

**PRÉAVIS AU CONSEIL COMMUNAL D'YVERDON-LES-BAINS***concernant**une demande de crédit d'investissement de CHF 250'000.- pour la réalisation d'une centrale solaire sur l'ensemble de la toiture du nouveau stade municipal*

Madame la Présidente,  
Mesdames les Conseillères, Messieurs les Conseillers,

Les travaux de rénovation et de réaménagement du stade municipal sont actuellement en cours de finition.

Les articles 28a et 28b de la loi vaudoise sur l'énergie, du 16 mai 2006 (LVLEne), entrés en vigueur le 1<sup>er</sup> juillet 2014, sont applicables aux constructions nouvelles, y compris les transformations lourdes d'un bâtiment existant. Ils imposent au propriétaire du bâtiment considéré de mettre en place une production d'énergie de source renouvelable couvrant au minimum 20% de ses besoins en électricité et 30% de ses besoins en eau chaude sanitaire (ECS), dans des conditions normales d'utilisation. Dans le cas du stade municipal, la production locale d'énergie exigée est ainsi de 70'000 kWh/an.

Afin de poursuivre le développement de production d'énergie renouvelable au niveau de la ville et d'atteindre l'objectif de 30% à l'horizon 2035 prévu par le label « Cité de l'énergie » (dont la Ville a été titularisée à nouveau en 2019), la Municipalité souhaite saisir l'opportunité d'exploiter l'entier de la toiture du stade pour produire de l'énergie photovoltaïque, renouvelable, plutôt que de se limiter au minimum légal. La production planifiée serait alors de 150'000kWh/an.

Dans le cadre du projet de rénovation du stade municipal, une centrale solaire photovoltaïque portant sur l'ensemble de la toiture a ainsi d'ores et déjà été soumise à l'enquête publique, afin que la Ville dispose de l'autorisation de construire nécessaire sitôt accordé le crédit qui fait l'objet du présent préavis. En cas de refus du Conseil communal, le projet sera réduit au minimum prévu par la loi.

**1. Caractéristiques de l'installation**

La centrale solaire photovoltaïque prévue comporte 440 modules de 330Wc chacun, permettant d'obtenir une puissance totale de 145kWc. La surface de la toiture serait ainsi entièrement exploitée, avec 742m<sup>2</sup> de surface photovoltaïque.

Les modules photovoltaïques seront orientés EST-OUEST, de façon à ce que la production d'énergie soit optimale et tende à maximiser la part d'autoconsommation.

Le projet prévoit la mise en place d'un ou deux onduleurs pour l'ensemble de l'installation. Il est également prévu d'effectuer un relevé de la production en temps réel, qui sera accessible à tous directement sur la page internet <https://www.yverdon-energies.ch/>.

## **Energie produite**

Selon les calculs de dimensionnement, la production d'énergie annuelle est estimée à 150'000kWh/an et l'évaluation des besoins électriques de l'ensemble du bâtiment s'élève à 150'000kWh/an. L'énergie produite par la centrale sera en partie autoconsommée dans le bâtiment et le surplus injecté dans le réseau de distribution de la Ville. Le pourcentage de l'énergie autoconsommée est planifié à environ 35% de la production totale, à savoir 52'000 kWh/an.

## **2. Communauté d'autoconsommation**

Une communauté d'autoconsommation (CA) est un regroupement des différents propriétaires ou locataires d'un même bâtiment - ou ensemble de bâtiments - en une communauté leur permettant de consommer directement l'énergie produite en toiture, à un tarif inférieur à celui du réseau.

Le tarif est basé sur le système actuellement en place pour l'ensemble des bâtiments communaux, à savoir le prix de l'énergie au tarif basse tension (BT) simple avec un ajout équivalent à l'option eSun. Sur la base des tarifs 2021 en vigueur, le coût du kWh autoconsommé est de 17.83cts/kWh. Ce tarif reste fixe sur l'entier de la durée de vie de l'installation.

Le surplus de la production d'énergie solaire photovoltaïque sera refoulé sur le réseau et racheté par la Ville au tarif standard.

