

- Téléphone: 09 52 00 02 06
- Email: contact@icea-enr.fr
- Site Web: <http://icea-enr.fr>

Projet photovoltaïque sur le hangar de la Mairie d'Aureville

Pré-étude ICEA

Proposition d'implantation

Energie productible.

Rentabilité



Table des matières

1	Contexte	3
2	Proposition d'implantation	3
2.1	Solution pour un 36 kWc utilisant les 2 toitures - panneaux standards	3
2.2	Solutions alternatives en utilisant uniquement le toit sud-Est :	3
3	Productible	4
4	Rentabilités en vente en totalité :	4
4.1	Paramètres :	4
4.2	Rentabilité pour chaque hypothèse,	5
4.3	Conclusion	6
Annexe 1 - Détermination du productible pour 36 kWc avec le logiciel PVGIS:		7
Annexe 2 - Détermination du masque angulaire :		8
1.	Exposition :	8
2.	Mesures dimensions du site :	8
3.	Calcul du masque angulaire :	10
4.	Interprétation du masque :	12

1 Contexte

La Mairie d'Aureville projette d'équiper, d'un générateur photovoltaïque, la toiture d'un hangar à l'occasion de sa reconstruction.

ICEA présente ci-dessous une pré-étude de faisabilité pour un tel générateur :

- Pré-étude de dimensionnement et optimisation de l'implantation,
- Estimation de l'énergie annuelle productible, tenant compte de l'environnement du bâtiment,
- Rentabilité suivant le type de contrat de revente d'électricité.

2 Proposition d'implantation

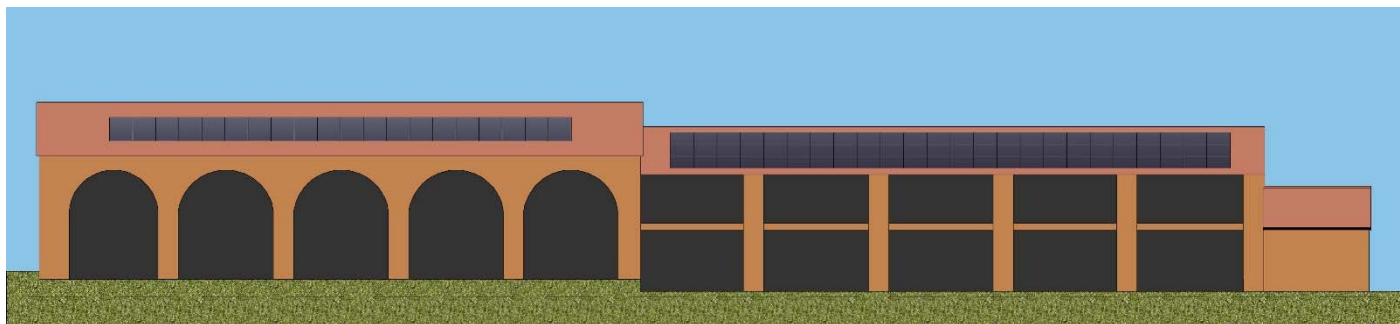
2.1 Solution pour un 36 kWc utilisant les 2 toitures - panneaux standards

C'est un compromis permettant d'atteindre le plafond de 36kW en remplissant au mieux la toiture nouvelle sans déborder du faitage ; le reste est réparti sur la toiture Ouest existante.

L'intérêt de remplir la partie Est nouvelle est d'être plus proche du point de livraison ENEDIS en bord de route, et surtout de charger le moins possible la toiture existante.

La partie Sud-Est comprend $3 \times 24 = 72$ modules PV orientés en portrait. La charpente devra supporter la surcharge. La partie Sud-Ouest comprend $2 \times 20 = 40$ modules PV orientés en portrait. Une étude de structure est nécessaire pour s'assurer que la charpente existante peut supporter la surcharge.

