



ENGINEERING SCHOOL
Creating the future together

Rapport client V0

PROJET SOWATT

Védie Manon, Ageneau Guillaume, Bulteau Etienne, Marès
Eugène, Moussalli Lucas, Tort Juliette

EPF | GUY DEGREEF

TABLE DES MATIERES

Table des acronymes	2
Table des illustrations	3
Table des tableaux	4
I/ Introduction	5
II/ Présentation globale	6
Présentation de l'équipe	6
Présentation du projet	6
Objectifs du projet.....	7
III/ Notre méthodologie	8
Partie technique	8
Partie financière	9
Partie administrative	9
IV/ Partie technique	10
Mise en contexte	10
Notre étude préliminaire	12
C2A	19
Analyse des courbes de charges	22
Regard comparatif sur l'étude de C2A.....	26
V/ Partie financière	28
Mise en contexte	28
Analyse des documents et des données obtenus	28
Mise en place d'une stratégie (feuilles Excel)	28
Hypothèses	28
Compte de résultats	31
VI/ Partie administrative	33
Mise en contexte	33
Déclaration de travaux.....	33
Demande de raccordement	33
VII/ Résultats finaux	35
VIII/ Conclusion	36
Conclusion technique	36
Conclusion personnelle.....	36
Perspectives futures.....	36
Bibliographie	38
Annexes	39

TABLE DES ACRONYMES

ACC	Autoconsommation collective
AMOA	Assistant à maîtrise d'ouvrage
P4A	Projet Majeure Energie et Environnement
PV	Panneaux photovoltaïques
EBE	Excédent Brut d'Exploitation
RE	Résultat d'exploitation
CCA	Compte Courant associé
DSCR	Debt Service Coverage Ratio / Taux de Couverture de la Dette
CA	Chiffre d'affaires
PDL	Point de livraison
SCI	Société civile immobilière
CNO	Certificat de non-opposition
PC	Permis de construire
Kbis	L'extrait Kbis prouve l'immatriculation au RCS
RCS	Registre du commerce et des sociétés

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 - Dimensionnement de la toiture	10
Figure 2 - Ombrage de la toiture	11
Figure 3 - Masque d'horizon	11
Figure 4 - Fichier météo de PVsyst.....	13
Figure 5 - Simulation de la production d'énergie toit A : Autocalcol.....	14
Figure 6 - Simulation de la production d'énergie toit B: Autocalcol	14
Figure 7 - Production mois par mois sur chaque versant	15
Figure 8 - Diagramme de PERTE VOLTEC	18
Figure 9 - Diagramme de PERTE Jinko Solar	19
Figure 10: Vision 3D de l'installation des panneaux Voltec	20
Figure 11- Exemple de la production PV heure par heure	21
Figure 12-Tableau des caractéristiques du panneau asiatique.....	21
Figure 13 - Courbe de charge de la consommation de la CC	23
Figure 14 - Comparaison de la production entre juillet et décembre	23
Figure 15 - Profil de consommation d'une semaine au mois de décembre	24
Figure 16 - Profil de consommation moyen annuel sur une semaine de l'HDV et de la CC.....	24
Figure 17 - Profil type d'une journée du mois de décembre	25
Figure 18 - Comparaison de la consommation totale à la production mois par mois sur 1 an	26
Figure 19 - Tableau récapitulatif 'Données de base'	29
Figure 20 - Choix du type de panneau, feuille 'Dernière centrale'	29
Figure 21 - Feuille 'Dernière centrale'	30
Figure 22 - Feuille 'Hypothèses Globales'	30
Figure 23 - 'CDR Dernière centrale' Partie 1	31
Figure 24 - 'CDR dernière centrale' Partie 2	32
Figure 25-Production mois par mois des deux différents types de panneaux.....	39
Figure 26 - Journée type pour le mois de décembre, panneaux français.....	39
Figure 27: plan de masse.....	40
Figure 28: plan de situation.....	41
Figure 29: photomontage vue lointaine.....	42
Figure 30: photomontage vue proche	42

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 - Dimensions du toi.....	12
Tableau 2 - Calcul du nombre de panneaux installables sur la surface selon le choix de la pose.....	13
Tableau 3 - Irradiation de la ville de Lodève mois par mois.....	15
Tableau 4- Modélisation Pv syst module français.....	16
Tableau 5 - Modélisation PVsyst module asiatique partie 1.....	16
Tableau 6 - Modélisation pv syst module asiatique.....	16
Tableau 7 - Modélisation PVsyst module asiatique partie 2.....	17
Tableau : Caractéristique du panneau Voltec.....	20
Tableau 10 - Variation des taux d'autoconsommation avec les panneaux français en fonction des saisons.....	25

I/ INTRODUCTION

Le « Projet Majeure Energie et Environnement » connu également sous le nom « P4A » est un projet qui nous a été présenté en début de 4^{ème} année à l'EPF. L'objectif, confier à un groupe de 5-6 étudiants de l'EPF une problématique, une mission, les recherches et les solutions d'un projet en cours de réalisation qui nécessite une aide pour son avancement et son développement.

C'est ainsi que des intervenants et des clients ont contacté l'EPF pour « recruter » de jeunes ingénieurs qui seraient capables d'apporter un soutien considérable sur le projet en question. L'ensemble de ces projets qui ont donc été présentés en début de semestre sont liés à l'énergie et l'environnement, l'occasion pour des étudiants d'appliquer leurs connaissances, leurs raisonnements scientifiques et leurs savoirs dans quelque chose de réel et concret.

Le projet ayant débuté en février se terminera mi-juin avec une soutenance finale devant un jury composé des différents professeurs et encadrants du projet et du client à l'initiative de la demande. Cette soutenance retraçant l'ensemble du travail réalisé par le groupe expliquera point par point le déroulement du projet, les avancées et les résultats obtenus.

II/ PRESENTATION GLOBALE

PRESENTATION DE L'EQUIPE

Notre équipe est composée de six élèves ingénieurs EPF :



Juliette TORT, cheffe de projet



Eugène MARES



Manon VEDIE



Guillaume AGENEAU



Lucas MOUSSALLI



Etienne BULTEAU

Nous sommes une équipe complète et sérieuse, et motivée à répondre au mieux aux attentes de notre client.

Nous sommes spécialisés en énergie et environnement et très concernés par les problématiques actuelles. Nous souhaitons nous investir pleinement dans les énergies renouvelables. Votre projet sera réalisé avec efficacité, dans les délais impartis et avec la qualité attendue.

PRESENTATION DU PROJET

Le projet P4A qui nous a été confié en début de semestre par notre client SOLAIRE WATT consiste en l'installation d'une 4^{ème} tranche de panneaux solaires sur l'usine des Moulinages.

Cette installation sera une nouveauté pour SOLAIRE WATT puisque l'objectif final de cette 4^{ème} tranche de panneaux est l'autoconsommation collective. Nous expliquerons un peu plus loin

dans notre rapport en quoi cela consiste, les différentes contraintes et obligations à respecter pour que le projet soit réalisable en autoconsommation collective.

Cette installation et ce projet comprend de nombreuses étapes qui sont transverses et qui demandent à notre groupe une compréhension dans de multiples domaines.

Notre groupe dès le départ a été enthousiaste et motivé à l'idée de pouvoir venir en aide à SOLAIRE WATT, l'objectif étant évidemment d'apporter de la manière la plus efficace et la professionnelle possible notre avis, nos retours et nos avancées sur le projet.

OBJECTIFS DU PROJET

Comme expliqué précédemment, cette installation et ce projet vont faire appel à un ensemble de compétences et connaissances transverses. En effet, avant de prévoir l'installation des panneaux solaires sur l'usine, des études doivent être réalisées.

Notre travail et mission principale consiste dans un premier temps en l'étude technico-économique du projet. Ainsi, notre groupe devra réaliser deux études distinctes :

- Une étude technique permettant de savoir si l'installation des panneaux est réalisable « techniquement ». Cette étude comprendra l'analyse du terrain, l'analyse des environs et des ombres, l'analyse de la toiture, le dimensionnement des panneaux solaires.
- Une étude économique permettant de donner une vision d'ensemble sur différents critères importants à prendre en compte. Cette étude permettra par exemple de chiffrer le coût d'installation de cette nouvelle tranche de panneaux, elle permettra également de fournir à SOLAIRE WATT une estimation des recettes que pourrait générer l'installation.
- Une étude de la législation qui s'articule autour de l'autoconsommation collective, comprendre et analyser les enjeux et contraintes. Mais d'autres actions et objectifs essentiels seront aussi abordés dans ce rapport comme la déclaration de travaux à la mairie de Lodève et la réalisation d'une demande de raccordement au réseau ENEDIS.

Une fois que l'ensemble de ces objectifs seront atteints, ils permettront alors à SOLAIRE WATT d'avoir toutes les informations nécessaires en sa possession pour prendre sa décision finale qui consistera à l'installation ou non de cette 4^{ème} tranche de panneaux en autoconsommation collective sur l'usine des Moulinages de Lodève.

III/ NOTRE METHODOLOGIE

La méthodologie est une étape primordiale dans un projet, celui-ci étant très complet, il comporte beaucoup d'étapes variées et interdépendantes. Ainsi, nous avons choisi de diviser notre projet en différentes parties sur lesquelles nous travaillons :

- Une partie technique, comprenant principalement le dimensionnement de l'installation des panneaux photovoltaïques (modules) et l'analyse du terrain
- Une partie financière dans laquelle nous devons effectuer un bilan financier de l'installation de la centrale photovoltaïque
- Une partie administrative, dans laquelle nous devons engager certaines démarches pour permettre la création du projet.

Pour pouvoir commencer notre projet dans les conditions les plus optimales, il a été nécessaire de récolter toutes les données d'entrées pertinentes auprès de SOLAIRE WATT (OPEX et CAPEX des anciennes centrales, dimension du toit, etc....). Il est bon de noter que ça n'a pas toujours été chose facile de les collecter. D'une part, nous n'avions pas à notre connaissance toute la liste des documents nécessaires pour avancer, d'autre part la récolte de certaines informations demande des échanges avec plusieurs acteurs, de plus que les données fournies n'étaient pas toujours exactes ou suffisamment précises. Une fois un maximum d'informations récoltées, nous pouvions alors commencer la partie technique.

PARTIE TECHNIQUE

Pour la partie technique, il est important de faire un diagnostic de la parcelle de notre projet, ainsi que des conditions de notre projet.

- La première étape est donc de faire une étude préliminaire sur le dimensionnement du toit, de calculer le productible de notre parcelle, le nombre de module et le type de modules à installer. Pour cela, nous allons ainsi réaliser une modélisation de la centrale photovoltaïque, en croisant plusieurs méthodes : analytique et une numérique (avec les logiciels : PVSyst, Autocalsol et Géoportail) afin d'obtenir un prévisionnel le plus proche possible de la réalité.
- La seconde étape est de faire valider ces modélisations à un bureau d'étude (C2A), ils apporteront en plus, leurs expériences et leur savoir-faire dans notre projet permettant d'obtenir une modélisation très proche de la réalité et exploitable pour la suite du projet. Cette modélisation comprendra les courbes de charges de productions heure par heure, le type et nombre de panneaux photovoltaïques et onduleurs à installer et des données financières.

- Ensuite, il faudra analyser ces courbes de charge et les comparer aux courbes de charge des consommateurs pour réaliser un profil de production-consommation et permettre de réaliser la clé de répartition à savoir quelle part d'énergie va chez quel consommateur et quel consommateur aura l'énergie en premier.

PARTIE FINANCIERE

Pour ce qui est de la partie financière, nous avons créé un modèle financier, incluant les dépenses et recettes d'exploitation (CAPEX) ainsi que les dépenses et recettes d'opération (OPEX) du projet.

Nous avons créé deux modèles différents, le premier concernant uniquement notre centrale, et le second prenant également en compte les dépenses d'installations et recettes des autres centrales afin de permettre à SOLAIRE WATT d'avoir une vision globale sur l'investissement et la rentabilité de ses différents projets.

PARTIE ADMINISTRATIVE

Pour ce qui est de la partie administrative, nous avons fait principalement une déclaration de travaux auprès de la mairie ainsi qu'une demande de raccordement auprès de ENEDIS, afin de raccorder la future centrale au réseau électrique et pouvoir faire bénéficier de cette énergie aux différents consommateurs à travers le biais de l'autoconsommation collective.

IV/ PARTIE TECHNIQUE

MISE EN CONTEXTE

La partie technique est un point essentiel dans un projet d'énergie renouvelable, en effet les différentes études techniques réalisées au cours du projet, permettent selon les résultats de conclure ou non le projet. De notre côté, nous avons dû réaliser le dimensionnement de la centrale de Solaire Watt. Afin d'obtenir des résultats fiables, nous avons croisé plusieurs méthodes techniques, à savoir :

- une étude réalisée par C2A, un bureau d'étude situé dans l'Aveyron
- une étude réalisée par notre bureau d'étude SoWatt, grâce aux logiciels Pvsyst, Autocalsol et géoportail
- une étude manuelle

Pour commencer l'étude, il est nécessaire de connaître les dimensions du toit (figure 3) de l'usine des Moulinaiges.

