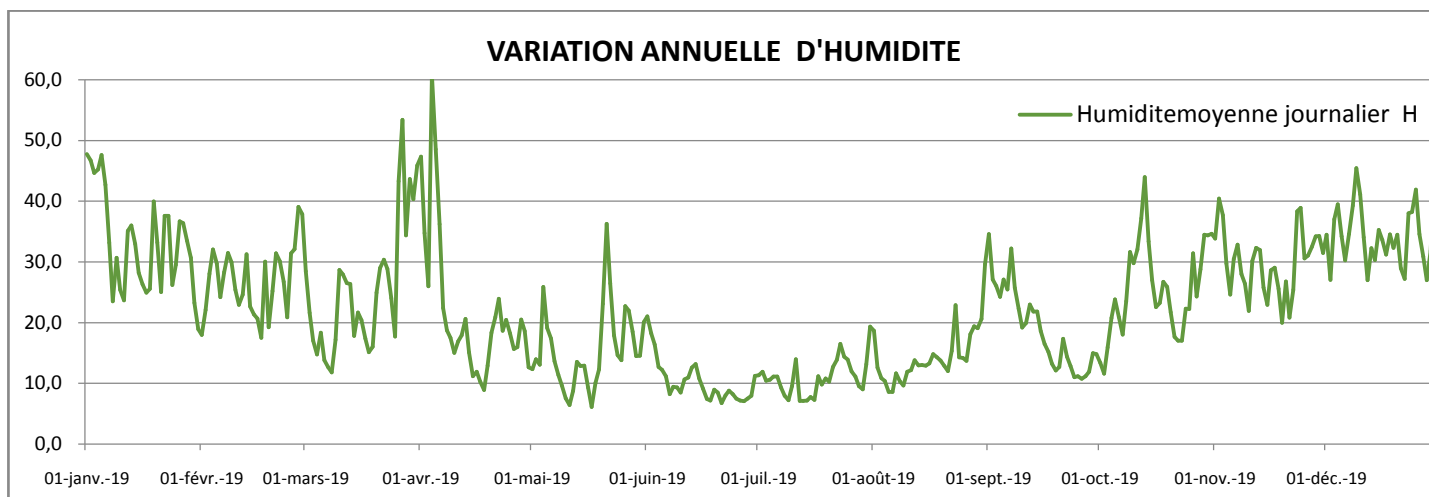


Figure 10: variation annuelle de l'humidité

6.5.2. Variation annuelle de la vitesse du vent

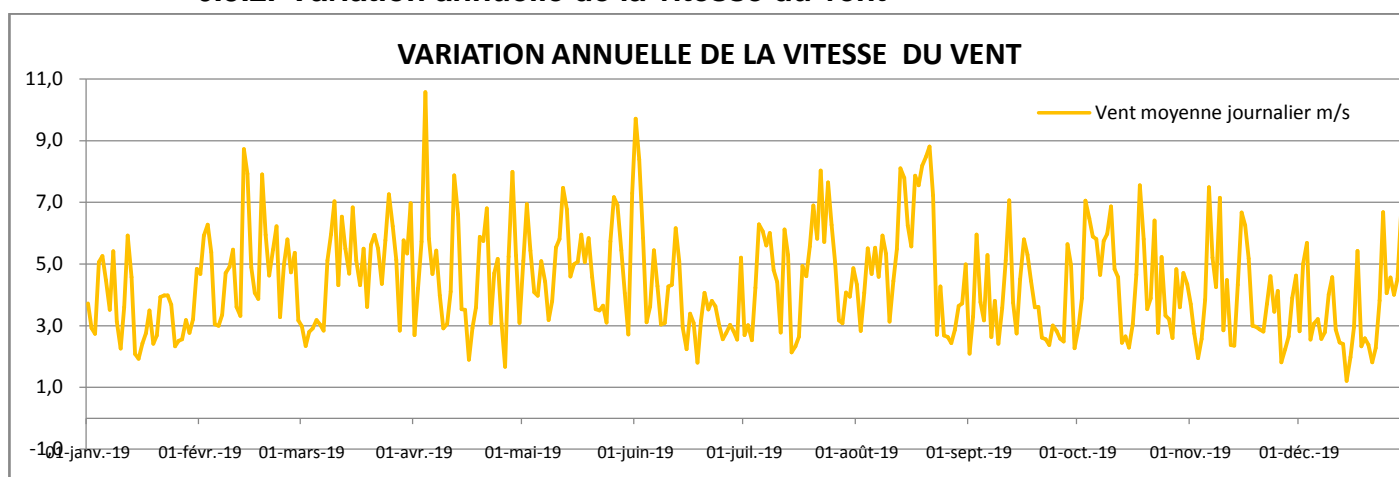


Figure 11: Variation annuelle de la vitesse du vent

On observe que les valeurs moyennes du vent enregistrées pendant toute l'année varient entre 3 et 5m/s qui caractérisent la région d'Adrar

6.6. Influence de la température ambiante sur l'énergie produite

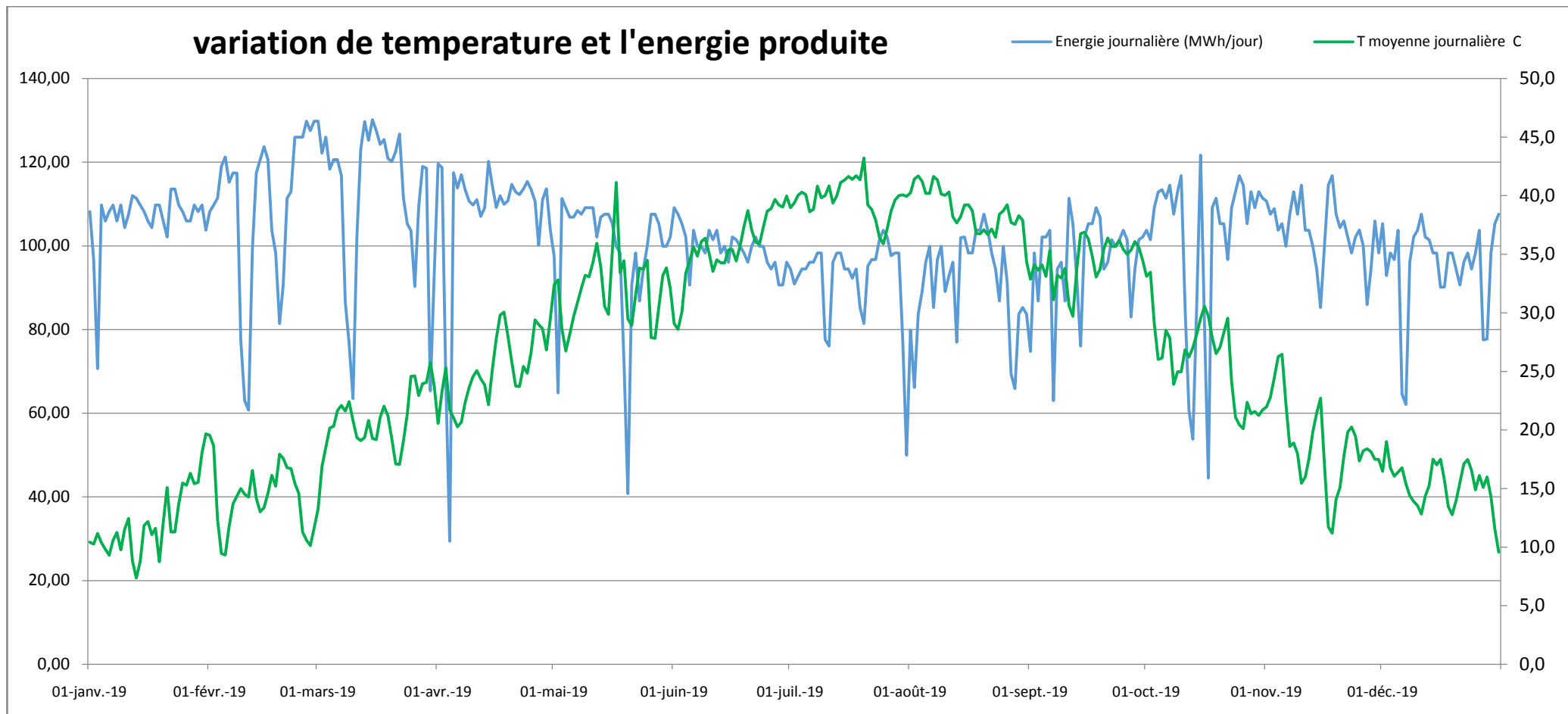


Figure 12: Influence de la Température sur la Puissance produite.

D'après la figure 9 l'énergie produite est inversement proportionnelle aux températures enregistrées

6.7. Influence de l'éclaircement sur la puissance produite

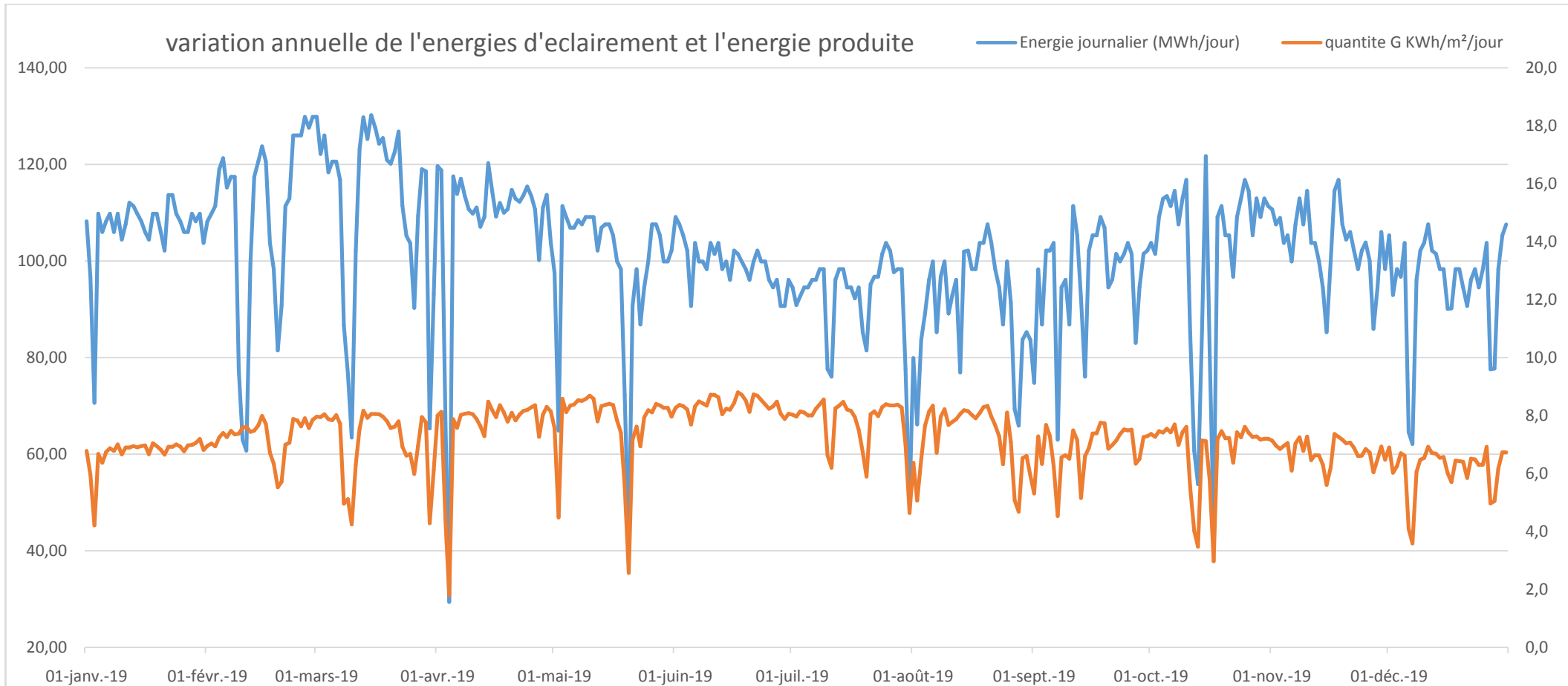


Figure 3: Influence de l'éclaircement sur l'énergie produite

La figure 10 nous montre que l'énergie produite est directement proportionnelle aux températures enregistrées, la courbe de l'énergie produite présente beaucoup de fluctuations qui suit le changement brusque de l'énergie d'éclaircement

6.8. Variation de température et humidité

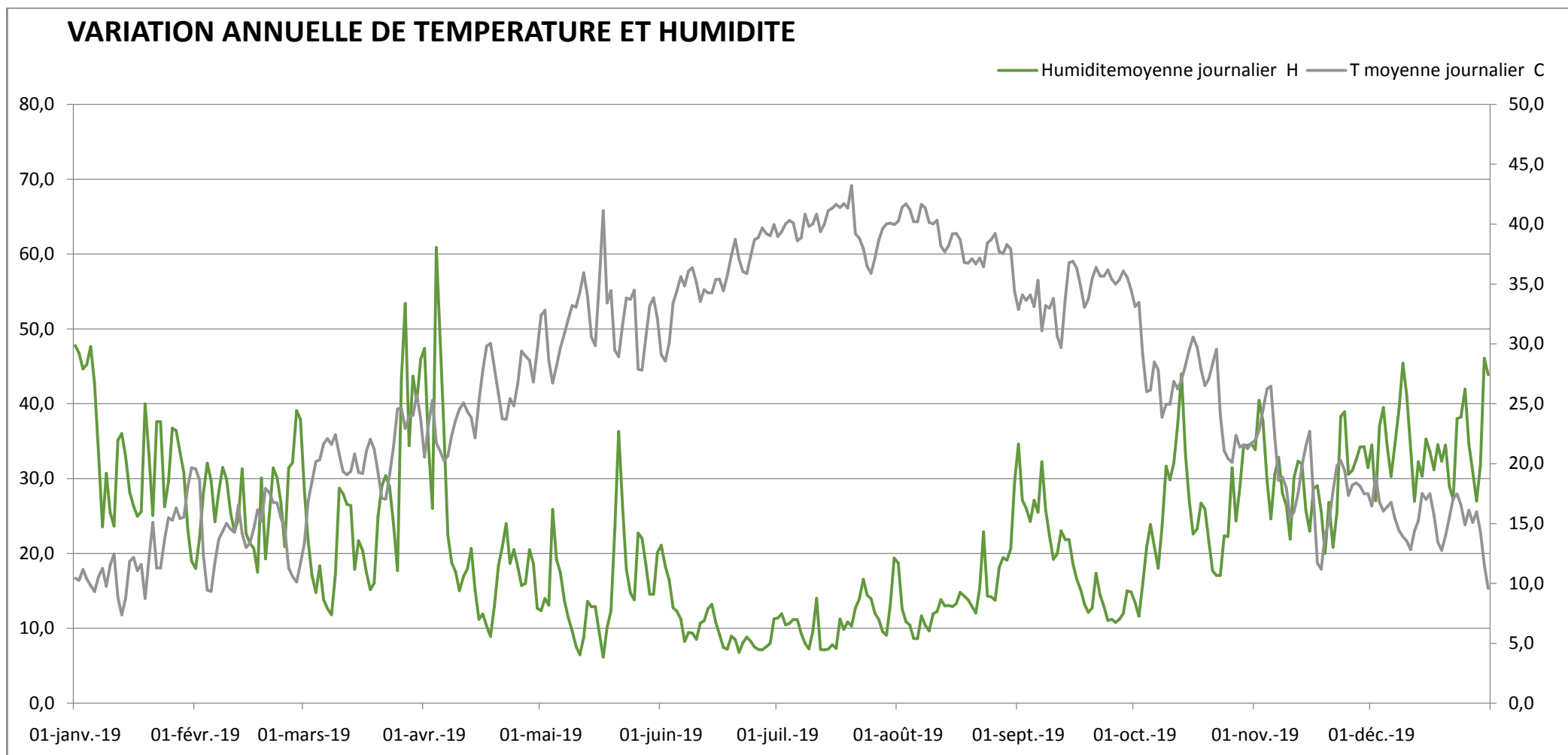


Figure 14: Variation de température et humidité

D'après la figure 11 l'humidité est inversement proportionnelle aux températures enregistrées

6.9. Variation de tous les paramètres

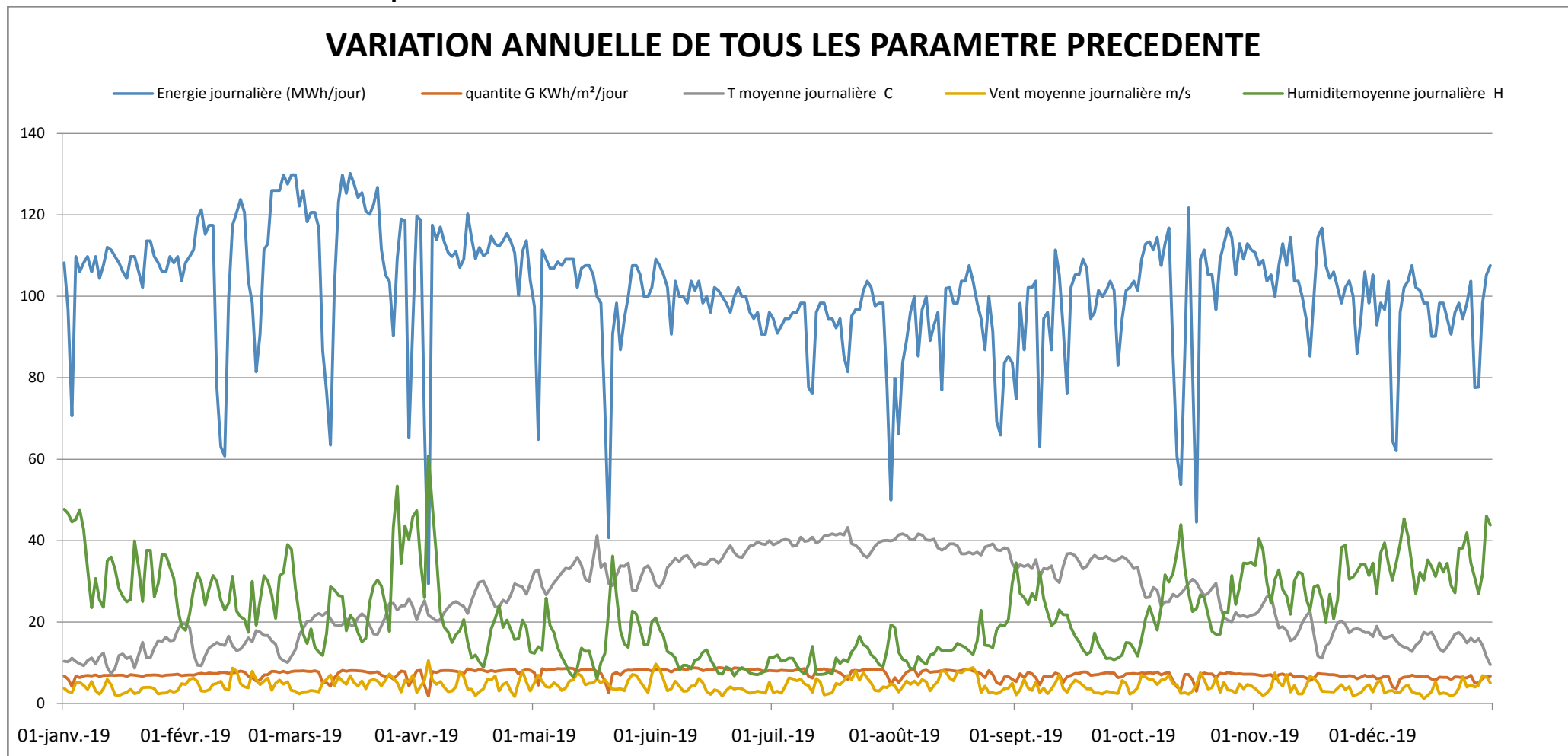


Figure 25: Variation de tous les paramètres

7. Observations générales

- Les courbes présentées précédemment nous montrent que l'énergie produite dépend de plusieurs paramètres climatiques à savoir, l'éclairement, la température, le vent et l'humidité, cependant le taux d'influence varie d'un paramètre à un autre selon son importance
- La température et l'éclairement sont les paramètres les plus influents sur l'énergie produite
- La courbe de variation de vent présente des valeurs importantes, l'effet de vent serait positif pour le refroidissement des panneaux dans la mesure où la température reste faible.
- Une forte accélération de vent influe directement sur la structure porteuse des panneaux, d'où un renforcement de structure porteuse avec la fixation au sol doivent être pris en considération dans la partie étude.

