

Site n° 7 - Parking du Centre Commercial Leclerc

Adresse : Rue d'Erstein
Commune : Schiltigheim
Energie retenue : Ombrières photovoltaïques

Synthèse

Récapitulatif du projet

Surface disponible	17 577 m ²
Puissance installée	1 630 MWc
Production annuelle	1598 MWh
Investissement*	2 240 000 €TTC
TRB	21 ans

Points forts

Points faibles

Pas de contraintes urbanistiques, environnementale	Projet d'aménagement en cours
Bonne orientation	
Absence d'arbre	
Possibilité d'envisager un scénario en autoconsommation (présence supermarché)	

*Calculé avec des panneaux produits en France

Contexte réglementaire

Le tableau ci-après reprend les différentes procédures concernant la valorisation de l'énergie produite. Il existe également la solution de l'autoconsommation (le kWh produit est substitué au kWh consommé), le surplus d'énergie produit doit être géré au cas par cas.

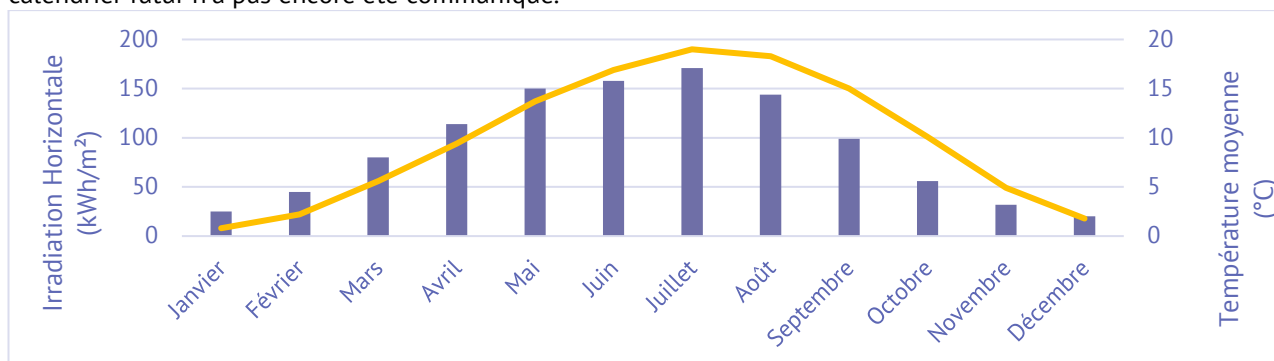
La procédure en fond vert est préconisée pour le site étudié.

	Guichet ouvert	Procédures de mise en concurrence			
		Appel d'Offres Bâtiment	Appel d'Offres Bâtiment	Appel d'Offres Autoconsommation	Appel d'Offres Parcs au sol ou ombrière
Seuils de puissance	< 100 kW	de 100 à 500 kWc	de 500 kWc à 8 MWc	de 100 kWc à 1 MWc	de 500 kWc à 30 MWc
Dispositif contractuel de la rémunération	Contrat d'achat avec tarif d'achat fixé par l'Etat	Contrat d'achat avec prix d'achat proposé par le candidat	Contrat de complément de rémunération avec prix de complément proposé par le candidat	Contrat de complément de rémunération avec prix de complément proposé par le candidat	Contrat de complément de rémunération avec prix de complément proposé par le candidat
Modalités	Selon arrêté tarifaire	Selon cahier des charges		Selon cahier des charges	Selon cahier des charges

Source : photovoltaïque.info



La valorisation de la production énergétique se fera en répondant à un Appel d'Offre lancé par la Commission de Régulation de l'énergie. La dernière période s'achève le 3 juin 2019. Lors de la réalisation de l'étude, le calendrier futur n'a pas encore été communiqué.