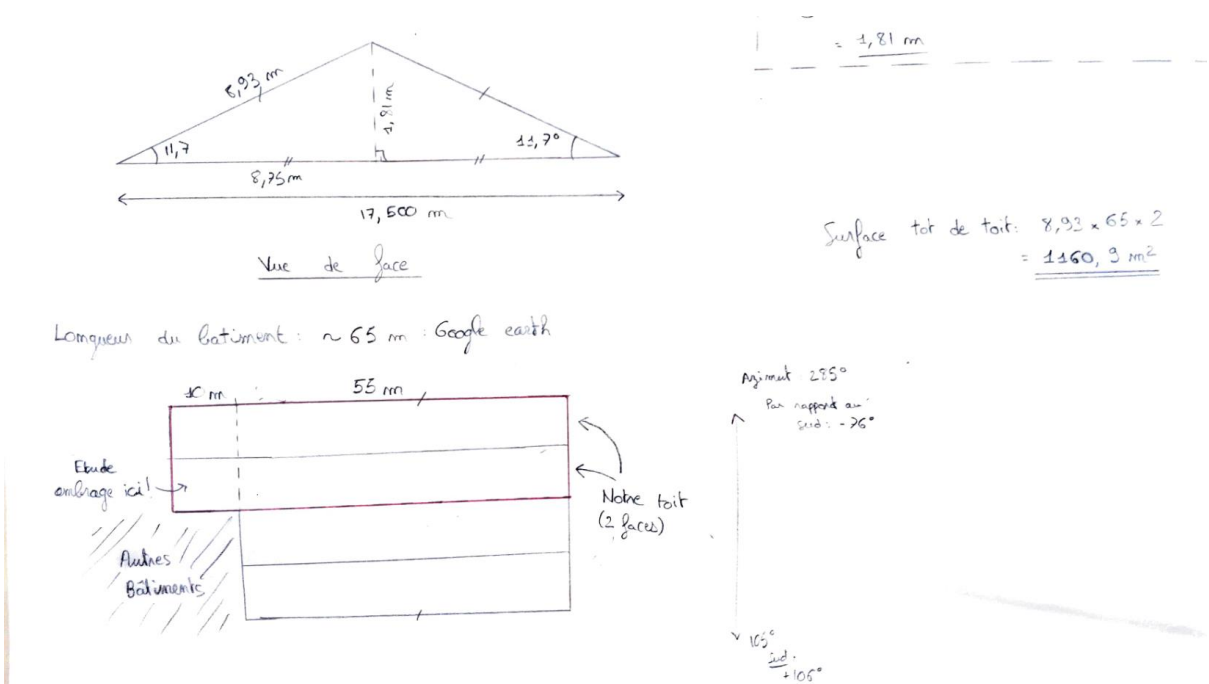


Figure 1 - Dimensionnement de la toiture

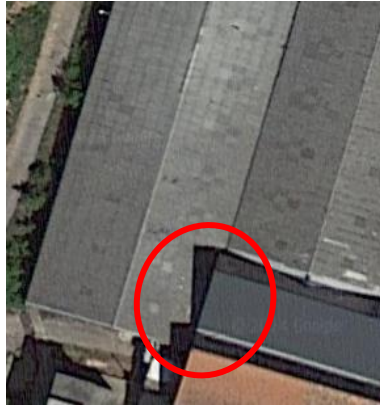


Figure 2 - Ombrage de la toiture

Voici au-dessus un croquis du toit de la toiture de l'usine des Moulinaiges. Nous avons donc une surface de toit totale égale à 1160 m² avec une pente de 11,7°. Chaque versant correspond à une surface de 580 m². Dans la photo ci-joint, nous pouvons apercevoir une zone d'ombrage sur le site. En effet, nous savons que le productible annuel d'une installation photovoltaïque dépend directement de l'irradiation solaire reçue par les modules qui la constituent. Ainsi une zone d'ombrage diminuera considérablement le productible.



Figure 3 - Masque d'horizon

Nous avons aussi pu voir sur Autocalcol, les masques d'horizons qui auront sûrement un impact sur la production d'électricité à l'année. Le premier graphique montre les masques de la partie Est du toit, nous pouvons déduire de ce graphique qu'à un azimuth de -76°, il y a un obstacle qui obstrue le ciel à 20° au-dessus de l'horizon. Voici ce que nous pouvons en déduire :

- Impact sur la Production Solaire : Les panneaux solaires orientés vers -76° auront de l'ombre lorsque le soleil sera à un angle d'élévation inférieur à 20° dans cette direction.

- Heures d'Ombre : En fonction de la latitude du site et de la période de l'année, nous pouvons déterminer quand le soleil sera en dessous de 20° dans cette direction, ce qui indique les périodes d'ombre.

De même, pour le toit situé à un angle d'azimut à 106°, il y a un obstacle qui obstrue le ciel à environ 10° au-dessus de l'horizon. Voici ce que nous pouvons en déduire :

- Impact sur la Production Solaire : Les panneaux solaires orientés vers 106° auront de l'ombre lorsque le soleil sera à un angle d'élévation inférieur à 10° dans cette direction.
- Heures d'Ombre : En fonction de la latitude du site et de la période de l'année, nous pouvons déterminer quand le soleil sera en dessous de 10° dans cette direction, ce qui indique les périodes d'ombre.

NOTRE ETUDE PRELIMINAIRE

Tout d'abord, pour pouvoir commencer nos modélisations, la première étape a été d'analyser et de comprendre les différents plans de toiture de l'usine les Moulinages. L'objectif était ensuite d'avoir une première idée du nombre de panneaux que nous pourrions mettre sur la toiture et ainsi avoir une première idée de la production possible de la centrale en utilisant Excel. Dans un premier temps, il nous fallait connaître la surface d'installation disponible. Nous connaissons les dimensions des toitures mais cela n'est pas le seul facteur. En cherchant comment installer des panneaux, nous avons constaté qu'il était utile de prendre des marges lorsque l'on évalue la surface installable. Plusieurs sources recommandaient de mettre au minimum un écart de sécurité de 30cm entre les panneaux et les bordures de toiture. Nous avons choisi de délimiter une surface de 40cm (un peu plus grand que 30cm afin d'avoir une sécurité supplémentaire) sur chaque bordure de toit pour faciliter l'entretien et l'accès à la toiture. Une distance est recommandée entre les panneaux. Cet écart permet de faciliter le nettoyage et la maintenance mais aussi d'améliorer la circulation de l'air sous les panneaux ce qui réduit l'accumulation de chaleur, améliore le refroidissement et ainsi la performance des modules. On considère donc un écart de 7cm entre chaque panneau. Nous avons pris les dimensions des panneaux photovoltaïques [TARKA 138 VSBD](#) de la marque Voltec avec une puissance de 420, panneaux ultérieurement choisis par SOLAIRE WATT pour ses anciennes centrales.

On résume donc les contraintes de notre modèle dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1 - Dimensions du toit

	Dimension toit 1	Dimension toit 1 avec marge (40cm)	Dimension toit 2	Dimension toit 2 avec marge (40cm)	Dimension PV	Dimension PV avec écart (7cm)
Longueur (L) en m	65	64.2	30	29.2	1.835	1.905
Largeur (l) en m	8.93	8.13	4.5	3.7	1.042	1.112

En comparant simplement les dimensions des panneaux et les dimensions des toitures, on obtient le résultat ci-dessous.

Tableau 2 - Calcul du nombre de panneaux installables sur la surface selon le choix de la pose

Cas 1 : Horizontal			Cas 2 : Verticale		
L/L	33,7	15,3	L/L	57,7	26,3
l/l	7,3	3,3	l/l	4,3	1,9
Total de panneaux par face	231	45	Total de panneaux par face	228	26
Total de panneaux par toiture	462	90	Total de panneaux par toiture	456	52
Total de panneaux installables	552		Total de panneaux installables	508	

Avec une pose des panneaux de façon horizontale, on peut espérer installer 552 panneaux de 420 W au total. On obtient une puissance d'environ **232 kWc**.

Ensuite, nous avons voulu approfondir nos modélisations à travers des logiciels de modélisation afin d'obtenir des résultats en termes d'énergie produite. Le premier logiciel utilisé a été Autocalsol, ce logiciel nous a permis de faire une première simulation d'un scénario correspondant à la volonté De SOLAIRE WATT qui consiste à installer 250 kWc. Ce scénario n'est pas forcément conforme à la réalité. En effet, nous avons vu précédemment que la puissance crête de la centrale peut être inférieure à celle espérée. Nous avons néanmoins choisi de faire cette première approche en faisant l'hypothèse d'un cas avec une centrale de 250 kWc pour avoir une estimation simplifiée de la production annuelle. Nous devons remplir dans ce logiciel, l'orientation du toit, les coordonnées géographiques et la puissance crête pour obtenir des résultats. Pour faire la simulation, nous avons séparé le toit en deux parties : la partie A correspondant à la partie située à une orientation à -76° (SUD-EST) et la partie B correspondant à une orientation de 106° (NORD-OUEST).

Les données météo sont prises sur le site de Lodève et elles sont générées par meteonorm.

Fichier Météo



Figure 4 - Fichier météo de PVsyst

On cherche maintenant à connaître l'irradiation annuelle permettant d'obtenir la production annuelle totale.

Tranche de toit A : 125 kWc : Orientation à -76° // Inclinaison du toit : 11,56°

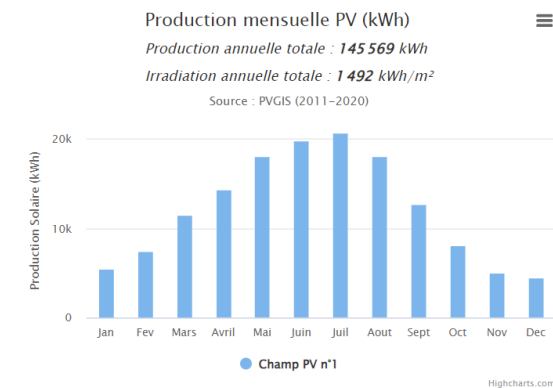


Figure 5 - Simulation de la production d'énergie toit A : Autocalsol

Nous pouvons voir grâce à ce graphique, que la partie A du toit de l'usine des Moulinages produira **145 569 kWh/an** avec un pic de production durant le mois de juillet.

Tranche de toit B : 125 kWc : Orientation : 106° // Inclinaison du toit : 11,56°

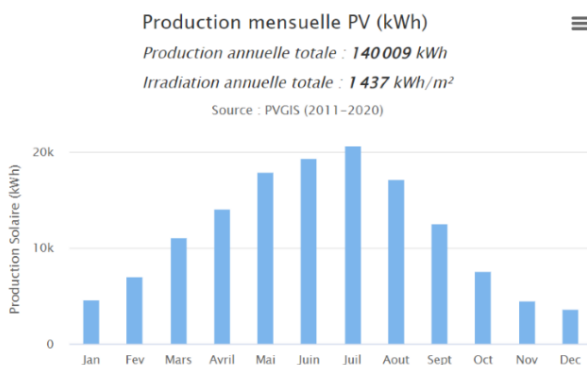


Figure 6 - Simulation de la production d'énergie toit B: Autocalsol

Nous pouvons voir grâce à ce graphique, que la partie B du toit de l'usine des Moulinages produira **140 009 kWh/an** avec aussi un pic de production durant le mois de juillet.

Les deux toits donnent donc sur une année **285 578 kWh/an** avec un scénario d'installation de 250 kWc sur les toits.

Sur le graphique ci-dessous, on a réuni les deux graphiques précédents. On voit ainsi comment se répartie la production.

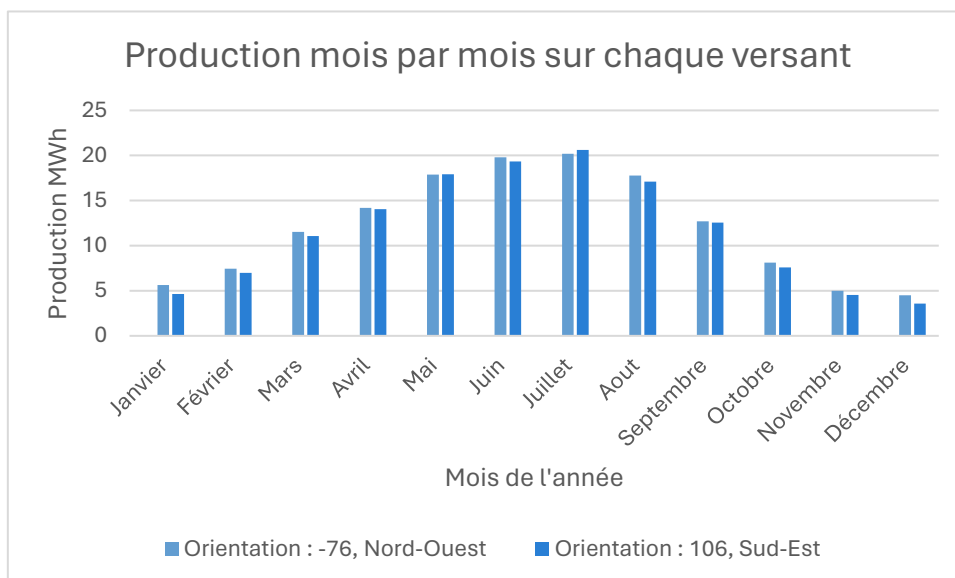


Figure 7 - Production mois par mois sur chaque versant

On observe bien cette tendance avec une production plus importante sur les mois de mai, juin, juillet et août. De plus, la production sur chaque versant est assez similaire chaque mois. Il n'y a pas de différence importante entre la production d'un versant par rapport à l'autre sur le mois. On peut noter que bien que la production du versant Nord-ouest soit globalement plus importante, au mois de juillet c'est le versant Sud-est qui produit le plus.

Nous avons aussi regardé plus en détail l'irradiation de la ville de Lodève, mois par mois en kWh/m². On remarque qu'en juillet l'irradiation est maximale tandis qu'en décembre elle est minimale. Cela explique les résultats que l'on trouve pour la production.

Tableau 3 - Irradiation de la ville de Lodève mois par mois

	jan	fév	mars	avr	mai	juin	juil	août	sep	oct	nov	déc	année
<u>IGP (kWh/m²)</u>	1.47	2.09	3.44	4.48	5.13	6.13	6.6	5.66	4.38	2.6	1.61	1.31	3.75
<u>Prod (kWh)</u>	276.4	391.5	645.6	839.8	961.2	1148.7	1238.2	1061.9	820.6	487	302	246.4	703.3

Nous avons ensuite effectué une analyse plus précise sur Pvsyst afin d'obtenir des scénarios plus réalistes. Grâce à autocalcol, nous avons maintenant une idée de la production annuelle qu'il est possible d'obtenir. Ces résultats nous seront utiles pour comparer avec ceux de la simulation Pvsyst. On pourra vérifier si les résultats obtenus sont cohérents et ainsi éviter les erreurs de manipulation.

