

ETUDE DE FAISABILITE PHOTOVOLTAÏQUE SITE RACCORDE

IRD GUYANE

Maitre d'Ouvrage

**Institut de recherche pour le
développement**
Route de MONTABO
97300 CAYENNE



Bureau d'études :

Bureau d'études ER2E
50 rue m'cafeni
KAWENI
97 600 MAMOUDZOU



Bureau d'études ER2E

Photovoltaïque – Efficacité énergétique
Bornes de recharge – Eclairage
50 rue M'Caféni – 97 600 MAMOUDZOU
www.bet-er2e.com

Rédacteur :

Mickael VOLA - Ingénieur Transition énergétique
- Gérant
[06 39 60 66 00 – m.vola@bet-er2e.com](mailto:m.vola@bet-er2e.com)

Vérificateur :

Abdallah CHARIFOUDINE - Chef de projet en
ingénierie énergétique
a.charifoudine@bet-er2e.com

Table des matières

PARTIE I. Etats des lieux	3
I.1. Introduction.....	3
I.2. Description du site.....	4
I.3. données météorologiques du site	5
I.4. Contrat EDF	6
Détails contrat	6
Remarque contrat	6
PARTIE II.Scénario de consommation électrique	7
II.1. Analyse de la courbe de consommation	7
II.2. Scénario basse consommation électrique	9
II.3. Répartition des consommation.....	9
II.4. Scénario future consommation électrique	10
PARTIE III.Dimensionnement du générateur photovoltaïque et scénarios de production PV	12
III.1. Principe de l'autoconsommation sans stockage	12
III.2. Principe de l'autoconsommation avec stockage.....	13
III.3. Méthode de vérification.....	14
III.4. Toiture disponible	15
III.5. Dimensionnement photovoltaïque -base consommation	16
III.1. Dimensionnement photovoltaïque -haute consommation	24
III.2. Zone d'installation.....	26
III.3. Synoptique électrique	28
III.4. Suivi de l'installation photovoltaïque.....	28
III.5. Enjeux de conformité et de sécurité	29
PARTIE IV.Aspects économiques	30
PARTIE V.Conclusion.....	32
PARTIE VI.Annexes	33
VI.1. Composants du générateur photovoltaïque	33

PARTIE I. ETATS DES LIEUX

I.1. INTRODUCTION

Dans le contexte actuel de transition énergétique et de recherche de solutions durables, le projet de mise en place d'une centrale photovoltaïque sur le bâtiment de l'IRD, situé dans la ville de Cayenne, revêt une importance cruciale. Cette étude de faisabilité vise à évaluer la viabilité technique et économique de l'installation d'un système solaire en autoconsommation sur la toiture du bâtiment.

Face aux enjeux énergétiques et à la nécessité de réduire notre empreinte carbone, l'exploitation de l'énergie solaire se présente comme une alternative prometteuse et respectueuse de l'environnement. L'IRD, en tant qu'entité de l'état, cherche à adopter des pratiques énergétiques responsables, et le potentiel de cette centrale photovoltaïque constitue une étape significative dans cette démarche.

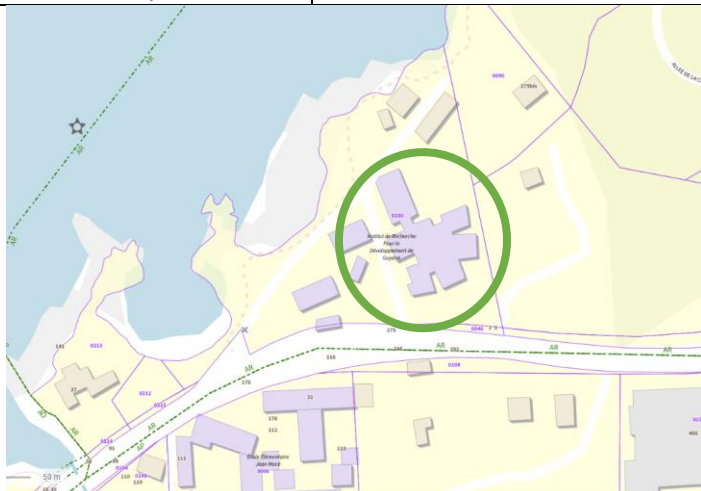
Cette étude abordera divers aspects, tels que la capacité de production d'énergie, les coûts d'investissement et d'exploitation, les avantages économiques, ainsi que l'impact environnemental positif de cette installation. Notre objectif ultime est de fournir à l'IRD une analyse complète et approfondie, éclairant ainsi les décisions à prendre pour concrétiser ce projet dans une perspective durable et rentable.

L'étude sera réalisée conformément aux recommandations du cahier des charges de l'ADEME, tel que stipulé.

1. Élaboration de plusieurs scénarios de consommation, prenant en compte des éventuelles évolutions futures du système ;
2. Calcul de rentabilité des configurations résultantes du croisement de ces scénarios. Cette dernière étape peut conduire à l'identification d'un éventuel besoin de subvention.

I.2. DESCRIPTION DU SITE

Localisation	4.945179, -52.316811
Orientations	Divers
Typologie	Bâtiment tertiaire (bureau)
Taux d'occupation	Non renseigné



Vue aérienne du site

Bâtiment :



La structure du bâtiment est en béton et la toiture est en tôle bac acier.

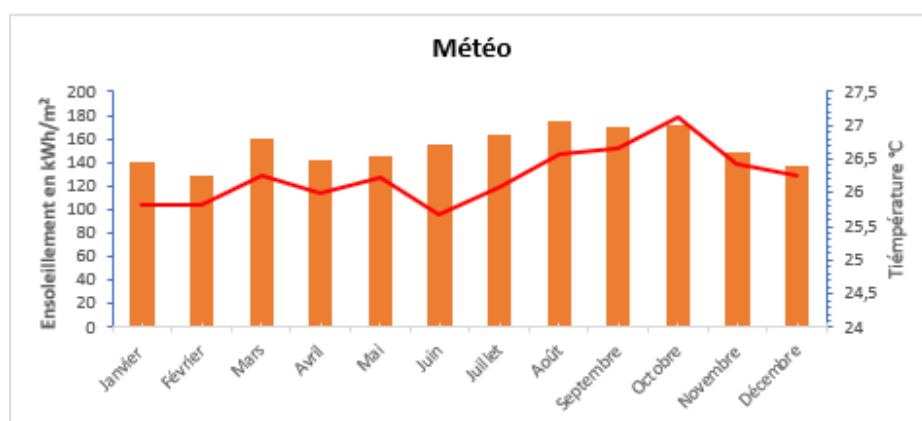
La surface totale du bâtiment est d'environ 2500 m² au sol et xxxx m² cumulée (à vérifier)

I.3. DONNEES METEOROLOGIQUES DU SITE

La puissance photovoltaïque est dimensionnée à l'aide de la base de données d'ensoleillement de PVSYST. La température moyenne avoisine les 26,2°C. Le mois où l'ensoleillement est le moins important est le mois de février.

Le rayonnement surfacique atteint son maximum en août, avec près de 175,5 kWh/m².

Le graphique ci-dessous représente les valeurs moyennes de rayonnement solaire et de températures mensuelles pour une année donnée.



Evolution du rayonnement solaire et de températures mensuelles

I.4. CONTRAT EDF

Le client a souscrit un contrat de type Bleu Plus 72 kVA.

Détails contrat



Le « Tarif Bleu Plus », tarif réglementé fixé par les pouvoirs publics, porte sur la fourniture d'électricité et sur l'utilisation du réseau public de distribution et s'applique aux clients qui ont souscrit une puissance de 36 kVA et plus.

1 TARIF BLEU PLUS

	Abonnement annuel (en €/an)	Majoration d'abonnement (en €/kVA/an au-delà de 36 kVA)	Heures Pleines Prix de l'énergie* (en c€/kWh)	Heures Creuses Prix de l'énergie* (en c€/kWh)
Option base	906.36	169.08	16.1000	-
Option Heures Creuses	907.32	201.48	16.7900	14.0100

*Prix majorés au titre de la Rémanence d'Octroi de Mer. La majoration liée à la rémanence d'octroi de mer est nulle pour Saint-Barthélemy et Saint-Martin.

Les plages horaires des heures creuses sont fixées localement par EDF.
Elles sont comprises entre 22h et 6h.

Remarque contrat

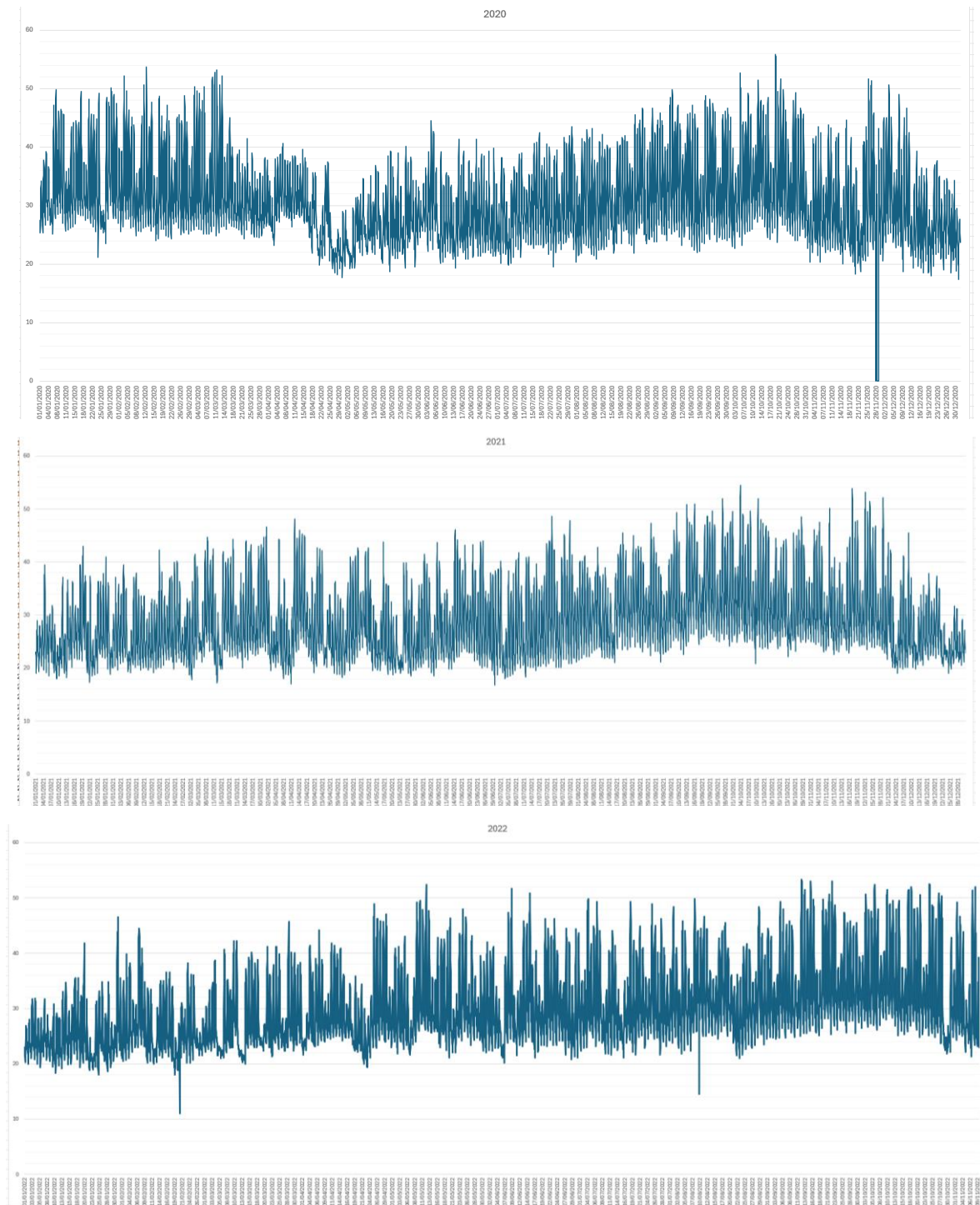
Préconisation :

