

Dossier énergétique et écologique

4.1 Tests et mesures

Objectifs des mesures :

- Valider le matériel en conditions réelles et la possibilité de recharger les batteries choisies (2x1152 wh), valider la possibilité d'autoconsommation / réinjection dans le réseau
- Mesurer la puissance en sortie de panneau et l'écart par rapport à la puissance crête annoncée
- Mesurer la puissance en entrée de batterie et l'écart par rapport à la sortie de panneau (consommation du chargeur MPPT)
- Fournir des premières indications sur le bon dimensionnement du système afin d'atteindre une autonomie solaire satisfaisante, et dans le contexte du projet le choix entre 2 et 3 panneaux de 130 Wc.

Note : il n'a pas été possible de faire des mesures satisfaisantes avec 3 panneaux, le chargeur MMPT choisi pour ce cas de figure (Victron 100/200) n'ayant pu être configuré. L'équipe projet a été contrainte de rester sur la configuration 2 panneaux afin de ne pas dépasser les limites du chargeur MMPT disponible. Les résultats pour 3 panneaux sont donc extrapolés.

Mesures 2 panneaux Phaesun (260 Wc)	Conditions	Puissance sortie panneaux (PV) Watt	Ratio PV / Wc (260 Wc)	Puissance entrée batterie (PB) - Watt	Ratio PB/PV	Energie Batterie WH calculée sur 6h	Autonomie solaire (KM)
10h45	Ensoleillé	168	65%	151	90%	906	18,1
11h45	Soleil+Nuages	200	77%	184	92%	1104	22,1
15h15	Ensoleillé	222	85%	193	87%	1158	23,2
Extrapolation 3 panneaux Phaesun (390 Wc)		Puissance sortie panneaux (PV) Watt	Ratio PV / Wc (390 Wc)	Puissance entrée batterie (PB) - Watt	Ratio PB/PV	Energie Batterie WH calculée sur 6h	Autonomie solaire (KM)
10h45	Ensoleillé	254,8	65%	226,5	89%	1359	27,2
11h45	Soleil+Nuages	303,4	78%	276,0	91%	1656	33,1
15h15	Ensoleillé	336,7	86%	289,5	86%	1737	34,7



Conclusions

Les tests nous ont permis de valider la possibilité de charger les batteries choisies (48V – 24AH, soit 1152 wh), de valider également la possibilité d'autoconsommation en utilisant le micro-onduleur choisi.

Nous avons constaté une efficacité globale du système de 75 % entre la puissance mesurée en entrée de batterie et la puissance crête annoncée. La différence correspond aux conditions d'ensoleillement et à la consommation du matériel utilisé (chargeur MPPT).

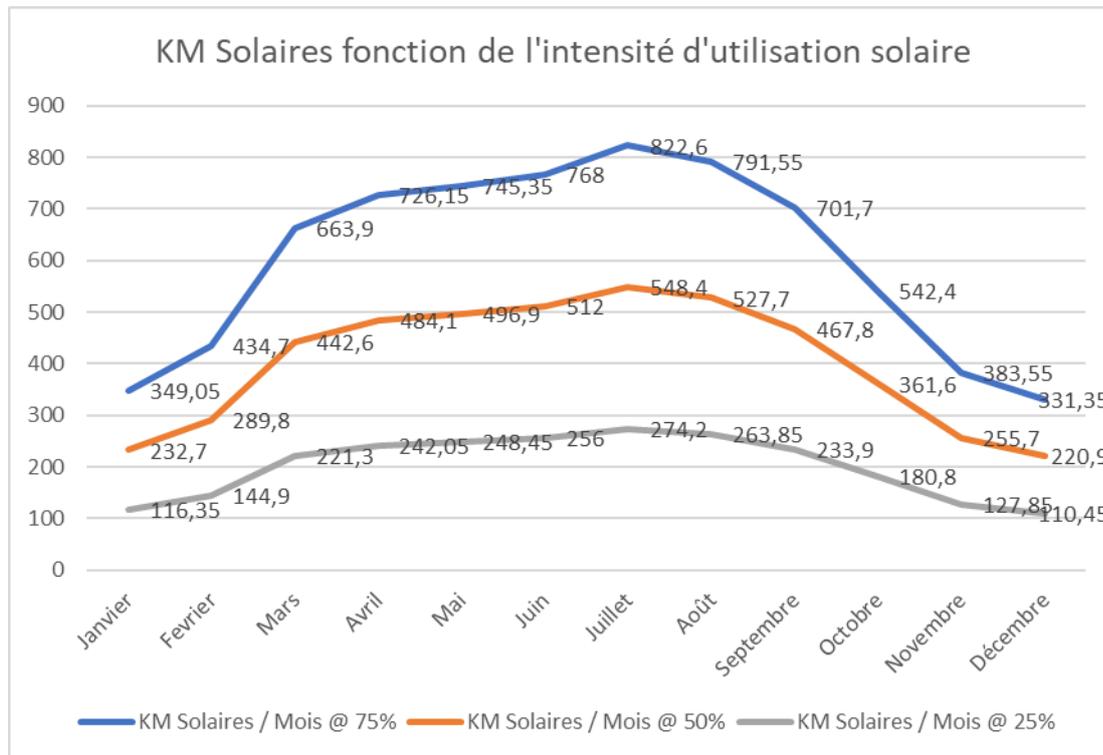
Compte tenu de ces éléments, afin de fournir une autonomie solaire satisfaisante, supérieure à 25km / jour, la configuration à 2 panneaux de 130 WC s'avère insuffisante. Il sera nécessaire d'adopter une configuration à 3 panneaux (390 Wc) qui permettra d'atteindre une autonomie solaire de 25 à 35 kms / jour dans des conditions d'ensoleillement normales.