## **3. Aspects financiers**

### **3.1. Evaluation des coûts**

Une somme de CHF 15'000.- avait été prévue à l'origine pour l'installation d'une centrale photovoltaïque produisant 12'000 kWh/an et permettant de respecter les exigences légales minimales rappelées ci-dessus, pour le 20% des besoins en électricité uniquement. En effet, il était initialement prévu de couvrir le 30% des besoins en eau chaude sanitaire par le chauffage à distance CAD-STEP ; ainsi, les coûts relatifs à la production des 58'000 kWh/an nécessaire à satisfaire cette exigence n'avaient pas été intégrés dans la demande de crédit d'investissement de CHF 8'050'000.- pour la rénovation et l'agrandissement du stade municipal (PR 19.03bis du 18 avril 2019, accepté par le Conseil communal le 6 juin 2019). L'Etat de Vaud a toutefois indiqué ultérieurement que ce type de chauffage à distance, de type basse enthalpie, ne peut être considéré comme une source d'énergie renouvelable au sens des articles 28a et 28b LVLene. La part de production obligatoire d'énergie renouvelable a par conséquent passé de 12'000 à 70'000 kWh/an.

La somme de CHF 15'000.- prévue dans le crédit d'investissement de CHF 8'050'000.- pour la rénovation et l'agrandissement du stade municipal, sera utilisée pour financer en partie l'installation.

Le reste de l'installation sera financé par le crédit de construction qui fait l'objet du présent préavis. La ligne 8034 du plan des investissements 2020-2029 mentionne à cet effet un montant d'un million de francs, réparti sur les années 2020-2023, pour des investissements concernant la production d'énergie photovoltaïque.

La Municipalité demande dès lors un crédit d'investissement d'un montant de CHF 250'000.-selon détail ci-dessous :

Budget d'investissement pour une centrale PV sur le Stade Municipal							Charges annuelles	
Objets	Nb de modules	Puissance installée	Production planifiée	Coûts Réalisation	Honoraires EG / Planification	Montants	Entretien (2%) [CHF-HT]	Totaux arrondis [CHF-HT]
	[pcs]	[kWc]	[kWh/an]	[CHF-HT]	[CHF-HT]	[CHF-HT]		
<b>Stade municipal installation semi-obligatoire</b>	440	145	152'300	174'000	5'300	179'300		
Armoire de comptage + raccordement AC				6'000		6'000		
Barrières de sécurité sur le pourtour de la toiture						14'468		
Déplacement et pose de gravier				19'644		19'644		
Ligne de vie permanente				14'210		14'210		
Modification des paratonnerres				9'083		9'083		
Système de coupure d'urgence pour pompiers				1'800		1'800		
Infrastructures de supervision et intégration dans supervision générale				2'400		2'400		
Divers et imprévus (5%)						12'345		
Intérêts intercalaires						500		
<b>Participation Service des bâtiments</b>						-15'000		
<b>Investissement</b>	440	145	152'300	241'605	5'300	244'750		
<b>Montant arrondi</b>						250'000		
<b>Frais d'entretien</b>							4'895	5'000
<b>Frais d'entretien spécifique [CHF/kWh]</b>								<b>0.033</b>

### 3.2. Amortissement

Le montant d'investissement de CHF 250'000.- sera amorti sur 20 ans. Les revenus engendrés par la centrale et les subventions (CHF 55'000.- selon nos estimations) permettront de couvrir cette charge.

### 3.3. Charges annuelles

Le tableau des charges annuelles se présente comme suit :

Centrale solaire participatif - stade municipal	
Coût total	CHF 250'000.-
Amortissement	sur 20 ans (bénéfices engendrés par la revente d'électricité + subventions)
Charges d'exploitation	CHF 12'500.- (amortissement annuel)
	CHF 1'750.- (frais d'intérêt du capital investi)
	CHF 5'000.- (frais d'entretien 2%)
	Total CHF 19'250.-

## 4. Calendrier

Etant donné que la réalisation des travaux de rénovation sera terminée, l'ensemble du projet de la centrale solaire photovoltaïque devrait être réalisé selon la projection suivante :

Juin 2021 :	Octroi du crédit par le Conseil communal
Juin 2021 :	Appel d'offre public
Août 2021 :	Adjudication au soumissionnaire
Septembre 2021 :	Démarrage des travaux d'installation
Septembre 2021 :	Fin des travaux et mise en service
Octobre 2021 :	Inauguration de l'installation solaire photovoltaïque.

