



# Axe 1 : Flotte opérée

---

A1 : Sous-axe Véhicule .....	24
A1 : Sous-axe Carburant.....	168
A1 : Sous-axe Conducteur .....	211

# A1 : Sous-axe Véhicule

A1 VEH FA 1 : Modernisation et ajustement du parc à son usage.....	26
Solution 1 : Optimisation de la puissance .....	29
Solution 2 : Choix d’une boite de vitesse robotisée.....	33
Solution 3 : Optimisation du pont .....	36
Solution 4 : Accélération de la modernisation de la flotte.....	38
A1 VEH FA 2 : Solutions techniques d’optimisation de la vitesse et du ralenti .....	41
Solution 1 : Régulateur de vitesse intelligent.....	44
Solution 2 : Bridage de la vitesse maximale des véhicules.....	47
Solution 3 : Coupure automatique du moteur au ralenti .....	51
A1 VEH FA 3 : Utilisation de lubrifiants moteurs à économie d’énergie.....	54
Solution : Lubrifiants moteur à économie d’énergie .....	56
A1 VEH FA 4 : Utilisation d’accessoires pour diminuer la résistance aérodynamique.....	61
Solution 1 : Accessoires tracteur et cabine .....	64
Solution 2 : Accessoires remorque et caisse .....	69
A1 VEH FA 5 : Optimisation des essieux.....	72
Solution 1 : Essieu relevable sur les remorques.....	74
Solution 2 : Essieu arrière autovireur sur les remorques.....	76
A1 VEH FA 6 : Amélioration de la maintenance des véhicules (hors pneumatiques).....	79
Solution 1 : Mise en place d’un système de suivi de maintenance.....	82
Solution 2 : Réalisation d’un carnet de bord destiné aux conducteurs .....	85
A1 VEH FA 7 : Gestion du parc de pneumatiques .....	86
Solution 1 : Pneumatiques basse résistance .....	89
Solution 2 : Recreusage et rechapage des pneumatiques .....	95
Solution 3 : Contrôle du gonflage des pneumatiques.....	102
Solution 4 : Optimisation de la géométrie .....	108
A1 VEH FA 8 : Climatisation.....	110
Solution 1 : Climatisation évaporative .....	113
Solution 2 : Climatisation autonome.....	116
A1 VEH FA 9 : Allègement du véhicule .....	118
Solution : Allègement du véhicule.....	120

A1 VEH FA 10 : Réduction des consommations liées aux besoins autres que la traction.....	123
Solution : Optimisation de l'alimentation des équipements .....	125
A1 VEH FA 11 : Température dirigée : choix du système de production de froid.....	127
Solution 1 : Définition de l'usage d'un engin pour le bon dimensionnement de son groupe frigorifique.....	132
Solution 2 : Groupes frigorifiques de transport ayant une option de biberonnage .....	134
Solution 3 : Groupe frigorifique à Haute Efficacité Energétique.....	137
Solution 4 : Groupe frigorifique électrique autonome .....	141
Solution 5 : Utilisation d'engins munis d'un groupe frigorifique cryogénique de CO2 ou d'azote liquide à injection indirecte.....	144
Solution 6 : Utilisation d'engins munis d'un groupe frigorifique cryogénique d'azote liquide à injection directe .....	149
Solution 7 : Engins réfrigérants équipés de plaques eutectiques ou d'un groupe dit à accumulation .....	152
Solution 8 : Chariot cryogénique .....	155
A1 VEH FA 12 : Température dirigée : Température dirigée : équipements spécifiques et maintenance .....	158
Solution 1 : Equipements spécifiques pour réduire les pertes de froid .....	160
Solution 2 : Maintenance des équipements frigorifiques .....	163
Solution 3 : Réfrigération connectée.....	165
A1 VEH FA Autres .....	167

# A1 VEH FA 1 : Modernisation et ajustement du parc à son usage

## Synthèse

### 1. Description de l'action

Lors du renouvellement du parc, trois principaux éléments définissent le dimensionnement du véhicule : la puissance, la boîte de vitesses et le pont. Ces éléments doivent être adaptés au type d'usage du véhicule.

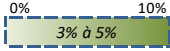



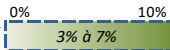








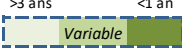


En parallèle de ces adaptations spécifiques, une réflexion plus globale sur l'accélération du renouvellement de la flotte vers la dernière norme Euro en vigueur peut être envisagée.

Cette action doit être mise en œuvre dès l'achat du véhicule, en forte interaction avec les constructeurs : elle est d'une importance capitale, car elle implique le parc de véhicules sur sa durée de vie.

### 2. Domaine de pertinence

Cette action s'adapte à tous les secteurs du transport. La plupart des actions de l'axe véhicule sont à étudier en cohérence avec cette action d'ajustement du parc.

### 3. Gains CO<sub>2</sub>

Solutions	Gains CO <sub>2</sub>	Retour sur investissement	Faisabilité	Domaine de pertinence
<b>Optimisation de la puissance</b> Choix d'une puissance raisonnable, adaptée au besoin				
<b>Choix d'une boîte de vitesses robotisée</b> Equipement de boîtes robotisées				
<b>Optimisation du pont</b> Choix du rapport de pont adapté au besoin				
<b>Accélération de la modernisation de la flotte</b> Renouvellement des véhicules anciens vers la dernière norme Euro en vigueur				

#### 4. Gains PA

Le manque d'études et de mesures sur ces optimisations du véhicule ne permet pas de déterminer un impact sur les émissions de polluants atmosphériques des 3 premières solutions. Concernant la 4<sup>ème</sup> solution, les gains en termes de polluants atmosphériques seront directement liés à la norme Euro des véhicules utilisés.