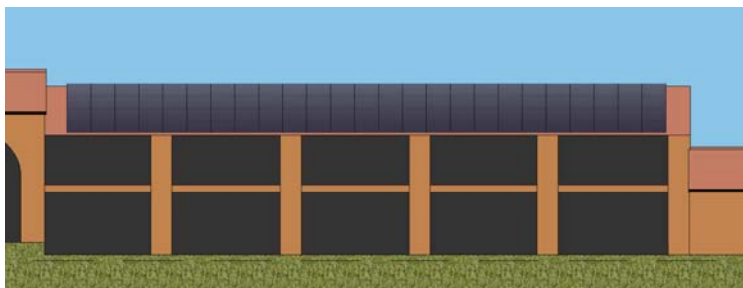
Le total est de 112 panneaux ce qui donne 35,840kW avec des modules PV de 320 W (puissance qui est devenue standard à fin 2019). **Hypothèse 1**



Vue de la façade Sud (Azimut 23° Ouest).

2.2 Solutions alternatives en utilisant uniquement le toit sud-Est :

1. Pour une puissance de 36 kWc avec des panneaux de 320 w, l'implantation de 112 panneaux serait possible à la condition d'augmenter la surface du pan sud : Surface utile nécessaire : 188 m²- Rampant $\geq 8,30$ m
2. En acceptant un débordement de 10 cm au-dessus du faitage :
 - a. Puissance 34 kWc - panneaux de 340 w – **Hypothèse 2**
 - b. Puissance 32 kWc - panneaux de 320 w – **Hypothèse 3**
3. Sans débordement de toiture
 - a. Puissance 30,6 kWc – panneaux de 340 w – **Hypothèse 4**
 - b. Puissance 28,8 kWc – panneaux de 320 w – **Hypothèse 5**



3 Productible

Productible théorique déterminé avec le logiciel PVGIS - annexe 1- pour un 36 kWc

Le masque angulaire (Ombre) est calculé en annexe 2

Productible kWh							
Mois	Prod Théo	Ombre	Prod				
Puissance	36		36	34	32	30.6	28.8
Janvier	1922	-10%	1730	1634	1538	1470	1384
Février	2602		2602	2458	2313	2212	2082
Mars	3907		3907	3690	3473	3321	3125
Avril	4556		4556	4303	4050	3873	3645
Mai	4823		4823	4555	4287	4100	3859
Juin	5128		5128	4843	4558	4359	4103
Juillet	5330		5330	5034	4738	4531	4264
Août	5106		5106	4822	4539	4340	4085
Septembre	4340		4340	4099	3858	3689	3472
Octobre	3488		3488	3294	3100	2965	2790
Novembre	2186	-10%	1967	1858	1748	1672	1574
Décembre	2092	-10%	1883	1778	1674	1600	1506
Total	45481		44861	42403	39908	38162	35918

4 Rentabilités en vente en totalité :

4.1 Paramètres utilisés :

Investissement calculé avec le fichier joint : Estimation investissement.xlsx

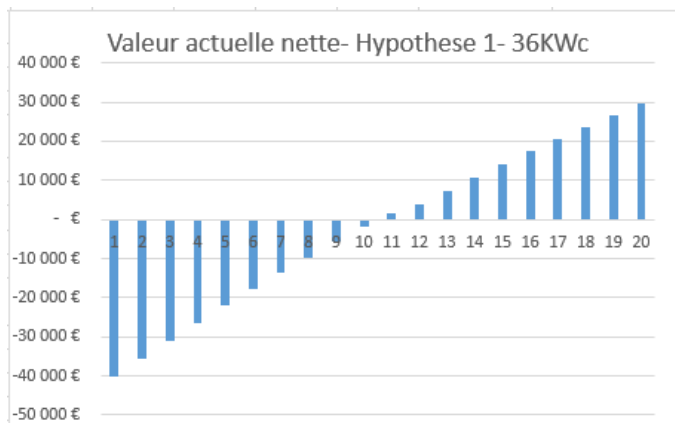
Hypothèse	1	2	3	4	5
Puissance en kWh	36	34	32	30,6	28,8
Productible kWh	44 860	42 403	39 908	38 162	35 918
Tarif vente par kWh	0.1207 €	0.1207 €	0.1207 €	0.1207 €	0.1207 €
Revalorisation	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%
Facteur de dégradation annuelle	0.70%	0.70%	0.70%	0.70%	0.70%
Inflation	1.50%	1.50%	1.50%	1.50%	1.50%
TVA	9.596%	9.596%	9.596%	9.596%	9.596%
Assurance	200.00 €	200.00 €	200.00 €	200.00 €	200.00 €
Maintenance	400.00 €	400.00 €	400.00 €	400.00 €	400.00 €
Remplacement onduleur 12 ans	2 000 €	2 000 €	2 000 €	2 000 €	2 000 €
Frais accès réseaux (TURPE)	40.00 €	40.00 €	40.00 €	40.00 €	40.00 €
Taux actualisation	1.50%	1.50%	1.50%	1.50%	1.50%
Investissement HT	41 000 €	48 576	38 576 €	45 472 €	36 472 €
Investissement TTC	44 934 €	53 237 €	42 278 €	49 835 €	39 972 €

