

## Dossier 5 : Energétique

Un objectif fondamental de la démarche Extrême Défi est de réduire au maximum les impacts environnementaux de nos déplacements individuels. Pour cela, il convient de modéliser et simuler l'ensemble des étapes du cycle de vie d'un engin.

### Matériaux, provenance et procédés

#### Une provenance majoritairement régionale

Le choix de favoriser un sourcing de matières premières et produits semi-finis à une échelle régionale (Europe) s'inscrit dans notre logique d'éco-conception :

- **Limitation des émissions et de l'énergie grise liées au transport** (cela est substantiel, mais reste à relativiser par rapport aux autres postes de dépense : le transport ne représentant que quelques % d'un produit manufacturé en Asie) ;
- **Résilience** : la proximité géographique des fournisseurs, et la relative stabilité politique et social de l'UE, rendent la source d'approvisionnement plus robuste (nous avons connus de grosses difficultés d'appro sur quelques composants-clés venant de Chine lors des crises COVID) ;
- **Normes** : il est raisonnable de penser que la réglementation européenne, une des plus contraignante du monde concernant les polluants (REACH), est globalement appliquée en UE ;

Le principal défi associé à ce choix est la disponibilité « sur étagère » des pièces recherchées, à des niveaux de prix compatibles avec notre coût de revient. Un part de produits manufacturés notamment provient toujours d'Asie.

La provenance des matériaux et produits est utilisée afin d'alimenter le fichier ACV en annexe.

#### Des matériaux bruts et recyclables autant que possible

Un autre choix structurant impactant les bilan énergétique et environnemental de MOB 4.0 est l'usage de matières premières brutes majoritairement recyclables. Ainsi, nous faisons l'impasse au maximum sur les composites, majoritairement très difficiles à recycler en fin de vie. En lieu et place, des matériaux tels qu'Acier, Aluminium, PU...

Le recours modéré aux systèmes de peinture (PU, aluminium majoritairement bruts) permet également de garantir la faciliter de valorisation en fin de vie.

#### Des procédés simples et reproductibles

Un autre choix de conception, favorable au reconditionnement de MOB 4.0 à mi-vie : mettre en œuvre des procédés simples de construction, et reproductibles dans des ateliers locaux et modérément équipés (simples garages auto-moto par exemple).

Ainsi, nos châssis sont conçus majoritairement autour de structures en profilés standards et plaque de métal, alu et acier, et les assemblages rivetés. Certaines parties en acier sont soudées, procédé restant accessible sur ce type de matière.

Voir ci-après le détail d'un châssis de notre conception en aluminium riveté.



### Bill Of Materials

Avec seulement une quinzaine de matières significatives entrant dans sa conception, la nomenclature de MOB 4.0 est voulue la plus épurée possible, pour les raisons évoquées plus haut.

**La masse totale de MOB 4.0 en ordre de marche (batterie Li-ion incluse) est estimée à 78kg.**

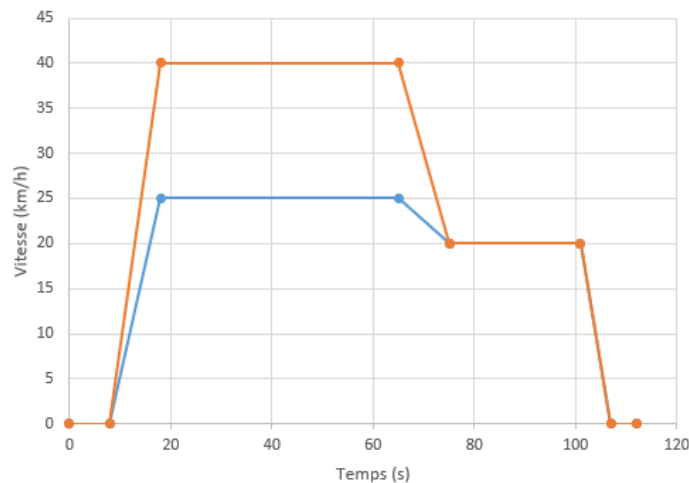
Voici la version agrégée des matières, issue du BOM de MOB 4.0 :

Matière	Masse kg
Acier	27,4
Aimants	0,6
Alu profilé	14
Alu tôle	9,5
Axes inox	1,2
Caoutchouc	2,2
Cuivre	2,4
Electronique	0,1
Câblages	0,3
Cellules Li-ion	9,5
PC	1,9
ABS	3,43
PU	2,8
Quincaillerie inox	2,6

## Consommation d'énergie à l'usage : 2 fois plus sobre que les quadricycles du marché

MOB 4.0 est homologué L6e 45km/h. Bien que disposant de pédales, la puissance de pédalage de l'utilisateur (environ 100W), n'est pas significative par rapport à la puissance motrice globale de l'engin (jusqu'à 4000W continus autorisés dans cette catégorie).

