

MARCHÉ GLOBAL DE CONCEPTION - REALISATION POUR L'EXTENSION DU CENTRE HOSPITALIER DU FRANCOIS ET LA CONSTRUCTION D'UN LOGIPOLE INTER-SITE SUR LE NOUVEAU SITE DU CENTRE HOSPITALIER DU SAINT-ESPRIT



ANNEXE 5 : ETUDE FAISABILITE PV CHSE

PRO

SOMMAIRE

1.	ETUDE DE FAISABILITE PHOTOVOLTAÏQUE	3
1.1.	DETERMINATION DU SCENARIO DE ET COURBES DE CHARGES ASSOCIEES	3
1.1.1	Scénario de consommation	3
1.2.	DETERMINATION DES CARACTERISTIQUES DU GENERATEUR PHOTOVOLTAÏQUE	3
1.2.1	Scénarios de d'installations solaires PV	3
1.3.	CALCUL DES TAUX D'AUTOCONSOMMATION & AUTOPRODUCTION	6
1.3.1	Courbe de charge	6
1.3.2	Taux d'autoconsommation :	6
1.4.	IMPACT ENVIRONNEMENTAL	6
1.4.1	Economies d'énergie sur la durée de vie de l'installation	7
1.5.	ASPECTS ECONOMIQUES	7
1.5.1	Coût de l'électricité autoconsommée	7
1.5.2	Economies financières annuelles	8
1.5.3	Subventions	8
1.5.4	Couts d'investissement et d'exploitation	9
1.5.5	Plan de financement	10

1. ETUDE DE FAISABILITE PHOTOVOLTAÏQUE

1.1. DETERMINATION DU SCENARIO DE ET COURBES DE CHARGES ASSOCIEES

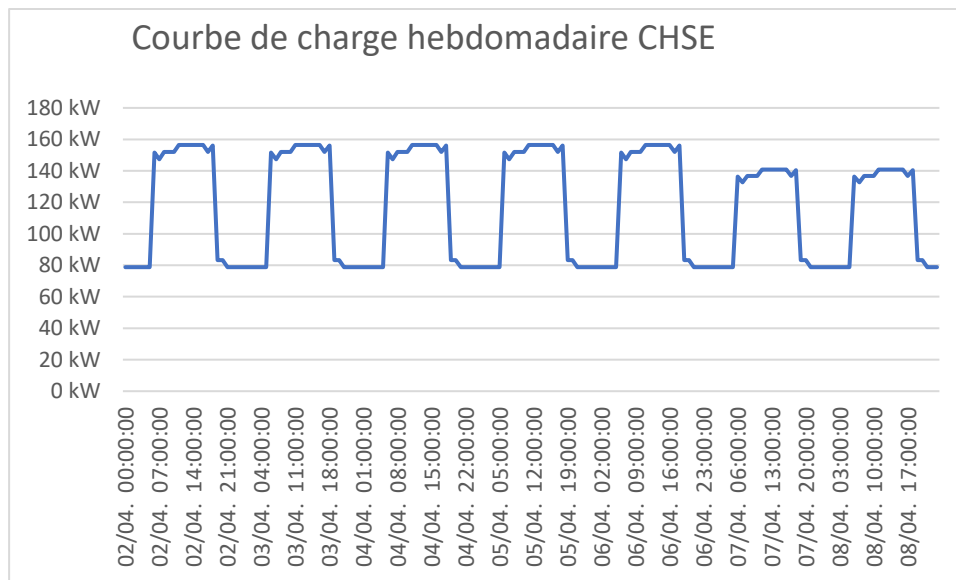
Afin de réaliser le dimensionnement de l'installation photovoltaïque, nous nous sommes basés sur le principe d'une centrale solaire en autoconsommation totale, qui est le seul type d'installation pouvant être subventionnée.

