

Promotion de l'utilisation de système photovoltaïque connecté au réseau électrique pour recharger les batteries des véhicules électriques en Algérie

MAKHLOUFI Saida, Maître de Recherche B
Division Energies Solaire Photovoltaïque - CDER
E-mail : s.makhloufi@cder.dz

Le secteur des transports est le premier émetteur de gaz à effet de serre en Algérie. Selon l'Office national des statistiques (ONS), le parc automobile algérien a atteint plus de 6,42 millions de véhicules en 2018 où, à elle seule, Alger a atteint plus de 1,6 million d'automobiles, soit 26,32 % du total des automobiles d'occasion [1]. Ces chiffres montrent l'importance de ce secteur dans la transition énergétique, comme un enjeu majeur pour atténuer les émissions des gaz à effet de serre et la décarbonation des grandes villes algériennes. Un développement durable doit être mis en avant pour la modernisation de ce secteur.

Afin de réussir ce développement, le gouvernement algérien a engagé une politique ambitieuse visant à favoriser et promouvoir l'acquisition et l'utilisation des véhicules électriques, et pour la meilleure transition énergétique, ces véhicules électriques doivent être rechargés par les sources d'énergie renouvelable. Le solaire photovoltaïque représente une source d'énergie prometteuse pouvant être une alternative aux énergies fossiles (gaz, pétrole), c'est aussi une énergie propre, non polluante et respectueuse de l'environnement. L'utilisation des systèmes photovoltaïques dans le secteur des transports peut réduire considérablement la pollution et les émissions de gaz à effet de serre.

La transition énergétique dans le secteur des transports consiste principalement à réaliser des stations de recharge équipées de systèmes photovoltaïques et en même temps connectées au réseau électrique. De cette façon, en l'absence du soleil, les batteries des véhicules électriques peuvent être rechargées par le système électrique. Cependant, l'augmentation de la demande de la recharge des batteries pendant les heures de pointe où la ressource solaire est indisponible imposera des contraintes supplémentaires sur le réseau de distribution, par exemple, l'augmentation de la demande en énergie, chute de tension, émission d'harmonique, etc. Éviter de recharger ces batteries pendant ces heures pourrait permettre d'éviter ces contraintes et d'économiser l'énergie. On note que les heures de pointe de la demande en électricité en Algérie se situent entre 19 h et 21 h au nord et entre 14 h et 17 h au sud, comme la région d'Adrar et Ain Salah. Par conséquent, pendant ces périodes, la recharge de la batterie par le système électrique n'est pas suggérée. Pendant les week-ends (vendredi et samedi), il est recommandé de recharger ces batteries par le système photovoltaïque, cela permet de profiter au maximum des ressources solaires. Pour cela, la période de 11 h à 18 h est suggérée.

Selon la littérature, la capacité des batteries des futurs véhicules électriques est classée dans la Figure 1 [2]. Pour la première phase de l'utilisation des véhicules électriques en Algérie, nous proposons les capacités des batteries mini de 17 kWh, petit de 36 kWh, moyenne de 52 kWh et moyenne supérieure de 70 kWh de l'année 2017 pour la ville d'Alger. En effet, nous avons supposé que la distance parcourue est de 400 km par semaine.

Comme la consommation de carburant des véhicules à combustion standard est mesurée en litre/100 km, la consommation d'énergie des véhicules électriques est mesurée en kWh/100 km. Cette spécification permet de comparer différents types de véhicules quels que soient les autres paramètres, le poids, la taille, la capacité, etc.

Dans cette étude, nous avons supposé une de charge interne de 9,7 kW (Figure 2) est connectée au niveau du CDER et qui alimentée par le réseau de distribution de 230 V et le système photovoltaïque.

