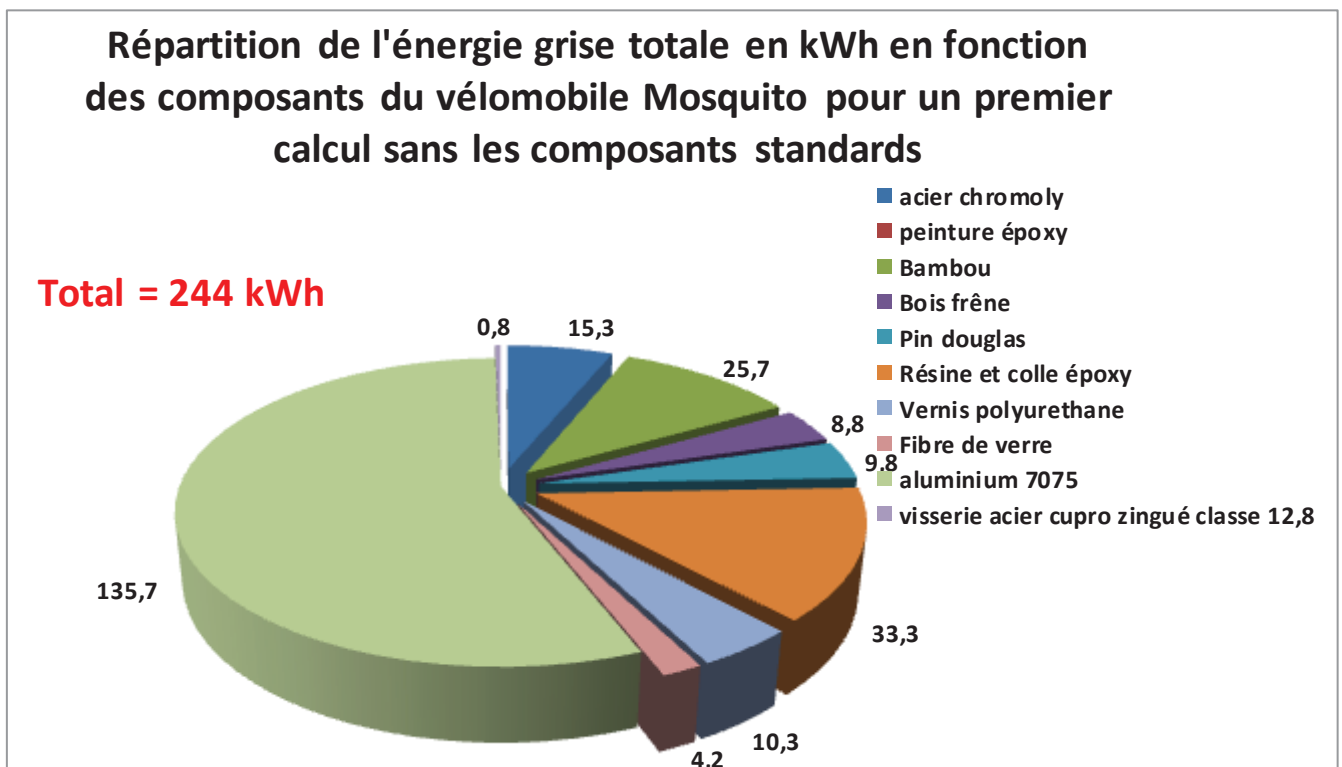


D'après la source ³¹ on a comme énergies grises : aciers 60000 kWh/m³, aluminium 190 000 kWh/m³, contreplaqué 4000 kWh/m³ et lamellé collé 2200 kWh/m³. La source ³² indique que l'énergie grise du pin est de 9 MJ/Kg. Mr BENOIST nous a indiqué que l'énergie grise du frêne était de 1 MJ/kg environ. Avec la source ³⁴ l'énergie grise du bambou est de 2.58 MJ/kg et celle de la résine époxy est de 80 MJ/Kg. D'après la source ³⁵ l'énergie grise de la fibre de verre est de 30,3 MJ/kg et celle du vernis polyuréthane est de 74 MJ/Kg. Ainsi, en multipliant multiplié les MJ/Kg par la masse utilisée et les kWh/m³ par le rapport masse utilisée/ masse volumique du matériau, on obtient le tableau suivant :

matériaux	quantité utilisée en Kg	masse volumique en kg/m ³	Energie grise en kWh	Energie grise en MJ
acier chromoly	2,00	7850,00	15,29	55,03
peinture époxy				
Bambou	4,00	700,00	25,72	92,61
Bois frêne (3 kg de bois)	1,50	720,00	8,75	31,50
Pin douglas (3 kg de bois)	1,50	550,00	9,75	35,10
Résine et colle époxy (1,5 kg de résine et colle epoxy)	1,50	1300,00	33,33	120,00
Vernis polyurethane	0,50	1200,00	10,28	37,00
Fibre de verre	0,50	2500,00	4,21	15,15
aluminium 7075	2,00	2800,00	135,71	488,57
visserie acier cupro zingué classe 12,8	0,10	7500,00	0,80	2,88
Total	13,60		243,84	877,84
composants standards ci-dessous (approximés comme de l'acier)	8,90	7500,00	71,20	256,32
Total	22,50		315,04	1134,16