En effet, Pvsyst est un logiciel permettant de spécifier la puissance souhaitée ou la surface disponible, de choisir le module PV dans la base de données interne et aussi de choisir l'onduleur dans la base de données interne. Pour cette étude nous avons pris des panneaux photovoltaïques de la marque Voltec et des onduleurs de la marque SMA. Pour simplifier l'étude, on ne prend pas en compte la zone d'ombrage ni la présence d'un couloir de sécurité. On considère que toute la surface de toit est exploitable.

Le tableau ci-dessous a été obtenu grâce à la modélisation sur Pvsyst. Il indique le nombre de panneaux par surface, la place que ça prend et le nombre d'onduleur. Les modules seront placés à l'horizontal.

Tableau 4 4- Modélisation Pv syst module français

	Marque/réf	Puissance	Nombre par face	Surface m ²	Marge surfacique m ²
Type de panneaux	Voltec Solar	420W	275	575	5
Type onduleur	SMA	100kW	1	/	/

Sur chaque toit, il y aura 11 chaînes composées de 25 modules sur chaque côté de toiture soit 550 panneaux au totale.

Dans cette configuration, on obtient différents résultats résumés ci-dessous.

Tableau 5 5 - Modélisation PVsyst module asiatique partie 1

Caractéristique champ pv		Résultat versant nord-ouest		Résultat versant sud-est
Puissance nominale (kWp)	232	Production (MWh/an)	145	140
Tension MPP (V)	26,4	Productible (kWh/kWc/an)	1259	1211
Courant MPP (A)	15,9	Indice de performance	0,849	0,857
Localisation	Lodève	Pertes (kWh/kWc/an)	18,2625	18,2625

On a une puissance nominale égale sur chaque versant de toit de 116 kWc. Au totale, la centrale aura donc une puissance de 232 kWc. Comme sur autocalsol, on retrouve une production un peu plus importante sur la toiture orientée nord-ouest. On obtient donc une puissance de **232 kWc** et une production d'électricité totale d'environ **284 MWh** à l'année.

La puissance de 232 kWc est inférieure à celle espérée. Avec ce modèle de panneau, il n'est pas possible d'atteindre l'objectif fixé de 250 kWc.

A la demande de SOLAIRE WATT, nous avons fait une seconde étude sur des panneaux de fabrication asiatique. Ce type de panneau étant souvent décrit comme moins chère et plus performant, SOLAIRE WATT souhaitait un comparatif. Nous avons donc réalisé la même étude PV Syst pour un modèle de panneau asiatique de la marque Jinko. Il s'agit du modèle [Tiger Neo 445 Watt](#). Nous avons choisi ce panneau comme modèle type car il est performant et possède une puissance crête comparable au Voltec 420 watt de l'étude précédente.

Le tableau ci-dessous a été obtenu grâce à la modélisation sur PV Syst. Comme précédemment, il indique le nombre de panneaux par surface, la place que ça prend et le nombre d'onduleur.

Tableau 6 - Modélisation pv syst module asiatique

	Marque/réf	Puissance	Nombre par face	Surface m ²	Marge surfacique m ²
Type de panneaux	Jinkosolar	445W	286	571	3
Type onduleur	SMA	100kw	1	/	/

Sur chaque toit, il y aura 13 chaînes de composées de 22 modules sur chaque côté de toiture soit 572 panneaux au totale. On remarque qu'il est possible d'installer plus de panneaux. Ces modules ont une puissance plus importante que les Voltec 420 watt. On va donc s'attendre à une puissance de la centrale plus importante que dans le cas précédent.

Dans cette configuration, on obtient différents résultats résumés ci-dessous.

Tableau 77 - Modélisation Pvsyst module asiatique partie 2

Caractéristique champ pv		Résultat versant nord-ouest		Résultat versant sud-est
Puissance nominale (kWp)	254	Production (MWh/an)	167	158
Tension MPP (V)	33,5	Productible (kWh/kWc/an)	1308	1240
Courant MPP (A)	13,3	Indice de performance	0,882	0,878
Localisation	Lodève	Pertes (kWh/kWc/an)	18,2625	18,2625

On a une puissance nominale égale sur chaque versant de toit de 127 kWc. Au totale, la centrale aura une puissance de 254 kWc. Une fois de plus, on retrouve une production un peu plus importante sur la toiture orientée nord-ouest. On obtient donc une puissance de **254 kWc** et une production d'électricité totale d'environ **325 MWh** à l'année.

Comme espéré, on a bien une puissance plus importante et que dans le cas précédent. La production est également plus importante. Avec cette modélisation, l'objectif d'une centrale de 250kWc est possible.

La centrale de module de fabrication asiatique donne de meilleurs résultats. La production sur l'année est 14% plus importante. Néanmoins, cela ne veut pas dire qu'une centrale avec des modules Jinko est mieux pour notre cas. On ne connaît pas leurs coûts, les coûts d'installation, la durabilité ou autres paramètres permettant de déterminer le LCOE.

Bien que l'on ait déjà les résultats, il est aussi utile d'identifier et de comprendre les pertes de nos panneaux photovoltaïques liées à différents facteurs. Dans notre cas, l'efficacité en STC est de 20,11%. Cependant, Pvsyst prend en compte des pertes pour les modules. Le diagramme ci-dessous nous montre l'influence négative que peut avoir un paramètre sur l'efficacité de nos panneaux.

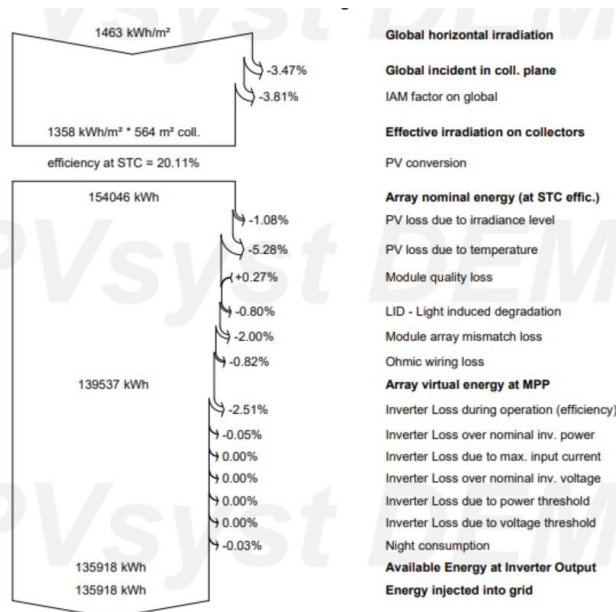


Figure 8 - Diagramme de PERTE VOLTEC

Pour le diagramme de perte du Voltec 420 watt, on observe dans un premier temps que la température à l'impact le plus important en faisant perdre près de 5,3% de l'efficacité en STC. Des températures élevées réduisent la bande de valence et ainsi la capacité du panneau à produire de l'énergie. On retrouve 2,5% de pertes liées aux onduleurs. Il y a aussi 2% de pertes liées au fait que les panneaux n'ont pas tous exactement la même puissance et lorsqu'ils sont branchés ensemble, c'est la puissance du moins puissante qui prévaut. 1% des pertes est induites par l'irradiance. En effet, à une irradiance faible, les cellules solaires sont moins efficaces à de très faible niveau d'irradiance. On a 0,8% de pertes liés à la dégradation par la lumière solaire. La lumière solaire provoque une réaction chimique dans les matériaux ce qui diminue l'efficacité. Enfin, on compte 0,8% des pertes induites par le câblage. Au total, on trouve 9,5% de perte par rapport à notre efficacité en STC.

Pour le second cas avec les panneaux de la marque Jinkosolar, l'efficacité en STC est de 22,34%. Les pertes sont légèrement différentes que pour les panneaux de la marque Voltec.

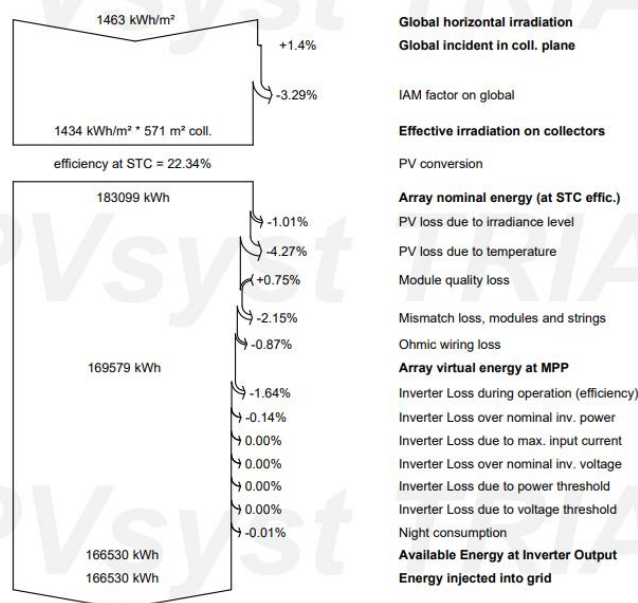


Figure 9 - Diagramme de PERTE Jinko Solar

Bien que les pertes soient quelques peu différentes, on retrouve des ordres de grandeur similaire. Les paramètres ayant un impact négatif sont les mêmes. On remarque tout de même que les pertes liées au décalage de puissance des panneaux et à l'onduleur sont légèrement plus importantes que dans le cas précédent. Au total, on trouve 10% de perte par rapport à notre efficacité en STC.

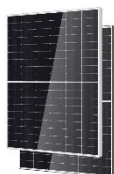
C2A

C2A est un bureau d'étude situé dans l'Aveyron, spécialisé dans le domaine du solaire. Ils ont effectué le dimensionnement de la centrale avec deux panneaux différents :

- Voltec tarka 110 VSMP 455Wc



- DMEGC DMXXM10RT-G54HSW/HBW 450Wc



Dans les deux cas, la centrale sera reliée à 2 onduleurs SMA Core 2 d'une puissance de 110 kW.

Dans cette étude, l'ombrage a été pris en compte. Ainsi, le versant Est du toit comprendra moins de panneaux car une zone d'ombrage est présente. C2A a donc décidé de ne pas mettre de panneaux dans cette zone.

Cas 1 : Panneau Voltec Tarka 110 VSMP 455Wc

Voici ci-dessous, un tableau présentant les caractéristiques du panneau Voltec Tarka 110 VSMP 455Wc.

Dimensions (mm)	1870 x 1069 x 35
Poids (kg)	21
Types de cellules	Monocristallin type N
Demi ou pleine	Demi-cellules
Type de panneau	Monofacial
Puissance (Wc)	455
Rendement surfacique	22,76%
Tensions à puissances max V_{pmax} (V)	33,52
Intensité à puissances max I_{pmax} (V)	13,57
Tension à puissance V_{oc} (V)	40,09
Courant de court-circuit I_{sc} (A)	14,35

Tableau 8 : Caractéristique du panneau Voltec

Vis-à-vis des dimensions du toit, il est possible d'installer :

- 231 panneaux sur le versant Ouest pour une puissance de 105 kWc. Ils seront disposés sur 7 lignes et 33 colonnes.
- 216 panneaux sur le versant Est pour une puissance de 98 kWc. Ils seront aussi disposés sur 7 lignes et 33 colonnes. En revanche, pour le versant Est, il y aura 15 panneaux de moins car on choisit de ne pas mettre de modules sur les zones ombragée. Voici ci-dessous une modélisation 3D des panneaux photovoltaïques installés sur la toiture de l'usine des Moulinages.

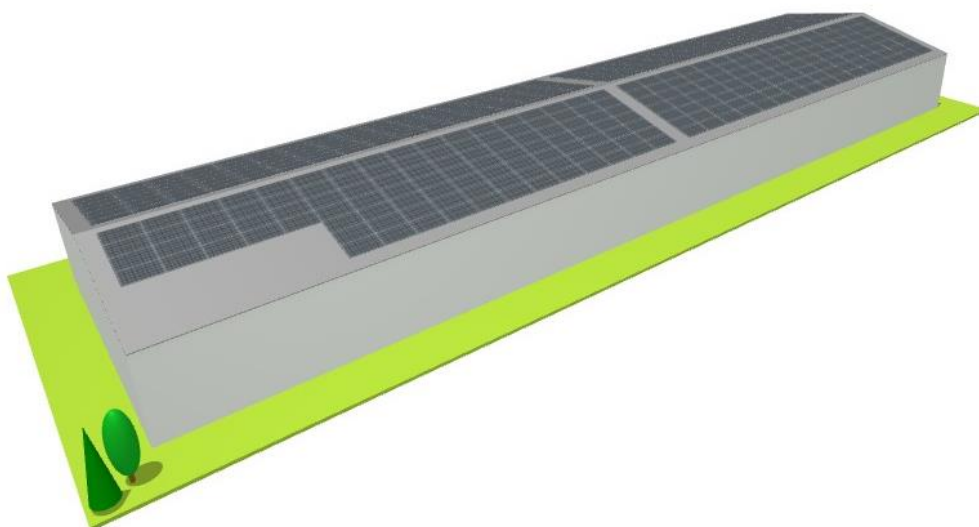


Figure 10: Vision 3D de l'installation des panneaux Voltec

Avec 447 panneaux, l'installation aura donc une puissance totale de 203 kWc et une production annuelle estimée à 216 MWh. En effet, pour pouvoir exploiter la production annuelle et ainsi la faire corréler avec la consommation annuelle des consommateurs bénéficiant de l'autoconsommation collective, nous avons généré des valeurs de production heure par heure sur une année entière.

