

Modélisation technique et financière des installations photovoltaïques équipées de bornes de recharge et de batteries de stockage, pour une utilisation en autoconsommation

Ing. L. Mavaro –
Ing. S. Copay –
Ir. P. Gabriel
HELMo Gramme – Liège

1. Introduction

Dans le contexte géopolitique actuel, l'approvisionnement énergétique basé sur les énergies fossiles devient de plus en plus incertain, tandis que la préoccupation croissante pour la protection de l'environnement et la transition énergétique s'intensifie. L'Union Européenne a fixé l'objectif ambitieux de neutralité carbone d'ici 2050 [1], illustrant cet engagement. Les énergies renouvelables, en particulier l'énergie solaire photovoltaïque, gagnent en popularité comme alternatives durables. Gouvernements, entreprises et citoyens s'impliquent davantage dans la réduction des émissions de gaz à effet de serre, avec l'énergie solaire photovoltaïque émergeant comme une solution accessible et efficace pour atteindre ces objectifs, marquant ainsi une transition cruciale vers un avenir énergétique plus respectueux de l'environnement.

La demande croissante de bornes de recharge pour les véhicules électriques renforce l'intérêt de l'autoconsommation photovoltaïque avec stockage d'énergie, permettant une utilisation plus efficace et rentable de l'électricité produite. Dans ce contexte, le développement d'un logiciel permettant la modélisation d'installations photovoltaïques équipées de bornes de recharge et de batteries pour l'autoconsommation semble pertinent dans le but de proposer des installations intelligemment dimensionnées, accompagnées d'une vérification technique et financière.

Dans cet article, une description de ce logiciel sera abordée ainsi que la description d'un cas d'étude.

2. Le logiciel développé

Pour le développement de ce programme, c'est Excel qui a été utilisé, plus particulièrement la création de macros et d'une routine de calculs dans le langage utilisé par la Suite Office : *Visual Basic for Application* (VBA). Excel a été employé pour une

raison très simple : le programme devait pouvoir être utilisé sur n'importe quel ordinateur, sans installation supplémentaire, tout en restant relativement simple à utiliser par des commerciaux qui devront effectuer des démonstrations devant leurs clients.

2.1 Outil de dimensionnement d'une installation photovoltaïque avec intégration de batteries et bornes de recharge

La méthodologie adoptée

Pour créer un outil permettant de visualiser au mieux ce genre d'installation, il est nécessaire de créer un modèle.

Sur la Figure 1, est représenté le modèle sur lequel est basé la création de l'outil de dimensionnement.