**Nos simulations de consommation sont donc basées sur cycle modèle « rapide »**, avec une vitesse max de 40km/h, contre 25km/h pour les VAE classiques. Voici le profil du cycle, à retrouver dans le fichier ACV en Annexe de ce dossier.



Les autres données d'entrées nécessaires à la réalisation des estimations de consommation énergétique en roulage :

Données d'entrée	
Masse à vide (kg)	77,93
Masse de réf. (kg)	157,934
SCx	0,5
$\rho$ air (kg/m <sup>3</sup> )	1,2
Rroul_pneu (kg/T)	10
Energie de freinage récupérée	10%
Rendement chaine de traction	90%
Puissance aux. (W)	20
Durée de vie batterie pleine charge	600
Capacité de recharge	21
Tension	48
Batterie (kWh)	1,0
Pente (%)	1,0

On notera les 3 points suivants, très impactant pour optimiser la consommation énergétique :



- **Un SCx contenu** (par rapport aux autres engins 4 roues roulant à 45km/h), pris en compte véhicule fermé, permettant de conserver une consommation raisonnable en haut de la plage de vitesse ;
- **Un poids contenu** également dans catégorie quadricycles légers : le véhicule est moins lourd que le pilote ! Ce paramètre est important en phases d'accélération et en cas de montée ;
- **La récupération d'énergie**, bien que non miraculeuse, permet toutefois de récupérer environ 10% de l'énergie dépensée à l'accélération ou, suite à une montée.

Finalement, avec **une consommation de 16,5Wh au km, MOB 4.0** se montre extrêmement sobre pour son profil d'utilisation (un adulte de 80kg, déplacé à 40km/h).

#### Quelques points de comparaison :

- Comparons cette consommation totale à la consommation d'une Renault Twizy 45km/h : 6,1kWh de batterie pour 100km d'autonomie annoncée, soit 61Wh/km. Twizy permettant de transporter 2 personnes, on peut considérer le scénario optimiste et la consommation par utilisateur transporté descend à 35,5Wh/km. MOB 4.0, est donc plus de **2 fois plus sobre que Renault Twizy**, à usage équivalent. La différence de poids considérable (450kg pour Twizy contre 78kg pour MOB 4.0) est la principale raison de cet avantage pour MOB 4.0 ;
- Vis-à-vis d'un scooter électrique, 45km/h, de fabrication récente : le NIU MQI+ est annoncé avec 60km d'autonomie pour 1,48kWh de capacité. Cela nous donne une **consommation 50% supérieure à MOB 4.0**, pour un usage plus restreint (pas de protection intempéries) ;
- Vis-à-vis d'un vélo électrique « speed bike » : de par leur extrême légèreté, moins de 30kg à vide, ces véhicules parviennent à faire mieux, avec des consommations de l'ordre de 8Wh/km, **soit environ 2 fois mieux que MOB4.0**, toujours pour un usage toutefois plus restreint (pas de protection intempéries notamment).

