

RECYCLABILITÉ DES JANTES ET CADRES DE VÉLOS BAUMIER

Par Brigitte Blais de



30 août 2024

BEELIVINU

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.....	2
<i>Recyclabilité des matériaux utilisés pour la marque BAUMIER.bike</i>	<i>2</i>
Matériaux thermodurcissables : jantes (fibre de carbone sèche + époxy).....	2
Matériaux thermoplastiques : cadre (fibre de carbone imprégné de nylon, PA6CF)	3
Titane.....	3
Résine	3
<i>Méthodes de recyclage.....</i>	<i>5</i>
Thermique : Pyrolyse à micro-ondes	5
Thermique : Pyrolyse conventionnelle	6
Gazéification	6
Chimique.....	6
Granulation.....	6
<i>Entreprises nord-américaines et européennes qui réparent, récupèrent et/ou recyclent</i>	<i>7</i>
Matériaux thermodurcissables : jantes (fibre de carbone sèche + époxy).....	7
Matériaux thermoplastiques : cadre (fibre de carbone imprégné de nylon)	8
Titane.....	9
Résine	9
<i>Matières premières faites de matériaux recyclés ou recyclables</i>	<i>10</i>
Matériaux thermoplastiques issus du recyclage	10
Titane.....	10
Résine	11
<i>R&D possible avec l'École Polytechnique.....</i>	<i>12</i>
Contacts.....	12
Subvention fédérale pour la recherche et développement	12
VEILLE SCIENTIFIQUE ET TECHNOLOGIQUE.....	13
CONCLUSION	13

INTRODUCTION

Dans le but de gérer l'ensemble du cycle de vie des produits développés par l'entreprise BeelivinU, I-GES a exploré les différentes possibilités de réparation, réutilisation, recyclage et valorisation (3RV) des jantes, cadres et raccords de la marque *Baumier.bike* produite par BeelivinU, le tout dans le but d'éviter l'enfouissement des matériaux en fin de vie.

Par ailleurs, l'utilisation de matériaux issus du recyclage pour la fabrication de pièces a été explorée. Le présent rapport propose des entreprises québécoises, ontarienne et même françaises qui seraient des ressources utiles ou éventuellement utiles pour procéder au 3RV (réduction, réutilisation, recyclage, valorisation) ou à l'achat de matériaux recyclés pour la création de pièces.

RECYCLABILITÉ DES MATÉRIAUX UTILISÉS POUR LA MARQUE BAUMIER.BIKE

À prime abord, le résidu « fibre de carbone » et ses composites sont relativement nouveaux sur le marché des résidus. Ainsi, les méthodes de recyclage sont encore peu développées. L'industrie cherche présentement des solutions, car l'utilisation de fibre de carbone *vierge* est une source significative d'émissions de gaz à effet de serre, et son enfouissement signifie la nécessité de produire d'autres fibres *vierges* issues de la pétrochimie. Par ailleurs, ce matériau très durable dans le temps prendrait des centaines, voire des milliers d'années à se décomposer dans un site d'enfouissement.

Voici donc où en est le mode de la recherche et développement (R&D) et l'industrie de la gestion en fin de vie de la fibre de carbone.

MATÉRIAUX THERMODURCISSABLES : JANTES (FIBRE DE CARBONE SÈCHE + ÉPOXY)

Les jantes *Baumier.bike* sont faites de fibre de carbone sèche imprégnée de résine époxy. Ce matériau composite est-il recyclable ?