Caractérisation climatique du site (Source Météonorm)

Le graphique représente l'irradiation horizontale en kWh/m² à Strasbourg. C'est-à-dire que c'est l'énergie issue du soleil que reçoit une surface de 1m² disposée horizontalement à Strasbourg. En annexe est proposé le graphique de productible à échelle nationale. Il montre clairement que le Grand Est n'est pas la région la plus favorisée en termes d'ensoleillement.

Rappel des Données de la phase 2

Nom du site	Adresse	Territoire
parking du magasin E.LECLERC	rue d'Erstein SCHILTIGHEIM	Eurométropole de Strasbourg

Superficie (m ²)	Source d'identification	Type (bâti : non bâti / parking / autre)
17577	Parkings	parking

Atouts	Propriété
	non renseigné

Contraintes Milieu Naturel			
ZNIEFF 1	-	Reserve biologique naturelle	-
ZNIEFF 2	-	Réserve naturelle	-
Natura 2000	-	Terrier Hamster d'Alsace à proximité	-
Zones humides	-		

Contraintes Urbanistiques et patrimoniales			
Monument historique	-	Zonage PLU	Uxd2
PPRi	-	Servitude aéronautique	-

Historique des décisions			




Situation du site

Source : Géoportail



La zone d'implantation proposée est en fond orangé.

 Emprise proposée



Calepinage

Le calepinage est la réalisation d'un dessin visant à déterminer la forme et l'emplacement d'éléments de construction, dans ce cas, des panneaux photovoltaïques.



Les hypothèses retenues pour le calepinage sont avec une inclinaison à 30°, azimut -8 :

- 4 allées de 850 panneaux
- 2 allées de 1020 panneaux



Soit un total de 5440 panneaux installés et raccordés, pour une puissance de 1630 kWc.

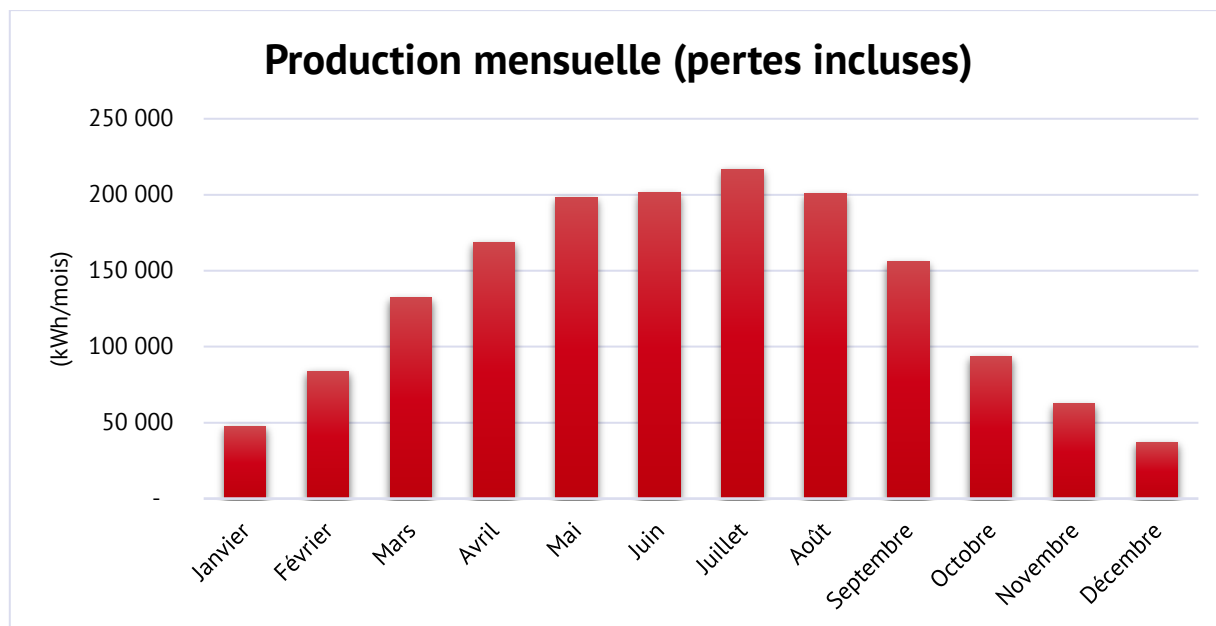
Pour effectuer la simulation de productible, un panneau standard de 300 Wc en Silicium polycristallin est proposé.

