

Le vélo cargo électrique représente une alternative écologique et efficace aux véhicules motorisés traditionnels pour le transport de marchandises en milieu urbain. Ce dossier énergétique vise à évaluer l'impact environnemental total du vélo cargo électrique, en prenant en compte les énergies grises de fabrication, d'entretien, de fin de vie, ainsi que les énergies d'utilisation. Pour une analyse complète, nous utiliserons une approche de "discounted energy flow" sur la durée de vie du vélo cargo.

## Hypothèses de Base

1. **Durée de vie du vélo cargo** : 10 ans
2. **Trajet journalier moyen** : 20 km (urbain)
3. **Comparaison avec une voiture individuelle** : 150 g CO<sub>2</sub>/km
4. **Durée de vie de la voiture individuelle** : 200,000 km

## Énergies Grises de Fabrication

### 1. Cadre et composants du vélo :

- Cadre aluminium : 50 kg CO<sub>2</sub>/kg
- Poids total cadre et composants (sans batterie) : 30 kg
- **Énergie grise totale pour le cadre et composants** : 30 kg \* 50 kg CO<sub>2</sub>/kg = 1500 kg CO<sub>2</sub>

### 2. Batterie (LiFePo<sub>4</sub>) :

- 12 éléments de 105Ah, poids total 30 kg
- Énergie grise estimée pour la production de la batterie : 100 kg CO<sub>2</sub>/kWh
- Capacité totale de la batterie : 12 \* 3.2V \* 105Ah = 4.032 kWh
- **Énergie grise pour la batterie** : 4.032 kWh \* 100 kg CO<sub>2</sub>/kWh = 403.2 kg CO<sub>2</sub>

### 3. Onduleur et BMS :

- Énergie grise : 15 kg CO<sub>2</sub>

### 4. Total énergie grise de fabrication : 1500 kg CO<sub>2</sub> (cadre) + 403.2 kg CO<sub>2</sub> (batterie) + 15 kg CO<sub>2</sub> (ond. et BMS) = 1918.2 kg CO<sub>2</sub>

## Énergies d'Entretien et de Refit

- Entretien annuel (remplacement de pièces, pneus, freins) : 50 kg CO<sub>2</sub>/an
- Total sur 10 ans : 50 kg CO<sub>2</sub>/an \* 10 ans = 500 kg CO<sub>2</sub>

## Énergie de Fin de Vie

- Recyclage et élimination : 10% de l'énergie grise de fabrication
- Total énergie fin de vie : 191.82 kg CO<sub>2</sub>

## Énergies d'Utilisation

### 1. Consommation énergétique :

- Consommation électrique : 0.7 kWh/100 km
- Trajet annuel : 20 km/jour \* 365 jours = 7300 km
- Consommation annuelle : 7300 km \* 0.7 kWh/100 km = 51.1 kWh

### 2. Émissions de CO<sub>2</sub> pour la production de l'électricité :

- Facteur d'émission : 0.05 kg CO<sub>2</sub>/kWh (électricité renouvelable)
- Émissions annuelles : 51.1 kWh \* 0.05 kg CO<sub>2</sub>/kWh = 2.555 kg CO<sub>2</sub>
- Total sur 10 ans : 2.555 kg CO<sub>2</sub>/an \* 10 ans = 25.55 kg CO<sub>2</sub>

## Énergie Grise de Fabrication de la Voiture

1. **Poids moyen d'une voiture** : 1500 kg
2. **Énergie grise par kg de voiture** : 10 kg CO<sub>2</sub>/kg
3. **Énergie grise totale de fabrication** : 1500 kg \* 10 kg CO<sub>2</sub>/kg = 15000 kg CO<sub>2</sub>

## Calcul de Type « Discounted Energy Flow »

Le calcul de l'énergie totale sur la durée de vie du vélo cargo prend en compte l'actualisation des différentes sources d'énergie grise et d'utilisation.

## Émissions Évitées par Rapport à une Voiture Individuelle

### 1. Émissions voiture :

- Trajet annuel : 7300 km
- Émissions annuelles voiture : 7300 km \* 150 g CO<sub>2</sub>/km = 1095 kg CO<sub>2</sub>
- Total sur 10 ans : 1095 kg CO<sub>2</sub>/an \* 10 ans = 10950 kg CO<sub>2</sub>
- Énergie grise de fabrication par km : 15000 kg CO<sub>2</sub> / 200,000 km = 0.075 kg CO<sub>2</sub>/km
- Émissions grises totales sur 7300 km/an : 7300 km \* 0.075 kg CO<sub>2</sub>/km = 547.5 kg CO<sub>2</sub>/an
- Total énergie grise sur 10 ans : 547.5 kg CO<sub>2</sub>/an \* 10 ans = 5475 kg CO<sub>2</sub>

## 2. Émissions évitées :

- Émissions vélo cargo : 1918.2 kg CO2 (fabrication) + 500 kg CO2 (entretien) + 25.55 kg CO2 (utilisation) + 191.82 kg CO2 (fin de vie) = 2635.57 kg CO2
- Émissions voiture (y compris énergie grise) : 10950 kg CO2 (utilisation) + 5475 kg CO2 (fabrication) = 16425 kg CO2
- Émissions évitées : 16425 kg CO2 - 2635.57 kg CO2 = 13789.43 kg CO2

Le vélo cargo électrique présente un bilan énergétique très favorable par rapport à une voiture individuelle. Sur sa durée de vie, il permet d'éviter environ 14 000 kg CO2 en 10 ans.