

Site n° 80 – Gymnase Willgottheim

Adresse : Rue de Saverne
Commune : Willgottheim
Energie retenue : Ombrières photovoltaïques

Synthèse

Récapitulatif du projet

Surface disponible	1 043 m ²
Puissance installée	32,5 kWc
Production annuelle	31,6 MWh
Investissement*	81 000 €TTC
TRB	25 ans

Points forts

Points faibles

Pas de contraintes urbanistiques, environnementales	Faible rentabilité
Bonne orientation	Présence d'ombrage
Aire de covoiturage : mise en place d'une borne de recharge	

*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.

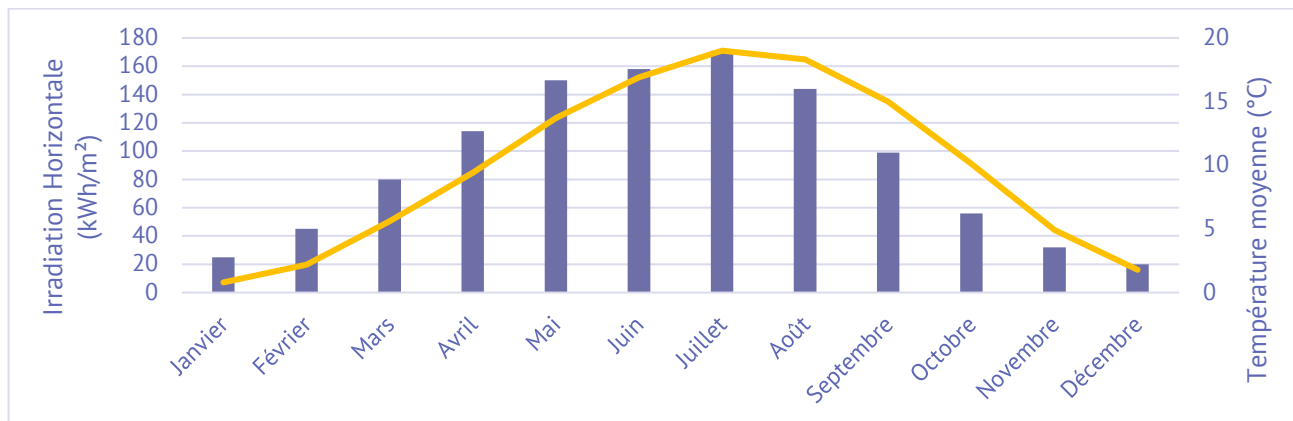
La procédure en fond vert est préconisée pour le site étudié.

	Guichet ouvert	Procédures de mise en concurrence			
	Obligation d'achat	Appel d'Offres Bâtiment	Appel d'Offres Bâtiment	Appel d'Offres Autoconsommation (suspendu jusqu'à nouvel ordre)	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 via le tarif d'achat proposé pour ce type d'installation.



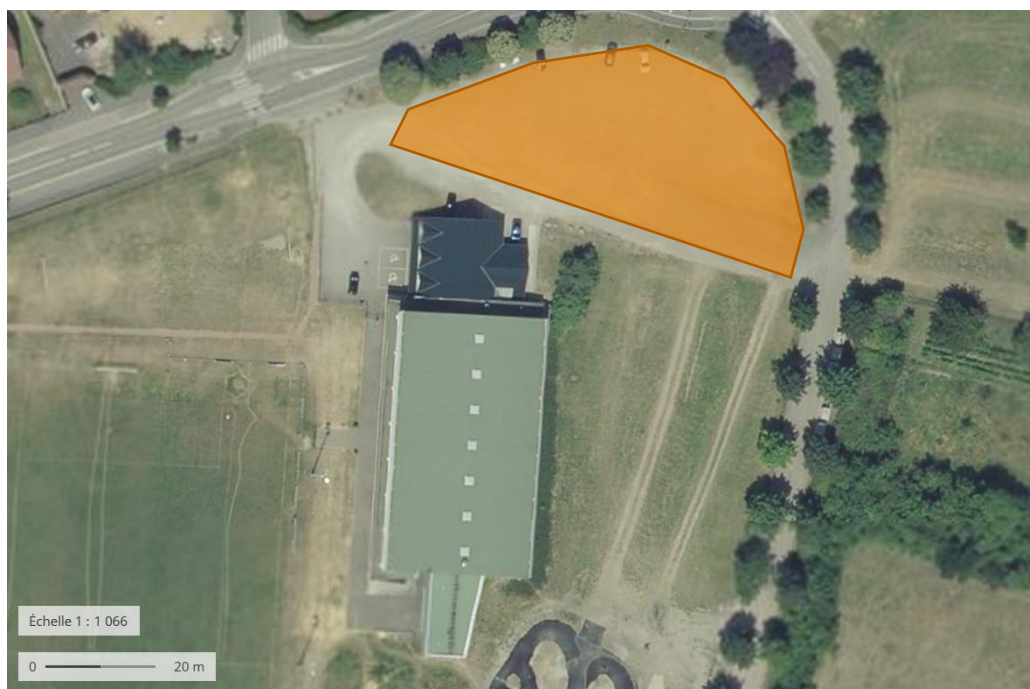
Le graphique représente l'irradiation horizontale en kWh/m² à Strasbourg. C'est-à-dire que c'est l'énergie issue du soleil que reçoit une surface de 1m² disposée horizontalement à Strasbourg. En annexe est proposé le graphique de productible à échelle nationale. Il montre clairement que le Grand Est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