Vu ce qui précède, nous avons l'honneur de vous proposer, Madame la Présidente, Mesdames les Conseillères, Messieurs les Conseillers, de prendre la décision suivante :

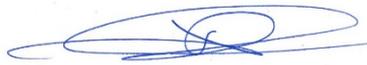
LE CONSEIL COMMUNAL D'YVERDON-LES-BAINS  
sur proposition de la Municipalité,  
entendu le rapport de sa Commission, et  
considérant que cet objet a été régulièrement porté à l'ordre du jour,

décide :

- Article 1 : La Municipalité est autorisée à réaliser une centrale solaire photovoltaïque sur l'ensemble de la toiture du stade municipal.
- Article 2 : Un crédit d'investissement de CHF 250'000.- lui est accordé à cet effet.
- Article 3 : La dépense sera financée par la trésorerie générale, imputée au compte n° 8040720021 « Centrale solaire sur le stade municipal » et amortie sur une durée de 20 ans.

AU NOM DE LA MUNICIPALITE

Le Syndic



J.-D. Carrard



Le Secrétaire



F. Zürcher

Annexe : Rapport du 2 mars 2021 « PV-Syst-Rapport de simulation de l'installation solaire sur le toit du stade municipal »

Délégué de la Municipalité : Monsieur Pierre Dessemontet, municipal du dicastère des énergies

# PVsyst - Rapport de simulation

## Système couplé au réseau

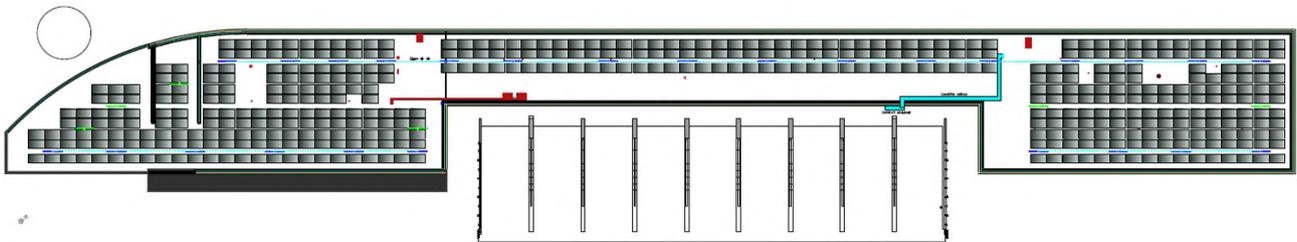
Projet: PV\_STADE

Variante: EST-OUEST Onduleur 100[kW]

Tables sur un bâtiment

Puissance système : 145 kWc

Payerne - Suisse



**Gislain Grosjean**

Ville d'Yverdon-les-Bains - Service des Energies (Switzerland)





# Projet: PV\_STADE

Variante: EST-OUEST Onduleur 100[kW]

## PVsyst V7.1.5

VC3, Simulé le :  
02/03/21 16:02  
avec v7.1.5

Ville d'Yverdon-les-Bains - Service des Energies (Switzerland)

### Résumé du projet

Site géographique	Situation	Paramètres du projet
<b>Payerne</b>	Latitude 46.78 °N	Albédo 0.20
Suisse	Longitude 6.65 °E	
	Altitude 490 m	
	Fus. horaire UTC+1	
<b>Données météo</b>		
Payerne		
MeteoNorm 7.2 station - Synthétique		

### Résumé du système

Système couplé au réseau	Tables sur un bâtiment	Besoins de l'utilisateur
<b>Orientation plan capteurs</b>	<b>Ombrages proches</b>	Charge illimitée (réseau)
Plans fixes 2 orientations	Ombrages linéaires	
Inclin./azimuts 10 / -62 °		
10 / 118 °		
<b>Information système</b>		
<b>Champ PV</b>	<b>Onduleurs</b>	
Nombre de modules 440 unités	Nombre d'unités 1 Unité	
Pnom total 145 kWc	Pnom total 100 kWac	
	Rapport Pnom 1.452	