Voici un diagramme illustrant les résultats :

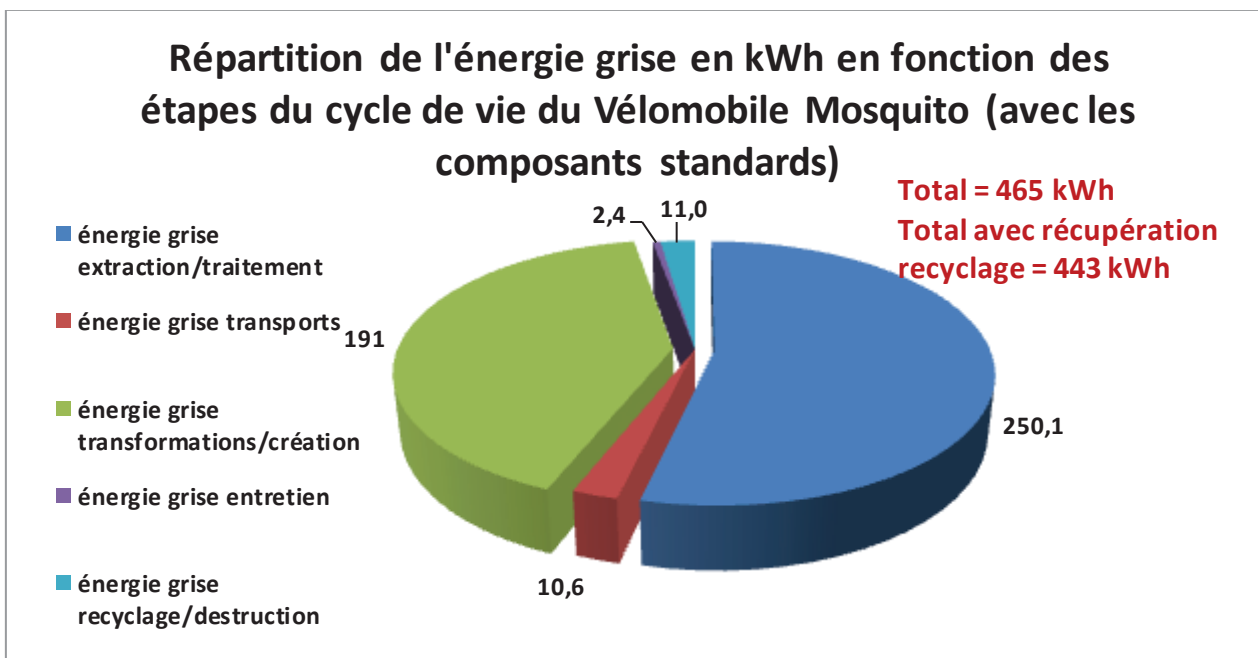
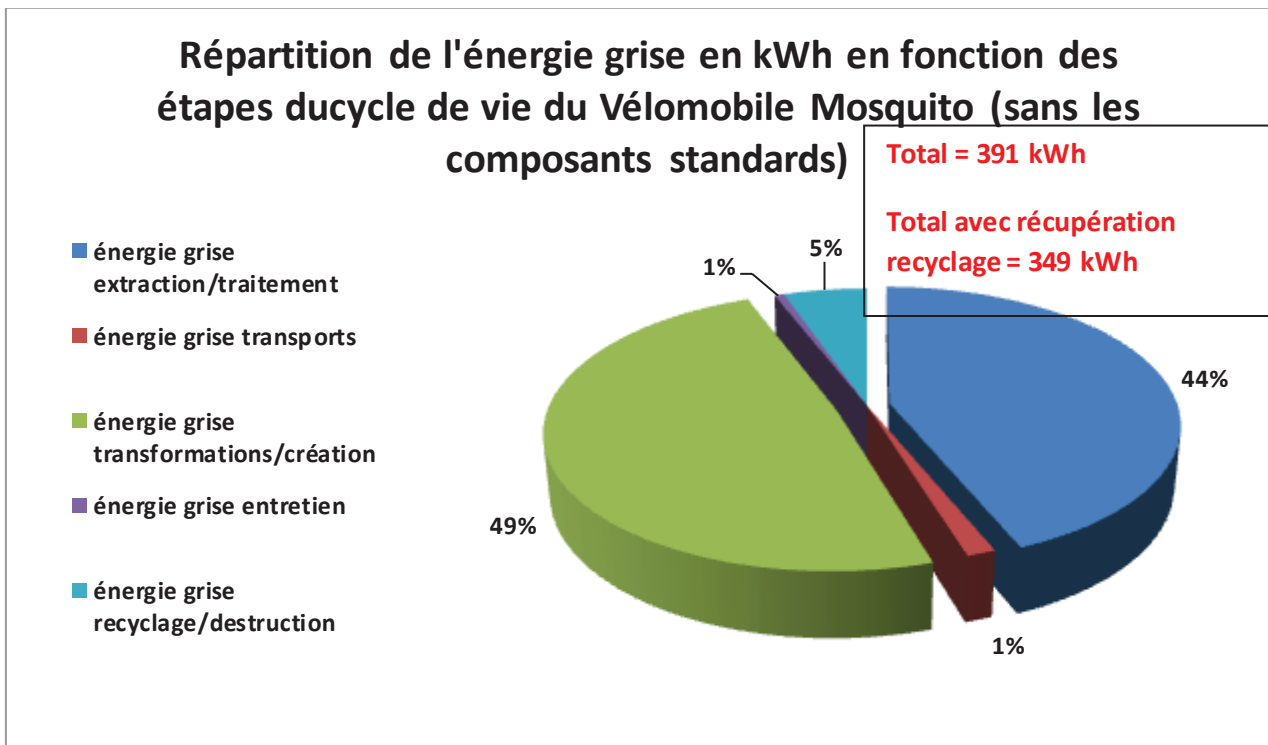