- Sans objet

PARTIE II. SCENARIO DE CONSOMMATION ELECTRIQUE

II.1. ANALYSE DE LA COURBE DE CONSOMMATION

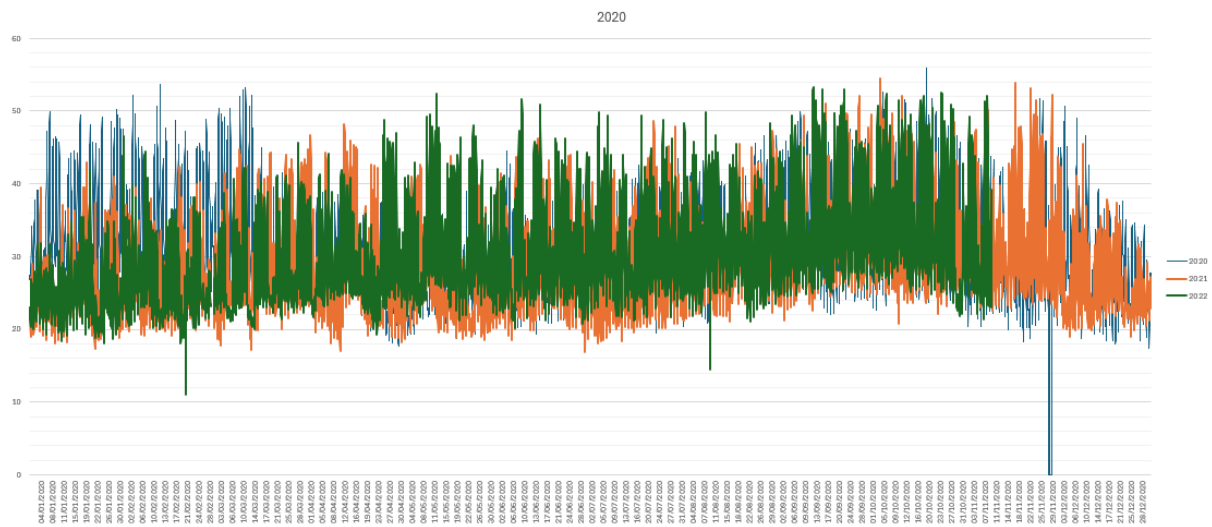
Nous avons utilisé le top 10 fournis par EDF pour avoir des données pertinentes à exploiter. Cette courbe couvre une période allant de 2020 à novembre 2022 Sur cette période les maximums observés par année ont été de 55,8 kW en 2020, 54 kW en 2021 et 53.3 en 2022



Représentation graphique de la période mesurée

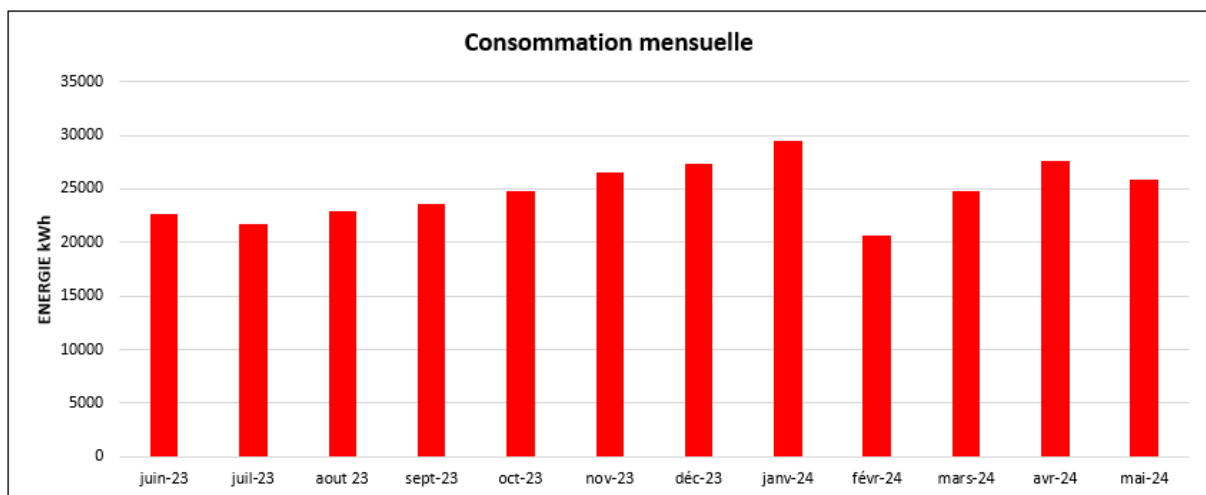
Bien que l'année 2020 ait été perturbée par la crise sanitaire de la covid 19, après vérification, le site de l'ird présente des consommations moyennes plus élevées en 2020.

Nous avons donc gardé les données de 2020 pour les analyses.



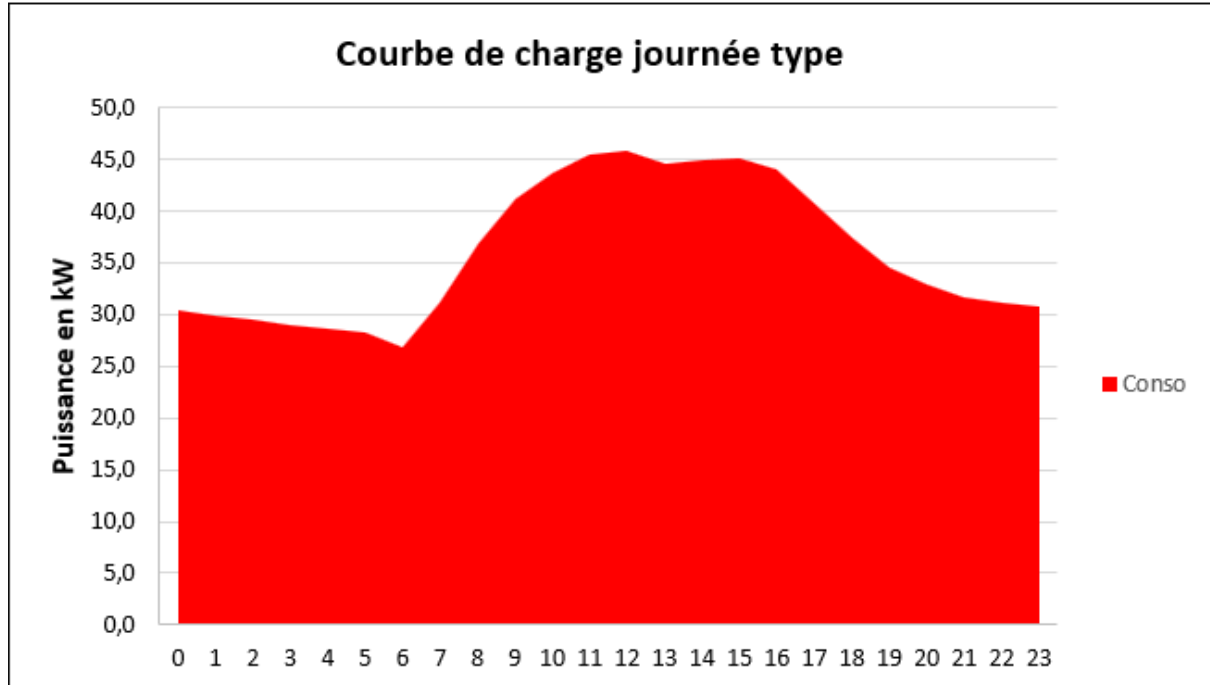
On peut déceler une saisonnalité dans les consommations, les consommations sont en moyenne plus élevées en fin d'année.

Cette tendance se vérifie également sur les données de consommation des factures EDF



II.2. SCENARIO BASSE CONSOMMATION ELECTRIQUE

Afin d'avoir une idée de la consommation journalière, nous avons fait une moyenne des consommations pour obtenir la consommation d'une journée type. Le graphique ci-dessous représente la courbe charge moyenne de la consommation quotidienne.



Courbe de charge journalière moyenne

Commentaire de la courbe de charge :

- La consommation augmente progressivement de 6h à 12h pour dépasser 45 kW
- On observe une légère baisse de 2kW de midi à 13h
- A partir de 13h jusqu'à 15h nous avons une nouvelle hausse qui se stabilise à 45 kW
- A 15h on commence à observer une baisse progressive de la consommation qui se stabilise à 30kW vers 22h
- De 22h à 6h la consommation baisse légèrement passant de 30 à 26kW

Remarque :

Il semblerait que des appareils fonctionnent de 20h à 6h pour une puissance d'environ 25kW, si ces consommations sont effectivement liées à de la climatisation cela représente un levier d'action considérable pour baisser la consommation énergétique du site.

La baisse de midi est légère, cela traduit probablement que les agents laissent tourner leur ordinateur, climatiseur, etc.... pendant leur pause.

II.3. REPARTITION DES CONSOMMATION

Nous n'avons pas réalisé d'inventaire des équipements permettant la quantification de la répartition de consommations.

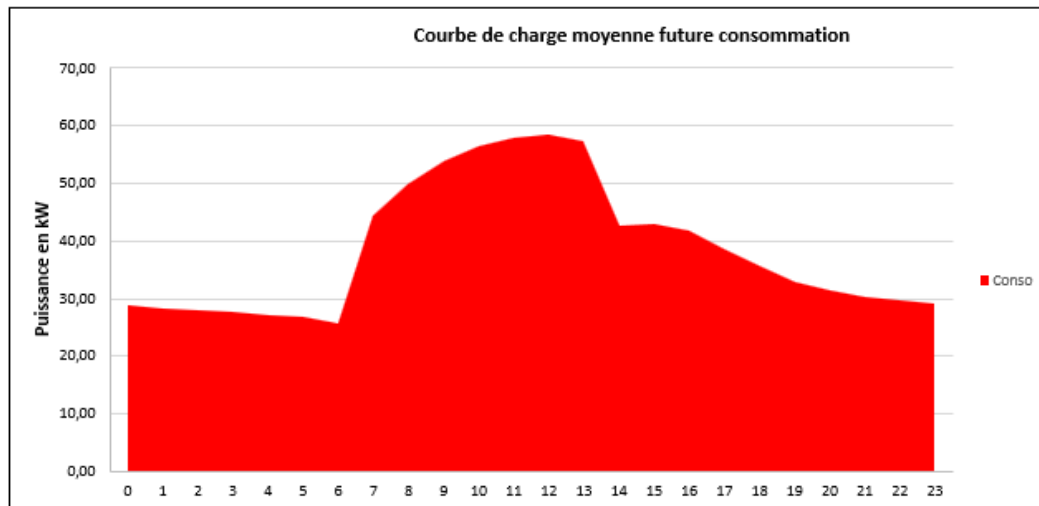
II.4. SCENARIO FUTURE CONSOMMATION ELECTRIQUE

Nous avons également établi une courbe de charge en supposant une augmentation de la consommation.