8. Expressions utilisées [1][2]

8.1. Calcul de l'énergie journalière

Pour calculer toutes les quantités d'énergie à partir des valeurs de puissance mesurées correspondantes sur la période de suivi t , on utilise l'équation suivante:

$$E_{i,\tau} = \tau r \times \sum \tau P_i \text{ équation (1)}$$

Où

E_i est exprimé en kWh;

P_i est mesuré en kW.

τr : représente le temps échantillonnage de système d'acquisition des données

(dans notre cas $\tau r = 0.25 = 1/4$ (15 minutes)).

8.2. Calcul de l'énergie mensuelle

Le calcul de l'énergie mensuelle est basé sur le calcul de l'énergie journalière suivant la formule suivante :

$$E_M = \sum E_i \text{ équation (2)}$$

Où

E_i est exprimé en kWh

E_M est exprimé en kWh

8.3. Calcul de l'énergie moyenne mensuelle

L'énergie moyenne mensuelle se calcule par la formule suivante :

$$E_{M,moy} = \frac{1}{n} \sum E_M \text{équation (3)}$$

E_M : énergie produite mensuelle en KWh

n : nombre des jours de mois suivant le mois correspondant.

8.4. Calcul de l'énergie annuelle

L'énergie annuelle est calculée par la formule suivante

$$E_Y = \sum_1^{12} E_M \text{équation(4)}$$

Ou E_Y : l'énergie annuelle produite en KWh

E_M : l'énergie mensuelle en KWh

8.5. Calcul de l'énergie moyenne annuelle

L'énergie moyenne annuelle se calcule par la formule suivante

$$E_{Y,moy} = \frac{E_Y}{12} \quad \text{équation (5)}$$

8.6. Taux de couverture photovoltaïque unitaire Y_f

Le ratio "taux de couverture photovoltaïque unitaire", Y_f représente la contribution relative du champ photovoltaïque à l'ensemble de l'énergie produite par le système complet, par kWc installé : $Y_f = Y_A \times \eta_{LOAD}$ équation (6)

η_{LOAD} : Rendement avec lequel l'énergie de toutes les sources est transmise à l'utilisation

8.7. Productivité du champ Y_A

Le ratio «productivité du champ» Y_A représente l'énergie quotidienne produite par kW installé:

$$Y_A = E_{A,d} / P_0 = \tau_r \times (\sum_{day} P_A) / P_0 \text{équation (7)}$$

Le symbole \sum_{day} représente la sommation pour le jour concerné. Ce rendement représente le nombre d'heures par jour pendant lequel le champ photovoltaïque devrait fonctionner à sa puissance de sortie nominale P_0 pour que son apport au système tel qu'il était mesuré soit le même que l'énergie quotidienne du champ photovoltaïque (qui est égal à $\tau_r \times (\sum_{day} P_A)$).

8.8. L'indice de performance PR

L'indice de performance, RP, représente l'impact global des pertes dû à la température des panneaux, l'utilisation partielle de l'exposition énergétique incidente, ou aux imperfections et défaillances des composants du système sur la puissance nominale du champ:

$$RP = Y_f / Y_r \text{ équation (8)}$$

Chapitre IV

V. Performance de la centrale par la méthode de simulation

1. Introduction

Dans ce chapitre une description générale du logiciel PVSYST sera faite, puis nous représenterons les résultats de simulation avec ce logiciel avec deux bases de données, la 1^{ère} est la base de données de PV GIS et la 2^{ème} s'agit des données réelles traitées dans le chapitre précédent de la centrale d'Adrar.

2. Description du PVSYST

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

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

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

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

PVsyst permet d'importer des données météo d'une dizaine de sources différentes ainsi que des données personnelles. [6] [8]

Le logiciel PVsyst permet de :

- Pré-dimensionnement
- Estimation rapide de la production pour une première étude de vos installations
- Conception de projet
- Etude détaillée, dimensionnement et simulation horaire, résultats dans un rapport complet imprimable.
- Données météo (importation de diverses sources, génération synthétique,...).
- Base de données de composante (module PV, onduleur, batteries, pompes, etc.)

- outils didactiques, (géométrie solaire, optimisation de l'orientation, comportement électrique de champs PV avec ombrage).
- analyse de données réelles mesurées (avancé). [5]

2.1. Les Options de logiciel PVsyst

Deux options caractérisent le logiciel PVsyst :

2.1.1. Pré dimensionnement

Le logiciel PVsyst permet le pré dimensionnement d'un projet, en quelques clics, sans composant réel, première évaluation des dimensions du système et de ses composants

Le Pré dimensionnement concerne trois systèmes :

- Couplé au réseau
- Isolé avec batteries
- Pompage

2.1.2. Conception du projet

Conception et dimensionnement final du projet dans cette option, PVsyst permet :

- Etude et analyse détaillés d'un projet
- Calcul de la production à partir de simulations détaillées en valeur horaires.
- Différentes variantes peuvent être simulées et comparées
- Masques lointains, et outil 3D pour les ombrages d'objets proches
- Analyse détaillée des pertes du système
- Evaluation économique, selon les composants réels.

La Conception et dimensionnement final du projet concerne quatre systèmes :

- Couplé au réseau.
- Isolé avec batteries.
- Pompage.
- réseau cc.[5][6]

2.2. PVGIS

PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) est un outil de simulation de la production pour l'Europe et pour l'Afrique pour des installations connectées au réseau. Pour les installations non connectées au réseau, il y existe également un module de simulations pour l'Afrique, avec pré-dimensionnement du stockage (parc de batteries). Il permet aussi de télécharger des cartes d'ensoleillement pour l'Europe et l'Afrique. Ce logiciel développé dans le cadre Européen est entièrement gratuit. [7][8].

3. Méthode de simulation

Au premier lieu on décrit les paramètres importantes pour entamer la simulation

Tableau 4: paramètres de simulation

<i>Paramètres</i>	
Puissance crête	20 MWc
Panneaux PV	Yingli_YL245P-29b poly cristallin
Onduleurs	Sungrow_SG500MX
Nombre d'onduleur	40 onduleurs de SG500MX
Boite de jonction	Sungrow a 8 entrées DC
Implantation géographique	Latitude : 27°54'28.1"N Longitude : 0°19'01.8"W
altitude	256 M
Inclinaison des panneaux	27°
Azimut	180°
Nombre total des panneaux de la centrale	81.840 panneaux
Nombre des panneaux en série	22
Puissance de sous champ	1MWc
Configuration de sous champ 1MWc	2 onduleurs de 500 KW

Tableau 1: paramètres de simulation

Pour commencer la simulation en PVSYST par les données réelles, on a introduit un fichier spécifique de format .MET pour être reconnu par ce logiciel, la procédure de création de ce fichier est décrite dans le Help de PVSYST Import ASCII météo files. [4][2].

4. Résultat de simulation PVsyst avec les données de PV-GIS

On présente ci-dessous les résultats de simulation issus de la base de données de PV-GIS extraits du PVsyst.

Et suivant le rapport de PVsyst, on visualise ce qui suit.

4.1. Paramètre de simulation PVsyst avec les données de PV-GIS

Système couplé au réseau: Paramètres de simulation

Projet :	Project 20MWc Grid connected PV Power Plant Adrar.			
Site géographique	Adrar	Pays	Algeria	
Situation	Latitude	27.91° N	Longitude	-0.32° W
Temps défini comme	Temps légal	Fus. horaire TU+1	Altitude	256 m
	Albédo	0.20		
Données météo:	Adrar	PVGIS api TMY - TMY		
<hr/>				
Variante de simulation :	S1			
	Date de la simulation	19/10/20 à 23h46		
<hr/>				
Paramètres de simulation	Type de système	Pas de scène 3D, pas d'ombrages		
Orientation plan capteurs	Inclinaison	27°	Azimut	0°
Modèles utilisés	Transposition	Perez	Diffus	Importé
			Circumsolaire	séparément
Horizon	Pas d'horizon			
Ombrages proches	Sans ombrages			
Besoins de l'utilisateur :	Charge illimitée (réseau)			

Figure 16: Paramètres de simulation PVsyst

4.2. Paramètre du champ

Caractéristiques du champ de capteurs

Module PV	Si-poly	Modèle	YL245P-29b		
Base de données PVsyst originale		Fabricant	Yingli Solar		
Nombre de modules PV		En série	22 modules	En parallèle	3720 chaînes
Nombre total de modules PV		nbre modules	81840	Puissance unitaire	245 Wc
Puissance globale du champ		Nominale (STC)	20051 kWc	Aux cond. de fonct.	17939 kWc (50°C)
Caractéristiques de fonct. du champ (50°C)		U mpp	589 V	I mpp	30442 A
Surface totale		Surface modules	132875 m²	Surface cellule	119470 m²

Onduleur

		Modèle	SG500MX		
Base de données PVsyst originale		Fabricant	Sungrow		
Caractéristiques		Puissance unitaire	500 kWac	Tension fonct.	460-850 V
Batterie d'onduleurs		Puissance totale	20000 kWac	Rapport Pnom	1.00
		Nbre d'onduleurs	40 unités		

Total		Puissance totale	20000 kWac	Rapport Pnom	1.00
--------------	--	------------------	-------------------	--------------	------

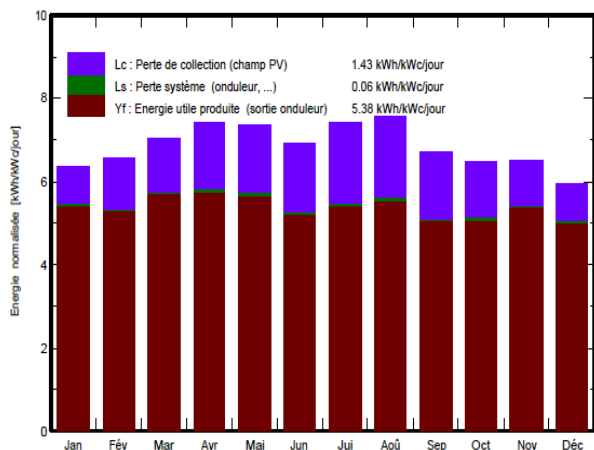
Figure 17 : Paramètres du champ PV

4.3. La Production et le PR

Principaux résultats de la simulation

Production du système	Energie produite	39359 MWh/an	Productible	1963 kWh/kWc/an
	Indice de performance (PR)	78.30 %		

Productions normalisées (par kWp installé): Puissance nominale 20051 kWc



Indice de performance (PR)

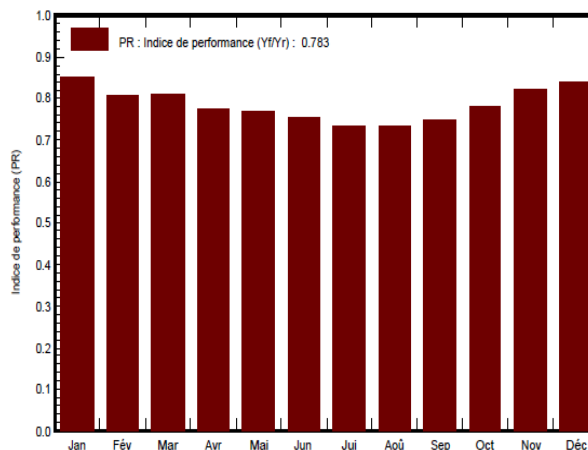


Figure 18: La Production et le PR

Les pertes sont plus importantes en été à cause des températures élevées, cela se repercute évidemment sur l'indice de performance

4.4. Bilan mensuel

Bilans et résultats principaux

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR ratio
Janvier	137.1	35.33	12.53	197.7	194.8	3407	3368	0.850
Février	142.8	43.45	20.79	183.9	181.0	3009	2974	0.807
Mars	188.9	55.79	19.38	218.1	214.1	3584	3542	0.810
Avril	217.4	62.37	26.70	222.4	217.6	3497	3455	0.775
Mai	244.9	69.01	29.74	228.9	223.6	3569	3526	0.768
Juin	230.9	76.30	35.38	207.7	202.7	3168	3131	0.752
Juillet	250.7	73.63	38.55	229.4	224.3	3409	3370	0.732
Août	237.4	67.46	37.01	234.6	229.9	3492	3451	0.733
Septembre	185.0	57.74	34.37	202.3	198.4	3079	3042	0.750
Octobre	163.7	52.41	28.15	201.1	198.0	3194	3157	0.783
Novembre	140.1	39.63	19.12	196.1	193.0	3269	3233	0.822
Décembre	125.4	36.07	16.59	184.8	182.5	3147	3111	0.839
Année	2264.2	669.17	26.55	2507.1	2459.9	39824	39359	0.783

Légendes:

GlobHor	Irradiation globale horizontale	GlobEff	Global "effectif", corr. pour IAM et ombrages
DiffHor	Irradiation diffuse horizontale	EArray	Energie effective sortie champ
T_Amb	T amb.	E_Grid	Energie injectée dans le réseau
GlobInc	Global incident plan capteurs	PR	Indice de performance

Figure 19: Bilan Mensuel

4.5. Graphes spéciaux

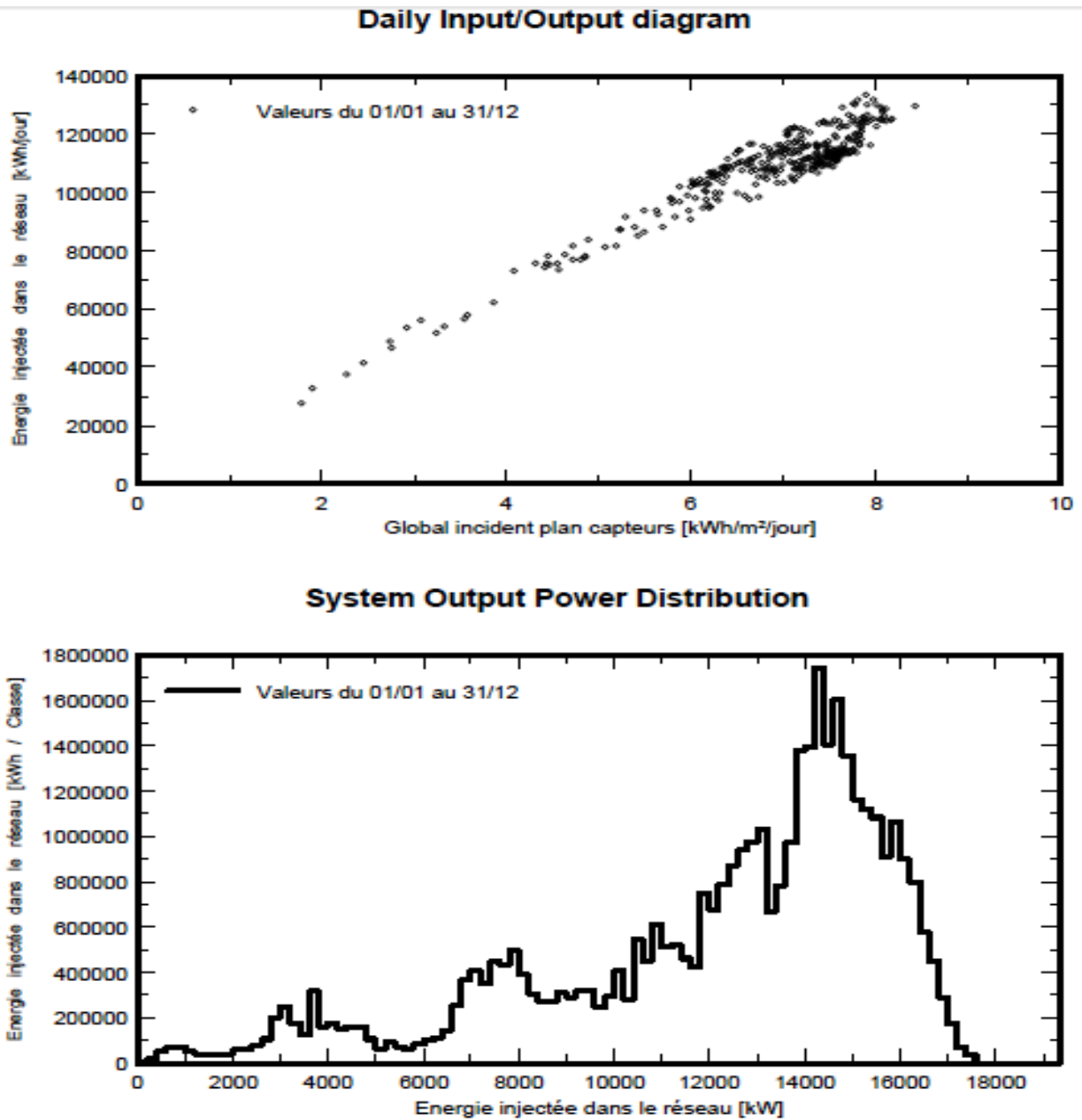


Figure 20: Graphe speciaux

4.6. Diagramme des pertes

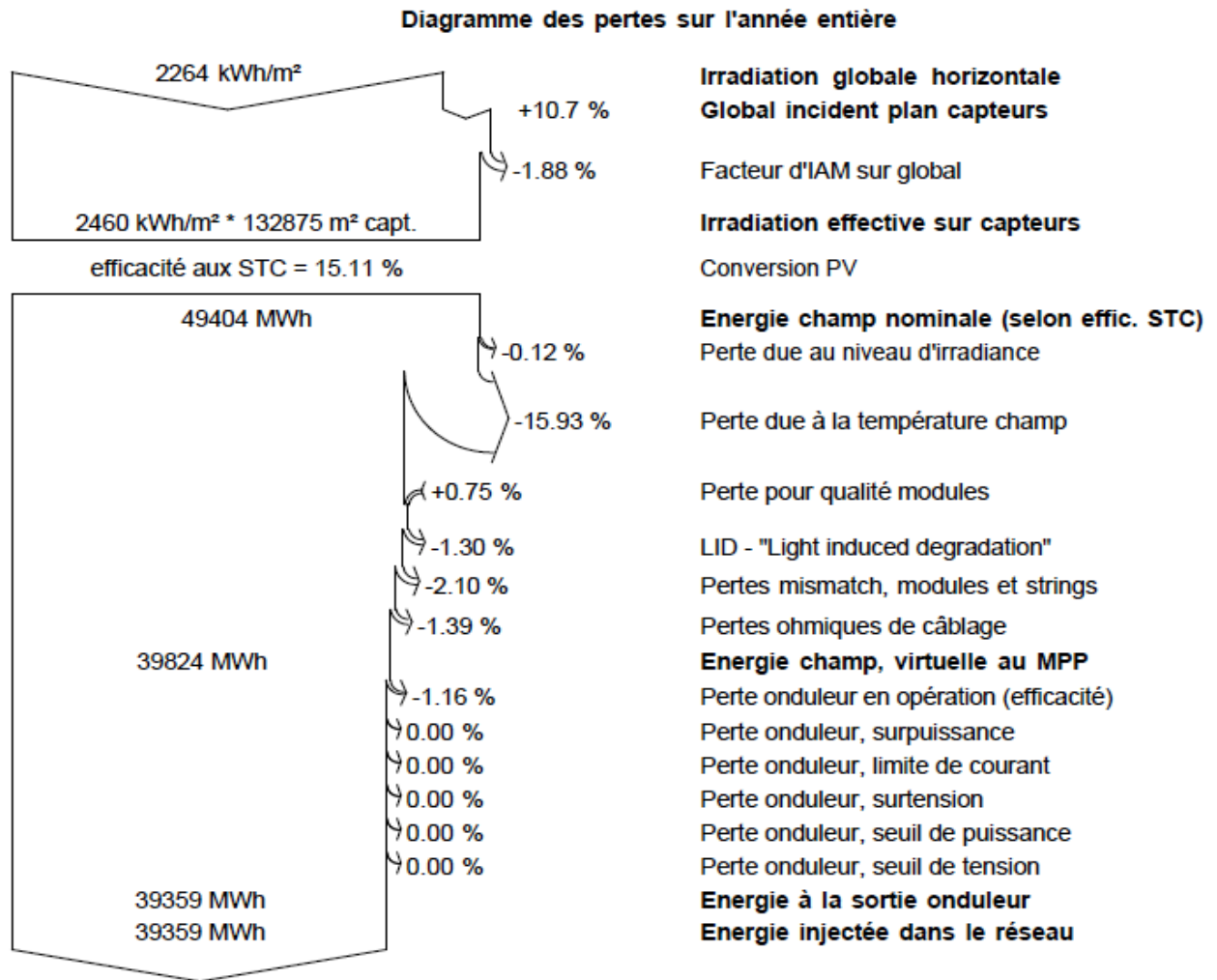
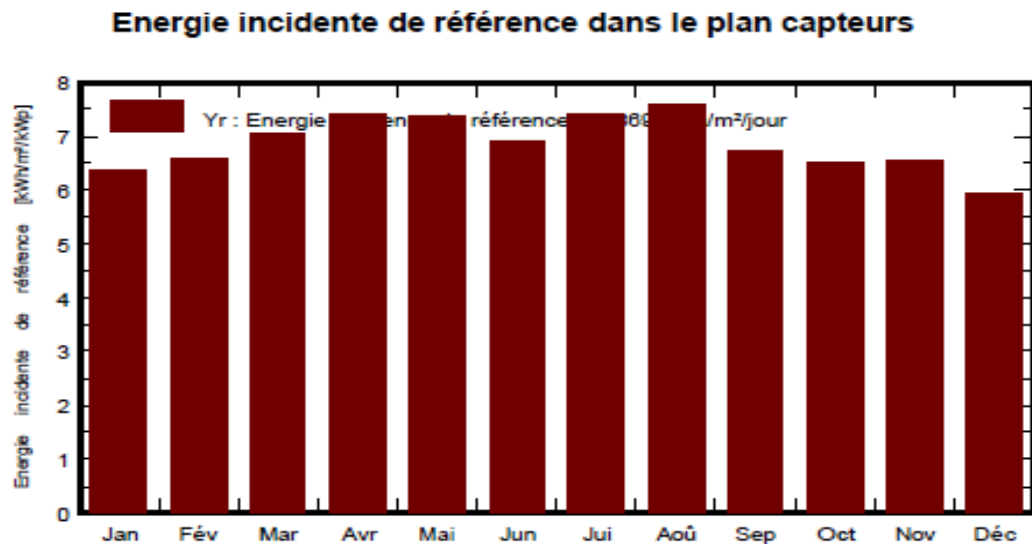