### Résumé des résultats

Energie produite 150.2 MWh/an	Productible 1035 kWh/kWc/an	Indice perf. PR 84.08 %
-------------------------------	-----------------------------	-------------------------

### Table des matières

Résumé du projet et des résultats	2
Paramètres généraux, Caractéristiques du champ de capteurs, Pertes système	3
Définition des ombrages proches - Diagramme d'iso-ombages	4
Résultats principaux	5
Diagramme des pertes	6
Graphiques spéciaux	7



# Projet: PV\_STADE

Variante: EST-OUEST Onduleur 100[kW]

## PVsyst V7.1.5

VC3, Simulé le :  
02/03/21 16:02  
avec v7.1.5

Ville d'Yverdon-les-Bains - Service des Energies (Switzerland)

### Paramètres généraux

Système couplé au réseau		Tables sur un bâtiment		Modèles utilisés	
<b>Orientation plan capteurs</b>		<b>Configuration des sheds</b>		Transposition	
<b>Orientation</b>		Nbre de sheds		Perez	
Plans fixes	2 orientations	446 unités		Diffus	
Inclin./azimuts	10 / -62 °	Moy. de différents champs		Perez, Meteonorm	
	10 / 118 °	<b>Dimensions</b>		Circumsolaire	
		Esp. entre sheds		séparément	
		Largeur collecteurs			
		Taux d'utilisation sol (GCR)			
		41.0 %			
		<b>Angle limite d'ombrage</b>			
		Angle de profil limite			
		6.8 °			
<b>Horizon</b>		<b>Ombrages proches</b>		<b>Besoins de l'utilisateur</b>	
Pas d'horizon		Ombrages linéaires		Charge illimitée (réseau)	

### Caractéristiques du champ de capteurs

Module PV		Onduleur	
Fabricant	Solarwatt	Fabricant	ABB
Modèle	Eco 120M, 330 Wp	Modèle	PVS-100-TL
(Base de données PVsyst originale)		(Base de données PVsyst originale)	
Puissance unitaire	330 Wc	Puissance unitaire	100 kWac
Nombre de modules PV	440 unités	Nombre d'onduleurs	6 * MPPT 17% 1 unités
Nominale (STC)	145 kWc	Puissance totale	100 kWac
Modules	22 Chaînes x 20 En série	Tension de fonctionnement	360-1000 V
<b>Aux cond. de fonct. (50°C)</b>		Rapport Pnom (DC:AC)	1.45
Pmpp	131 kWc		
U mpp	614 V		
I mpp	214 A		
<b>Puissance PV totale</b>		<b>Puissance totale onduleur</b>	
Nominale (STC)	145 kWc	Puissance totale	100 kWac
Total	440 modules	Nbre d'onduleurs	1 Unité
Surface modules	742 m²	Rapport Pnom	1.45