A noter qu'il existe des panneaux photovoltaïques fabriqués en Alsace. Dans cette étude, il est pris parti que ce serait un fournisseur pour les différents projets. Cela impacte notamment le chiffrage des éléments.

L'azimut est défini comme l'angle mesuré dans le sens des aiguilles d'une montre entre le point cardinal Sud et la projection sur le plan horizontal local de la droite reliant la terre au soleil. L'angle est mesuré dans le sens des aiguilles d'une montre dans l'hémisphère nord. Usuellement, le Sud est à 0°, l'Est à 90° et l'Ouest à -90°.



Etude technique



Production mensuelle (Source PV Syst)

Le productible a été calculé à l'aide du logiciel PV Syst . Il prend en compte plusieurs paramètres tels qu'ombrage proche et lointain, azimut, perte de l'installation...

	Irradiation mensuelle horizontale (kWh/m ²)	Température moyenne (°C)	Production mensuelle (kWh)
Janvier	25	0,8	47 650
Février	45	2,2	83 817
Mars	80	5,6	132 273
Avril	114	9,4	168 593
Mai	150	13,7	198 485
Juin	158	16,9	201 362
Juillet	171	19,0	216 925
Août	144	18,3	200 754
Septembre	99	15,0	155 854
Octobre	56	10,1	93 753
Novembre	32	4,9	62 522
Décembre	20	1,8	36 903
Total	1 094	9,9	1 598 892



Analyse Financière

PREPARATION DE CHANTIER	18 500,00 €
SOLAIRE PHOTOVOLTAIQUE	1 129 060,00 €
STRUCTURE DES OMBRIERES	673 200,00 €
TRAVAUX DIVERS	45 000,00 €
TOTAL - €HT	1 865 760,00 €
TVA - 20%	373 152,00 €
TOTAL - €TTC	2 238 912,00 €

Le coût d'achat de l'électricité a été fixé à 8,6 c€/kWh, moyenne du tarif proposé pour la 4ème période des AO CRE. En prenant en compte les frais d'exploitation, de maintenance, les diverses taxes ainsi que l'augmentation du coût de l'électricité, l'analyse financière donne :

T.R.A. =	31,2 ans
T.R.B. =	21,4 ans

V.A.N. 20ans=	-431 415 €	V.A.N. 30ans=	-51 077 €
T.R.I. 20ans =	0,30%	T.R.I. 30ans =	2,78%


LCOE 20ans=	131,4 €/MWh
LCOE 30ans =	136,4 €/MWh

Il est important de souligner qu'il s'agit d'une étude d'opportunité. Lors d'une étude de faisabilité, le développeur ou le bureau d'étude peuvent améliorer certains paramètres (notamment le ratio de production kWh/kWc/an), permettant ainsi d'améliorer la viabilité économique.