#### 5. Fiches complémentaires

L'accélération de la modernisation de la flotte est à mettre en vis-à-vis des possibilités d'utilisation d'énergies alternatives au gazole (cf. fiches A1 CARB FA 1 : Motorisations électriques et A1 CARB FA 2 : Utilisation de carburants alternatifs).

## Contexte et réglementation

On observe une augmentation constante de la puissance moyenne du parc de poids lourds français, qui se trouve aujourd'hui autour de 450 CV pour les véhicules grands routiers. Trois facteurs sont à l'origine de l'augmentation de la puissance du parc : la volonté des constructeurs d'offrir toujours plus à leurs clients, le confort des conducteurs et le souci de rester à une vitesse correcte en montée.

Plus récemment, on observe dans le cas des poids lourds une tendance au « downspeeding » qui va dans le sens d'une diminution des consommations.

*IE : de l'ordre de 1 000 tours/mn sur un véhicule Euro VI, le régime au point de croisière sur un véhicule Euro V est de 1 280 tours/mn, alors qu'il est de 1 380 tours/mn sur un Euro IV. Pour un véhicule utilitaire léger d'un PTAC de 2 t, le couple maximum est atteint dès 1750-2500 tr/mn*

Trois éléments en cascade sont à considérer :

- le moteur, qui définit une puissance maximale ;
- la boîte de vitesses, qui permet d'optimiser la traction ;
- le pont, qui transmet aux roues l'énergie mécanique nécessaire pour assurer le déplacement du véhicule à différentes vitesses.

Le contexte est différent dans le cas des **véhicules utilitaires légers** puisque des limites sur les émissions de CO<sub>2</sub> par les véhicules utilitaires légers neufs existent depuis 2017 (*règlement n° 510/2011*). Dans le cadre du troisième paquet « mobilité propre », ces limites ont été revues en 2019 : **les émissions de CO<sub>2</sub> des camionnettes neuves devront être inférieures de 15% en 2025 et de 31% en 2030 (par rapport aux niveaux de 2021)**. Il s'agit d'objectifs à l'échelle du parc de l'UE. L'effort de réduction des émissions de CO<sub>2</sub> sera réparti entre les constructeurs sur la base de la masse moyenne de leur parc de véhicules.

En parallèle, le Conseil de l'UE et le Parlement européen ont publié au Journal officiel de l'Union Européenne le 25/07/2019 le *règlement (UE)2019/1242* fixant, pour la première fois dans l'UE, des normes pour les émissions de CO<sub>2</sub> des **poids lourds neufs**. Leurs **rejets carbone devront être 30% inférieurs en 2030 par rapport à ceux de la période de référence du 01/07/2019 au 30/06/2020**. Les constructeurs de poids lourds qui ne respectent pas cet objectif « devront s'acquitter d'une pénalité financière prenant la forme d'une prime sur les émissions excédentaires », précise le Conseil. Un **objectif intermédiaire de -15% à l'horizon 2025** a également été adopté. Les véhicules basses émissions devront représenter 2% de part de marché en 2025 sur les ventes de nouveaux véhicules. Le texte prévoit également que la Commission propose un objectif post-2030 dès 2022 et qu'il soit « aligné sur l'Accord de Paris ».

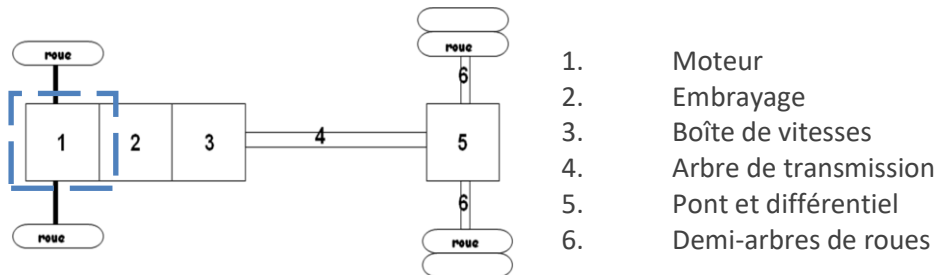
**Pour les entreprises, ces réglementations constituent une incitation forte à optimiser leur parc de véhicules.**

En parallèle des gains sur les consommations de carburant, les **émissions polluantes** des véhicules sont encadrées depuis les années 90 par des normes européennes, dites normes « Euros », issues de directives. Ces normes concernent les émissions d'oxydes d'azote (NOx), de monoxyde de carbone (CO), d'hydrocarbures (HC) et de particules (PM) mais n'imposent aucun objectif sur les émissions de gaz à effet de serre tels que le CO<sub>2</sub>. Les seuils d'émissions pour les différentes normes Euro se durcissent de normes en normes et sont différentes selon le type de véhicule (véhicule léger et véhicule lourd et la motorisation diesel ou essence).

La dernière norme pour les poids lourds, Euro VI, est en vigueur depuis le 01/01/2014. Celle pour les véhicules utilitaires légers <1305 kg, Euro 6c est en vigueur depuis septembre 2018, et depuis septembre 2019 pour les véhicules utilitaires légers de 1305 à 3500 kg.

## Solution 1 : Optimisation de la puissance

### 1. Principes



La puissance est le premier paramètre qui influence la consommation du véhicule. En effet, une puissance trop élevée est un facteur de surconsommation à 3 niveaux :

- L'utilisation d'un moteur dans sa plus basse plage de fonctionnement (en dessous des 1100-1200 tours/mn) ne permet pas d'optimiser le rendement.
- Cette surpuissance entraîne un surpoids significatif du moteur et de la chaîne cinématique associée (cf. A1 VEH FA 9 : Allègement du véhicule).
- Enfin, l'expérience montre qu'une forte puissance disponible est parfois utilisée par le conducteur même si elle n'est pas forcément nécessaire.