Figure 21: Diagramme des pertes

4.7. Energie incident et facteur normalisés



Facteurs normalisés de production et de pertes: Puissance nominale 20051 kWc

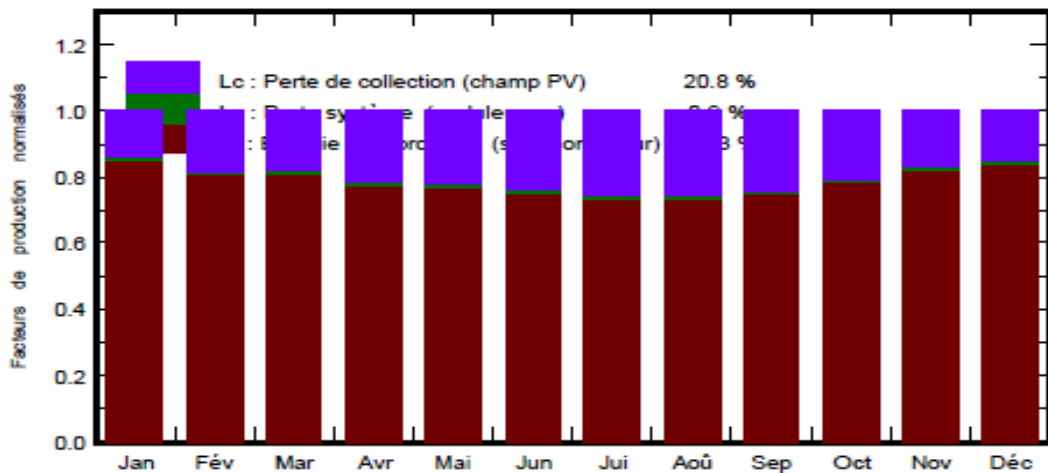


Figure 22: Energie incident et facteur normalisés

Les autres paramètres de simulation sont mentionnés dans l'annexe

5. Résultat de simulation PVsyst avec les données réelles de la centrale.

Nous présentons ci-dessous des résultats de simulation de la base de données avec des valeurs réelles de la centrale d'Adrare extraits du rapport PVsyst mis en annexe.

5.1. Paramètre de simulation

Système couplé au réseau: Paramètres de simulation

Projet :	Project 20MWc Grid connected PV Power Plant Adrar REAL 15min DATA.		
Site géographique	Adrar1	Pays	Algeria
Situation	Latitude 25.75° N	Longitude	-1.00° W
Temps défini comme	Temps légal Fus. horaire TU+1	Altitude	258 m
	Albédo 0.20		
Données météo:	Adrar1	Custom file - Imported	

Variante de simulation :	S1
Date de la simulation	20/10/20 à 00h13

Paramètres de simulation	Type de système	Pas de scène 3D, pas d'ombrages	
Orientation plan capteurs	Inclinaison	27°	Azimut 0°
Modèles utilisés	Transposition	Perez	Diffus Perez, Meteonorm Circumsolaire séparément
Horizon	Pas d'horizon		
Ombrages proches	Sans ombrages		
Besoins de l'utilisateur :	Charge illimitée (réseau)		

5.2. Paramètre du champ

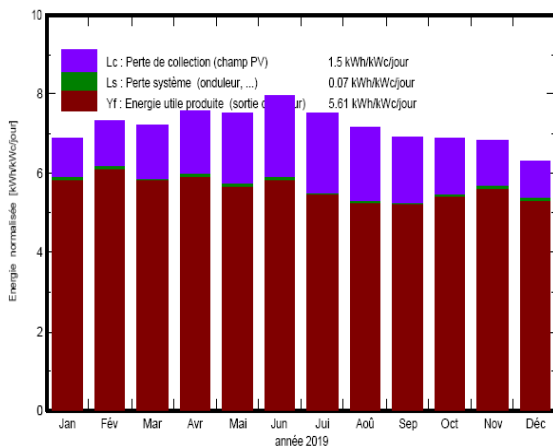
C'est les mêmes paramètres mentionnés sur le point 4.2 de ce chapitre.

5.3. La Production et le PR

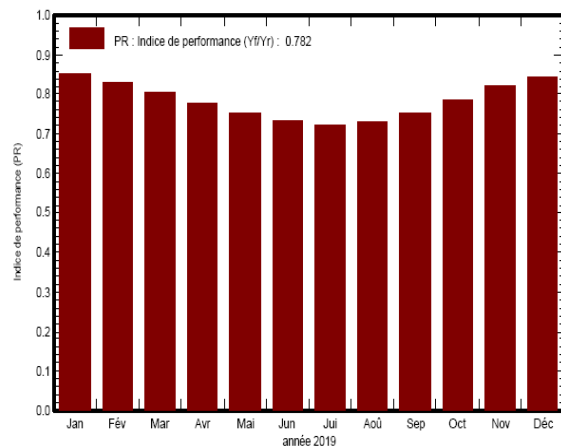
Principaux résultats de la simulation

Production du système	Energie produite 41083 MWh/an	Productible	2049 kWh/kWc/an
Indice de performance (PR)	78.18 %		

Productions normalisées (par kWp installé): Puissance nominale 20051 kWc



Indice de performance (PR)



5.4. Bilan mensuel

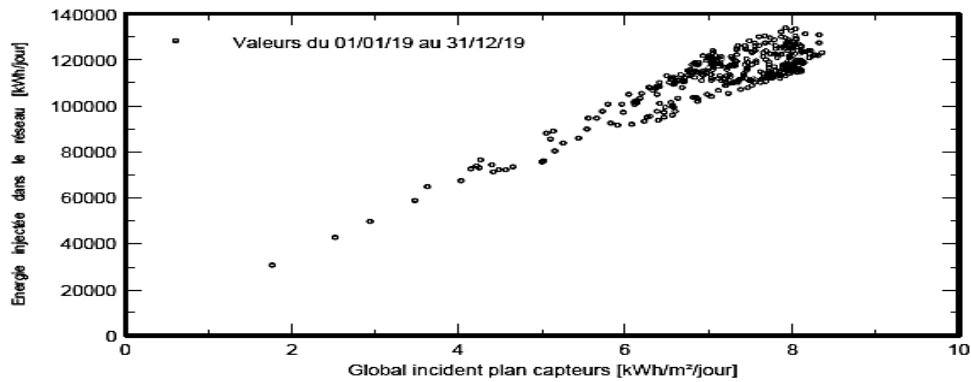
Bilans et résultats principaux

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR ratio
Jan. 19	148.6	33.26	12.14	213.0	209.6	3668	3626	0.849
Fév. 19	159.1	35.71	14.23	205.7	202.4	3472	3433	0.832
Mars 19	196.6	52.69	20.77	223.8	219.6	3661	3617	0.806
Avr. 19	226.9	48.42	25.10	227.5	222.0	3600	3557	0.780
Mai 19	256.5	53.98	32.05	233.5	226.6	3565	3522	0.752
Juin 19	276.4	48.78	35.63	238.9	231.4	3546	3504	0.731
Jui. 19	264.6	53.88	39.68	233.8	226.9	3429	3388	0.723
Août 19	230.9	56.61	38.79	222.8	217.4	3305	3265	0.731
Sep. 19	191.1	55.93	34.25	207.3	203.2	3168	3131	0.753
Oct. 19	174.1	46.65	26.10	213.1	209.5	3401	3360	0.786
Nov. 19	149.1	35.44	18.86	205.7	202.8	3425	3383	0.820
Déc. 19	134.3	35.12	15.26	195.6	192.7	3337	3298	0.841
Année	2408.4	556.49	26.14	2620.9	2564.3	41576	41083	0.782

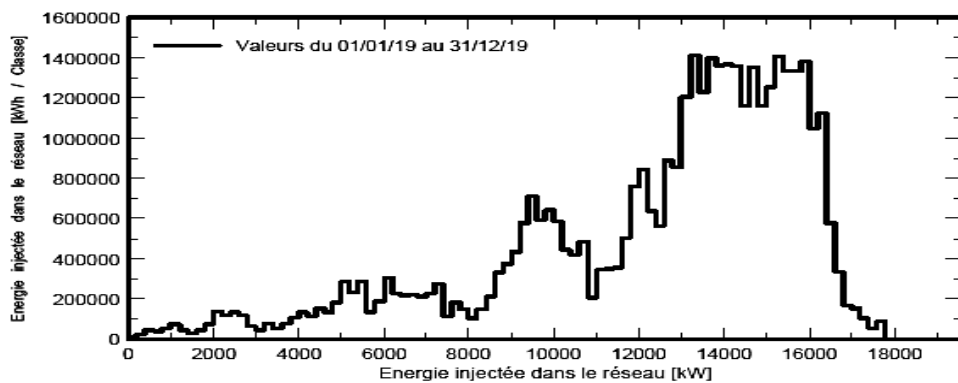
Légendes: GlobHor Irradiation globale horizontale GlobEff Global "effectif", corr. pour IAM et ombrag
 DiffHor Irradiation diffuse horizontale EArray Energie effective sortie champ
 T_Amb T amb. E_Grid Energie injectée dans le réseau
 GlobInc Global incident plan capteurs PR Indice de performance

5.5. Graphes spéciaux

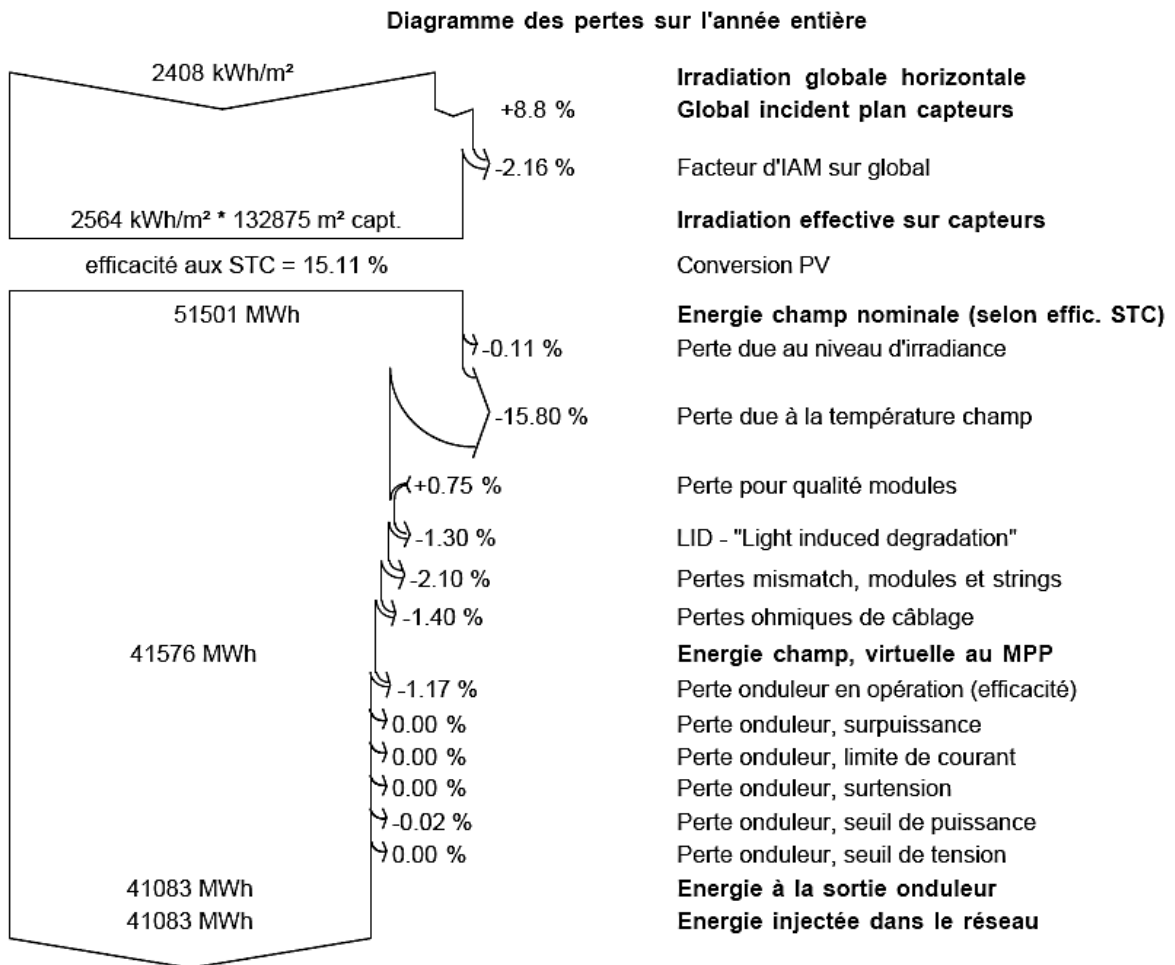
Daily Input/Output diagram



System Output Power Distribution

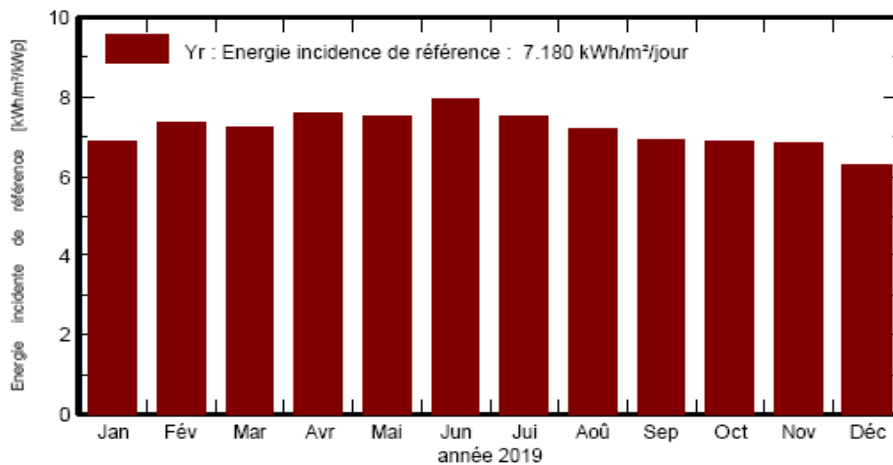


5.6. Diagramme des pertes

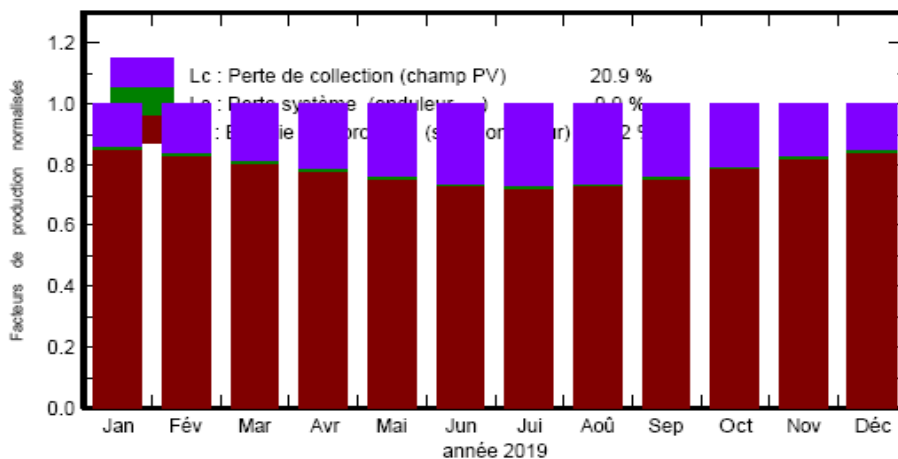


5.7. Energie incidente et facteurs normalisés

Energie incidente de référence dans le plan capteurs



Facteurs normalisés de production et de pertes: Puissance nominale 20051 kWc



Les autres paramètres de simulation sont mentionnés dans l'annexe

6. Interprétation des résultats

Pour les paramètres de simulation : nous remarquons que le calcul utilisé par l'outil de simulation PVsyst est basé sur des paramètres propres au site d'installation à travers l'introduction des coordonnées GPS réelles du site dans le logiciel. Cette option facilite l'implantation et l'étude d'une centrale.

Quant au productible des données : PVGIS l'estime à 1963 kWh/kWc/an qui est proche à celui réel de la centrale qui est à égal à 2049 kWh/kWc/an (< 5%).

7. Comparaison des résultats

Désignation	Unités	PVGIS	Données réelles 15min	Mesuré sur site
le productible	kWh/kWc/an	1963	2049	
LC : perte de collection de champ	kWh/kWc/jour	1.43	1.5	
Yf : Energie utile produite (sortie onduleur)	kWh/kWc/jour	5.38	5.61	
Yf : Energie utile produite (sortie onduleur)	%	78.3	78.2	
Energie produite	MWh/an	39.359	41.083	37.098
Productible	kWh/kWc/an	1963	2049	
PR Ratio de performance	%	78.30	78.18	
Irradiation globale horizontale	kWh/m ²	2264	2408	
Irradiation effective sur capteur	kWh/m ² * m ² capt.	2460 132875	2564 132875	
Energie champ nominale (selon effc. STC)	MWh	49404	51501	
Perte due au niveau d'irradiance	%	-0.12	-0.11	
Perte due à la température champ	%	-15.93	-15.80	
Pertes ohmiques de câblage	%	-1.39	-1.4	
Perte onduleur en opération (efficacité)	%	-1.16	-1.17	

Tableau comparatif entre les 3 énergies annuelles

	Unité	Energie
PVGIS	MWh/an	39.359
REEL	MWh/an	41.083
MESURE	MWh/an	37.098

1. La simulation avec des données de météo réelles donne une production annuelle meilleure (41083 MWh/an > 39359 MWh/an) que la simulation avec des données satellitaires PVGIS.

2. La production annuelle réelle est inférieure à la valeur de simulation 39359 MWh/an < 41083 MWh/an causée peut être par les pannes de la centrale et les travaux de maintenance. [9]

8. Conclusion

D'après l'analyse et le traçage des différentes courbes et schémas, les principaux résultats remarquables sont les suivants:

- L'énergie produite par le PVGIS est 39359 MWh/an tandis que l'énergie produite de données réel est 41083 MWh/an la différence entre la production est de 1724 MWh/an (1,724 GWh/an) qui peut être considérée importante. cependant la production réelle de la centrale est inférieure de cette valeur et suivant le chapitre précédent la production est 37098 MWh/an
- La production annuelle réelle est inférieure à la valeur de simulation 39359 MWh/an < 41083 MWh/an causée
 - peut-être par les pannes de la centrale et les travaux de maintenance préventive ou curative.
 - Manque d'information de système de réquisition des données.
 - Arrêt de la centrale à cause de maintenance annuelle programmée.