4.2- Evaluation de l'autonomie solaire possible, en fonction de l'intensité de l'utilisation du système solaire

Le système solaire est dimensionné pour couvrir les besoins en énergie du véhicule en toute saison. Les calculs montrent que, même avec une faible intensité d'utilisation solaire (25%), il est possible d'atteindre au moins 2000 km / an d'autonomie solaire. Pour une utilisation cible de 5000 km / an, il suffirait d'utiliser le système solaire à 50% de sa capacité théorique.

Hypothèses :

- Panneaux 390 WC
- Production solaire théorique max = 484 KWH (localisation Clermont-Ferrand)
- 3 Coefficients d'intensité d'utilisation solaire 25%, 50%, 75% (production théorique * Coeff)
- Consommation Solar Commuter Quad = 50wh / km



	TOTAL Annuel
KM Solaires @ 75%	7260,3
KM Solaires @ 50%	4840,2
KM Solaires @ 25%	2420,1

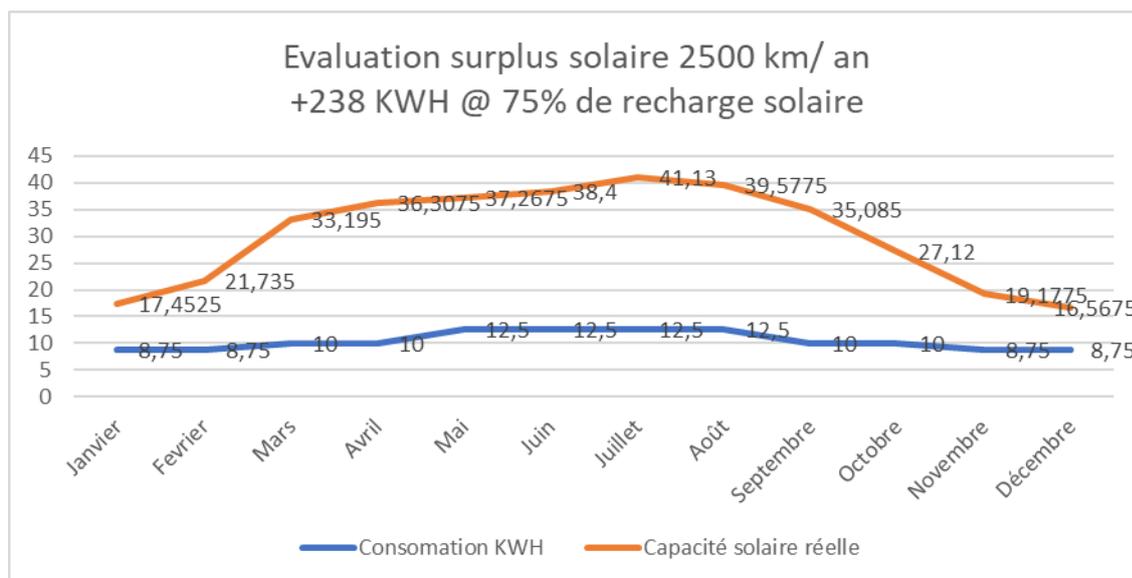
Source : interne, utilisant sur les bases de données du PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM de l'Union Européenne : https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/

