

TRANSPORT ROUTIER : QUELS AVANTAGES OFFRENT LES BIODIESELS DE SECONDE GENERATION POUR LE CLIMAT ?

Émissions en cycle de vie
et coûts d'abattement d'EMAG
issus d'huiles alimentaires
usagées et de graisses animales

Pôle Mobilité

Stéphane Amant

Senior Manager

Responsable du pôle Mobilité

Marion Subtil

Consultante

Septembre 2022

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	4
1 - QUE SONT CES BIODIESELS DE SECONDE GENERATION ?	6
2 – CES BIODIESELS SONT-ILS MEILLEURS POUR LE CLIMAT ?	9
3 - IL N’Y A PAS QUE LES EMISSIONS DE GES !	18
4 - ÉVALUATION DES COUTS D’ABATTEMENT DES DIFFERENTES ALTERNATIVES	22
CONCLUSION	25
ANNEXES	27

GLOSSAIRE

CO₂e : « équivalent CO₂ »¹

EMAG : Ester Méthylique d'Acides Gras

EMHV : Ester Méthylique d'Huile Végétale

EMHA : Ester Méthylique d'Huile Animale

EMHU : Ester Méthylique d'Huile Usagée

HVHTG : Huiles Végétales Hydrotraitées Gazole

GES : Gaz à effet de serre

GNV / GNC / GNL : Gaz Naturel Véhicule / Comprimé / Liquéfié

PCI : Pouvoir Calorifique Inférieur

¹ Unité commune à tous les gaz à effet de serre, qui reflète la quantité de dioxyde de carbone qui provoquerait le même forçage radiatif cumulé sur une période de temps donnée

Introduction

POURQUOI CETTE ETUDE ?

Pour répondre au défi climatique, le secteur de la mobilité n'a d'autre choix que de se réinventer. Via de nouveaux usages, en agissant sur la demande elle-même et à travers de nouvelles technologies : le défi est tel que tous les leviers devront être actionnés. S'intéresser à la transition bas-carbone de la mobilité, c'est donc forcément mettre un focus particulier sur la transition énergétique des véhicules routiers, indépendamment des actions indispensables de report modal et de modération de la demande.

Afin de hiérarchiser ces différentes options énergétiques accessibles, l'un des juges de paix est l'empreinte carbone en cycle de vie, évaluée pour différents types de véhicules : la voiture individuelle, le véhicule utilitaire léger, l'autobus, le tracteur routier. Pour éclairer le débat et aider les acteurs à prendre les meilleures décisions en toute connaissance de cause, Carbone 4 avait publié en 2020 une synthèse de ses travaux sur le sujet², dans laquelle seules les alternatives susceptibles de se développer à grande échelle étaient traitées. Cette nouvelle publication vise à compléter la première édition avec des solutions davantage « de niche » qui soulèvent en général beaucoup de questions. Par ailleurs, dans notre étude antérieure, le sujet « biocarburants » n'avait pu être traité de manière exhaustive car il recouvre beaucoup de cas particuliers, et il nous semblait nécessaire d'introduire de la nuance. C'est pourquoi, au vu de ces deux constats, nous avons ici choisi de traiter la **version « seconde génération » des biodiesels les plus courants** : les **esters méthyliques d'acides gras, spécifiquement issus d'huiles alimentaires usagées et de graisses animales**.

DE QUOI PARLE-T-ON ?

Les biocarburants de type diesel (appelés « biodiesels ») constituent une **voie de décarbonation possible** pour le secteur du transport, **en substitution au diesel issu du pétrole**. En France, en 2019, ils représentaient 7,3% de l'énergie contenue dans le gazole³. Parmi eux, on trouve **principalement les EMAG** (« Ester Méthyliques d'Acides Gras ») – qui représentaient 87,5% des volumes de biodiesels en France la même année⁴, et des biodiesels de synthèse.

Les EMAG dits « **de première génération** » sont obtenus à partir d'**huiles végétales extraites de plantes oléagineuses** (colza, soja, palme...) – on parle alors d'**EMHV**. Les EMAG dits « **de seconde génération** », disponibles en **plus faibles quantités**, peuvent être obtenus à partir :

² Carbone 4 (2020), *Transport routier : quelles motorisations alternatives pour le climat ?*

³ Quantité totale d'énergie de la filière gazole réelle, d'après Ministère de la Transition écologique, *Panorama 2020 des biocarburants incorporés dans les carburants en France*

⁴ Ministère de la Transition écologique, *Panorama 2020 des biocarburants incorporés dans les carburants en France*

- D'**huiles végétales alimentaires usagées** - on parle alors d'**EMHU**,
- De **graisses animales** - on parle alors d'**EMHA**,
- Ou encore **des déchets de la production d'huile végétale** (palme, colza...), de **graisses de flottation, ou d'huiles de rôtisserie** - ces EMAG sont actuellement produits en très faibles quantités et ne sont pas traités dans cette publication.

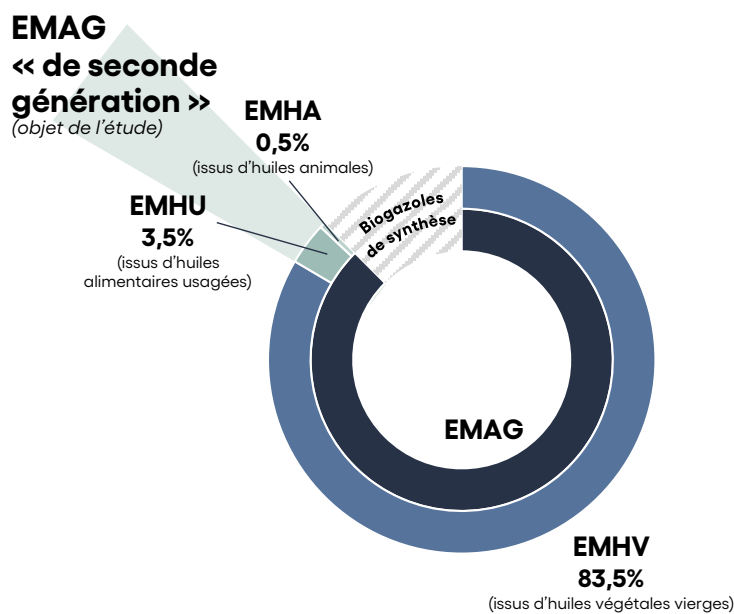


Figure 1 - Volumes de biodiesels contenus dans le diesel en France en 2020
(source : Ministère de la Transition écologique)

Cette publication se focalise tout particulièrement **sur les EMHU et les EMHA – soit les EMAG dits « de seconde génération »**.



1 - Que sont ces biodiesels de seconde génération ?

Actuellement, les EMAG de seconde génération proviennent principalement d'**huiles alimentaires usagées et de graisses animales**. On parle alors d'**EMHU et d'EMHA** (« Esters Méthyliques d'Huiles Usagées » et « Esters Méthyliques d'Huiles Animales »).

Avant d'être transformées, les **huiles alimentaires usagées (HAU)** sont collectées par camions-citernes auprès **d'industries agroalimentaires et de cuisines de restauration collective ou commerciale**. Les **graisses animales** sont collectées auprès **des centres d'équarrissage**, qui se chargent de collecter les **déchets animaux issus de l'abattage**, de la transformation de la viande et de la découpe en point de vente, puis de les **traiter et éventuellement d'en extraire les graisses et protéines**.

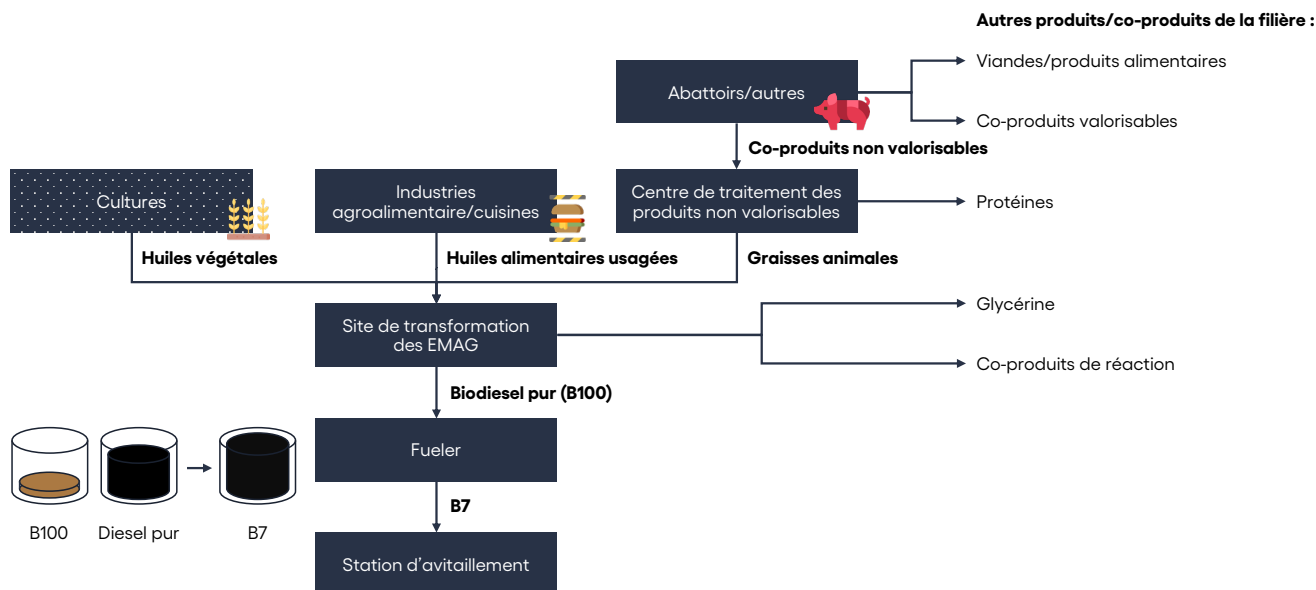


Figure 2 - Schéma de la filière

Une fois les matières premières collectées, les **esters méthyliques d'acides gras sont obtenus par « transestérification »** : les huiles et graisses animales ne pouvant être utilisées tels quels dans les moteurs, ces corps gras sont transformés en esters d'acide gras en faisant réagir leurs triglycérides avec un alcool (une schématisation des différentes étapes du procédé de transformation est disponible en Annexe).

CATEGORISATION DES SOUS-PRODUITS ANIMAUX : TOUS LES EMHA NE SE VALENT PAS !