## Bilans globaux

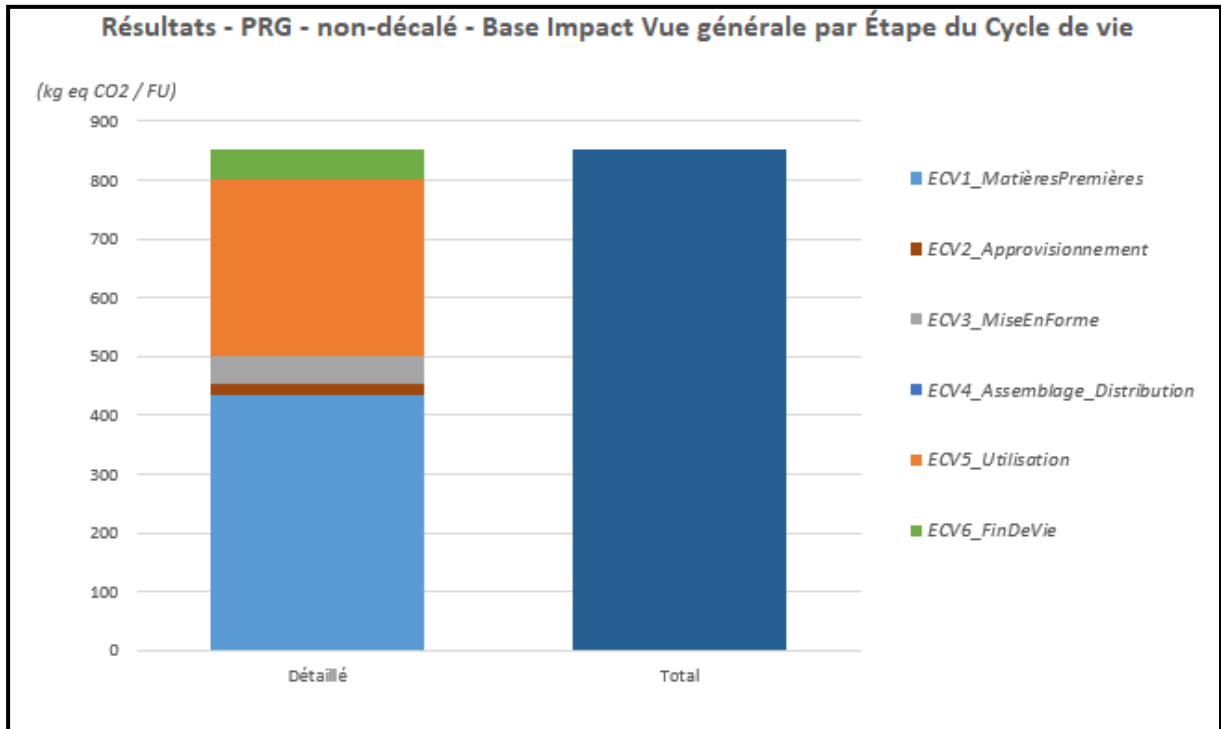
L'intégration de toutes ces données dans le fichier ACV disponible en PJ donne les résultats suivants, très encourageants.

### Une empreinte carbone divisée par 14 par rapport à une citadine électrique !

On compte 0,85 tonne eq CO2 émise sur l'ensemble du cycle de vie de MOB 4.0, contre 12 tonnes eq CO2 pour une citadine électrique. Utilisé en remplacement d'une citadine, MOB 4.0 est donc hautement efficace pour réduire les émissions de GES.

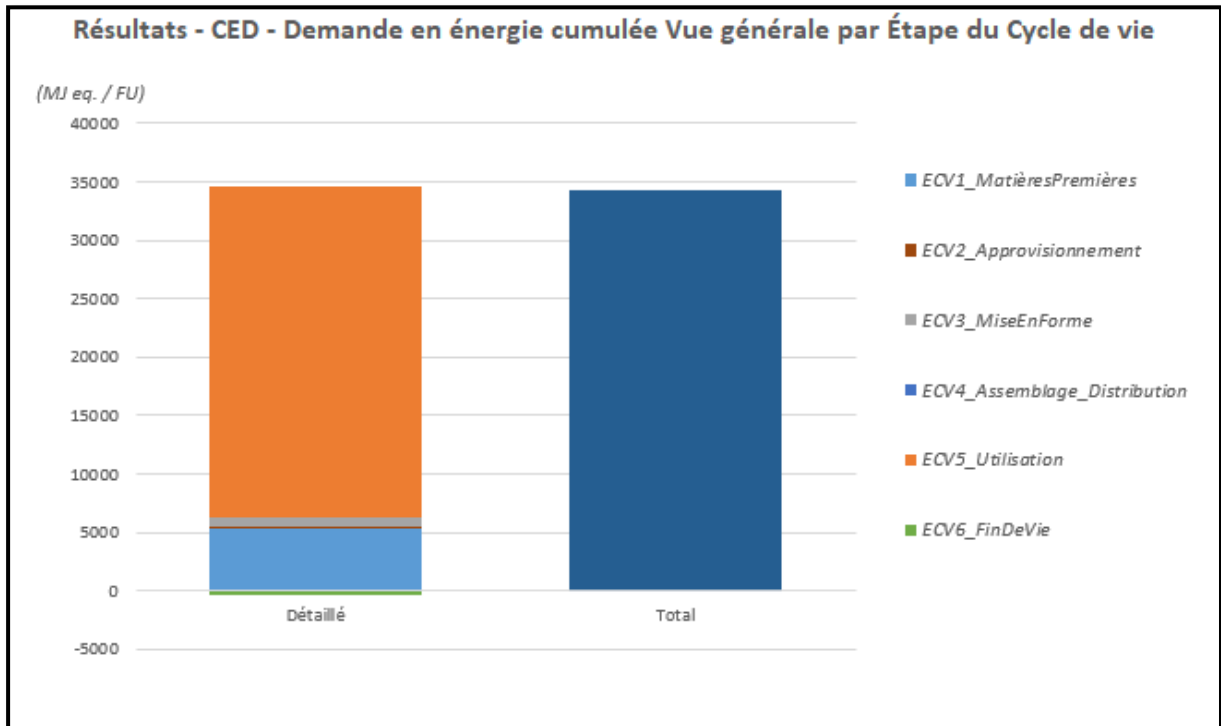
On notera que les deux postes d'émissions principaux sont la production des matières premières (les métaux en particulier), et la phase d'utilisation.