L'enjeu est donc de réduire les marges de confort tout en permettant de satisfaire les contraintes de service en termes de performance logistique et de sécurité.

On considère qu'en régime de croisière sur un trajet plat, un long routier a besoin de 120-130 kW (soit 160-170 CV) pour maintenir sa vitesse : la puissance supplémentaire permet les accélérations ainsi que la conduite en côte, elle est donc un facteur de sécurité mais aussi un facteur de confort.

Dans le cas d'un véhicule utilitaire léger sur trajet routier, le besoin de puissance est généralement dans la fourchette de 60 (fourgon compact) à 130 CV (fourgon).

### 2. Impact sur la consommation de carburant et sur les émissions de GES

La consommation de carburant augmente significativement avec la puissance des véhicules.

Puissance (CV)	Consommation moyenne (litres/100 km)
60-130	10,2
131-170	21,0
171-230	23,2
231-310	30,5
311-380	33,4
381-480	34,7

Sources :

- Pour les véhicules utilitaires légers (catégorie 60-130 CV) : [www.guidetopten.fr](http://www.guidetopten.fr) <sup>3</sup> et [www.ate.ch](http://www.ate.ch) <sup>4</sup>
- Pour les poids lourds : [www.energeco.org](http://www.energeco.org) ; Données basées sur 1 300 tests réalisés avec un ensemble représentatif de véhicules de toutes catégories (petits porteurs, grands porteurs et ensembles routiers) basées sur les résultats du conso-comparateur « Energeco<sup>5</sup> ».

Le tableau précédent montre, dans le cas des poids lourds, qu’une diminution de 50-80 CV permet d’économiser environ 5%-10% (environ 2 l/100 km) de carburant. Si l’on suppose que cet écart de consommation reflète à la fois l’augmentation de PTAC et l’augmentation de puissance dans des conditions identiques de charge, il paraît préférable de retenir la fourchette basse de cette estimation. Dans le cas des véhicules utilitaire léger, le gain de consommation est de l’ordre de 3%. Il est proportionnellement plus faible que pour les poids lourds car les écarts de puissance pour un modèle donné sont moins élevés.

Pour certaines configurations de tournées spécifiques, lorsque les dénivelés sont importants, les poids lourds ont au contraire besoin d’une puissance supérieure.

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gain lié à une diminution de la puissance de 50 CV (% consommation en l/100 km)	Gain lié à une augmentation de la puissance de 50 CV (% consommation en l/100 km)
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	3%	n.a
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t	5%	Variable
Grand porteur	Régional	>12 t		
Ensemble routier	Longue Distance	40 t		

Sources :

- Calcul moyen à partir des données du site [www.energeco.org](http://www.energeco.org) (pour les poids lourds)
- Estimation constructeur (pour les véhicules utilitaires légers)

### 3. Impact sur les émissions de polluants atmosphériques

L’impact sur les émissions de polluants atmosphériques d’une optimisation de la puissance du véhicule dépend de nombreux critères et notamment du type d’optimisation, de la situation de départ, de la technologie du véhicule, ... L’analyse des études sur le sujet<sup>6</sup> montre que les effets sont très variables. Le manque de références pour atteindre des conclusions plus précises sur l’effet de l’optimisation de la puissance du moteur sur les émissions de polluants incite à considérer un effet variable non quantifiable.

<sup>3</sup> Le guide Topten est une initiative du WWF-France et de l’association de consommateurs CLCV. Ce comparateur d’achat, développé sur le modèle Suisse [www.topten.ch](http://www.topten.ch) est soutenu par l’ADEME et fait partie du réseau Européen Euro-Topten [www.topten.info](http://www.topten.info), lui-même soutenu par la Commission Européenne (dernière mise à jour en sep. 2017 pour le site français ; le site suisse est toujours opérationnel).

<sup>4</sup> L’ATE (Association Transports et Environnement) œuvre depuis 1979 en faveur de l’optimisation de la mobilité. L’outil EcoMobiliste fournit des recommandations concrètes pour l’achat des véhicules selon des critères écologiques.

<sup>5</sup> [www.energeco.org](http://www.energeco.org)

<sup>6</sup> ADEME, Estimation des gains potentiels en émissions de polluants atmosphériques (PM, NOx, COV) des actions de la charte d’engagement volontaire « Objectif CO2 Les transporteurs s’engagent », 2016.



#### 4. Domaine de pertinence

Cette action est pertinente pour toutes les activités de transport.

Certains types de trajets empruntés peuvent représenter une contrainte pour cette solution. En effet, lorsque les dénivelés sont importants, des puissances élevées sont justifiées puisqu'elles permettent de conserver une vitesse suffisante. Cette solution sera d'autant plus pertinente que les véhicules sont dédiés à des parcours spécifiques permettant ainsi cette optimisation.

Dans le cas des véhicules utilitaires légers effectuant principalement des trajets urbains, il est important de tenir compte du type de charge transportée, et donc du métier, pour optimiser la puissance :

- Dans le cas où le véhicule transporte du « volume » (c'est-à-dire des marchandises ayant un ratio poids/volume faible) une puissance modérée suffit et l'on peut sans difficulté se situer dans la partie basse de la fourchette de puissance d'un modèle donné. En outre, pour consommer le moins possible, il est recommandé de concilier une chaîne cinématique longue et une faible puissance.
- Au contraire, si le véhicule transporte du « poids » et que le poids du véhicule chargé se rapproche du PTAC, il est préférable de disposer d'une réserve de puissance.

A contrario, dans le cas des véhicules utilitaires légers effectuant des trajets routiers longue distance, il est indispensable que le conducteur dispose de suffisamment de puissance, afin d'éviter de surconsommer, en particulier dans les montées avec des véhicules équipés d'un régulateur de vitesse. Pour un fourgon, on choisira une puissance d'au moins 120 CV.