Rappel données phase 2			
Nom du site	Adresse		Territoire
Willgottheim - Gymnase	rue de Saverne WILLGOTTHEIM		Kochersberg
Superficie (m²)	Source d'identification	Type (bâti : non bâti / parking / autre)	
1043	AiresCovoiturage	bati	
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	NAL
PPRi	-	Servitude aéronautique	-
Historique des décisions			



Situation du site

Source : Géoportail



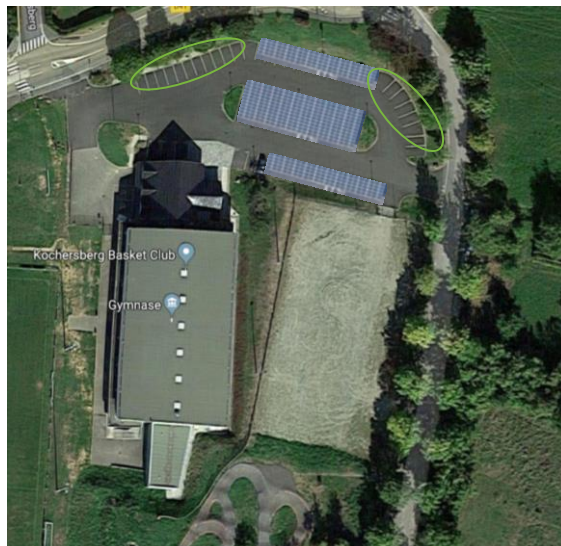
Emprise
proposée

La zone d'implantation envisagée est en fond orangé. Initialement, la toiture du gymnase a été proposée, cependant, l'orientation principale du bâtiment (Nord-Sud) et une toiture courbe ne permettent pas une installation optimale.



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 :

- 3 allées d'ombrières, soit un total de 108 panneaux installés et pour une puissance raccordée équivalente à 32,4 kWc.

Pour effectuer les calculs, un panneau standard de 300 Wc en Silicium polycristallin est proposé.

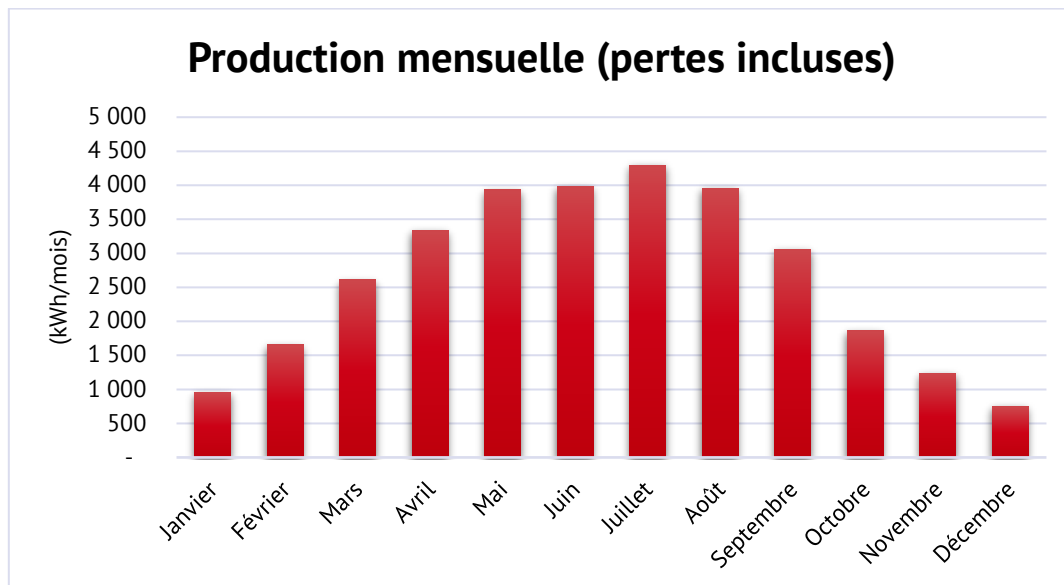
Une brève étude d'ombrage a été réalisée afin d'optimiser les distances entre les 3 allées d'ombrières et éviter les ombrages. Les aires à l'Est et Ouest du parking ne sont pas équipées (en vert) en raison d'ombrage proche (arbres et ombrières orientées Sud).