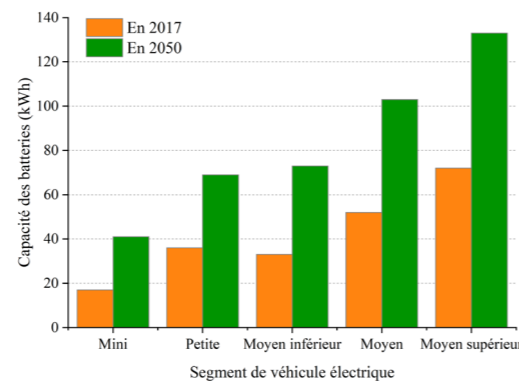


Figure.1. Capacité des batteries des futurs véhicules électriques.

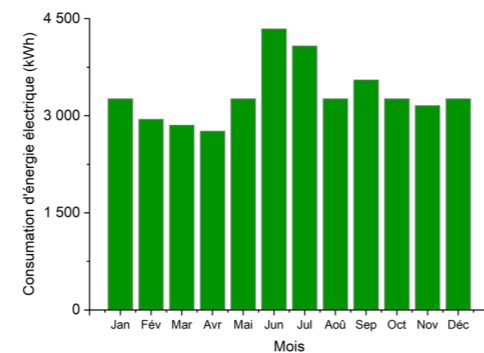


Figure 2. Consommation de l'énergie électrique.

Chargeurs standards des véhicules électriques

La normalisation est un aspect clé pour harmoniser l'infrastructure de recharge et des véhicules électriques. La norme CEI 61851-3 [3] s'adapte à tous les dispositifs de recharge avec des tensions nominales allant jusqu'à 1.000V-AC et 1.500V-DC. Cette norme définit la classification des différents modes de recharge comme suit:

- **Mode 1** : La recharge se fait en AC à l'aide de connecteurs standards avec des courants limités à 16 A par phase. La puissance maximale demandée par ce mode de recharge est de 3,7 kW dans le cas des systèmes monophasés (230 V) et de 11 kW pour les systèmes triphasés (400 V). Ce mode de recharge est assez pratique pour les véhicules légers comme les motos ou les vélos. Cependant, il est interdit dans certains pays.

- **Mode 2** : Le courant de recharge maximum est de 21 A, mais il est généralement de 16 A par phase. Par conséquent, la puissance maximale est de 7,4 kW pour les systèmes monophasés (230 V) et de 22 kW pour les systèmes triphasés (400 V). Ce mode de recharge est assez étendu car la plupart des fabricants des véhicules électriques incluent dans l'achat ce mode de recharge.

- **Mode 3** : Le courant maximal associé à ce mode de recharge est de 63 A, mais il est généralement de 32 A. Par conséquent, la puissance maximale est d'environ 43 kW dans le cas de systèmes triphasés (400 V). Ce mode de recharge est promu par l'Union européenne, car il permet une recharge contrôlée par le véhicule électrique qui est totalement alignée sur le développement des futurs réseaux intelligents.

- **Mode 4** : Ce mode de recharge se fait en DC au moyen d'un redresseur externe qui règle le fonctionnement selon l'état de la batterie embarquée. Il nécessite donc un canal de communication avec le véhicule. Ce mode est exclusivement lié à la recharge rapide avec des courants maximum jusqu'à 400 A.

Pour cette raison, l'infrastructure de recharge est grande et coûteuse par rapport aux autres modes de recharge. Habituellement, la puissance de recharge rapide est limitée à 125 kW.

Facteurs de réussite du déploiement des véhicules électriques

Avec la technologie actuelle, la consommation d'un véhicule électrique est comprise entre 12 et 20 kWh aux 100 km dans un contexte de batteries d'une capacité comprise entre 15 et 40 kWh. Avec de telles gammes, un véhicule électrique bénéficie d'une autonomie comprise entre 100 et 300 km, qui diffère principalement par le type de conduite. Par conséquent, la circulation des véhicules électriques nécessite la réalisation d'un large réseau de points de recharge ; les principales variables de ce type de véhicules sont liées au fonctionnement des batteries, qui peuvent être rechargées de différentes manières en fonction de leurs spécifications.

Dans ce travail, nous proposons d'étudier la promotion de l'utilisation de quatre véhicules électriques à Alger. Les caractéristiques des véhicules électriques sont présentées dans le Tableau 1.