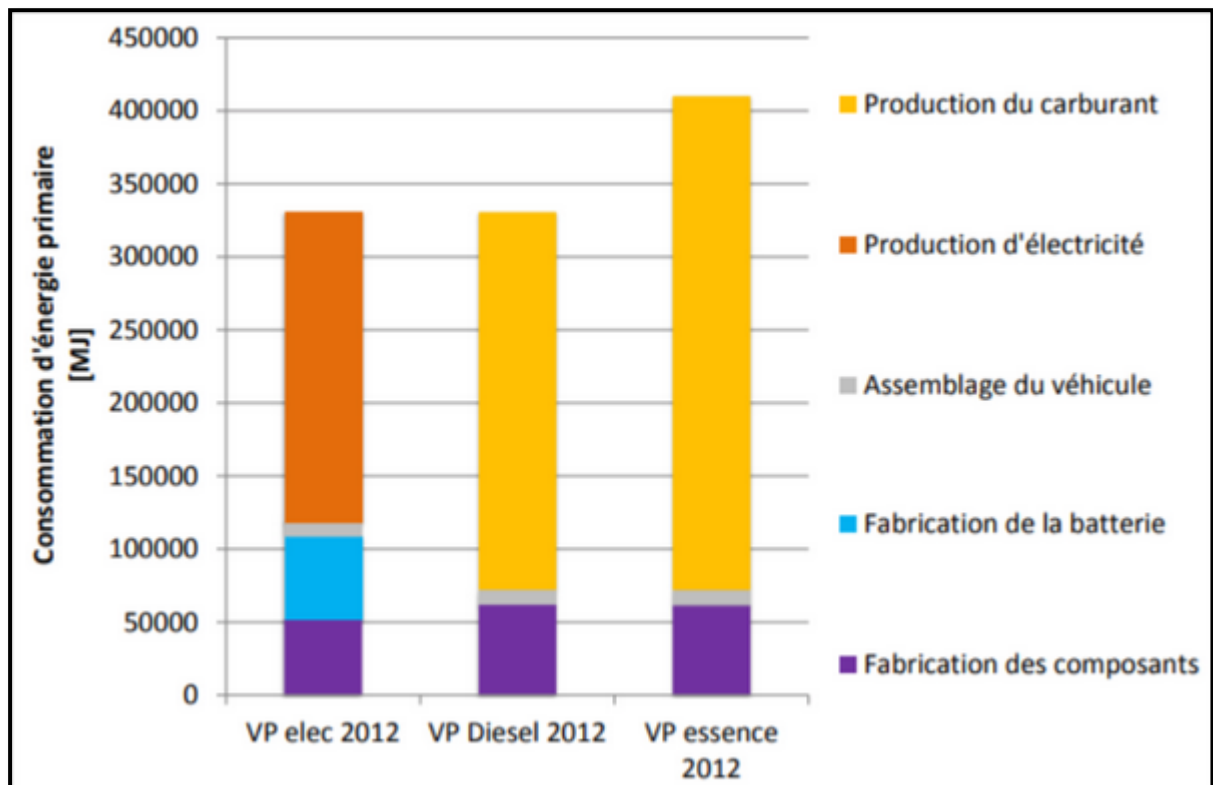


### L'énergie primaire consommée : 10 fois moins qu'une voiture

Grâce à une faible quantité de matières entrant dans sa conception, le poste de dépense énergétique principal est de très loin la phase d'utilisation. Avec un total sur le cycle de vie de moins de 10.000kWh d'énergie primaire consommée, **soit un ordre de grandeur en dessous des voitures électriques et thermiques** sur l'ensemble de leur cycle de vie.



A titre de comparaison, voici les consommations d'énergie primaire sur l'ensemble du cycle de vie de voitures, source ADEME :



## ANNEXE : Tableau ACV