1. En cas de bris d'une jante, il est possible que ce ne soit que la résine qui se soit rompue. Si la fibre de carbone s'est brisée, il est possible de la réparer avec des bandages de fibre de carbone unidirectionnelle aux endroits visés.
 - a. Le cas échéant, les tubes tressés des roues de *Baumier.bike* pourraient être :
 - i. Réutilisés pour d'autres pièces que les roues (pour en faire par exemple des guidons)
 - ii. Vendues à une autre industrie. Voir l'éventuelle *Plateforme numérique d'échange de ressources* (CDCQ). Voir également *Waste Trade* dans la section des entreprises qui récupèrent.
2. **En théorie, il est possible de récupérer la fibre de carbone intacte**, sauf si le bris de la roue a fracturé la fibre. La pyrolyse à micro-ondes est la plus environnementale des techniques de recyclage. Voyez la description de cette méthode dans la section *Méthodes de recyclage*.
3. Le procédé de fabrication de la fibre au départ est important dans sa recyclabilité. Il y a différents grades de fibre de carbone. La qualité va jusqu'à 1400 MPA en traction. Si la fibre vierge est de 1400 MPA, la fibre recyclée en sera très bonne, selon Cynthia Dega, chercheuse doctorante spécialisée sur le recyclage de la fibre de carbone par la pyrolyse à micro-ondes. Si *Baumier.bike* fabrique ses roues haut de gamme avec cette fibre, celle-ci pourra être recyclée et réutilisée pour des pièces de vélos récréatifs par la suite, c'est-à-dire des vélos de qualité inférieure,

légèrement plus lourds, mais encore de très bonne qualité. S'il n'y a pas de bris dans la fibre, en théorie, une jante pourrait être remodelée à partir de la même pièce en y ajoutant une résine vierge. Bien évidemment, avant de procéder, il faudrait faire des tests pour confirmer ces hypothèses.

4. Selon Mme Dega, les produits en matériaux composites ont une courbe de performance, un cycle, pour certaines applications. Ainsi, il faut être capable de faire un suivi de la performance mécanique dans le temps, un contrôle de la qualité du produit. Pour ce faire, il faut soit demander à nos ingénieurs d'effectuer de tels tests, ou confier les tests à un centre de recherche ou à des étudiants liés à une école de génie.

MATÉRIAUX THERMOPLASTIQUES : CADRE (FIBRE DE CARBONE IMPRÉGNÉ DE NYLON, PA6CF)

Le PA6 est un nylon nommé Polyamide, et le CF est la fibre de carbone. Le PA6 CF est-il recyclable ?

Il est possible de recycler le nylon, mais lorsqu'il est amalgamé à de la fibre de carbone, on doit d'abord séparer le nylon de la fibre de carbone. Les thermoplastiques sont des matériaux capricieux, selon Mme Dega. Des tests doivent être faits pour connaître les paramètres précis pour le recyclage de nos cadres.

Mme Dega propose de faire de la R&D pour savoir dans quelles conditions (température, temps, humidité, etc.) les récupérer et les recycler, quelle qualité de matériaux en ressort, etc.)

Si l'entreprise décide d'aller en ce sens, il lui faut définir un mandat, des objectifs, les étapes si on désire mettre des étudiants de Polytechnique sur ce dossier.

Le nylon sera plus recyclable s'il ne contient pas de colorants et de retardateurs de flamme.

Par ailleurs, pour recycler les cadres thermoplastiques, il faudra séparer de celui-ci du raccord de titane et toute autre pièce qui est dans un matériau différent.

À FAIRE : Ainsi, l'atelier de fabrication des *Baumier.bike* devra prévoir un espace, une technique et une ressource humaine qui saura séparer ces pièces. Cela pourrait engendrer des poussières et des matières résiduelles à gérer.

TITANE

Si les raccords qui reviennent avec des vélos endommagés sont encore en bon état, ils devraient d'abord et avant tout être **réutilisés**. Sinon, le titane est **recyclable**. C'est un métal résistant, léger, difficile à briser.

RÉSINE

La résine qui franchit l'épreuve du recyclage ne peut pas redevenir de la résine. Toutefois, l'époxy décomposée lors de la *pyrolyse à micro-ondes* se décortique en 13 éléments issus d'hydrocarbures pétroliers et se récupèreraient en théorie, mais pour d'autres formulations que de l'époxy. Un certain pourcentage des gaz, huiles et autres produits chimiques sont réutilisables dans d'autres formulations par d'autres industries, mais pas pour en refaire de l'époxy.