9. Solutions d'amélioration

L'amélioration des performances de la centrale consiste à produire plus d'énergie avec les mêmes caractéristiques par la préservation de la chaîne de production par rapport à la durée et la performance, les solutions proposées sont :

- Utilisation des modules plus performants tels que les modules bifaciaux.
- Changement de l'angle d'inclinaison
- choisir des onduleurs qui produisent l'énergie au faible rayonnement.
- Utilisation de double orientation annuelle (orientation d'été et orientation hiver)
- Installation d'un système tracking au lieu d'une structure fixe

Les deux dernières solutions sont simulées par PVSYST et donnent les résultats suivants :

- Une seule rotation EST –Ouest de l'azimut -120 à 120 avec l'inclinaison 27.
- Système de poursuite de d'inclinaison de 0 à 80 et l'azimut de -120 à 120.
- Deux inclinaisons saisonnières optimales été/hiver (15°/40°).

	Unité	Données réelles	Une seule rotation	Système Tracking	2 saisons
Energie produite	MWh/an	41083	47556	52560	40914
Gain en énergie	MWh/an		+6473 +15,75%	+11477 +27,93%	-169 -0,41%
PR	%	78.18	77.98	77.25	78.01
Productible	kWh/kWc/an	2049	2372	2621	2041

Suivant le tableau de comparaison on peut dire que pour la production d'énergie le système de tracking donne un meilleur résultat avec une hausse de **27,93%** par an, et le système d'un seul axe donne un résultat vraiment acceptable avec une hausse de **15,75%** par an, alors que le système d'orientation saisonnière donne un mauvais résultat et qui n'est pas intéressant.

CONCLUSION GENERALE

6. Conclusion générale

L'évaluation énergétique des performances de la centrale d'Adrar de 20MWc nous a permis de conclure ce qui suit :

PVsyst est devenu un outil important dans l'estimation des projets relatifs à l'Industrie Photovoltaïque, pour les différents services qu'il présente à savoir :

- Traite les systèmes PV dans toute leur complexité
- Mise à jour constante: tente de suivre l'évolution de la technologie
- Base de données "surveillée" (Modules PV et onduleurs), accès aux bases Météo
- Dispense des services annexes (information utilisateurs, formation, etc.)
- Les résultats obtenus par simulation sont proches par celle des données réelle

L'énergie annuelle produite en 2019 (37.098 MWh/an) est supérieure à celle produite en 2018 (environs 35.892 MWh/an) cette amélioration due d'une part au petit changement climatique d'une année à l'autre, et d'autre part à la maîtrise de maintenance de la centrale aussi bien la maintenance préventive que curative. Cette valeur est supérieure à celle contractuellement garantie (36.000 MWh/an)

La production annuelle réelle est inférieure à la valeur de simulation 39.359 MWh/an < 41.083 MWh/an causée éventuellement par :

- peut-être par les pannes de la centrale et les travaux de maintenance préventive ou curative.
- Manque d'information de système de réquisition des données.
- Arrêt de la centrale à cause de maintenance annuelle programmée.

L'énergie annuelle produite mesurée 37.098 MWh/an est inférieure à celle simulée par les données réelles 41.083MWh/an pour les mêmes raisons citées dans le point précédent

L'énergie produite baisse d'une manière significative aux mois d'été à cause des températures élevées auxquelles la technologie cristalline est sensible avec un coefficient de dégradation de la puissance par rapport à la température de $-0,42\%/^{\circ}\text{C}$

L'analyse des performances de cette centrale présente un indice de performance acceptable **78,2 %** par rapport à celui garanti dans le contrat **78%**

La technologie cristalline peut être installée dans une région désertique en donnant un bon résultat vis-à-vis l'énergie produite et l'indice de performance qui encourage l'investissement dans ce domaine au sud algérien

Les performances de la centrale peuvent être améliorées en adoptant une solution de tracking dont le gain en énergie peut atteindre **11.477MWh/an** qui représente une hausse de **27,93%**

- [1] : IEC TS 61724-3. Performance de system Photovoltaïque - Partie 3: méthode d'évaluation énergétique. Edition 1.0 2016-07.
- [2] : IEC 61724-1, Surveillance des qualités de fonctionnement des systèmes photovoltaïques - PARTIE 1 :Recommandations pour la mesure, le transfert et l'analyse des données. Edition 1.0 1998-04.
- [3]: NOUAR AOUN. Performance Analysis of a 20 MW Grid-Connected Photovoltaic Installation in Adrar, South of Algeria. INTECHOPEN. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.89511>.
- [4] : Dans accueil du logiciel PV PVSyst.
- [5] : AMEUR ALI ELHABIB, DAOUDI MUSTAPHA. « Dimensionnement d'une installation photovoltaïque (application entreprise ENAVA)». Mémoire de master LMD, option : ACTIONNEUR ET CONTROLE INDUSTRIEL. 2016.
- [6] : site internet : <http://www.pvsyst.com/5.0/index.php>
- [7] : site internet <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>
- [8] : D. MAZILLE, V. BOITIER. Quels logiciels utiliser pour estimer la production d'une installation photovoltaïque. Université de Toulouse ; UPS, INSA, INP, ISAE ; LAAS ; F-31077 Toulouse, France.
- [9] : Guide des meilleures pratiques. Exploitation et maintenance (O&M) des centrales photovoltaïques. Edition tunisienne. SolarPower Europe Operation & Maintenance Best Practices Guidelines / Version 3.0 (Téléchargez sur le site www.solarbestpractices.com). Février 2020. ISBN: 9789463965989.

Annexes

- *Caractéristique des panneaux PV.*
- *Caractéristique de l'onduleur.*
- *Caractéristique de boîte de raccordement.*
- *Schéma unifilaire de la centrale.*
- *Résultat de simulation de PVSYST avec les données PVGIS.*
- *Résultat de simulation de PVSYST avec les données réelles de 15 min.*

Caractéristiques d'un module PV

Fabricant, modèle : **Yingli Solar, YL245P-29b**

Disponibilité : Prod. depuis 2015

Source des données : Manufacturer 2015

Puissance STC (fabricant)	Pnom	245 Wc	Technologie	Si-poly
Dimensions module (L x H)	0.990 x 1.640 m ²		Surface brute module	Smodule 1.62 m ²
Nombre de cellules	1 x 60		Surf. sensible (cellules)	Scellules 1.46 m ²

Spécifications pour le modèle (fabricant ou données mesurées)

Température de référence	TRef	25 °C	Irradiance de référence	GRef	1000 W/m ²
Tension de circuit ouvert	Vco	37.5 V	Courant de court-circuit	Isc	8.74 A
Tension au point de puiss. max.	Vmpp	30.0 V	Courant au point de puiss. max.	Impp	8.18 A
=> puissance maximale	Pmpp	245.0 W	Coeff. de temp. sur Isc	mulsc	3.7 mA/°C

Paramètres du modèle à 1 diode

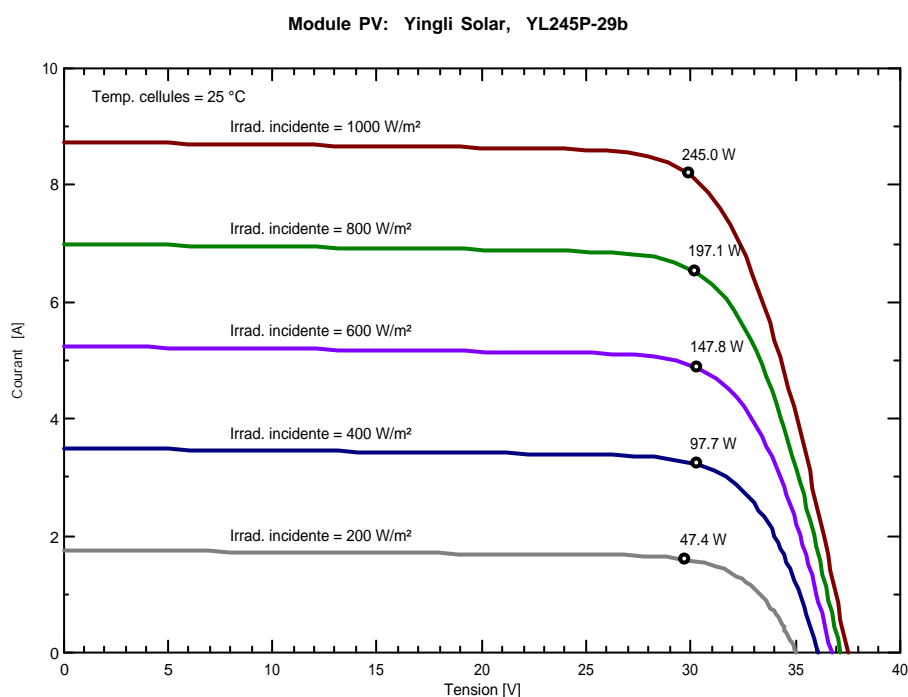
Résistance parall.	Rparall	209 ohm	Courant de saturation diode	IoRef	0.090 nA
Résistance série	Rsérie	0.38 ohm	Coeff. de tempér. Vco	μVco	-127 mV/°C
			Facteur de qualité diode	Gamma	0.96
Coeff. de temp. sur Pmpp spécifié	muPMaxR	-0.43 %/°C	Coeff. tempér. sur Gamma	muGamma	0.000 1/°C

Paramètres de polarisation inverse, pour comportements ombrages partiels ou mismatch

Caractéristique inverse (noir)	BRev	3.20 mA/V ²	(facteur quadratique par cellule)	
Nbre de diodes by-pass par module		3	Tension des diodes by-pass	-0.7 V

Résultats du modèle pour les conditions standard (STC: T=25°C, G=1000 W/m², AM=1.5)

Tension au point de puiss. max.	Vmpp	30.0 V	Courant au point de puiss. max.	Impp	8.18 A
Puissance maximale	Pmpp	245.0 Wc	Coeff. de temp. sur puissance	muPmpp	-0.42 %/°C
Efficacité(/ Surf. module)	Eff_mod.	15.1 %	Facteur de remplissage	FF	0.747
Efficacité(/ Surf. cellules)	Eff_cell.	16.8 %			



Caractéristique de l'onduleur



SG 500MX

Grid-friendly

- LVRT (Zero-voltage Ride-through)
- Overload capacity enhanced 20%, maximum output power up to 600KW
- Active power continuously adjustable (0~100%)
- Reactive power control with power factor from 0.9 lagging to 0.9 leading
- Give reactive power compensation to the grid at night according to directive
- Intelligent control, meet all requirements of the grid

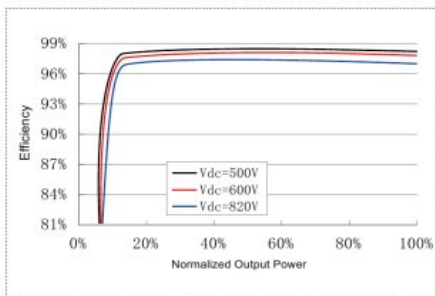
Efficient

- Max. Efficiency at 98.7%
- Efficient MPPT control design, more power yield
- Redundant power solution of dual power improving system reliability
- Efficient PWM algorithm, low consumption on switch
- Temperature controlled air-cooling, energy saving

Adaptable

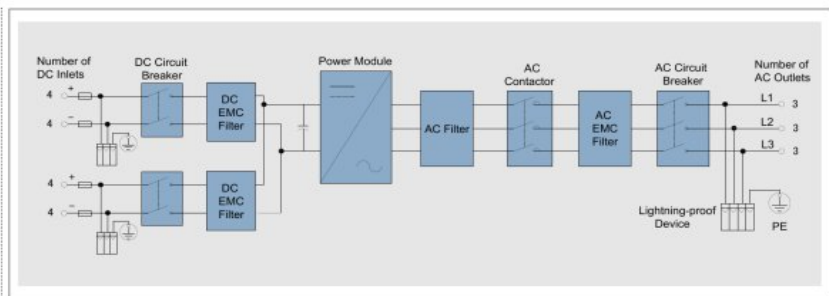
- -25°C ~ +55°C continuously operating at rated power
- Continuously and stably working in high altitude environment
- Auxiliary heater (Optional)

Efficiency Curve



Input (DC)	
Max. DC power (@ cos ϕ = 1)	610kW
Max. Input voltage	1000V
Start voltage	520V
MPPT voltage range	500~850V
Number of DC inputs	8
Output (AC)	
Rated power	500kW
Max. Output AC power	600kVA
Max. Output current	1100A
Max. THD	<3%(at nominal power)
Rated grid voltage	315V
Grid voltage range	250~362V (settable)
Rated grid frequency	50/60Hz
Grid frequency range	47~52Hz/57~62Hz (settable)
Power factor at rated power	>0.99
Isolation Transformer	No
DC current injection	<0.5% of rated inverter output current
Adjustable displacement factor	0.9 (lagging) ~0.9 (leading)
Efficiency	
Max. Efficiency	98.7%
European Efficiency	98.5%
Protection	
Input side disconnection device	Breaker
Output side disconnection device	Breaker
DC overvoltage protection	Yes
AC overvoltage protection	Yes
Grid monitoring	Yes
Ground fault monitoring	Yes
Overheat protection	Yes
Insulation monitoring	Opt
General Data	
Dimensions (W/H/D)	2200x2180x850mm
Weight	2000kg
Operating temperature range	-30~+55°C
Self-consumption at night	<100W
Max. Self-consumption in operation	<1700W
External auxiliary supply (Opt.)	230V, 10A
Cooling concept	Temperature controlled air-cooling
Degree of protection	IP20
Max. permissible value for relative humidity (non-condensing)	0~95%, non -condensing
Max. altitude	6000m (derating > 3000m)
Fresh air consumption	6885m³/h
Display	Touch screen LCD
Communication port/protocols	RS485/Modbus, Internet(Opt.)

Circuit Diagram:

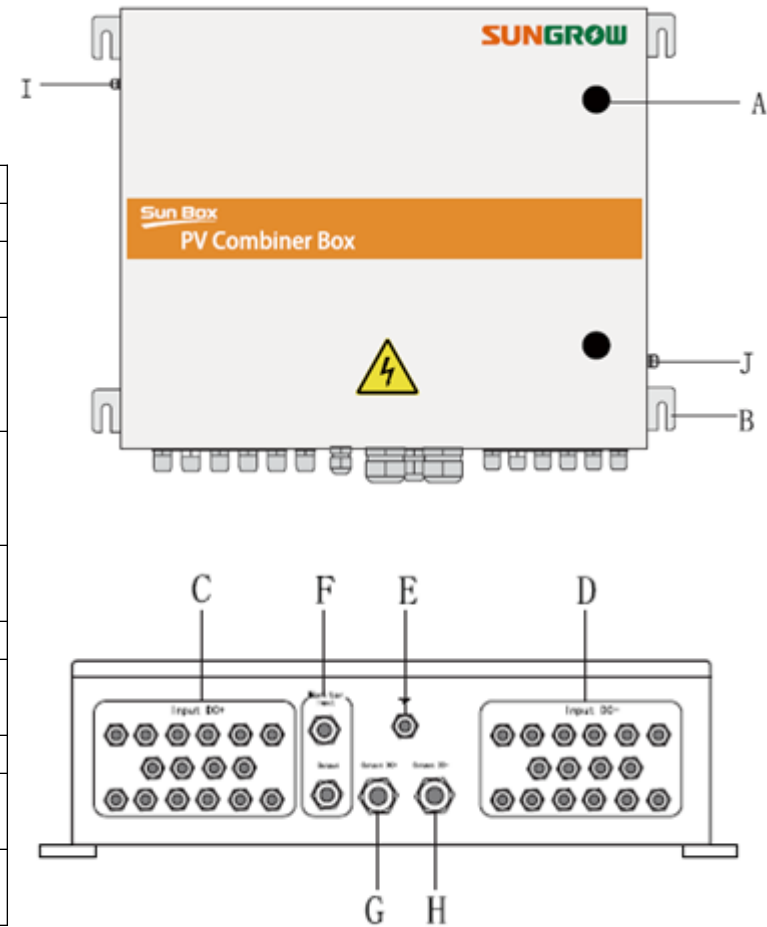


caractéristique de boîte de raccordement

Aspect

Aspect

Réf	Désignation	Description
A	Serrure	
B	Olive des suspensions	pour installer l'onduleur
C	INPUT DC+	pôle positif DC d'entrée (PVS-8M, pouvant raccorder 8 câbles, PVS-16M, pouvant raccorder 16 câbles, les bornes vides doivent être bouchés)
D	INPUT DC-	pôle négatif DC d'entrée (PVS-8M, pouvant raccorder 8 câbles, PVS-16M, pouvant raccorder 17 câbles, les bornes vides doivent être bouchés)
E	Point de MALT	raccorder au point équipotentiel
F	Ecran	Contrôle d'entrée et sortie
G	OUTPUT DC+	Pôle positif de sortie DC de conversion
H	OUTPUT DC-	Pôle négatif de sortie DC de conversion
I	Borne WIFI	Borne d'accès WIFI sans fils (si non utilisé, il faut le boucher)
J	Soupape de respiration	respiration, antipoussière et imperméable, élimination d'humidité



caractéristique de boîte de raccordement

Fiche technique

Fiche technique

	PVS-8M	PVS-16M
Tension max de Sous-champs	1000V	
Entrées max raccordé en parallèle	8	16
Courant nominal de fusible	10/15A	
section de borne sortie	50mm ²	70mm ²
Niv de protection	IP65	IP65
Température ambiante	—25~60°C	
Humidité ambiante	0~95%	
Dimension (L*P*H)mm	670*570*170	720*590*170
Poids	25kg	31kg

caractéristique de boîte de raccordement

Communication

➤ **Configuration de communication:**
Configurer et consulter directement sur
plaque de contrôle pour les diamètres