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	959
Février	45	2,2	1 655
Mars	80	5,6	2 609
Avril	114	9,4	3 337
Mai	150	13,7	3 932
Juin	158	16,9	3 987
Juillet	171	19,0	4 296
Août	144	18,3	3 956
Septembre	99	15,0	3 059
Octobre	56	10,1	1 859
Novembre	32	4,9	1 237
Décembre	20	1,8	750
Total	1 094	9,9	31 636



Analyse Financière

PREPARATION DE CHANTIER	4 500 €
SOLAIRE PHOTOVOLTAIQUE	26 380 €
STRUCTURE DES OMBRIERES	22 340 €
TRAVAUX DIVERS	14 500 €
TOTAL - €HT	67 720 €
TVA - 20%	13 544 €
TOTAL - €TTC	81 264 €

Le coût d'achat de l'électricité a été fixé à 12,07 c€/kWh, tarif proposé pour le 1^{er} trimestre 2019 dans le cadre de l'Obligation d'Achat. En prenant en compte les frais d'exploitation, de maintenance, les diverses taxes ainsi que l'augmentation du coût de l'électricité (3%), l'analyse financière donne :

T.R.A. =	42,4 ans
T.R.B. =	25,5 ans

V.A.N. 20ans=	-31 985 €	V.A.N. 30ans=	-17 752 €
T.R.I. 20ans =	-1,88%	T.R.I. 30ans =	1,18%


LCOE 20ans=	158,2 €/MWh
LCOE 30ans =	139,3 €/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

 <p>L'ÉNERGIE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE</p> <p>UN PÔLE DE COMPÉTENCES N•E•P•S•E•N</p>	<p>Coût d'investissement</p> <p>Parking Gymnase Willgottheim</p>
---	---

ART.	DESIGNATION des OUVRAGES	U	QTE	P.U. € HT	TOTAL € HT
I	PREPARATION DE CHANTIER				
	Gestion de chantier (Protections, nettoyage, gestion des déchets compris évacuation, installations diverses, zone de stockage, base vie 2 semaines ...)	Ens	1	1 500 €	1 500 €
	Etudes d'exécution	Ens	1	1 500 €	1 500 €
	Dossier des Ouvrages Exécutés	Ens	1	1 500 €	1 500 €
II	SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE				
	Modules photovoltaïques (108 x 300Wc)	Wc	32400	0,45	14 580 €
	Onduleur photovoltaïque	VA	30000	0,14	4 200 €
	Structure "Support Onduleur"	Ens	1	500 €	500 €
	Coffret DC	Ens	0	Inclus dans l'onduleur	- €
	Câblage DC	ml	150	4 €	600 €
	Chemin de câble	ml	50	30 €	1 500 €
	Coffret AC	Ens	1	1 000 €	1 000 €
	Protection contre le surintensités	Inclus dans Objet "Coffret AC" et "Coffret DC"			
	Câblage AC	Ens	100	35,0 €	3 500 €
	Mise à la Terre au bâtiment	Ens	1	500,0 €	500 €
III	STRUCTURE DES OMBRIERES				
	Ossature métallique avec moilage bois	Wc	32400	0,4 €	11 340 €
	Eaux pluviales	Ens	1	1 500 €	1 500 €
	Fondations (plots bétons)	Ens	1	8 000 €	8 000 €
	Eclairage	U	1	1 500 €	1 500 €
IV	TRAVAUX DIVERS				
	Gabarit en entrée de parking	U	1	3 500 €	3 500 €
	Tranchées	ml	50	100 €	5 000 €
	Regards	U	3	1 000 €	3 000 €
	Démarches administratives	Ens	1	3 000 €	3 000 €

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.