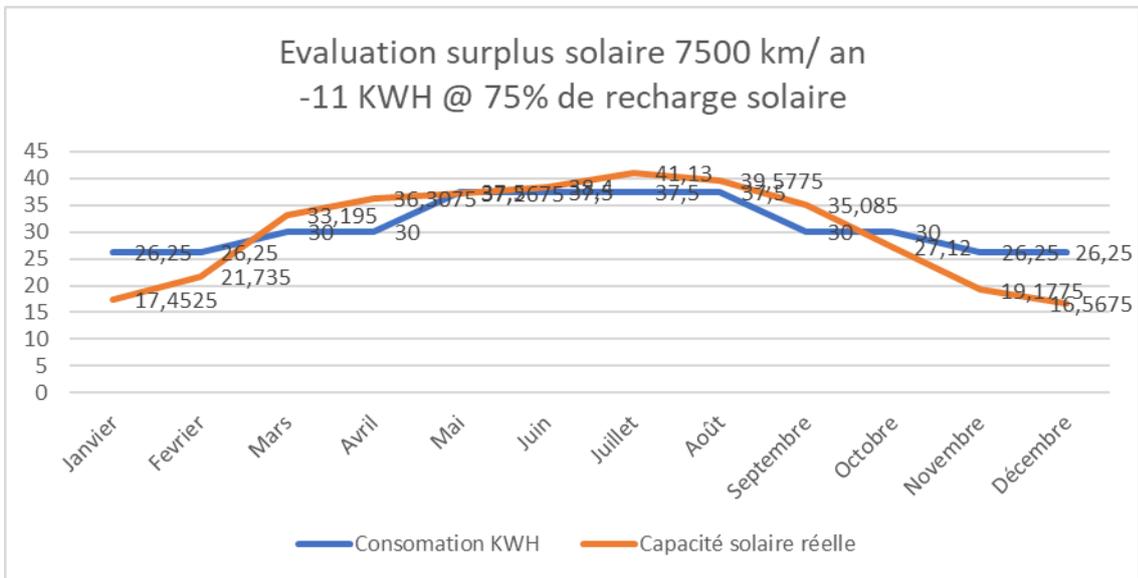
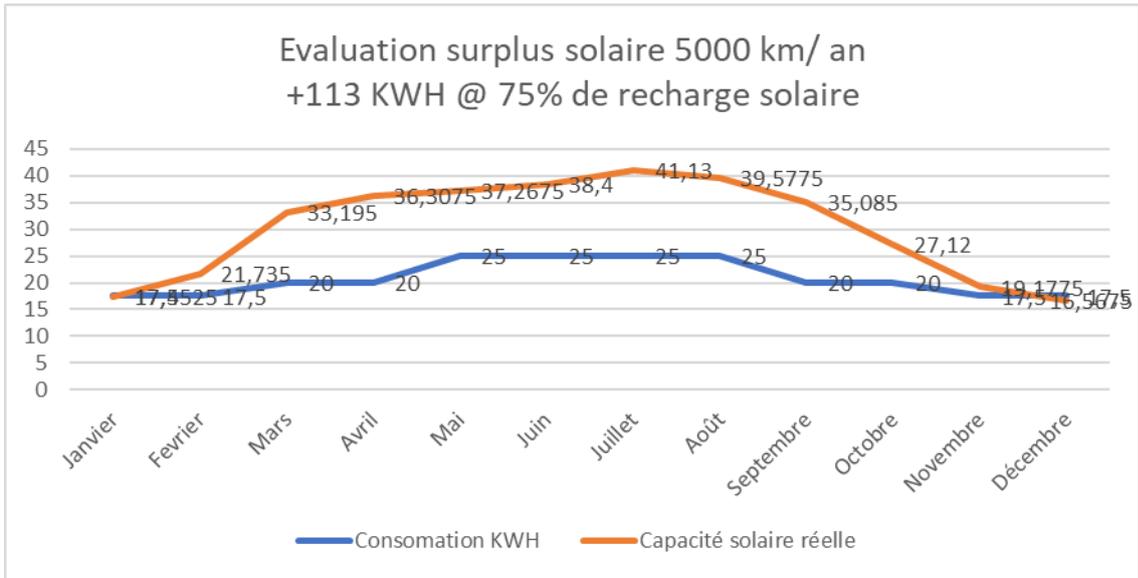
4.3- Evaluation du surplus solaire en fonction du nombre de kms parcourus

