

## Dossier de présentation



Innover pour le climat

# Et si on roulait au bois ?

*Le changement climatique et les limites en pétrole constituent un défi immense, et si les carburants végétaux en granulés étaient une partie de la solution ?*



Aout 2020

## Table des matières

Introduction .....	3
L'historique : machine à vapeur et gazogène à bois détrônés par le pétrole.....	4
Pourquoi revenir au bois à l'horizon 2020 ?.....	4
Les intérêts du véhicule roulant au bois : .....	5
Le bois est-il écologique face à l'électrique et à l'hydrogène vert ?.....	6
Un procédé de production du carburant éco-responsable .....	8
La sobriété avant tout.....	10
L'état du projet et perspectives.....	11
Un écosystème local autour du projet .....	12
Faire connaître le concept, sensibiliser le public.....	13
Liste des produits et services à déployer.....	14
Budget prévisionnel .....	14
Mise en place concrète, calendrier prévisionnel.....	15
ANNEXES.....	17
Comparatif des densités énergétiques des différentes sources.....	18
Liste des dépenses d'investissement prévues.....	18





# Introduction

La période actuelle est contrainte par les enjeux économiques liés à la raréfaction des ressources pétrolières ainsi que par les conséquences de la consommation de ce pétrole et des énergies fossiles carbonées de façon générale sur le climat.

La production de biocarburants adaptés aux moteurs actuels (huiles, esters, éthanol ...) se heurte à plusieurs problèmes : difficultés de production, raffinage, faible production pour une surface donnée, concurrence avec l'alimentation animale et humaine, coût supérieur aux produits pétroliers...

Le présent projet a pour but de solutionner en partie ces problèmes économiques et écologiques en retournant le problème : au lieu d'adapter les carburant aux moteurs actuels, utiliser une motorisation adaptée à des biocarburants plus abondants, moins chers et plus facile à produire : les granulés végétaux.

Les sources de carburant à privilégier sont des carburants écologiques locaux : déchets verts, bois d'Occitanie en gestion écologique et/ou en agroforesterie, ou encore algues marines pouvant être cultivées en méditerranée.

Ce nouveau procédé pourrait être un atout parmi d'autres dans le futur mix énergétique écologique à imaginer pour les années à venir.

Le point de départ du projet se situe sur le secteur du Comminges en Haute Garonne. Les phases ultérieures de son développement pourront faire intervenir de nombreux partenaires sur toute l'Occitanie et au delà.

Ce dossier présente la phase de prototypage industriel qui doit être accomplie avant une phase ultérieure de mise en production en série des véhicules. La phase de prototypage industriel est prête à démarrer dès l'obtention des fonds nécessaires à l'achat des outils et pièces nécessaires.



## **L'historique : machine à vapeur et gazogène à bois détrônés par le pétrole**

Le bois a déjà été utilisé par le passé afin de motoriser des machines et véhicules. Les principales applications étaient la machine à vapeur où de l'eau est portée à ébullition pour créer de la pression et produire ensuite un travail. Le gazogène permettait, quand à lui, à partir de gros morceaux de bois, d'obtenir un gaz qui pouvait notamment être utilisé dans les moteurs de certains véhicules au début du vingtième siècle.

Le gazogène fut utilisé en particulier pendant la seconde guerre mondiale, la demande militaire créant une pénurie des ressources en produits pétrolier.

Après la seconde guerre mondiale, c'est finalement les carburants pétroliers qui s'imposent pour plusieurs raisons : ils sont à ce moment là, pratiques à extraire donc bon marché, ils ont une meilleure densité énergétique, ils sont également plus pratiques à utiliser pour réapprovisionner le véhicule.



### **Pourquoi revenir au bois à l'horizon 2020 ?**

Les enjeux ont sensiblement changé depuis la fin de la seconde guerre mondiale : le pétrole en tant qu'énergie fossile et donc non renouvelable est plus rare et plus cher. De plus, les enjeux de la crise climatique due à l'accumulation de Co2 et autres gaz à effet de serre imposent de réfléchir à toutes les pistes possibles pour remplacer les énergies fossiles carbonées par des énergies renouvelables.



Les principes de la thermodynamique et les innovations apportées dans le présent projet permettent d'envisager à nouveau l'utilisation du bois comme carburant. Le procédé technologique inventé dans le cadre de ce projet devra être breveté pour permettre que son exploitation se réalise localement et garantir que les profits générés soient alloués à un développement innovant et générateur d'emploi sur le territoire d'Occitanie. Partant de là il n'est pas possible, pour le moment, d'en dévoiler le fonctionnement technique.