Hypothèse :

- Augmentation du nombre de personnel (5% de consommation supplémentaire)
- Ajout de 2 bornes de recharge de 7,4 kW sollicité de 7h à 16h

Ce qui nous donne la courbe ci-dessous. Elle nous permettra d'analyser l'efficacité de la centrale dimensionnée en cas d'augmentation de la consommation.



Courbe de charge quotidienne moyenne intégrant une augmentation de la consommation

Ce scénario est analysé, mais nous sommes conscients des objectifs de la transition énergétique. L'objectif sera plutôt de baisser la consommation énergétique du site dans le futur.

En effet cet ensemble bâtiment étant bâtiment tertiaire de plus de **1000m²**, le site est assujéti au décret tertiaire.

Ce dispositif concerne les propriétaires et locataires de bâtiment tertiaire de type hôtellerie, restauration, services publics. Les bâtiments concernés ont l'obligation de réduire leurs consommations d'énergies finale de l'ensemble du parc progressivement de :

- 40 % d'ici 2030
- 50 % d'ici 2040
- 60 % d'ici 250

Obligation

de réduction des consommations
d'énergie finale de l'ensemble du
parc tertiaire d'au moins* :

- 40 %
en 2030

- 50 %
en 2040

- 60 %
en 2050

*objectifs imposés par la loi Élan, par rapport à 2010

La consommation de chaque bâtiment ou ensemble de bâtiment doit être déclarée annuellement sur la plateforme numérique « OPERAT » mis en place par l'ADEME accessible à partir du lien suivant <https://operat.ademe.fr/#/public/home>.

Le décret BACS (20 juillet 2020) pour « Building Automation & Control Systems » détermine les moyens permettant d'atteindre les objectifs de réduction de consommation fixés par le décret tertiaire. Cette norme impose de mettre en place un système d'automatisation et de contrôle des bâtiments, d'ici le **1er janvier 2025** à minima. Elle concerne tous les bâtiments tertiaires non résidentiels, pour lesquels le système de chauffage ou de climatisation, combiné ou non à un système de ventilation, a une puissance nominale **supérieure à 290 kW**.

Pour les installations d'une puissance nominale **supérieure à 70 kW**, cette exigence devra être respectée d'ici le **1er janvier 2027**.

Nous avons répertorié 97 climatiseurs sur le site, pour une puissance installée d'environ 300kW.

Préconisation :

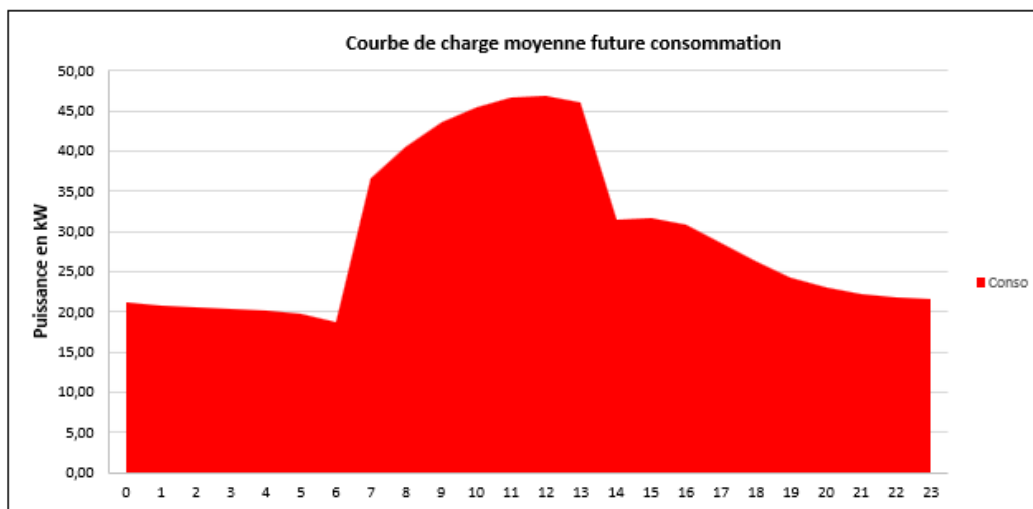
- **Réaliser les déclarations sur OPERAT**
- **Mettre en place une GTB conformément au décret BACS**

Ainsi, au vu de cet objectif réglementaire nous opterons pour l'analyse des consommations future pour une courbe de consommation réduite.

Hypothèse :

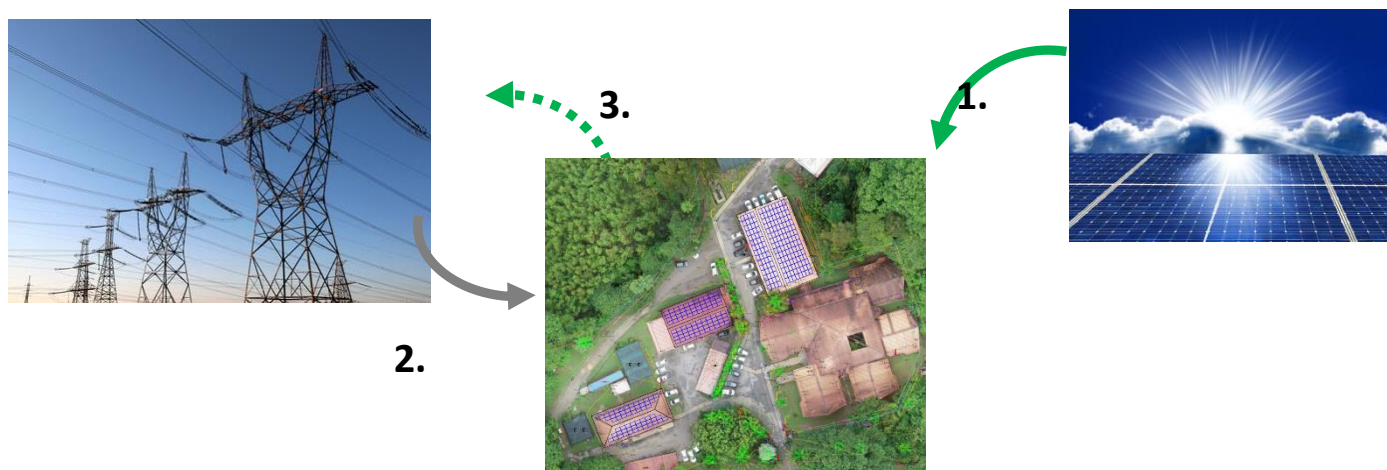
- Baisse de la consommation de 20% via des actions MDE et différents décrets réglementaires
- Ajout de 2 bornes de recharge de 7,4 kW sollicité de 7h à 16h

Ci-dessous une courbe de charge idéale à atteindre.



PARTIE III. DIMENSIONNEMENT DU GENERATEUR PHOTOVOLTAÏQUE ET SCENARIOS DE PRODUCTION PV

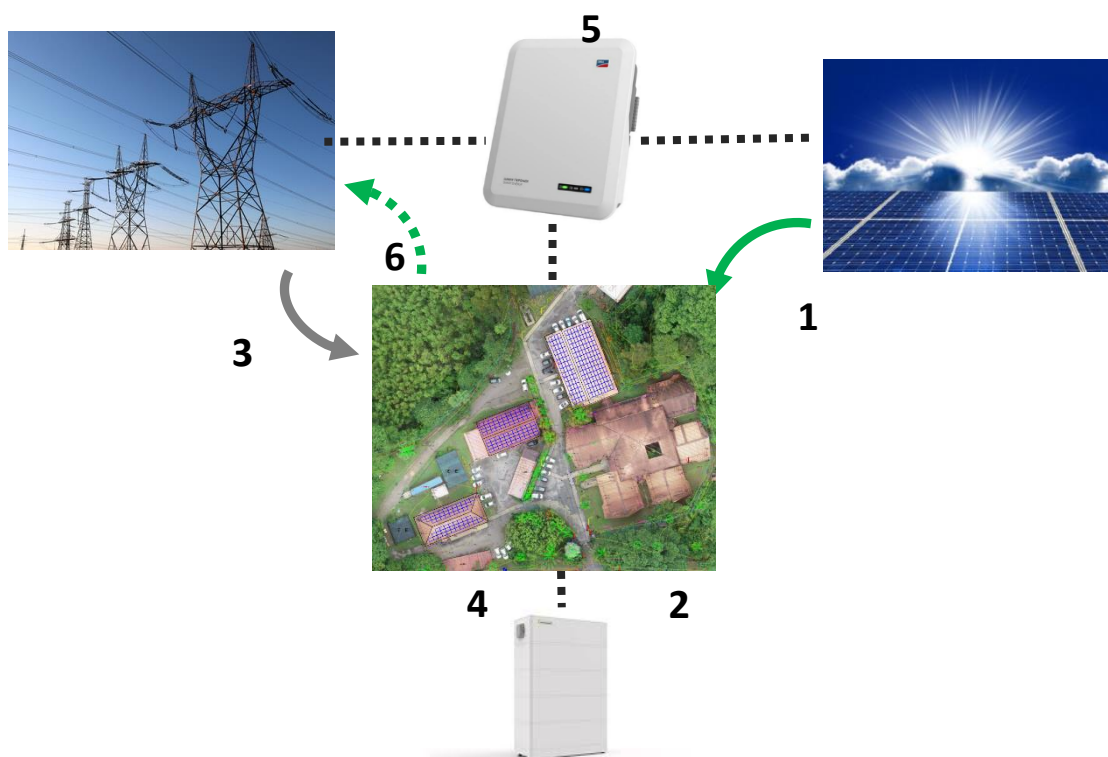
III.1. PRINCIPE DE L'AUTOCONSOMMATION SANS STOCKAGE



Synoptique de principe de l'autoconsommation photovoltaïque sans stockage

1. L'énergie produite par le générateur photovoltaïque est directement injectée dans le bâtiment, sans passer par le réseau EDF. Elle est instantanément consommée pour les différents usages électriques (y compris la mobilité, si le bâtiment est équipé de bornes de recharge de véhicules électriques).
2. L'approvisionnement en électricité est complété par le réseau EDF en cas d'ensoleillement ponctuellement insuffisant la journée et la nuit.
3. L'excédent éventuel de production (par exemple, en journée de la fin de semaine), peut être cédé gracieusement ou être vendu sur le réseau EDF