Ainsi, une synergie industrielle sera éventuellement possible avec des industries qui utilisent ces sous-produits dans leurs procédés. Une partie des résines pourront ainsi éviter l'enfouissement et faire partie d'une économie circulaire. On parle au futur car pour l'instant, ce type de recyclage n'est qu'à l'échelle de la R&D, pas mis à l'échelle ni offert par des industries. Il sera pertinent pour l'industrie aéronautique et pour gérer les pales d'éoliennes en fin de vie, lesquels sont en quantité phénoménales. Les quantités minimales de nos vélos risquent de pauser un obstacle dans l'intérêt des recycleurs pour nos produits.

MÉTHODES DE RECYCLAGE

La pyrolyse, qu'elle soit à micro-ondes ou conventionnelle, permet de séparer la résine de la fibre de carbone. Il en résulte trois sous-produits : un **gaz synthétique** (syngaz) qui peut servir de source d'énergie pour la pyrolyse conventionnelle en elle-même, une **huile** qui peut servir de combustible ou de produits chimiques, puis enfin, la **fibre de carbone** aux propriétés semblables à la fibre vierge.

Deux formes de pyrolyses sont possibles :

1) **Pyrolyse à micro-ondes** : moins énergivore, plus rapide (7 min.), mais n'a pas encore franchi l'étape de la mise à l'échelle industrielle des connaissances scientifiques.

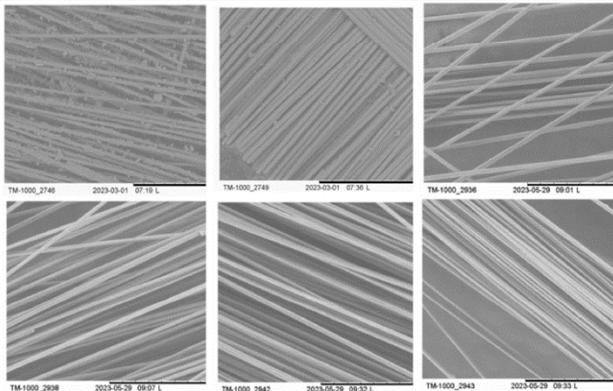
2) Pyrolyse conventionnelle : plus énergivore, plus longue (2 à 6 heures).

THERMIQUE : PYROLYSE À MICRO-ONDES

Cette **pyrolyse à micro-ondes (PAM)** a démontré des résultats impressionnants pour séparer la fibre de carbone de la résine. En **environ 6 minutes**, la séparation s'effectue. Le fait que les micro-ondes activent la chaleur de l'intérieur du matériau, plutôt que de l'extérieur (par convection, comme c'est le cas de la pyrolyse conventionnelle), explique pourquoi le processus est plus rapide et moins dommageable.

La pyrolyse à micro-ondes doit être suivie d'un **traitement post-pyrolyse** afin de débarrasser les fibres de carbone des impuretés restantes de carbone noir. Parmi les traitements secondaires évalués, ceux qui ont eu le plus de succès sont :

1. Oxydation thermique par un applicateur à micro-ondes
2. Dissolution chimique



Ainsi, avec une pyrolyse à micro-ondes de **6 minutes + un traitement à oxydation thermique à micro-ondes de 10 minutes (total 16 minutes)**, la fibre conserve presque entièrement ses propriétés. Cette méthode de recyclage offre une alternative efficace, peu énergivore et non nuisible pour l'environnement.

La thèse de Madame Dega qui décrit cette nouvelle technique a été publiée en juillet 2024 et a reçu des honneurs (meilleure thèse

2024). Celle-ci aimerait qu'une entreprise mette cette technique à l'échelle, mais pour l'instant, aucune ne l'a fait. C'est à suivre.

(Source : Dega, C.; Boukhili, R.; Esmaili, B.; Laviolette, J.-P.; Doucet, J.; Decaens, J. Microwave-Assisted Pyrolysis of Carbon Fiber-Reinforced Polymers and Optimization Using the Box–Behnken Response Surface Methodology Tool. *Materials* 2024, 17, 3256. <https://doi.org/10.3390/ma17133256>)

THERMIQUE : PYROLYSE CONVENTIONNELLE

Cette pyrolyse vise la décomposition de molécules organiques dans une atmosphère inerte ou pauvre en oxygène, à des températures qui **oscillent entre 400 à 1000 °C** pendant **quelques heures**. C'est donc une technique énergivore.