### **Les intérêts du véhicule roulant au bois :**

Le bois et les granulés végétaux sont une énergie renouvelable car biosourcée, le bilan carbone est neutre puisque le  $\text{CO}_2$  libéré lors de la combustion est re stocké lors de la repousse destiné à la production des granulés.

C'est une alternative au pétrole : cela permet de réduire la dépendance au pétrole et vis à vis des pays producteurs. Cela permet d'entrer dans l'après pétrole pour éviter de continuer à libérer du  $\text{CO}_2$  supplémentaire dans l'atmosphère. Toute consommation de granulés végétaux comme carburant est autant de carburant pétrolier non brûlé et donc autant de réductions d'émission de gaz à effet de serre. L'impact global dépendra du taux d'adoption de ce carburant par les utilisateurs.

La densité énergétique du granulé végétal est satisfaisante, elle est 2 à 3 fois moindre que celle de l'essence à volume égal, mais plus de 20 fois supérieure à celle des batteries des voitures électriques. Donc, les véhicules auront une bonne autonomie. Il est à noter que le granulé de bois est également moins cher que les carburants pétroliers à quantité d'énergie égale.

La production du carburant peut se faire en faisant appel aux ressources locales. Cela permet une indépendance, une robustesse des territoires et donne du travail aux acteurs locaux de la filière bois. Cela permet d'émanciper le territoire des aléas de la disponibilité en ressources pétrolières, des stratégies des pays producteurs de pétrole et des spéculateurs. Elle peut constituer un complément de revenu pour des agriculteurs en agroforesterie. Une production par culture d'algues en mer peut être envisagée avec des rendements supérieurs aux cultures sur terre, une dépollution des eaux, une densité énergétique supérieure au bois et une culture non concurrente avec les surfaces agricoles.

Le procédé peut aussi être adapté pour la cogénération d'électricité dans les chaudières à bois individuelles ou collectives en plus de la chaleur.



### **Le bois est-il écologique face à l'électrique et à l'hydrogène vert ?**

Le granulé végétal a un avantage évident face à l'électrique : le fait que sa densité énergétique soit bonne évite des véhicules trop lourds ou avec une trop faible autonomie.

La production de batteries électriques est polluante et gourmande en ressources rares, leur recyclage est polluant également. Pour que l'énergie électrique soit écologique, il est nécessaire de la produire avec des énergies renouvelables (solaire, éolien, hydraulique ...) et non avec le mix énergétique actuel faisant encore trop appel aux énergies fossiles. Même en production écologique, les installations nécessaires aux énergies renouvelables (panneaux solaires par ex) nécessitent des processus industriels encore polluants pour leur fabrication. Si le véhicule électrique peut être un atout dans la transition énergétique, le granulé végétal présente aussi certains avantages.



Si on considère d'un coté une production forestière et de l'autre un espace équipé de panneaux solaire destinés à produire de l'électricité qui sera convertie en hydrogène par électrolyse, on constate, à surface égale, une quantité d'énergie disponible moins importante en ce qui concerne le bois. Le bois est donc désavantagé en terme de rendement par rapport au panneau solaire. Cependant, le coût tant financier que environnemental de la fabrication d'un panneau solaire est important contrairement à la plantation d'arbres qui, elle, est positive pour l'environnement.

Il est plus facile d'utiliser et de stocker le bois, sous forme, par exemple de granulés, que l'hydrogène. En effet, il suffit de déverser le granulé dans un réservoir adapté. Ce réservoir ne présente pas de danger particulier une fois plein. La filière hydrogène de son coté a fait d'énormes progrès ces dernières années, c'est le gaz le plus volatil sur terre, il a une très bonne densité énergétique au kg mais est très difficile à comprimer. Il est donc très difficile d'avoir une bonne densité énergétique au litre. Même à 700 bars, L'hydrogène stocke environ trois fois moins d'énergie au litre que le bois et les matières végétales. De plus, pour atteindre de telles pressions, il est nécessaire d'utiliser des réservoirs robustes extrêmement et les équipements hautement sécurisés et coûteux en maintenance qui vont avec pour les remplir.

En cas d'accident et d'incendie, les réservoirs haute pression des véhicules à hydrogène présentent un danger très important d'autant plus que mélangé à l'air, l'hydrogène devient hautement explosif.