III.2. PRINCIPE DE L'AUTOCONSOMMATION AVEC STOCKAGE



Synoptique de principe de l'autoconsommation photovoltaïque avec stockage

1. L'énergie produite par le générateur photovoltaïque est directement injectée dans le bâtiment. Elle est instantanément consommée pour les différents usages électriques (y compris la mobilité électrique, si le bâtiment est équipé de bornes de recharge de véhicules électriques).
2. La batterie de stockage est à la fois un consommateur et un générateur d'énergies : elle accumule prioritairement l'excédent d'énergies solaire photovoltaïque produit et le restitue en cas de forte demande.
3. Le réseau électrique fournit le complément d'énergies et assure la continuité de service.
 - a. Pendant les périodes que le site consomme peu et que la batterie chargée, un excédent d'énergies peut être réinjecté sur le réseau EDF.
4. En cas de défaillance du réseau EDF, le système devient autonome et assure le besoin du site temps une période donnée. Cette période dépend de l'autonomie de la batterie en heure.
5. L'ensemble du système est piloté et supervisé par un onduleur intelligent capable de déterminer la meilleure stratégie de fonctionnement en temps réelle.
6. Les jours de faible consommation, l'excédent de production peut être réinjecté sur le réseau EDF

III.3. METHODE DE VERIFICATION

La définition et la formule de calcul des taux d'autoproduction et d'autoconsommation sont rappelés ci-dessous :

Taux d'autoconsommation : Représente la part de la production de la centrale photovoltaïque qui est consommée par le ou les participants à l'opération d'autoconsommation.

$$\text{Taux d'autoconsommation} = \frac{\text{Production d'électricité PV **consommée sur site**}}{\text{Production d'électricité PV totale}}$$

Taux d'autoproduction : Représente la part de la consommation du ou des participants à l'opération d'autoconsommation qui est couverte par l'énergie photovoltaïque produite consommée.

$$\text{Taux d'autoproduction} = \frac{\text{Production d'électricité PV **consommée sur site**}}{\text{Consommation d'électricité totale}}$$

$$\text{Taux de couverture} = \frac{\text{Production d'électricité PV **totale**}}{\text{Consommation d'électricité totale du site}}$$

Taux de couverture : représente ration entre la quantité d'énergie produite par la centrale et la quantité d'énergie consommé par le bâtiment.

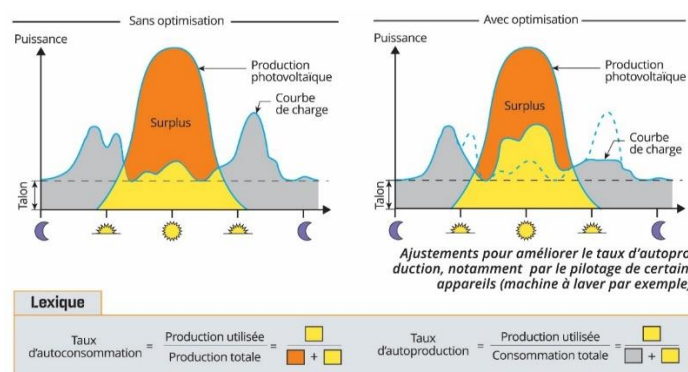


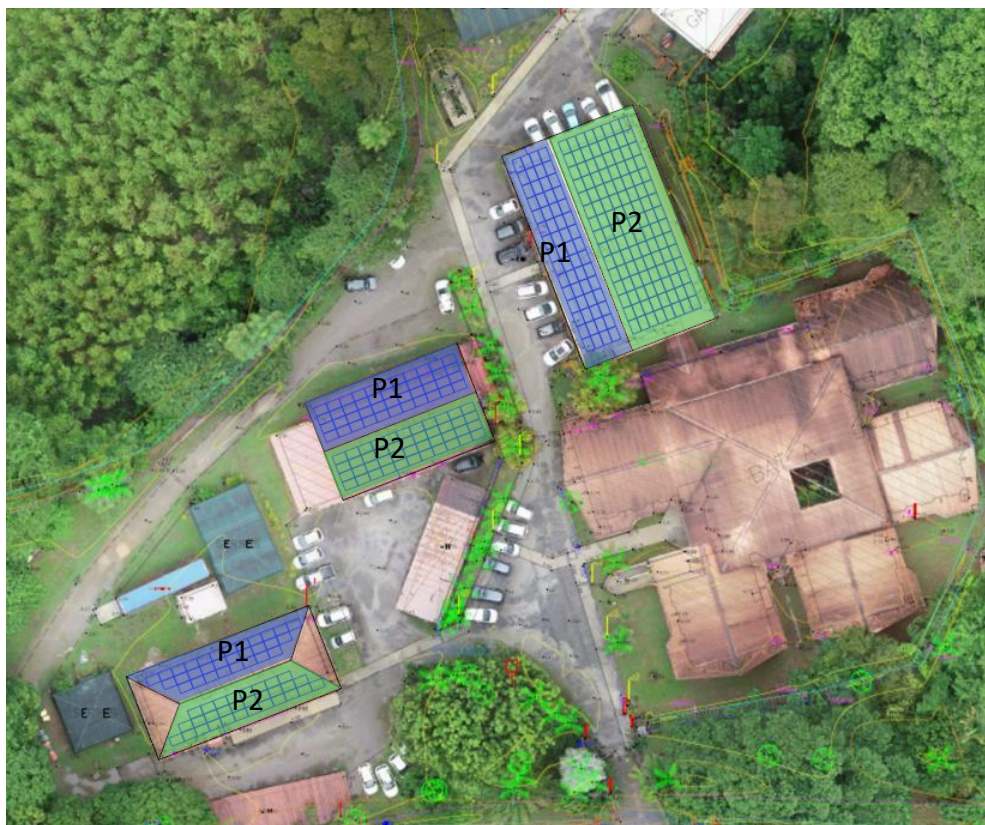
Illustration de l'autoconsommation

III.4. TOITURE DISPONIBLE

Le site offre une couverture d'une surface totale d'environ 2688m² exploitable répartie sur 5 bâtiments répertoriés comme ci-dessous



Après avoir réalisé un diagnostic des toitures, les toitures du carbet et le bâtiment A ont été écartés. Les pans des bâtiments sont définis comme ci-dessous. Les 3 bâtiments pourront être équipés sous réserves d'acceptation des services de l'urbanisme de la ville de Cayenne.



III.5. DIMENSIONNEMENT PHOTOVOLTAÏQUE -BASE CONSOMMATION

Avant de faire le dimensionnement, nous avons récapitulé les éléments permettant de choisir les meilleures toitures ci-dessous :

ordre	Batiment	pan	azimut	azimut PV syst	inclinaison	modules	puissance	prod spécifique (kWh/kWc/an)
2	Batiment B	1	247	67	17,74	56	22960	1515
1		2	67	-113	11,8	120	49200	1531
6		1	338	158	23,64	44	18040	1440
5	Garage	2	158	-22	31,32	44	18040	1442
4	Batiment C	1	338	158	22,49	30	12300	1444
3		2	158	-22	22,59	30	12300	1497

Au vu de ces résultats, voici l'ordre de priorité d'exploitation des toitures :

- **Bâtiment B pan 2 (les arbres à proximité génèrent de l'ombre en début de matinée)**
- **Bâtiment B pan 1**
- **Bâtiment C pan 2**
- **Bâtiment C pan 1**
- **Garage C pan 2**
- **Garage C pan 1**

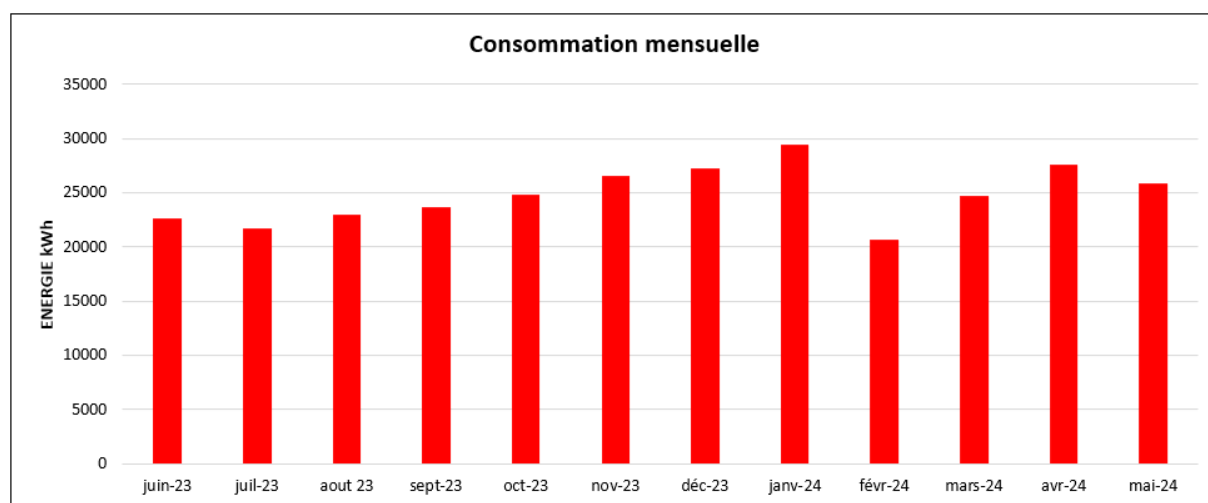
Cette information nous servira à mieux répartir les panneaux une fois que la puissance finale sera choisie. A partir de la courbe de charge journalière, ainsi qu'aux données du site, nous avons estimé la production photovoltaïque du site afin de répondre au besoin.

Le dimensionnement a été réalisé en prenant en analysant 3 possibilités de puissance :

- Solution 1 : 49,2 kWc (Bâtiment C + Pan 1 du bâtiment B)
- Solution 2 : 60,68 kWc (Bâtiment C + Garage)
- Solution 3 : 71,34 kWc (Pan 2 du bâtiment C + Garage + Pan 2 du bâtiment B)

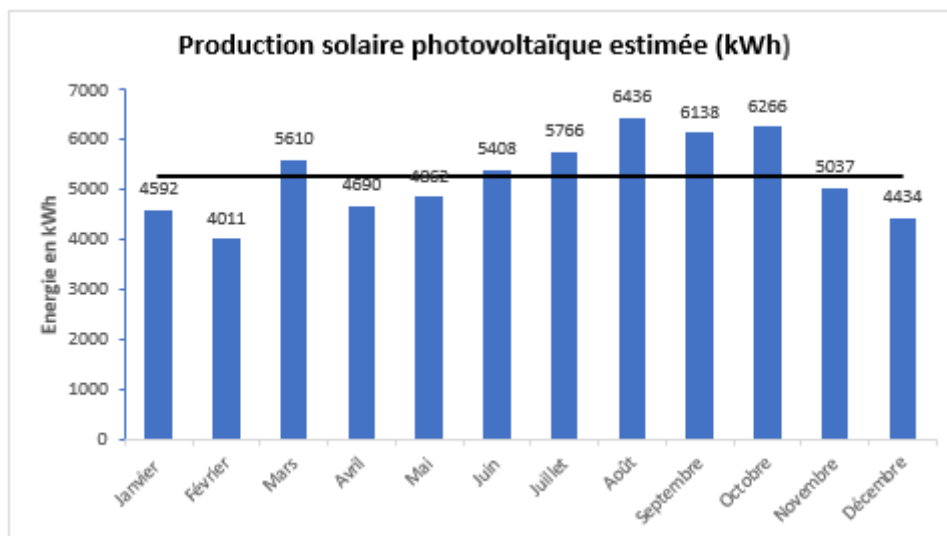
Pour chaque puissance nous avons estimé la production en février (mois le moins ensoleillé) et août (mois le plus ensoleillé).