Le système générera un excédent autoconsommé ou réinjecté dans le réseau (« surplus solaire ») plus ou moins important en fonction du kilométrage parcouru dans l'année.

Un faible kilométrage parcouru (2500 km / an) pourra être compensé par la génération d'un surplus solaire conséquent. De même un fort kilométrage (7500 km / an) ne générera pas de surplus, en revanche il sera possible d'effectuer la quasi-totalité du kilométrage grâce au soleil.

La « neutralité solaire » théorique est atteinte à 7260 km / an, c'est-à-dire que pour ce kilométrage effectué et pour une intensité d'utilisation solaire de 75%, le système ne générera pas de surplus mais permettra d'atteindre l'autonomie totale sur une année complète, les « déficits » solaires des mois d'hiver étant compensés par les « surplus » des mois de printemps et d'été.



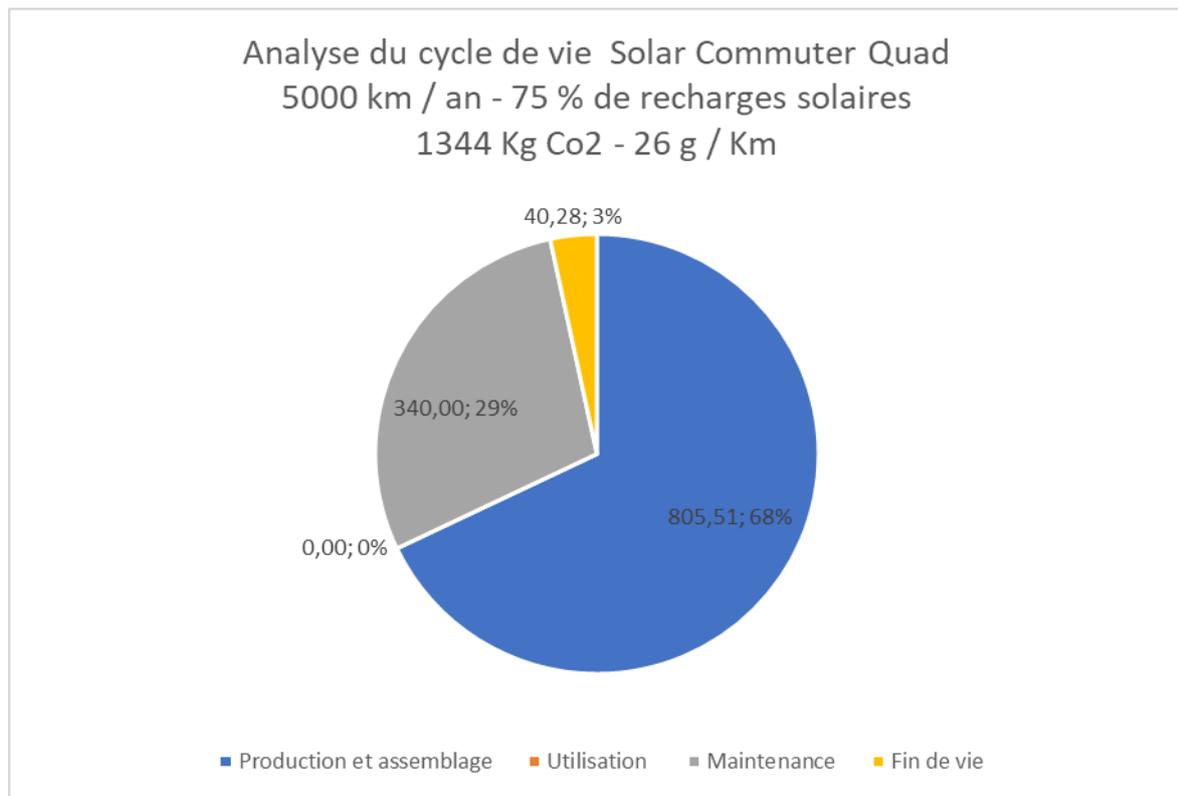


Source : interne, utilisant sur les bases de données du PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM de l'Union Européenne : https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/