Enfin, les véhicules actuels à l'hydrogène utilisent des piles à combustible et non un moteur thermique pour convertir l'hydrogène en énergie mécanique. Cela augmente le rendement mais pose un problème car ces piles utilisent des éléments rares dont le platine. Hormis le coût écologique et humain de l'extraction de ces matériaux, il est totalement inenvisageable d'équiper un parc automobile entier avec de l'hydrogène dans l'état actuel de la technologie car cela demanderait une quantité d'éléments rares supérieure aux capacités

de production. Le déploiement de la filière hydrogène est donc un objectif écologique de très long terme qui nécessite encore de nombreuses innovations.

Ainsi, selon les besoins et les possibilités, il peut être pertinent d'envisager un mix technologique dans lequel le granulé végétal aurait sa place aux cotés de l'électrique et de l'hydrogène plutôt que de miser sur le tout électrique et/ou sur le tout hydrogène.



### **Un procédé de production du carburant éco-responsable**

Le bois ne nécessite pas d'infrastructures particulièrement polluante pour sa fabrication, mais il nécessite un modèle éco-responsable de production afin de ne pas impacter négativement ni les milieux naturels ni les productions agricoles destinées à l'alimentation.

Afin de répondre à ces impératifs, il est nécessaire que la production du nouveau carburant bois destiné aux véhicules se fasse dans certaines conditions. Un bilan carbone neutre ne suffit pas, un modèle captateur de CO2 doit être recherché : La production devra se faire dans des forêts et bois gérés de façon responsable avec replantation et dont la production principale est destinée au bois d'œuvre (meubles et matériaux de construction). Les parties nobles du bois allant au bois d'œuvre, les branches pour le carburant bois et les feuilles et brindilles étant laissées sur place pour servir de ressources à la biodiversité et contribuer à la reconstitution des sols. Cette production peut par exemple avoir lieu dans les massifs et zones de montagne d'Occitanie en partenariat avec les acteurs locaux de la filière.

Une autre méthode de production possible est l'agroforesterie. Cette méthode agronomique reconnue consiste à planter des haies dans les champs



à intervalles réguliers. Outre son intérêt écologique, elle permet, à surface égale, de produire plus de production agricole et plus de bois que si les deux productions se font séparément en optimisant les ressources disponibles. Dans le cas de l'agroforesterie, les parties nobles du bois iront également au bois d'œuvre, les branches pour le carburant bois, les feuilles et brindilles et les pailles agricoles seront laissées sur place pour servir de ressources à la biodiversité et contribuer à la reconstitution des sols et les productions agricoles iront à l'alimentation humaine. Une production selon ce modèle permet un revenu complémentaire pour les agriculteurs tout en préservant les productions agricoles et la biodiversité.

Les espèces à utiliser pour la production en agroforesterie doivent être sélectionnées en fonction de leur qualité en terme de productivité et de leurs qualités agronomiques par exemple : le frêne, croissance et repousse rapide, le robinier (faux acacia), bois dense et c'est une légumineuse donc il fixe l'azote de l'air qui sera ensuite disponible pour les cultures sous forme de nitrates et diminue ainsi les apports en engrais, le noyer, bois noble pour la sculpture, production de fruits à coque...

Si l'on considère que le cycle de production du bois varie entre 5 à 20 ans, il faut considérer que le bois en cours de croissance est autant de carbone supplémentaire stocké par rapport à un champ en monoculture céréalière. Ce carbone sera définitivement stocké si le bois est utilisé comme bois d'œuvre. Chaque nouveau cycle de culture permettant le stockage d'une quantité supplémentaire de CO<sub>2</sub>.

Toute production en monoculture de maïs ou de chanvre par exemple dont l'intégralité de la production grains et pailles, irait à la production de granulés est à proscrire si on veut mettre en place sur le long terme un modèle soutenable sur le plan écologique et sur le plan humain.

Une production en mer grâce à la culture d'algues peut être envisagée avec des rendements de production importants et sans concurrence avec les

surfaces agricoles terrestre. Ce projet sera développé en partenariat avec la fondation Zeri (<http://www.zeri.org/>).

Afin de certifier la qualité du carburant et celle de son mode de production, les producteurs qui souhaitent mettre en place le mode de production décrit ici pourront bénéficier d'un label.