La fibre de carbone ainsi récupérée est valorisée comme **combustible** (thermique) pour alimenter la combustion nécessaire à la fabrication du ciment.

GAZÉIFICATION

La gazéification, c'est la transformation des déchets en gaz de synthèse (syngaz), qui eux serviront de biocarburant ou de produits chimiques divers. Cette technologie nécessite beaucoup d'énergie (600° C à 2000° C et coûte cher.

CHIMIQUE

La solvolyse, soit une réaction de substitution, d'élimination ou de fragmentation d'un produit grâce à un solvant, pourrait être utilisée pour séparer le PA6 de la fibre de carbone.

Certaines méthodes utilisent des produits chimiques pour récupérer le polyamide (PA6). Cette méthode génère d'autres problèmes environnementaux, comme la gestion des produits chimiques usés, la gestion de l'eau, les émanations dans l'air, etc. Ce n'est pas ce qui est préférable dans la vision de BeelivinU.

GRANULATION

La granulation est la transformation de la matière en granules. La technique consiste à broyer les matériaux composites et à les introduire dans d'autres matériaux, comme dans le [béton](#) par exemple, lui conférant des propriétés comme la durabilité, la résistance et la perméabilité. Cette perméabilité est recherchée lors des grandes averses, pour laisser l'eau passer tout en conservant la dureté du béton. Cette façon de récupérer et de recycler la fibre de carbone demande peu d'énergie et évite l'enfouissement.

[Accès à une étude scientifique sur l'introduction de granulats de fibre de carbone dans le béton, réalisé par l'Université de Washington ici.](#)

ENTREPRISES NORD-AMÉRICAINES ET EUROPÉENNES QUI RÉPARENT, RÉCUPÈRENT ET/OU RECYCLENT

Voici des entreprises susceptibles d'accepter nos matériaux en fin de vie, **si nos quantités correspondent à leurs critères d'acceptabilité.**

MATÉRIAUX THERMODURCISSABLES : JANTES (FIBRE DE CARBONE SÈCHE + ÉPOXY)

RECYCLAGE CARBONE VARENNES

Cette entreprise utilisera la technologie de **gazéification d'ENERKEM**, une entreprise québécoise. Cette technique ne permet pas la récupération de la fibre de carbone, mais elle permet la création d'énergie et de produits chimiques.

L'usine est présentement en construction à Varennes. L'ouverture devrait se faire en 2025. Il sera alors possible de s'inscrire comme fournisseur de matières premières. Les quantités minimales acceptées ne sont pas encore disponibles sur le site web.

3R SYNERGIE

Cette entreprise souhaite utiliser la technologie Thermoselect, du Japon, pour gazéifier les déchets à de hautes températures pour les transformer en gaz de synthèse et en matières premières réutilisables. C'est une technologie semblable à celle d'ENERKEM.

Bien qu'intéressante comme dernière option avant l'enfouissement, l'entreprise ne semble pas avoir été en mesure de s'implanter au Québec.

LE CENTRE DE DÉVELOPPEMENT DES COMPOSITES DU QUÉBEC (CDCQ)

Ce Centre étant un « Centre de transfert technologique » au niveau collégial, il fait de la R&D. Ce n'est donc pas une entreprise qui récupère.

[Le Centre de développement des composites du Québec \(CDCQ\)](#) offre aux entreprises manufacturières un large éventail de services adaptés à leurs besoins dans le secteur des matériaux composites : recherche de matériaux, de procédés et d'équipement, prototypage, caractérisation, essais de moulage et de qualification.