Afin de simuler l'augmentation des consommations liées au mois le plus chaud nous avons recherché le delta de différence entre février et août. Nous avons trouvé un taux de 11%.



Solution 1 : 49,2 kWc

- Le gisement solaire annuel

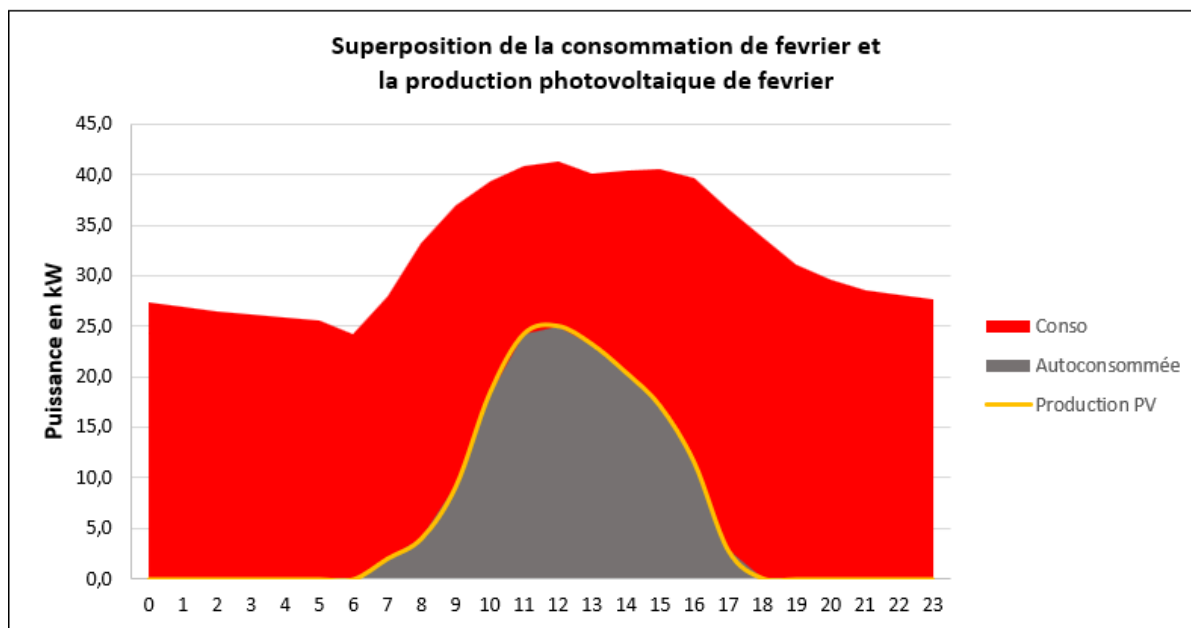


La production solaire photovoltaïque est estimée à près de 63 250,1 kWh/an avec une moyenne de 5 271 kWh/mois. En août nous avons une production de 6 436 kWh et en février, une production de 4 011 kWh.



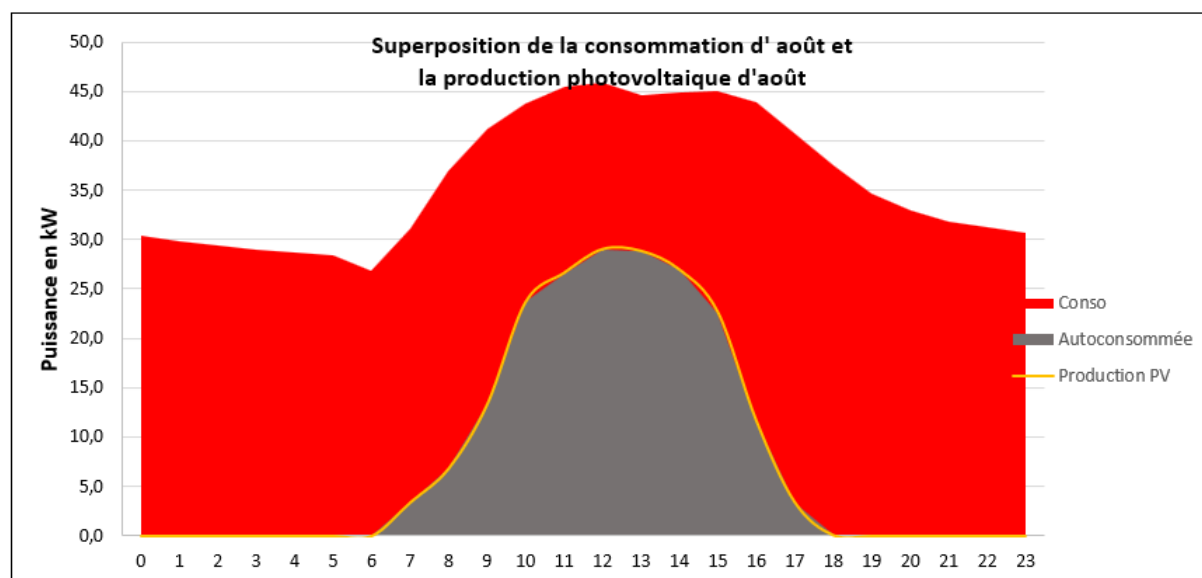
Visuel de la solution

- Le mois le moins ensoleillé : Février



FEVRIER	49,2 kWc
Taux d'autoconsommation	100%
Taux d'autoproduction	20,34%
Taux de couverture	20,34%

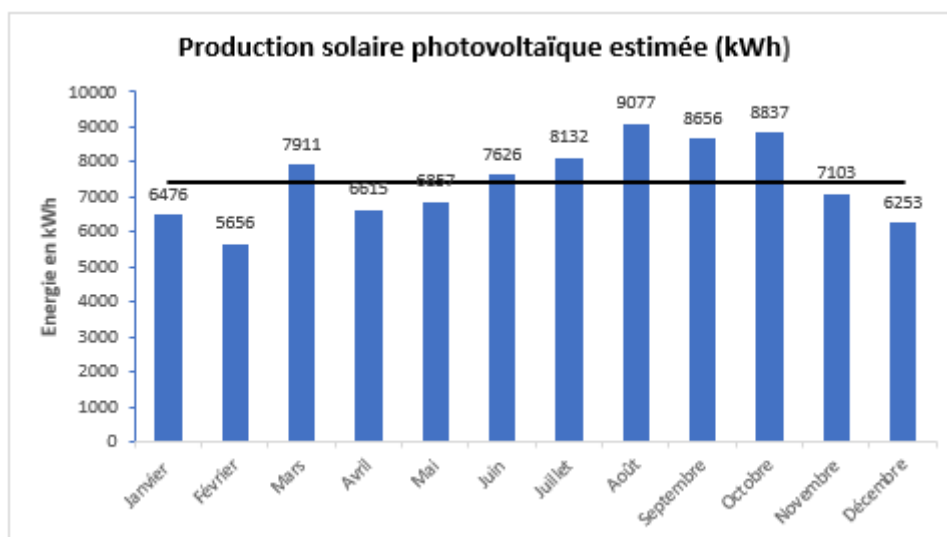
- Le mois le plus ensoleillé : août



AOÛT	49,2 kWc
Taux d'autoconsommation	100%
Taux d'autoproduction	22,69%
Taux de couverture	22,69%

Solution 2 : 60,68 kWc

- Le gisement solaire annuel

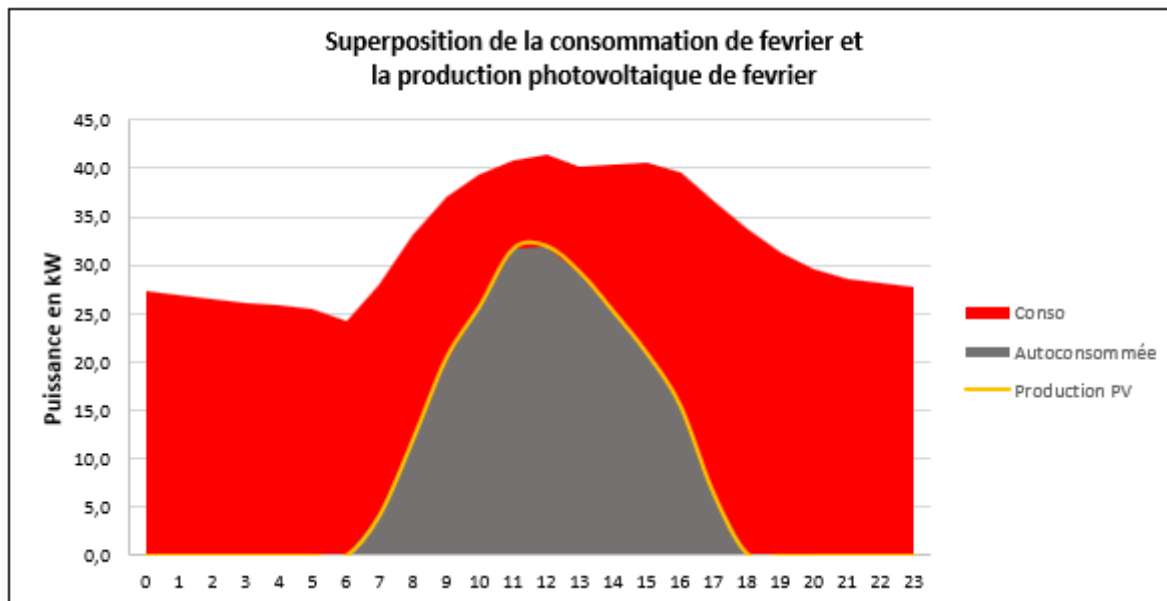


La production solaire photovoltaïque est estimée à près de 89 199 kWh/an avec une moyenne de 7 433 kWh/mois. En août nous avons une production de 9 077 kWh et en février, une production de 5 656 kWh.