Interrupteur
d'appel 1

Commutation de protocole de
communication
Configuration de l'adresse

Interrupteur
d'appel 2

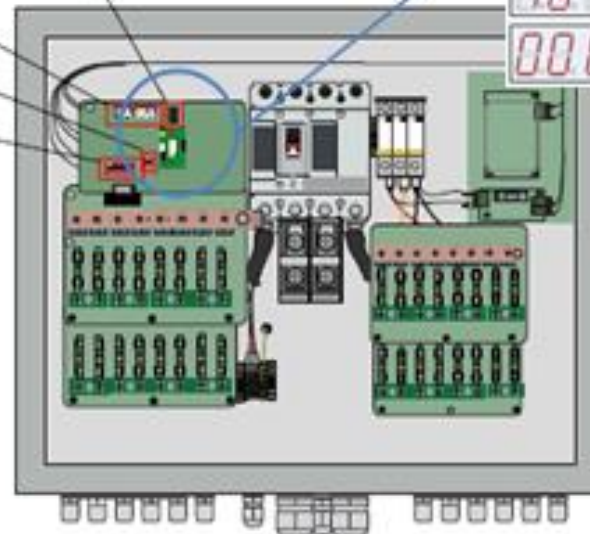
Bouton
poussoirs

LED 8888

拨码开关1

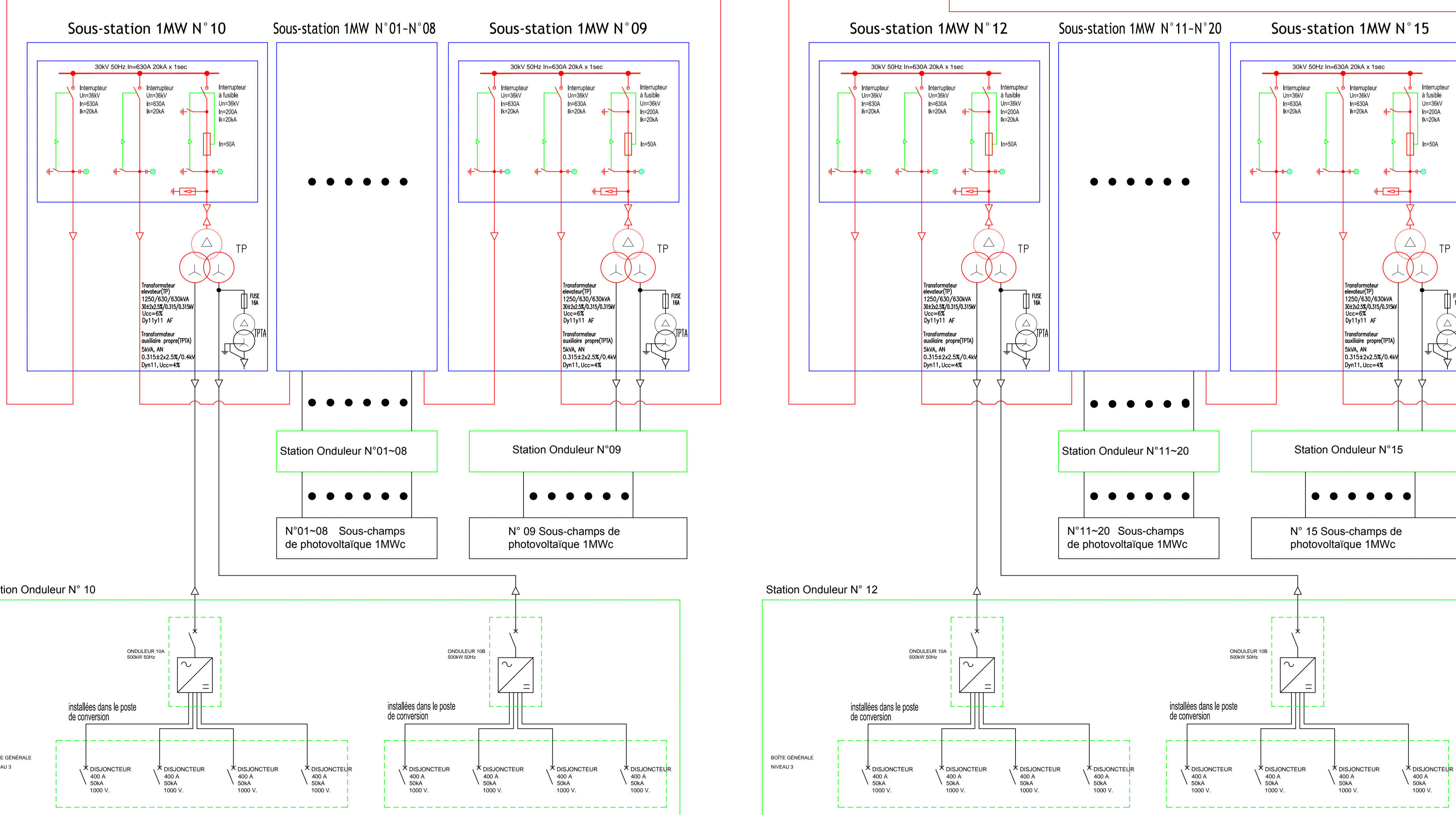
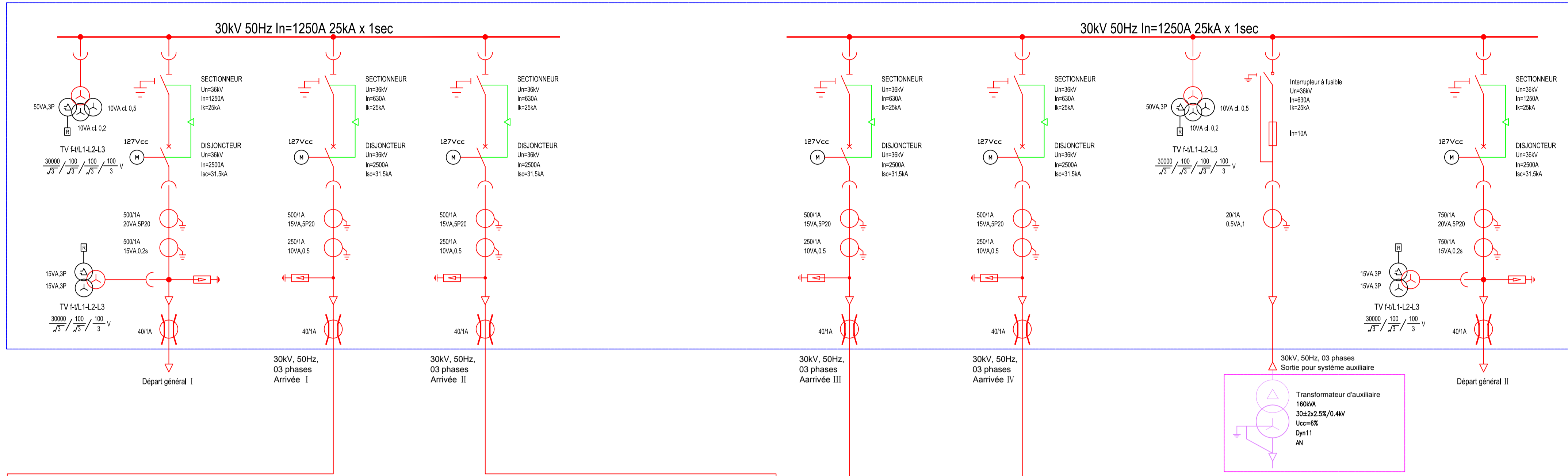
拨码开关2

A1
A2



SYSTEME ELECTRIQUE SCHEMA UNIFILAIRE GENERAL Site:Adrar (20MWc)

AVANT POSTE D'EVACUATION 30kV ET CELLULES POSTES TRANSFORMATEURS



	ONDULEUR
	TRANSFORMATEUR DE COURANT
	TRANSFORMATEUR DE COURANT HOMOPOLAIRE
	TRANSFORMATEUR DE TENSION A DEUX ENROULEMENTS SECONDAIRES
	TRANSFORMATEUR DE TENSION A TROIS ENROULEMENTS SECONDAIRES
	ENROULEMENTS COUPLES EN ETOILE
	ENROULEMENTS COUPLES EN TRIANGLE
	ENROULEMENTS COUPLES EN TRIANGLE OUVERT
	RESISTANCE
	LAMPE
	VERROUILLAGE MECANIQUE
	MISE A LA TERRE
	MODULE PHOTOVOLTAÏQUE
	INTERRUPTEUR SECTIONNEUR
	DISJONCTEUR
	SECTIONNEUR DE TERRE
	FUSIBLE
	PARAFODRE
	DIPOSITIF DE PROTECTION CONTRE LES SURTENSIONS
	MOTORIZATION ELECTRIQUE
	TRANSFORMATEUR A TROIS ENROULEMENTS
	TRANSFORMATEUR A DEUX ENROULEMENTS
	CABLE
	ISOLATION EN SF6

PVSYST 7.0.10	ADRAR 20MWC PV POWER PLANT SONELGAZ ALGERIA	19/10/20	Page 1/9
---------------	---	----------	----------

Système couplé au réseau: Paramètres de simulation

Projet : **Project 20MWc Grid connected PV Power Plant Adrar.**

Site géographique	Adrar	Pays	Algeria
Situation	Latitude 27.91° N	Longitude	-0.32° W
Temps défini comme	Temps légal	Fus. horaire TU+1	Altitude 256 m
	Albédo	0.20	
Données météo:	Adrar	PVGIS api TMY - TMY	

Variante de simulation : **S1**
 Date de la simulation 19/10/20 à 23h46

Paramètres de simulation	Type de système	Pas de scène 3D, pas d'ombrages	
Orientation plan capteurs	Inclinaison	27°	Azimut 0°
Modèles utilisés	Transposition	Perez	Diffus Importé Circumsolaire séparément
Horizon	Pas d'horizon		
Ombrages proches	Sans ombrages		
Besoins de l'utilisateur :	Charge illimitée (réseau)		

Caractéristiques du champ de capteurs

Module PV	Si-poly	Modèle	YL245P-29b	
Base de données Pvsyst originale		Fabricant	Yingli Solar	
Nombre de modules PV		En série	22 modules	En parallèle 3720 chaînes
Nombre total de modules PV	nbre modules	81840	Puissance unitaire	245 Wc
Puissance globale du champ	Nominale (STC)	20051 kWc	Aux cond. de fonct.	17939 kWc (50°C)
Caractéristiques de fonct. du champ (50°C)	U mpp	589 V	I mpp	30442 A
Surface totale	Surface modules	132875 m²	Surface cellule	119470 m²
Onduleur		Modèle	SG500MX	
Base de données Pvsyst originale		Fabricant	Sungrow	
Caractéristiques	Puissance unitaire	500 kWac	Tension fonct.	460-850 V
Batterie d'onduleurs	Puissance totale	20000 kWac	Rapport Pnom	1.00
	Nbre d'onduleurs	40 unités		
Total	Puissance totale	20000 kWac	Rapport Pnom	1.00

Facteurs de perte du champ PV

Fact. de pertes thermiques	Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (vent)	0.0 W/m²K / m/s
Perte ohmique de câblage	Rés. globale champ	0.33 m	Frac. pertes	1.5 % aux STC
LID - "light Induced degradation"			Frac. pertes	1.3 %
Perte de qualité module			Frac. pertes	-0.8 %
Perte de mismatch modules			Frac. pertes	2.0 % au MPP
Perte de "mismatch" strings			Frac. pertes	0.10 %
Effet d'incidence (IAM): Profil personnalisé				

0°	20°	40°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	1.000	1.000	0.960	0.880	0.800	0.670	0.430	0.000

Système couplé au réseau: Résultats principaux

Projet : Project 20MWC Grid connected PV Power Plant Adrar.

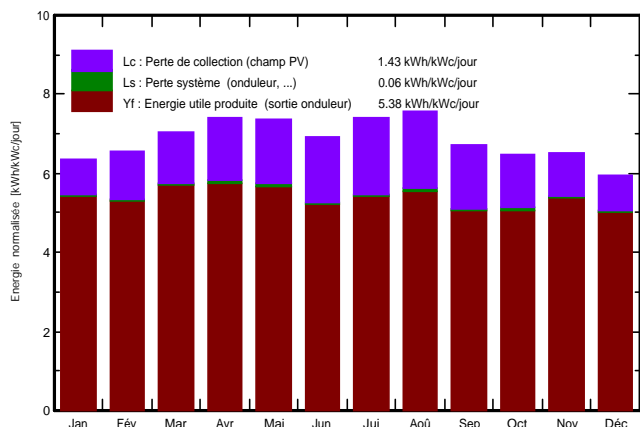
Variante de simulation : S1

Principaux paramètres système		Type de système	Pas de scène 3D, pas d'ombrages	
Orientation plan capteurs		inclinaison	27°	azimut 0°
Modules PV		Modèle	YL245P-29b	Pnom 245 Wc
Champ PV		Nombre de modules	81840	Pnom total 20051 kWc
Onduleur		Modèle	SG500MX	Pnom 500 kW ac
Batterie d'onduleurs		Nombre d'unités	40.0	Pnom total 20000 kW ac
Besoins de l'utilisateur		Charge illimitée (réseau)		

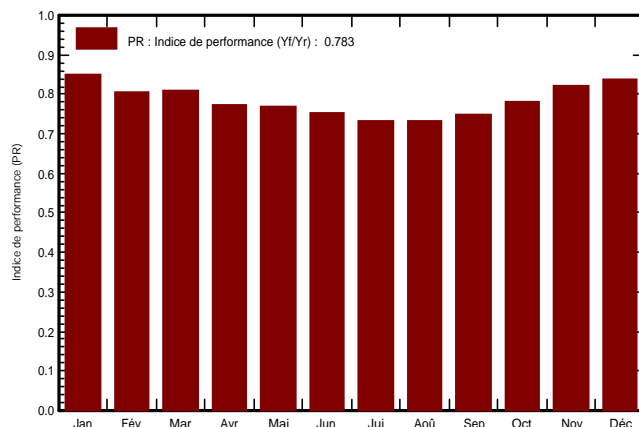
Principaux résultats de la simulation

Production du système	Energie produite 39359 MWh/an	Productible	1963 kWh/kWc/an
	Indice de performance (PR)	78.30 %	

Productions normalisées (par kWp installé): Puissance nominale 20051 kWc



Indice de performance (PR)



S1

Bilans et résultats principaux

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	MWh	MWh	ratio
Janvier	137.1	35.33	12.53	197.7	194.8	3407	3368	0.850
Février	142.8	43.45	20.79	183.9	181.0	3009	2974	0.807
Mars	188.9	55.79	19.38	218.1	214.1	3584	3542	0.810
Avril	217.4	62.37	26.70	222.4	217.6	3497	3455	0.775
Mai	244.9	69.01	29.74	228.9	223.6	3569	3526	0.768
Juin	230.9	76.30	35.38	207.7	202.7	3168	3131	0.752
Juillet	250.7	73.63	38.55	229.4	224.3	3409	3370	0.732
Août	237.4	67.46	37.01	234.6	229.9	3492	3451	0.733
Septembre	185.0	57.74	34.37	202.3	198.4	3079	3042	0.750
Octobre	163.7	52.41	28.15	201.1	198.0	3194	3157	0.783
Novembre	140.1	39.63	19.12	196.1	193.0	3269	3233	0.822
Décembre	125.4	36.07	16.59	184.8	182.5	3147	3111	0.839
Année	2264.2	669.17	26.55	2507.1	2459.9	39824	39359	0.783

Légendes:	GlobHor	Irradiation globale horizontale	GlobEff	Global "effectif", corr. pour IAM et ombrages
	DiffHor	Irradiation diffuse horizontale	EArray	Energie effective sortie champ
	T_Amb	T amb.	E_Grid	Energie injectée dans le réseau
	GlobInc	Global incident plan capteurs	PR	Indice de performance

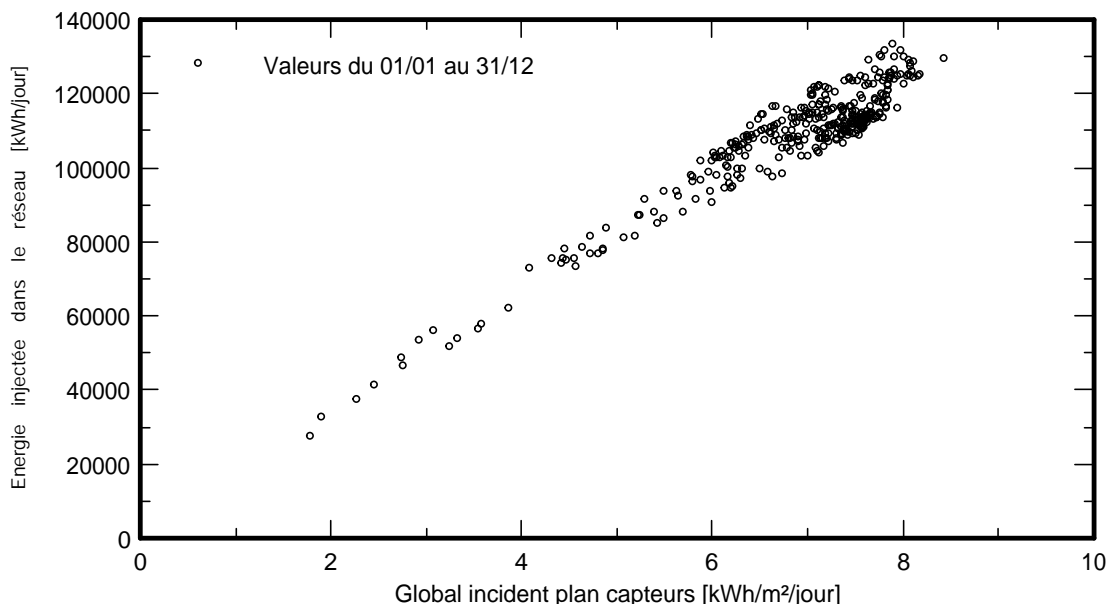
Système couplé au réseau: Graphiques spéciaux

Projet : Project 20MWc Grid connected PV Power Plant Adrar.

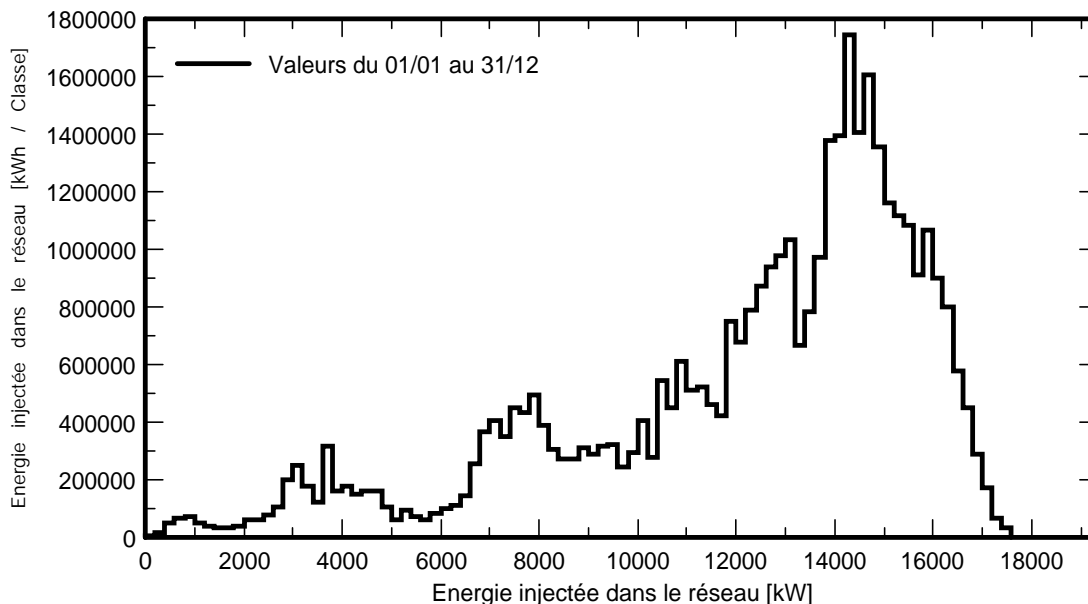
Variante de simulation : S1

Principaux paramètres système	Type de système	Pas de scène 3D, pas d'ombrages	
Orientation plan capteurs	inclinaison	27°	azimut 0°
Modules PV	Modèle	YL245P-29b	Pnom 245 Wc
Champ PV	Nombre de modules	81840	Pnom total 20051 kWc
Onduleur	Modèle	SG500MX	Pnom 500 kW ac
Batterie d'onduleurs	Nombre d'unités	40.0	Pnom total 20000 kW ac
Besoins de l'utilisateur	Charge illimitée (réseau)		

Daily Input/Output diagram



System Output Power Distribution



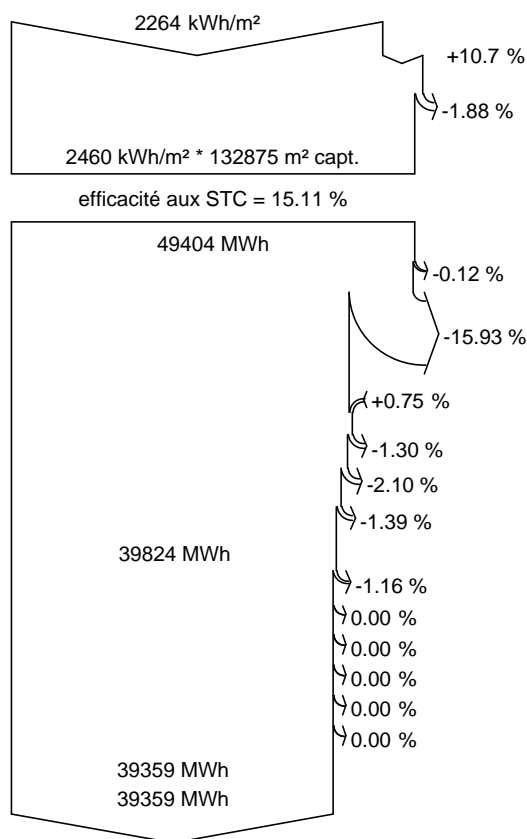
Système couplé au réseau: Diagramme des pertes

Projet : Project 20Mwc Grid connected PV Power Plant Adrar.