Annexe

Estimation des coûts

ART.		DESIGNATION des OUVRAGES	U	QTE	P.U. HT	TOTAL € HT
		 <p>Coût d'investissement Parking Leclerc Schiltigheim</p>				
I	PREPARATION DE CHANTIER					
	Gestion de chantier (Protections, nettoyage, gestion des déchets compris évacuation, installations diverses, zone de stockage, base vie 4 mois ...)		Ens	1	10 000 €	10 000,00 €
	Etudes d'exécution		Ens	1	7 000 €	7 000,00 €
	Dossier des Ouvrages Exécutés		Ens	1	1 500 €	1 500,00 €
II	SOLAIRE PHOTOVOLTAIQUE					
	Modules photovoltaïques (5440 x 300Wc)		Wc	1632000	0,50	816 000,00 €
	Système d'intégration		Wc	1632000	0,08	130 560,00 €
	Onduleur photovoltaïque		VA	1000000	0,14	140 000,00 €
	Structure "Support Onduleur"		Ens	4	2 000 €	8 000,00 €
	Coffret DC		Ens	4	1 000 €	4 000,00 €
	Câblage DC		mL	3000	4 €	12 000,00 €
	Chemin de câble		mL	300	30 €	9 000,00 €
	Coffret AC		Ens	1	1 000 €	1 000,00 €
	Protection contre le surintensités		Inclus dans Objet "Coffret AC" et "Coffret DC"			
	Câblage AC		Ens	200	35 €	7 000,00 €
	Mise à la Terre au bâtiment		Ens	1	1 500 €	1 500,00 €
III	STRUCTURE DES OMBRIERES					
	Ossature métallique avec moilage bois		Wc	1632000	0,4 €	571 200,00 €
	Eaux pluviales		Ens	1	10 000 €	10 000,00 €
	Fondations (plots bétons)		Ens	1	80 000 €	80 000,00 €
	Forages avant travaux		Ens	1	2 000 €	2 000,00 €
	Eclairage		U	1	10 000 €	10 000,00 €
IV	TRAVAUX DIVERS					
	Borne de recharge électrique		U	1	10 000 €	10 000,00 €
	Panneau didactique		U	1	3 500 €	3 500,00 €
	Gabarit en entrée de parking		U	1	3 500 €	3 500,00 €
	Tranchées		mL	150	100 €	15 000,00 €
	Regards		U	10	1 000 €	10 000,00 €
	Démarches administratives		Ens	1	3 000 €	3 000,00 €

Eléments techniques

Ordre de grandeur

Puissance et énergie

La **puissance** (mesurée en Kilowatt, kW) est une notion instantanée : c'est ce qu'une centrale peut apporter rapidement au réseau à un instant donné. **L'énergie** (mesurée en kilowattheures, kWh) se rapporte elle à la durée de production d'une centrale.

Ordres de grandeur

Pour un appartement ou une maison d'environ 120 m², mal isolé, habité par 4 personnes, on estime une consommation moyenne annuelle « de chaleur » d'environ **14 MWh**, contre **3,5 MWh** pour son équivalent bien isolé.

Pour un ménage de 4 personnes, la consommation électrique annuelle est environ de **2,5 MWh** hors chauffage. Elle se décompose par exemple en consommation par exemple : un sèche-linge : 900 kWh, un congélateur : 350 kWh, un lave-linge 1 150 kWh, l'éclairage : 100 kWh, un ensemble téléphone-télévision-ordinateur : 150 kWh...

L'énergie photovoltaïque

L'énergie solaire photovoltaïque transforme le rayonnement solaire en électricité grâce à des cellules photovoltaïques assemblées dans des panneaux, eux-mêmes installés sur des bâtiments ou posés sur des structures ancrées au sol.

L'électricité produite peut être consommée sur place, stockée (dans des batteries par exemple) ou réinjectée dans le réseau de distribution électrique.

1. RESSOURCE

Les technologies photovoltaïques (PV) reposent sur des cellules de silicium qui transforment l'énergie du rayonnement solaire en courant électrique continu. Ces cellules sont assemblées entre elles pour former un module, ou panneau photovoltaïque, l'onduleur se charge de convertir ce courant continu en alternatif. La combinaison de plusieurs panneaux reliés à différents composants électriques (tels qu'onduleurs, boîtier de boîtes de jonction, régulateur, batterie etc.) constitue un générateur photovoltaïque. La durée de vie d'un module est de l'ordre de 25 ans, et un onduleur de 10 ans.

