

Site n° 78 – Décharge du Rohrbach

Adresse : rue du Rohrbach
Commune : Hochfelden
Energie retenue : Centrale photovoltaïque

Synthèse

Récapitulatif du projet

Surface disponible	68 041 m ²
Puissance installée	3 036 kWc
Production annuelle	3 121 MWh
Investissement*	3 370 000 €TTC
TRB	23 ans

Points forts	Points faibles
Pas de contraintes urbanistiques, environnementale	Faible rentabilité
Bonne orientation	Site encore en activité
Grande emprise	

*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.

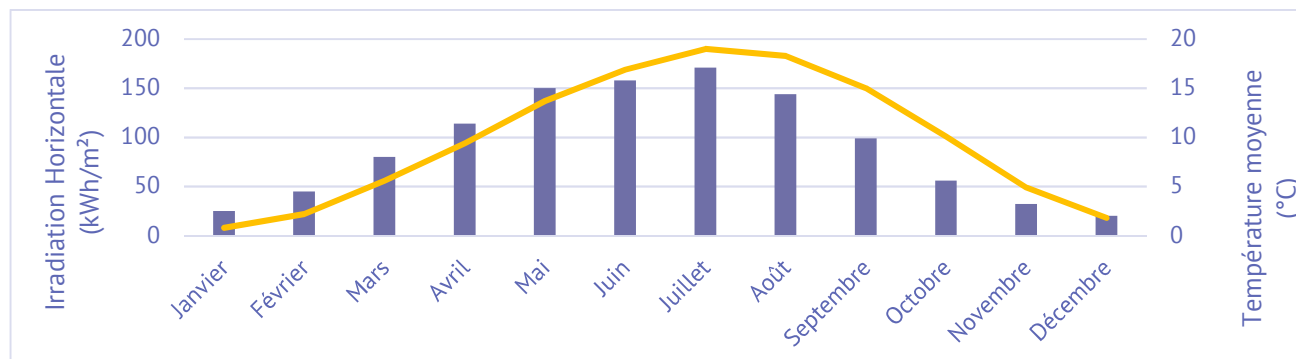
La procédure en fond vert est préconisée pour le site étudié.

	Guichet ouvert	Procédures de mise en concurrence			
		Appel d'Offres Bâtiment	Appel d'Offres Bâtiment	Appel d'Offres Autoconsommation (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 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.