Variante de simulation : S1

Principaux paramètres système	Type de système	Pas de scène 3D, pas d'ombrages	
Orientation plan capteurs	inclinaison	27°	azimut 0°
Modules PV	Modèle	YL245P-29b	Pnom 245 Wc
Champ PV	Nombre de modules	81840	Pnom total 20051 kWc
Onduleur	Modèle	SG500MX	Pnom 500 kW ac
Batterie d'onduleurs	Nombre d'unités	40.0	Pnom total 20000 kW ac
Besoins de l'utilisateur	Charge illimitée (réseau)		

Diagramme des pertes sur l'année entière



Irradiation globale horizontale
Global incident plan capteurs

Facteur d'IAM sur global

Irradiation effective sur capteurs

Conversion PV

Energie champ nominale (selon effic. STC)

Perte due au niveau d'irradiance

Perte due à la température champ

Perte pour qualité modules

LID - "Light induced degradation"

Pertes mismatch, modules et strings

Pertes ohmiques de câblage

Energie champ, virtuelle au MPP

Perte onduleur en opération (efficacité)

Perte onduleur, surpuissance

Perte onduleur, limite de courant

Perte onduleur, surtension

Perte onduleur, seuil de puissance

Perte onduleur, seuil de tension

Energie à la sortie onduleur

Energie injectée dans le réseau

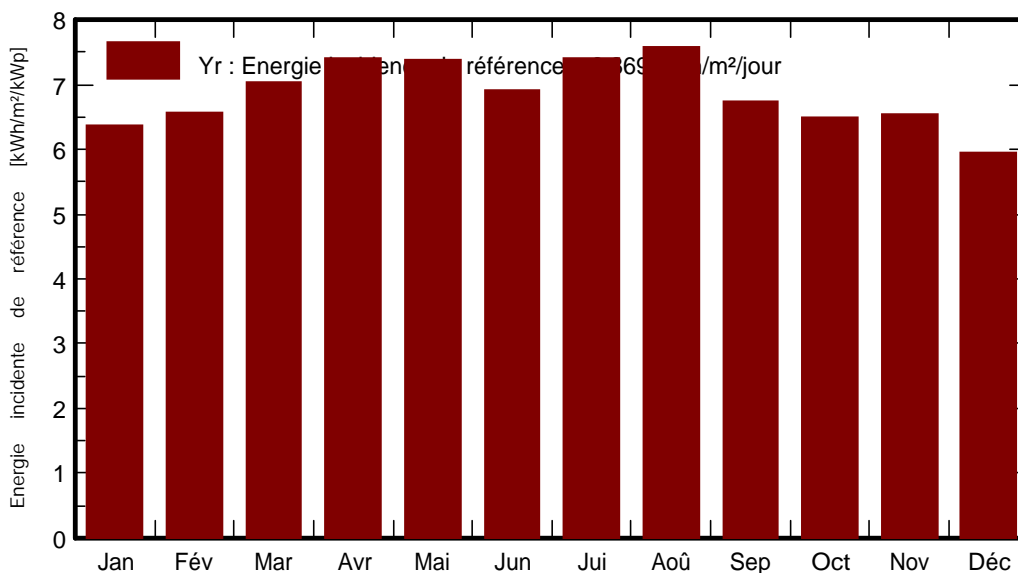
Système couplé au réseau: Graphiques prédéfinis

Projet : **Project 20MWc Grid connected PV Power Plant Adrar.**

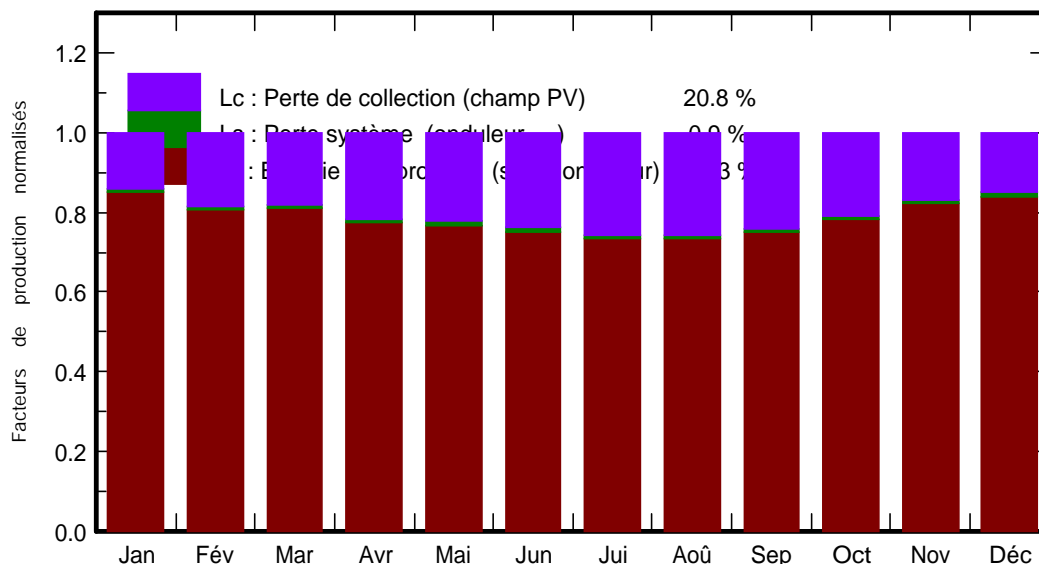
Variante de simulation : **S1**

Principaux paramètres système		Type de système	Pas de scène 3D, pas d'ombrages	
Orientation plan capteurs		inclinaison	27°	azimut 0°
Modules PV		Modèle	YL245P-29b	Pnom 245 Wc
Champ PV		Nombre de modules	81840	Pnom total 20051 kWc
Onduleur		Modèle	SG500MX	Pnom 500 kW ac
Batterie d'onduleurs		Nombre d'unités	40.0	Pnom total 20000 kW ac
Besoins de l'utilisateur		Charge illimitée (réseau)		

Energie incidente de référence dans le plan capteurs



Facteurs normalisés de production et de pertes: Puissance nominale 20051 kWc



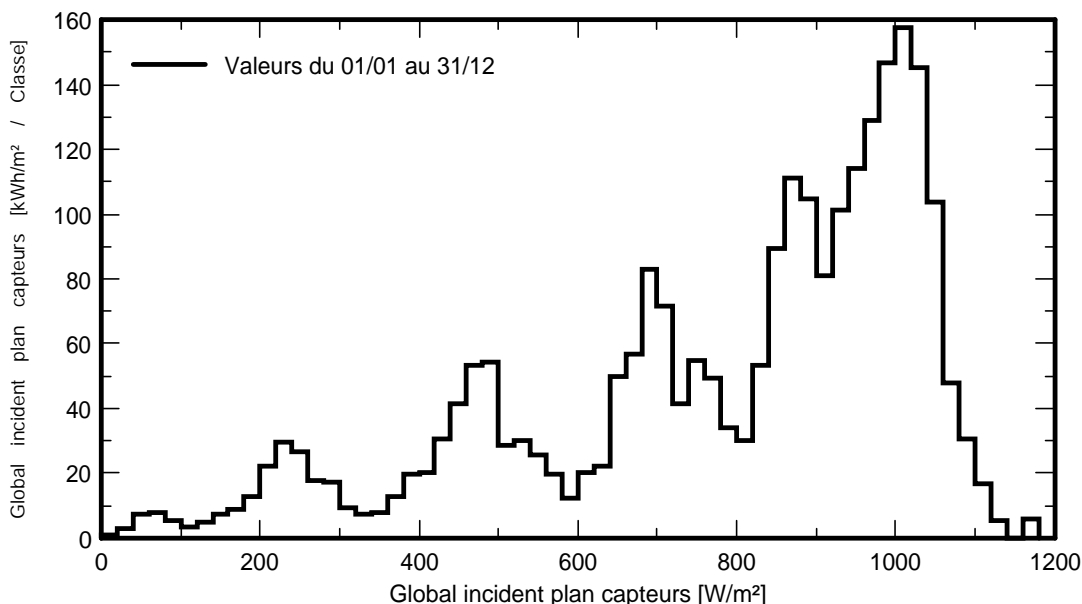
Système couplé au réseau: Graphiques prédéfinis

Projet : Project 20MWc Grid connected PV Power Plant Adrar.

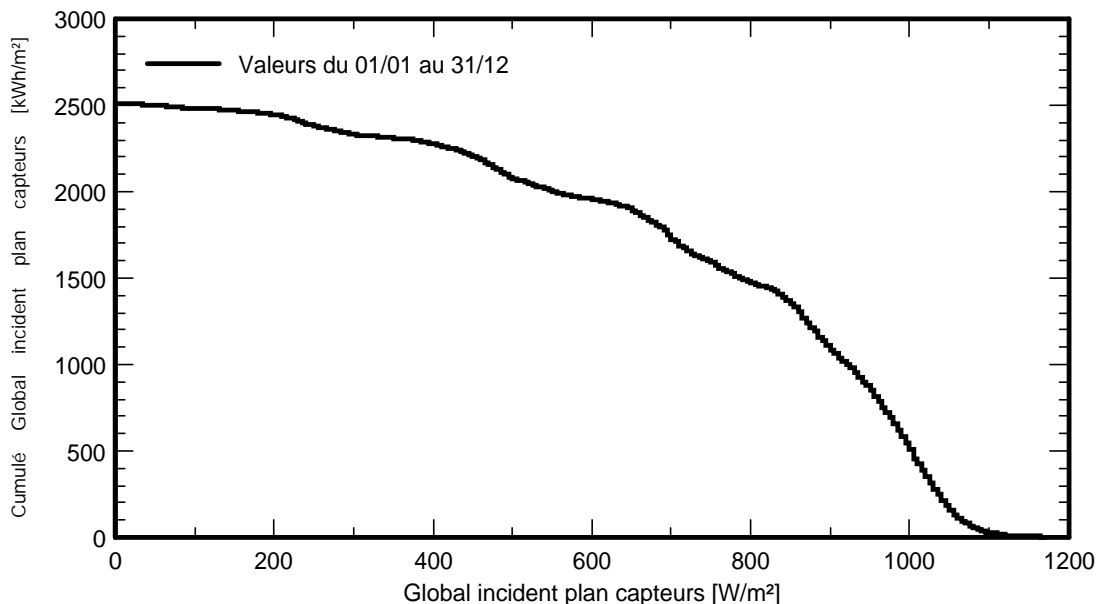
Variante de simulation : S1

Principaux paramètres système		Type de système	Pas de scène 3D, pas d'ombrages	
Orientation plan capteurs		inclinaison	27°	azimut 0°
Modules PV		Modèle	YL245P-29b	Pnom 245 Wc
Champ PV		Nombre de modules	81840	Pnom total 20051 kWc
Onduleur		Modèle	SG500MX	Pnom 500 kW ac
Batterie d'onduleurs		Nombre d'unités	40.0	Pnom total 20000 kW ac
Besoins de l'utilisateur		Charge illimitée (réseau)		

Incident Irradiation Distribution



Incident Irradiation Tail Distribution



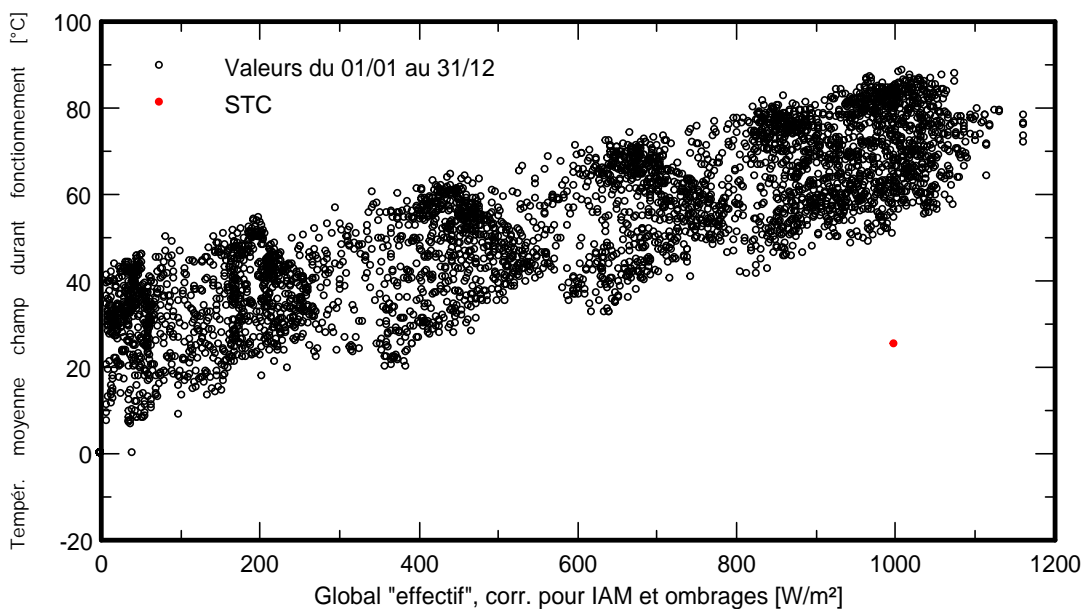
Système couplé au réseau: Graphiques prédéfinis

Projet : Project 20MWc Grid connected PV Power Plant Adrar.

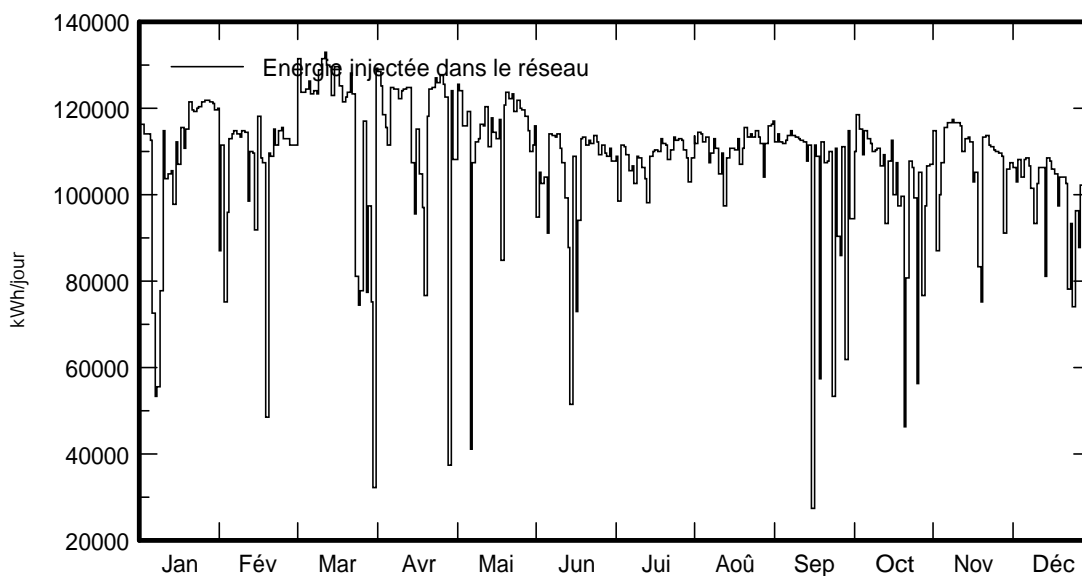
Variante de simulation : S1

Principaux paramètres système	Type de système	Pas de scène 3D, pas d'ombrages	
Orientation plan capteurs	inclinaison	27°	azimut 0°
Modules PV	Modèle	YL245P-29b	Pnom 245 Wc
Champ PV	Nombre de modules	81840	Pnom total 20051 kWc
Onduleur	Modèle	SG500MX	Pnom 500 kW ac
Batterie d'onduleurs	Nombre d'unités	40.0	Pnom total 20000 kW ac
Besoins de l'utilisateur	Charge illimitée (réseau)		

Array Temperature vs. Effective Irradiance



Daily System Output Energy



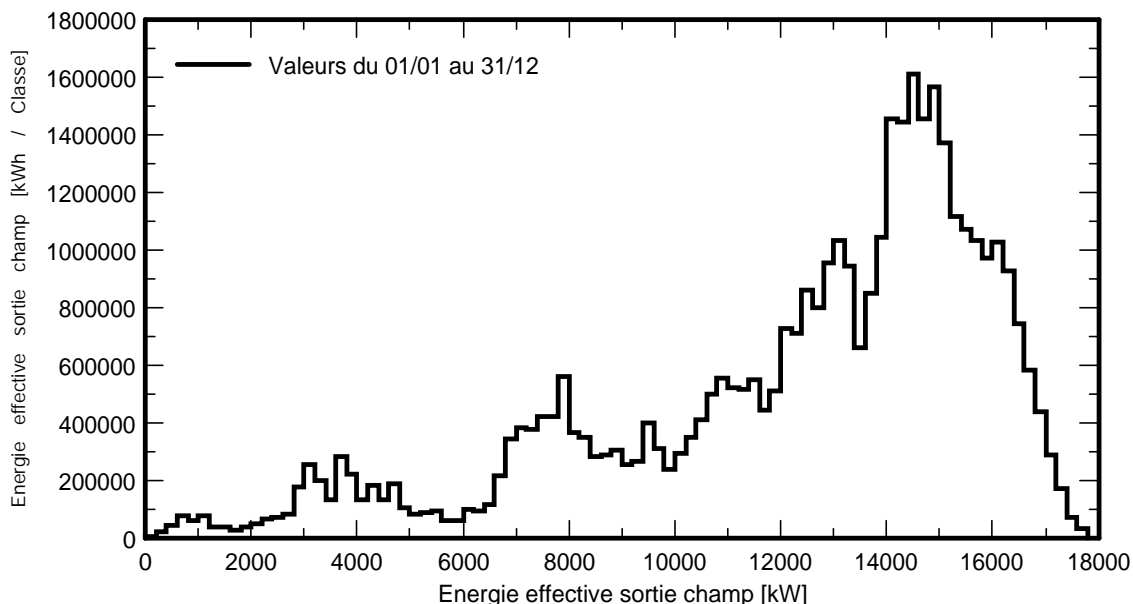
Système couplé au réseau: Graphiques prédéfinis

Projet : Project 20MWc Grid connected PV Power Plant Adrar.

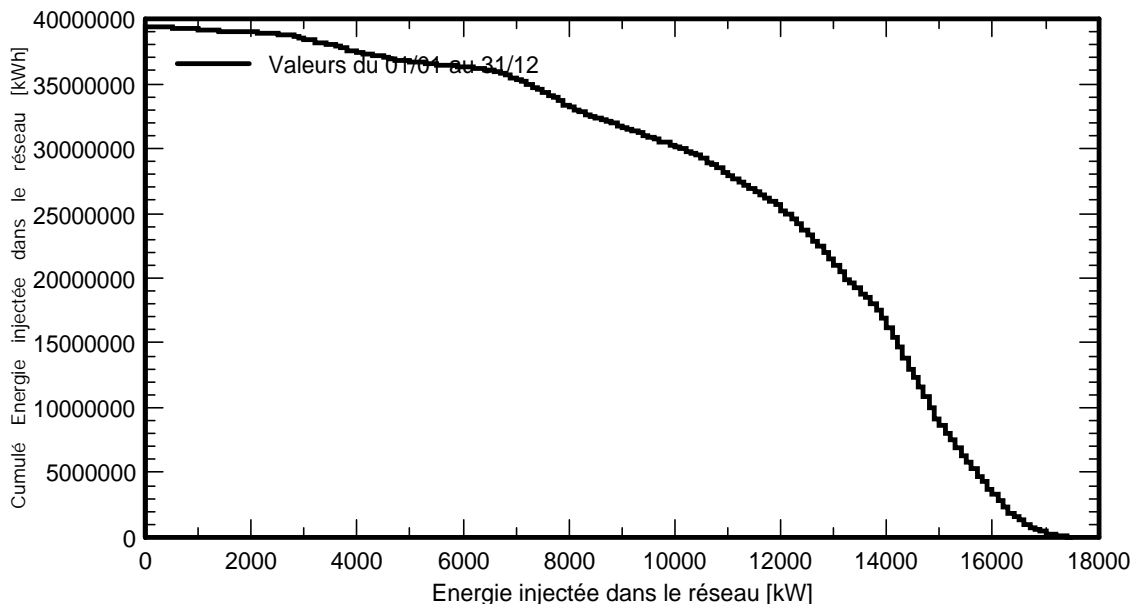
Variante de simulation : S1

Principaux paramètres système	Type de système	Pas de scène 3D, pas d'ombrages	
Orientation plan capteurs	inclinaison	27°	azimut 0°
Modules PV	Modèle	YL245P-29b	Pnom 245 Wc
Champ PV	Nombre de modules	81840	Pnom total 20051 kWc
Onduleur	Modèle	SG500MX	Pnom 500 kW ac
Batterie d'onduleurs	Nombre d'unités	40.0	Pnom total 20000 kW ac
Besoins de l'utilisateur	Charge illimitée (réseau)		

Array Power Distribution



System Output Power Tail Distribution



RAHMANI / KHERCHI /ELBEY

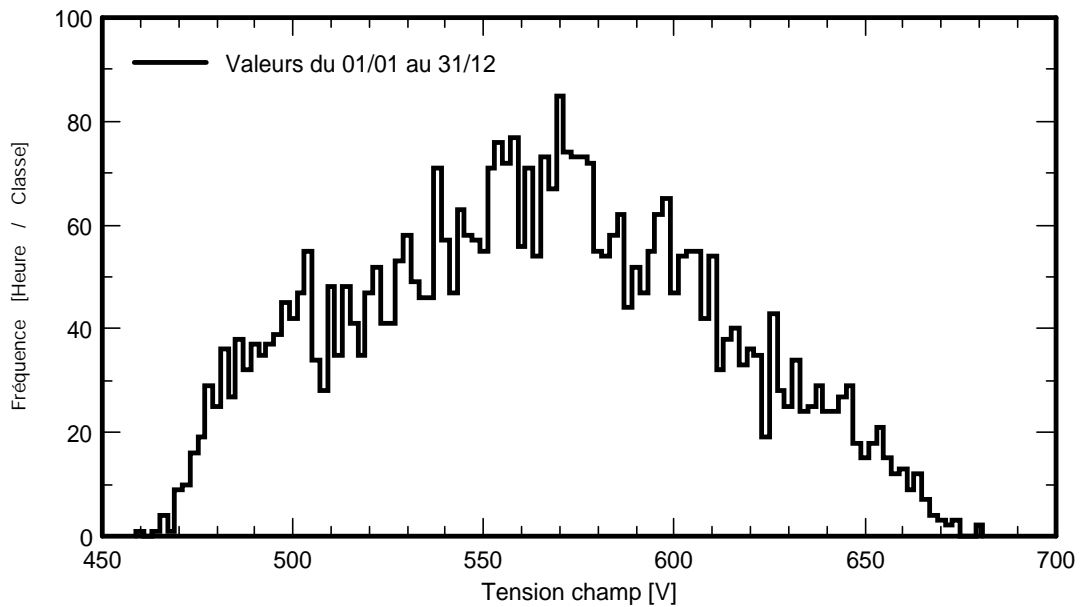
Système couplé au réseau: Graphiques prédéfinis

Projet : Project 20MWc Grid connected PV Power Plant Adrar.