La "puissance-crête" est une donnée normative utilisée pour caractériser les cellules et modules photovoltaïques. Elle correspond à la puissance que peut délivrer une cellule, un module ou un champ sous des conditions optimales et standardisées d'ensoleillement (1000 W/m²) et de température (25°C). On parle ainsi de panneaux solaires de 250 Wc, d'une centrale de 1MWc etc.



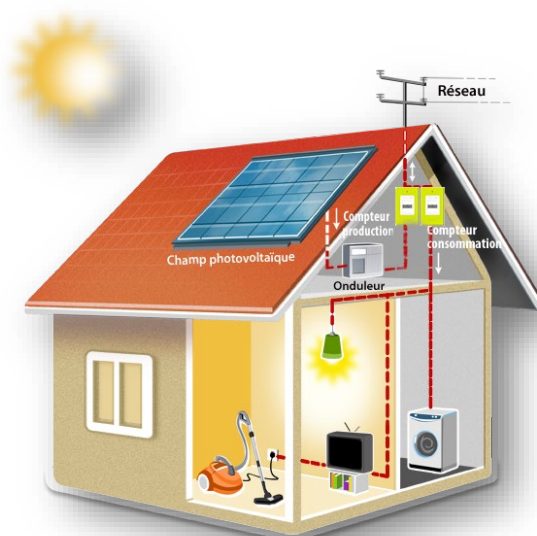


Figure 1 : Exemple d'installation photovoltaïque avec injection réseau (Source : Hespul)

Différentes technologies de cellules sont disponibles sur le marché avec des stades différents de maturité technologique :

- Silicium cristallin : les cellules sont constituées de fines plaques de silicium, élément que l'on extrait du sable ou du quartz. On obtient alors du silicium monocristallin (de meilleure qualité mais plus cher à produire) ou du silicium multi-cristallin/polycristallin (moins cher à produire mais offrant des rendements moins élevés). Bien que plus ancienne, cette technologie représente 90 % des parts de marché du fait de sa robustesse et de ses performances. La durée de vie des modules photovoltaïques fabriqués à partir de ces cellules est estimée entre 25 et 30 ans.
- Couches minces : ces cellules sont obtenues en déposant des couches de matériaux semi-conducteurs et photosensibles sur un support en verre, en plastique, en acier, etc. La part de marché pour l'ensemble de ces technologies est d'environ 10 %.
- Cellules organiques : ces modules sont constitués de molécules organiques. Les capteurs solaires se présentent sous forme de films de type photographique, souples, légers et faciles à installer. Cette technologie est en cours de développement.
- Cellules à concentration (technologie dite CPV) : cette technologie utilise des lentilles optiques qui concentrent la lumière sur de petites cellules photovoltaïques à haute performance. Cette technologie est en cours de développement.



2. APPLICATIONS

Le solaire photovoltaïque produit de l'électricité, qui peut être consommée sur place (autoconsommation), stockée dans des batteries ou injectée sur le réseau électrique pour d'autres usagers.

3. TECHNOLOGIES

Les générateurs photovoltaïques peuvent être installés de différentes manières : sur bâti ou au sol.

Dans le cas des installations en toiture, deux alternatives se présentent :

- L'intégration au bâti ou la surimposition en toiture, c'est-à-dire que le capteur est posé dans un plan parallèle à la toiture inclinée.
- Disposition sur une toiture terrasse : les panneaux sont posés sur une toiture plane avec un degré d'inclinaison permettant une production maximale.



exemple de panneaux en toiture inclinée (Source Ademe)



exemple de panneaux en toiture terrasse (source CRER)

Dans le cas des installations au sol, se distinguent deux types : les ombrières de parkings et les centrales photovoltaïques.





exemple d'ombrières de parking (Source Helexia)



exemple de centrale photovoltaïque (source SOLON SE Berlin)

Une ombrière de parking est un dispositif spécifique permettant la pose de panneaux solaire sur une structure et proposant un abri pour des véhicules stationnés en dessous.