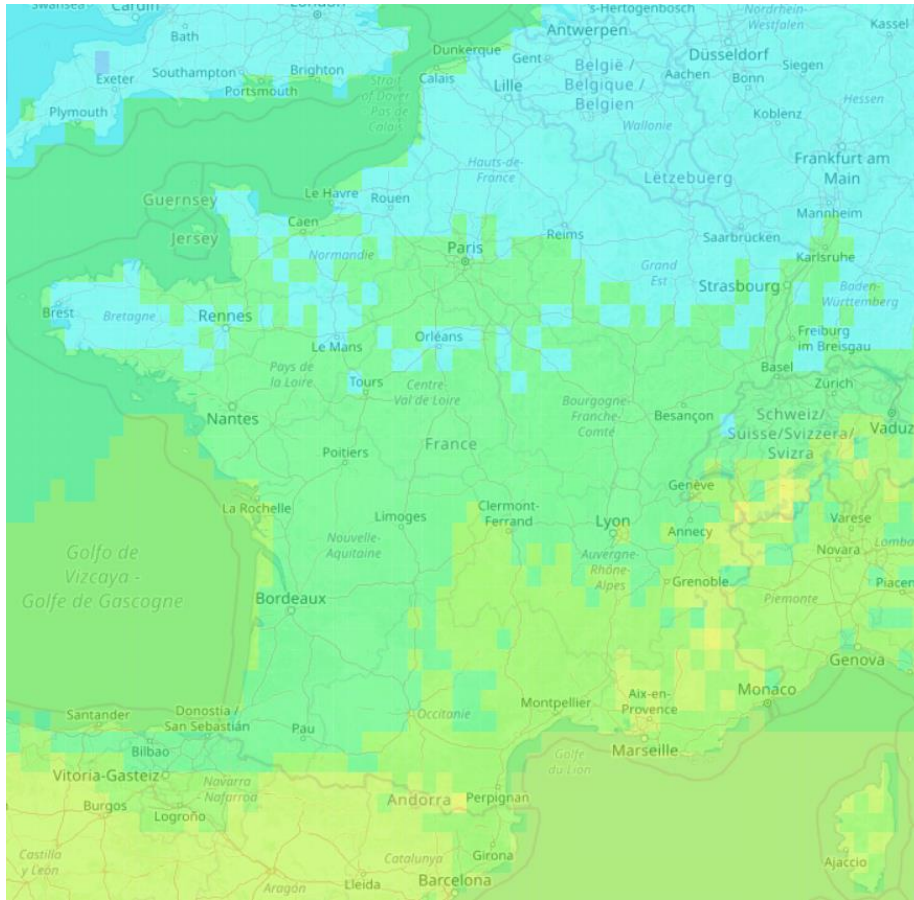
- **Les installations fixes** : Les modules photovoltaïques sont implantés sur des châssis qui sont orientés au sud selon un angle d'exposition pouvant varier de 25 à 30 ° en fonction de la topographie locale
- **Les installations mobiles ou orientables** : elles sont équipées d'une motorisation leur 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 —



Définitions

TRA : Le temps de retour actualisé est le nombre d'année de production de l'installation photovoltaïque pour rembourser l'investissement en tenant compte du coût de la monnaie et de la maintenance. Ce temps de retour actualisé doit être inférieur à la durée d'exploitation (ou à la durée garantie durant laquelle l'achat des kWh est assuré) pour que le projet soit rentable.

TRB : Le temps de retour brut est l'investissement initial divisé par la recette annuelle, donc le nombre d'années pour rembourser l'investissement initial. Cette valeur, souvent utilisée car simple à calculer, est un indicateur moins fiable que le TRA sur la rentabilité d'un projet car il ne tient pas compte du taux d'actualisation de la monnaie, de la maintenance et de la durée d'exploitation de l'installation PV.

VAN : La valeur actuelle nette est le gain financier en fin d'exploitation de l'installation photovoltaïque. Si la VAN est positive, c'est que le projet est rentable.

TRI : Le taux de rentabilité interne (TRI) est le taux de rendement du capital investi pour qu'à la fin de la durée de l'exploitation, l'investissement soit juste remboursé. Ce taux de rentabilité interne doit au moins être égal au taux d'actualisation de la monnaie pour que le projet soit à l'équilibre et supérieur ou coût de la monnaie pour être profitable.

LCOE : Le prix de revient ou coût global actualisé (CGA) du kWh photovoltaïque est ce que coûte la production d'un kWh en tenant compte de l'investissement (subventions déduites), de la maintenance, de l'actualisation de la monnaie et de la durée de vie de l'installation photovoltaïque. Pour que le projet photovoltaïque soit rentable, le tarif d'achat du kWh photovoltaïque doit être supérieur aux prix de revient de ce kWh photovoltaïque.



Tarif d'achat – vente totale

Tarifs d'achat pour la vente de la totalité (c€/kWh)				
TYPE DE TARIF	TYPE DE L'INSTALLATION	PUISSANCE TOTALE (P+Q)	DU 01/10/18 AU 31/12/18	DU 01/01/19 AU 31/03/19
Tarif dit Ta	Sur bâtiment et respectant les critères généraux d'implantation	≤ 3 kWc	18,59	18,72
		≤ 9 kWc	15,8	15,91
		≤ 36 kWc	12,07	12,07
Tarif dit Tb		≤ 100 kWc	11,19	11,19
		> 100 kWc	0	0
	Au sol	-	0	0

Source : <https://www.photovoltaique.info/fr/tarifs-dachat-et-autoconsommation/tarifs-dachat/arrete-tarifaire-en-vigueur/>