Dans la phase de démarrage du projet, les quantités de carburant à fournir seront limitées. Dans ces conditions la matière première destinée à produire du carburant pourra être constituée de déchets verts récupérés en déchetterie, séchés, broyés et transformés en granulés. Ces déchets peuvent ainsi être valorisés comme une ressource. Accessoirement, cela permet une économie de 70€/tonne de coût de traitement au niveau des communautés de communes.

En phase de montée en puissance de ce mode de production ne pourra pas fournir la totalité des besoin mais restera un appoint intéressant.

Les déchets verts peuvent aussi être valorisés directement par le particulier qui souhaite s'équiper d'un broyeur et d'une machine de production de granulés.



## **La sobriété avant tout**

Ce projet de véhicule roulant aux granulés végétaux a pour but d'ajouter un outil supplémentaire dans les solutions écologiques destinées à remplacer le pétrole en complément des véhicules électriques et de l'hydrogène. Il ne dispense pas de faire des efforts pour changer les habitudes de consommation en matière de transport. Le carburant le plus écologique c'est encore celui qu'on ne consomme pas.



Ainsi utiliser le bois comme mode de transport écologique doit s'associer au fait d'utiliser les transports en commun et le covoiturage quand c'est possible et surtout au fait de réduire au maximum le transport. Il ne s'agit pas de s'interdire de se déplacer mais simplement d'optimiser l'organisation de la vie au quotidien : pour les personnes dont le lieu de travail est fixe, il s'agit de vivre si possible près de son lieu de travail ou de travailler près de son lieu de vie. Dans l'idéal en étant assez proche pour se rendre au travail à pieds ou en vélo. Le télétravail et les tiers-lieux peuvent aussi être une solution en complément d'une relocalisation des activités économiques de façon équilibrée sur le territoire, notamment en zone rurale.



## **L'état du projet et perspectives**

Le présent projet est le fruit de plusieurs années de conception. Un châssis a été réalisé (type karting). Plusieurs essais de prototypage ont été réalisés pour la conception du moteur. La réalisation de plusieurs modèles de prototype du moteur par impression 3D, découpe et soudure d'aciers de récupération a permis de faire des essais et de valider le principe de fonctionnement du moteur.

Afin de pouvoir aller plus loin et de réaliser des modèles de qualité industrielle des prototypes devront être réalisés en utilisant des alliages inoxydables à hautes performances mécaniques et thermiques. (alliages d'aciers inoxydables au molybdène, Z6CND17-11(316), Z2CND17-12(316L), superalliage Inconel® 718 pour le moteur par exemple).

Le déploiement du projet est prêt à se poursuivre par la fabrication de plusieurs prototypes roulants de qualité industrielle afin de renforcer la preuve de concept. Cette phase nécessite un financement de 140000€ sollicités auprès

de la Région Occitanie afin de couvrir les fais de pièces, matériaux et ouillage, pour la réalisation de prototypes industriels.

Après la phase de prototypage industriel, le projet se poursuivra par le dépôt de brevets et la vente des droits d'exploitation à des partenaires industriels disposant de capacités de production. Une unité de production locale sera mise en place pour réaliser des véhicules légers. La fabrication des véhicules fera intervenir les techniques industrielles classiques ainsi que l'impression 3d métal pour produire certaines pièces techniques à moindre coût.



### **Un écosystème local autour du projet**

Le projet est par nature ouvert à tous les partenariats qui pourraient se tisser localement. Ainsi, les liens avec les Fablabs locaux permettront un échange permanent de compétences techniques. Le projet sera mené en interaction avec les utilisateurs potentiels au sein des Fablabs afin d'adapter les produits aux besoins.

Le projet se fera en lien avec la CCI de Haute-Garonne et recherchera des partenariats avec des acteurs de l'industrie afin de mettre en place des solutions techniques opérationnelles nécessaires à une mise en production rapide.

Des partenariats de sous-traitance de différentes parties de la production seront recherchés. Notamment dans le but de valoriser les talents des acteurs locaux.

Le déploiement du projet sur le court, moyen et long terme se fera en



étroite collaboration avec l'agence AD'OCC, agence de développement économique de la Région Occitanie. Une collaboration sera également recherchée avec L'AREC Agence régionale Énergie Climat, accélérateur de transition énergétique, pour accompagner les différentes phases d'investissement et de croissance et déployer de nouveaux partenariats.