Une centrale photovoltaïque au sol est composée des modules photovoltaïques, des câbles de raccordement, des locaux techniques abritant les onduleurs et du poste de livraison.

Les centrales au sol sont de deux natures ; les installations fixes se distinguant des installations mobiles.

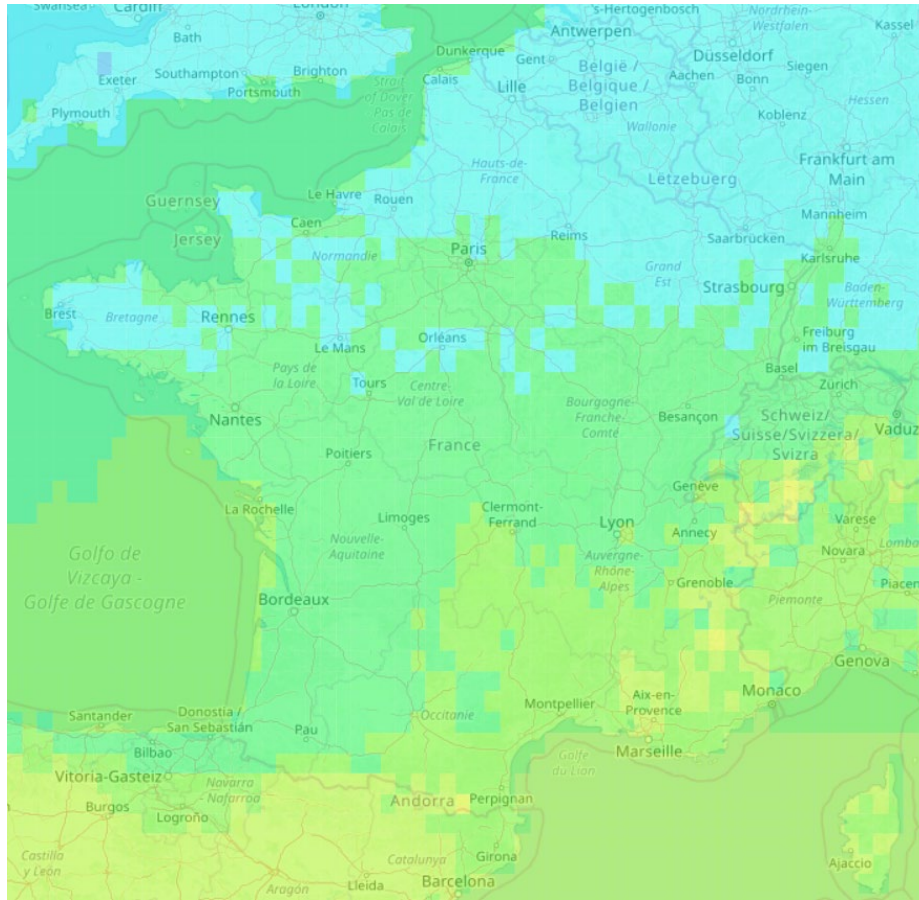
- **Les installations fixes** : Les modules photovoltaïques sont implantés sur des châssis qui sont orientés au sud selon un angle d'exposition pouvant varier de 25 à 30 ° en fonction de la topographie locale
- **Les installations mobiles ou orientables** : elles sont équipées d'une motorisation leur permettant de suivre la course du soleil. Elles nécessitent un investissement et un entretien plus importants pour une productivité supérieure.

Les installations solaires photovoltaïques au sol ont aujourd'hui atteint un stade de maturité technique. Leur implantation mobilise environ 2 à 3 ha pour 1 MWc.

4. PRODUCTIBLE

L'illustration suivante montre le productible en kWh/kWc pour des panneaux solaires à l'échelle de la France. Il s'agit de l'énergie produite annuellement en kWh par 1kWc de panneaux installés plein Sud à 30° sans compter les effets d'ombrage.