#### 5. Mise en œuvre

Cette action doit être engagée lors du renouvellement des véhicules.

La première étape consiste à réaliser une analyse des consommations en fonction de la puissance du véhicule, à charge transportée et à usage équivalents. Dans une deuxième étape, un dialogue poussé avec les différents constructeurs doit être engagé afin de choisir la puissance la mieux adaptée à la spécificité des activités du transporteur et aux missions du véhicule. Certains constructeurs proposent à leurs clients de tester les véhicules, ce qui peut être un moyen efficace de valider l'adéquation de la puissance au besoin et de mesurer la consommation du nouveau véhicule dans ses conditions d'utilisation.

Cette solution présente un temps court de retour sur investissement (< 1 an) puisque les modèles moins puissants sont en général moins chers à l'achat.

La faisabilité de mise en œuvre de cette solution peut être considérée comme facile à intermédiaire : si elle ne nécessite pas de changement dans l'organisation, la solution optimale n'est pas évidente à déterminer et se heurte aussi au degré de polyvalence des véhicules de certaines flottes.

Dans le cas des véhicules utilitaires légers, il faut compter un surcoût d'environ 1 500 € pour un supplément de puissance de 25 CV<sup>7</sup>. D'autre part, il est important que l'acheteur d'un véhicule utilitaire léger s'informe de manière détaillée auprès des constructeurs préalablement à l'achat, afin de tenir compte de l'évolution des gammes de véhicules dans le temps, et de leurs consommations moyennes<sup>8</sup>, qui peuvent avoir tendance à augmenter. De ce fait, si une entreprise souhaite par exemple renouveler un véhicule utilitaire léger de 120 CV pour un usage principalement longue distance, elle a

<sup>7</sup> Données du constructeur (passage d'un VUL de 100 CV à un 125 CV).

<sup>8</sup> Par exemple un fourgon Euro V de 120 CV va consommer environ 2 l/100 km de plus qu'un équivalent Euro IV de même puissance (données du constructeur).

plutôt intérêt à opter pour un 150 CV afin d'éviter que le moteur peine dans les montées, ce qui se traduirait par une augmentation de la consommation.

## 6. Suivi de la solution

La solution peut s'appliquer d'une part à une diminution de la puissance (cas standard) ou à une augmentation de la puissance (cas spécifique).

Indicateurs de suivi de la solution :

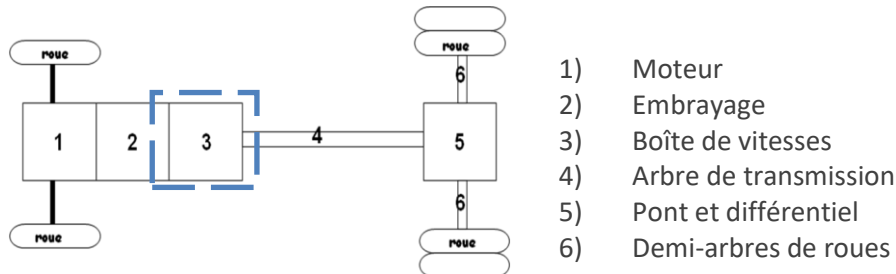
- Nombre de véhicules renouvelés avec une puissance inférieure (ou supérieure), à mission équivalente ;
- Ecart moyen entre la consommation des véhicules entrants et des véhicules sortants du parc (en litre/100 km).

Modalités pratiques de collecte des données :

- Construction d'un tableau à double entrée présentant le nombre de véhicules du parc par puissance et par activité (missions des véhicules, contexte géographique, ...) ;
- Tableau de suivi des véhicules neufs : puissance, PTAC, type de boîte, rapport de pont, ...

## Solution 2 : Choix d'une boîte de vitesse robotisée

### 1. Principes



On distingue trois types de boîtes de vitesses : manuelles, automatiques et robotisées.

Les boîtes automatiques et robotisées permettent toutes deux de déterminer de façon automatique le meilleur rapport de transmission, mais avec des technologies différentes :

- La boîte de vitesses automatique est équipée d'un convertisseur de couple qui remplace l'embrayage. Ce convertisseur ayant besoin d'énergie pour fonctionner, il induit une légère surconsommation.
- La boîte de vitesses robotisée, BVR, (avec ou sans synchronisateur) comprend un robot électrohydraulique en plus de la boîte manuelle classique. Il commande la gestion électronique de l'embrayage et du passage des rapports. On peut assimiler le fonctionnement d'une BVR à la gestion automatisée d'une boîte manuelle. On distingue deux modes de fonctionnement dans cette solution technique :
  - Les boîtes « séquentielles » qui forcent à passer les rapports successivement ;
  - Les boîtes « impulsionnelles » qui permettent de sauter des rapports sans passer par les intermédiaires.

Les avantages par rapport à la boîte automatique sont multiples : la perte énergétique est moindre et l'entretien est moins coûteux. Par rapport à la boîte manuelle, cette solution apporte également une amélioration en termes de confort de conduite et de sécurité. Certaines options proposent des optimisations supplémentaires du fonctionnement de la boîte.

La boîte robotisée est proposée sur toutes les gammes de poids lourds, et est également disponible sur la plupart des véhicules utilitaires légers (tous PTAC).

### 2. Impact sur la consommation de carburant et sur les émissions de GES

L'intérêt d'une boîte de vitesses robotisée est de proposer une gestion automatique de l'embrayage et du passage des rapports, pour un coût énergétique limité.

Toutefois, la boîte de vitesses robotisée ne remplace pas l'anticipation des conducteurs. A titre d'exemple, à l'approche d'une montée, le conducteur pourra rétrograder plus tôt que la boîte robotisée. Certaines commandes électroniques peuvent cependant également intégrer des paramètres externes au moteur (changement de déclivité par exemple).