Date et heure	Production toit 1 (Est)	Production toit 2 (Ouest)	Production TOTAL
01/01/2025 00:00	0,0	0,0	0,0
01/01/2025 01:00	0,0	0,0	0,0
01/01/2025 02:00	0,0	0,0	0,0
01/01/2025 03:00	0,0	0,0	0,0
01/01/2025 04:00	0,0	0,0	0,0
01/01/2025 05:00	0,0	0,0	0,0
01/01/2025 06:00	0,0	0,0	0,0
01/01/2025 07:00	0,0	0,0	0,0
01/01/2025 08:00	1994,5	2133,0	4127,5
01/01/2025 09:00	4627,6	4949,0	9576,6
01/01/2025 10:00	27672,3	12540,7	40213,0
01/01/2025 11:00	28430,4	19784,1	48214,6
01/01/2025 12:00	24681,6	22619,0	47300,7
01/01/2025 13:00	17193,1	19999,8	37192,9
01/01/2025 14:00	8562,9	13838,1	22401,1
01/01/2025 15:00	3035,5	3246,3	6281,8
01/01/2025 16:00	0,0	0,0	0,0
01/01/2025 17:00	0,0	0,0	0,0
01/01/2025 18:00	0,0	0,0	0,0
01/01/2025 19:00	0,0	0,0	0,0
01/01/2025 20:00	0,0	0,0	0,0
01/01/2025 21:00	0,0	0,0	0,0
01/01/2025 22:00	0,0	0,0	0,0

Figure 11- Exemple de la production PV heure par heure

- Cas 2 : DMEGC DMXXM10RT-G54HSW/HBW 450Wc

Voici ci-dessous, un tableau présentant les caractéristiques du panneau DMEGC :

Dimensions (mm)	1762 x 1134 x 30
Poids (kg)	24,5
Types de cellules	Monocristallin type N
Demi ou pleine	Demi-cellules
Type de panneau	Monofacial
Puissance (Wc)	450
Rendement surfacique	22,52%
Tensions à puissances max Vpmax (V)	33,24
Intensité à puissances max Ipmax (V)	13,54
Tension à puissance Voc (V)	39,8
Courant de court-circuit Isc (A)	13,96

Figure 12-Tableau des caractéristiques du panneau asiatique

Vis-à-vis des dimensions du toit, il est possible d'installer :

- 210 panneaux sur le versant Ouest pour une puissance de 94,5 kWc. Ils seront disposés sur 6 lignes et 35 colonnes.
- 227 panneaux sur le versant Est pour une puissance de 102 Kwc. Ils seront disposés sur 7 lignes et 35 colonnes. Mais à la différence du versant ouest, il y aura 18 panneaux de moins sur la zone ombragée.

Avec 437 panneaux, l'installation aura donc une puissance totale de 196,5 kWc et une production annuelle estimée à 209 MWh.

ANALYSE DES COURBES DE CHARGES

Dans cette partie nous analyserons les courbes de charges de nos consommateurs afin d'établir un taux d'autoconsommation.

Pour rappel, une courbe de charge est un graphique qui représente la variation de la consommation d'électricité d'un utilisateur ou d'un groupe d'utilisateurs en fonction du temps. Celle qui nous intéressent sont à la période heure par heure.

Nos deux premiers auto-consommateurs sont la mairie de Lodève et la communauté de communes (école, infrastructures sportives...). Nous nous sommes basés sur les courbes de charges de 2023 qui nous ont été fournies pour établir le taux d'autoconsommation. Nous avons choisi l'année 2023 et non une moyenne sur les dernières années car depuis 3 ans, des mesures ont été prises par la mairie et la communauté de commune pour réduire de manière significative leurs consommations.

L'autoconsommation individuelle ou collective correspond à la consommation en même temps que la production. C'est pourquoi nous avons comparé la production et la consommation à un pas de temps horaire sur une année entière.

Pour étudier ces courbes de charge, il est tout d'abord important de noter des variations de consommations importantes à chaque échelle de temps.

- Tout d'abord, comme évoquée précédemment, la consommation a tendance à baisser d'année en année grâce aux efforts mis en place par la mairie et la collectivité de communes. Cette tendance devrait continuer étant donné le prix élevé de l'énergie et une augmentation moyenne des températures qui réduit les besoins en chauffage.
- Ensuite d'un point de vue saisonnier, la consommation est bien plus élevée en hiver qu'en été. Ceci est dû à des températures faibles et des journées plus courtes. De plus, les congés sont plus fréquents en été. La demande est donc bien inférieure. Le graphique ci-dessous représente la consommation de la CC, à l'échelle mensuelle de mars 2018 à mars 2024.

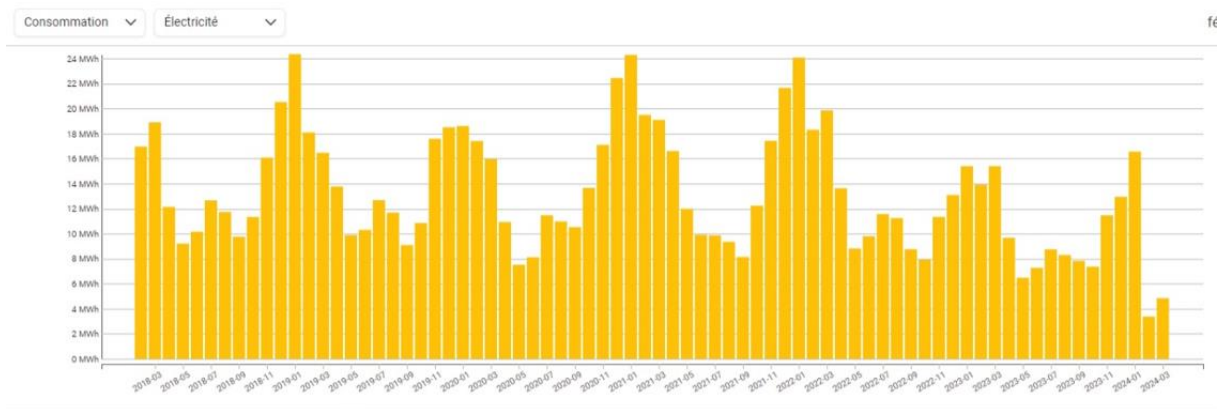


Figure 13 - Courbe de charge de la consommation de la CC

Nous pouvons observer une tendance générale à la baisse depuis mars 2022, avec un effet plus important sur la saison de l'hiver. De plus les saisonnalités sont bien visibles avec une consommation entre **2 et 3 fois inférieure** en août par rapport à janvier. Paradoxalement, la production est **5 fois supérieure** en juillet comme le montre le graphique ci-dessous :

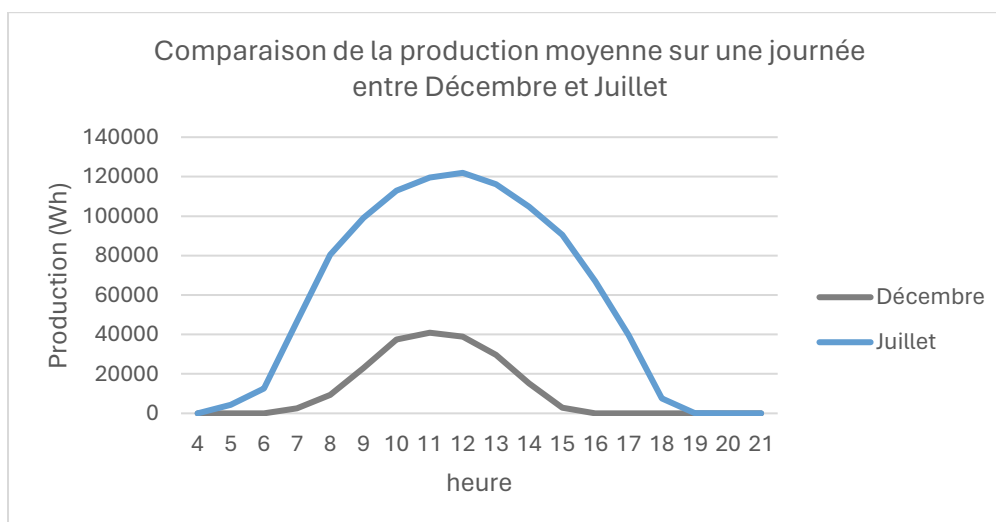


Figure 14 - Comparaison de la production entre juillet et décembre

- Au niveau hebdomadaire, les bâtiments de la CC et la mairie ne sont pas utilisés de la même manière le week-end et en semaine. Ceci provoque une nouvelle disparité.

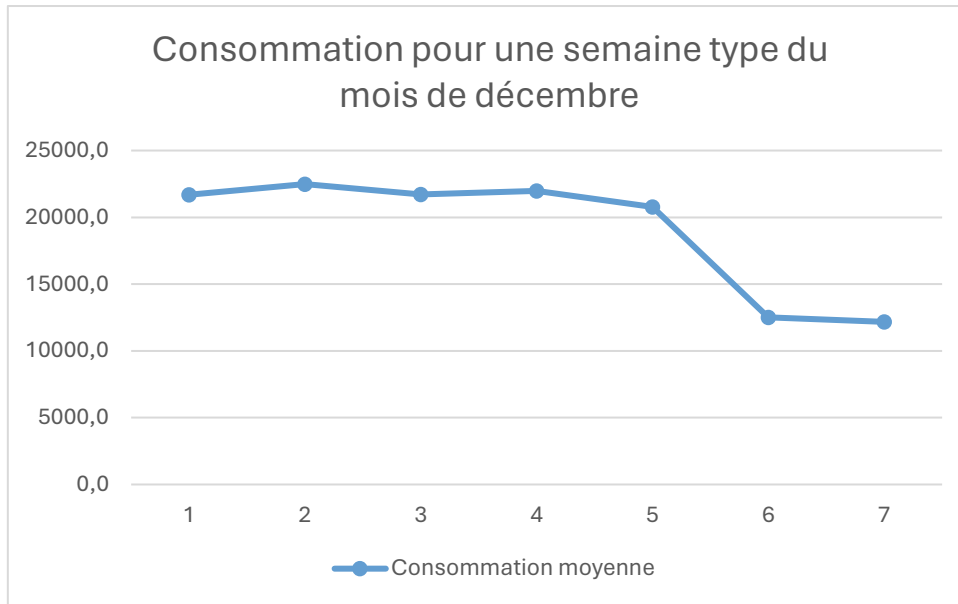


Figure 15 - Profil de consommation d'une semaine au mois de décembre

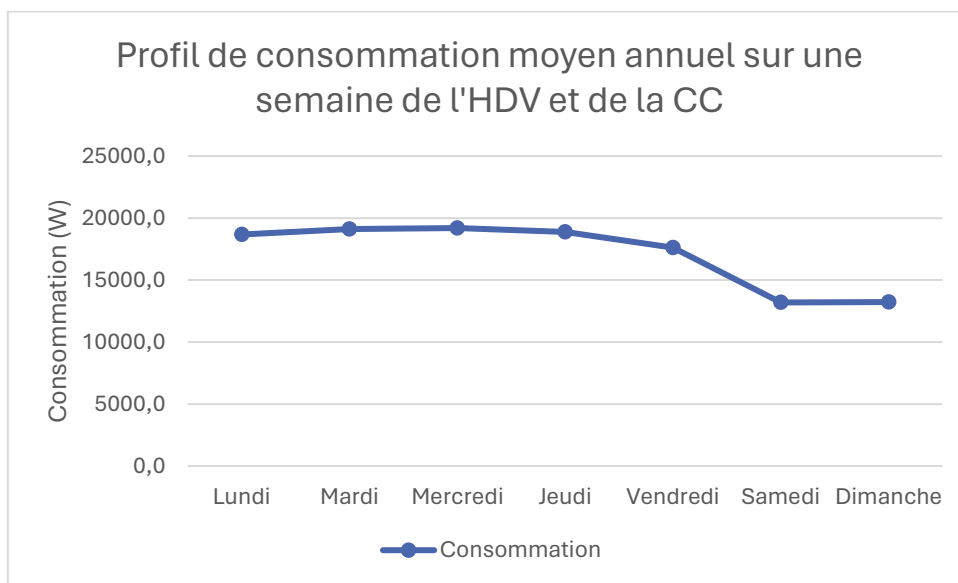


Figure 16 - Profil de consommation moyen annuel sur une semaine de l'HDV et de la CC

Nous pouvons observer une répartition inégale de la consommation au cours des semaines. En effet, les week-end la consommation est **1,5 fois moins importante** que la semaine. Ce phénomène est encore plus marqué en hiver avec une consommation de **1,8 fois plus importante** en semaine que le week-end. Il est important de noter que ces graphiques montrent une tendance moyenne sur un mois (figure 23) et un an (figure 24), certaines semaines ont des profils de consommation plus ou moins disparates.

- Enfin, d'un point de vue journalier, les horaires de bureaux sont en phase avec les heures de production ce qui est un vrai point positif.

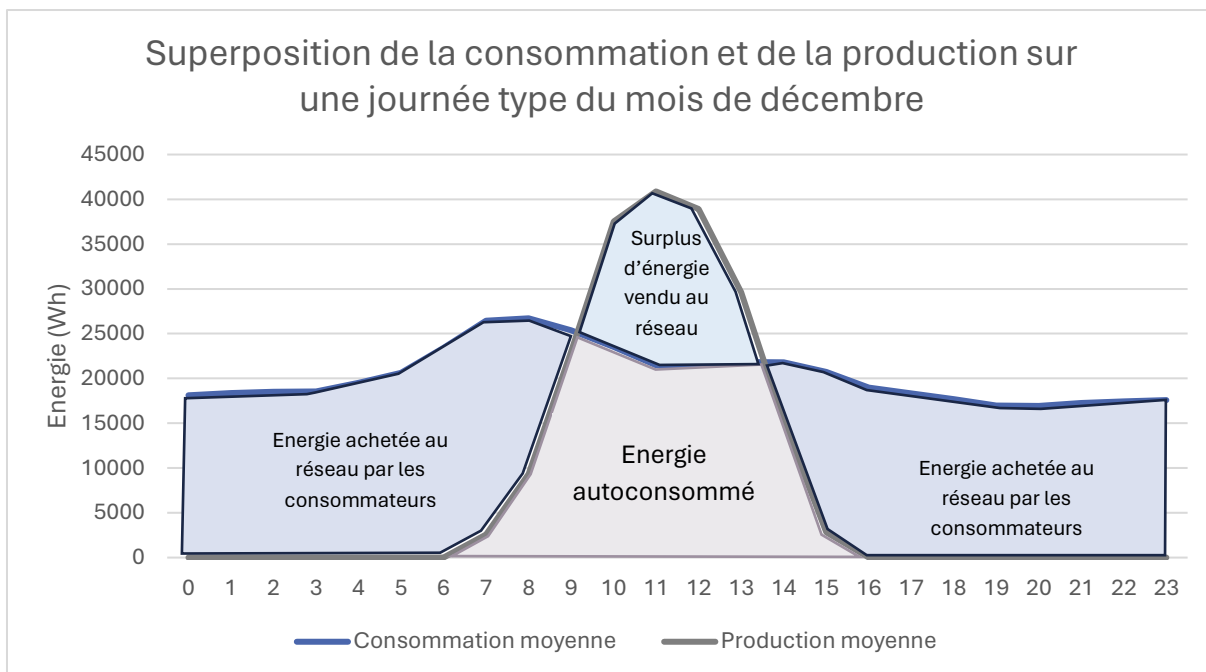


Figure 17 - Profil type d'une journée du mois de décembre

Toutes ces variations vont donc influencer sur le taux d'autoconsommation. Avec comme consommateurs la CC et la mairie de Lodève, nous avons un taux d'autoconsommation de :

- **30,35 %** avec les panneaux **français**.
- **31,2 %** avec les panneaux **asiatiques**.