4.4 Estimation de l'empreinte carbone de Solar Commuter Quad – Analyse du cycle de vie

L'estimation de l'empreinte carbone du Solar Commuter Quad montre qu'il est possible d'atteindre une empreinte carbone au km très faible, proche du facteur 10 de l'Extreme Défi (« 10 fois plus efficient »).

En effet, pour 5000 km par an effectués pendant 10 ans, avec une intensité d'utilisation solaire de 75%, les calculs montrent qu'il est possible d'atteindre une empreinte carbone de 26 g CO₂ / km avec Solar Commuter Quad contre 220 g CO₂ / km pour une voiture thermique.



Hypothèses :

a) Production et assemblage

	Empreinte carbone	Quantités	Kg CO2	Source
Panneaux solaires	549Kg CO2 / KWc	390 Wc	214,11	https://light.eco/fr/impact-carbone-panneaux-solaires/
Batterie Li-Ion	150kg / kwh	2 Kwh	300	Ecole des Mines ParisTech
Moteur Roues	37,5 kg / moteur roue	2	75	France Stratégie (5 kg cuivre, 5kg acier + 1 carte)
Chassis et carrosserie Alu	1,8kg CO2 / Kg	70 kg	126	France Stratégie
Carrosserie bois	moins 0,5KG CO2/ Kg	30kg	-15	Ademe
Elements plastique recyclé	1,7 kg CO2 / Kg	10kg	17	SPG Groupe
Electronique	7,5 kg CO2 / carte	4	30	codde.fr
Direction / freins / Amortisseurs	5kg CO2 / kg	8kg	40	Estimation
Pneus	2,3kg CO2 / kg	8	18,4	Michelin
TOTAL			805,51	

b) Utilisation

Empreinte carbone de la production d'un kWh en France : 90 g CO2 / KWH

c) Maintenance

Maintenance annuelle : 5kg CO2 / an (~ 2 pneus / an ou changement de pièces acier)
2 réparations importantes : changement des 2 moteurs roue (150 kg CO2) et changement d'une batterie (150 Kg CO2)