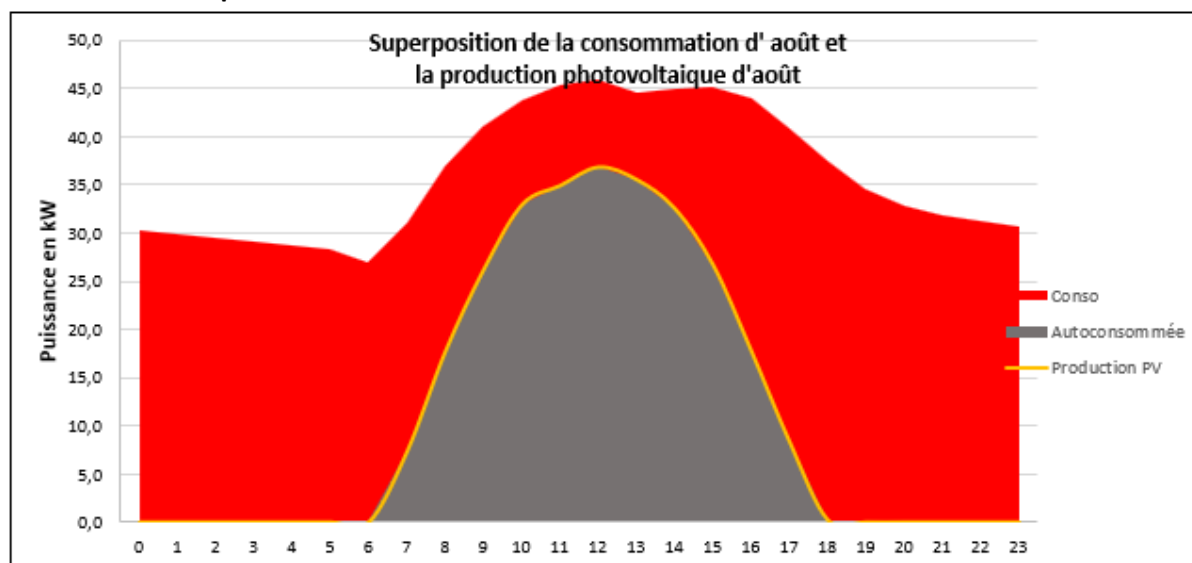
Visuel de la solution

- Le mois le moins ensoleillé : février



FEVRIER	60,68 kWc
Taux d'autoconsommation	100%
Taux d'autoproduction	28,68%
Taux de couverture	28,68%

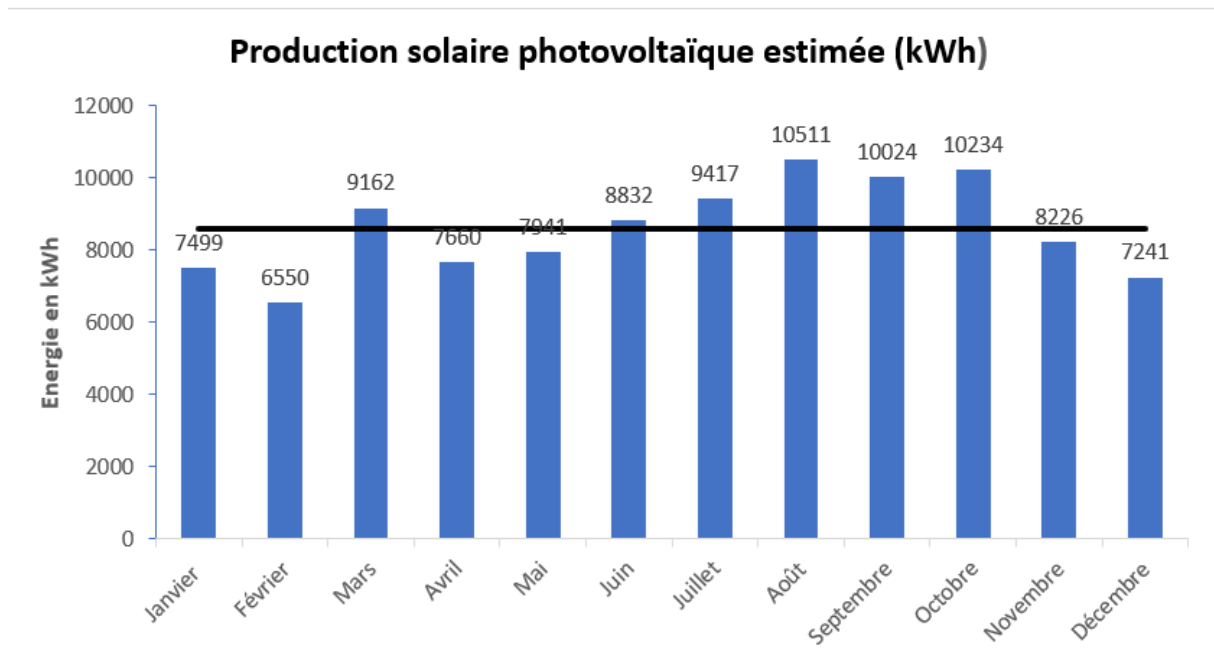
- Le mois le plus ensoleillé : août



AOÛT	60,68 kWc
Taux d'autoconsommation	100%
Taux d'autoproduction	32,09%
Taux de couverture	32,09%

Solution 3 : 71,34 kWc

- Le gisement solaire annuel

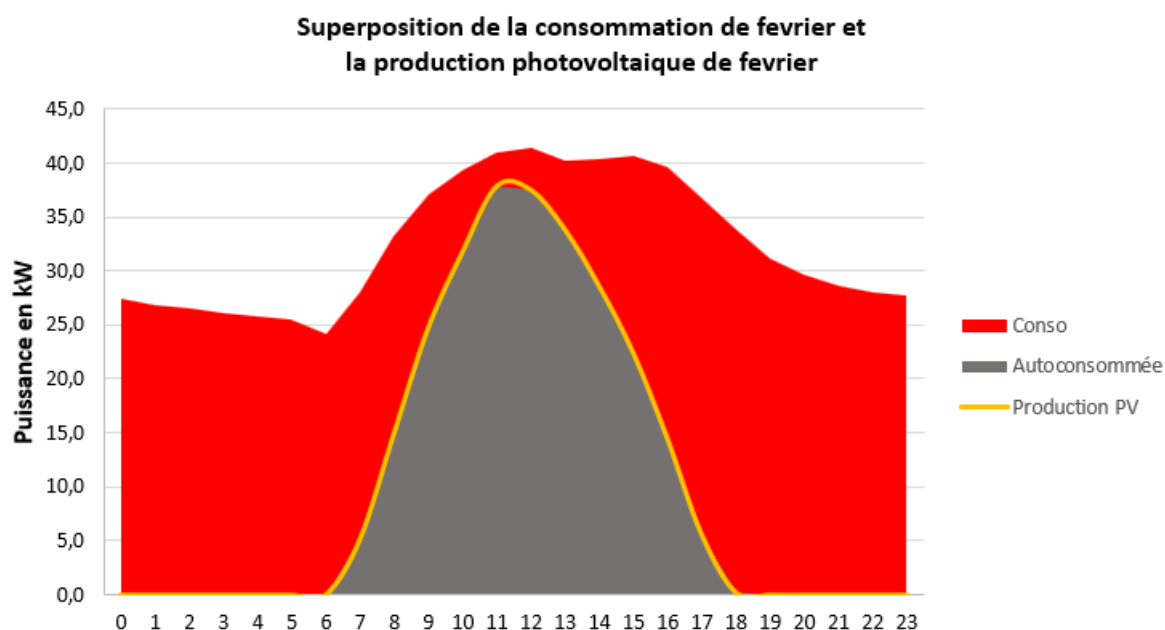


La production solaire photovoltaïque est estimée à près de 103 295,8 kWh/an avec une moyenne de 8 608 kWh/mois. En août nous avons une production de 10 511 kWh et en février, une production de 6 550 kWh.



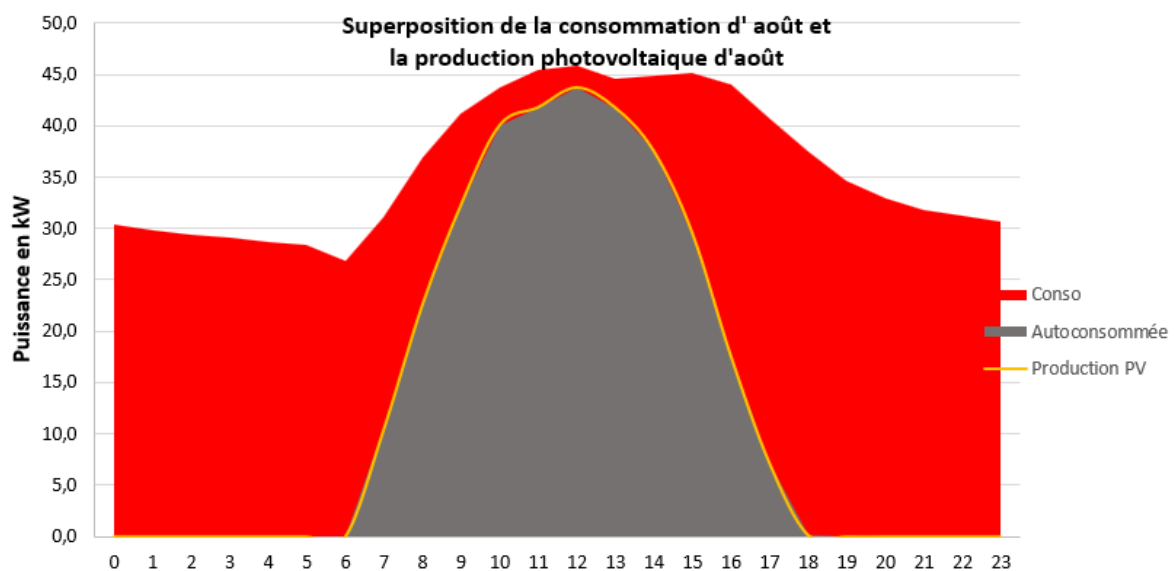
Visuel de la solution

- Le mois le moins ensoleillé : février



FEVRIER	71,34 kWc
Taux d'autoconsommation	100%
Taux d'autoproduction	32,99%
Taux de couverture	32,99%

- Le mois le plus ensoleillé : août



AOÛT	71,34 kWc
Taux d'autoconsommation	100%
Taux d'autoproduction	37,57%
Taux de couverture	37,57%



NB : Il est primordial de travailler sur la réduction des consommations énergétique avant même de réaliser un projet d'autoconsommation.

Une consommation énergétique plus basse peut radicalement changer la rentabilité et la pertinence du projet.

Caractéristique de l'installation retenue :

Après une réunion de présentation des différentes propositions, la solution retenue est : **la solution 3**

Orientation	Divers	Puissance	71,34 kWc
Inclinaison	14°	Onduleurs	2
Nombre de pans	4	Puissance modules	410 Wc
Taux d'autoconsommation février	100%	Nombre de modules	174
Taux d'autoproduction février	32,99%	Surfaces	334,2 m ²
Taux de couverture	32,99%		

Les chiffres retenus sont ceux du mois le plus défavorable

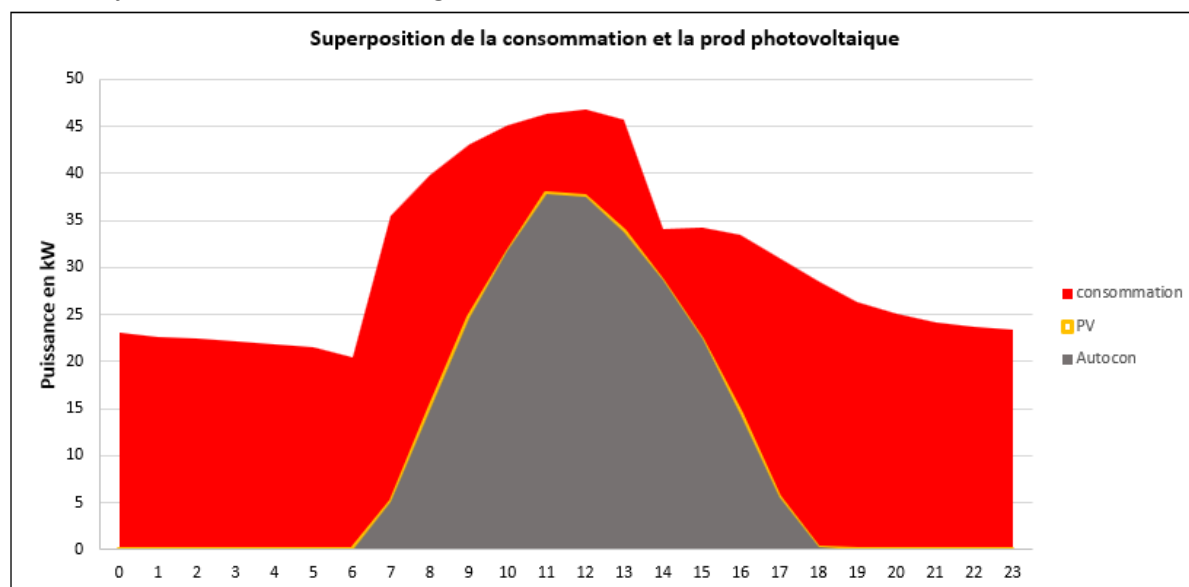
Cette puissance permettra au site d'autoconsommer le besoin nécessaire.