La différence s'explique par une quantité d'énergie produite inférieure pour les panneaux asiatiques, il y a donc moins de surplus avec ces panneaux.

Il est important de noter que les taux d'autoconsommation sont variables en fonctions des mois et des saisons.

Tableau 109 - Variation des taux d'autoconsommation avec les panneaux français en fonction des saisons

Taux autoconso été	Taux autoconso Printemps
22,5%	22,5%
Taux autoconso Automne	Taux autoconso Hiver
46%	57%

Nous pouvons voir dans ce tableau qu'en hiver l'autoconsommation est **2,5 fois plus élevée**. Ceci est dû à tous les paramètres évoqués un plus tôt.

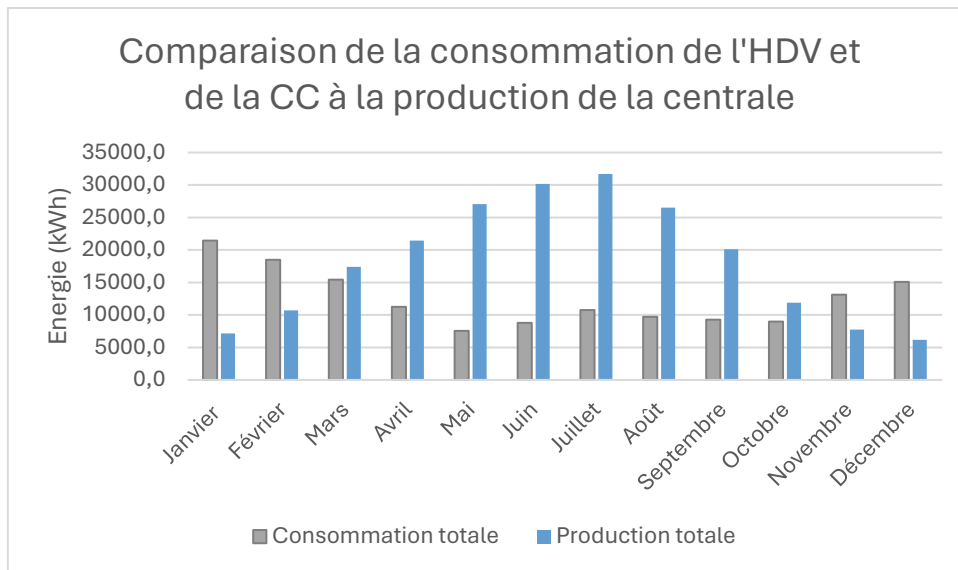


Figure 18 - Comparaison de la consommation totale à la production mois par mois sur 1 an

Le graphique ci-dessus compare la production à la consommation totale sur 1 an, on observe que la production est **3 fois supérieure** à la consommation au mois de juin et juillet. Au contraire, la production est **3 fois inférieure** à la consommation au mois de janvier.

Avoir les taux d’autoconsommation saisonnier peut nous permettre de bien choisir le profil type des consommateurs supplémentaires qu’il nous faudrait. Le profil idéal qui élèverait le taux d’autoconsommation serait un consommateur qui consomme le week-end, en journée et l’été. Un ou plusieurs restaurants pourrait être par exemple une vraie valeur ajoutée pour augmenter le taux d’autoconsommation et ainsi mieux valoriser l’énergie produite.

Pour conclure cette partie. Nous avons un taux d’autoconsommation moyen annuel de **30,3%** avec les panneaux français de chez Voltec. Le grand point positif est que la mairie et la CC consomment en grande partie en même temps que les panneaux produisent. Cependant, en été et au printemps surtout, la production dépasse largement la consommation. Il serait peut-être judicieux pour améliorer la rentabilité du projet de trouver d’autres consommateurs pour l’été et les week-ends notamment.

REGARD COMPARATIF SUR L’ETUDE DE C2A

En tant que élèves ingénieurs, nous devons savoir analyser et comparer les documents que l’on reçoit. C’est pour cela que nous avons aussi voulu de notre côté réaliser l’étude sur la toiture de l’usine des Moulinages. La comparaison des études est très bénéfique pour notre groupe de projet, elle nous permet de comprendre comment des ingénieurs expérimentés présentent un projet et les outils qu’ils utilisent.

En comparant nos deux études, nous trouvons une différence majeure par rapport aux panneaux asiatiques choisis par notre bureau d’étude SoWatt et C2A. En effet, les panneaux que nous avons sélectionnés produiraient à l’année 323 MWh contre 210 MWh pour ceux choisis par C2A de la marque DMEGC DMXXM10RT-G54HSW/HBW 450Wc.

Cette différence est liée à deux facteurs majoritaires :

- La différence d'efficacité entre les panneaux asiatiques de C2A et ceux que nous avons choisis. En effet, les panneaux que nous avons choisis donnent une production largement supérieure à celle des panneaux français. Nous avons choisi comme référence de panneaux asiatique : Jinko Solar 445 W.
- Le nombre de panneaux. C2A dans son étude a mis une ligne de panneaux en moins pour la face Ouest. Nous n'avons pas d'explication sur ce choix.

Le prix des panneaux de la marque DMEGC choisis par C2A sont aussi plus chers que les JinkoSolar. Nous nous demandons si l'étude a été faite avec les panneaux asiatiques les plus intéressants économiquement.

Une autre différence importante entre notre étude et celle du bureau d'étude de C2A est la zone d'ombrage (décrite dans la partie dimensionnement C2A). Notre solution portée sur mettre les panneaux en série sur cette zone. La solution de C2A paraît plus adaptée.

V/ PARTIE FINANCIERE

MISE EN CONTEXTE

Notre projet étant une étude technico-financière, il nous a été nécessaire de créer un modèle financier complet, mais simplement modifiable par SOLAIRE WATT.

Ce modèle financier résume les différents coûts associés à la dernière centrale sur laquelle nous travaillons ainsi que son retour sur investissement, mais également les coûts généraux de toutes les autres centrales, permettant à SOLAIRE WATT d'avoir une vision globale sur le retour sur investissement de son projet.

Notre modèle financier est également basé autour de la comparaison et du conseil pour SOLAIRE WATT. En effet, ce modèle permet à SOLAIRE WATT de comparer les coûts et recettes en fonction du type de panneaux choisis : soit des panneaux asiatiques, soit des panneaux français.

Ainsi, il permettra à SOLAIRE WATT de faire le choix le plus judicieux quant aux panneaux utilisés.

ANALYSE DES DOCUMENTS ET DES DONNEES OBTENUS

Nous avons eu accès à certains documents financiers concernant les anciennes centrales déjà installées. Cela nous permet d'avoir un ordre d'idée sur les coûts associés à notre centrale, ainsi que les coûts que nous devons renseigner dans notre modèle financier général. Nous avons ainsi récolté les comptes annuels 2022 et 2023, les états de gestion de 2021 et 2022, la comptabilité de 2023 ainsi qu'un tableau suivant le remboursement d'un prêt de SOLAIRE WATT concernant une ancienne centrale, nous permettant ainsi de prévoir et d'avoir des ordres de grandeur de ce que nous devons trouver.

Nous avons, après avoir exploité tous ces documents, pu déterminer les différentes données nécessaires au remplissage du modèle financier de ce projet, notamment :

- Les CAPEX
- Les OPEX
- Les données des centrales (inclinaison, puissance totale, ...)

MISE EN PLACE D'UNE STRATEGIE (FEUILLES EXCEL)

Notre modèle financier comporte différentes feuilles, afin d'avoir un modèle clair. Une partie consiste à mettre toutes les hypothèses et données récoltées lors de ce projet ; une autre consiste à montrer le détail du compte de résultats.

HYPOTHÈSES

FEUILLE 'DONNÉES DE BASE'

Notre première feuille, 'Données de base', comporte les différentes données concernant le prix des panneaux asiatique et français que nous avons récoltés grâce à notre bureau d'études associé C2A.

Dans cette feuille, un tableau récapitulatif est présenté :

	Titre	Asiatique	Français	Unité
CAPEX	PRÉPARATION TOITURE			
	Biens de périphériques de protection	2525,00	2525,00	I
	Travaux toiture	50000,00	50000,00	I
	Système complet d'intégration Novotegra C24/pose PA	9648,96	9762,72	I
	MATÉRIEL PHOTOVOLTAÏQUE			
	Module	57684,00	71184,75	I
	Câble solaire DC 6mm² Noir	2650,00	2650,00	I
	Câble solaire DC 6mm² Rouge	2650,00	2650,00	I
	Condensateur SMA CORE 2	14150,55	14150,55	I
	Coffret 2 core 2+ relais ziehl	5957,00	5957,00	I
	nsx 400 4p micrologic 4.2	1838,41	1838,41	I
	Câble AC AR2V ALU 4x240mm T	1539,60	1539,60	I
	Système de monitoring	1200,00	1200,00	I
	GESTION DE DOSSIER, POSE ET RACCORDEMENT			
	Forfait comprenant : Fourniture armoire complète AC, Pose rails, câblage en toiture, modules, Mise à la terre de l'installation, Pose onduleurs et armoires, Coût raccordement	33500,00	33500,00	I
	Gestion de dossier (Demande de raccordement, contrat d'achat, bureau de contrôle)	8000,00	8000,00	I
		1500,00	1500,00	I
TOTAL	192843,52	206458,03	I	
OPEX	Loyer	600	600	I
	Maintenance / Télésurveillance	2200	2200	I
	Honoraires	700	700	I
	Frais banque	400	400	I
	Assurance	1300	1300	I
Communication/Divers				
Données	Puissance panneau	196 650	203 385	kWc
	Energie totale sur un an	208970	216071,59	kWh/an

Figure 19 - Tableau récapitulatif 'Données de base'

FEUILLE 'DERNIERE CENTRALE'

La deuxième feuille de notre Excel se nomme 'Dernière centrale', et comme son nom l'indique, elle comprend les informations de la dernière centrale, soit celle sur laquelle nous travaillons. Comme dit précédemment, notre modèle financier est tourné autour de la comparaison entre les panneaux asiatiques et les panneaux français. C'est pourquoi dans cette feuille, il sera possible pour SOLAIRE WATT de choisir entre les panneaux français et asiatique, et les données du modèle financier changeront en fonction du choix effectué.

Choix type panneaux	Français
	Asiatique
	Français

Figure 20 - Choix du type de panneau, feuille 'Dernière centrale'

Ce choix aura donc un impact sur le tableau des CAPEX et OPEX de cette même feuille, mais aussi sur la puissance des panneaux et sur l'énergie totale sur un an, feuille que voici ci-dessous :

CAPEX				OPEX				Données		
CAPEX	Valeurs (€)	Unité	Prix/Unité	OPEX	Valeurs	Unités	Prix/Unité	Données	Valeurs	Unités
Fils de périphériques de protection	2525			Loyer	600	an		Inclinaison	11,7	°
Système complet d'intégration Novolegra C24pose PA	9762,72			Maintenance panneaux moyen sur 20 ar	2200	an		Orientation OUEST	106	°
Modules	71184,75			Impôts	12000	an		Orientation EST	-76	°
Câble solaire DC 6mm ² Noir	2650			OPEX total dépenses	14800	an		Puissance panneaux	203,385	Wc
Câble solaire DC 6mm ² Plouge	2650			Paiement des consommateurs		an		Surface	1,160	m ²
Onduleur SMA COPE 2	14150,55							Puissance surfacique	175,332	Wcm ²
coffret 2 core 2 + relais zrh1	5957									
nsx 400 4p micrologic 4.2	1838,41									
Câble AC AR2V ALU 4x240mm TGL	1538,6									
Système de monitoring	1200									
Forfait comprenant :										
-Fourniture armoire complète AC										
-Pose rails, câblage en toiture, modules	33500									
-Mise à la terre de l'installation,										
-Pose onduleurs et armoires,										
Gestion de dossier (Demande de raccordement, contrat d'achat, bureau de contrôle)	1500									
Préparation toiture	50000									
CAPEX Amortissable	113458,03									
CAPEX Non Amortissable	85000									
CAPEX Total dépenses	148458,03									
Fonds propres totaux										
Emprunt bancaire										
CCA (donnés par les futurs consommateurs)										
Total recettes	0									
Balance CAPEX	148458,03									

Clé de répartition			
Prix de vente	Clé (%)	Consommation	Prix tot
14,07	20	200	2814
			0
			0
			0
			0
			2814

Données		
Tarif d'achat ENEDIS 1	12,08	€/kWh
Tarif d'achat ENEDIS 2	4	€/kWh
Consommation annuelle des consommateurs ACC		kWh
Impôts	15%	% du CA
Inflation	2%	%
Indexation	1,5%	%
Baisse de production	0,85%	%
Taux de l'emprunt bancaire	4,50%	%
Durée de l'emprunt bancaire	20	ans
Annuité de l'emprunt bancaire	0,00	€
TFR Projet minimum demandé	6%	%
Taux de l'emprunt CCA	3,00%	%
Durée de l'emprunt CCA	10	ans
Annuité CCA	0,00	€
Pourcentage d'autoconsommation	60%	%
Pourcentage de revente sur le réseau	40%	%

Figure 21 - Feuille 'Dernière centrale'

Cette feuille comportera également toutes les données de cette dernière centrale puisqu'elles sont nécessaires au calcul du chiffre d'affaires, et également les données pour la clé de répartition, soit la part de l'énergie vendue à chaque consommateur.