4.2 Rentabilité pour chaque hypothèse,

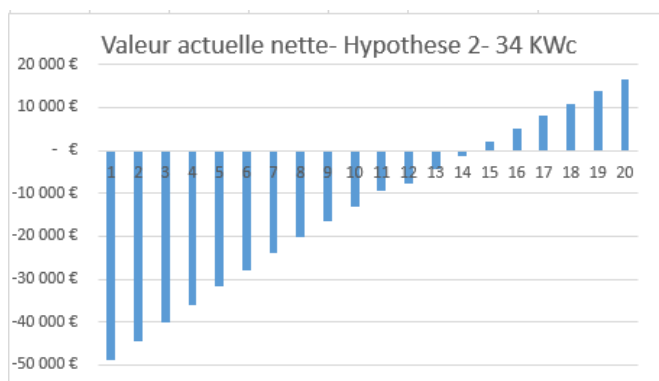
Calculé avec le fichier joint : étude éco.xlsx

Calcul fait sans emprunt, ni subvention.

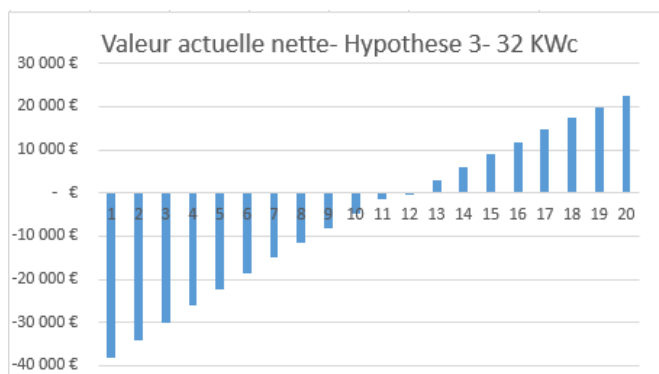
Indicateurs de rentabilités	
Hypothèse	1
Valeur actuelle nette sur 20 ans	29 613 €
Taux de rentabilité interne	7%
Rentabilité financière (Résultat Net / Fonds propres)	4.46%
Moyenne revenus annuelle avant impôts et sans amortissement	4 253 €
Ratio € TTC/Wc	1.2 €



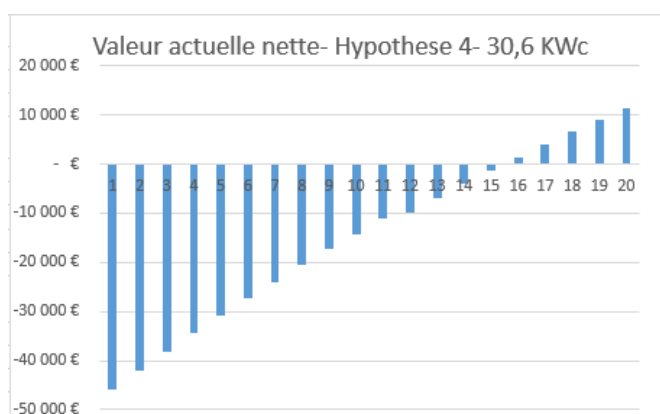
Indicateurs de rentabilités	
Hypothèse	2
Valeur actuelle nette sur 20 ans	16 433 €
Taux de rentabilité interne	4%
Rentabilité financière (Résultat Net / Fonds propres)	2.46%
Moyenne revenus annuelle avant impôts et sans amortissement	3 974 €
Ratio € TTC/Wc	1.6 €