Très naturellement, le projet se tournera vers les acteurs locaux de la filière bois, les déchetteries et les agriculteurs locaux pour la fourniture en carburant. Notamment, en participant à l'écosystème local de la filière bois en coordination avec les actions du PETR pays Comminges Pyrénées dans ce domaine.



### **Faire connaître le concept, sensibiliser le public**

Pour faire connaître le concept au public et le sensibiliser sur l'intérêt du véhicule roulant au bois, des opérations de communications seront réalisées : réalisation de clips vidéos de présentation du concept et des avancées du projet, conférences et animations.

Une opération de financement participatif sera lancée afin d'ajouter des fonds supplémentaires et de commencer la prévente des produits.



## Liste des produits et services à déployer

- Kit de motorisation adaptable sur les vélos
- Véhicules allégés, moins de 500kg
- Véhicules de tourisme classiques (en partenariat avec des constructeurs)
- Véhicules à usage agricole
- « Retrofit » : Modification de véhicules existants (changement du moteur)



## Budget prévisionnel

Le présent projet fait l'objet d'une candidature dans le cadre de l'appel à projet « Ma solution pour le climat » de la Région Occitanie. Si le financement est accordé, les fonds régionaux permettront de réaliser la phase de prototypage par la réalisation de plusieurs prototypes fonctionnels.

De façon plus précise, la part financement Région du projet consistera à équiper un atelier avec les outils nécessaires, à commander des matériaux et pièces détachées, à produire certaines pièces nécessaires notamment par impression 3D. Assembler les éléments pour réaliser des prototypes, faire des tests, faire des améliorations en changeant certains éléments et ainsi de suite pour monter progressivement en qualité et en fiabilité.

L'objectif est de parvenir à plusieurs prototype avec une qualité de réalisation et une fiabilité mécanique équivalente aux véhicules du commerce.



Budget d'investissement (financement Région):

Recettes		Dépenses	
Financement Région investissement	110000	Matériaux et pièces détachées	68000
		Matériel informatique et numérique	4000
		Outils et machines outils	38000
Total	110000	Total	110000

Budget de fonctionnement (financement Région):

Recettes		Dépenses	
Financement Région fonctionnement	30000	Conception, fabrication et assemblage des pièces.	26400
		Événements et Communication	3600
Total	30000	Total	30000

Budget financement participatif hors financement Région (pour information):

Recettes		Dépenses	
Préventes véhicules	30000	Salaires	30000
Participations et vente de produits dérivés.	10000	frais divers	10000
Total	40000	Total	40000



**Mise en place concrète, calendrier prévisionnel**

- Déjà réalisé : définition du projet, pré prototypage du moteur, rédaction des statuts de la future structure qui portera le projet. (SAS)
- Décembre 2020/janvier 2021 : phase de vote budget participatif « Ma solution pour le climat »
- Février 2021 : si le projet est financé, création administrative de la structure porteuse du projet, partenariat avec la Région Occitanie, achat de l'outillage et des premières pièces et matériaux.
- Mi 2021 Prévente des premiers prototypes fonctionnels et produits proposés par crowdfunding (financement participatif) (vente destinée à des passionnés de mécanique et collectionneurs).
- Début 2022 début des ventes en France des droits d'exploitation des brevets à des constructeurs partenaires.
- 2022 vente de kits de motorisation à monter sur vélo et de vélos équipés.
- 2022/2023 vente de véhicules allégés (moins de 500 kg)
- 2022/2026 vente de véhicules standards en partenariat avec un ou plusieurs constructeurs automobiles français.





# ANNEXES

## Comparatif des densités énergétiques des différentes sources

- Hydrogène comprimé 700 bars : 5,6 MégaJoules/litre
- Essence : 34 MégaJoules/litre
- Diesel : 36,4 MégaJoules/litre
- Bois : 16,4 MégaJoules/kg
- Accumulateur lithium-ion : 0,72 MégaJoules/kg

(Source : wikipédia)



## Liste des dépenses d'investissement prévues

Achat d'outils : découpe métal, plasma, soudure, perçage, cintrage, pliage de tôle ...

Achat de machines outils : impression 3D, tournage/fraisage, matériel de fonderie, four de frittage céramique et métal...

Achat de pièces et matériaux nécessaires pour la mise en place de l'outil de production des prototypes et les premiers prototype : semi-produits industriels, tôles, tubes, profilés, poudre de métaux, pièces mécaniques et électroniques....)

Les prix des outils et des matière première peuvent varier, en fonction des fournisseurs et tarifs du moment.