FEUILLE 'HYPOTHESES GLOBALES'

La troisième feuille de notre modèle financier comporte les hypothèses relatives à toutes les centrales. Elle comporte ainsi les CAPEX et OPEX globaux, ainsi que d'autres données nécessaires.

CAPEX				OPEX				Données		
CAPEX	Valeurs (€)	Unité	Prix/Unité	OPEX	Valeurs	Unités	Prix/Unité	Données	Valeurs	Unité
Toutes centrales	600000	€		Loyer centrales	600	€/an		Taux prêt 5 premières années	1,60%	
Dernière centrale	206458,03	€/Wc		Loyer dernière centrale	600	€/an		Taux prêt 10 dernières années	3,20%	
		€/Wc		Maintenance centrales	500	€/an				
		€/Wc		Maintenance dernière centrale	2200	€/an				
		€		OPEX total dépenses	3900	€/an				
CAPEX Total dépenses	806458,03	€								
Fonds propres totaux		€								
Emprunt bancaire		€								
CCA (donnés par les futurs consommateurs)		€								
Total recettes	0	€								
Balance CAPEX	806458,03	€								

Figure 22 - Feuille 'Hypothèses Globales'

Toutes les feuilles de notre Excel étant liées, ces feuilles seront les seules modifiables à votre guise, afin que vous puissiez, en cas de changement d'avis ou de données, voir tous les changements directement.

COMPTE DE RESULTATS

Les hypothèses ayant été faites, elles vont nous être utiles dans la partie « Compte de résultats ».

CDR DERNIERE CENTRALE

La première feuille de Compte de Résultats, nommée 'CDR Dernière centrale', correspond au compte de résultats de la dernière centrale, étendu sur 20 ans. SOLAIRE WATT souhaitant faire une part de 60% de l'énergie vendue en ACC, et de 40% vendue au réseau, nous avons séparé les différentes parties. Bien évidemment, en cas de changement, il est possible de changer toutes les données comme dit précédemment dans les feuilles 'Hypothèses'.

		Années															
		Somme totale	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Total	Energie totale produite (kWh)	4160544,65	218082	216991,44	215906,49	214826,95	213752,82	212684,06	211620,64	210562,53	209509,72	208462,17	207419,86	206382,76	205350,85	204324,09	
	Nombre heure total	19218	1009	999,21	979,23	989,22	959,64	969,43	969,43	979,33	940,45	950,05	950,05	959,74	950,05	959,74	
Vente en ACC 60%	Nb totale heure en fonctionnement	19255	1009	1004	999	994	989	984	979	975	970	965	960	955	950	946	
	Prix de vente élec (c€)	295,85	14,07	14,28	14,50	14,71	14,93	14,50	14,71	14,93	15,16	14,71	14,93	15,16	14,71	14,93	
	Prix conso ACC (€)	369 137,44 €	18 410 €	18 593 €	18 778 €	18 964 €	19 152 €	18 497 €	18 681 €	18 866 €	19 054 €	18 402 €	18 585 €	18 769 €	18 128 €	18 308 €	
Vente au réseau 40%	Nb heure réseau	7687,36	403,72	399,68	391,69	395,69	383,86	387,77	387,77	391,73	376,18	380,02	380,02	383,90	380,02	383,90	
	Nb heure tarif 1 (h)	7687,36	403,72	399,68	391,69	395,69	383,86	387,77	387,77	391,73	376,18	380,02	380,02	383,90	380,02	383,90	
	Nb heure tarif 2 (h)	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Tarif d'achat edf 1 (c€/kWh)	279,33	12,08	12,26	12,45	12,63	12,82	13,01	13,21	13,41	13,61	13,81	14,02	14,23	14,44	14,66	
	Tarif d'achat edf 2 (c€/kWh)	80	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	
	Prix conso réseau (€)	112 854,83 €	10 537,72 €	4 900,61 €	4 874,64 €	4 998,24 €	4 921,53 €	5 046,33 €	5 122,02 €	5 251,90 €	5 119,06 €	5 248,87 €	5 327,60 €	5 462,69 €	5 488,63 €	5 627,80 €	

Figure 23 - 'CDR Dernière centrale' Partie 1

SOLAIRE WATT souhaitant vendre son énergie aux consommateurs à un prix de 14 c€/kWh, nous suivons ces directives et obtenons un prix de consommation en ACC sur une année en multipliant ce prix à l'énergie totale vendue en ACC, soit 60% de l'énergie totale produite.

Cette feuille considère le tarif d'achat par EDF, qui dépend du nombre d'heures en fonctionnement d'énergie vendue. En effet, en dessous de 1100h vendue à EDF, le tarif d'achat est de 12,08c€/kWh. Au-dessus de ce seuil, il n'est plus que de 4c€/kWh. Il est donc important de prendre en compte cette différence. Nous obtenons donc un prix de consommation de l'énergie vendue au réseau, en multipliant ce prix aux 40% de l'énergie totale produite.

Afin d'être prévoyant au maximum, nous avons considéré une inflation de 2% par année, que nous avons pris en compte dans cette feuille, d'où les différences de prix en fonction des années.

Toutes ces informations vont donc permettre de calculer le chiffre d'affaires annuel de la centrale, et s'en découleront toutes les étapes financières intermédiaires (EBE, RE...) avant de connaître la rentabilité du projet, comme montré ci-dessous :

Chiffre d'affaires total (€)	575 241,39 €	27 389,49 €	27 495,26 €	27 606,99 €	27 724,78 €	27 848,75 €	27 979,01 €	28 115,68 €	28 258,87 €	28 408,70 €
OPEX (€)	126 346,32 €	5 200,00 €	5 304,00 €	5 410,08 €	5 518,28 €	5 628,65 €	5 741,22 €	5 856,04 €	5 973,17 €	6 092,63 €
CAPEX fixe (€)	85 000,00 €	-85 000,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
CAPEX amortissable (€)	157 843,52 €	-7 892,18 €	-7 892,18 €	-7 892,18 €	-7 892,18 €	-7 892,18 €	-7 892,18 €	-7 892,18 €	-7 892,18 €	-7 892,18 €
EBE (€)(CA-OPEX)	448 895,06 €	22 189,49 €	22 191,26 €	22 196,91 €	22 206,50 €	22 220,11 €	22 237,79 €	22 259,64 €	22 285,70 €	22 316,07 €
RE (€)(EBE-Amort)	291 051,54 €	14 297,31 €	14 299,09 €	14 304,73 €	14 314,33 €	14 327,93 €	14 345,62 €	14 367,46 €	14 393,53 €	14 423,90 €
Capital restant dû du prêt	218 994,07 €	212 013,38 €	204 718,57 €	197 095,48 €	189 129,36 €	180 804,76 €	172 105,55 €	163 014,88 €	153 515,13 €	143 587,90 €
Capital remboursé	218 994,07 €	6 980,69 €	7 294,82 €	7 623,08 €	7 966,12 €	8 324,60 €	8 699,21 €	9 090,67 €	9 499,75 €	9 927,24 €
Intérêts	117 714,32 €	9 854,73 €	9 540,60 €	9 212,34 €	8 869,30 €	8 510,82 €	8 136,21 €	7 744,75 €	7 335,67 €	6 908,18 €
Annuités (K-intérêts)	336 708,39 €	16 835,42 €	16 835,42 €	16 835,42 €	16 835,42 €	16 835,42 €	16 835,42 €	16 835,42 €	16 835,42 €	16 835,42 €
RC (RE-Intérêts)	112 186,67 €	5 354,07 €	5 355,84 €	5 361,49 €	5 371,08 €	5 384,69 €	5 402,37 €	5 424,22 €	5 450,28 €	5 480,65 €
IFER	11419,6	570,98 €	570,98 €	570,98 €	570,98 €	570,98 €	570,98 €	570,98 €	570,98 €	570,98 €
CFE	16 000,00 €	800,00 €	800,00 €	800,00 €	800,00 €	800,00 €	800,00 €	800,00 €	800,00 €	800,00 €
Impôts	16 828,00 €	-803,11 €	-803,38 €	-804,22 €	-805,66 €	-807,70 €	-810,36 €	-813,63 €	-817,54 €	-822,10 €
Résultat net	67 939,07 €	3 179,98 €	3 181,49 €	3 186,29 €	3 194,44 €	3 206,00 €	3 221,04 €	3 239,60 €	3 261,76 €	3 287,58 €
Report à nouveau		3 179,98 €	6 361,46 €	9 547,75 €	12 742,19 €	15 948,20 €	19 169,23 €	22 408,84 €	25 670,60 €	28 958,17 €
Dividendes totales	690 752,26 €	0,00 €	3 179,98 €	6 361,46 €	9 547,75 €	12 742,19 €	15 948,20 €	19 169,23 €	22 408,84 €	25 670,60 €
DSCR	22,19	#REF!	#REF!	#REF!	#REF!	#REF!	#REF!	#REF!	#REF!	#REF!
Rentabilité		#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!

Figure 24 - 'CDR dernière centrale' Partie 2

CDR GENERAL

Tout comme le Compte de résultats pour la dernière centrale, la feuille 'CDR Général' est un tableau montrant la rentabilité des centrales de manière générale.

Ce tableau montre toutes les étapes intermédiaires au calcul de rentabilité, comme par exemple le Chiffre d'Affaires, l'EBE ou encore le RE.

Ainsi, c'est grâce à ce modèle financier que nous avons essayé de rendre le plus compréhensible et le plus complet possible, que notre client pourra avoir une vision globale sur l'investissement et la rentabilité de ses centrales. Il pourra également changer les données d'entrée et ainsi faire des comparaisons comme il le souhaite. Si par exemple il souhaite changer le prix de vente de l'électricité, ou encore s'il souhaite changer le montant de son emprunt bancaire, tout le tableau changera en fonction de ces changements.

VI/ PARTIE ADMINISTRATIVE

MISE EN CONTEXTE

Le projet confié à notre équipe comporte également une partie administrative. En effet, afin d'installer une centrale photovoltaïque, il est nécessaire de faire certaines démarches. Ces démarches se résument à une déclaration de travaux, et une demande de raccordement.

DECLARATION DE TRAVAUX

Pour commencer nous avons donc dû faire une déclaration de travaux. En effet, faire une déclaration de travaux pour l'installation de panneaux solaires est essentiel pour respecter la réglementation locale, garantir l'esthétique des installations visibles, et assurer la sécurité et la conformité des structures. Cela fait d'ailleurs partie des impératifs à avoir avant la demande de raccordement. Nous avons fait la déclaration au nom de la SCI et travaillé avec différents acteurs. Il fallait impliquer les différentes parties prenantes dans la validation de cette déclaration. Solaire Watt Lodévois, le propriétaire de l'usine des moulinages et la SCI. Le dossier de la déclaration de travaux contient une multitude de documents. Le plan de masse (c.f. Annexe 3) et le plan de situation (c.f. Annexe 4) définissent les limites de la parcelle, les accès, l'implantation des bâtiments et les différents espaces verts aux alentours. Un photomontage de la toiture (c.f. Annexe 5) a permis de représenter l'impact visuel de la pose de panneaux sur la toiture de l'usine des moulinages. Les modalités de raccordement sont utiles pour définir à la fois à quels postes nous pensons raccorder notre centrale et les différentes lignes se trouvant à proximité. Enfin, le récépissé de dépôt d'une déclaration préalable résume et complète les éléments du dossier. Ce document donne des précisions sur la personne morale souhaitant faire la déclaration de travaux, la localisation du terrain, le type de travaux voulant être réalisés et la surface concernée.

DEMANDE DE RACCORDEMENT

Nous devons également relier la future centrale au réseau électrique ENEDIS. Pour cela, il nous faut récolter et compléter de nombreux documents tel que :

- Une fiche infos de demandes de raccordement comprenant les informations de SOLAIRE WATT, les informations du producteur, et les informations du projet,
- Un plan indiquant l'emplacement du transformateur si transformateur, un compteur, le PDL souhaité, et générateurs PV,
- Une facture d'électricité recto-verso,
- Une autorisation d'urbanisme : CNO ou Arrêté de PC
- Un Kbis de moins de 3 mois,
- Un titre de propriété de la parcelle de -2 ans ou une attestation notariale de -3 mois ou une taxe foncière,
- Un contrat de mise à disposition si le producteur n'est pas le propriétaire du terrain.

Tous ces documents seront envoyés au bureau d'études C2A, qui vont s'occuper de remplir le formulaire et d'envoyer la demande à ENEDIS. Suite à cette demande, le délai sera de trois mois avant une réponse officielle et définitive d'ENEDIS.

VII/ RESULTATS FINAUX

Dans cette partie nous résumerons tous les résultats importants de notre étude afin que le client puisse choisir les panneaux qu'il souhaite installer tout en ayant une bonne visibilité sur la rentabilité du projet.

