

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 CO₂/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 CO₂/kg
- Poids total cadre et composants (sans batterie) : 30 kg
- **Énergie grise totale pour le cadre et composants** : 30 kg * 50 kg CO₂/kg = 1500 kg CO₂

2. Batterie (LiFePo₄) :

- 12 éléments de 105Ah, poids total 30 kg
- Énergie grise estimée pour la production de la batterie : 100 kg CO₂/kWh
- Capacité totale de la batterie : 12 * 3.2V * 105Ah = 4.032 kWh
- **Énergie grise pour la batterie** : 4.032 kWh * 100 kg CO₂/kWh = 403.2 kg CO₂

3. Onduleur et BMS :

- Énergie grise : 15 kg CO₂

4. Total énergie grise de fabrication : 1500 kg CO₂ (cadre) + 403.2 kg CO₂ (batterie) + 15 kg CO₂ (ond. et BMS) = 1918.2 kg CO₂

Énergies d'Entretien et de Refit

- Entretien annuel (remplacement de pièces, pneus, freins) : 50 kg CO₂/an
- Total sur 10 ans : 50 kg CO₂/an * 10 ans = 500 kg CO₂

Énergie de Fin de Vie

- Recyclage et élimination : 10% de l'énergie grise de fabrication
- Total énergie fin de vie : 191.82 kg CO₂

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 CO₂ pour la production de l'électricité :

- Facteur d'émission : 0.05 kg CO₂/kWh (électricité renouvelable)
- Émissions annuelles : 51.1 kWh * 0.05 kg CO₂/kWh = 2.555 kg CO₂
- Total sur 10 ans : 2.555 kg CO₂/an * 10 ans = 25.55 kg CO₂

Énergie Grise de Fabrication de la Voiture

1. **Poids moyen d'une voiture** : 1500 kg
2. **Énergie grise par kg de voiture** : 10 kg CO₂/kg
3. **Énergie grise totale de fabrication** : 1500 kg * 10 kg CO₂/kg = 15000 kg CO₂

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 CO₂/km = 1095 kg CO₂
- Total sur 10 ans : 1095 kg CO₂/an * 10 ans = 10950 kg CO₂
- Énergie grise de fabrication par km : 15000 kg CO₂ / 200,000 km = 0.075 kg CO₂/km
- Émissions grises totales sur 7300 km/an : 7300 km * 0.075 kg CO₂/km = 547.5 kg CO₂/an
- Total énergie grise sur 10 ans : 547.5 kg CO₂/an * 10 ans = 5475 kg CO₂

2. Émissions évitées :

- Émissions vélo cargo : 1918.2 kg CO_2 (fabrication) + 500 kg CO_2 (entretien) + 25.55 kg CO_2 (utilisation) + 191.82 kg CO_2 (fin de vie) = 2635.57 kg CO_2
- Émissions voiture (y compris énergie grise) : 10950 kg CO_2 (utilisation) + 5475 kg CO_2 (fabrication) = 16425 kg CO_2
- Émissions évitées : $16425 \text{ kg CO}_2 - 2635.57 \text{ kg CO}_2 = 13789.43 \text{ kg CO}_2$

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 $14\,000 \text{ kg CO}_2$ en 10 ans.