Les **graisses animales** qualifiées de « **sous-produits animaux** » par le règlement (CE) 1069/2009, sont **classées en trois catégories** en fonction des risques sanitaires qu'elles représentent :

- **Les graisses de la catégorie 1 (dites C1)** présentent un **risque important pour la santé** publique et ne peuvent être **valorisées qu'en biodiesel ou sous la forme de combustible**, principalement pour produire de la vapeur pour les équarisseurs ou via la transformation en carburant.
- **Les graisses de la catégorie 2 (dites C2)** présentent un **risque moins important pour la santé** publique et peuvent être **valorisées en vue de certaines utilisations autres que l'alimentation des animaux** (engrais organiques, conversion en biogaz, compostage...), ou à l'instar de la C1 pour des usages techniques ou sous la forme de combustibles (production de vapeur ou carburant).
- **Les graisses de la catégorie 3 (dites C3)** ne présentent **pas de risque sanitaire** pour la santé animale ou la santé publique. Propres à la consommation humaine, mais qui, pour des raisons commerciales, ne sont pas destinées à une telle consommation, elles sont les seules qui peuvent être **valorisées en alimentation animale**. Après des traitements spécifiques elles peuvent aussi être utilisées pour d'autres usages : **pharmacie, cosmétique, agronomie** (engrais dont compost et digestats de méthanisation), **produits manufacturés, produits artisanaux, ou encore énergie**.

Le choix du type de valorisation est contraint par cette classification, mais aussi par la demande et les infrastructures de collecte et de valorisation, et **s'oriente en principe vers la plus haute valeur ajoutée possible**.

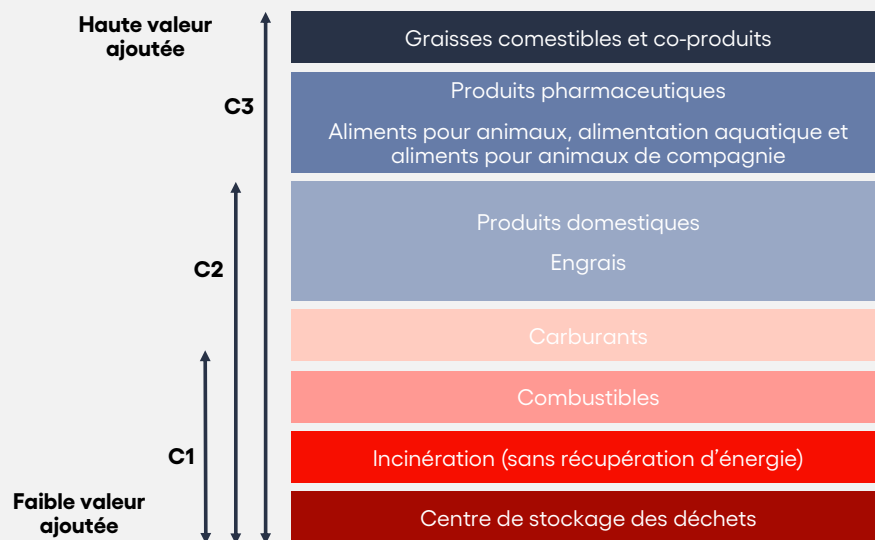


Figure 3 - Hiérarchie des utilisations des produits dérivés de co-produits et sous-produits de la Filière Viandes (adapté de l'EFPR Sustainability Charter)

Au vu des différences de traitement entre les différentes catégories, les **EMHA issus de graisses C1-C2** sont distingués **de ceux issus de graisses C3** dans la suite de l'étude. Ils sont respectivement appelés « **EMHA C1** » et « **EMHA C3** ».

En 2019, la part des EMHA C3 représentait un quart des EMHA incorporés en France⁵.

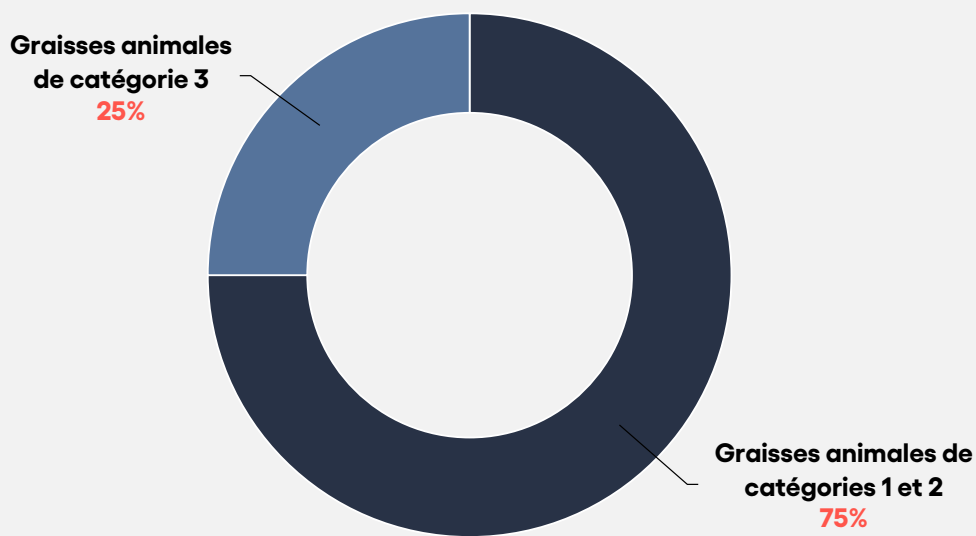


Figure 4 - Matières premières utilisées dans la production des EMHA incorporés en France en 2020

⁵ Ministère de la Transition écologique. *Panorama 2020 des biocarburants incorporés dans les carburants en France*, 2021



2 – Ces biodiesels sont-ils meilleurs pour le climat ?

QUELLE EMPREINTE CARBONE POUR LA PRODUCTION ?

Les **émissions de combustion des biocarburants sont considérées nulles** par convention⁶ car durant son développement, la matière première dont ils sont issus absorbe du CO₂ qui sera libéré lors de la combustion. C'est le cycle court naturel du carbone. Les émissions de GES imputables aux biocarburants se situent donc en amont de l'utilisation.

En outre, lorsque les **déchets/résidus constituent la matière première** pour produire un biocarburant, la Directive européenne relative aux énergies renouvelables appelée « RED II » considère comme **nulles les émissions amont qui ont pu avoir lieu avant leur collecte**⁷. A ce titre, les émissions de l'extraction des matières premières pour les bigazoles **d'huiles de cuisson usagées et provenant de graisses C1 et C2 sont par défaut considérées comme nulles**.

⁶ Directive (UE) 2018/2011 du Parlement européen et du Conseil relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables, Annexe V, Partie C, point 13 : « Les émissions du carburant à l'usage sont considérées comme nulles pour les biocarburants et les bioliquides »

⁷ Directive (UE) 2018/2011 du Parlement européen et du Conseil relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables, Annexe V, Partie C, point 18 : « Les déchets et résidus, (...) et les résidus de transformation, (...) sont considérés comme des matériaux ne dégageant aucune émission de gaz à effet de serre au cours du cycle de vie jusqu'à leur collecte »

DIRECTIVE ENERGIE RENOUVELABLE (RED) : UN CADRE EUROPEEN EN PERPETUELLE EVOLUTION

Publiée en avril 2009, la directive sur les énergies renouvelables 2009/28/CE – appelée RED I – fixe aux pays membres de l’Union Européenne des objectifs en termes d’incorporation d’énergie renouvelable dans la consommation d’énergie finale et plus spécifiquement dans les transports.

Depuis cette première publication, une révision est survenue en 2018 – RED II -, dans laquelle de nouvelles catégories de matières premières renouvelables font leur apparition. Ces catégories sont autorisées à être comptées pour le double de leur valeur énergétique afin d’inciter les industriels à travailler des gisements plus difficiles à traiter, mais pour lesquels les bénéfices climatiques sont plus importants. On parle de double-comptage (DC).

Ces matières sont spécifiées en Annexe IX de la directive, et divisées en deux parties distinctes :

- La Partie A présente les matières premières dites « avancées »,
- La Partie B présente les huiles usagées et les graisses animales de catégorie 1 et 2 – sujet de la présente étude.

Ces matières étant connues pour ne présenter que de faibles gisements, des cibles spécifiques d’incorporation leur ont été attribuées pour une utilisation dans les transports. Entrée en application en juillet 2021, la RED II est déjà en cours de modification pour une future RED III, incluse dans le package « FitFor55 » pour l’atteinte de la neutralité carbone d’ici 2050.

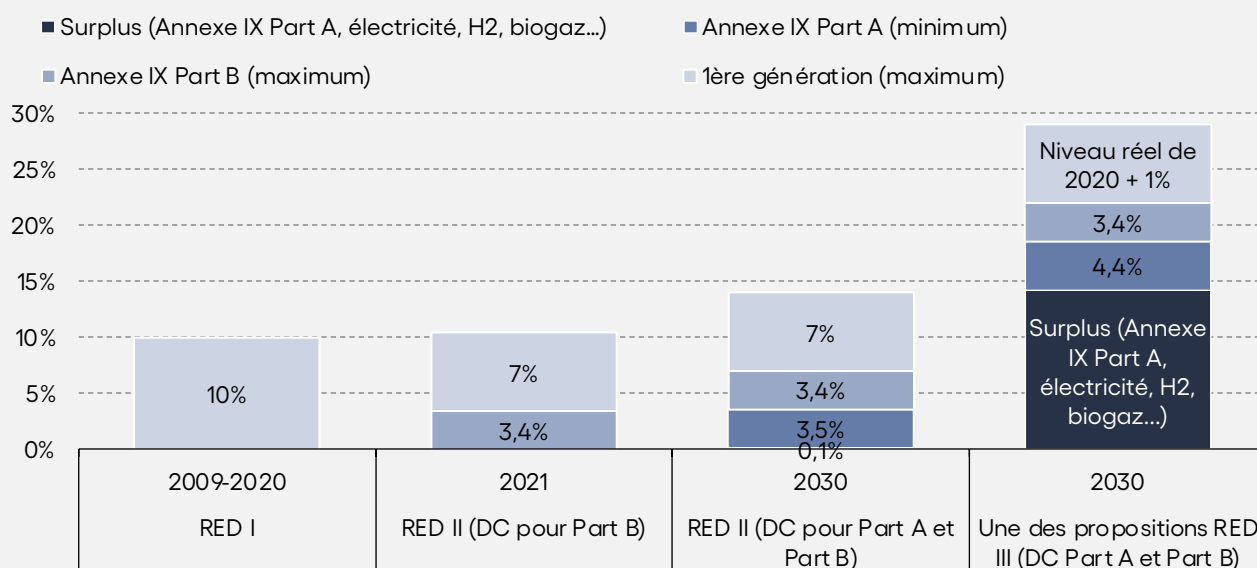


Figure 5 : Évolution des cibles d’incorporation (exprimées en % du PCI) dans les transports de la directive européenne relative aux énergies renouvelables (DC = double-comptage)

La proposition de RED III, en cours de discussion à l'heure actuelle, permettrait aux États Membres de choisir entre une cible de réduction de l'intensité GES de 13% **sans double comptage** (non représenté sur le graphique ci-dessus) par rapport à une valeur de référence des combustibles fossiles, ou bien une incorporation globale de 29% en PCI⁸, **avec double comptage**, d'ici 2030 (voir graphique ci-dessus).