Afin de dimensionner au mieux l'installation d'un générateur photovoltaïque en autoconsommation il est indispensable d'évaluer les besoins futurs du site qui sera équipé. En effet, une installation photovoltaïque en autoconsommation correctement dimensionnée doit maximiser l'énergie produite tout en limitant les périodes où la production est supérieure à la consommation instantanée.

A noter qu'un surdimensionnement a des conséquences plus importantes qu'un sous-dimensionnement, car produire de l'énergie non consommée aura un impact sur la rentabilité de l'installation.

1.1.1 Scénario de consommation

Afin de déterminer la courbe de charge du futur bâtiment CHSE, nous nous sommes basés sur le bilan de puissance transmis par le bureau d'étude fluide. En y appliquant les coefficients de simultanéité ainsi que des horaires de fonctionnement correspondant à l'utilisation du bâtiment, nous obtenons la projection de courbe de charge suivante :



1.2. DETERMINATION DES CARACTERISTIQUES DU GENERATEUR PHOTOVOLTAÏQUE

La simulation sur PVSyst permet de modéliser la production photovoltaïque heure par heure. Ces données sont ensuite comparées à la consommation électrique heure par heure du site. De cette manière, nous pouvons en déduire la part d'électricité photovoltaïque qui sera consommée sur site et le restant soutiré au réseau ou écrêté par les onduleurs. Dans le cas où la production d'électricité photovoltaïque est plus grande que la consommation, la part d'énergie excédentaire est calculée.

1.2.1 Scénarios de d'installations solaires PV

- Détermination des scénarios d'installation

Afin de maximiser le rendement de l'installation nous avons prévu un calepinage favorisant l'orientation Sud-Est du bâtiment, ainsi que les espaces les moins affectés par les ombres portées des équipements en toiture.

- **Détermination du matériel pressenti CHSE**

Nous sommes partis pour le dimensionnement de panneaux de type monocristallins de marque JINKO solar de référence TIGER NEO N, affichant l'une des densités de puissance les plus élevés du marché de l'ordre de 210 Wc/m² quand en moyenne les panneaux affichent 175 Wc/m² (Il est important de noter que ce panneau est disponible à la Martinique).

Installation de 75,03 kWc en autoconsommation totale

Les caractéristiques de l'installation sont les suivantes :

	Marque	Référence	Nombre	Puissance Unitaire	Puissance totale
Panneaux	JINKO SOLAR	TIGER NEO N	183	410 Wc	75,03 kWc
Onduleur	SMA	Sunny TRIPOWER	4		75 KVA

Le calepinage des panneaux a été réalisé suivant les dimensions réelles de la toiture du bâtiment :