Tableau1. Caractéristiques des véhicules électriques.

Cas	EV-1	EV-2	EV-3	Bus
Nom de véhicule électrique	Renault Twizy 45	Renault KANGOO Z.E.33	Kia e-niro 136	BYD ebus
Nombre des places	2	2	5	25
Gamme conforme à NEDC (km)	100	230	289	250
Capacité de la batterie (kWh)	6,1	33	39,2	324
Consommation (entrée / calculée) kWh/100 km	9/6.1	18.8/14.3	15.3/13.6	130/129.6
Puissance du moteur	4 kW/5.4 PS	44 kW/59.8 PS	100 kW/136 PS	150 kW/204 PS
Puissance de charge	AC Typ 2 @ 22 kW			AC Typ 1 @ 60 kW

La recharge des batteries est assurée par un système photovoltaïque connecté au réseau de distribution de 230 V. Le système photovoltaïque a une puissance nominale de 17.82kWc et les données du gisement solaire utilisé sont des mesures réelles prises au niveau du CDER.

Sur la Figure 3 est illustré l'état de charge horaire des véhicules électriques et l'énergie produite nécessaire pour recharger les batteries des véhicules électriques par le système photovoltaïque. L'état de charge d'EV-1 (Renault Twizy 45) peut atteindre un minimum de 20 % durant le mois de juillet. Ceci est dû à la petite capacité de la batterie de ce véhicule qui de 6.1 kWh, et qui n'est pas suffisante pour assurer la distance parcourue par semaine, dans notre cas 400 km.

La figure montre aussi que le système photovoltaïque produit 4.6 kWh pour recharger les batteries des EV-1 (Renault Twizy 45) et plus de 12 kWh pour recharger les EV-2 et EV-3. Par contre, 10.5 kWh est produite par le système photovoltaïque pour recharger le bus électrique. Par conséquent, un bon dimensionnement nous permettra d'éviter le seuil de décharge critique des batteries des véhicules électriques et le surdimensionnement de système photovoltaïque.

Une représentation intéressante des avantages économiques consiste à assembler différents paramètres, tels que la rémunération totale durant la 1ère année, la durée d'amortissement et la rentabilité économique, l'économie réalisée durant la première année, le coût de déplacement avec et sans PV. Ces avantages économiques de chaque véhicule électrique sont illustrés sur la Figure 4.

En effet, la durée d'amortissement de système photovoltaïque utilisant l'EV-1 est la plus importante, soit de 3.4 ans avec un coût de déplacement avec le système PV de 1.59 €/100 km. L'utilisation de l'EV-2 (Renault KANGOO Z.E.33) nous permettra d'avoir une rémunération minimale durant la première année, soit de 185 €/an comparativement aux autres véhicules.

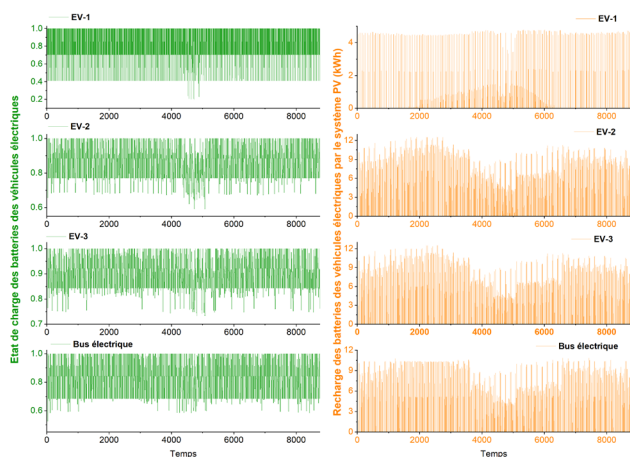


Figure.3. Etat de charge des batteries des véhicules électriques et l'énergie produite par le système photovoltaïque.