La Directive **laisse cependant planer le doute** sur les biogazoles provenant de **graisses C3** qui n'y sont pas traités de manière explicite. Si aucune émission amont n'est considérée pour les déchets/résidus, qu'en est-il de ces graisses dont le **statut est plus ambigu** (elles ne présentent pas de risque sanitaire, ont une forte valeur ajoutée via une multitude d'usages possibles) ? **Comment répartir les émissions de la Filière Viande⁹ entre la viande destinée à l'alimentation humaine et ses co-produits ?** La spécificité des EMHA C3 soulève ainsi de nombreuses questions méthodologiques par rapport aux émissions de GES et nous y consacrons l'encart ci-après.

Les empreintes carbone des EMHU et EMHA C1 sur l'ensemble de leur cycle de vie comprennent le transport et la transformation des matières premières, leur stockage et leur distribution. D'après les données de producteurs français¹⁰, elles s'élèvent respectivement à **9,8 et 15,7 gCO_{2e}/MJ¹¹**, ce qui représente **une réduction des émissions de 90% et 83% respectivement, par rapport à la valeur du carburant fossile de référence¹²**. La Figure 5 ci-dessous reprend ces données.

⁸ Pouvoir calorifique inférieur

⁹ Issus de la production d'aliments pour les animaux, du transport de ces aliments, des gaz digestifs des bovins (fermentation entérique), des déjections des animaux, de l'utilisation d'énergie sur les lieux d'élevage, etc.

¹⁰ Données recueillies par Carbone 4

¹¹ Ces valeurs sont plus faibles que pour les valeurs par défaut indiquées dans la RED II, respectivement à 14,9 et 20,8 gCO_{2e}/MJ.

¹² Directive (UE) 2018/2011 du Parlement européen et du Conseil relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables, Annexe V, Partie C, point 19 : la valeur pour le combustible ou carburant fossile de référence est 94 gCO_{2eq}/MJ.

Notes :

- La transformation des EMAG génère également des co-produits énergétiques, BHO (bioliquide de chauffage) et glycérine typiquement, utilisés pour alimenter des méthaniseurs (uniquement pour la glycérine) ou des fours de cimenteries. Lors des calculs, les émissions de gaz à effet de serre sont réparties entre les EMAG et leurs co-produits, au prorata de leur contenu énergétique, tel qu'indiqué dans la Directive (UE) 2018/2011 du Parlement européen et du Conseil relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables, Annexe V, Partie C, point 17.
- La co-production de BHO nécessite une étape de distillation additionnelle qui a été prise en compte dans les calculs, et les résultats obtenus sur les émissions de GES sont a priori conservatifs de ce fait.

■ Matière Première ■ Changement d'affectation des sols ■ Transport amont ■ Distribution ■ Transformation

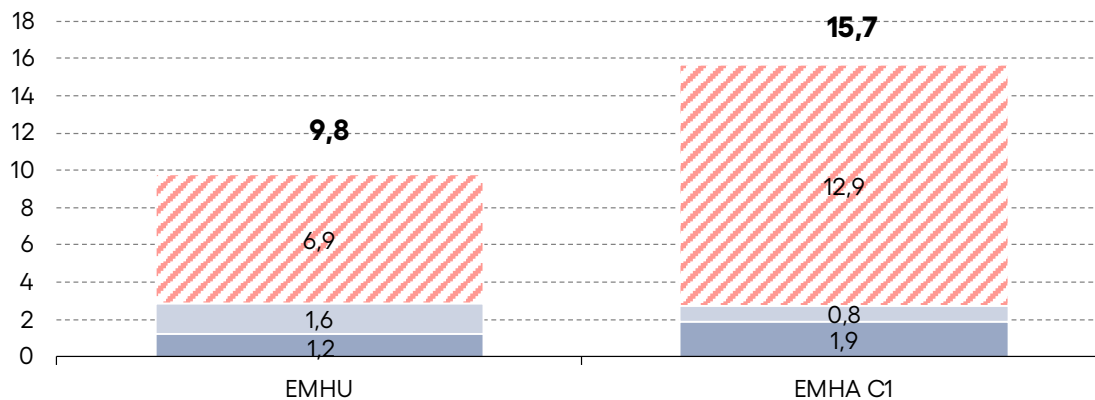


Figure 6 - Empreintes carbone des EMHU et EMHA C1 producteurs (gCO2e/MJ)

A noter que ces deux EMAG « de seconde génération » sont obtenus à partir du même procédé. L'écart entre leurs empreintes carbone est lié à l'équarrissage des graisses animales, en amont de la transformation proprement dite. Il semblerait donc que **plus les matières premières sont complexes à traiter** (via des étapes de traitement intermédiaires), **plus leur empreinte carbone et leur coût de production risquent d'être élevés**. Ce constat pourrait représenter une sorte de **paradoxe** au regard de la proposition de la Commission européenne de **passer d'un objectif en part d'énergie renouvelable** dans la consommation d'énergie du secteur des transports (d'au moins 14%) **à un objectif de réduction de l'intensité carbone de l'énergie dans les transports** de 13% d'ici 2030¹³. En effet, alors que **ces filières sont a priori plus difficiles à développer et moins rentables, le nouvel objectif pourrait leur être moins favorable**. En réalité, les conclusions sont tout sauf évidentes car même si un EMAG avancé nécessitant plusieurs étapes de transformation aura en général une empreinte carbone supérieure à un EMHU (EMAG issu d'huiles alimentaires usagées), cette même empreinte sera vraisemblablement plus faible que pour des EMAG de 1^{ère} génération (EMAG issu d'huiles végétales vierges), lorsque les effets de changements d'usage des sols sont bien pris en compte. Sans parler des exclusions qui ont frappé (huile de palme et ses dérivés par ex.)¹⁴ et pourraient à l'avenir frapper certaines matières premières pour la 1^{ère} génération.

¹³ Par rapport à un niveau d'émissions de référence des combustibles fossiles

¹⁴ Les biocarburants produits à partir de cultures destinées à l'alimentation humaine et animale, présentant un risque élevé d'induire des changements indirects dans l'affectation des sols

SOUS-PRODUITS ANIMAUX DE CATEGORIE 3 : QUELLES EMISSIONS LEUR ALLOUER ?

Un système agricole concourt le plus souvent à la **production concomitante de plusieurs produits, coproduits et sous-produits**. **Comment répartir les impacts environnementaux** de ce système entre eux ?

Cette question méthodologique (bien connue des spécialistes de l'ACV, car se posant dans de nombreux « systèmes ») soulève des débats car la réponse **peut conditionner l'avenir des différentes filières**, à l'aune des chiffres obtenus.

Dans le cas des biocarburants, le nouveau Paquet Climat « Fit for 55 » de la Commission européenne propose de **passer d'un objectif en part d'énergie renouvelable** dans la consommation d'énergie du secteur des transports (d'au moins 14%) **à un objectif de réduction de l'intensité carbone de l'énergie** de 13% d'ici 2030, par rapport à un niveau d'émissions de référence des combustibles fossiles. Les **émissions attribuées aux différents co-produits**, et donc la règle d'allocation à appliquer aux matières premières, constitue donc un **point névralgique pour les différentes filières**.

La directive européenne RED II n'attribue par défaut aucune émission aux graisses animales de catégories 1 et 2 et aux huiles alimentaires usagées. La raison à cela vient a priori de la règle selon laquelle **« les déchets et résidus (...) et les résidus de transformation (...) sont considérés comme des matériaux ne dégageant aucune émission de gaz à effet de serre au cours du cycle de vie jusqu'à leur collecte, indépendamment du fait qu'ils soient transformés en produits intermédiaires avant d'être transformés en produits finis »** (partie C de l'annexe V). Cette règle **peut être discutée** : leur valeur énergétique, et de fait économique, pourrait justifier une part de responsabilité dans l'empreinte carbone de leurs filières respectives. Néanmoins, **cette règle a le mérite de créer une hiérarchie d'intérêt et d'utilité entre les différents sous-produits**. La **définition claire de ce que sont les déchets/résidus** au vu de cette règle est donc **très importante**.

Les **graisses animales de catégorie C3** ne sont pas traitées par la directive et leur statut est ambigu. Elles présentent de **multiples usages** (par ex. dans les filières d'alimentation animale, ou de cosmétique et pharmaceutique) et ne devraient donc **pas être considérées comme des déchets**. Elles sont par ailleurs **de plus en plus courtisées par les énergéticiens pour produire des biocarburants** ; et le seront d'autant plus si elles permettent de contribuer à atteindre le nouvel objectif proposé par la Commission européenne. Il convient alors de réfléchir à **une allocation des émissions juste au regard des objectifs de décarbonation et des effets systémiques de substitution**.

Plusieurs méthodes d'allocation des impacts environnementaux existent mais aucune ne fait consensus au sein des experts et acteurs du secteur. Toutes présentent **points forts et points faibles sur des critères différents**, ce qui rend difficile d'objectiver d'une règle meilleure que les autres pour la filière viande (pour plus d'informations à ce sujet, voir le rapport d'étude *Allocations pour l'affectation de l'impact environnemental entre les produits et co-produits*

carnés de l'IFIP recense les recommandations d'allocation de différents guides méthodologiques, normes/référentiels et travaux menés sur le sujet).

Dans le cas spécifique des graisses C3, on peut choisir par exemple :

- De **répartir les émissions entre les produits et co-produits de la filière viandes au prorata de leur masse**. Cette méthode est facilement applicable mais semble peu pertinente pour des produits ayant des fonctions et marchés différents.
- De **répartir les émissions entre les produits et co-produits de la filière viandes au prorata de leur valeur marchande**. Cette méthode permet de faire porter les impacts environnementaux sur les produits à l'origine de l'acte de production et qui ont une utilité et un marché, cependant l'accessibilité et la fiabilité des données (fluctuations des prix de marché, évolution des fiscalités et réglementations en vigueur, variabilité entre pays) la rendent difficilement applicable.

De **leur allouer les émissions des produits de substitution** : l'utilisation de graisses C3 pour la production de biodiesel entre en concurrence avec des filières déjà existantes (cosmétique, alimentation animale...) qui se reportent alors sur d'autres types d'intrants. Cette méthode permet de **rendre compte des émissions indirectes associées à des effets de substitution**, cependant il est souvent difficile d'identifier les produits de substitution qui peuvent d'ailleurs être pluriels et changer dans le temps. Étant donné la disponibilité des volumes et la compétitivité des prix de **l'huile de palme dont le profil lipidique est similaire à celui des GA C3**, il est probable que ce **transfert d'usage se fasse sur l'huile de palme**, ce qui peut générer indirectement un risque de compétition pour l'usage des terres et une possible déforestation. Alors que l'allocation des émissions de l'huile de colza vierge maintiendrait un bénéfice climatique par rapport au diesel pur, **l'allocation des émissions de l'huile de palme se traduirait par une hausse des émissions de 77%**. Le choix de **l'huile de substitution est donc crucial dans cette méthode d'allocation** car il exercerait une **influence directe sur la contribution, ou non, des EMHA C3 à l'objectif de réduction de l'intensité carbone de l'énergie** de 13% d'ici 2030, tel que proposé dans par la Commission européenne.