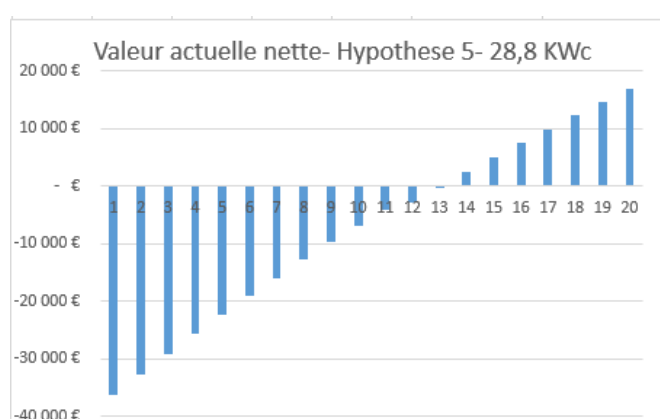
Indicateurs de rentabilités	
Hypothèse	3
Valeur actuelle nette sur 20 ans	22 439 €
Taux de rentabilité interne	6%
Rentabilité financière (Résultat Net / Fonds propres)	3.73%
Moyenne revenus annuelle avant impôts et sans amortissement	3 691 €
Ratio € TTC/Wc	1.3 €



Indicateurs de rentabilités	
Hypothèse	4
Valeur actuelle nette sur 20 ans	11 415 €
Taux de rentabilité interne	4%
Rentabilité financière (Résultat Net / Fonds propres)	2.01%
Moyenne revenus annuelle avant impôts et sans amortissement	3 493 €
Ratio € TTC/Wc	1.6 €



Indicateurs de rentabilités	
Hypothèse	5
Valeur actuelle nette sur 20 ans	16 823 €
Taux de rentabilité interne	5%
Rentabilité financière (Résultat Net / Fonds propres)	3.10%
Moyenne revenus annuelle avant impôts et sans amortissement	3 238 €
Ratio € TTC/Wc	1.4 €

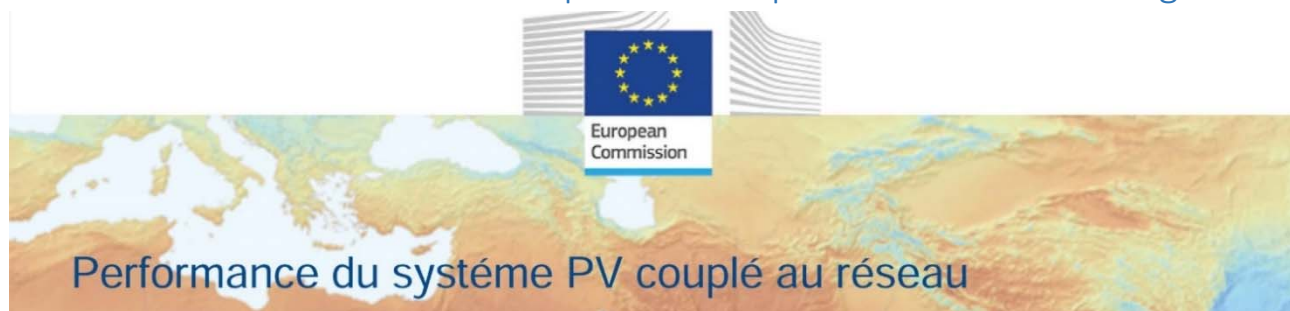


4.3 Conclusion

L'hypothèse 1 sur les 2 toitures offre la meilleure production avec la meilleure rentabilité financière

Dans le cas de l'utilisation d'une seule toiture le choix de panneaux de 340 W diminue fortement la rentabilité financière mais peut être intéressant dans les cas de financement avec subvention, car augmente le revenu annuel.