Pour les poids lourds, les résultats d'un test mené par l'ADEME et un transporteur sur 2 agences pilotes et 11 ensembles routiers de 40 t de PTAC et sur des périodes allant de 6 à 12 mois sont les suivants :

- Réduction moyenne de la consommation de 1,2 l/100 km ;
- Lissage des consommations entre les conducteurs (l'écart type se réduit de 2,5 l/100 km) ;

- Conducteurs originellement performants : consommation identique, voire légère augmentation ;
- Conducteurs originellement peu performants : forte diminution des consommations.

Dans le cas des véhicules utilitaires légers, la boîte robotisée est bien adaptée aux besoins de la circulation en milieu urbain. Son impact en termes de consommation de carburant se traduit par un lissage des performances des conducteurs. Sur des trajets urbains, on observe en effet, au sein d'une même entreprise, des différences de consommation de carburant pouvant aller jusqu'à 40% selon le conducteur. Pour un conducteur ayant tendance à accélérer fortement, la boîte robotisée permet d'économiser beaucoup de carburant. Cependant, un « bon » conducteur ne verra pas sa consommation diminuer avec l'usage d'une boîte robotisée.

Le tableau suivant présente les gains associés à cette solution :

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gains liés à cette solution (% consommation en l/100 km)
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	7%
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t	4%
Grand porteur	Régional	>12 t	3,5%
Ensemble routier	Longue Distance	40 t	3%

Sources : ADEME, entretiens constructeurs

### 3. Impact sur les émissions de polluants atmosphériques

Le passage à une boîte robotisée n'a pas d'effet identifiable sur les émissions de polluants atmosphériques. L'analyse des études sur le sujet<sup>9</sup> montre qu'il manque des références pour atteindre des conclusions plus précises sur l'effet de l'optimisation de la puissance du moteur et de la chaîne cinématique sur les émissions de polluants. La réduction des fortes accélérations conduit cependant à envisager un impact positif sur les émissions de polluants atmosphériques.

### 4. Domaine de pertinence

Les gains liés à l'usage d'une boîte robotisée seront plus importants sur des parcours ou types de transport impliquant de nombreux changements dans les rapports de vitesses (zones urbaines, parcours avec variations fréquentes de dénivelés, ...).

Dans le cas des poids lourds, la boîte robotisée est devenue un standard sur la gamme longue distance.

### 5. Mise en œuvre

Cette action doit être engagée lors du renouvellement des véhicules. Elle n'est pas envisageable a posteriori, car elle serait trop coûteuse. Le surcoût associé à l'équipement en boîte robotisée lors de l'achat d'un poids lourd est généralement compris entre 2 000 et 4 000 €. Pour un véhicule utilitaire léger du type fourgon, le surcoût à l'achat d'une boîte robotisée est de l'ordre de 1 500 €.

Une formation pour accompagner la prise en main des conducteurs est fortement recommandée pour donner suite au changement de boîte car le mode de conduite est notablement modifié.

<sup>9</sup> ADEME, *Estimation des gains potentiels en émissions de polluants atmosphériques (PM, NOx, COV) des actions de la charte d'engagement volontaire « Objectif CO<sub>2</sub> Les transporteurs s'engagent »*, 2016.

Cette action est à envisager en lien avec l'action éco-conduite (cf. A1 COND FA 1 : Mise en place d'un programme éco-conduite) et l'action de suivi des consommations (A1 CARB FA 4 : Amélioration du suivi des consommations). Elle a en effet moins de sens si les conducteurs sont déjà performants et pourra donc être proposée de préférence aux conducteurs les moins performants en termes de gestion de la boîte de vitesses.

Dans les conditions de coût listées ci-dessus, le temps de retour sur investissement est considéré comme intermédiaire (1-3 ans).

Enfin, la faisabilité de cette solution peut être considérée comme relativement facile, les boîtes robotisées étant proposées par tous les constructeurs.

## 6. Suivi de la solution

Indicateur de suivi de la solution :

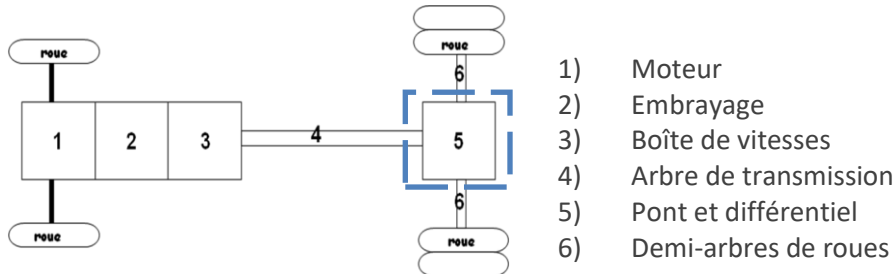
- Nombre de véhicules équipés d'une boîte de vitesses robotisée ;

Modalités pratiques de collecte des données :

- Tableau de suivi des véhicules neufs : puissance, PTAC, type de boîte, rapport de pont...

## Solution 3 : Optimisation du pont

### 1. Principes



Le pont assure la transmission de l'énergie du moteur jusqu'aux roues. La « longueur » du pont est le rapport de démultiplication entre la vitesse de rotation de l'arbre de transmission et la vitesse de rotation des roues. Elle peut varier entre 1:2,2 (pont rapide / pont long) et 1:2,8 (pont lent ou pont court).