**CARTOGRAPHIE DE PRODUCTIBLE
PHOTOVOLTAÏQUE**

- Juin 2018 - Mai 2019 -

— LÉGENDE —



Système couplé au réseau: Paramètres de simulation

Projet : **Site 76**Site géographique **Strasbourg** Pays **France**

Situation	Latitude	48.3°N	Longitude	7.4°E
Temps défini comme	Temps légal	Fus. horaire TU+1	Altitude	150 m
	Albédo	0.20		

Données météo : Strasbourg, Synthetic Hourly data

Variante de simulation : **New simulation variant_site 7**

Date de la simulation 11/04/19 à 09h53

Paramètres de simulation

Orientation plan capteurs Inclinaison 30° Azimut 8°

Horizon Pas d'horizon

Ombrages proches Sans ombrages

Caractéristiques du champ de capteurs

Module PV	Si-poly	Modèle	VSPS-300-72-A	
		Fabricant	Voltec Solar	
Nombre de modules PV		En série	17 modules	En parallèle 320 chaînes
Nombre total de modules PV		Nbre modules	5440	Puissance unitaire 300 Wc
Puissance globale du champ		Nominale (STC)	1632 kWc	Aux cond. de fonct. 1484 kWc (50°C)
Caractéristiques de fonct. du champ (50°C)		U mpp	570 V	I mpp 2605 A
Surface totale		Surface modules	10798 m²	Surface cellule 9532 m²

Onduleur Modèle **Powador XP250-HV**

		Fabricant	KACO new energy	
Caractéristiques	Tension de fonctionnement	450-830 V	Puissance unitaire	250 kW AC
Batterie d'onduleurs	Nombre d'onduleurs	6 unités	Puissance totale	1500 kW AC

Facteurs de perte du champ PV

Fact. de pertes thermiques	Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (vent)	0.0 W/m²K / m/s
=> Tempér. de fonct. nominale (G=800 W/m², Tamb=20°C, Vent=1m/s.)			NOCT	56 °C
Perte ohmique de câblage	Rés. globale champ	3.7 mOhm	Frac. pertes	1.5 % aux STC
Perte de qualité module			Frac. pertes	0.1 %
Perte de "mismatch" modules			Frac. pertes	2.0 % au MPP
Effet d'incidence, paramétrisation ASHRAE	IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)	Paramètre bo	0.05

Besoins de l'utilisateur : Charge illimitée (réseau)

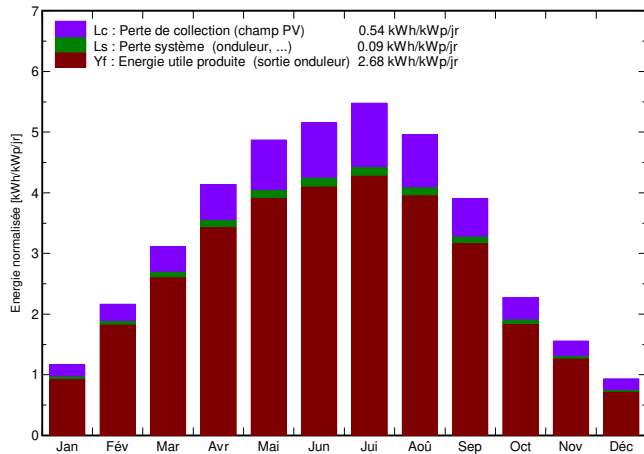
Système couplé au réseau: Résultats principaux