Annexe 1 - Détermination du productible pour 36 kWc avec le logiciel PVGIS:



PVGIS-5 données de production solaire énergétique estimées:

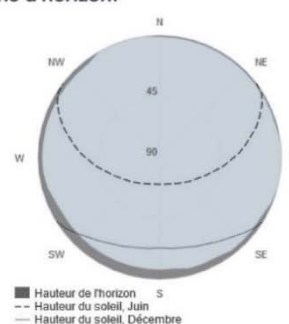
Entrées fournies:

Latitude/Longitude: 43.482, 1.452
 Horizon: Calculé
 Base de données: PVGIS-SARAH
 Technologie PV: Silicium cristallin
 PV installée: 36 kWp
 Pertes du système: 14 %

Résultats de la simulation

Angle d'inclinaison: 20 °
 Angle d'azimut: 22 °
 Production annuelle PV: 45480.67 kWh
 Irradiation annuelle: 1599.18 kWh/m²
 Variabilité interannuelle: 1703.13 kWh
 Changements de la production à cause de:
 Angle d'incidence: -3.07 %
 Effets spectraux: 1.11 %
 Température et irradiance faible: -6.27 %
 Pertes totales: -21 %

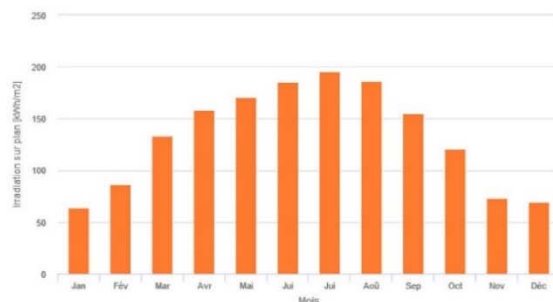
Ligne d'horizon:



Production énergétique mensuelle du système PV fixe:



Irradiation mensuelle sur plan fixe:



Énergie PV et irradiation solaire mensuelle

Mois	E_m	H(i)_m	SD_m
Janvier	1922.0	64.0	284.9
Février	2602.4	86.8	375.6
Mars	3906.6	133.4	519.9
Avril	4556.0	158.4	612.7
Mai	4823.4	170.5	429.9
Juin	5128.2	185.3	451.6
Juillet	5330.4	195.8	272.2
Août	5106.1	186.1	293.4
September	4340.3	155.1	263.8
October	3488.0	120.7	378.0
November	2185.5	73.4	393.0
Décembre	2091.9	69.6	345.0

E_m: Production électrique moyenne mensuelle du système défini [kWh].

H(i)_m: Montant total mensuel moyen de l'irradiation globale reçue par mètre carré sur les panneaux du système défini [kWh/m²].

SD_m: Déviation standard de la production électrique mensuelle à cause de la variation interannuelle [kWh].

Ce site web vise à améliorer l'accès du public aux informations concernant l'action de la Commission européenne et les politiques de l'Union européenne en général.

Notre objectif est de diffuser des informations exactes et à jour.

Si des erreurs sont portées à notre attention, nous nous efforçons de les corriger.

La Commission n'assume aucune responsabilité quant aux informations publiées sur le site.

Ces informations:

i) sont exclusivement de nature générale et ne visent pas la situation particulière d'une personne physique ou morale; ii) ne sont pas nécessairement exhaustives, exactes ou à jour; iii) renvoient parfois à des sites externes sur lesquels les services de la Commission n'ont aucun contrôle et pour lesquels ils déclinent toute responsabilité; iv) ne constituent pas un avis professionnel ou juridique (si vous avez besoin d'avis spécifiques, veuillez toujours consulter un professionnel dûment qualifié).

Nous nous efforçons de limiter autant que possible les inconvénients occasionnés par des erreurs techniques.