Un rapport de pont long est pertinent pour de longues distances à vitesse stabilisée, mais les reprises seront plus faibles. Un rapport de pont court est pertinent pour des changements de vitesse fréquents. Les constructeurs de véhicules utilitaires légers ont tendance à allonger le rapport de pont pour pouvoir revendiquer des consommations aussi faibles que possible. La conséquence est parfois un manque de couple dans les côtes (pour gagner en nervosité, il faut en effet rétrograder sur le 3ème ou le 4ème rapport, ce qui a un impact négatif sur la consommation). En urbain, ce facteur est moins important car le chauffeur a toujours la possibilité de rétrograder pour accélérer franchement.

### 2. Impact sur la consommation de carburant et sur les émissions de GES

Pour les poids lourds, l'écart maximum de consommation entre la situation la plus favorable et la moins favorable en termes de réglage de pont est d'environ 5%. Le gain moyen associé à cette action est de 2,5%.

Le gain de consommation lié à l'utilisation d'un pont court sur un véhicule utilitaire léger à propulsion est du même ordre de grandeur que pour les poids lourds.

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gains liés à cette solution (% consommation en l/100 km)
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	2,5%
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t	
Grand porteur	Régional	>12 t	
Ensemble routier	Longue Distance	40 t	

Sources : [www.energeco.org](http://www.energeco.org), entretiens constructeurs

### 3. Impact sur les émissions de polluants atmosphériques

Une analyse des études sur le sujet<sup>10</sup> montre que la solution n'a pas d'effet directement identifiable sur les émissions de polluants.

Il manque néanmoins des références pour atteindre des conclusions plus précises sur l'effet de l'optimisation du pont sur les émissions de polluants.

### 4. Domaine de pertinence

Cette action est pertinente pour tous les types de véhicules. Le réglage du pont doit être discuté avec les constructeurs et adapté à la vitesse maximale et au type de trajet de chaque véhicule. Cette solution sera d'autant plus pertinente que les véhicules sont spécialisés sur des trajets récurrents, ce qui permet d'optimiser spécifiquement le véhicule.

En ce qui concerne les véhicules utilitaires légers, seuls les véhicules à propulsion sont concernés par cette solution<sup>11</sup>. En pratique, les constructeurs ont tendance à proposer de plus en plus fréquemment un rapport de pont unique. Certains véhicules de 3,5 t à propulsion sont toutefois proposés avec deux rapports de pont : un « normal » et un « long », le couple long n'étant intéressant que pour les trajets sur autoroute (messagerie, course longue distance, ...).

### 5. Mise en œuvre

Cette action doit être engagée lors du renouvellement des véhicules, car une modification a posteriori est coûteuse. Pour mettre en œuvre cette solution, il sera nécessaire de demander au constructeur une étude de modélisation. Pour réaliser cette étude, le constructeur aura alors besoin des informations concernant les caractéristiques des trajets effectués (dénivelés, vitesse maximum, nombre d'arrêts, conditions de circulation, ...). Grâce à ces éléments, le constructeur sera alors à même de fournir une information plus précise sur le rapport de pont optimum. Il est important de noter que les rapports de pont optimum sont associés à des caractéristiques précises des types de trajets réalisés. Toute modification de ces trajets ou des conditions d'utilisation aura des conséquences sur les performances du véhicule.

Cette solution présente un très bon temps de retour sur investissement (< 1 an) puisque les coûts spécifiques à cette solution sont nuls.

Enfin, la faisabilité de mise en œuvre de cette solution peut être considérée comme facile à intermédiaire : si elle ne nécessite pas de changement dans l'organisation, la solution optimale n'est pas évidente à déterminer et se heurte aussi au degré de polyvalence des véhicules de la flotte.

### 6. Suivi de la solution

Indicateurs de suivi de la solution :

- Nombre de véhicules ayant fait l'objet d'une optimisation de pont avec le constructeur ;
- Gain moyen (l/100 km) estimé par le constructeur après optimisation du pont.

Modalités pratiques de collecte des données :

Tableau de suivi des véhicules neufs : puissance, PTAC, type de boîte, rapport de pont, ...

<sup>10</sup> ADEME, Estimation des gains potentiels en émissions de polluants atmosphériques (PM, NOx, COV) des actions de la charte d'engagement volontaire « Objectif CO<sub>2</sub> Les transporteurs s'engagent », 2016.

<sup>11</sup> La plupart des véhicules utilitaires légers du type fourgon ou châssis-cabine sont proposés soit en mode propulsion (par les roues arrière), soit en mode traction. Dans ce dernier cas il n'y a pas de pont.

## Solution 4 : Accélération de la modernisation de la flotte

### 1. Principes

Les véhicules les plus récents doivent répondre à la dernière norme Euro (Euro VI depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2014 pour les poids lourds et Euro 6 depuis le 1<sup>er</sup> septembre 2015 pour les véhicules utilitaires légers). Même si une grande partie du parc roulant est déjà Euro VI (57% pour la longue distance), une partie du parc reste composée de véhicules plus anciens.

#### Parc Exploité selon la spécification Euro du véhicule (en %)

	0 à 19 salariés	20 à 49 salariés	50 salariés et plus	Ensemble 2017	Rappel 2016
Euro 0, I et II	0,0	0,0	0,2	0,1%	0,1
Euro III	4,5	0,6	1,2	1,9%	3,5
Euro IV	7,9	4,5	3,0	4,6%	7,4
Euro V et EEV	42,1	39,3	33,0	36,7%	46,4
Euro VI	45,5	55,6	62,6	56,7%	42,6

Source : Enquête longue distance CNR 2017

L'objectif de cette action est ainsi d'anticiper le renouvellement des véhicules Euro IV (pour les véhicules lourds), Euro 4 (pour les véhicules légers) ou moins vers des véhicules Euro VI ou 6.