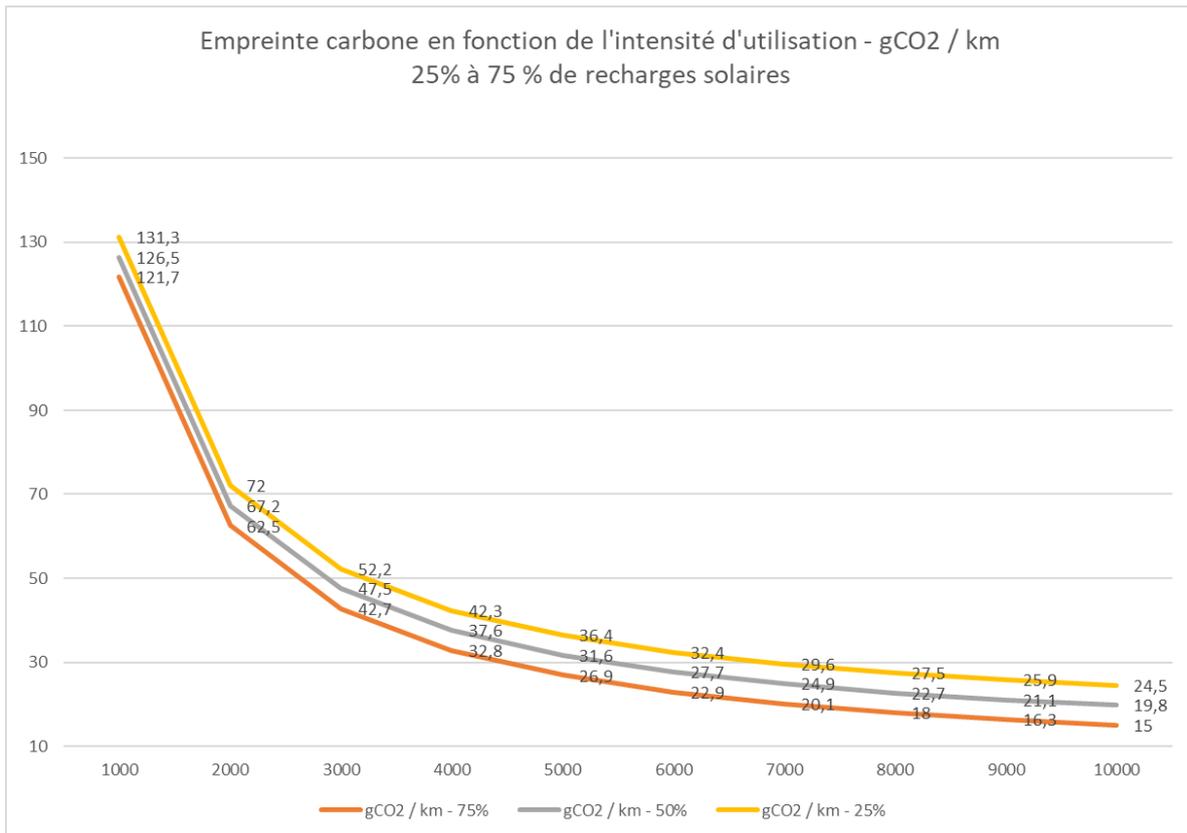
d) Fin de vie

5 % de l'empreinte carbone de production-assemblage

4.5 Empreinte carbone en fonction du kilométrage et de l'intensité d'utilisation solaire

L'efficacité écologique du système Solar Commuter Quad dépendra essentiellement du nombre de km parcourus annuellement. Un véhicule peu utilisé sera moins vertueux sur le plan de l'empreinte carbone, même si l'autoconsommation du surplus solaire pourra fournir un bénéfice tant financier qu'écologique permettant d'atténuer les impacts négatifs d'une faible utilisation.

Solar Commuter Quad devient vertueux à très vertueux à partir de 3000 km /an. De plus, une forte intensité d'utilisation solaire (75%) le gain carbone est d'environ 10 g de CO2 supplémentaire qui ne seront pas rejetés dans l'atmosphère par rapport à une faible intensité (25%).



4.6 Bénéfices financiers et écologiques de l'autoconsommation (option V2G, V2H)

- Un bénéfice financier additionnel de 35 EUR à 90 Eur par an pourra être constaté pour une utilisation entre 2500 et 5000 Km, correspondant à l'autoconsommation des KWH du surplus solaire
- Un bénéfice d'émissions carbone évitées de 70 à 100 Kg de CO₂ pourra également être constaté, correspondant aux KWH autoconsommés.

4.7 Gains financiers et écologiques par rapport à la voiture individuelle

Solar Commuter Quad permettra de générer une économie annuelle de 500 à 1700 Eur par rapport à la voiture thermique et d'éviter entre 300 kg et 1800 kg d'émission de CO₂, en fonction du kilométrage parcouru. Pour une utilisation cible de 5000 km / an, le gain financier pour l'utilisateur est de 1091 Eur / an et les émissions de CO₂ évitées sont de 969 kg.

Les équations économique et carbone s'établissent comme suit :

- **Gains financier** = (Coût carburant voiture + coût entretien) – (coût recharges secteur SC Quad – bénéfices autoconsommation + coût entretien SC Quad)
- **Gains carbone** = (Emissions carbone voiture – Emissions carbone SC Quad) + Emissions carbone évités recharge solaires + Emissions carbone évités grâce à l'autoconsommation surplus solaire

Hypothèses :

- Consommation essence voiture thermique = 7L / 100 KM – 2 EUR / L
- Coût entretien voiture thermique = 350 EUR / an
- Coût entretien Solar Commuter Quad = 50 EUR / an
- Coûts du kWh France = 0.25 EUR / KWH
- Empreinte carbone KWH France = 0.09 Kg CO₂ / KWH
- Empreinte carbone voiture thermique : 0.22 KG CO₂ / KM
- Empreinte carbone Solar Commuter Quad = 0.026 KG CO₂ / KM
- 75% d'intensité utilisation solaire (données production Clermont Ferrand * 0.75)