Nous allons comparer les données en fonction des deux panneaux dans le tableau ci-dessous :

Type de panneau	Voltec 455 (Fr)	DMEGC 450 (Asiatique)
Rendement surfacique	22,76	22,52
Dégradation annuelle des panneaux	0,4%	0,4%
Puissance crête de l'installation	203 kWc	196,5 kWc
Energie produite annuelle	218 MWh	210 MWh
Taux d'autoconsommation	30,35%	31,2%
Prix d'un module	159,25 €	132 €
Nombre d'année pour rentabiliser l'investissement		

D'un point de vue technique les panneaux français de la marque Voltec Tarka 110 VSMP 455Wc sont de technologie de type N. De plus, leur rendement permet de produire plus d'électricité par panneau. Au niveau de la production, nous avons pu voir que ces panneaux offraient une grande production, 218 MWh ce qui permet de couvrir une partie des besoins en électricité de la mairie de Lodève et de la CC. Troisièmement, l'entreprise étant française, en achetant leur panneau, SOLAIRE WATT soutiendrait le marché français et européen. Concernant la partie financière, le prix de 447 modules revient à 71184€.

En effet, cette centrale montre que au bout de 20 ans, il y a un bénéfice de 35 000€ pour un coût de vente de l'énergie à 15 c€/kWh.

Les panneaux asiatiques sont moins chers que les panneaux Voltec. Cependant leurs productions est moins importante. Le bénéfice total au bout de 20 ans est de 65000€ pour un coût de vente de l'énergie à 15 c€/kWh.

Ensuite, en ce qui concerne la consommation d'énergie, nous avons vu une grande différence de consommation entre l'été et l'hiver. C'est quasiment inversement proportionnel à la production qui est 5 fois plus importante en juillet qu'en décembre. L'autoconsommation est donc bien plus importante en hiver.

VIII/ CONCLUSION

CONCLUSION TECHNIQUE

L'objectif principal de cette étude était de faire une étude technico-financière de la 4^{ème} centrale de l'usine des Moulinages de Lodève. Les résultats obtenus montrent que l'autoconsommation collective permet de mieux valoriser l'énergie et ainsi améliorer la rentabilité de la centrale. Ces résultats indiquent que la centrale sera rentable au bout de 8 ans.

En termes de recommandations, il est proposé de trouver de nouveaux consommateurs pour l'été, les week-ends et en journée. Ces modifications, réévalueraient différents résultats, tels que la rentabilité du projet.

CONCLUSION PERSONNELLE

Pour conclure, ce projet de 4^{ème} année nous a permis de mettre en œuvre de manière concrète nos compétences d'ingénieur dans un domaine qui nous intéresse. Ce projet est très complet et professionnalisant pour notre équipe.

En effet, nous avons à plusieurs reprises eu l'opportunité d'assister à des conférences et de rencontrer des professionnels dans de nombreux domaines. Chacun d'eux nous a transmis son savoir-faire et nous a aidés à avancer de la manière la plus pro-active dans notre projet. Ce projet nous permet de découvrir les nombreuses facettes d'un projet, à savoir, la gestion d'un groupe avec une communication qui doit être omniprésente, mais aussi l'avancée dans un domaine que nous ne maîtrisons pas à la perfection : le photovoltaïque et l'émission d'hypothèses que l'on valide au fur et à mesure avec SOLAIRE WATT. Tous ces aspects du projet sont très formateurs et nous permettent une montée en compétences très rapide.

Notre client Guy Degreef, ainsi que la société citoyenne sont toujours disponibles pour répondre à nos problématiques, ils ont été très engagés et nous ont transmis leurs passions, ainsi nous étions donc très motivés et déterminés à répondre au mieux aux attentes de SOLAIRE WATT dans les délais impartis.

PERSPECTIVES FUTURES

Une perspective serait le démarchage d'acteurs tels que les supermarchés (Super U, Carrefour), le centre hospitalier de Lodève ou encore les divers restaurants. Effectivement pour des projets d'autoconsommation collective cela représenterait une stratégie clé pour la transition énergétique. Ces partenariats permettraient non seulement de réduire les coûts énergétiques et d'améliorer la durabilité, mais aussi de créer des synergies locales et de promouvoir une économie plus résiliente et écologique. En collaborant avec ces secteurs, nous pouvons établir des modèles

d'autoconsommation collective qui bénéficient à tous les acteurs impliqués, tout en contribuant à un avenir énergétique plus vert et plus durable.

BIBLIOGRAPHIE

jade-technologie. (s.d.). Récupéré sur Qu'est-ce que le coefficient de température d'un panneau photovoltaïque?: <https://www.jade-technologie.com/coefficient-de-temperature-panneau-photovoltaique/>

rj-home-solar. (s.d.). Récupéré sur Les facteurs qui influencent la performance des panneaux solaires: <https://www.rj-home-solar.fr/RJ/guide-complet-sur-le-solaire/rendement-et-performance-des-panneaux-solaires/les-facteurs-qui-influencent-la-performance-des-panneaux-solaires-temperature-irradiations-encrassement-etc/>

Annexe 1 : Tableau d'analyse des productions

Analyse des productions						
Récap Mensuel						
Mois	FR 106	FR-76	TOT FR	CH 106	CH-76	TOT ASIA
Janvier	3602,9	3546,8	7149,7	3744,8	3189,0	6933,7
Février	5251,8	5448,5	10700,3	5458,6	4898,8	10357,3
Mars	8478,9	8938,3	17417,2	8812,8	8036,4	16849,2
Avril	10366,1	11075,4	21441,4	10774,3	9957,9	20732,1
Mai	12976,0	14099,7	27075,8	13487,0	12677,1	26164,1
Juin	14529,2	15631,1	30160,4	15101,4	14054,0	29155,3
Juillet	15245,4	16466,8	31712,3	15845,8	14805,3	30651,1
Août	12700,5	13823,6	26524,1	13200,6	12428,8	25629,4
Septembre	9798,5	10319,9	20118,4	10184,3	9278,6	19462,9
Octobre	5771,3	6120,4	11891,7	5998,6	5502,8	11501,4
Novembre	3929,0	3800,8	7729,8	4083,7	3417,3	7501,0
Décembre	3187,8	2973,1	6160,8	3313,3	2673,1	5986,4
Total (kWh)	105837,406	112244,448	218081,8535	110005,0	100919,084	210924,1

Figure 25-Production mois par mois des deux différents types de panneaux

Annexe 2 : Journée type de production des panneaux au mois de décembre

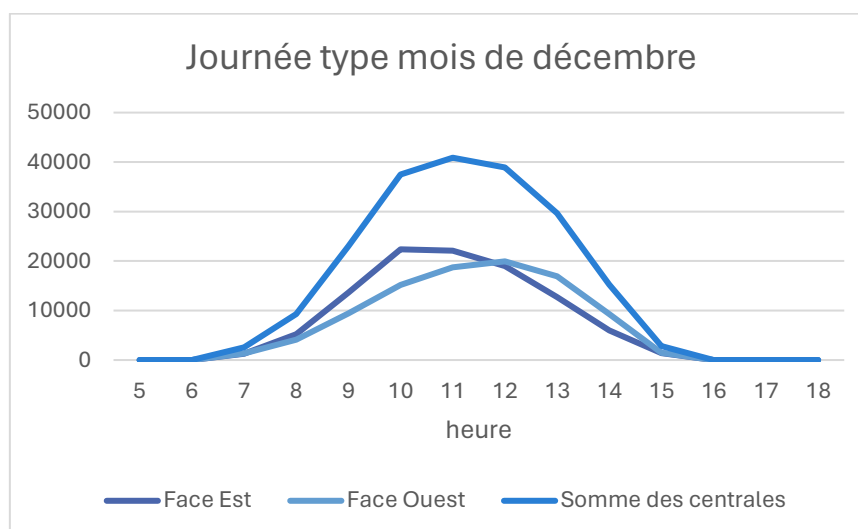


Figure 26 - Journée type pour le mois de décembre, panneaux français

Annexe 3 : Plan de masse

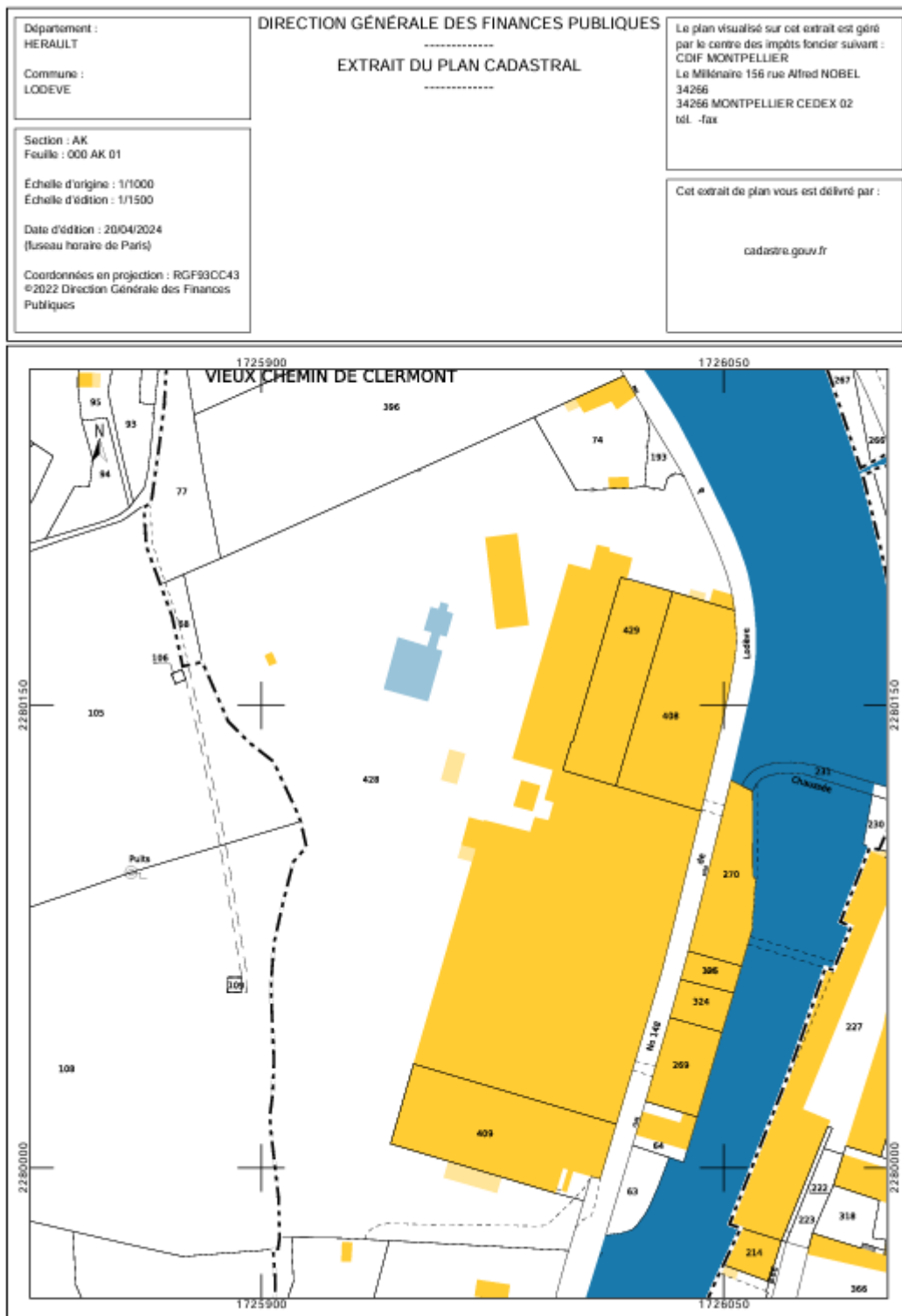


Figure 27: plan de masse

Annexe 4 : Plan de situation

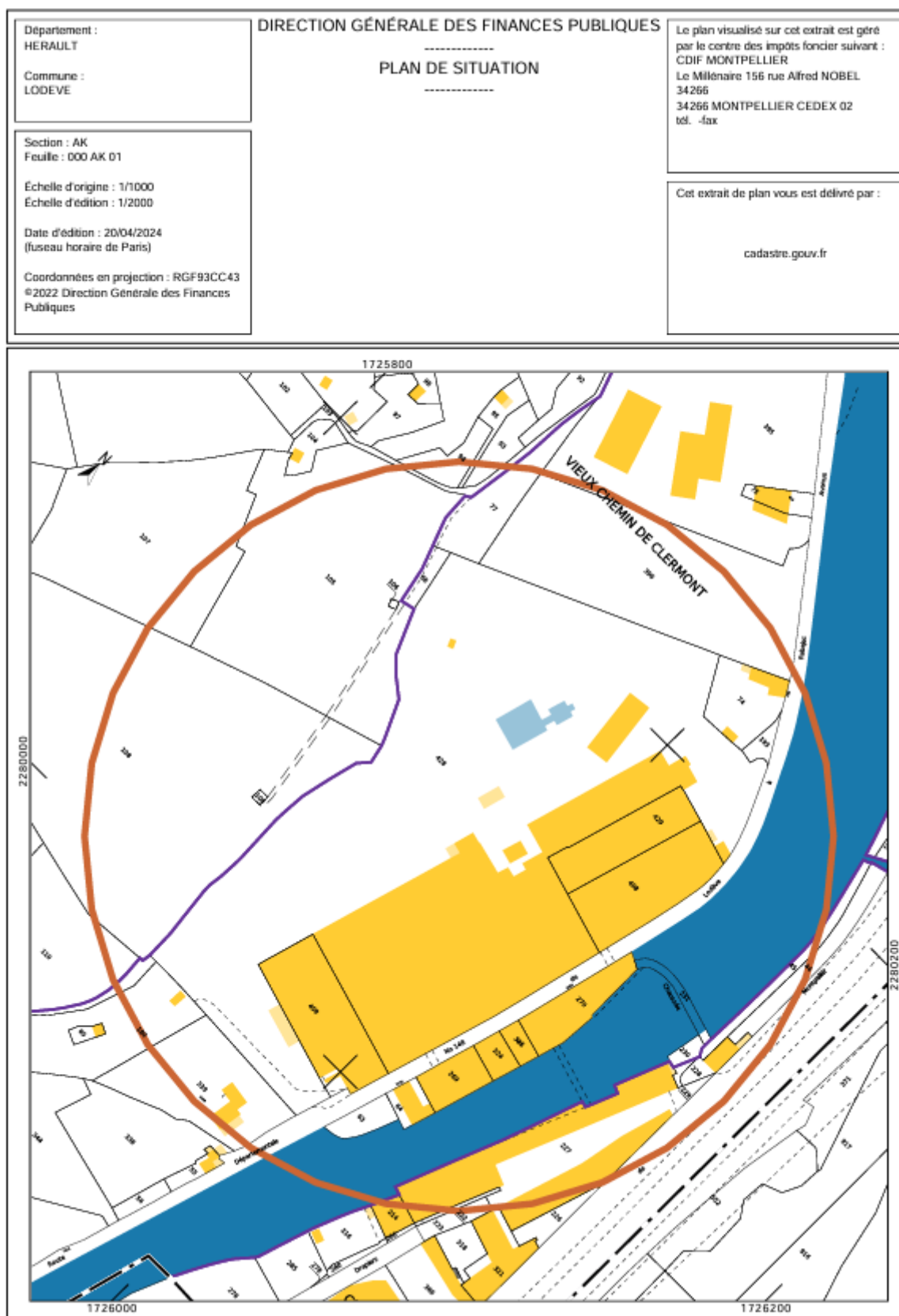


Figure 28: plan de situation

Annexe 5 : Photomontage



Figure 29: photomontage vue lointaine



Figure 30: photomontage vue proche

FICHE TECHNIQUE



TARKA

110 VSMP

455W ONYX

Panneau photovoltaïque monocristallin



Faible impact environnemental



Technologie de type N



Coloris Onyx versatile



Haute performance



FABRIQUÉ EN FRANCE

*Garanties selon conditions générales et particulières de vente / suggestions de présentation. Photos non contractuelles.