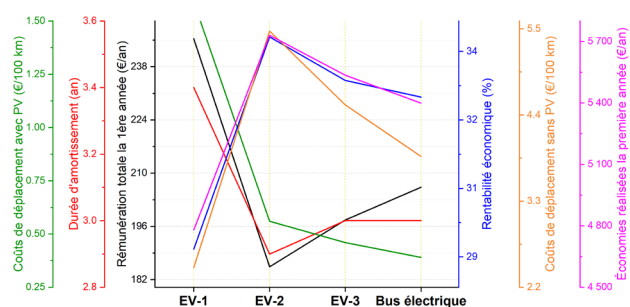


Figure.4. Rémunération et économies des véhicules électriques

Perspectives

L'étude proposée illustre bien l'importance de bien dimensionner le système photovoltaïque selon la capacité des batteries des véhicules électriques.

Pour la première phase, le choix des caractéristiques des véhicules électriques dépend de l'utilisation de ces derniers. Par exemple, Renault KANGOO Z.E.33 peut être utilisée dans les services de DHL, Algérie Poste, police, Taxi et gendarmeries.

Le bus électrique peut bien être utilisé dans le transport personnel, public, tourisme, transport des élèves...etc.

L'une des utilisations que nous trouvons intéressante, est l'utilisation des véhicules électriques et bus électrique pour les personnes qui se déplacent durant la nuit. Ceci, nous permet de charger totalement les batteries par le système photovoltaïque.

L'adoption de l'utilisation des véhicules électriques nécessitera d'étudier différents segments de véhicules, le développement d'infrastructures de recharge simultanées et une intégration harmonisée avec le réseau électrique. Une tarification selon l'heure d'utilisation devrait également être adoptée pour éviter une charge supplémentaire sur le réseau pendant les heures de pointe.

Solliciter le secteur privé au développement des infrastructures de recharge est une nécessité. A cet effet, il est important d'analyser la rentabilisation de la participation du secteur privé au développement des infrastructures de recharge en partenariat avec les entreprises de distribution de l'électricité. Etudier l'économie des sociétés émergentes est indispensable

pour la conception de la politique globale de véhicules électriques qui incluent les objectifs à long terme tel que, système d'incitations fiscale pour les utilisateurs de ces véhicules, modèles de développement d'infrastructures de recharge privées et publiques, assurance des véhicules électriques, service du contrôle technique et formation professionnelle (technicien et mécanicien).

On note aussi la nécessité de :

- Mener une évaluation technico-économique et environnementale complète des bus électriques publics et entreprendre des projets pilotes pour éclairer la prise de décision concernant le marché de transports publics à l'avenir.
- Identifier les modèles commerciaux les plus appropriés pour la mise à l'échelle rapide du développement des infrastructures de recharge publiques et privées.
- Inclure les exigences relatives au raccordement, fonctionnement et protection des bornes de recharge des véhicules électriques dans le code de réseau de distribution national (Grid code).
- Adopter une stratégie complète pour intégrer efficacement les véhicules électriques dans le système électrique en proposant des tarifs à bas prix pour la recharge pendant les pics solaires photovoltaïques entre 11 h et 15 h pour le nord et 10 h à 16 h pour le sud de l'Algérie.
- Planifier la gestion de fin de vie des batteries des véhicules électriques et la réutilisation pour les applications de stockage d'électricité stationnaire (applications autonomes ou connectées au réseau).
- En outre, la gestion de la fin de vie des batteries doit également être envisagée pour le recyclage et l'élimination durables.

L'absence d'une telle stratégie et d'une feuille de route claire avec des objectifs et des politiques cloisonnées ralentissent considérablement la transition énergétique dans le secteur des transports.

Références

1. <https://www.ons.dz/spip.php?rubrique25>
2. Muratori, M. Impact of uncoordinated plug-in electric vehicle charging on residential power demand. *Nat Energy*3, 193–201 (2018). <https://doi.org/10.1038/s41560-017-0074-z>
3. <https://www.vde-verlag.de/standards/1100410/e-din-iec-ts-61851-3-3-vde-v-0122-3-3-2016-12.html>

Coauteurs

HADJIAT Moundji, Maître de Recherche B
Division Thermique et Thermodynamique
Solaire et Géothermie
E-mail: m.hadjiat@cder.dz