3.2.2.6. Illustrations des résultats

Voici un tableau résumant les valeurs de chaque étape :

	extraction/traitement	transports	transformations	entretien	clage	recyclage	énergie grise totale
Total en MJ	615,5	19,7	687,6	8,6	-75,2		1256,4
Total en kWh en valeur absolue	171,0	5,5	191	2,4		20,9	390,7
Répartition de l'énergie emmagasinée par étape en kWh (avec la récupération du recyclage)	171,0	5,5	191	2,4	-20,9		349,0
composants standards (environ acier) (MJ)	284,8	18,3				35,6	
Total en MJ	900,3	38,0	687,6	8,6	-39,6		1670,2
Total en kWh en valeur absolue	250,1	10,6	191	2,4		11,0	465,0
Répartition de l'énergie emmagasinée par étape en kWh (avec la récupération du recyclage)	250,1	10,6	191	2,4	-11,0		443,1

Voici des diagrammes illustrant les résultats :

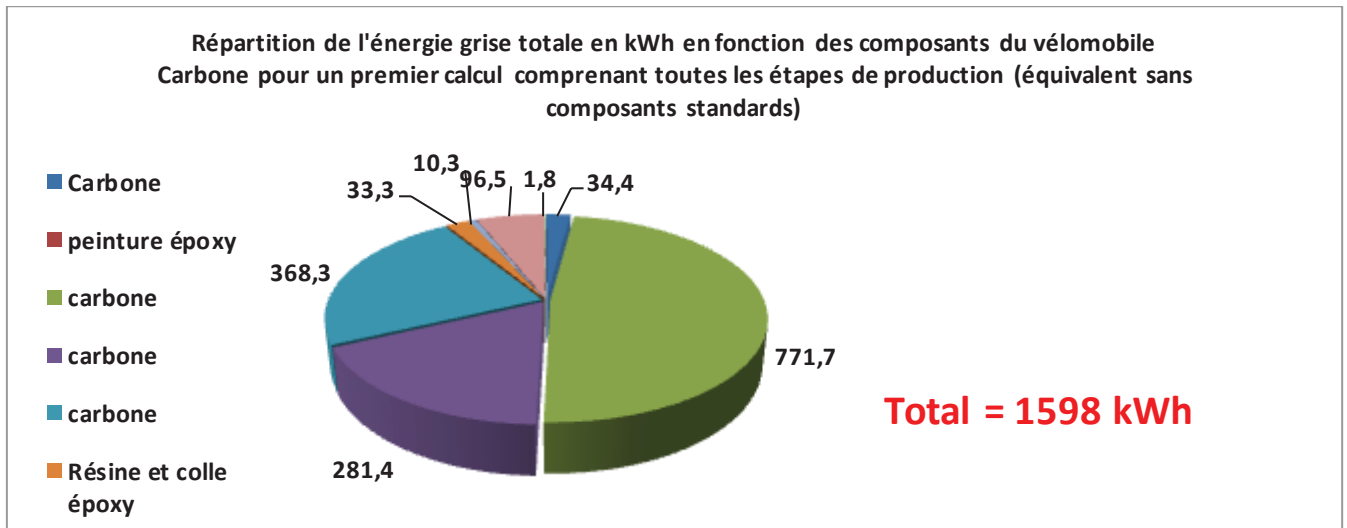


A ce résultat nous ajoutons les matériaux non assimilable par du carbone :