Les caractéristiques des équipements sont indicatives

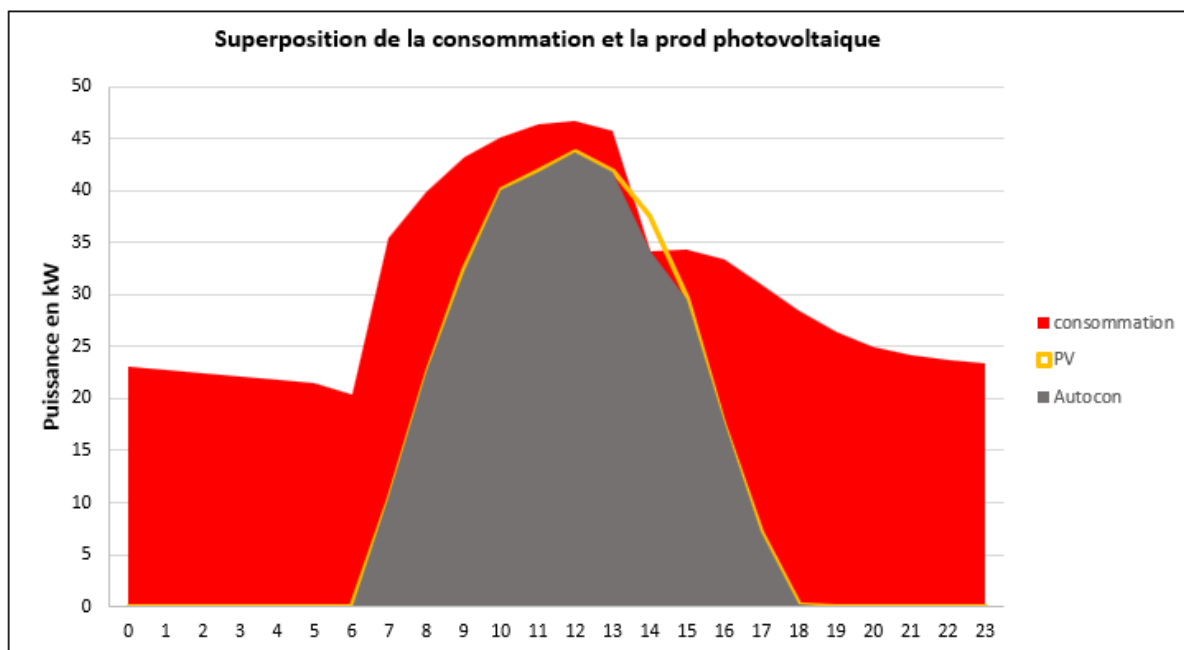
III.1. DIMENSIONNEMENT PHOTOVOLTAÏQUE -HAUTE CONSOMMATION

Ci-dessous les graphiques représentent les performances de l'installation retenue en cas d'augmentation de la consommation selon les hypothèses suivantes :

- Baisse de la consommation de 20% via des actions MDE
- Ajout de 2 bornes de recharge de 7,4 kW sollicité de 7h à 16h



FEVRIER	71,34 kWc
Taux d'autoconsommation	100%
Taux d'autoproduction	28%



AOÛT	71,34 kWc
Taux d'autoconsommation	99%
Taux d'autoproduction	35%

III.2. ZONE D'INSTALLATION

Ci-dessous on projette l'impact de l'implantation de la centrale PV.

Implantation en toiture :

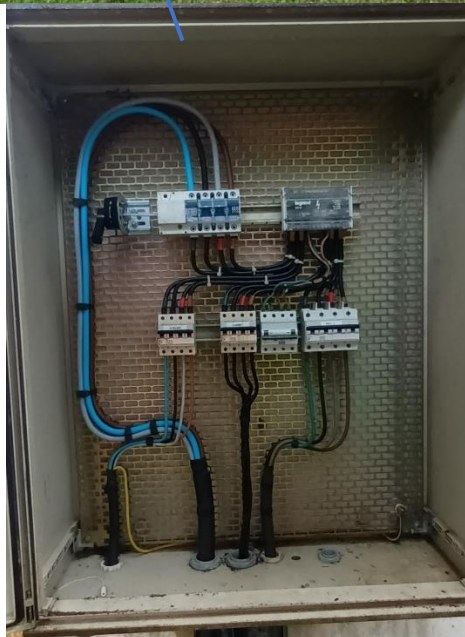


Ceci est la proposition d'implantation maximum selon la solution choisie, nous garderons les panneaux nécessaires.

Implantation de la zone technique

Nous prévoyons une implantation d'une zone technique pour la disposition des onduleurs et du coffret électrique au niveau du garage.

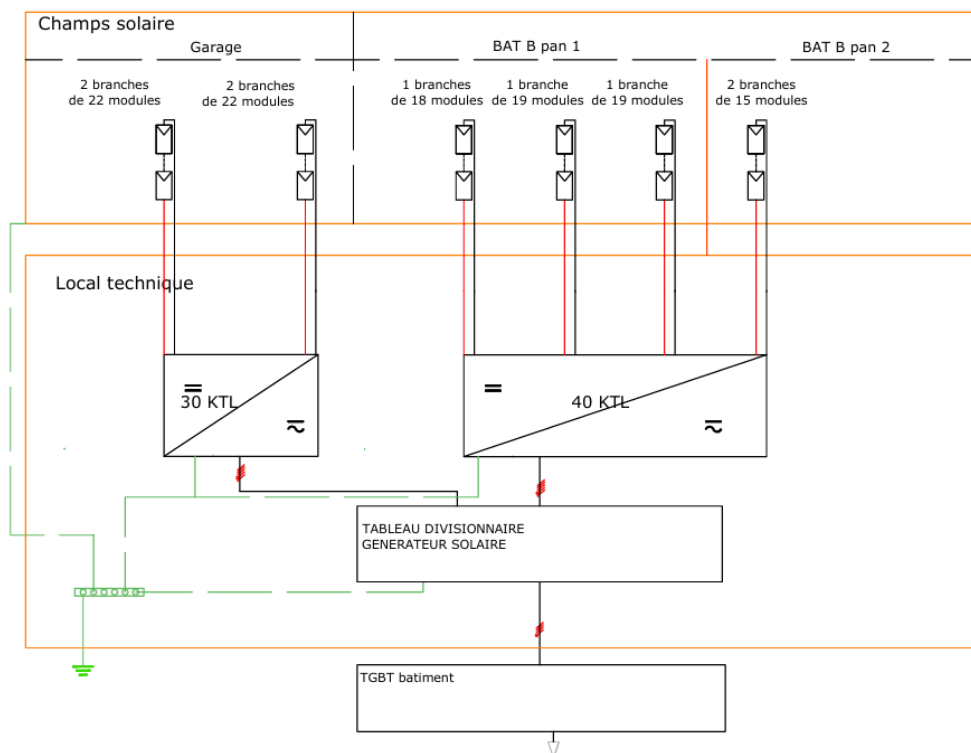
A ce stade du projet l'implantation est définie comme représenté ci-dessous



Avec notamment la possibilité de se raccorder au coffret adjacent.

Nous étudierons plus en détail la possibilité de réaliser des branchements directement sur chaque bâtiment en phase DCE.

III.3. SYNOPTIQUE ELECTRIQUE



III.4. SUIVI DE L'INSTALLATION PHOTOVOLTAÏQUE

Pour avoir un suivi réel de la consommation sur site, nous préconisons l'utilisation d'équipements de collecte de données en temps réel, tels que :

Système de Monitoring en Temps Réel :

- Mise en place d'un système de monitoring en temps réel, capable de collecter des données infra-horaires ou au maximum horaire. Cela peut être réalisé à l'aide de capteurs intelligents connectés au générateur photovoltaïque, au système de stockage, et aux points de consommation.

Plateforme de Visualisation :

- Utilisation d'une plateforme de visualisation conviviale et interactive, accessible en ligne. Cette plateforme doit permettre de représenter graphiquement les données collectées sous forme de courbes pour la production, la consommation, et la résultante.

Courbes de Production et de Consommation :

- Affichage séparé des courbes de production du générateur photovoltaïque et de la consommation d'électricité du bâtiment. Ces courbes doivent être actualisées régulièrement pour fournir des données en temps réel.

Analyse des Tendances et des Performances :

- Intégration d'outils d'analyse des tendances et des performances pour permettre une évaluation approfondie de l'efficacité de l'installation. Cela peut inclure des indicateurs de

rendement, des comparaisons de production mensuelle, et des alertes en cas de dysfonctionnement.

Accès à Distance :

- Assurer la possibilité d'accéder à distance à la plateforme de suivi, permettant de surveiller les performances.

III.5. ENJEUX DE CONFORMITE ET DE SECURITE

Mettre en place un système de protection sur site est important afin d'éviter des incidents. Pour cela, nous proposons certaines actions pour évaluer et maîtriser le risque sur site.

Risques liés à l'électrolyte, corrosion, brûlures

Préconisation : Implanter des dispositifs de détection de fuites, opter pour des revêtements anti-corrosion, et mettre en place des équipements de protection individuelle pour le personnel intervenant.

Risques liés à l'Intégration des modules à la toiture :

- Avis Techniques (Atec) ou Enquêtes de Techniques Nouvelles (ETN) des supports de modules et de leur mise en œuvre :

Préconisation : Consulter et suivre scrupuleusement les Avis Techniques (Atec) pour les supports de modules, garantissant ainsi leur conformité aux exigences essentielles du bâtiment telles que l'étanchéité, la résistance au feu et la réglementation thermique.