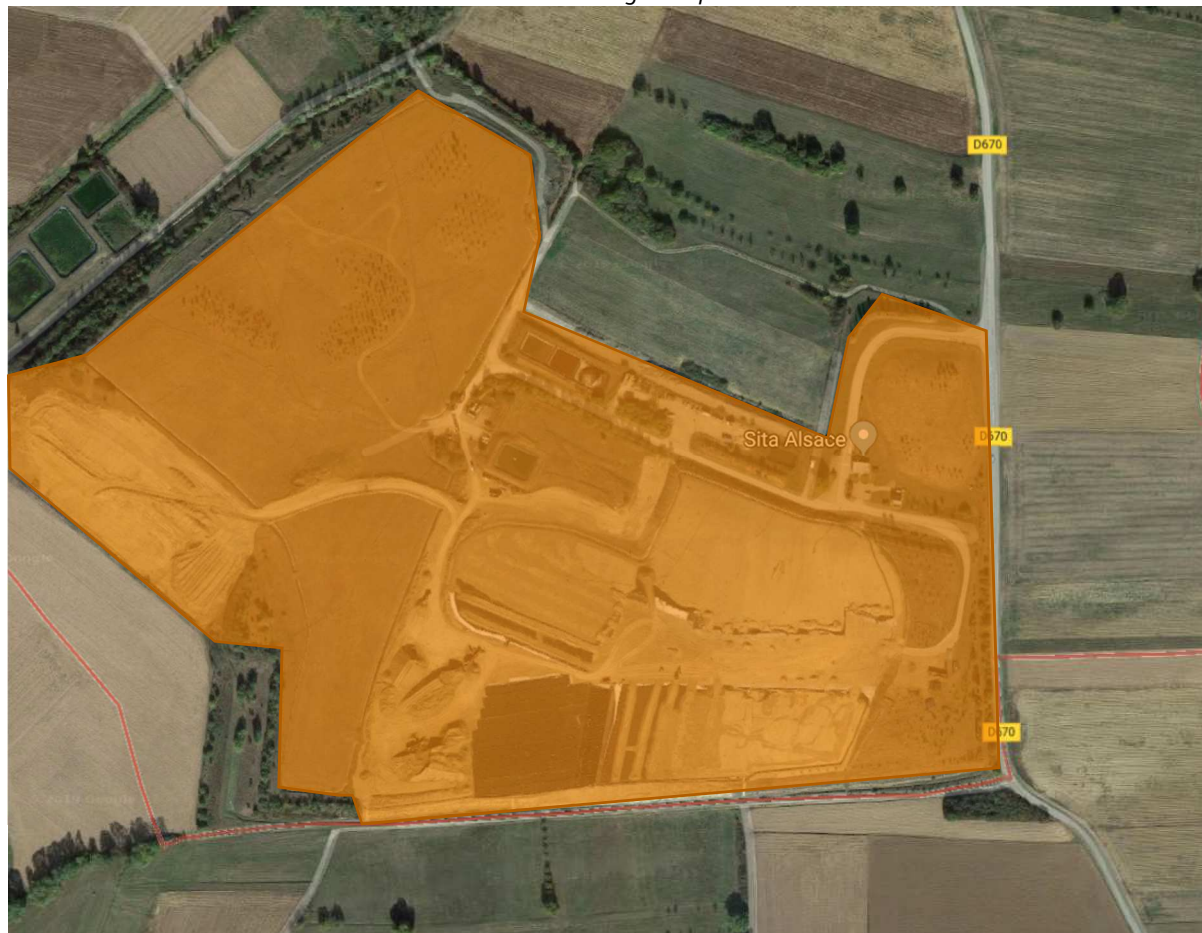
Le graphique représente l'irradiation horizontale en kWh/m² à Strasbourg. C'est-à-dire que c'est l'énergie issue du soleil que reçoit une surface de 1m² disposée horizontalement à Strasbourg. En annexe est proposé le graphique de productible à échelle nationale. Il montre clairement que le Grand Est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

Rappel données phase 2			
Nom du site		Adresse	
Ancienne décharge du Rohrbach		RD670 Hochfelden	
Territoire		Pays de Zorn	
Superficie (m²)		Source d'identification	
68041		CC du Pays de la Zorn	
Type (bâti : non bâti / parking / autre)		sans 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	
PPRi	-	Servitude aéronautique	-
Historique des décisions			