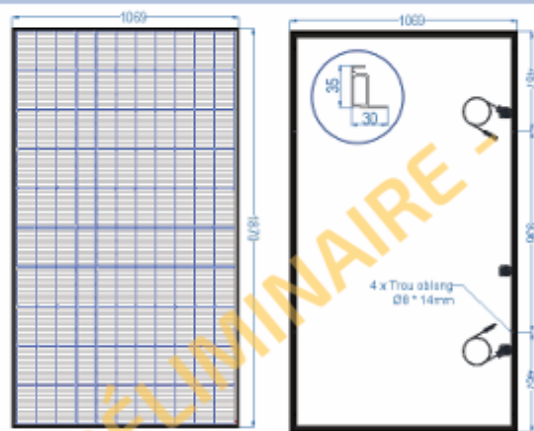


Cellules haut rendement

CARACTÉRISTIQUES DES PANNEAUX

Dimensions ¹	1870 x 1069 x 35 mm
Poids	21 kg ± 3%
Type de cellules	Monocristallin Type N
Quantité par panneau	110 demi-cellules
Verre solaire (anti-reflet)	Verre trempé 3,2 mm
Connecteurs	Staubli MC4
Longueur des câbles	2 x 1,6m
Cadre	Aluminium anodisé noir
Couleur de backsheet	Blanche
Températures d'utilisation	-40°C à +85°C
Charge maximum vent/neige	5400/2400 Pa
Sécurité électrique	Classe II, IP 68
Tension maximale du système (V)	1000
Courant inverse max IRM (A)	30

PLAN DU MODULE



¹Tolérance de 2mm sur longueur et largeur; ²Standard Test Conditions, 1000W/m², 25°C, AM1.5; ³ Normal operating cell temperature, 800 W/m², 45°C. Tolérance sur P_{max} et incertitude de mesure sur les caractéristiques électriques : ±3%

CARACTÉRISTIQUES AUX CONDITIONS STC²

Gamme de puissance (Wc)	445	450	455	460
Rendement surfacique	22,26%	22,51%	22,76%	23,01%
Tensions à puissance max. V _{pmx}	33,13	33,32	33,52	33,72
Intensité à puissance max. I _{pmx}	13,43	13,50	13,57	13,64
Tension circuit ouvert V _{oc} (V)	39,70	39,89	40,09	40,29
Courant de court-circuit I _{cc} (A)	14,23	14,29	14,35	14,41

CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES AUX CONDITIONS NOCT³

Puissance au NOCT	335	338	342	346
Intensité au NOCT. I _{pmx}	10,84	10,90	10,95	11,01
Tension au NOCT. V _{pmx}	35,57	35,78	36,00	36,21

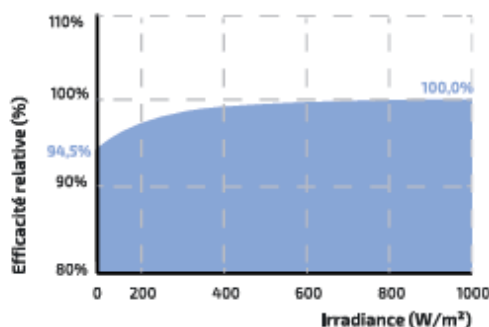
VALEURS NOMINALES DE TEMPÉRATURE

Température nominale cellule (NOCT)	45°C
Coefficient de temp. sur P _{max} (%/°C)	-0,290
Coefficient de temp. sur V _{oc} (%/°C)	-0,250
Coefficient de temp. sur I _{cc} (%/°C)	0,045

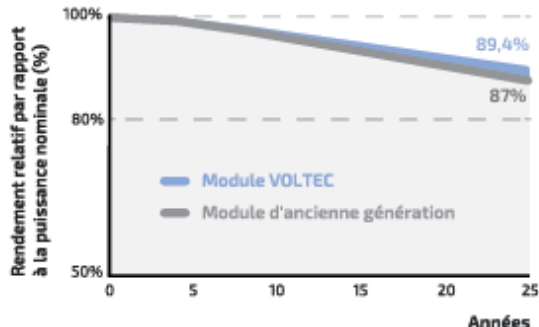
CONDITIONNEMENT

Dimension de la palette	1890 x 1089 x 1269 mm
Modules par palette	32
Palettes par camion	28
Poids de la palette	712 kg

EFFICACITÉ À BASSE IRRADIANCE



GARANTIE DE PERFORMANCE



FABRIQUÉ EN FRANCE



Dégradation de la puissance nominale de 0,4 % par an au maximum.
 La performance des modules est ainsi d'au moins 99 % de la puissance nominale la première année, d'au moins 95 % après 10 ans et d'au moins 89 % après 25 ans.

DÉCLARATION

Au fur et à mesure de l'évolution des technologies, il peut exister un écart entre les paramètres techniques des futurs produits de Voltec Solar et les paramètres techniques dans ces spécifications, Voltec Solar se réserve le droit d'ajuster les paramètres techniques à tout moment sans notifications préalables, Voltec Solar se réserve le droit final d'interprétation des données fournies.

CERTIFICATIONS



IEC : 61215 et 61730
 IEC : 61701



Residential / Commercial



N-Type

Mono-Facial Module with Double Glass

Type: DMXXM10RT-G54HSW/HBW



Power Range: 435 - 450 W

Max. Efficiency : 22.52 %



Better Performance

Our modules perform better on sunny and hot days thanks to its optimized temperature coefficient.



Excellent Low Light Performance

Our modules can also provide higher power output under low light conditions, such as sunset, cloudy, or dawn.



Excellent Quality

More than 40 years' experience of manufacturing and intensive quality tests above the IEC standard ensures reliable modules and a secured investment.



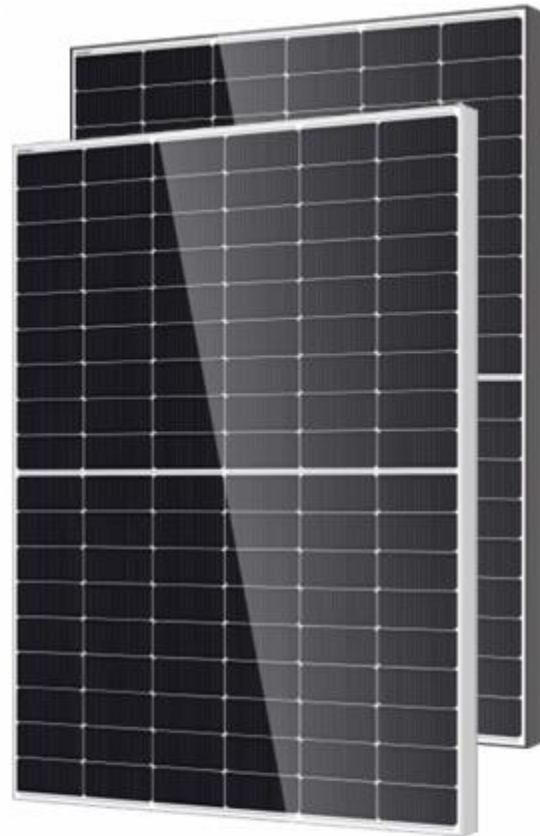
Assumption of Environmental, Social and Governance Responsibility (ESG)

DMEGC stands for his responsibility. Production is certified according to SA 8000 (ILO standards).



High-quality service

We provide a customer-oriented and localized services, covering pre-sale, sale and after-sales.



Certifications

- SA 8000 ILO Standards. Social responsibility standards
- ISO 9001 Quality management system
- ISO 14001 Environmental management system
- ISO 45001 Occupational health and safety management system
- ISO 50001 Energy management system



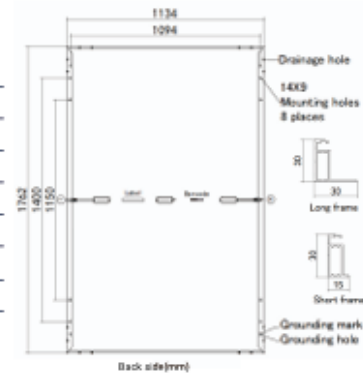
A member of Hengdian Group

DMXXM10RT-G54HSW/HBW



Module Specification

Cell Type	N-type Mono-crystalline, 108 (6x18)
Dimensions (mm)	1762 x 1134 x 30
Weight (kg)	24.5
Front Cover	2 mm heat strengthened glass with anti-reflective coating
Rear Cover	2 mm heat strengthened glass
Junction Box	3 Diodes, IP68 according to IEC 62790
Cables	4 mm ² solar cable, 1.1 m or Customized Length
Connector Type	PV-ZH202B or MC4-EVO 2A (1500V)



Electrical Specifications¹

Module Type	DM435M10RT-G54HSW/HBW		DM440M10RT-G54HSW/HBW		DM445M10RT-G54HSW/HBW		DM450M10RT-G54HSW/HBW	
	STC ²	NMOT ³	STC	NMOT	STC	NMOT	STC	NMOT
Maximum Power (P _{max} /W)	435	327	440	331	445	335	450	339
Maximum Power Current (I _{mp} /A)	13.35	10.78	13.42	10.84	13.48	10.89	13.54	10.94
Maximum Power Voltage (V _{mp} /V)	32.59	30.45	32.81	30.65	33.03	30.86	33.24	31.06
Short-circuit Current (I _{sc} /A)	13.78	11.15	13.84	11.20	13.90	11.25	13.96	11.30
Open-circuit Voltage (V _{oc} /V)	39.20	37.13	39.40	37.32	39.60	37.51	39.80	37.70
Module Efficiency STC (%)	21.77		22.02		22.27		22.52	

¹ Measurements according to IEC 60904-3, Measurement tolerance: I_{sc}: ±4%, V_{oc}: ±3%,
² STC (Standard Test Condition): Radiation 1000 W/m², Module temperature 25 °C, AM = 1.5
³ NMOT: Radiation 300 W/m², Ambient temperature 20 °C, AM = 1.5, Wind Speed 1 m/s

Certifications and Warranty

Certifications	IEC 61215, IEC 61730
	Ammonia Corrosion Test: IEC 62716
	Salt Mist Corrosion Test: IEC 61701
	PID (IEC TS 62804); LeTID (IEC TS 63342)
WEEE Registration No.	Dust & Sand (IEC 60068)
	DE 50188598
Product Warranty	25 years
Peak Power Warranty	30 years linear warranty

1.) First year: min. 99 %; 2.) From the 2nd year: Max. 0.4 % degradation annually; 3.) Min. 87.4 % in the 30th year.

Operating conditions

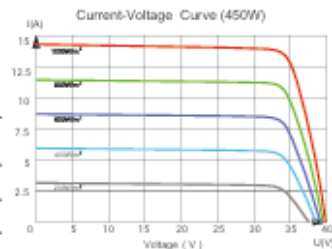
Operating Temperature (°C)	-40 to +85
Maximum System Voltage(V)	1500 DC (IEC)
Overcurrent protection rating (A)	30
Power Performance Tolerance (%)	0 / +3
Protection class	II
Max. Test Load, Push/Pull (Pa)	Snow 5400 / Wind 2400
Max. Design Load, Push/Pull (Pa)	3600 / 1600

Temperature Characteristics

Nominal Module Operating Temperature (NMOT)	45 ± 2 °C
Temperature Coefficient of P _{max} (%/ °C)	-0.31
Temperature Coefficient of V _{oc} (%/ °C)	-0.26
Temperature Coefficient of I _{sc} (%/ °C)	+0.038

Packaging

Container	40' HQ
Pallet Dimensions(mm)	1800 × 1140 × 1250
Pieces per Pallet	36
Pieces per Container	936



Statement: The installation instructions and the warranty conditions must be followed. Due to technological progress, product parameters will be adjusted accordingly. When signing the contract, the latest data of the company shall prevail.



Hengdian Group DMEGC Magnetics Co., Ltd.
 Hengdian Industrial Zone, Dongyang City Zhejiang Province,
 China 322118
 Tel: 0086-579-8658-8825 Fax: 0086-579-8655-4845
 Email: solar@dmeqc.com.cn, Website: www.dmeqcsolar.com

All information in this data sheet corresponds to EN 50380. Changes and errors excepted.
 Status: 10/2023, Document: EN_DS-M10RT-G54HSW/HBW-202310_1

Copyright © 2023 Hengdian Group DMEGC Magnetics.
 All rights reserved.