PARTIE IV. ASPECTS ECONOMIQUES

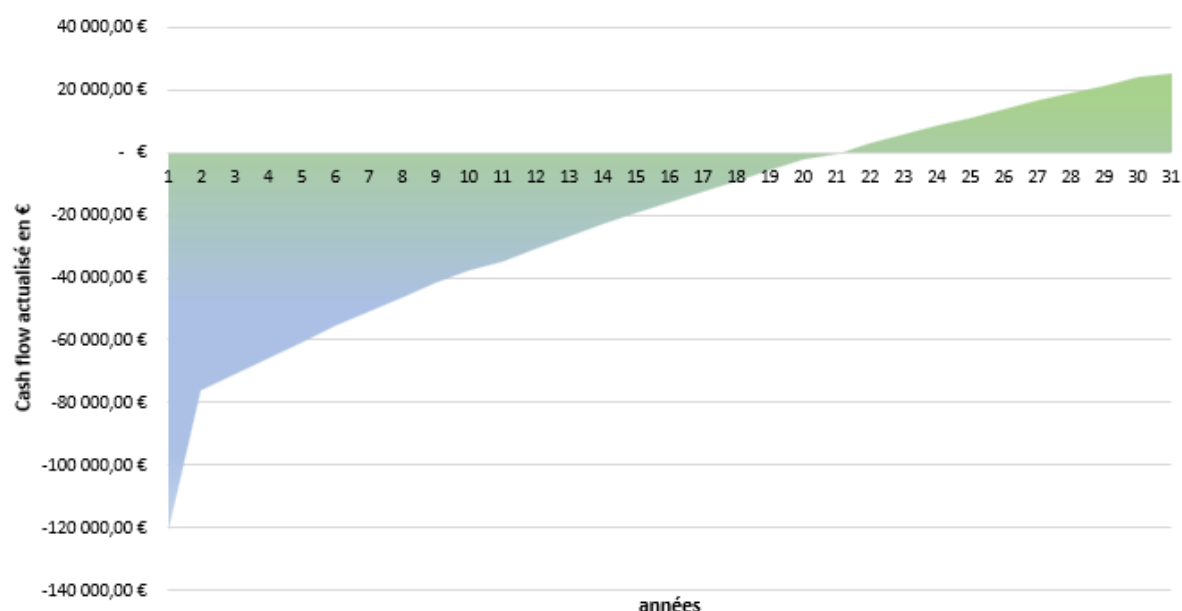
L'analyse économique se fera sur le système préconisé :

Ci-dessous des détails des données que nous avons utilisés pour analyser financièrement le projet.

Puissance du site	KWc	71,34
Coût du générateur	€	128 412
Coût /Wc	euro/Wc	1,8
Coût du générateur subventionné à 40%	€	
Inflation générale	i	2,5%
Inflation pour électricité	ic	1,1%
Taux d'actualisation (discount rate)	d	3,0%
cout maintenance	2%	%/an

besoin	297863,00	KWh/an
Productible annuelle	103 296	KWh/an
taxes élec		10%
cout remplacement onduleurs dans 10 ans	1 000 €	€
Nbre d'onduleurs	2	
aide	0%	128 412,00 €
Taux autoproduction	33%	
Taux autoconsommation	100%	
tarif elec	0,154	€/KWh
tarif elec brut avec taxe	0,17	€/kWh
Cout de prod énergie autoconsommé	0,097 €	c€/KWh
tarif d'achat	0,0725	
baisse de production	bp	0,5%
Emissions de CO2	720	gCO2/kWh
Pime installation	€/WC	0,57

Temps de retour sur investissement de l'installation solaire photovoltaïque du site



Nous prévoyons un retour sur investissement sur 21 ans.

Chiffre clés :

- **Investissement** : 128 412 €
- **Economie (moyenne sur 20 ans)** : 7876,73 €/an (157 534,68 € sur 20 ans)
- **Maintenance annuel (moyenne sur 20 ans)** : 1 926 €/an
- **Emissions de CO2 évitées** : 57,81 T_{eq}CO₂/ an

PARTIE V. CONCLUSION

Le tableau ci-dessous reprend les chiffres des solutions qui ont été proposées : solution 3

			Solution 1	Solution 2	Solution 3
Consommations	Consommation électrique annuelle	kWh	297863,00	297863,00	297863,00
	Type d'abonnement	KVA	72	72	72
Données principales équipements	Puissance du générateur	kWc	49,2	60,68	71,34
	Puissance de raccordement	kVA			
	Surface du générateur	m²	204	251,6	295,8
	Production PV annuelle	kWh/an	63 250	89 199	103 296
	Productivité	kWh/kWc	1286	1470	1448
	Capacité des batteries	kWh	-	-	-
Caractéristiques d'autoconsommation	Taux d'autoconsommation	%	100%	100%	100%
	Taux d'autoproduction	%	20%	29%	33%
	Puissance max injectée	kW	0	0	2
	Puissance max injectée weekend	kW	0	4	11
	Puissance max soutirée sans autoconsommation	kW	41,35	41,35	41,35
	Puissance max soutirée avec autoconsommation	kW	33,70	33,59	33,61
Investissement	Équipements de base (panneaux, onduleur, etc)	€	47674,8	57251,58	65490,12
	Equip. pilotage, réduction pointes injection, MDE	€			
	Equip. stockage (batteries)	€			
	Etudes/ingénierie	€	7478,4	8980,64	10272,96
	Travaux	€	38 327	46 026	52 649
	Raccordement	€			
	Total investissement (hors subv.)	€ et €/kW	93 480	112 258	128 412
	Subvention sur l'investissement	€	0	0	0
	Investissement final net	€ et €/kW	93 480	112 258	128 412
Résultats	temps de retour	ans	>31	23	21
	coût de revient du kWh	€/kWh	0,116	0,098	0,097
Prêt	Durée du prêt	ans	0	0	0
	taux	%	0	0	0
Revenus	Prime (éventuelle) autoconsommation	€/kWc	0,57	0,57	0,57
	Revenu direct autoconsommation	€/an	3385,70	6359,050965	7501,65
	Prix (moyen) du kWh non acheté	€/kWh	0,17	0,1694	0,17
	Revenu total injection	€/an	0,00	0	0,00
	Revenu annuel net	€/an	3385,70	6359,050965	7550,18
Frais annuels	Frais maintenance & exploitation (y compris remplacements et abonnement)	€/an	1402,2	1683,87	1926,18
	Assurance	€/an			
	Total frais annuels	€/an	1402,2	1683,87	1926,18
Emission de CO2	Emissions de CO2 évitées (teqCO2/an)	teqCO2/an	38,99	55,01	63,58
	Emissions de CO2 évitées (teqCO2/20 ans)	teqCO2	779,97	1100,33	1271,72

PARTIE VI. ANNEXES

VI.1.COMPOSANTS DU GENERATEUR PHOTOVOLTAÏQUE

Modules photovoltaïques

Les modules photovoltaïques rigides en silicium poly- ou monocristallin sont composés de cellules photovoltaïques à haut rendement, encapsulées et posées sur un panneau arrière en TEDLAR et recouverte par un verre protecteur antireflet. L'ensemble est maintenu par un cadre en aluminium qui vient augmenter la rigidité et permettre la fixation.



Les dimensions sont quasi-standard quel que soit le fabricant : 1,7 x 1m, soit 1,7 m² par module pour une puissance crête de l'ordre de 410 Wc.

Système de fixation des modules rigides

Différents systèmes de fixation des modules rigides existent sur le marché, les plus complexes permettent une intégration complète au bâti, c'est dire que le champ photovoltaïque assure également la fonction d'étanchéité. Pour le présent projet, les solutions les plus simples de pose en surimposition de toiture seront préférées. Sur une toiture tôle, la fixation des modules peut se faire directement en sommet d'onde (tôle ondulée ou bac acier), soit par un système de profilés.



Exemple de fixation en sur imposition de toiture – SCHLETT Single Fix HU

Boîtiers de protection DC

Les boîtiers DC ont pour fonction d'isoler les onduleurs du courant continu produit par les modules photovoltaïques. Ils sont composés d'un sectionneur à deux étages de coupure et d'un parafoudre de type 2.

Dans le cas où le boîtier assure la mise en parallèle de plus de 2 chaînes photovoltaïques, il est nécessaire d'ajouter une protection contre les surcharges par fusibles.



Sectionneur DC – SIRCO MC

Connecteurs et câbles solaires

Les câbles solaires sont de type mono-conducteur en cuivre et un isolant en polyoléfine. Ils sont destinés spécifiquement aux installations photovoltaïques et peuvent être soumis aux contraintes climatiques : UV, chaleur, intempéries...

Les câbles sont de section de 4, 6 ou 10 mm² selon leur utilisation.



Câble solaire mono-conducteur – Olfexsolar

Les connecteurs photovoltaïques standard sont de type MC4. Ils sont utilisés pour tous les raccordements en courant continu (DC) : ils sont étanches (IP65), intègrent un système de blocage et assurent une protection contre les arcs électriques accidentels (en cas de déconnexion en charge).

En règle générale, la fiche mâle est pour la polarité -, la fiche femelle pour la polarité +.



Connecteurs MC4 – fiches mâle et femelle

Onduleur photovoltaïque

L'onduleur hybride rassemble l'onduleur solaire photovoltaïque et l'onduleur chargeur en un. L'onduleur hybride compte occupe donc moins de place.

L'onduleur hybride est le cœur de l'installation, il est connecté à la centrale solaire, aux batteries et à la charge. Il contrôle les batteries et la production solaire simultanément afin de fournir un service et une énergie de qualité. Une partie de l'énergie produite est consommée directement et l'autre partie stockée dans les batteries afin d'être utilisée dans la soirée. Dans la situation où le besoin d'énergie est supérieur à la production solaire photovoltaïque, le complément est directement puisé des batteries.



Raccordement au TGBT pour injection en autoconsommation

Dans le cas d'une autoconsommation photovoltaïque, l'injection de la production se fait au niveau du tableau général (TGBT) existant en aval de l'inter-sectionneur. On vérifiera préalablement l'espace disponible et on s'assurera que le calibre de la protection en tête existante soit bien adaptée à la puissance photovoltaïque maximale : $P_{\text{TGBT (soutirage)}} \geq P_{\text{injection PV}}$.

Une modification de l'architecture électrique du bâtiment sera effectuée par l'ajout d'un dispositif de protection dédié à la liaison d'injection photovoltaïque (armoire regroupant les 4 onduleurs). Les raccordements se feront à l'aide de câbles de puissance de section adaptée, cosses serties et presse-étoupes pour garantir la qualité et l'étanchéité de la liaison électrique.

Dans le cas présent d'une alimentation secourue par un groupe électrogène, on veillera à maintenir le générateur photovoltaïque arrêté lors d'une coupure réseau et tout le temps du fonctionnement du groupe.

Monitoring et le tableau de bord dynamique

La vocation première du système est le suivi de l'autoconsommation photovoltaïque, c'est-à-dire l'analyse comparée en "temps réel" du différentiel consommation électrique - production photovoltaïque. Il s'agit de vérifier au cours de l'exploitation la performance énergétique du bâtiment et de suivre son évolution dans le temps. De ce fait, l'autoproduction + monitoring entraîne un comportement vertueux dans les usages énergétiques.

Le tableau de bord associé au monitoring permet de communiquer de manière simple et compréhensible de tous :

- Afficher les performances réelles du bâtiment et de quantifier les impacts de chaque usage,
- Sensibiliser sur la démarche d'exemplarité énergétique voulue par la Maitrise d'Ouvrage.

Les supports possibles seront nécessairement multiples, comprenant au minimum une interface PC accessible via le réseau informatique interne et une application mobile.

Pour exemple : tableau de bord en ligne (plateforme Fronius) et applications mobiles associées,