Situation du site

Source : Google Maps



 Emprise
proposée

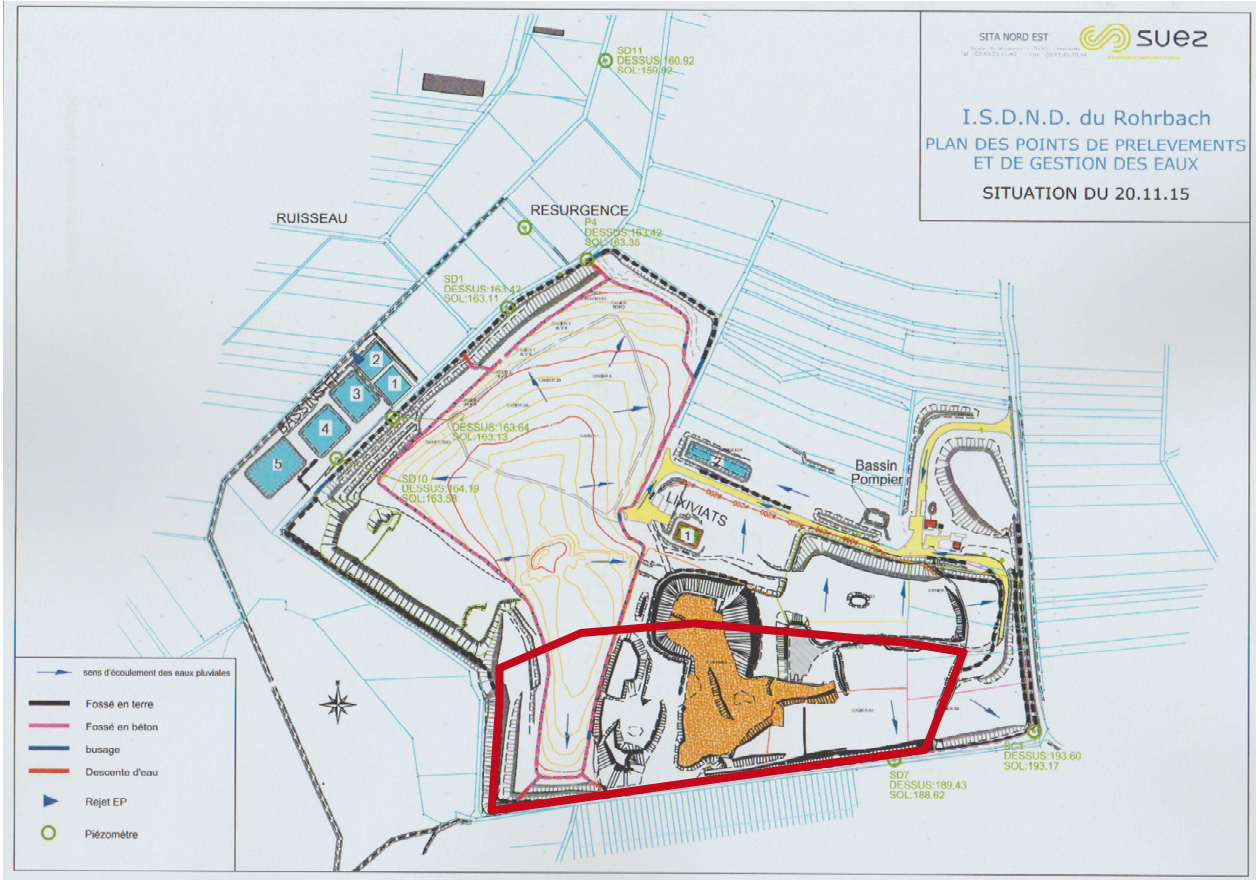
La zone d'implantation envisagée est en fond orangé.

En raison du dénivelé et des orientations de la pente, l'implantation ne sera possible que sur une partie réduite de la déchetterie. En effet, les pentes dirigées vers l'Ouest et le Nord n'offriront pas un potentiel intéressant ou généreront de l'ombrage entre panneaux.

L'emplacement retenu est orienté plein Sud (en rouge sur la figure ci-dessous), et est actuellement encore en exploitation. La zone réservée au « chemin biodiversité » a été exclue.