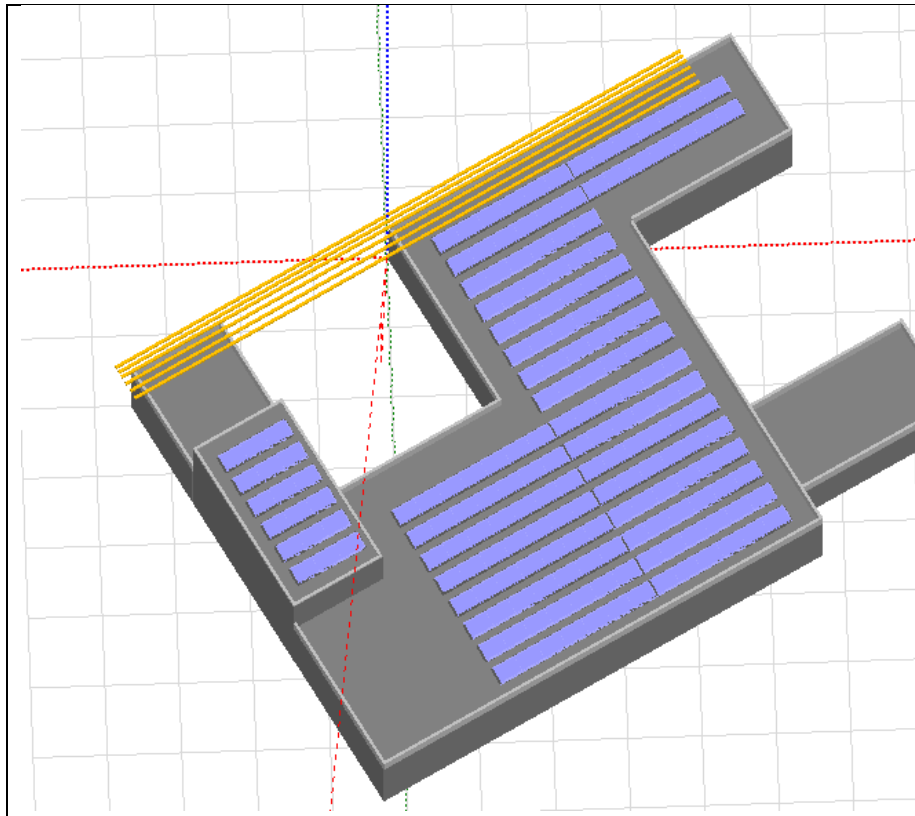


Image d'anticipation (source PVsyst)

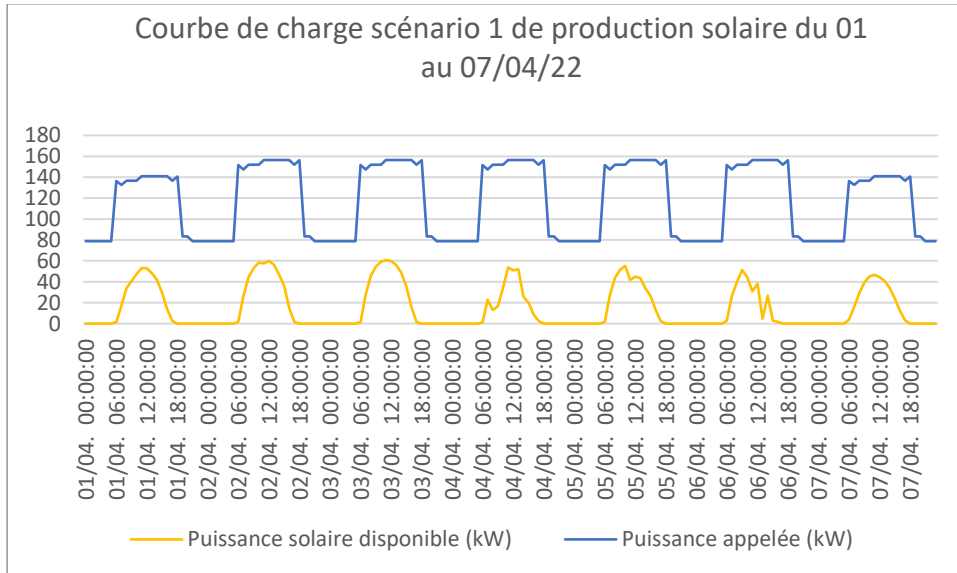


Plan PDF

1.3. CALCUL DES TAUX D'AUTOCONSOMMATION & AUTOPRODUCTION

1.3.1 Courbe de charge

Nous avons réalisé la courbe de charge du scénario 1 de production PV, la semaine du 01 au 07/04, qui est la semaine de production solaire maximale.



Nous remarquons que la production ne dépasse pas la consommation, y compris le Week end.

1.3.2 Taux d'autoconsommation :

Sur la base des factures d'électricité annuelles et de la simulation de production d'électricité photovoltaïque réalisée, (les détails du calcul de prédimensionnement se trouvent dans l'*annexe 9« Calcul PV CHSE »*), nous obtenons les résultats suivants :

Consommation annuelle établissement (kWh)	1 029 454
Production solaire annuelle (kWh)	120 472
Taux d'autoconsommation	100,0%
Taux d'autoproduction	11,70%
Taux d'excédent (perdu)	0,0%

1.4. IMPACT ENVIRONNEMENTAL

Bien que le générateur photovoltaïque permette d'avoir un impact sur les factures d'énergie, il a aussi une portée écologique en diminuant les émissions de gaz à effet de serre liées à la production d'électricité.