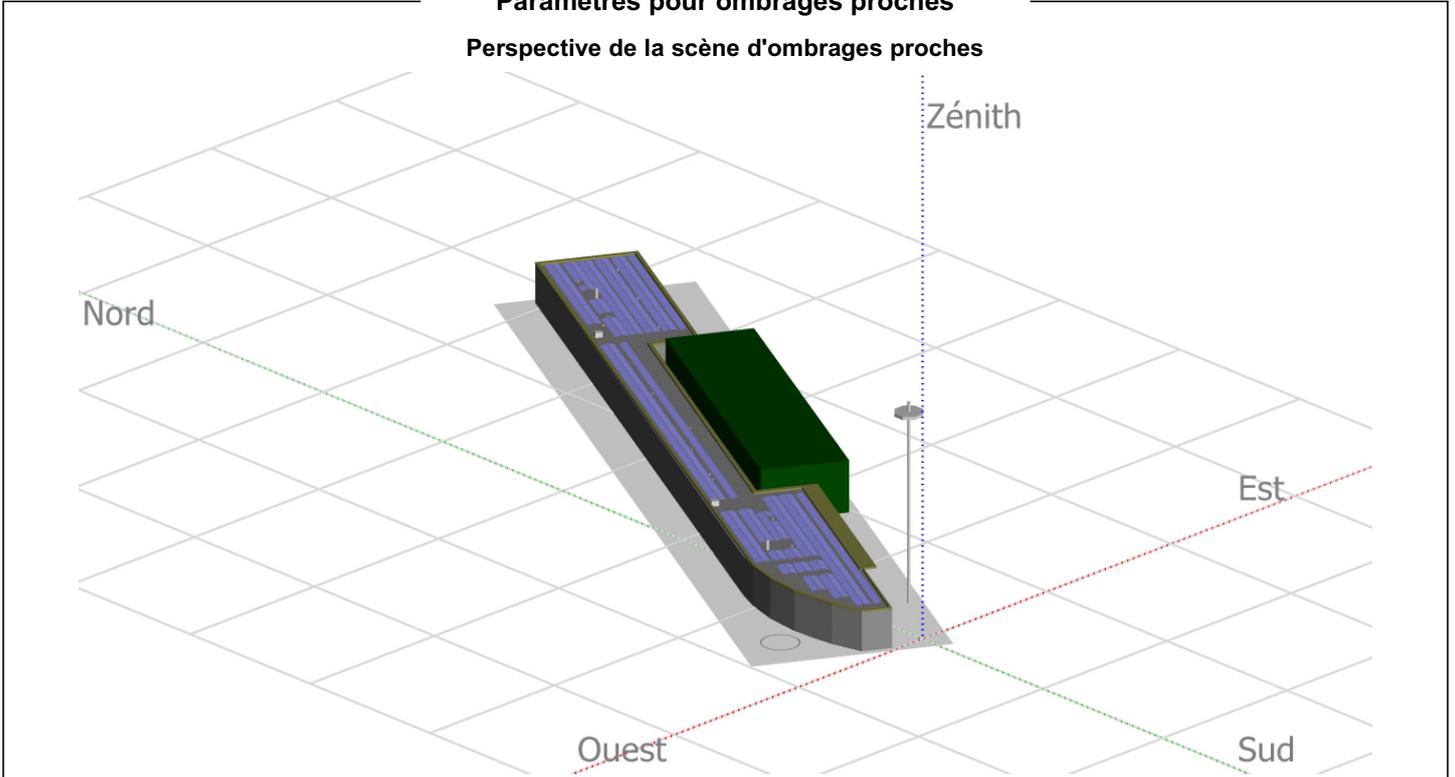
### Pertes champ

Fact. de pertes thermiques		Pertes câblage DC		LID - "light induced degradation"				
Température modules selon l'irradiance		Rés. globale champ	48 mΩ	Frac. pertes	1.5 %			
Uc (const)	20.0 W/m²K	Frac. pertes	1.5 % aux STC					
Uv (vent)	0.0 W/m²K/m/s							
<b>Perte de qualité module</b>		<b>Pertes de mismatch modules</b>		<b>Perte de "mismatch" strings</b>				
Frac. pertes	-0.5 %	Frac. pertes	2.0 % au MPP	Frac. pertes	0.1 %			
<b>Facteur de perte IAM</b>								
Effet d'incidence (IAM): Fresnel, anti-reflets, n(verre)=1.526, n(AR)=1.290								
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000