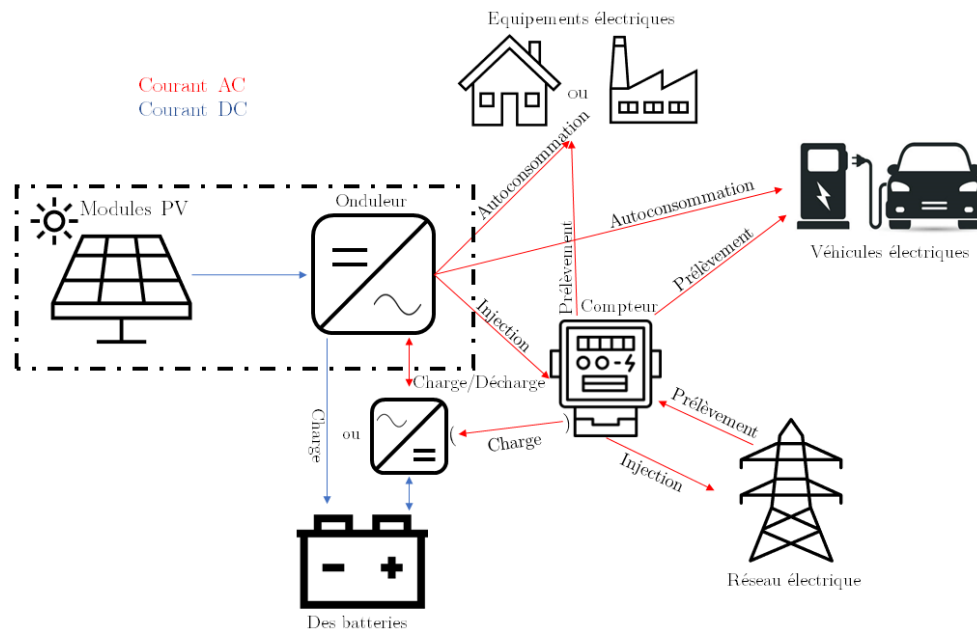


Figure 1 - Modèle créé

Les parties production, consommation, stockage et réseau sont représentées sur ce modèle.

La partie centrale du schéma concerne l'implantation PV.

Une fois la production et la consommation déterminées, plusieurs cas de figure sont possibles :

- Une partie de l'énergie peut directement être consommée par les appareils électriques de l'installation existante ou directement servir à charger le(s) véhicule(s) électrique(s) (*autoconsommation*) ;
- Si une batterie est présente et que l'énergie produite par l'installation photovoltaïque n'est pas entièrement consommée par l'installation existante ou par les voitures, il est possible de la stocker dans la batterie (*autoconsommation par stockage*) ;
- Dans le cas où il n'y a pas assez de consommation et que la batterie est pleine, l'énergie excédentaire est renvoyée sur le réseau (*injection*) ;
- Si la consommation est trop importante pour être couverte par l'installation solaire ou l'énergie stockée dans la batterie, l'énergie manquante va provenir du réseau (*prélèvement*) ;
- Vu que le prix de l'énergie est différent le jour et la nuit, il est éventuellement possible de recharger la batterie à partir du réseau, dans le but de l'utiliser la journée et donc, de payer moins cher (*prélèvement pour stockage*).

Sur base de ce schéma, il est possible d'en retirer cette équation :



$$(Prélèvement - Injection) = Consommation + Voiture(s) + (Recharge - Décharge) - PV \quad (1)$$

Toutes ces variables sont exprimées en kWh (énergie consommée pour le quart d'heure étudié).

Les fonctionnalités du logiciel développé

Tous les éléments présentés sur la Figure 1 sont intégrés dans le logiciel, dans le but de réaliser une routine de calculs parcourant chaque quart d'heure d'une année afin de quantifier les performances du site.

Informations du client

Sur base des données reçues, il est possible de générer un profil de consommation spécifique ou d'en importer un parmi les profils prédéfinis.

Installation photovoltaïque

Pour configurer une installation photovoltaïque, il est possible d'encoder les différentes puissances installées selon les orientations ainsi que la puissance de l'onduleur. Dans ce cas, le logiciel calculera une production estimée. Il est également possible d'importer un fichier de production (horaire ou quart horaire). Le logiciel prendra alors en compte les données du fichier importé.

Unité batterie

Dans le cas où le client souhaite l'installation d'une unité de stockage, il est possible d'en configurer une en encodant les caractéristiques de l'unité concernée.

Estimation des charges des véhicules

Dans le cas où des bornes de recharge sont installées, il est nécessaire de mentionner le modèle et le type de celles-ci. De plus, pour estimer les recharges des véhicules, il sera demandé d'encoder les profils des conducteurs.

3. Cas test

Pour la démonstration du fonctionnement du logiciel développé, le site de HELMo Gramme est choisi. Le campus de l'Ourthe a une consommation de 515 MWh par an, selon un profil représenté à la Figure 2 et une semaine type à la Figure 3.