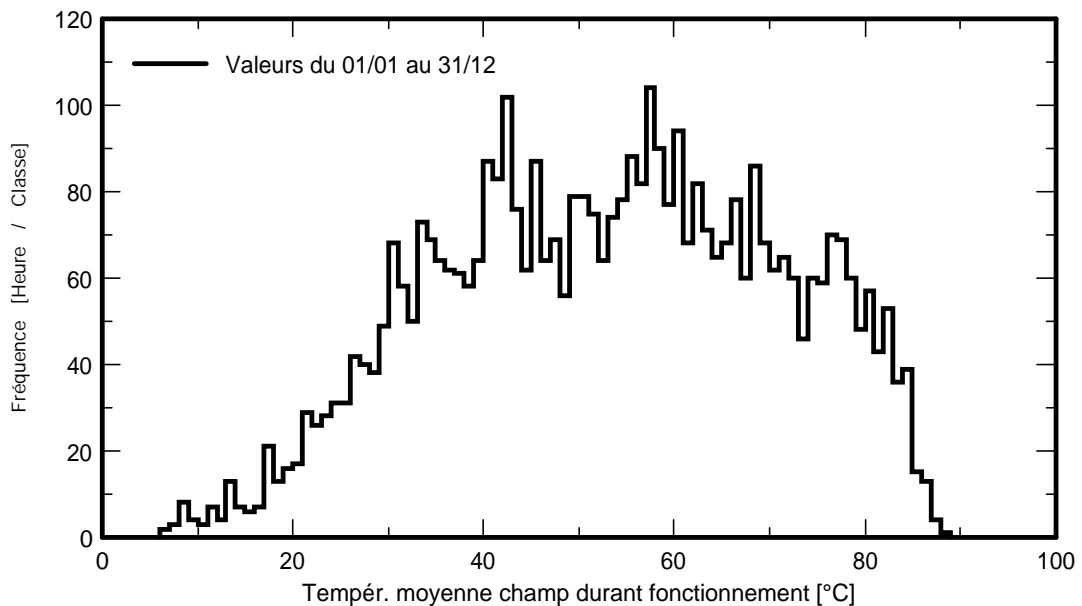
Variante de simulation : S1

Principaux paramètres système	Type de système	Pas de scène 3D, pas d'ombrages	
Orientation plan capteurs	inclinaison	27°	azimut 0°
Modules PV	Modèle	YL245P-29b	Pnom 245 Wc
Champ PV	Nombre de modules	81840	Pnom total 20051 kWc
Onduleur	Modèle	SG500MX	Pnom 500 kW ac
Batterie d'onduleurs	Nombre d'unités	40.0	Pnom total 20000 kW ac
Besoins de l'utilisateur	Charge illimitée (réseau)		

Array Voltage Distribution



Array Temperature Distribution during running



Système couplé au réseau: Paramètres de simulation

Projet : **Project 20MwC Grid connected PV Power Plant Adrar REAL 15min DATA.**

Site géographique	Adrar1	Pays	Algeria
Situation	Latitude 25.75° N	Longitude	-1.00° W
Temps défini comme	Temps légal	Fus. horaire TU+1	Altitude 258 m
	Albédo	0.20	
Données météo:	Adrar1	Custom file - Imported	

Variante de simulation : **S1**

Date de la simulation 20/10/20 à 00h13

Paramètres de simulation	Type de système	Pas de scène 3D, pas d'ombrages	
Orientation plan capteurs	Inclinaison	27°	Azimut 0°
Modèles utilisés	Transposition	Perez	Diffus Perez, Meteororm Circumsolaire séparément
Horizon	Pas d'horizon		
Ombrages proches	Sans ombrages		
Besoins de l'utilisateur :	Charge illimitée (réseau)		

Caractéristiques du champ de capteurs

Module PV	Si-poly	Modèle	YL245P-29b	
Base de données Pvsyst originale	Fabricant	Yingli Solar		
Nombre de modules PV	En série	22 modules	En parallèle	3720 chaînes
Nombre total de modules PV	nbre modules	81840	Puissance unitaire	245 Wc
Puissance globale du champ	Nominale (STC)	20051 kWc	Aux cond. de fonct.	17939 kWc (50°C)
Caractéristiques de fonct. du champ (50°C)	U mpp	589 V	I mpp	30442 A
Surface totale	Surface modules	132875 m²	Surface cellule	119470 m²
Onduleur		Modèle	SG500MX	
Base de données Pvsyst originale	Fabricant	Sungrow		
Caractéristiques	Puissance unitaire	500 kWac	Tension fonct.	460-850 V
Batterie d'onduleurs	Puissance totale	20000 kWac	Rapport Pnom	1.00
	Nbre d'onduleurs	40 unités		
Total	Puissance totale	20000 kWac	Rapport Pnom	1.00

Facteurs de perte du champ PV

Fact. de pertes thermiques	Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (vent)	0.0 W/m²K / m/s
Perte ohmique de câblage	Rés. globale champ	0.33 m	Frac. pertes	1.5 % aux STC
LID - "light Induced degradation"			Frac. pertes	1.3 %
Perte de qualité module			Frac. pertes	-0.8 %
Perte de mismatch modules			Frac. pertes	2.0 % au MPP
Perte de "mismatch" strings			Frac. pertes	0.10 %
Effet d'incidence (IAM): Profil personnalisé				

0°	20°	40°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	1.000	1.000	0.960	0.880	0.800	0.670	0.430	0.000

Système couplé au réseau: Résultats principaux

Projet : Project 20MwC Grid connected PV Power Plant Adrar REAL 15min DATA.

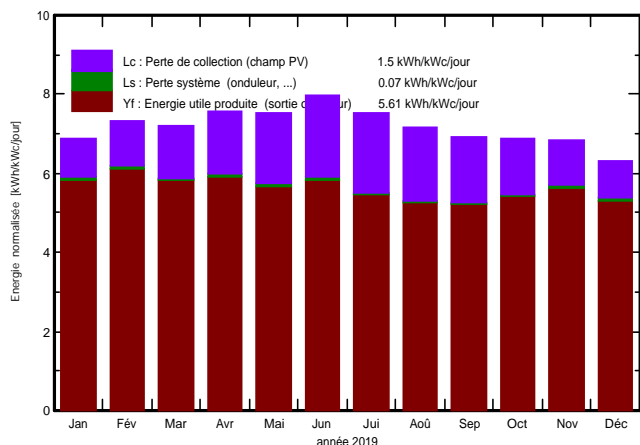
Variante de simulation : S1

Principaux paramètres système		Type de système	Pas de scène 3D, pas d'ombrages	
Orientation plan capteurs		inclinaison	27°	azimut 0°
Modules PV		Modèle	YL245P-29b	Pnom 245 Wc
Champ PV		Nombre de modules	81840	Pnom total 20051 kWc
Onduleur		Modèle	SG500MX	Pnom 500 kW ac
Batterie d'onduleurs		Nombre d'unités	40.0	Pnom total 20000 kW ac
Besoins de l'utilisateur		Charge illimitée (réseau)		

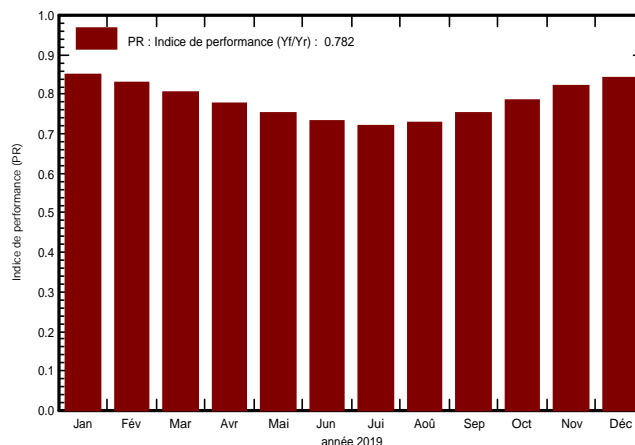
Principaux résultats de la simulation

Production du système **Energie produite 41083 MWh/an** Productible 2049 kWh/kWc/an
 Indice de performance (PR) 78.18 %

Productions normalisées (par kWp installé): Puissance nominale 20051 kWc



Indice de performance (PR)



S1

Bilans et résultats principaux

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	MWh	MWh	ratio
Jan. 19	148.6	33.26	12.14	213.0	209.6	3668	3626	0.849
Fév. 19	159.1	35.71	14.23	205.7	202.4	3472	3433	0.832
Mars 19	196.6	52.69	20.77	223.8	219.6	3661	3617	0.806
Avr. 19	226.9	48.42	25.10	227.5	222.0	3600	3557	0.780
Mai 19	256.5	53.98	32.05	233.5	226.6	3565	3522	0.752
Juin 19	276.4	48.78	35.63	238.9	231.4	3546	3504	0.731
Jui. 19	264.6	53.88	39.68	233.8	226.9	3429	3388	0.723
Août 19	230.9	56.61	38.79	222.8	217.4	3305	3265	0.731
Sep. 19	191.1	55.93	34.25	207.3	203.2	3168	3131	0.753
Oct. 19	174.1	46.65	26.10	213.1	209.5	3401	3360	0.786
Nov. 19	149.1	35.44	18.86	205.7	202.8	3425	3383	0.820
Déc. 19	134.3	35.12	15.26	195.6	192.7	3337	3298	0.841
Année	2408.4	556.49	26.14	2620.9	2564.3	41576	41083	0.782

Légendes: GlobHor Irradiation globale horizontale GlobEff Global "effectif", corr. pour IAM et ombrages
 DiffHor Irradiation diffuse horizontale EArray Energie effective sortie champ
 T_Amb T amb. E_Grid Energie injectée dans le réseau
 GlobInc Global incident plan capteurs PR Indice de performance

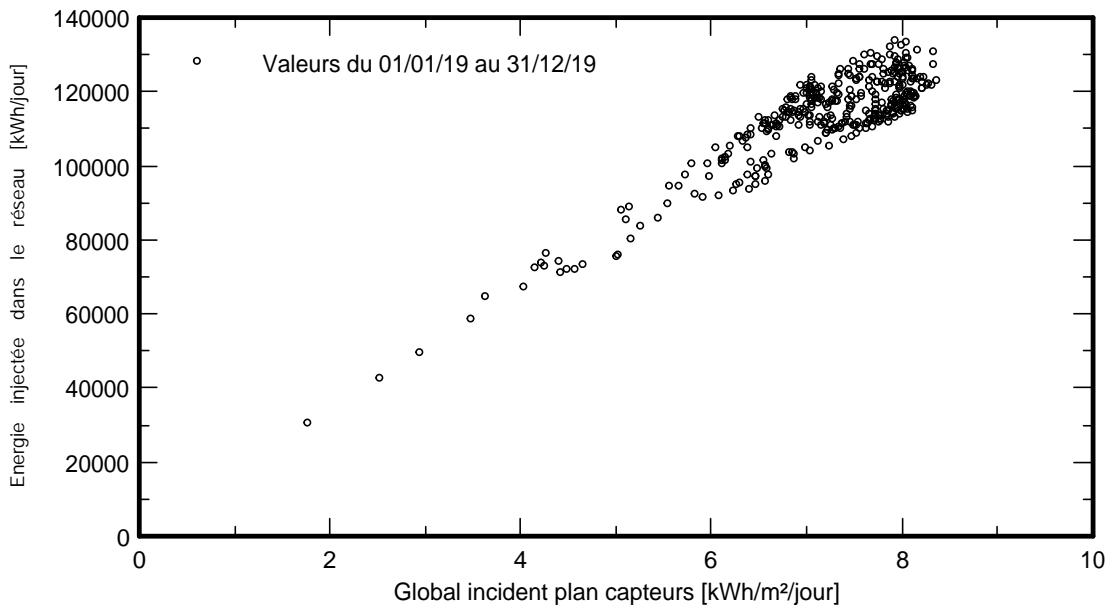
Système couplé au réseau: Graphiques spéciaux

Projet : Project 20MWc Grid connected PV Power Plant Adrar REAL 15min DATA.

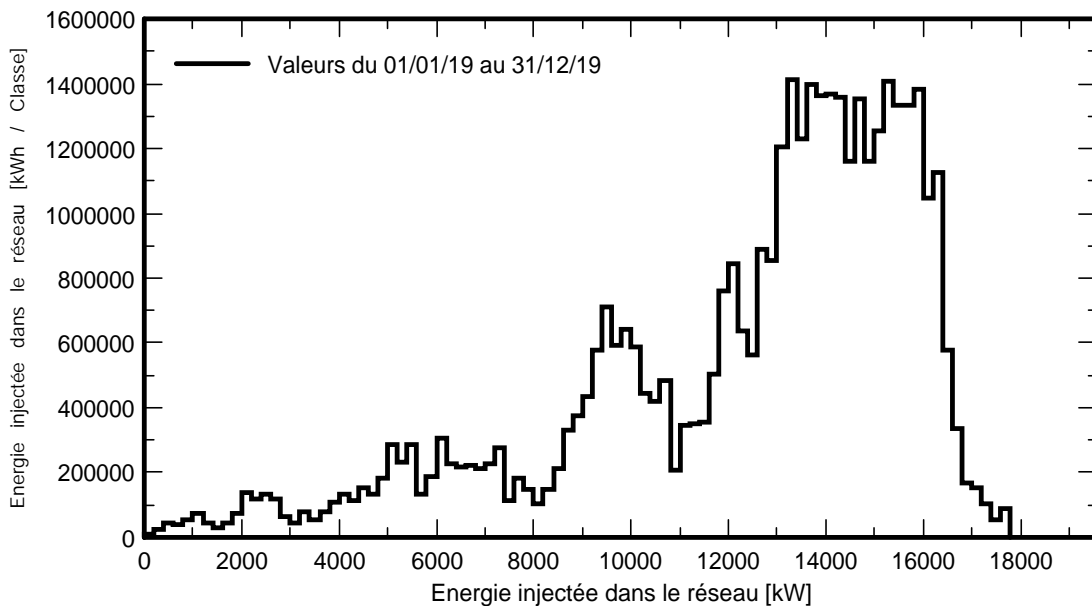
Variante de simulation : S1

Principaux paramètres système		Type de système	Pas de scène 3D, pas d'ombrages	
Orientation plan capteurs		inclinaison	27°	azimut 0°
Modules PV		Modèle	YL245P-29b	Pnom 245 Wc
Champ PV		Nombre de modules	81840	Pnom total 20051 kWc
Onduleur		Modèle	SG500MX	Pnom 500 kW ac
Batterie d'onduleurs		Nombre d'unités	40.0	Pnom total 20000 kW ac
Besoins de l'utilisateur		Charge illimitée (réseau)		

Daily Input/Output diagram



System Output Power Distribution



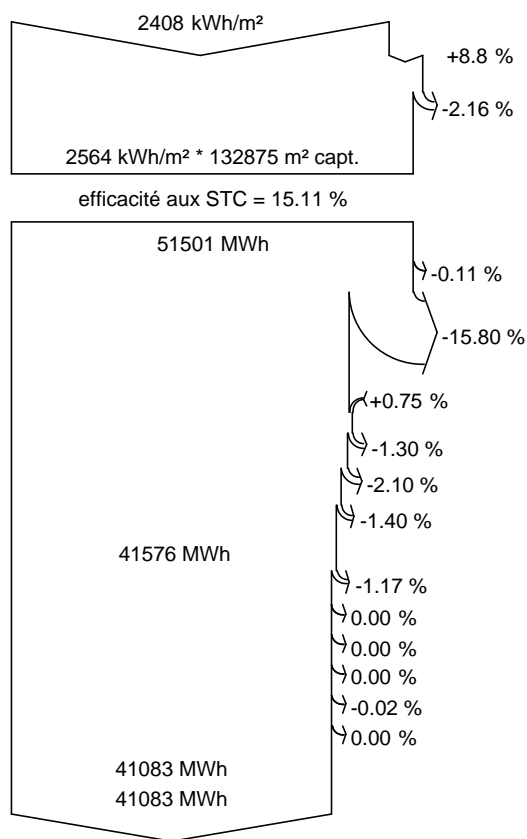
Système couplé au réseau: Diagramme des pertes

Projet : Project 20Mwc Grid connected PV Power Plant Adrar REAL 15min DATA.

Variante de simulation : S1

Principaux paramètres système	Type de système	Pas de scène 3D, pas d'ombrages	
Orientation plan capteurs	inclinaison	27°	azimut 0°
Modules PV	Modèle	YL245P-29b	Pnom 245 Wc
Champ PV	Nombre de modules	81840	Pnom total 20051 kWc
Onduleur	Modèle	SG500MX	Pnom 500 kW ac
Batterie d'onduleurs	Nombre d'unités	40.0	Pnom total 20000 kW ac
Besoins de l'utilisateur	Charge illimitée (réseau)		

Diagramme des pertes sur l'année entière



Irradiation globale horizontale
Global incident plan capteurs

Facteur d'IAM sur global

Irradiation effective sur capteurs

Conversion PV

Energie champ nominale (selon effic. STC)

Perte due au niveau d'irradiance

Perte due à la température champ

Perte pour qualité modules

LID - "Light induced degradation"

Pertes mismatch, modules et strings

Pertes ohmiques de câblage

Energie champ, virtuelle au MPP

Perte onduleur en opération (efficacité)

Perte onduleur, surpuissance

Perte onduleur, limite de courant

Perte onduleur, surtension

Perte onduleur, seuil de puissance

Perte onduleur, seuil de tension

Energie à la sortie onduleur

Energie injectée dans le réseau

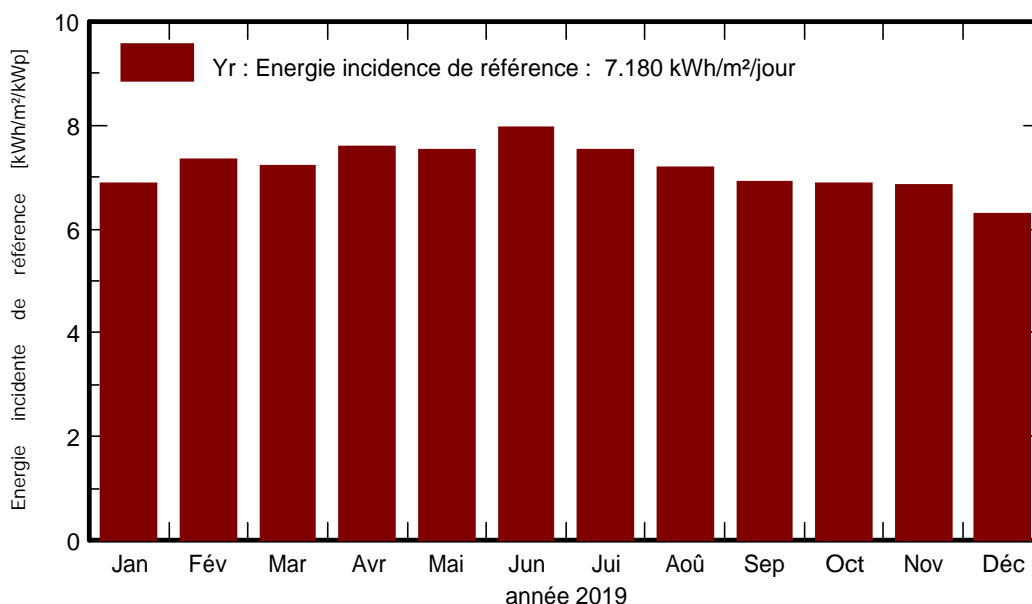
Système couplé au réseau: Graphiques prédéfinis

Projet : Project 20MWc Grid connected PV Power Plant Adrar REAL 15min DATA.