Pour développer ces nouveaux moteurs Euro VI, les constructeurs ont adopté deux stratégies différentes :

- Soit ils se sont basés sur un bloc moteur développé pour l'Euro V et l'ont optimisé (notamment pour les systèmes SCR -post-traitement par réduction catalytique sélective-)
- Soit ils sont repartis de zéro pour créer un nouveau moteur (notamment pour s'affranchir de l'EGR -recirculation refroidie des gaz d'échappement-)

Un filtre à particules complète systématiquement le système de réduction des NOx.

L'allègement d'un véhicule sans EGR, par rapport à un moteur avec EGR et SCR peut se monter à ~40 kg. Ce différentiel pourra servir à emporter plus de litres d'Adblue (~6% en moyenne pour un moteur SCR alors que le taux d'un véhicule avec EGR et SCR est de 3% en moyenne<sup>12</sup>).

Le renouvellement du parc de véhicules dépend du plan d'amortissement envisagé par l'entreprise. En général, la durée de vie des véhicules est fixée entre 8 et 10 ans en raison de l'impact financier. Le tableau ci-dessous présente la durée de vie moyenne des véhicules en km en fonction de la classe de PTAC. Plus le tonnage du véhicule augmente plus la durée de vie du véhicule augmente.

Classe de PTAC	Durée de vie en km
----------------	--------------------

<sup>12</sup> Source : constructeur



Porteur 3,5 t	300 000
Porteur 7,5 t	380 000
Porteur 12 t	480 000
Porteur 19 t	550 000
Ensemble routier	750 000

Source : Base Carbone

## 2. Impact sur la consommation de carburant et sur les émissions de GES

L'enjeu est de dépolluer sans augmenter la consommation, or on sait que les moyens mis en œuvre pour amener à des réductions de polluants peuvent induire un accroissement de la consommation, qui, par le passé, a pu être compensé par l'optimisation du processus interne du moteur. Si la consommation moyenne d'un poids lourds est passée d'environ 50 l/100 km au début des années 70 à 35 l/100 km dans les années 90, la mise en œuvre des normes à partir de Euro II n'a plus permis de gagner que 2 à 3 l/100 km.

Aucune hypothèse de gain n'est ainsi retenue par défaut puisqu'elle va dépendre en premier lieu :

- De la norme Euro du véhicule sortant du parc ;
- De la norme Euro du véhicule entrant.

D'autres considérations, comme la marque et le système de dépollution retenu (EGR ou SCR), vont également avoir une influence sur la réduction éventuelle des consommations. En effet, les approches technologiques utilisées par les constructeurs pour répondre aux seuils d'émissions des polluants atmosphériques ne sont pas les mêmes et vont engendrer une consommation énergétique spécifique différente.

## 3. Impact sur les émissions de polluants atmosphériques

Les normes Euro s'appliquent lors de l'homologation des véhicules neufs sur banc d'essai. Pour les poids lourds, la réception par type porte sur le moteur (ou plus exactement le moteur parent d'une famille de moteurs), qui est homologué par rapport à ses émissions à l'échappement, car les poids lourds sont produits avec une grande variété de dimensions de châssis et de transmissions différentes (contrairement aux véhicules légers produits « en masse »).

En ce qui concerne les polluants atmosphériques, la pratique a montré un écart important (en positif comme en négatif selon le type de véhicule) entre les valeurs d'homologation sur le cycle testé et les valeurs observées en condition réelle de circulation (« facteur de conformité » pouvant varier de plusieurs unités). Ainsi les gains réels entre deux véhicules différents ne peuvent être évalués que dans le cadre de mesures à l'échappement en condition réelle d'exploitation. Toutefois, à isopérimètre de conditions d'utilisation du véhicule, les gains attendus par cette solution seront liés aux normes Euro des véhicules remplacés et des véhicules les remplaçant.

## 4. Domaine de pertinence

Cette action est pertinente pour toutes les activités de transport et tous les gabarits de véhicules.

En outre le renouvellement anticipé de la flotte est particulièrement intéressant pour répondre à la mise en place par une agglomération d'une zone à faibles émissions mobilité (ZFE-m) sur tout ou partie de son territoire. A l'intérieur de la zone délimitée par la ZFE-m, l'accès est en effet limité pour les véhicules les plus émetteurs de polluants atmosphériques, dans l'objectif d'améliorer la qualité de l'air et protéger la santé des populations.

## 5. Mise en œuvre

Cette action s'inscrit dans le cadre programmé du renouvellement de la flotte, en s'appuyant sur le changement des véhicules les plus anciens, sa faisabilité est donc facile puisque n'incorporant pas de développements spécifiques.

Le temps de retour sur investissement est variable puisqu'il va dépendre des véhicules remplacés et des véhicules les remplaçant (de la même façon que les gains en termes d'émissions de CO<sub>2</sub> ou de polluants atmosphériques dépendent également de l'ancien et du nouveau véhicule).

La question du renouvellement des véhicules peut être abordée de façon plus large et ouvrir à l'opportunité d'acquisition de véhicules à motorisations électriques (cf. A1 CARB FA 1 : Motorisations électriques) ou à carburants alternatifs (cf. A1 CARB FA 2 : Utilisation de carburants alternatifs).

## 6. Suivi de la solution

Indicateurs de suivi de la solution

- Nombre de véhicules Euro VI ou 6 achetés en renouvellement de véhicules Euro IV, 4 ou moins

Modalités pratiques de collecte des données :

- Suivi de l'état du parc

# A1 VEH FA 2 : Solutions techniques d'optimisation de la vitesse et du ralenti

## Synthèse

### 1. Description de l'action

Le bridage vitesse consiste à limiter / bloquer la vitesse du véhicule à une valeur maximale donnée. Cette valeur doit offrir le meilleur compromis entre la consommation et les contraintes d'exploitation (délai de livraison). Le choix de la vitesse de bridage doit être précédé d'une série de tests. La vitesse doit être définie au km/h près, entre 80 et 90 km/h pour les poids lourds et 110 km/h pour les véhicules utilitaires légers.