Comme illustré dans la figure ci-dessous, les résultats du calcul de l'empreinte carbone des EMHA C3 varient de manière significative en fonction de la méthode choisie. En attribuant aux graisses C3 les émissions de la Filière Viande au prorata de leur valeur marchande ou en leur attribuant les émissions de l'huile de colza, l'utilisation d'EMHA C3 s'avère plus bénéfique pour le climat que le diesel pur. Cette conclusion n'est pourtant pas la même en leur attribuant les émissions de la Filière Viande au prorata de leur masse ou en leur attribuant les émissions de l'huile de palme.

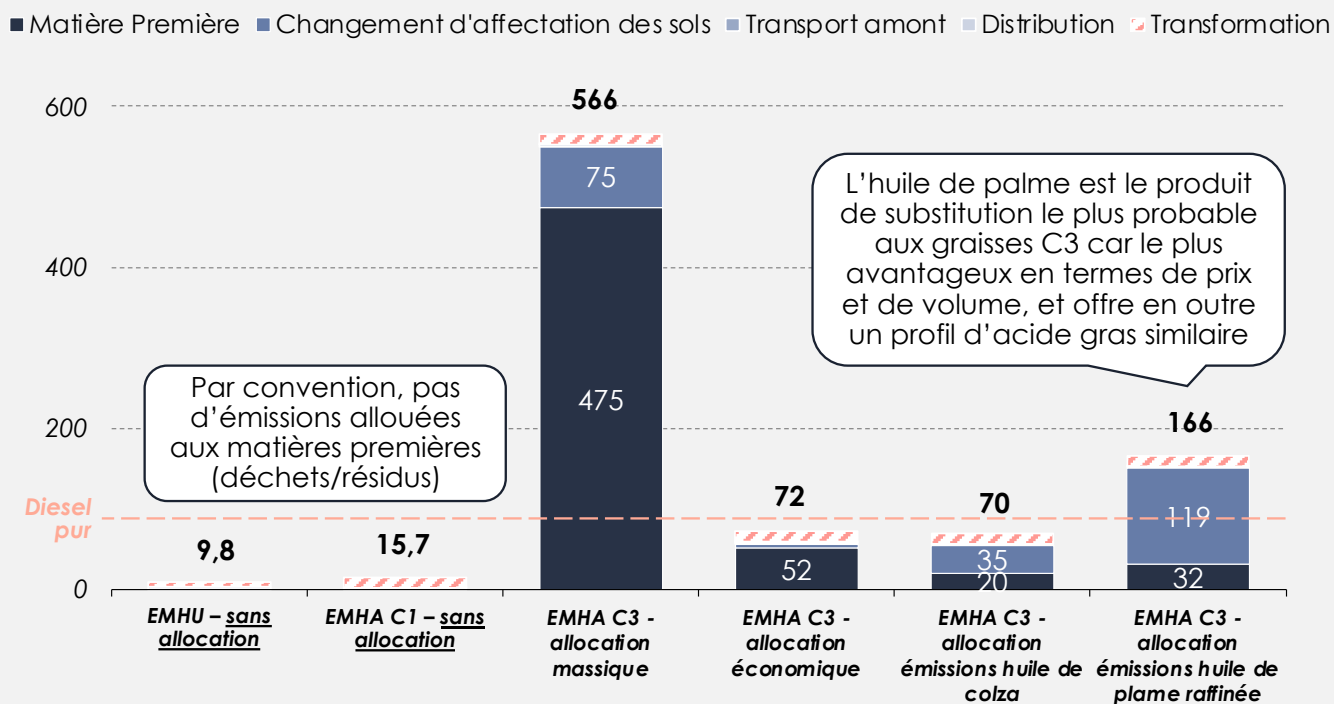


Figure 7 - Comparaison de l'empreinte carbone des EMAG en fonction des émissions allouées à la matière première (gCO2e/MJ)

Il y a donc une incertitude forte sur l'impact carbone réel des EMHA C3.

ET PAR RAPPORT AUX AUTRES ALTERNATIVES POUR UN CAMION 19T ?¹⁵

Pour comparer différentes motorisations au sein d'une catégorie de véhicules, il convient **d'évaluer l'empreinte carbone sur la durée d'utilisation du véhicule**, en prenant en compte **sa fabrication, son usage et sa fin de vie**, et ce pour l'ensemble des gaz à effet de serre. Cette approche globale < vecteur énergétique + convertisseur énergétique¹⁶ > permet de prendre en compte le **rendement de la motorisation** (le rendement d'une motorisation thermique est par exemple bien inférieur à une motorisation électrique) et les **spécificités des véhicules** (la fabrication et fin de vie des véhicules thermiques est moins émissive que celle des véhicules électriques à batterie par exemple). Ensuite, l'empreinte carbone peut être **ramenée à une unité fonctionnelle classique** : le km parcouru par le véhicule sur sa durée de vie.

¹⁵ Un porteur 19 tonnes est un véhicule représentatif du marché auxquels se destinent les EMAG de seconde génération

¹⁶ Le moteur du camion ici

La Figure 7 ci-dessous permet d'illustrer la comparaison de différentes alternatives pour un porteur 19 tonnes mis en circulation en France, en 2022. Les facteurs d'émissions et principales hypothèses utilisés figurent en annexe.

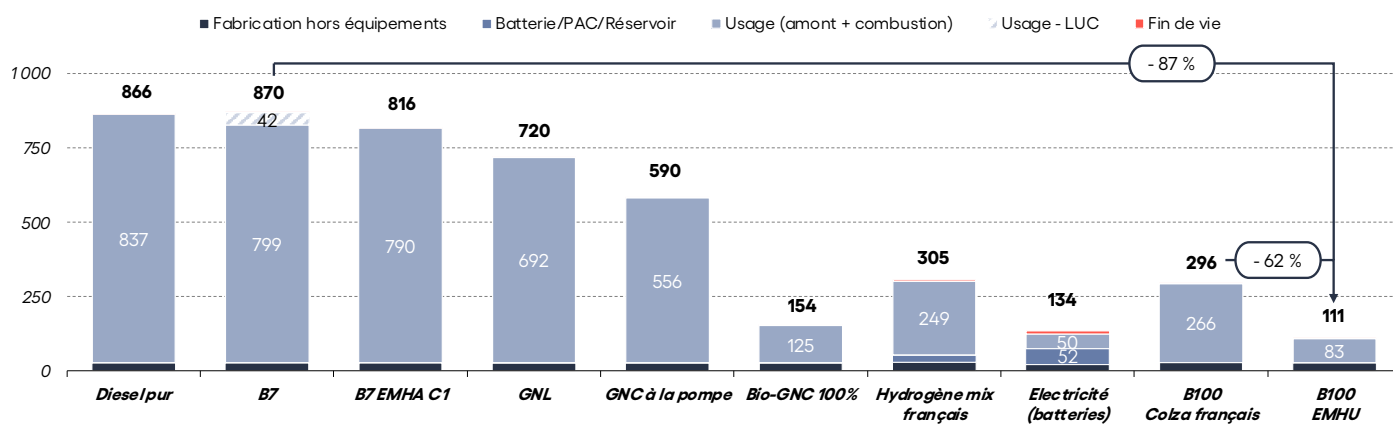


Figure 8 - Empreinte carbone moyenne sur la durée de vie d'un camion 19t vendu en 2022 en France – 600 000 km (gCO2e/km)

Notes :

- Les émissions associées aux changements d'affectation des sols directs et indirects sont prises en compte dans l'étude, contrairement à la réglementation européenne à date. En effet, la production de biocarburants peut par exemple nécessiter de déforester des terres (changement d'affectation direct) ou peut remplacer une production alimentaire qui va être déplacée vers des surfaces non cultivées (changement d'affectation indirect).
- Les B7 et B100 sont des diesels contenant respectivement 7 et 100% (en volume) de biocarburant. Le biocarburant incorporé dans le B7 à la pompe en France est composé en 2022 de 80% d'huile de colza (dont une part d'import), 14% d'huile de palme, 5% d'huile de soja, et moins d'1% d'huiles « avancées ». Cette composition évolue dans le temps en faveur des huiles avancées.
- La part de biocarburant du B7 EMHA C1 est composée à 100% d'EMHA C1.
- Par convention, aucune émission n'est attribuée aux huiles usagées dans la production du B100 EMHU et aux graisses C1 utilisées pour la production d'EMHA C1.
- Le GNC à la pompe contient 19,6% de bio-méthane (taux d'incorporation de bio-GNC du GNC distribué en France en 2021 d'après AFGNV) en 2022 et il est supposé que ce taux d'incorporation augmente de 1% par an.
- Il est supposé ici que le bio-GNC est composé à 100% de bio-méthane.

Il ressort de cette analyse qu'un **biocarburant produit à 100% à partir d'huiles alimentaires usagées (B100 EMHU)** permet une **réduction des émissions de 87%** sur la durée de vie d'un camion 19t **par rapport à du diesel à la pompe (B7)**. Cette réduction drastique tient en grande partie au fait qu'**aucune émission n'est allouée à la matière première** (voir encart précédent). Ce biodiesel semble être l'alternative la plus intéressante pour le climat, mais son empreinte carbone, du **même ordre de grandeur** que celle d'un camion 19t **électrique ou roulant au bio-GNC** (100% biométhane), n'est pas l'unique critère de choix. Le **gisement d'huiles alimentaires usagées étant limité**, il convient ainsi de **(i) le diriger à terme vers les usages les plus difficiles à décarboner** (par exemple pour les engins de construction, le transport maritime ou le transport aérien, qui trouveront plus difficilement des alternatives aux carburants fossiles) **et (ii) dans les prochaines années de le considérer comme un outil transitoire de décarbonation**.

Par ailleurs, les biodiesels EMHA produits à partir de **graisses animales ont une moins bonne tenue aux températures basses**. Ils ne peuvent donc être utilisés qu'en mélange. Ainsi, en admettant que les 7% de biocarburant contenus dans un diesel à la pompe (B7) soient intégralement des EMHA C1, un porteur 19t émettrait environ **6% de GES en moins** sur sa durée de vie **qu'en roulant avec un diesel « moyen » vendu à la pompe en France**.



3 - Il n'y a pas que les émissions de GES !

GRAISSES ANIMALES C3 : LA CONCURRENCE DES USAGES POURRAIT INDIRECTEMENT ENGENDRER DES CHANGEMENTS D'AFFECTATION DES SOLS

L'utilisation (historiquement récente) de graisses animales de catégorie 3 pour la production de biodiesel **entre en concurrence directe avec des filières déjà existantes qui se tournent alors vers des produits de substitution**, comme **l'huile de palme** (cf. partie précédente). Sa consommation est pourtant **à l'origine de la déforestation des forêts primaires et la destruction de tourbières en Indonésie et en Malaisie** (85% de production mondiale)¹⁷. Les émissions liées au changement d'affectation indirect des sols sont **très difficiles à estimer**, cependant il est **certain qu'elles ne sont pas du tout nulles et ne peuvent être de ce fait négligées**.