Cependant, certaines données ou informations publiées sur notre site peuvent ne pas avoir été créées ou structurées dans des fichiers ou des formats exempts d'erreurs, de sorte que nous ne pouvons garantir que notre service ne sera pas interrompu ou autrement affecté par de tels problèmes. La Commission décline toute responsabilité quant aux problèmes de ce type découlant de l'utilisation de ce site ou de tout autre site externe auquel il renvoie.

Joint
Research
Centre

PVGIS ©Union Européenne, 2001-2019.

Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.

Données mensuelles d'irradiation 2019/12/05

Annexe 2 - Détermination du masque angulaire :

1. Exposition :

Le versant exposé de la toiture se trouve orienté avec un azimuth de $+23,8^\circ$ (vers l'Ouest) par rapport à la direction du Sud.

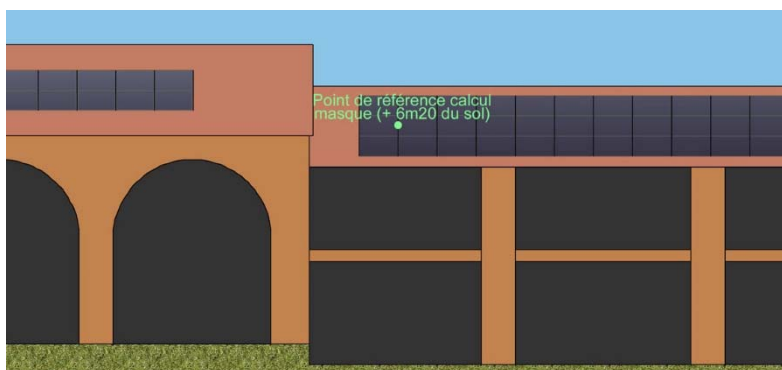
Ce côté se trouve face à des bâtiments du village qui présentent une élévation significative dont l'ombre est susceptible d'affecter la production photovoltaïque.

Nous avons donc jugé nécessaire d'évaluer l'impact ne serait-ce que qualitativement.

2. Mesures dimensions du site :

Vue l'impossibilité d'une mesure directe d'angle en se positionnant sur la toiture (à reconstruire) il fallait utiliser une méthode de mesure indirecte sur carte et sur photo puis calcul d'angles. Par chance le site est visible de loin, ce qui permet la mesure des hauteurs avec une faible erreur de parallaxe.

Le plan du projet de bâtiment nous a été transmis par la Mairie (« Plan hangar 2007 » reçu le 15/11/19). Les dimensions y sont indiquées.



Un point de référence est défini au centre de la surface photovoltaïque.

Les distances et azimuths entre les bâtiments et ce point de référence sont mesurées grâce au site « Géo portail ».