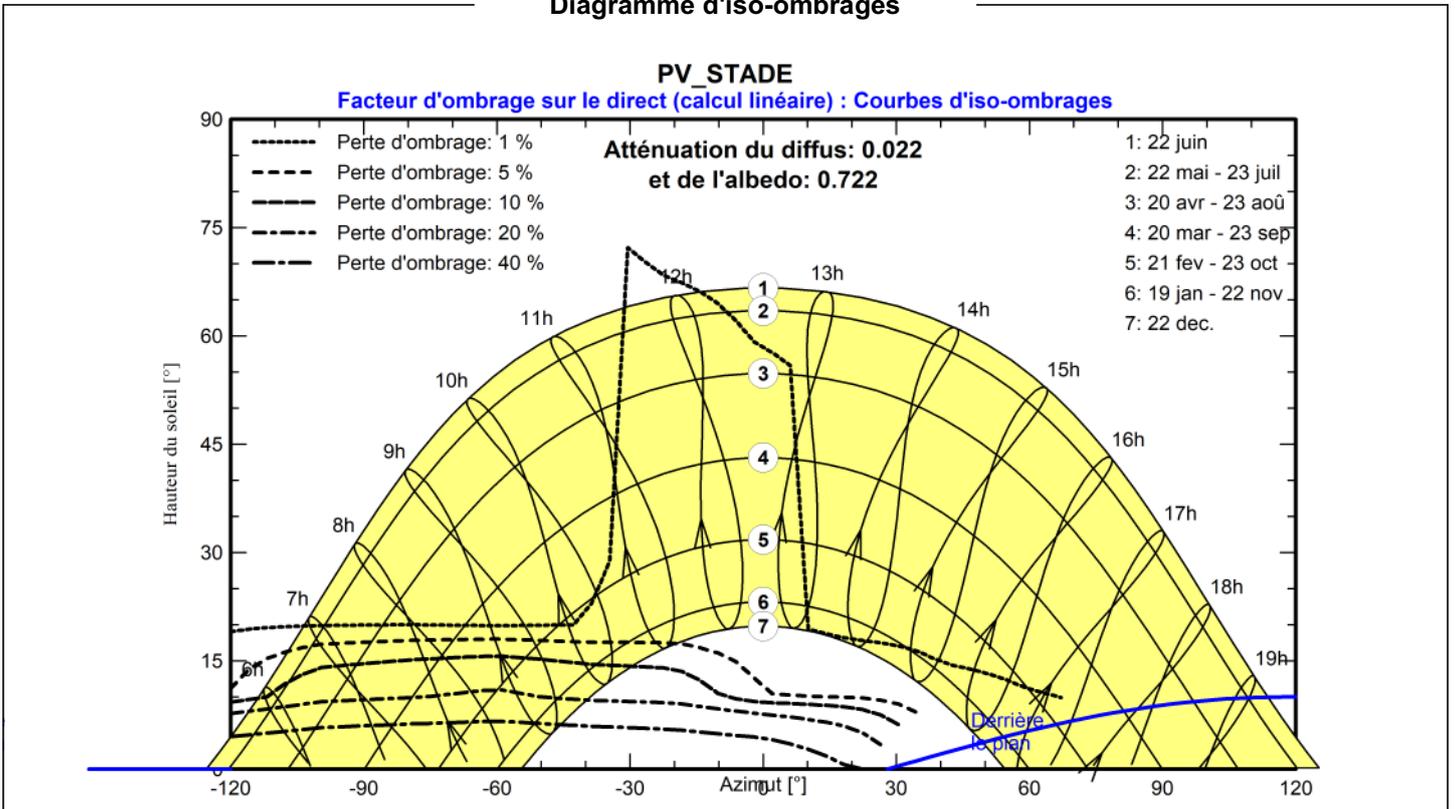


### Paramètres pour ombrages proches

#### Perspective de la scène d'ombrages proches



### Diagramme d'iso-ombrages





# Projet: PV\_STADE

Variante: EST-OUEST Onduleur 100[kW]

PVsyst V7.1.5

VC3, Simulé le :  
02/03/21 16:02  
avec v7.1.5

Ville d'Yverdon-les-Bains - Service des Energies (Switzerland)