Comme mentionné dans la publication de 2020¹⁸, de fortes incertitudes demeurent sur le niveau absolu des émissions liées au changement d'affectation des sols. Le facteur d'émissions varie énormément suivant le cas considéré : âge de la plantation (déforestation déjà « amortie » ou non), type de sol (minéral, tourbière), durée d'amortissement du carbone libéré (entre 20 et 30 ans). Néanmoins, l'estimation de ces émissions en ordre de grandeur permet de **bien prendre en compte l'impact climatique de la production de ces cultures**.

Indirectement donc, l'usage d'EMHA C3 peut avoir les **mêmes effets que l'usage de biodiesels issus d'huiles végétales vierges dits « de première génération »**.

DES GISEMENTS LIMITES

Sur sa durée d'utilisation, **l'empreinte carbone** d'un camion 19t mis en circulation en 2022, alimenté intégralement par des EMHU¹⁹, est du **même ordre de grandeur** que celle d'un camion équivalent **électrique ou roulant au bio-GNC** (100% biométhane). Ces trois solutions se valent-elles donc point pour point ?

Au-delà de l'impact sur le climat, plusieurs autres critères doivent être pris en compte, comme la taille des gisements et la maturité des technologies. Le **déploiement de véhicules électriques à batteries n'en est qu'à ses débuts** et **certains usages ne seront certainement jamais compatibles** avec ces motorisations (longues distances couplées à un besoin de forte puissance, dans des zones mal desservies par des bornes de recharge par exemple). De plus, **tout comme le bio-GNC, le gisement total** d'huiles alimentaires usagées et de graisses animales C1-C2 en France est **très limité**. En 2015, les gisements de graisses animales C1-C2

¹⁷ Carbone 4, *Transport routier : quelles motorisations alternatives pour le climat ?*, 2020

¹⁸ Carbone 4, *Transport routier : quelles motorisations alternatives pour le climat ?*, 2020

¹⁹ EMAG B100 issus d'huiles alimentaires usagées

en France s'élevaient autour des 100 000 tonnes²⁰, ce qui représente environ 90 millions de litres d'EMHA C1-C2, et les gisements d'huiles alimentaires usagées étaient estimées à 1,7 - 3,6 millions de tonnes en Europe en 2019²¹, ce qui représente environ 1,5 – 3,2 millions de litres d'EMHU. A titre de comparaison, 2740 millions de litres d'EMHV²² ont été incorporés en France en 2019²³. Or, il y a peu de raison de penser que ces quantités pourraient augmenter à l'avenir puisque les régimes alimentaires en Europe ont au contraire plutôt tendance à s'orienter vers moins de produits carnés.

Les EMHU et EMHA C1 ont en fait un **rôle à jouer à court terme** comme substitut au diesel fossile **dans la flotte en circulation**, afin de **réduire tout de suite** les émissions. Cependant, comme ces filières ont vocation à rester des niches du fait de la limitation évoquée ci-dessus, elles devraient **à terme être redirigées vers les usages les plus difficiles à décarboner** (par exemple pour les engins de construction, le transport routier longue-distance de marchandises, le transport maritime ou le transport aérien, qui trouveront plus difficilement des alternatives aux carburants fossiles).

HUILES ALIMENTAIRES USAGÉES : UNE TRAÇABILITE A CE JOUR INSUFFISANTE

Encourager le développement des biocarburants issus d'huiles alimentaires pourrait conduire à un effet d'aubaine collatéral où l'huile de cuisson usagée aurait plus de valeur que l'huile vierge. Il pourrait alors **devenir plus rentable de vendre des huiles qui n'auraient pas encore été utilisées en les faisant passer pour usagées**, et cet effet **pourrait entraîner des dérives**.

En 2019, une source de l'industrie des biocarburants a déclaré à EURACTIV qu'un tiers des huiles de cuisson usagées utilisées sur le marché européen des biocarburants était plus que probablement frauduleux²⁴. En plus de la **menace** que représentent ces dérives **pour les filières EMHA et EMHU vertueuses**²⁵, ces importations à moindre coût **ne respectent pas nécessairement tous les critères de durabilité de la filière** du fait de l'absence de système de traçabilité obligatoire^{26 27}.

La Commission Européenne devrait créer à ce titre **une base de données de l'Union pour assurer la transparence et la traçabilité** des carburants renouvelables.

²⁰ Institut de l'économie circulaire, *L'ester méthylique d'huile animale (EMHA), un biocarburant inscrit dans l'économie circulaire*, 2015

²¹ EWABA et MVaK (2021), *Conversion efficiencies of fuel pathways for Used Cooking Oil*

²² EMAG issus d'huiles végétales vierges

²³ Ministère de la Transition écologique, *Panorama 2020 des biocarburants incorporés dans les carburants en France*

²⁴ EURACTIV, *Industry source: one third of used cooking oil in Europe is fraudulent*, 2019

²⁵ qui reposent sur la valorisation de ressources sous-exploitées aux échelles française et européenne

²⁶ Institut de l'économie circulaire (2016), *L'ester méthylique d'huile animale (EMHA), un biocarburant inscrit dans l'économie circulaire*

²⁷ Système autre que les schémas de durabilité reconnus et validés par la Commission Européenne (ISCC, 2BV, RetCert...)

ET LES AUTRES POLLUANTS ?

Les EMAG de seconde génération ont beau avoir des bénéfices pour le climat, ils n'en demeurent pas moins des combustibles dont la combustion **émet des polluants**. Une étude menée par MARTIN BROWER, distributeur, FRAIKIN, le CRMT et l'ADEME en 2020 montre que **l'ajout du biodiesel au carburant** abaisse les émissions de monoxyde de carbone (CO) et d'hydrocarbures imbrûlés (HC), mais **augmente les émissions d'oxydes d'azote (NO_x)**²⁸, ces derniers étant **particulièrement nocifs pour les voies respiratoires** des humains et des animaux. S'agissant des émissions de particules fines, des travaux de l'IFPEN de 2016 indiqueraient une baisse de quelques dizaines de % en masse et en nombre sur les véhicules non équipés de filtres à particules. Sur ceux qui en sont équipés, l'effet biocarburant serait en revanche nul.

L'utilisation de biodiesels **ne permet donc pas de lutter pleinement contre la pollution de l'air**. Cela milite donc pour les réserver à ce jour à des usages en zones peu denses, typiquement pour de la longue distance.

UNE VOIE QUI REDUIT (LEGEREMENT) NOTRE DEPENDANCE ENERGETIQUE ?

En 2020, les **graisses animales C1-C2** utilisées pour produire les EMHA incorporés dans les carburants en France venaient principalement de **France (43%, jusqu'à 100% pour certains industriels), du Royaume-Uni (27%) et d'Espagne (26%)**. Les graisses animales C3 provenaient majoritairement de France (60% en moyenne) et d'autres pays européens^{29,30}. L'incorporation d'EMHA dans les carburants **contribue donc à la sécurité énergétique** puisqu'il s'agit d'une **source d'énergie locale, qui se substitue aux importations de diesel fossile** qui proviennent essentiellement d'Arabie Saoudite, du Kazakhstan, de Russie, du Nigéria et d'Algérie³¹.

Cela est moins vrai pour les EMHU dont **seule la moitié des volumes** mis à la consommation en 2020 en France ont été produits à partir **d'huile alimentaire usagée en provenance d'Europe**, le reste provenant principalement **d'Asie (36%)**.

Le tableau ci-dessous synthétise les avantages et inconvénients des différentes alternatives.

²⁸ IFPEN, *Évaluation de l'impact du biodiesel pour les véhicules légers sur les émissions polluantes et particulièrement les suies*, 2016

²⁹ Ministère de la Transition écologique, *Panorama 2020 des biocarburants incorporés dans les carburants en France*, 2021

³⁰ Le marché des EMAG est orienté par leur prix, les spécifications/qualités produits et les réglementations des pays concernant la traçabilité. Ainsi la quantité d'EMAG produite en France est supérieure à la quantité d'EMAG incorporée dans le carburant en France

³¹ UFIP, *Un approvisionnement en pétrole et en gaz fortement dépendant des importations*, 2022

Externalités négatives / inconvénients

Avantages

	Externalités négatives / inconvénients	Avantages
EMHU	<ul style="list-style-type: none"> • Gisement limité • Risques d'importations de matières premières frauduleuses 	<ul style="list-style-type: none"> • Ne rentre pas en compétition avec l'alimentation • Augmentation des ressources en carburants non fossiles • Valorisation d'une ressource n'ayant pas d'autre débouché
EMAG C1	<ul style="list-style-type: none"> • Gisement très limité • Utilisable uniquement incorporé à du diesel (ne peut être utilisé directement en B100) • Température de filtrabilité élevée qui restreint ses usages 	<ul style="list-style-type: none"> • Ne rentre pas en compétition avec l'alimentation • Emissions évitées sur les filières de traitement des déchets • Valorisation d'une ressource n'ayant pas d'autre débouché • Coût relativement faible
EMAG C3	<ul style="list-style-type: none"> • Gisement limité • Concurrence forte avec d'autres usages déjà existants (pet food, oléochimie), pouvant entraîner des émissions indirectes par effet de substitution • Utilisable uniquement incorporé à du diesel (ne peut être utilisé directement en B100) • Température de filtrabilité élevée qui restreint ses usages 	<ul style="list-style-type: none"> • Ne rentre pas en compétition avec l'alimentation • Augmentation des ressources en carburants non fossiles
HVO C3	<ul style="list-style-type: none"> • Gisement limité • Concurrence forte avec d'autres usages déjà existants (pet food, oléochimie), pouvant entraîner des émissions indirectes par effet de substitution • Procédé plus énergivore que les EMAG donc potentiel de réduction des GES plus limité • Coût de production relativement plus élevé que celui des EMAG 	<ul style="list-style-type: none"> • Ne rentre pas en compétition avec l'alimentation • Augmentation des ressources en carburants non fossiles • Peut être utilisé directement (sans mélange)
BioGNC	<ul style="list-style-type: none"> • Estimations très variables du gisement de biométhane en France et en Europe • Concurrence forte avec des usages peut-être plus pertinents (industrie, bâtiment) • Risques de fuites de gaz, avec fort impact sur le climat • Coût aujourd'hui supérieur de la technologie, en partie liée à la sécurité 	<ul style="list-style-type: none"> • Emissions évitées sur les filières agricoles et de traitement de déchets • Diminution des émissions de particules fines et de NOx à l'usage
GNC/GNL fossile	<ul style="list-style-type: none"> • Faible potentiel de réduction des GES par rapport au diesel • Prix volatils pouvant être liés à des tensions géopolitiques, des phénomènes spéculatifs, des hivers rigoureux, des incidents dans les pays producteurs... • Dépendance directe aux énergies fossiles et aux pays producteurs (principalement de Russie, Norvège et Algérie en Europe) • Risques de fuites de gaz, avec fort impact sur le climat • Coût aujourd'hui supérieur de la technologie, en partie liée à la sécurité 	<ul style="list-style-type: none"> • Prix plus faibles que le <u>diesel pur</u>
H2	<ul style="list-style-type: none"> • Concurrence avec des usages peut-être plus pertinents économiquement (industrie) • Coût de l'hydrogène assez élevé • Offre et infrastructures encore embryonnaires • Risques de fuites, avec possible effet négatif sur le climat (recherches en cours) 	<ul style="list-style-type: none"> • Gestion de l'intermittence des énergies renouvelables • Co-bénéfices sur le bruit et la pollution de l'air

Figure 8 - Tableau de synthèse des avantages et inconvénients des différents vecteurs énergétiques étudiés

4 - Évaluation des coûts d'abattement des différentes alternatives

Le coût à la tonne de CO₂e évitée, appelé aussi « coût d'abattement », est un coût marginal moyen sur une période donnée. Il représente ici le rapport entre le surcoût lié à la production d'une alternative donnée par rapport au diesel pur et les émissions évitées par l'utilisation de cette alternative par rapport au diesel pur.