Afin d'estimer les bénéfices environnementaux nous avons calculé la quantité de CO₂ qui ne sera pas rejetée dans l'atmosphère sur la durée de vie de l'installation estimée à 20 ans.

Hypothèse :

Le constructeur garantie une perte de rendement des panneaux de 15% sur 30 ans, ce qui lissé à l'année représente une perte de 0,4% de rendement.

Résultats de calcul :

Nous avons ainsi calculé l'impact écologique du générateur pour une durée de vie, de 20 ans :

1.4.1 Economies d'énergie sur la durée de vie de l'installation

Au moment de la rédaction du rapport l'impact carbone pour la production d'électricité en Martinique est de 575 gCO₂/kWh.

Durée de vie	20 ans
Energie économisée (MWh élec)	2403,4
Emission de gaz à effet de serre évitée (tCO ₂)	1382,0

1.5. ASPECTS ECONOMIQUES

1.5.1 Coût de l'électricité autoconsommée

Afin de calculer la rentabilité du projet, il est indispensable de déterminer le coût de l'électricité économisée, pour ce faire, nous nous sommes basés sur une tarification verte transition énergétique, en cours au jour de la rédaction du présent rapport. Nous ne pouvons garantir le tarif en vigueur lors de la mise en fonction de cette installation.

2 TARIF VERT option TRANSITION ENERGETIQUE

Prime fixe	Prix de l'énergie* (en c€/kWh)			Coefficients de puissance réduite			Energie réactive	Dépassements quadratiques
(en €/kW/an)	Pointe	Heures Pleines	Heures Creuses	Pointe	Heures Pleines	Heures Creuses	(en c€/kVAh)	(en €/kW)
62.76	19.0400	15.3530	13.1530	1.00	0.92	0.44	2.070	5.91

*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.

Structure horosaisonnaire en vigueur définie par EDF :

En semaine :

- **Heures creuses** : 8h/jour entre 00h et 8h
- **Heures de pointe** : 3h/jour entre 18h et 21h
- **Heures pleines** : les autres horaires

Le Samedi et le Dimanche :

- **Heures creuses** : 18h entre 00h et 18h
- **Heures pleines** : les autres horaires

Les horaires sont déterminés localement par le gestionnaire du réseau.

Tarif vert transition énergétique (source : https://www.edf.mq/sites/sei_mq/files/2022-05/vert-entreprise-martinique.pdf)

L'énergie produite par la centrale PV sera en horaire plein en semaine (8h-18h) et en horaire creux le Week End (00h-18h).

Ainsi en considérant cette balance des tarifs, par le biais d'une moyenne pondérée sur la durée de production, nous obtenons un montant moyen de **0,1472 €HT/kWh**

1.5.2 Economies financières annuelles

Economies annuelles sur l'achat de l'électricité hors taxes suivant le scénario de consommation :

Economie annuelle (€HT)	
Autoconsommation (MWh)	120,47
Economie annuelle (€HT)	17 734

Economies sur durée de vie de l'installation sur l'achat de l'électricité hors taxes suivant le scénario d'actualisation du cout de l'électricité :

Hypothèse de calcul :

- Perte de rendement des panneaux solaire de 15% sur 30 ans
- Hausse du tarif hors taxe de l'électricité soutenue de 2%
- Hausse du tarif hors taxe de l'électricité nominale de 1,1% (source : cahier des charges « audit énergétique » ADEME)

Economie sur durée d'exploitation (HT)		
Taux d'actualisation du cout de l'électricité	Nominale	Soutenue
	1,10%	2,00%
Economie sur durée de vie 20 ans	394 717 €	432 713 €
Economie sur durée de vie 30 ans	599 222 €	689 256 €

1.5.3 Subventions

Les subventions envisagées sont celles accordées par PTME. Les aides du PTME sont plafonnées afin de respecter le maximum d'aide publique (50 à 80%) calculé sur les coûts éligibles moins le cout d'investissement d'une solution de référence qui serait l'alimentation du site par groupe électrogène délivrant sur l'année une énergie (et non puissance) équivalente. Pour du photovoltaïque, cela revient à un groupe d'une puissance d'au moins 18% de la puissance photovoltaïque.