## Résultats principaux

### Production du système

Energie produite 150.2 MWh/an

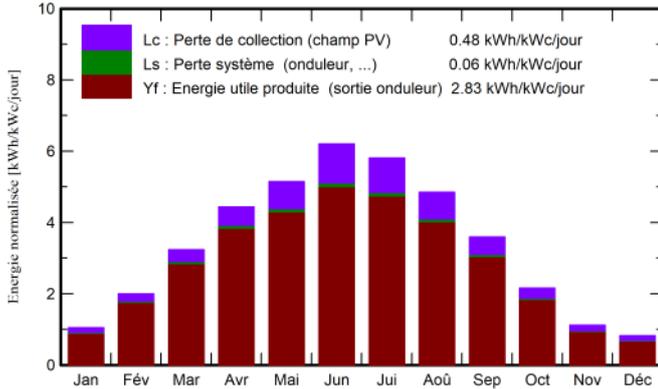
Productible

1035 kWh/kWc/an

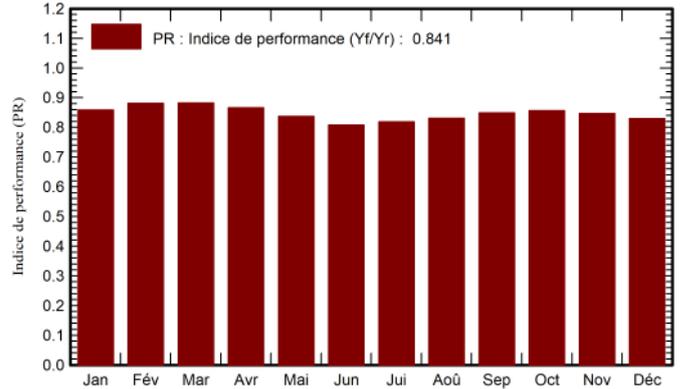
Indice de performance (PR)

84.08 %

### Productions normalisées (par kWp installé)



### Indice de performance (PR)



## Bilans et résultats principaux

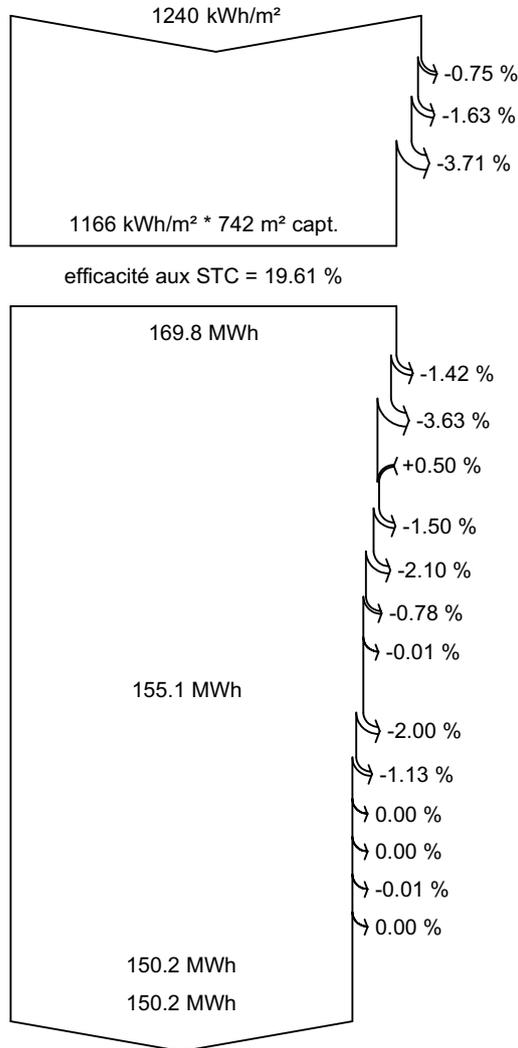
	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	DiffHor kWh/m <sup>2</sup>	T_Amb °C	GlobInc kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	EArray MWh	E_Grid MWh	PR ratio
Janvier	32.8	20.40	0.80	32.4	29.1	4.14	4.04	0.858
Février	56.2	28.00	2.10	55.9	51.3	7.30	7.15	0.881
Mars	101.0	53.00	5.70	100.2	94.2	13.09	12.84	0.883
Avril	133.9	58.60	9.30	133.1	126.8	17.08	16.74	0.866
Mai	160.8	75.90	14.30	159.5	152.8	19.78	19.38	0.837
Juin	187.5	72.20	17.80	186.1	179.0	22.29	21.84	0.808
Juillet	181.0	75.60	19.30	180.0	172.5	21.81	21.38	0.818
Août	151.5	70.20	18.40	150.3	143.6	18.49	18.13	0.831
Septembre	108.7	46.10	13.90	107.8	102.1	13.55	13.28	0.849
Octobre	67.3	35.60	10.10	66.8	62.0	8.48	8.31	0.857
Novembre	33.7	20.50	4.50	33.5	30.0	4.21	4.12	0.846
Décembre	25.6	14.40	1.50	25.4	22.2	3.14	3.05	0.829
Année	1240.0	570.49	9.85	1230.7	1165.8	153.35	150.25	0.841