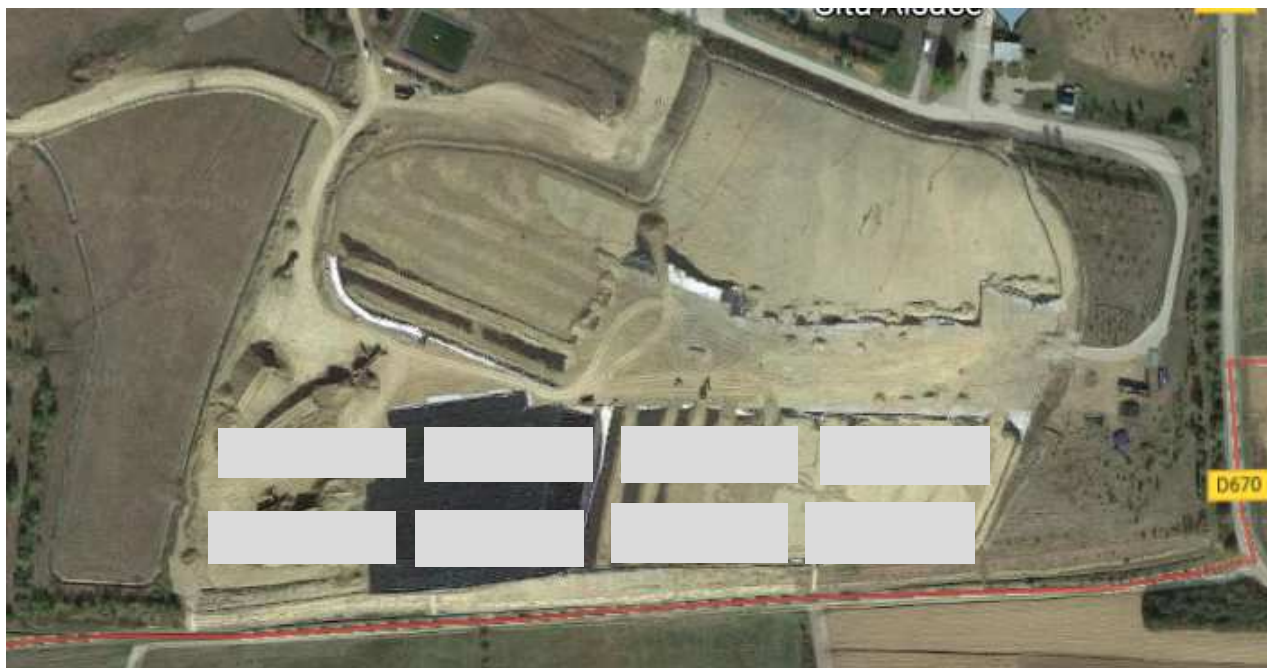
Source : Rapport d'exploitation 2016



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.

Source : Géoportail



Les hypothèses retenues pour le calepinage sont avec une inclinaison à 30°, azimut 0° :

- 12 lignes de structures, avec une allée centrale pour le passage des véhicules,
- 4 allées Nord-Sud

Soit 11 040 panneaux photovoltaïques de 275 Wc unitaires en Silicium polycristallin, donc 3,036 Mwc de puissance installée.

La présence d'un géotextile oblige l'utilisation de longrines ou de bac lesté pour l'implantation de la centrale. La gestion des eaux de ruissellement et des conduites d'évacuation de biogaz doivent être étudiées lors de l'étude de faisabilité.