Projet : **Site 76**
Variante de simulation : **New simulation variant_site 7**

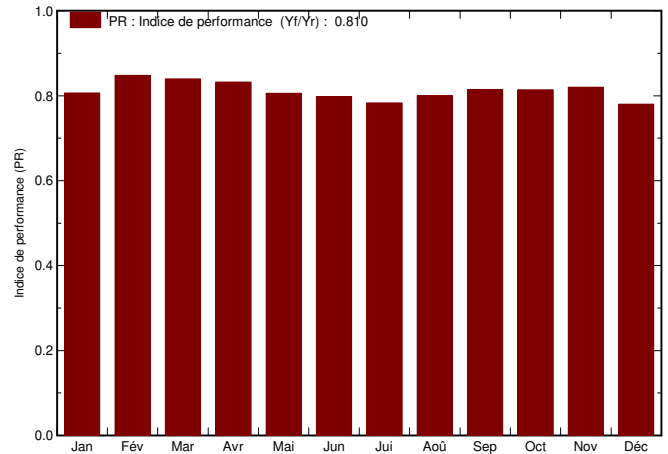
Principaux paramètres système	Type de système	Couplé au réseau	
Orientation plan capteurs	inclinaison	30°	azimut 8°
Modules PV	Modèle	VSPS-300-72-A	Pnom 300 Wc
Champ PV	Nombre de modules	5440	Pnom total 1632 kWc
Onduleur	Modèle	Powador XP250-HV	Pnom 250 kW ac
Batterie d'onduleurs	Nombre d'unités	6.0	Pnom total 1500 kW ac
Besoins de l'utilisateur	Charge illimitée (réseau)		

Principaux résultats de la simulation			
Production du système	Energie produite	1598892 kWh/an	Productible 980 kWh/kWc/an
	Indice de performance (PR)	81.0 %	

Productions normalisées (par kWp installé): Puissance nominale 1632 kWc



Indice de performance (PR)



New simulation variant_site 7 Bilans et résultats principaux

	GlobHor kWh/m ²	T Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray kWh	E_Grid kWh	EffArrR %	EffSysR %
Janvier	25.0	0.80	36.2	34.9	49671	47650	12.71	12.19
Février	45.0	2.20	60.6	58.6	86816	83817	13.27	12.81
Mars	80.0	5.60	96.6	93.4	136903	132273	13.13	12.69
Avril	114.0	9.40	124.1	120.3	174293	168593	13.00	12.58
Mai	150.0	13.70	151.0	145.9	205224	198485	12.59	12.18
Juin	158.0	16.90	154.6	149.5	208383	201362	12.48	12.06
Juillet	171.0	19.00	169.8	164.4	224547	216925	12.25	11.83
Août	144.0	18.30	153.7	149.1	207342	200754	12.49	12.10
Septembre	99.0	15.00	117.2	113.5	160899	155854	12.71	12.31
Octobre	56.0	10.10	70.5	68.2	97066	93753	12.74	12.31
Novembre	32.0	4.90	46.7	45.1	64923	62522	12.87	12.39
Décembre	20.0	1.80	29.0	28.0	38528	36903	12.31	11.79
Année	1094.0	9.85	1210.0	1170.9	1654593	1598892	12.66	12.24

Légendes: GlobHor Irradiation globale horizontale EArray Energie effective sortie champ
 T Amb Température ambiante E_Grid Energie injectée dans le réseau
 GlobInc Global incident plan capteurs EffArrR Effic. Eout champ / surf. brute
 GlobEff Global "effectif", corr. pour IAM et ombrages EffSysR Effic. Eout système / surf. brute

Système couplé au réseau: Diagramme des pertes

Projet : Site 76

Variante de simulation : New simulation variant_site 7

Principaux paramètres système	Type de système	Couplé au réseau	
Orientation plan capteurs	inclinaison	30°	azimut 8°
Modules PV	Modèle	VSPS-300-72-A	Pnom 300 Wc
Champ PV	Nombre de modules	5440	Pnom total 1632 kWc
Onduleur	Modèle	Powador XP250-HV	Pnom 250 kW ac
Batterie d'onduleurs	Nombre d'unités	6.0	Pnom total 1500 kW ac
Besoins de l'utilisateur	Charge illimitée (réseau)		

Diagramme des pertes sur l'année entière