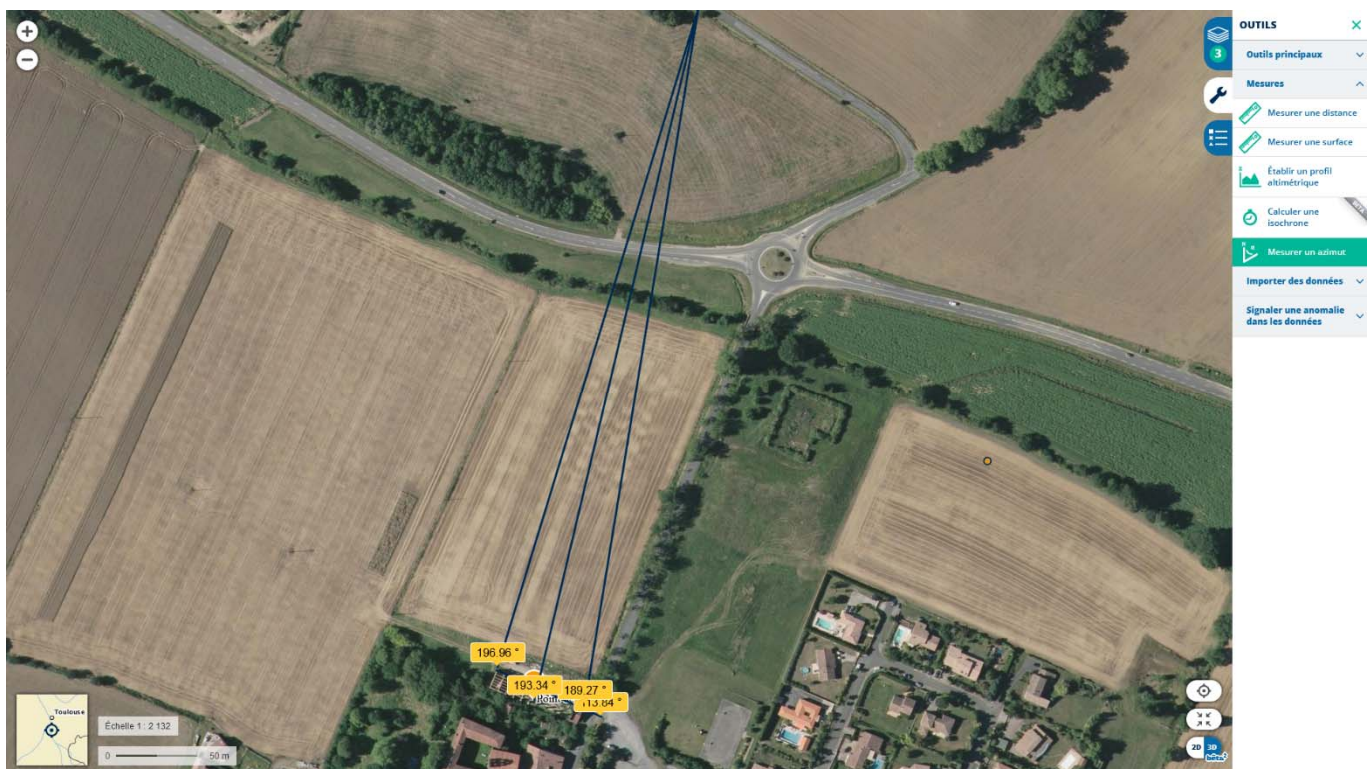
Mesures d'azimut



Mesures de distance

Pour les mesures de hauteur, nous avons la chance d'avoir une bonne visibilité à longue distance depuis le coteau situé au Nord.

En y prenant une photo du site, nous pouvons mesurer les hauteurs sur le cliché, une fois étalonné (mise à l'échelle suivant les dimensions connues du hangar). En effet les angles de prise de vue étant faibles, les erreurs de parallaxe sont quasi négligeables et sont assimilables, en première approximation à des dimensions.



Site de prise de vue.



Cliché pris à distance (coteau Nord).

Etalonnage :

La mise à l'échelle des dimensions du cliché se fait (sur Photoshop) en prenant comme étalon de longueur la largeur de la partie couverte du hangar. Comme la prise de vue est décalée en latéral par rapport à la normale de la façade il faut corriger la longueur de référence d'un facteur correspondant au cosinus de l'angle par rapport à la normale.

En hauteur, nous nous sommes placés à la même altitude, donc pas de correction nécessaire.

Il suffit ensuite de mesurer avec Photoshop les hauteurs sur le cliché par rapport à la hauteur centrale de la surface photovoltaïque principale (partie Est).