Cette étude des coûts d'abattement adopte une approche « producteur », se limitant au coût du vecteur énergétique « en sortie d'usine »³². Cette approche ne permet pas à ce stade de comparer les solutions entre elles du point de vue « usager ». De la même manière que pour la hiérarchisation des différentes alternatives en fonction de leur impact sur le climat, il **conviendrait d'adopter une approche systémique < vecteur énergétique + convertisseur énergétique**³³ > pour prendre en compte le **rendement de la motorisation** et le **coût des véhicules**. C'est par exemple pour cette raison que nous n'incluons pas l'hydrogène dans ce panorama : le coût d'un véhicule à hydrogène et le rendement de sa motorisation sont bien différents de ceux d'un véhicule thermique diesel.

Pour ces calculs, ont ainsi été pris en compte : les coûts d'extraction, de transformation des produits, et de distribution jusqu'aux stations d'avitaillement (hormis pour les EMAG dont le coût de distribution est inconnu).

L'étude a été menée sur les **périodes 2013-2020** et **janvier-avril 2022** pour rendre compte de la **volatilité des prix** et de la **récente augmentation du prix des énergies**. La figure 9 ci-dessous illustre les résultats.

³² Sont pris en compte uniquement : les coûts d'extraction et de transformation des matières premières et, dans le cas des bio-GNC/GNC/GNL, des infrastructures d'approvisionnement (voir méthodologie de calcul et hypothèses en Annexe)

³³ Le moteur du véhicule

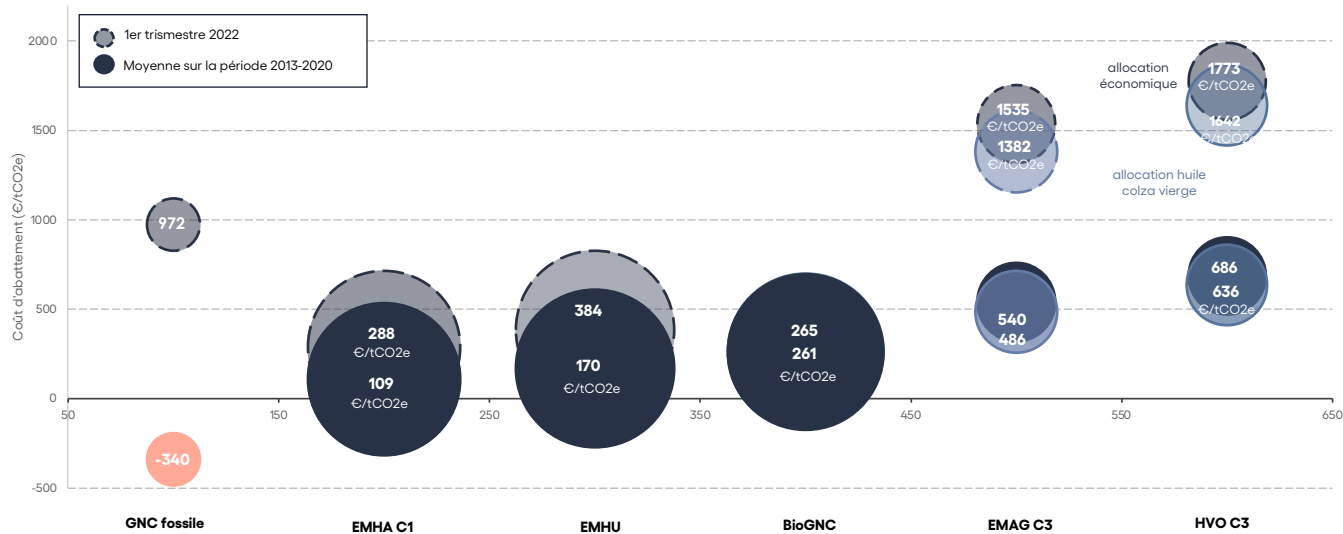


Figure 9 - Coût d'abattement des différentes alternatives

Notes :

- La taille des bulles est représentatif du potentiel de réduction des émissions de GES par MJ.
- Il est supposé ici que le bio-GNC est composé à 100% de biométhane.
- L'HVO fait référence à l'huile végétale hydrogénée, qui est un biodiesel obtenu par un autre procédé que celui des EMAG. Appelé ici, par abus de langage, « HVO C3 », il s'agit d'huile hydrogénée issue de graisses animales de catégorie 3.

Les **EMHA C3** auxquels sont allouées les émissions de l'huile de palme vierge (hypothèse de substitution) ne sont pas représentés sur le graphe ci-dessus car ils **ne permettent pas d'éviter des émissions de CO₂e**. Seules les allocations économiques et de substitution par de l'huile de colza présentent des réductions d'émissions.

Sur la période 2013-2020, le **GNC fossile représentait un coût d'abattement négatif**, c'est-à-dire que cette alternative au diesel pur permettait **non seulement de réduire les émissions de CO₂e, mais aussi présentait un coût inférieur**. **L'EMHA C1 représentait la seconde alternative avec le plus faible coût d'abattement**, suivi par l'EMHU, le bio-GNC, l'EMHA C3 et l'HVO C3³⁴. La récente élévation du prix des énergies rend **actuellement le coût d'abattement du bio-GNC plus compétitif, suivi par l'EMHA C1, l'EMHU et l'EMHA C3**.

Il ressort de cette analyse des coûts d'abattement des **EMHA C1 et du bio-GNC** globalement **du même ordre de grandeur**, et un coût d'abattement des **EMHA C3 environ 4 fois supérieur**.

³⁴ L'HVO fait référence à l'huile végétale hydrogénée, qui est un biodiesel obtenu par un autre procédé que celui des EMAG. Appelé ici, par abus de langage, « HVO C3 », il s'agit d'huile hydrogénée issue de graisses animales de catégorie 3

Attention, le **coût d'abattement**, rapport entre le surcoût et le bénéfice climat, **masque le bénéfice climatique absolu**. Bien que le coût d'abattement du **GNC fossile soit plus faible que les autres alternatives** sur la période 2013-2020, cette alternative au diesel pur ne permet pas de **réduire les émissions de CO₂e dans les bonnes proportions** par rapport à l'enjeu de décarbonation du transport !

Par ailleurs, en fonction du type de transport, toutes les alternatives ne sont pas valables. Par exemple, un transporteur aérien devra toujours payer plus cher la tonne évitée qu'un transporteur routier car il ne peut utiliser que l'HVO et non les EMAG (pour leurs caractéristiques techniques comme la température limite de filtrabilité).



Conclusion

L'utilisation d'EMAG produits à partir d'**huiles alimentaires usagées (EMHU) et de graisses animales présentant des risques sanitaires (EMHA C1-C2)** permet de **réduire les émissions de gaz à effet de serre** de manière significative. Ainsi, pour un porteur 19 tonnes équipé de différents types de motorisation, il ressort que les bénéfices climatiques de **l'utilisation d'un biodiesel contenant uniquement des EMHU (huiles usagées) permettrait de réduire de 87% les émissions par kilomètre par rapport au diesel pur**. La réduction est du même ordre de grandeur que pour les camions électriques à batteries ou alimentés à 100% par du bio-GNC (biométhane). Cette comparaison ne peut être répliquée avec un biocarburant contenant uniquement des EMHA C1-C2 (graisses animales à risques) car les caractéristiques physico-chimiques de ce biodiesel le contraignent à n'être utilisé qu'en mélange.

Ce **résultat très positif** est notamment la conséquence de la convention qu'**aucune émission ne leur est allouée** jusqu'à leur collecte. Il n'est cependant **pas valable pour les EMAG produits à partir de graisses animales qui ne présentent pas de risques sanitaires (EMHA C3)**. Ces graisses répondent à de **nombreux usages concurrentiels** (notamment dans les filières d'alimentation animale et de cosmétique) et leur utilisation comme biocarburant peut entraîner des émissions de gaz à effet de serre indirectes par effet de substitution. Leur empreinte carbone est alors plus difficile à évaluer (car fortement **dépendante de la méthode d'allocation des émissions**), mais elle est **potentiellement bien plus élevée** que pour les EMHA C1-C2 (facteur 5 à 10).

On observe donc en toute logique que la **méthode d'allocation des émissions amont aux différentes matières premières** « de seconde génération » soulève de nombreux débats. Ce choix est d'autant plus **crucial qu'il peut conditionner en partie l'avenir des différentes filières**, sachant que la Commission européenne propose de **passer d'un objectif en part d'énergie renouvelable** dans la consommation d'énergie du secteur des transports (d'au moins 14%) **à un objectif de réduction de l'intensité carbone de l'énergie dans les transports** de 13% d'ici 2030³⁵.

En élargissant l'analyse à la dimension économique, on observe que les coûts d'abattement³⁶ **de production des EMHA C1-C2 et du bio-GNC** sont globalement **du même ordre de grandeur**, celui des **EMHA C3** étant quant à lui **environ 4 fois supérieur**. Il faut néanmoins garder à l'esprit que du point de vue de l'utilisateur final du biocarburant, il faudrait calculer un coût

³⁵ par rapport à un niveau d'émissions de référence des combustibles fossiles

³⁶ coût à la tonne de CO₂e évitée

d'abattement prenant en considération aussi le coût du véhicule et sa motorisation, ce qui n'a pas été fait dans le cadre de ces travaux.