### Légendes

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



**Diagramme des pertes**



**Irradiation globale horizontale**

**Global incident plan capteurs**

Ombrages proches: perte d'irradiance

Facteur d'IAM sur global

**Irradiation effective sur capteurs**

Conversion PV

**Energie champ nominale (selon effc. 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

Perte de Mismatch pour orientations différentes

**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

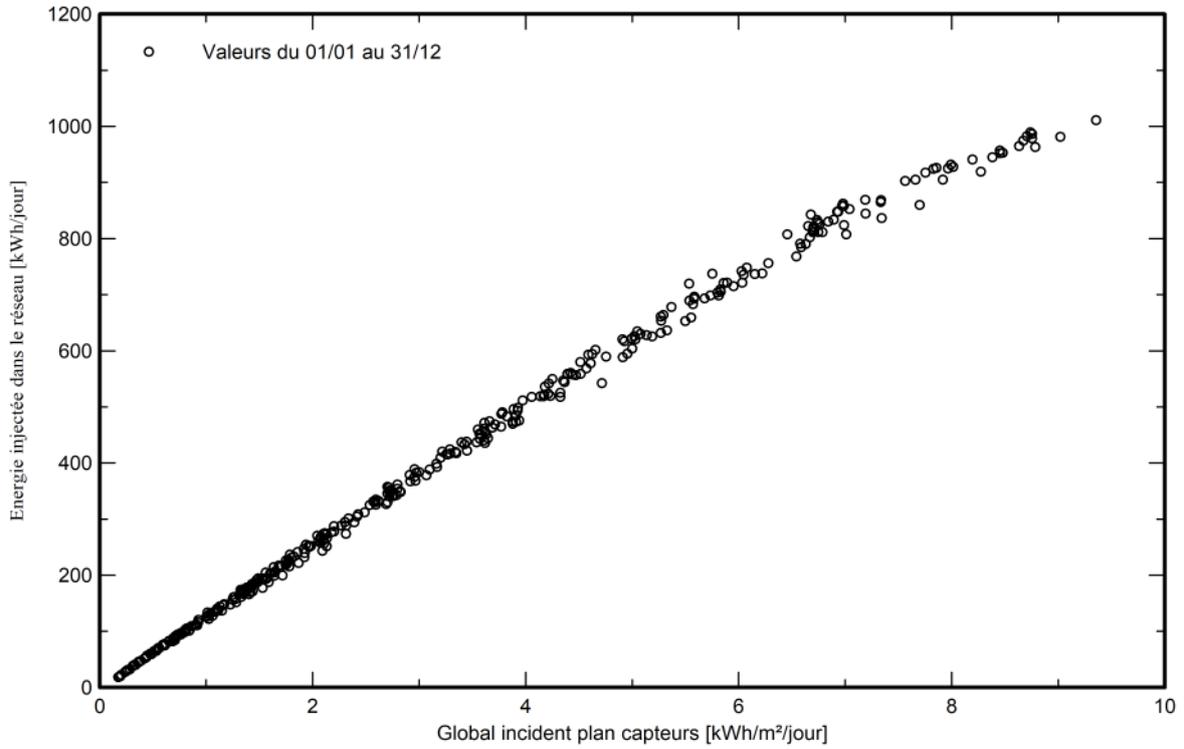
**Energie à la sortie onduleur**

**Energie injectée dans le réseau**



Graphiques spéciaux

Diagramme d'entrée/sortie journalier



Distribution de la puissance de sortie système