Certains équipements permettent de faire des tests. Si BeelivinU désire faire des tests de recyclabilité de ses jantes, il pourrait les faire là (ou à Polytechnique), mais le savoir-faire des chercheurs du CDCQ seraient nécessaires. La plupart de leurs services sont admissibles au crédit d'impôt pour adaptation technologique. Voici un exemple d'équipement qu'a le CDCQ :

RÉACTEUR DE PYROLYSE



Cet équipement est principalement impliqué dans la chaîne de valeur du recyclage des fibres de carbone, dans le but d'une réutilisation dans un nouveau produit. Le réacteur permet de récupérer des fibres de bonne qualité ainsi qu'une huile de pyrolyse.



MATÉRIAUX THERMOPLASTIQUES : CADRE (FIBRE DE CARBONE IMPRÉGNÉ DE NYLON)

LE CENTRE DE DÉVELOPPEMENT DES COMPOSITES DU QUÉBEC (CDCQ)

Ce Centre étant un « Centre de transfert technologique » au niveau collégial, il fait de la R&D. Ce n'est donc pas une entreprise qui récupère.

L'industrie du recyclage nécessite une quantité économiquement intéressante de matières à recycler pour voir le jour. C'est pourquoi le CDCQ met sur pieds **une plateforme virtuelle** où les recycleurs, transformateurs et **producteurs** peuvent publier leurs besoins et **offres** de matières.

Cette **plateforme** n'existe pas encore, mais semble être en cours de création. À suivre.

BeelivinU devrait y annoncer ses jantes et cadres à recycler, lorsque le temps sera venu. Ainsi, nos pièces pourraient intéresser des recycleurs du Québec.

[Lien vers leur site web.](#)

PYROWAVE

Cette entreprise québécoise innovante recycle le plastique no. 6 grâce à une technologie électrique à micro-ondes. Elle entame également un projet de recherche visant à remplacer les énergies fossiles par de l'énergie à micro-ondes dans la production de ciment Portland, le but étant la décarbonation de l'industrie du ciment.

Pyrowave a été partenaire financier du projet de recherche de Cynthia Dega, **mais n'offre pas encore le service de recyclage de la fibre de carbone + époxy ou fibre de carbone + PA6.**

Il est possible de rêver ou d'influencer cette entreprise à prendre les résultats des recherches de Cynthia Dega afin de les mettre à l'échelle pour le recyclage de la fibre de carbone imprégnée d'époxy. Reste à voir si BeelivinU veut et peut influencer cette entreprise.

WASTE TRADE

Certaines entreprises, comme Waste Trade, recyclent le nylon PA puis le revendent aux industries qui en ont besoin. Vérification faite, **ils récupèrent le PA6 CF.** Ainsi, *Baumier.bike* pourra vendre ses cadres à recycler en PA6 CF lorsque les quantités nécessaires seront accumulées :

Quantité nécessaire : entre 3 et 10 000 tonnes.

Puisqu'une tonne est un poids, et que le poids des cadres est très léger, voici combien de cadres il faudrait pour penser envoyer le tout au recyclage :

3 000 000 grammes (3 tonnes) / 572 grammes (poids du cadre) = 5 245 cadres

RYMYC

Bien qu'en Italie, cette entreprise de recyclage de la fibre de carbone me semblait digne de mention :

<https://www.rymyc.it/>

TITANE

GLOBE METAL

Le traitement et le recyclage du titane consomment moins d'énergie que l'approvisionnement et la production de composants à partir de matières premières vierges, ce qui permet de faire des économies et de réduire la pollution.

Cette entreprise peut recycler le **titane allié ou non allié** : y compris les formes en copeaux, en poudre et **solides**.

[Lien web](#)

Adresse : 1545 1re Avenue, Sainte-Catherine, QC J5C 1C5

RÉSINE

Aucune entreprise ne récupère pour l'instant les produits chimiques et huiles résiduelles de la résine pour le réintégrer dans d'autres produits (économie circulaire). Toutefois, la résine peut servir de combustible dans certaines industries, comme chez [RECYCLAGE CARBONE VARENNES](#). Cette option est préférable à l'enfouissement.

Toutefois, la gestion de la résine résiduelle sera entre les mains de l'entreprise qui effectuera la séparation entre la fibre de carbone et l'époxy. BeelivinU n'aura ainsi aucune main mise sur cette étape.