Malgré leurs bénéfices climatiques et leur **contribution (modeste) à notre indépendance énergétique**, les EMAG avancés issus d'huiles alimentaires usagées et de graisses animales C1-C2 présentent toutefois des inconvénients :

- Leurs **gisements sont très limités**, et n'ont pas vocation à grossir,
- Ils demeurent des combustibles générant des **polluants à l'échappement** (NO_x, CO, HC..),
- La forte demande en huiles alimentaires usagées et leur traçabilité à ce jour insuffisante génèrent des **importations frauduleuses** d'huiles vierges ne respectant pas nécessairement les critères de durabilité.

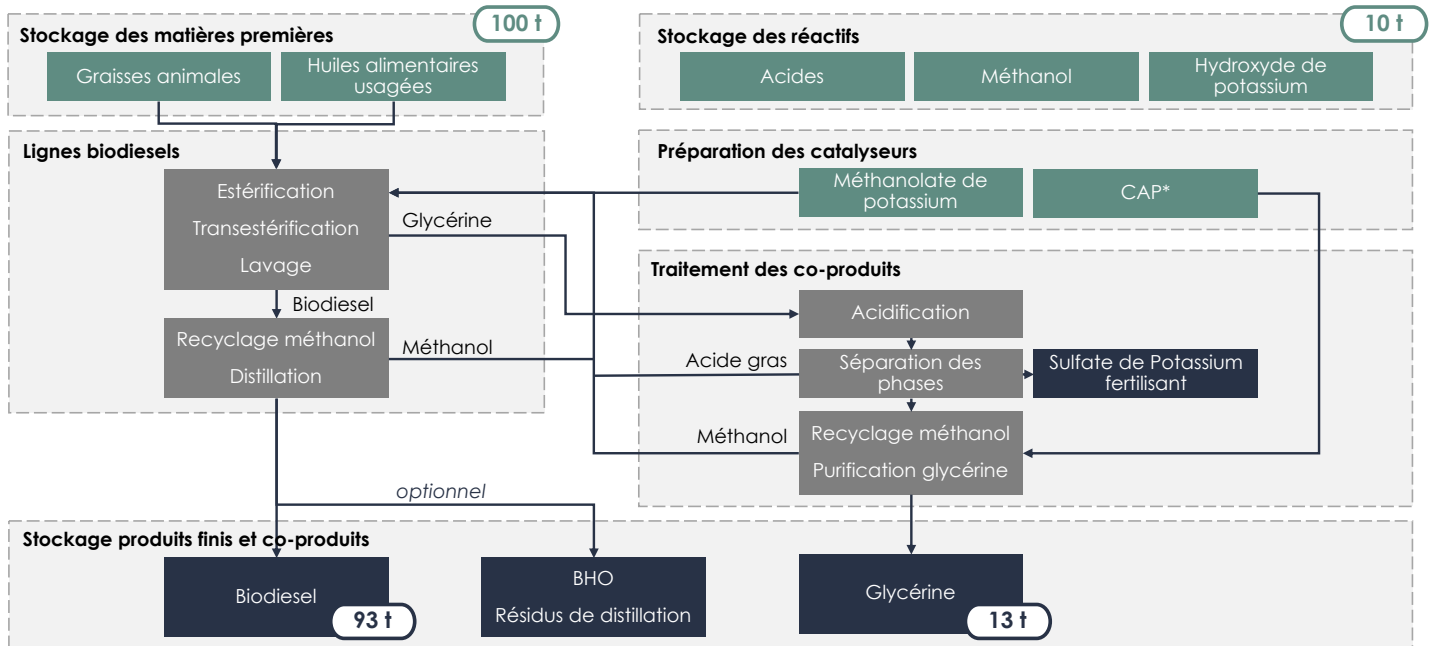
En conclusion, les EMHU et EMHA C1-C2 ont clairement un **rôle à jouer à court terme** comme substitut au diesel fossile **dans la flotte de véhicules en circulation**, afin de contribuer à la **réduction immédiate** ses émissions de gaz à effet de serre du transport. Pour la plupart des usages routiers, cette utilisation ne devrait être envisagée que **de manière transitoire** (jusque dans la décennie 2030), car des solutions déployables **à grande échelle** et tout aussi décarbonantes sont et seront de plus en plus disponibles (bioGNV, électrique à batteries). Ainsi, à l'avenir, comme ces filières lipidiques ont vocation à rester des niches du fait de la limitation évoquée ci-dessus, elles devraient **à terme être redirigées vers les usages les plus difficiles à décarboner** (transport terrestre lourd non électrifié ou difficilement électrifiable, aviation, fluvial).

Annexes

FIGURES

Figure 1 - Volumes de biodiesels contenus dans le diesel en France en 2020 (source : Ministère de la Transition écologique)	5
Figure 2 - Schéma de la filière	6
Figure 3 - Hiérarchie des utilisations des produits dérivés de co-produits et sous-produits de la Filière Viandes (adapté de l'EFPPRA Sustainability Charter).....	7
Figure 4 - Matières premières utilisées dans la production des EMHA incorporés en France en 2020.....	8
Figure 5 : Évolution des cibles d'incorporation (exprimées en % du PCI) dans les transports de la directive européenne relative aux énergies renouvelables (DC = double-comptage) ..	10
Figure 6 - Empreintes carbone des EMHU et EMHA C1 producteurs (gCO ₂ e/MJ)	12
Figure 7 - Comparaison de l'empreinte carbone des EMAG en fonction des émissions allouées à la matière première (gCO ₂ e/MJ).....	15
Figure 8 - Empreinte carbone moyenne sur la durée de vie d'un camion 19t vendu en 2022 en France – 600 000 km (gCO ₂ e/km)	16
Figure 9 - Coût d'abattement des différentes alternatives	23
Figure 10 - Principales hypothèses spécifiques aux camions 19 tonnes	30
Figure 11 - Hypothèses énergétiques	30
Figure 12 - Facteurs d'émissions utilisés pour le calcul des émissions de la fabrication et fin de vie des véhicules	31
Figure 13 - Méthode de calcul des coûts d'abattement "sortie d'usine"	31
Figure 14 - Données et principales hypothèses utilisées pour le calcul des coûts d'abattement des différents vecteurs énergétiques par rapport au diesel pur	31

SCHEMA DU PROCEDE DE TRANSFORMATION DES EMAG



*Mélange d'hydroxyde de potassium et d'eau

La transformation des EMAG génère également des **co-produits, BHO³⁷ et glycérine** typiquement, utilisés pour alimenter des **méthaniseurs** (uniquement pour la glycérine) ou des **fours de cimenteries**. Le **rendement demeure d'ailleurs très bon** : pour 100 tonnes de matières premières et intrants, près de 93 tonnes d'EMAG sortent des usines.

METHODOLOGIE DE CALCUL DES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE RESULTANT DE LA PRODUCTION ET DE L'UTILISATION DE BIOCARBURANTS DE LA RED II

L'Annexe V de la Directive européenne RED II définit les règles de calcul de l'impact sur les gaz à effet de serre des biocarburants. Les émissions de gaz à effet de serre résultant de la production et de l'utilisation de biocarburants sont calculées selon la formule suivante indiquée dans la figure qui suit :

³⁷ « Bio Heating Oil », équivalent renouvelable du fioul domestique

Total des émissions résultant de l'utilisation du carburant :

$$E = e_{ec} + e_l + e_p + e_{td} + e_u - e_{sca} - e_{ccs} - e_{ccr}$$

émissions résultant de l'**extraction ou de la culture des matières premières**
 émissions annualisées résultant de modifications des stocks de carbone dues à des **changements dans l'affectation des sols**
 émissions résultant de la **transformation**
 émissions résultant du **transport et de la distribution**
 émissions résultant du **carburant à l'usage**
 réductions d'émissions dues à l'**accumulation du carbone dans les sols** grâce à une meilleure gestion agricole
 réductions d'émissions dues au **piégeage et au stockage géologique** du CO2
 réductions d'émissions dues au **piégeage et à la substitution** du CO2

Les règles de calcul spécifient par ailleurs que « *les déchets et résidus (...), et les résidus de transformation (...), sont considérés comme des matériaux ne dégageant aucune émission de gaz à effet de serre au cours du cycle de vie jusqu'à leur collecte, indépendamment du fait qu'ils soient transformés en produits intermédiaires avant d'être transformés en produits finis* ».

La RED considère donc par défaut les émissions e_{ec} et e_l pour les biogazoles d'huiles de cuisson usagées et provenant de graisses fondues de catégories 1 et 2 comme nulles. Il en ressort que les seules émissions considérées pour ces produits résident dans les termes e_p et e_{td} :

$$E = 0 + 0 + e_p + e_{td} + 0 - 0 - 0 - 0$$

La RED II ne traite pas les biogazoles provenant de graisses fondues de catégorie 3. Il en ressort une certaine ambiguïté quant à la comptabilisation des émissions associées à la matière première.

FACTEURS D'ÉMISSIONS ET PRINCIPALES HYPOTHÈSES UTILISÉS POUR LE CALCUL DE L'EMPREINTE CARBONE D'UN CAMION 19 TONNES EN FONCTION DE SA MOTORISATION


 Camion 19t Motorisation	Invariant au cours du temps		Variant au cours du temps	2022	2032
	Poids	Durée de vie			
VT - Diesel	3 066 kg	600 000 km 10 ans	Conso réelle (MHEV) Part biodiesel B7	26 L/100 km 7%	22 L/100 km 7%
VT - GNC	3 325 kg <i>dont réservoir : 324 kg</i>	600 000 km 10 ans	Conso réelle (MHEV) Part bioGNC	22 kg/100 km 19,6%	19 kg/100 km 19,6%
VT - GNL	3 100 kg <i>dont réservoir : 99 kg</i>	600 000 km 10 ans	Conso réelle (MHEV) Part bioGNL	22 kg/100 km 19,6%	19 kg/100 km 19,6%
VEB	4 707 kg <i>dont batterie : 1 943 kg</i>	600 000 km 10 ans	Conso réelle Capacité batterie	100 kWh/100 km 311 kWh	95 kWh/100 km 432 kWh
VEH (électrolyse)	3 962 kg <i>dont batterie+réservoir : 680 kg</i>	600 000 km 10 ans	Conso réelle Taille réservoir	6,6 kg/100 km 43 kgH ₂	6,0 kg/100 km 43 kgH ₂