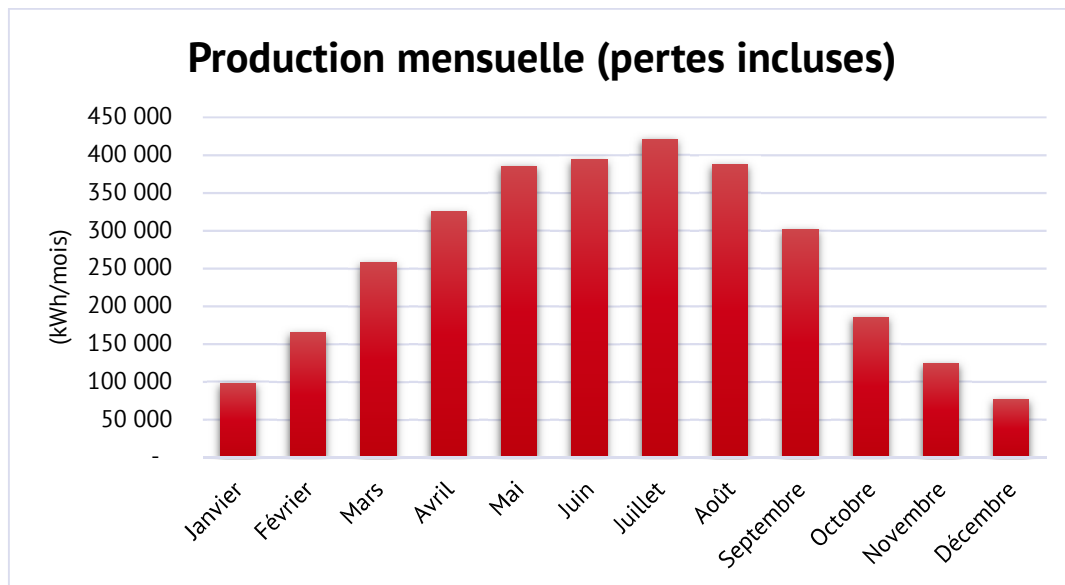


A noter qu'il existe des panneaux photovoltaïques fabriqués en Alsace. Dans cette étude, il est pris parti que ce serait un fournisseur pour les différents projets. Cela impacte notamment le chiffrage des éléments.

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	97 922
Février	45	2,2	165 046
Mars	80	5,6	258 629
Avril	114	9,4	324 934
Mai	150	13,7	385 340
Juin	158	16,9	393 808
Juillet	171	19,0	420 836
Août	144	18,3	387 091
Septembre	99	15,0	301 707
Octobre	56	10,1	185 350
Novembre	32	4,9	124 207
Décembre	20	1,8	76 600
Total	1 094	9,9	3 121 470



Analyse Financière

PREPARATION DE CHANTIER	48 000 €
SOLAIRE PHOTOVOLTAIQUE	1 832 740 €
STRUCTURE DES OMBRIERES	789 000 €
TRAVAUX DIVERS	135 000 €
TOTAL - €HT	2 804 740 €
TVA - 20%	560 948 €
TOTAL - €TTC	3 365 688 €

Le coût d'achat de l'électricité a été fixé à 6,27 c€/kWh, tarif moyen des installations lors de la dernière 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 (3%), l'analyse financière donne :

T.R.A. = 35,5 ans

T.R.B. = 23,0 ans

V.A.N. 20ans= -919 951 €

T.R.I. 20ans = -0,62%

V.A.N. 30ans= -341 874 €

T.R.I. 30ans = 2,09%

LCOE 20ans= 166,8 €/MWh

LCOE 30ans = 204,7 €/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 UN PÔLE DE COMPÉTENCES N•E•P•S•E•N</p>	Coût d'investissement
	Décharge du Rohrbach

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 6 mois ...)	Ens	1	8 000,0 €	8 000,00 €
	Etudes d'exécution	Ens	1	10 000,0 €	10 000,00 €
	Dossier des Ouvrages Exécutés	Ens	1	30 000,0 €	30 000,00 €
II	SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE				
	Modules photovoltaïques (11040 x 275Wc)	Wc	3036000	0,49	1 487 640 €
	Onduleur photovoltaïque	VA	3036000	0,1	303 600 €
	Structure "Support Onduleur"	Ens	1	2 000 €	2 000 €
	Coffret DC	Ens	4	1 000 €	4 000 €
	Câblage DC	ml	500	4 €	2 000 €
	Chemin de câble	ml	500	30 €	15 000 €
	Coffret AC	Ens	1	1 000 €	1 000 €
	Protection contre le surintensités	Inclus dans Objet "Coffret AC" et "Coffret DC"			
	Câblage AC	Ens	500	35,0 €	17 500,00 €
III	STRUCTURE				
	Ossature métallique	Wc	3036000	0,3 €	759 000,00 €
	Fondations (plots bétons/longrines)	Ens	1	30 000,0 €	30 000,00 €
	Forages avant travaux/Etude structure	Ens	0	1 500,0 €	- €
IV	TRAVAUX DIVERS				
	Tranchées	ml	750	100 €	75 000 €
	Démarches administratives	Ens	1	60 000 €	60 000 €



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 1Mw etc.