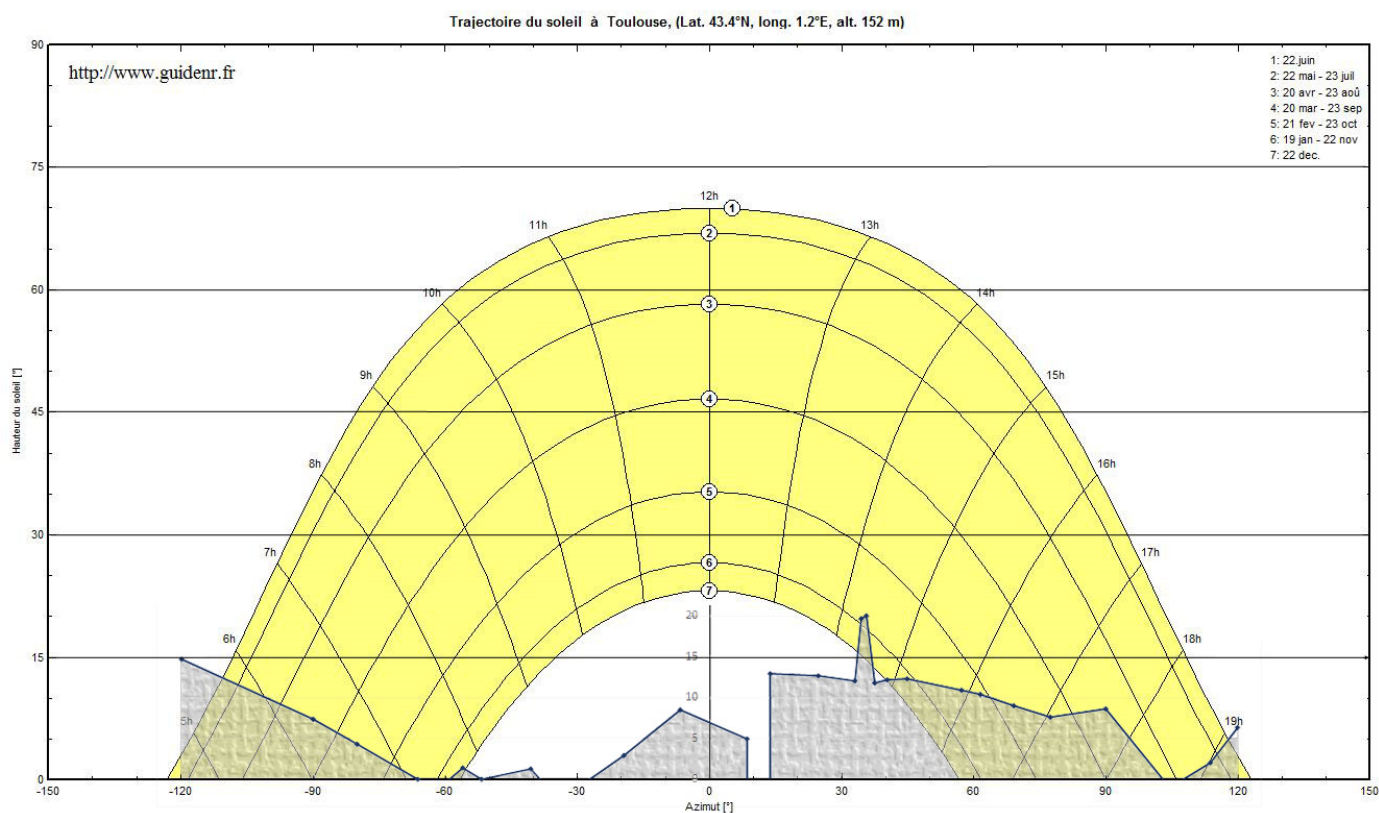
3. Calcul du masque angulaire :

L'élévation angulaire de chaque point du masque est déterminée par la formule :

Tangente (élévation)= Hauteur / Distance $\Leftrightarrow$ Elévation = Arc Tangente (Hauteur / Distance)

Tout ceci est calculé dans le fichier joint et le profil du masque tracé en fonction de l'Azimut : Aureville hangar.xls

Ce profil est ensuite reporté sur une graphique donnant la course du soleil à Toulouse, ci-dessous.



Masquage du soleil au point de référence toiture du hangar d'Aureville

4. Interprétation du masque :

Ce masquage est relativement faible en hauteur ; en termes de puissance perdue celle-ci est faible dans les zones masquées puisque l'incidence solaire sur les panneaux est elle-même faible à ces heures-là :

La perte peut être estimée à quelques % au total, environ 10% perdus entre Novembre et Janvier et négligeable ailleurs. Les ombres sont causées par le clocher (vers 35°) et surtout le château (entre +38 et +80° d'azimut) et un arbre vers +9