Figure 10 - Principales hypothèses spécifiques aux camions 19 tonnes

Vecteur énergétique	Hypothèse sous-jacente		2022	2032
Diesel à la pompe	Conventionnel en France : 80% colza / 14% palme / 5% soja / 2% avancé	Taux d'incorporation	69% B7 7% B10	51% E10 44% E20
	Avancé : déchets-résidus	Part de biodiesel avancé	5,5% convent. 0,1% avancé	5,7% convent. 2,2% avancé
GNL à la pompe	Biogaz ¹ : 46% d'agri. autonome / 33% d'agri. territorial / 12% STEP / 6% ISDND / 3% biodéchets (75% de trié à la source)	Taux d'incorporation de bio-GNL	19,6%	21,9%
		Facteur d'émission du GNL fossile & du biométhane	3,68 gCO ₂ e/kg 0,59 gCO ₂ e/kg	3,64 gCO ₂ e/kg 0,52 gCO ₂ e/kg
GNC à la pompe	Biogaz* : 46% d'agri. autonome / 33% d'agri. territorial / 12% STEP / 6% ISDND / 3% biodéchets (75% de trié à la source)	Taux d'incorporation de bio-GNC	19,6%	21,9%
		Facteurs d'émission du GNC fossile & du biométhane	3,00 gCO ₂ e/kg 0,59 gCO ₂ e/kg	2,98 gCO ₂ e/kg 0,52 gCO ₂ e/kg
Électricité	Projections du mix électrique fondées sur les études de l'AIE et la SNBC	Facteurs d'émissions France	54 gCO ₂ e/kWh	142 gCO ₂ e/kWh
Hydrogène	Vaporeformage centralisé	Facteurs d'émissions Électrolyse France	4,15 gCO ₂ e/kgH ₂	3,05 gCO ₂ e/kgH ₂

¹Mix GRDF 2018

Figure 11 - Hypothèses énergétiques

	FE fabrication châssis ¹		FE fabrication réservoir / batterie				FE fin de vie	
	Véhicule thermique kgCO ₂ e/kg	Véhicule électrique kgCO ₂ e/kg	Hydrogène ² kgCO ₂ e/kg	GNC kgCO ₂ e/kg	GNL kgCO ₂ e/kg	Batterie kgCO ₂ e/kWh	Véhicule kgCO ₂ e/kg	Batterie kgCO ₂ e/kWh
2022	5,0	4,6	410	10,8	5,0	97	0,4	15
2032	4,2	3,9	370	10,0	4,2	81	0,4	15

- ¹Facteur d'émissions de la fabrication du véhicule hors réservoir et batterie
- ²Même empreinte carbone pour les types III (350 bars) et les types IV (700 bars)

Figure 12 - Facteurs d'émissions utilisés pour le calcul des émissions de la fabrication et fin de vie des véhicules

METHODE DE CALCUL, DONNEES ET PRINCIPALES HYPOTHESES UTILISEES POUR LE CALCUL DES COÛTS D'ABATTEMENT

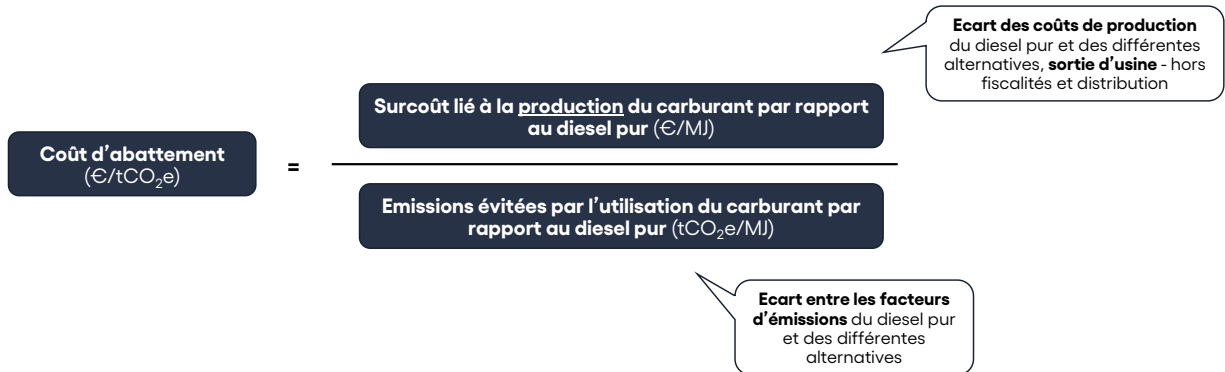


Figure 13 - Méthode de calcul des coûts d'abattement "sortie d'usine"

	Sources des données		Hypothèses - Période 2013-2020	Hypothèses - 1 ^{er} trimestre 2022
Diesel pur	Prix du gazole sur le marché de Rotterdam	UFIP	Moyenne 2013-2020	Moyenne janv.-avril 2022
EMAG	Prix des matières premières et coût de transformation	Industriel du secteur	Moyenne 2013-2020	Moyenne janv.-avril 2022
HVO C3	Prix des matières premières et coût de transformation (déduit du coût de production moyen de l'HVO HAU)	ICCT, <i>The potential of liquid biofuels in reducing ship emissions, 2020</i> EWABA and MVaK, <i>Conversion efficiencies of fuel pathways for Used Cooking Oil, 2021</i>	Prix des matières première moyen 2013-2020 Coût de transformation déduit du coût de production moyen de l'HVO HAU	Prix des matières première moyen janv.-avril 2022 Coût de transformation estimé par Carbone 4
BioGNC	Coût de production et des infrastructures	Jacques Wiart (ADEME), <i>Feuille de route réduction des coûts : où en sommes-nous ?</i> , Journées Recherche Innovation 2022 Ministère de la Transition écologique, <i>Bilan énergétique de la France pour 2019, 2021</i>	Coût moyen de production du biométhane injecté sur la période 2015-2020 Coût des infrastructures moyen 2013-2020	Coût de transformation estimé par Carbone 4 Coût des infrastructures moyen 2013-2020
GNC fossile	Coût d'approvisionnement et des infrastructures	Comité national routier, <i>Prix PEG mensuel, 2022</i> Ministère de la Transition écologique, <i>Bilan énergétique de la France pour 2019, 2021</i>	Moyenne 2013-2020 Coût des infrastructures moyen 2013-2020	Coût d'approvisionnement moyen janv.-avril 2022 Coût des infrastructures moyen 2013-2020

Figure 14 - Données et principales hypothèses utilisées pour le calcul des coûts d'abattement des différents vecteurs énergétiques par rapport au diesel pur

Note : l'HVO fait référence à l'huile végétale hydrogénée, qui est un biodiesel obtenu par un autre procédé que celui des EMAG. Appelé ici, par abus de langage, « HVO C3 » et « HVO HAU », il s'agit d'huiles hydrogénées issue de graisses animales de catégorie 3 et d'huiles alimentaires usagées, respectivement.

BIBLIOGRAPHIE

Pour les notions et hypothèses générales :

- **ADEME, CRMT, FRAIKIN et MARTIN BROWER**, *Mesures de performances environnementales sur un porteur MAN 26 tonnes EURO VI step C alimenté successivement en gazole et B100 en région lyonnaise*, 2020
- **Carbone 4**, *Transport routier : quelles motorisations alternatives pour le climat ?*, 2020
- **EURACTIV**, *Industry source: one third of used cooking oil in Europe is fraudulent*, 2019
- **EWABA et MVaK**, *Conversion efficiencies of fuel pathways for Used Cooking Oil*, 2021
- **FranceAgrimer**, *Allocations pour l'affectation de l'impact environnemental entre les produits et co-produits carnés*, 2017
- **IFPEN**, *Évaluation de l'impact du biodiesel pour les véhicules légers sur les émissions polluantes et particulièrement les suies*, 2016
- **Institut de l'économie circulaire**, *L'ester méthylique d'huile animale (EMHA), un biocarburant inscrit dans l'économie circulaire*, 2015
- **Ministère de la Transition écologique**, *Panorama 2020 des biocarburants incorporés dans les carburants en France*, 2021
- **UFIP**, *Un approvisionnement en pétrole et en gaz fortement dépendant des importations*, 2022
- **Union européenne**, *Directive (UE) 2018/2011 du Parlement européen et du Conseil relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables*, 2018
- **Union européenne**, *Règlement (CE) 1069/2009 du Parlement européen et du Conseil établissant des règles sanitaires applicables aux sous-produits animaux et produits dérivés non destinés à la consommation humaine et abrogeant le règlement (CE) no 1774/2002 (règlement relatif aux sous-produits animaux)*, 2019

Pour les calculs d'empreintes carbone et les comparaisons :

- **ADEME**, *Base carbone*
- **Agribalyse**
- **AFGNV**, *Part de bio-GNC dans la consommation totale de carburant (2014 à 2020)*, 2022
- **AFHYPAC**, *Applications de la pile à combustible et de l'hydrogène dans le transport routier*, 2018
- **Committee on Climate Change**, *Hydrogen in a low-carbon economy*, 2018
- **Fraunhofer Institute**, *Greenhouse gas emissions for battery electric and fuel cell electric vehicles with range over 300km*, 2019

- **Gas for climate**, *The optimal role for gas in a net-zero emissions energy system*, 2019
- **GFLI EFPRA**, *EFPRA Rendered Animal By-Products LCIA*, 2021
- **Globiom**, *The land use change impact of biofuels consumed in the EU*, 2015
- **ICCT**, *A methodological comparison for estimating renewable gas potential in France*, 2019
- **ICCT**, *What is the role for renewable methane in European decarbonization?*, 2019
- **IEA**, *Electricity Information*, 2021
- **IEA**, *Outlook for biogas and biomethane*, 2020
- **IEA**, *Technology Roadmap Hydrogen and Fuel Cells*, 2015
- **IFP énergies nouvelles**, *Bilan transversal de l'impact de l'électrification par segment*, 2018
- **IFP énergies nouvelles**, *Étude ACV de véhicules roulant au GNV et bioGNV*, 2019
- **IFP énergies nouvelles – E4T**, *Analyse de la consommation énergétique des véhicules routiers (du réservoir à la roue)*, 2018
- **IVL Swedish Environmental Research Institute**, *Lithium-Ion Vehicle Battery Production*, 2019
- **JEC**, *Well-to-Tank Database v5a*, 2018
- **Les comptes des transports en 2018**, 2019
- **National Renewable Energy Laboratory**, *Hydrogen Station Compression, Storage, and Dispensing Technical Status and Costs*, 2014

Pour les coûts d'abattements :

- **Carbone 4**, Données client industriel
- **Comité national routier**, *Prix PEG mensuel*, 2022
- **EWABA and MVAk**, *Conversion efficiencies of fuel pathways for Used Cooking Oil*, Final Report, 2021
- **ICCT**, *The potential of liquid biofuels in reducing ship emissions*, 2020
- **Jacques Wiar (ADEME)**, *Feuille de route réduction des coûts : où en sommes-nous ?*, Journées Recherche Innovation 2022
- **Ministère de la Transition écologique**, *Bilan énergétique de la France pour 2019*, 2021
- **UFIP**, *Tableau de bord de l'évolution des prix des produits pétroliers*, 2022
- **Union européenne**, *Directive (UE) 2018/2011 du Parlement européen et du Conseil relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables*, 2018



Carbone 4 est le premier cabinet de conseil indépendant spécialisé dans la stratégie bas-carbone et l'adaptation au changement climatique.

En permanence à l'écoute des signaux faibles, nous déployons une vision systémique de la contrainte énergie-climat, et mettons toute notre rigueur et notre créativité en œuvre pour transformer nos clients en leaders du défi climatique.

Contact : contact@carbone4.com