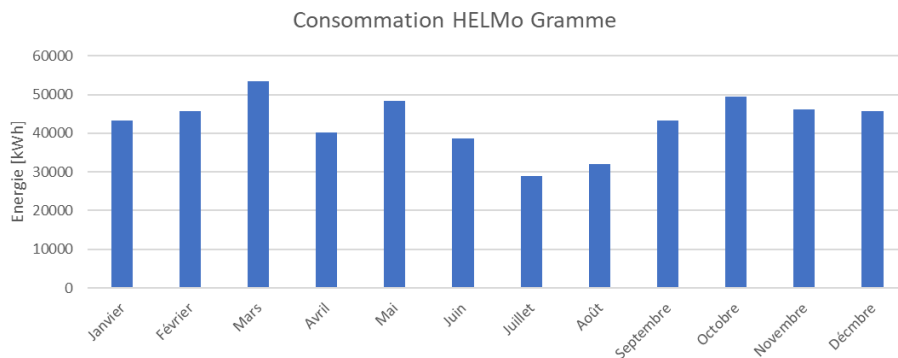


Figure 2 - Profil de consommation du campus de l'Ourthe

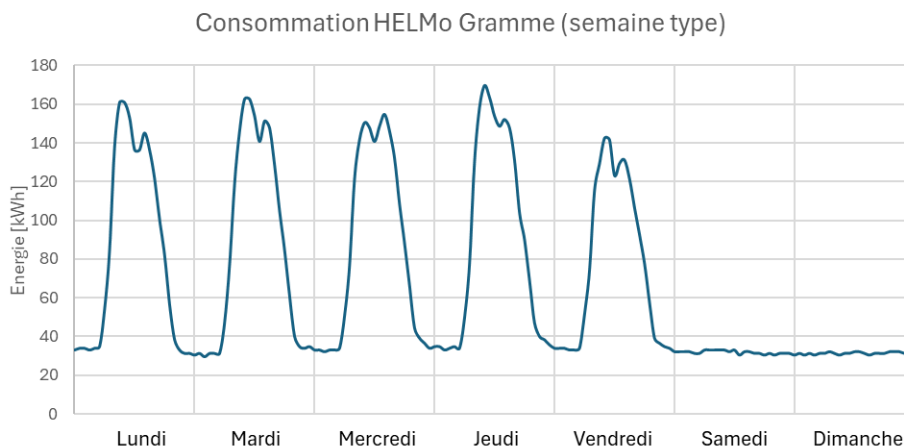


Figure 3 - Profil de consommation du campus de l'Ourthe (semaine type)