MATIÈRES PREMIÈRES FAITES DE MATÉRIAUX RECYCLÉS OU RECYCLABES

Si BeelivinU désire tester certains matériaux issus du recyclage de matières premières, tant pour ses jantes et cadres que pour des accessoires, elle pourra tester les matériaux proposés par les entreprises suivantes.

BeelivinU pourrait aussi penser à créer des accessoires ou produits dérivés issus du recyclage de ses propres jantes et cadres.

MATÉRIAUX THERMOPLASTIQUES ISSUS DU RECYCLAGE

REFLOWFILAMENT

Cette entreprise fabrique du rPACF, soit du PA6 **recyclé** + fibre de carbone recyclée, pour les imprimantes 3D.

Bien que ce matériau ne soit pas utilisable pour les cadres de *Baumier.bike*, il pourrait être utilisé pour fabriquer des accessoires dans une imprimante 3D, comme des porte-bouteilles, porte-cellulaire, etc.

Lien web : [Source](#)

Lieu : Amsterdam

TITANE

Dans l'éventualité où l'on désirerait utiliser du titane recyclé pour fabriquer certaines pièces, une entreprise québécoise et une européenne ont été trouvées.

GLOBE MÉTAL

Recycleur de plusieurs métaux, dont le titane, cette entreprise a un entrepôt de matériaux de 88 000 pieds carrés situé à Montréal. BeelivinU pourrait explorer la possibilité d'acheter du titane recyclé à cet endroit s'il trouve le moyen de le transformer en raccord ici, au Québec.

Site web : <https://globemetal.com/fr/achat-fourniture/produits-et-approvisionnement-de-revert/>

ECOTITANIUM

Titane recyclé : [Ecotitanium](#) en France. TA6V et TA6V ELI

RÉSINE

ARKEMA ET ARKEMA CANADA

Cette entreprise Française, a une usine à **Bécancour (Qc)** et distribue ses produits à deux adresses au Québec (et ailleurs en Amérique du Nord).

Toutefois, il semble que BeelivinU soit une trop petite entreprise pour ces distributeurs.

L'entreprise a créé une résine liquide thermoplastique **recyclable** qui s'utilise à **froid**, **sans nécessité de chauffer** la jante, par exemple, pour la faire durcir. Cette résine s'appelle **Elium**.

D'autres atouts environnementaux la caractérisent, tel que cité sur leur site web « Elium® : **pas d'utilisation de sels de cobalt**, catalyseur classique pour initier la polymérisation radicalaire des résines, mais souvent classés cancérigènes en Europe (substances CMR), **ni de styrène**, toxique pour la reproduction, classé également parmi les substances dangereuses pour la santé humaine. »

L'entreprise a une Politique RSE (responsabilité sociale des entreprises) avec des valeurs et objectifs environnementaux. [Voir ici](#).

[Page d'information sur l'additif acrylique nanostructuré Nanostrength®](#) cité dans l'image ci-contre.

Distributeur de leurs produits au Québec :

- Bostik Canada Limited, 4645 Boulevard Metropolitain E, 66023 MONTREAL QUEBEC
- [Arkema Canada](#), 655 Boulevard Alphonse-Deshaies, Bécancour, Quebec, Canada - G9H 2Y8, (+1) 819 294-3365

Des cadres de vélo ultralégers et solides

Employés dans la fabrication des cadres de vélos de

courses ou tout-terrain, comme les vélos des marques Look et Time en résines époxy et fibres de carbone, nos additifs acryliques nanostructurés Nanostrength® garantissent au cadre **une résistance remarquable aux chocs, contraintes mécaniques**, ainsi qu'une excellente stabilité aux UV. Pour des vélos poids plume.



R&D POSSIBLE AVEC L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

Puisque l'industrie du recyclage de la fibre de carbone n'est qu'à l'étape de la R&D, BeelivinU pourrait contribuer à cette recherche et développement en soumettant ses produits à des étudiants afin qu'ils découvrent les conditions les plus favorables pour recycler nos produits.