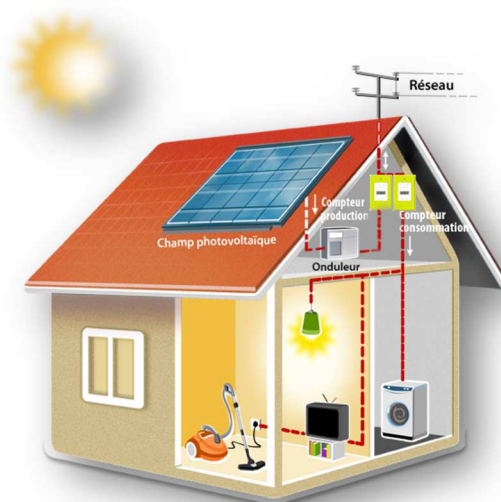


Figure 1 : Exemple d'installation photovoltaïque avec injection réseau (Source : Hespul)

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.

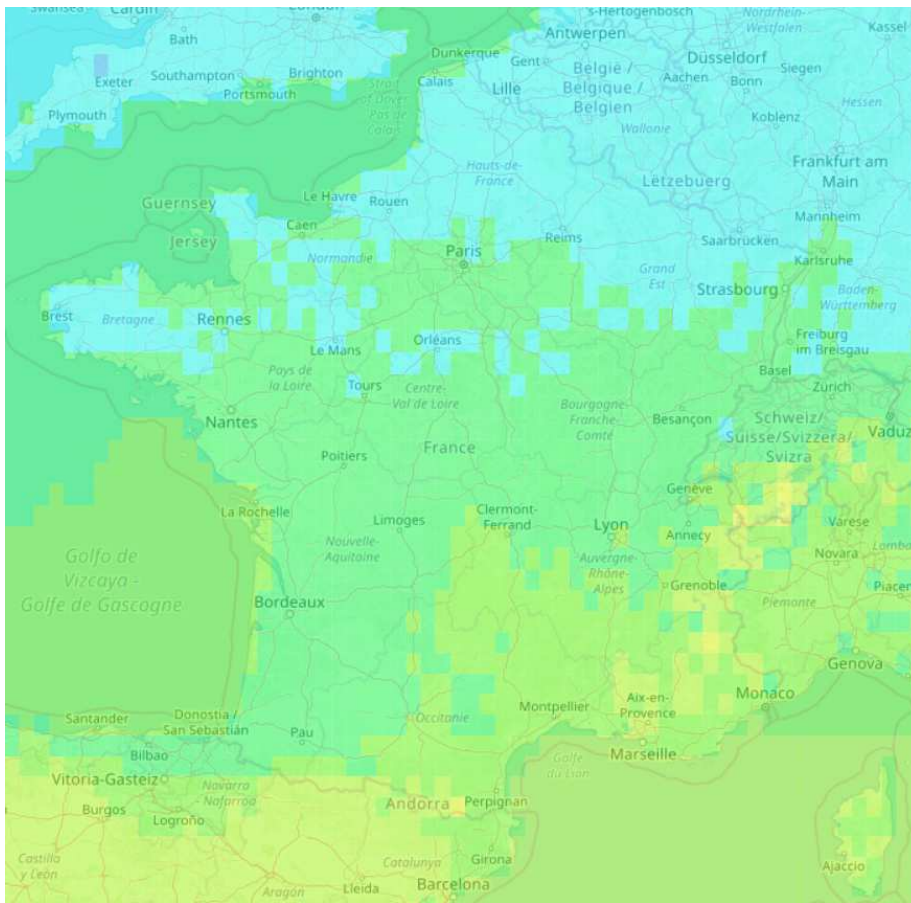
- **Les installations fixes** : Les modules photovoltaïques sont implantés sur des châssis qui sont orientés au sud selon un angle d'exposition pouvant varier de 25 à 30 ° en fonction de la topographie locale
- **Les installations mobiles ou orientables** : elles sont équipées d'une motorisation leur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