1.5.4 Coûts d'investissement et d'exploitation

Les coûts d'investissements sont détaillés dans les tableaux suivants :

Tableau des investissements					
	Unité	Quantité	Prix unitaire €HT	Prix total €HT	Investissement (€/Wc)
Etude/Ingénierie	Ens	0	0	0	0,00
Modules	Unité	183	380	69540	0,93
Onduleur	Ens	1	18000	18000	0,24
Système d'intégration	Ens	1	15000	15000	0,20
Câblage et équipements électriques	Ens	1	17385	17385	0,23
Armoires électriques	Ens	1	1500	1500	0,02
Sécurisation toitures	Ens	1	600	600	0,01
Tranchés	Unité	1	0	0	0,00
Mise en place de chantier	Ens	1	1000	1000	0,01
Gros œuvre	Ens	1	0	0	0,00
Total				123025	1,64
Frais d'exploitation maintenance					
	Unité	Nombre	Prix unitaire €HT	Prix total €HT	Investissement (€/Wc)
Maintenance préventive annuelle et suivi d'exploitation	Ens/an	1	1400	1400	0,02
Assurances RC	Ens/an	1	820	820	0,01
Compteur de production	Ens/an	1	448	448	0,01
Total				2668	0,04

1.5.5 Plan de financement

L'analyse financière a pour but de vérifier la rentabilité du projet. Elle prend en compte l'ensemble des flux Financiers (frais de fonctionnement, imports, maintenance...) pour calculer le taux de rentabilité interne.

Dans notre analyse, 2 paramètres exercent une influence sur le taux de rentabilité interne (TRI) :

- Le taux de subventionnement de l'installation
- Le gain financier généré grâce aux économies énergétiques réalisées par la centrale PV en Autoconsommation.

L'analyse financière détaillée ci-dessous correspond à un plan de financement réalisée à 100% en autofinancement :

Hypothèses de calcul :

Pc kWc	75,03	ratios	
Coût total	123 025 €	1 640	€/kWc
productible	120 472	1 606	kWh/kWc
énergie valorisée (vendue/autoconsommée) kWh	120 472	100%	de l'énergie totale
prix énergie valorisée (vendue/autoconsommée) €/kWh	0,1472		
CA / économie générée	17 734 €		tarif achat / vente électricité
Taux de subvention	50%		
variation annuelle tarif revenu/économie	1,10%	hypothèse tarif élec hors inflation	
baisse productible PV	0,50%		
durée d'exploitation	20 ans	à partir année d'investissement	
ANALYSE DES CHARGES			
Maintenance annuelle	1 400 €	19	€/kWc
Suivi exploitation	448 €	6	€/kWc
remplacements année 10	18 000 €	240	€/kWc
démantèlement année 20	11 255 €	150	€/kWc
assurance	820 €	11	€/kWc
gestion	375 €	5	€/kWc
loyers	- €	0	€/kWc

Exemple compte d'exploitation :