Pour influencer la mise à l'échelle industrielle des connaissances universitaires réalisées à très petite échelle, BeelivinU pourrait contacter certaines entreprises susceptibles de développer une technologie à l'échelle comme Pyrowave, par exemple.

Pour l'instant, voici deux contacts à Polytechnique pour la poursuite des recherches, sur nos produits.

CONTACTS

Cynthia Dega, Consultante, cynthia-ornella.dega-kougoum@polymtl.ca, Tél : 514 588-0423

Rachid Boukhili, Professeur titulaire, rachid.boukhili@polymtl.ca

SUBVENTION FÉDÉRALE POUR LA RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT

BeelivinU peut soumettre un projet au Pôle d'excellence en matériaux innovants de l'École Polytechnique de Montréal, laquelle pourra soumettre une demande de subvention fédérale (au MITACS) pour payer deux étudiants et leur titulaire. Ça pourrait être par exemple 20 000\$ à 40 000\$/an. Ces étudiants pourraient travailler en partie dans nos locaux, ainsi que dans les laboratoires de Polytechnique. La subvention peut aller jusqu'à 80% de la contribution du partenaire industriel.

Le même projet pourrait également être soumis au [Centre de développement des composites du Québec \(CDCQ\)](#).

Bien que le mandat reste à préciser, voici quelques éléments possibles :

Description des mandats	Détails	No.	Ventilation des coûts
1) DÉTERMINER LA RECYCLABILITÉ DES JANTES EN MATÉRIAUX COMPOSITES THERMODURCISSABLES PAR PYROLYSE À MICRO-ONDES. DÉTERMINER LES CONDITIONS DU RECYCLAGE ET LE TAUX DE RÉCUPÉRATION POSSIBLE DE LA FIBRE DE CARBONE	Activités	#1	
		#2	
		#3	
	Livrables	#1	
		#2	
	2) MENER DES TESTS DE RÉUTILISATION DES FIBRES RÉCUPÉRÉES SUITE À LA PYROLYSE ET REFAIRE DES JANTES DE QUALITÉ RÉCRÉATIVE. LES TESTER.	Activités	#1
#2			
Livrables		#1	
		#2	
3) DÉTERMINER UN PROTOCOLE DE CONTRÔLE DE LA QUALITÉ DES JANTES POUR CONNAÎTRE LA COURBE DU CYCLE DE PERFORMANCE DES JANTES, DANS LE TEMPS.	Activités	#1	
		#2	
		#3	
	Livrables	#1	
		#2	
		#3	
Total :			X0 000 \$

VEILLE SCIENTIFIQUE ET TECHNOLOGIQUE

Voici quelques sites de référence où faire le suivi des avancées en termes de recyclabilité des matériaux composites en fibre de carbone :

1. Recycling Carbon : <https://www.recycling-carbon.org/>
2. Techniques de l'ingénieur : <https://www.techniques-ingenieur.fr/> et <https://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/articles/recycler-les-fibres-de-carbone-des-materiaux-composites-91423/>
3. Polytechnique Insights (Paris) : <https://www.polytechnique-insights.com/dossiers/energie/transition-energetique-recycler-les-materiaux-pour-preserver-les-ressources/>

CONCLUSION

En conclusion, **la pyrolyse à micro-ondes est la plus rapide, utilisant de l'électricité propre et avec les meilleurs résultats des méthodes de recyclage. Mais aucune usine n'existe pour les recycler ainsi.**

En attendant que la pyrolyse à micro-ondes soit développée à l'échelle industrielle, les résidus de jantes ou de cadres de *Baumier.bike* pourront être offerts à une entreprise de valorisation (réintroduction dans d'autres matériaux ou transformation en combustible), dans la mesure où ils accepteront nos faibles quantités.

Il est proposé d'accumuler les cadres et jantes brisés et de communiquer avec les entreprises citées plus haut lorsque l'entreprise aura suffisamment de matériel pour remplir un voyage ou pour répondre aux quantités minimales exigées par ces entreprises.