4. Analyse des résultats

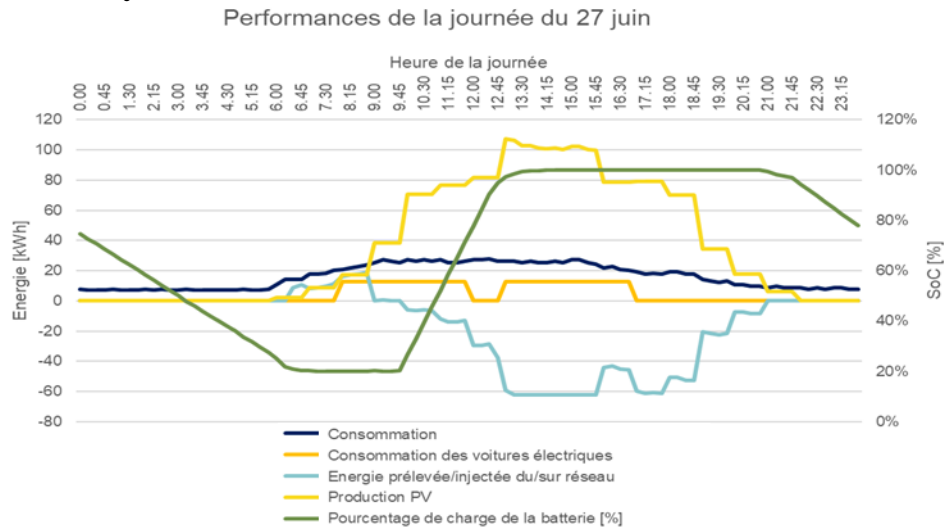


Figure 5 - Performances de la journée du 27 juin

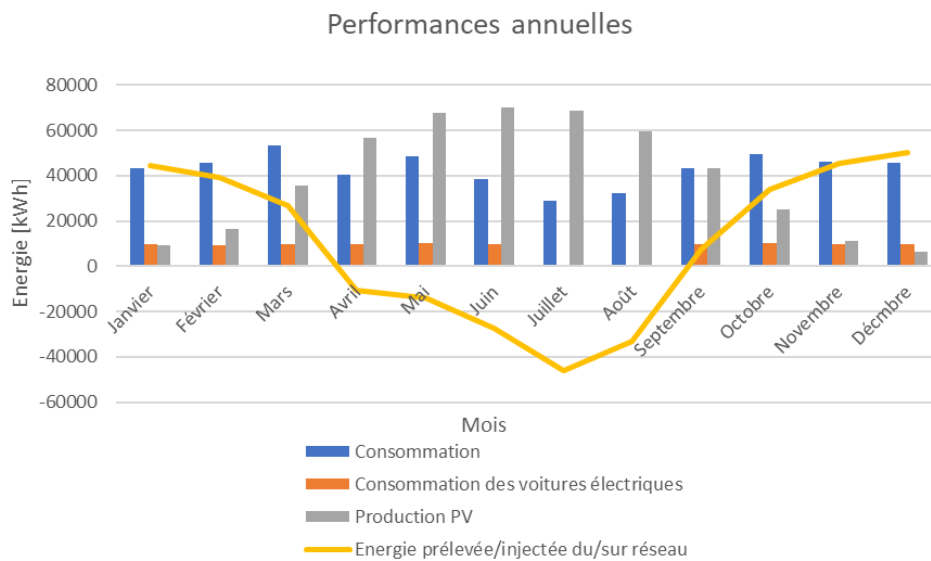


Figure 6 - Performances annuelles de l'installation

Sur la Figure 5, il est possible de visualiser les performances théoriques de l'installation imaginée pour la journée du 27 juin.

Sur la Figure 6, les performances annuelles sont représentées. Bien qu'il y ait une batterie installée sur site, la distribution de la production d'énergie solaire en Belgique nécessite le prélèvement d'énergie durant les mois d'hiver et l'injection

d'énergie durant les mois d'été. Il est tout de même possible de dire que la recharge des véhicules électriques est assurée par la production solaire et ceci grâce à la batterie qui aura pu stocker l'énergie aux moments où le site n'en aura pas eu besoin.

Sur base de ces résultats, il est possible de générer un plan financier. Ainsi, l'installation telle que présentée ici est rentable en un peu moins de 7 années et permet de charger des voitures électriques, sans impacter davantage le réseau de distribution. [2]

5. Conclusion

En résumé, la modélisation d'installations photovoltaïques avec bornes de recharge et stockage améliore l'autoconsommation énergétique. Malgré l'impact financier actuel lié aux batteries, elles permettent d'accroître la puissance disponible sans renforcer le raccordement. Cette étude offre des perspectives pratiques, économiques et durables pour la production et l'utilisation de l'électricité, applicables à l'industrie solaire, à la mobilité électrique et aux particuliers engagés dans la transition énergétique. Le logiciel développé est un atout pour modéliser rapidement et efficacement ce genre de projet bien que celui-ci présente tout de même quelques points d'amélioration comme l'ajout d'une intelligence artificielle permettant de prédire la recharge nécessaire de la batterie le jour avant sur base des estimations météorologiques le jour d'après ; ou encore des modèles de consommation des recharges de véhicules électriques dans le but d'affiner encore plus l'étude.

6. Sources

- [1] Parlement Européen et Conseil Européen, *Le cadre requis pour parvenir à la neutralité climatique*. 2023. Consulté le : 25 mai 2023. [En ligne]. Disponible sur : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R1119>
- [2] L. Mavaro, « Modélisation technique et financière des installations photovoltaïques équipées de bornes de recharge et de batteries de stockage, pour une utilisation en auto-consommation », HELMo Gramme, Liège, 2023.