COUT TOTAL D'INVESTISSEMENT A L'ANNEE N	123 025				VARIATIONS PRODUIT EXPLOITATION																
FINANCEMENT DE L'INVESTISSEMENT	123 025					augmentation de revenu	1,10%														
Subvention demandée	61 513					baisse de productible	0,50%														
Dépot de garantie versé par usager (le cas	-																				
Fonds propres et emprunts	61 513																				
kWh valorisé	120 472	119 870	119 271	118 674	118 081	117 491	116 903	116 319	115 737	115 158	114 583	114 010	113 440	112 872	112 308	111 747	111 188	110 632	110 079	109 528	2 298 362
RESULTAT D'EXPLOITATION	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5	Année 6	Année 7	Année 8	Année 9	Année 10	Année 11	Année 12	Année 13	Année 14	Année 15	Année 16	Année 17	Année 18	Année 19	Année 20	
PRODUITS D'EXPLOITATION : économie d'énergie ou fourniture de service (détailler le calcul dans un autre tableau)	17 734	17 839	17 945	18 052	18 159	18 267	18 376	18 485	18 595	18 705	18 816	18 928	19 041	19 154	19 268	19 382	19 498	19 614	19 730	19 848	
CHARGES D'EXPLOITATION (hors intérêt et amortissement)																					
Maintenance préventive et curative annuelle (y compris nettoyage du champ PV)	1 400	1 400	1 400	1 400	1 400	1 400	1 400	1 400	1 400	1 400	1 400	1 400	1 400	1 400	1 400	1 400	1 400	1 400	1 400	1 400	
suivi exploitation (téléphonie, logiciel, temps passé...)	448	448	448	448	448	448	448	448	448	448	448	448	448	448	448	448	448	448	448	448	
remplacement composants (onduleur, batteries...) : imputer en fin de vie des appareils										18 000											
Assurance	820	820	820	820	820	820	820	820	820	820	820	820	820	820	820	820	820	820	820	820	
Frais de gestion administrative	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	
TOTAL CHARGES D'EXPLOITATION	3 043	3 043	3 043	3 043	3 043	3 043	3 043	3 043	3 043	21 043	3 043	3 043	3 043	3 043	3 043	3 043	3 043	3 043	3 043	14 298	90 118
EXCEDENT BRUT D'EXPLOITATION	14 690	14 796	14 902	15 009	15 116	15 224	15 332	15 442	15 552	- 2 338	15 773	15 885	15 998	16 111	16 225	16 339	16 455	16 570	16 687	5 550	
CASH FLOW SANS SUBVENTION PTME	- 108 335	14 796	14 902	15 009	15 116	15 224	15 332	15 442	15 552	- 2 338	15 773	15 885	15 998	16 111	16 225	16 339	16 455	16 570	16 687	5 550	-
CASH FLOW CUMULES SANS SUBVENTION PTME	- 108 335	- 93 539	- 78 637	- 63 628	- 48 512	- 33 289	- 17 956	- 2 515	13 037	10 699	26 472	42 358	58 355	74 466	90 691	107 030	123 485	140 055	156 742	162 292	162 292
CASH FLOW AVEC SUBVENTION PTME	- 46 822	14 796	14 902	15 009	15 116	15 224	15 332	15 442	15 552	- 2 338	15 773	15 885	15 998	16 111	16 225	16 339	16 455	16 570	16 687	5 550	-
CASH FLOW CUMULES AVEC SUBVENTION PTME	- 46 822	- 32 026	- 17 124	- 2 116	13 000	28 224	43 556	58 998	74 550	72 212	87 985	103 870	119 868	135 979	152 203	168 543	184 997	201 568	218 255	223 805	223 805
TRI PROJET SANS SUBVENTION PTME	11,62%																				
TRI PROJET AVEC SUBVENTION PTME	31,04%																				

En reprenant la méthode de calcul nous obtenons les résultats suivants :

		Investissement : 123 025 €HT		Plan de financement	
				1	2
Evolution prix électricité				1,10%	2,00%
Revenu	Gains générés par la centrale PV sur 20 ans			394 716,66 €HT	432 712,93 €HT
Taux de rentabilité Interne	Subvention 0%			11,62%	12,93%
	Subvention 50%			31,04%	32,53%
Temps de retour sur Investissement	Subvention 0%			9 ans	8 ans
	Subvention 50%			5 ans	5 ans