matériaux	énergie gris kWh	énergie grise MJ
Résine et colle époxy	33,33	120,00
composants standards (environ acier)	71,20	256,32
Total	104,53	376,32

Ainsi nous obtenons au total une énergie grise pour un vélo en carbone de :

1685.67 kWh ou 6068.40 MJ



3.3.2 Calcul de l'énergie grise du vélo en carbone pour chaque étapes :

3.3.2.1 Transformations et mise en œuvre de la fibre de carbone :

Certains constructeurs utilisent les matériaux composites pour réaliser leur vélo. Cependant ces matériaux sont voraces en énergies comme nous le verrons ci-dessous. L'avantage pour eux d'utiliser le carbone et avant tout un attrait commercial car le carbone se vend facilement car il est synonyme de gain de poids et de performances. De plus il flatte certains acheteurs avec des carrosseries très aérodynamiques des courbes très lisses et un design « bio », impossible à réaliser avec du bambou par exemple qui est un matériau malgré tout moins malléable.

Un vélo tout carbone serait 2kg plus léger que sa version bois. La partie cadre tout carbone/époxy remplacerait l'acier et le bois, la masse de carbone composite serait de 3kg au lieu de 3.5kg, le carénage tout carbone/époxy sandwich mousse PVC (type Rohacell) pèserait seulement 3kg au lieu de 4.5kg. Mais il y aurait production de déchets de résine époxy d'environ 700g (lors du pompage à vide) ainsi que des consommables : tissus de verre, tissus de pompage, films plastiques, chute de fibre de carbone environ 200g soit près de 1kg de matières plastiques non recyclables.

La fabrication du composite nécessite une pompe à vide d'une puissance de 1kW pendant 10h, une étuve d'une puissance de 2kW pendant 20h. Puis pour la partie ponçage finitions elle nécessiterait aussi 20h.

3.2.2.4 Partie Recyclage :

3.2.2.4.1 Procédé de séparation fibre matrice par solvolyse :

Méthode utilisée : Réaction chimique à 350°C enlevant 98% de la résine pour 1 kg de fibre de carbone / minute

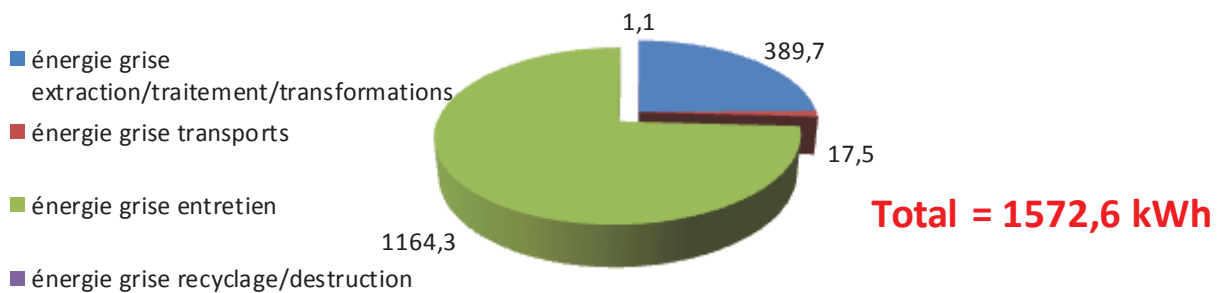
Matériel nécessaire :

- Hydroxyde de potassium (catalyseur)
- 1,1 kg d'alcool
- Thermostat à haute température P=3kW

Calcul de l'énergie :

- La partie carbone du vélomobile est de 22 Kg
- La réaction dure 22 min pour faire entièrement le vélomobile
- L'énergie utilisée est : $E = 3 \times 22 \times 60 = 1.1 \text{ kWh}^{59}$

Répartition de l'énergie grise emmagasinée en kWh en fonction des étapes de production des composants du Vélomobile en carbone (avec composants standards)



Répartition de l'énergie grise emmagasinée en kWh en fonction des étapes de production des composants du Vélomobile en carbone (sans composants standards)