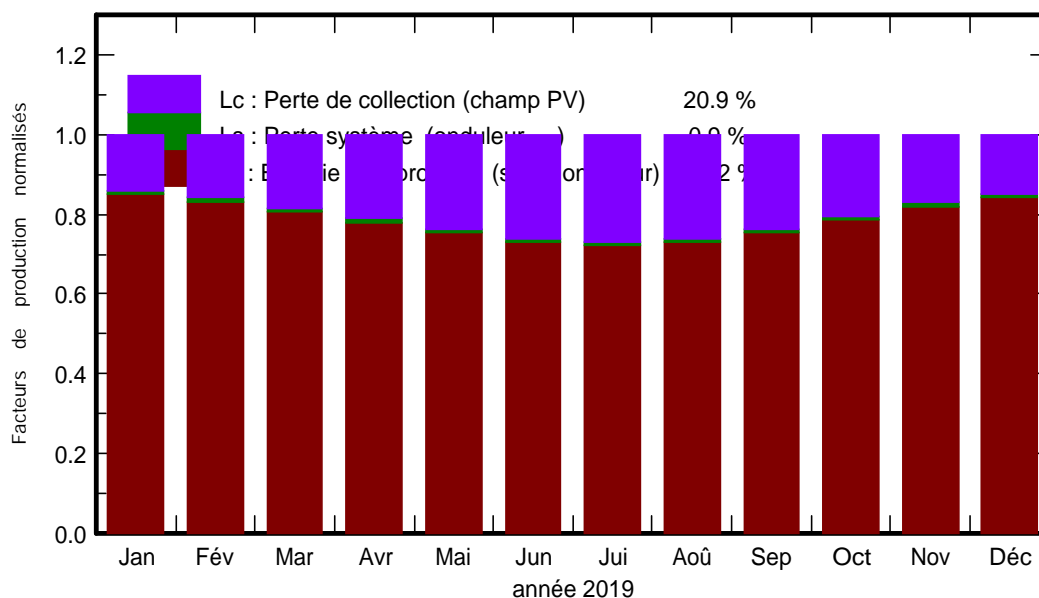
Variante de simulation : S1

Principaux paramètres système		Type de système	Pas de scène 3D, pas d'ombrages	
Orientation plan capteurs		inclinaison	27°	azimut 0°
Modules PV		Modèle	YL245P-29b	Pnom 245 Wc
Champ PV		Nombre de modules	81840	Pnom total 20051 kWc
Onduleur		Modèle	SG500MX	Pnom 500 kW ac
Batterie d'onduleurs		Nombre d'unités	40.0	Pnom total 20000 kW ac
Besoins de l'utilisateur		Charge illimitée (réseau)		

Energie incidente de référence dans le plan capteurs



Facteurs normalisés de production et de pertes: Puissance nominale 20051 kWc



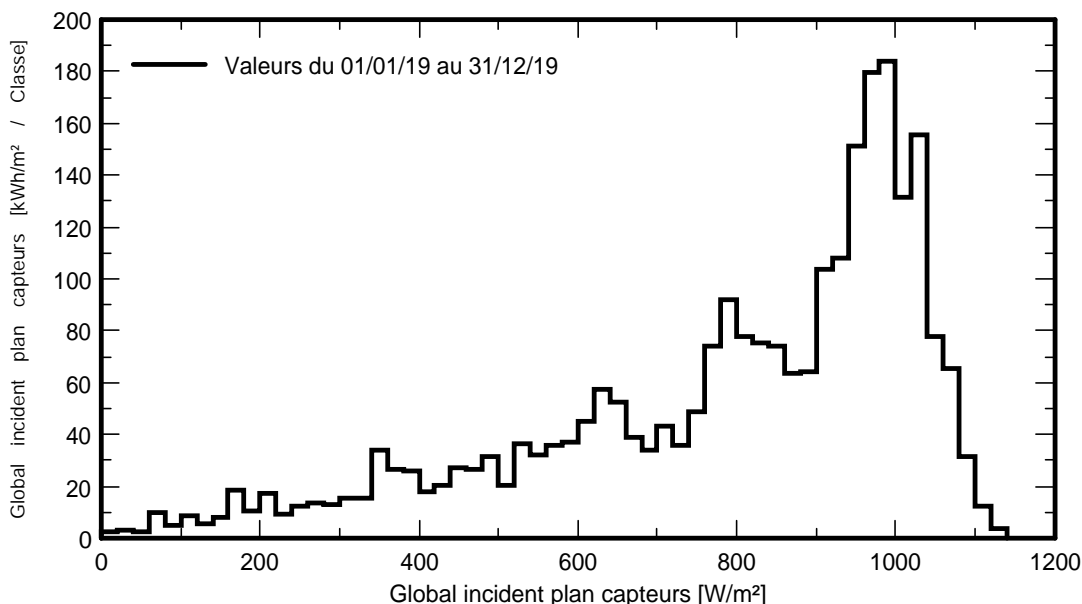
Système couplé au réseau: Graphiques prédéfinis

Projet : Project 20MWc Grid connected PV Power Plant Adrar REAL 15min DATA.

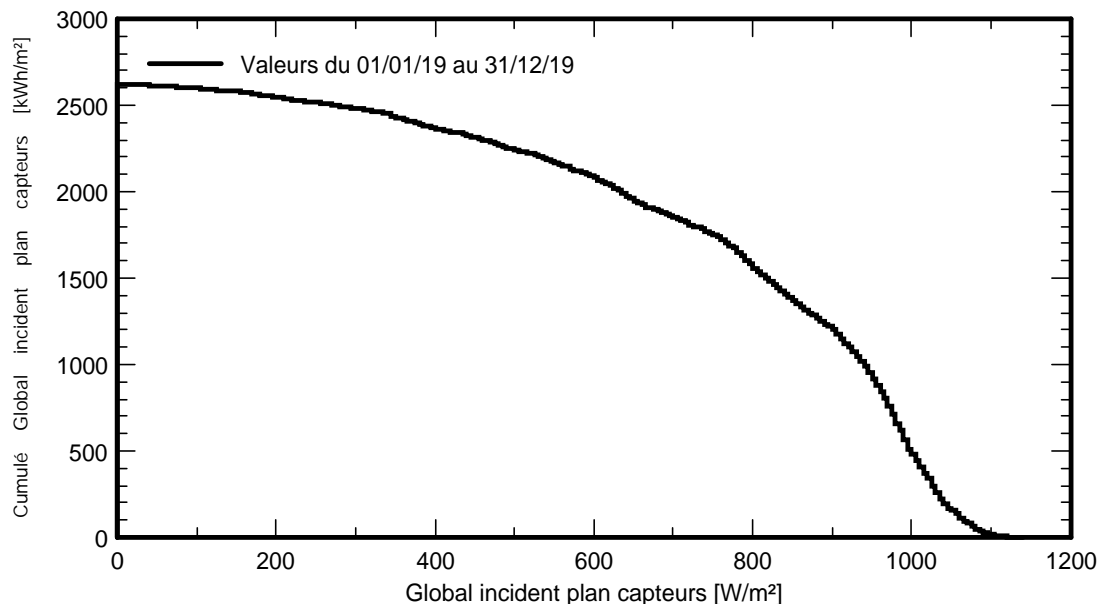
Variante de simulation : S1

Principaux paramètres système	Type de système	Pas de scène 3D, pas d'ombrages	
Orientation plan capteurs	inclinaison	27°	azimut 0°
Modules PV	Modèle	YL245P-29b	Pnom 245 Wc
Champ PV	Nombre de modules	81840	Pnom total 20051 kWc
Onduleur	Modèle	SG500MX	Pnom 500 kW ac
Batterie d'onduleurs	Nombre d'unités	40.0	Pnom total 20000 kW ac
Besoins de l'utilisateur	Charge illimitée (réseau)		

Incident Irradiation Distribution



Incident Irradiation Tail Distribution



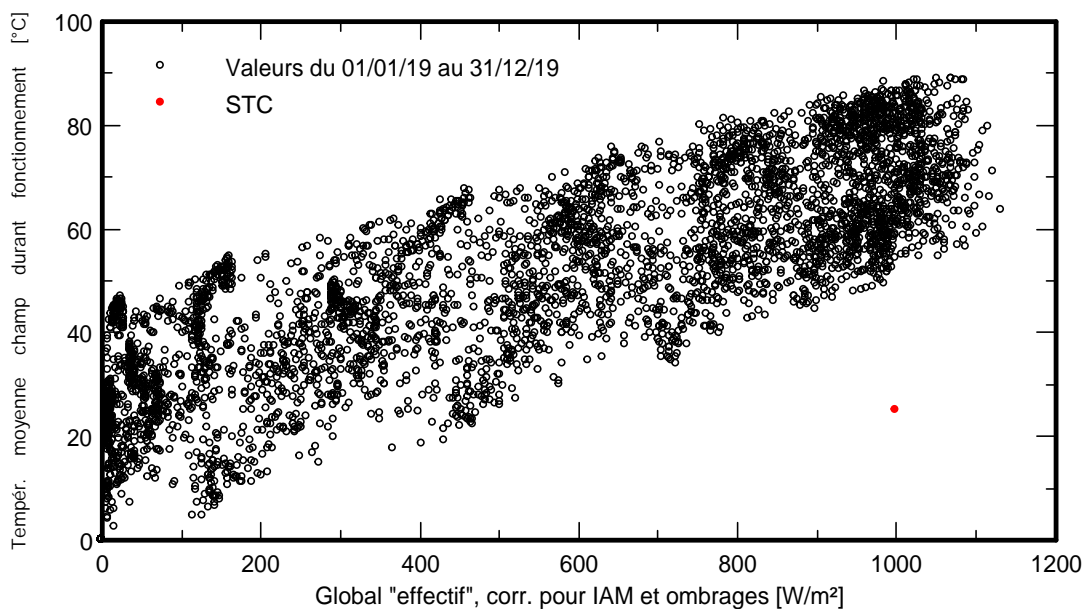
Système couplé au réseau: Graphiques prédéfinis

Projet : Project 20MWc Grid connected PV Power Plant Adrar REAL 15min DATA.

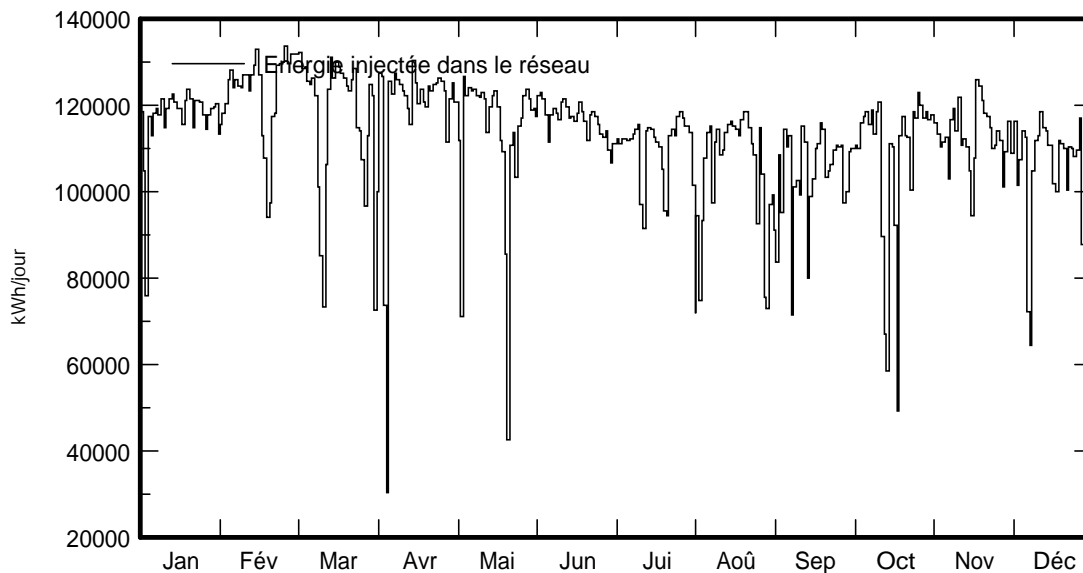
Variante de simulation : S1

Principaux paramètres système	Type de système	Pas de scène 3D, pas d'ombrages	
Orientation plan capteurs	inclinaison	27°	azimut 0°
Modules PV	Modèle	YL245P-29b	Pnom 245 Wc
Champ PV	Nombre de modules	81840	Pnom total 20051 kWc
Onduleur	Modèle	SG500MX	Pnom 500 kW ac
Batterie d'onduleurs	Nombre d'unités	40.0	Pnom total 20000 kW ac
Besoins de l'utilisateur	Charge illimitée (réseau)		

Array Temperature vs. Effective Irradiance



Daily System Output Energy



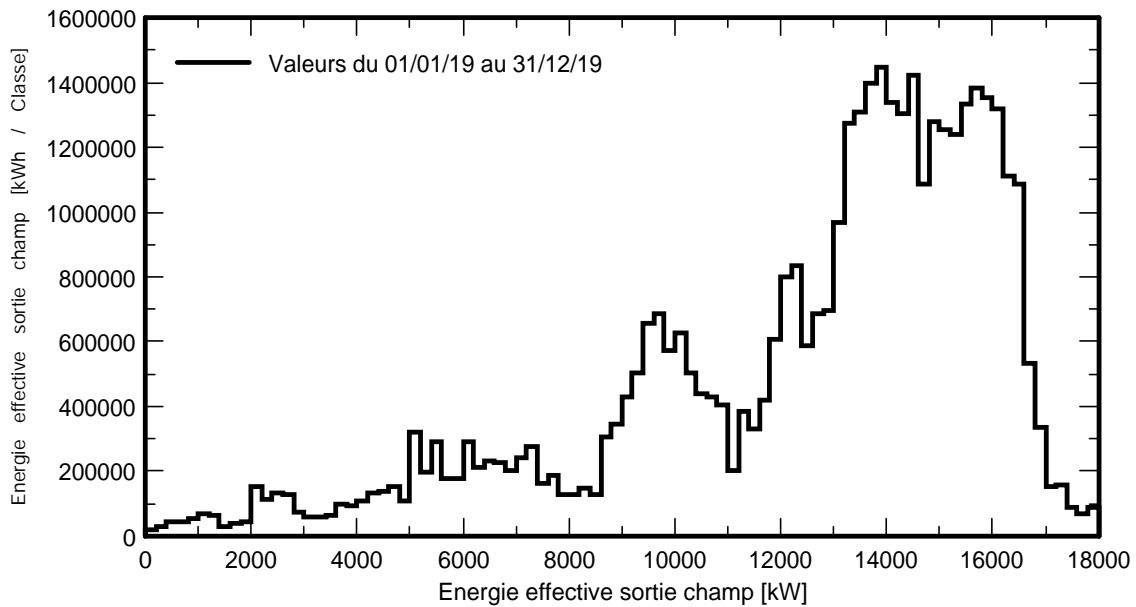
Système couplé au réseau: Graphiques prédéfinis

Projet : Project 20MWc Grid connected PV Power Plant Adrar REAL 15min DATA.

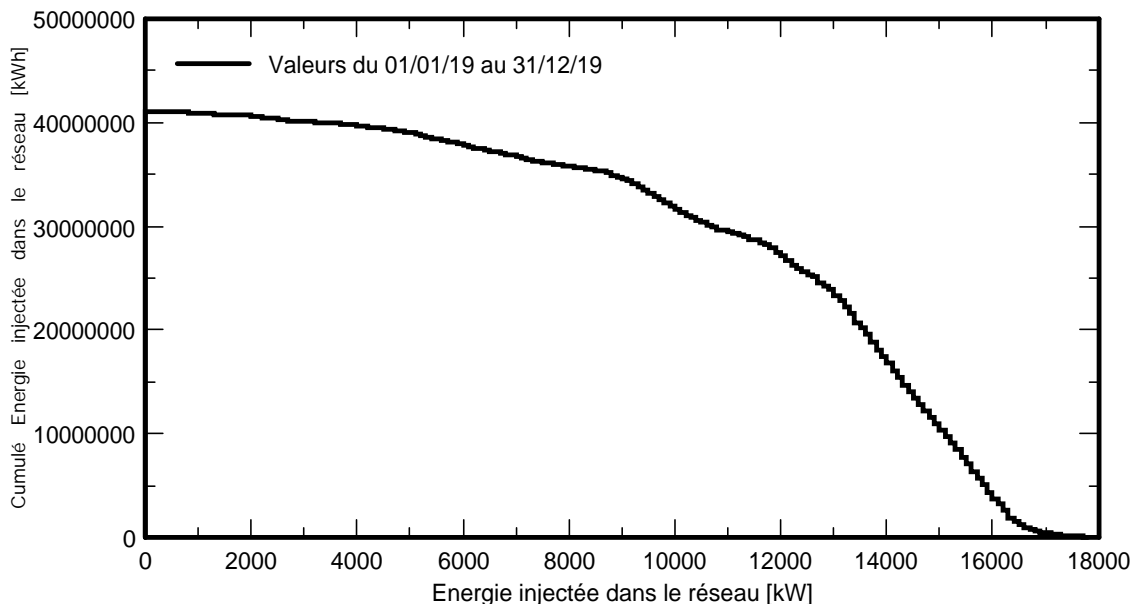
Variante de simulation : S1

Principaux paramètres système		Type de système	Pas de scène 3D, pas d'ombrages	
Orientation plan capteurs		inclinaison	27°	azimut 0°
Modules PV		Modèle	YL245P-29b	Pnom 245 Wc
Champ PV		Nombre de modules	81840	Pnom total 20051 kWc
Onduleur		Modèle	SG500MX	Pnom 500 kW ac
Batterie d'onduleurs		Nombre d'unités	40.0	Pnom total 20000 kW ac
Besoins de l'utilisateur		Charge illimitée (réseau)		

Array Power Distribution



System Output Power Tail Distribution



RAHMANI / KHERCHI / ELBEY

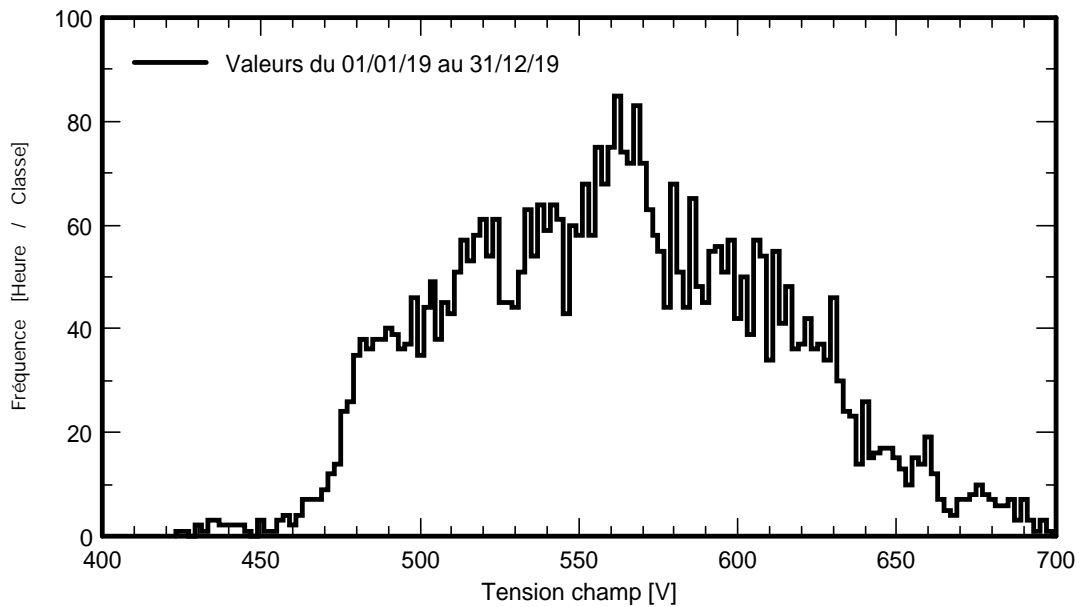
Système couplé au réseau: Graphiques prédéfinis

Projet : Project 20MWc Grid connected PV Power Plant Adrar REAL 15min DATA.

Variante de simulation : S1

Principaux paramètres système	Type de système	Pas de scène 3D, pas d'ombrages	
Orientation plan capteurs	inclinaison	27°	azimut 0°
Modules PV	Modèle	YL245P-29b	Pnom 245 Wc
Champ PV	Nombre de modules	81840	Pnom total 20051 kWc
Onduleur	Modèle	SG500MX	Pnom 500 kW ac
Batterie d'onduleurs	Nombre d'unités	40.0	Pnom total 20000 kW ac
Besoins de l'utilisateur	Charge illimitée (réseau)		

Array Voltage Distribution



Array Temperature Distribution during running