La coupure automatique du moteur au ralenti consiste à équiper le véhicule d'un système qui fait en sorte qu'à l'issue d'une durée réglable (quelques minutes) après l'arrêt du véhicule et le serrage du frein de parc, le moteur soit coupé automatiquement.

Le régulateur de vitesse intelligent permet une régulation prédictive de la vitesse en fonction des données de navigation.

### 2. Domaine de pertinence

Le bridage de la vitesse est particulièrement pertinent pour les parcours longue distance à vitesse stabilisée.

La coupure automatique du moteur au ralenti est préconisée dans le cas des trajets nécessitant de nombreux arrêts d'une certaine durée (enlèvements, livraisons).

Le régulateur de vitesse intelligent est utile en cas de parcours en terrain vallonné.

### 3. Gains CO<sub>2</sub>

Solutions	Gains CO <sub>2</sub>	Retour sur investissement	Faisabilité	Domaine de pertinence
<b>Régulateur de vitesse intelligent</b> <small>Adaptation de la vitesse à la topographie du terrain</small>	0% à 10% 0,5% à 4%	>3 ans à <1 an	Difficile à Facile	ER
<b>Bridage de la vitesse maximale des véhicules</b> <small>Limitation de la vitesse maximale du véhicule</small>	0% à 10% 1,2% à 5%	>3 ans à <1 an	Difficile à Facile	VUL GP ER
<b>Coupure automatique du moteur au ralenti</b> <small>Coupure automatique du moteur après une durée d'arrêt prédéterminée, moteur au ralenti</small>	0% à 10% 1% à 6%	>3 ans à <1 an	Difficile à Facile	PP GP ER

#### 4. Gains PA

Solutions	Gains NOx	Gains PM	Gains COV	Domaine de pertinence
<b>Régulateur de vitesse intelligent</b> Adaptation de la vitesse à la topographie du terrain	-	+	+	ER
<b>Bridage de la vitesse</b> Limitation de la vitesse maximale du véhicule	-	+	+	VUL GP ER
<b>Coupure automatique du moteur au ralenti</b> Coupure automatique du moteur après une durée d'arrêt prédéterminée, moteur au ralenti	+	+	+	PP GP ER

#### 5. Fiches complémentaires

Certaines solutions sont à relier à l'action A1 VEH FA 1 : Modernisation et ajustement du parc à son usage.

## Contexte et réglementation

### Bridage de la vitesse

Les poids lourds sont aujourd'hui soumis à des limitations de vitesse de circulation, définies dans les articles R413-7 et suivants du Code de la route :

- 90 km/h sur autoroute (80 km/h pour le transport de marchandises dangereuses) ;
- 80 km/h sur route (60 km/h relevée à 70 km/h sur route prioritaire pour le transport de marchandises dangereuses).
- 50 km/h en agglomération sauf sur le boulevard périphérique de Paris où cette dernière est relevée à 70 km/h.

La réglementation qui définit ces limitations de vitesse de circulation amène ainsi les constructeurs à calibrer les moteurs/véhicules de façon à avoir une consommation optimisée à 90 km/h. Brider le moteur en deçà de la réglementation est une mesure volontaire qui déplace le point de fonctionnement habituel.

Dans le cas des véhicules utilitaires légers, la vitesse des véhicules d'un PTAC inférieur ou égal à 3,5 tonnes est limitée hors agglomération à 130km/h sur les autoroutes, à 110 km/h sur les routes à deux chaussées séparées par un terre-plein central et à 90 km/h sur les autres routes. En agglomération la vitesse de ces véhicules est limitée à 50 km/h (cette limite peut être relevée à 70 km/h sur les sections de route où les accès des riverains et traversées des piétons sont en nombre limité et sont protégés par des dispositifs appropriés).

### Coupure automatique du moteur au ralenti

Contrairement au Canada et aux Etats-Unis, où la plupart des ralentis improductifs sont interdits, les réglementations française et européenne ne font pas mention de cette question.

### Régulateur de vitesse intelligent

Ce dispositif, qui est une aide à la conduite, n'a aucune assise réglementaire.

## Solution 1 : Régulateur de vitesse intelligent

### 1. Principes

Le régulateur de vitesse intelligent (ACC Adaptative Cruise Control) est un système complémentaire du régulateur de vitesse qui permet ainsi au global de combiner deux caractéristiques :

- Rouler à vitesse constante, indépendamment du profil et des conditions de route (vent, côtes, descentes, ...) : c'est le système de régulation de vitesse classique. Le conducteur fixe sa vitesse de croisière et le mécanisme prend le relais en maintenant cette allure. Pour décélérer, il faut freiner ou reprogrammer le système. Pour rouler plus vite, il suffit d'appuyer sur l'accélérateur.
- Rouler de façon adaptative avec contrôle de manière optimale de la vitesse en assistant le conducteur dans les montées et les descentes, et régulateur d'allure et d'espacement avec le véhicule précédant par rapport à des vitesses de croisière et de descente données : c'est le système prédictif ACC.

Le véhicule reconnaît sa position et adapte sa vitesse en fonction de toutes les informations collectées par caméras et système de navigation (lecture des panneaux de circulation et consultation à l'avance des données de navigation sur l'itinéraire, prenant en compte virages, ronds point et intersections, topographie, ...). Si la route est inconnue de la carte ou en cas de perte du signal GPS, le régulateur de vitesse redevient classique.



Bouton de commande du régulateur



Bouton de réglage au volant de l'ACC



Visualisation des réglages sur le tableau de bord

Source : Scania

Le régulateur est avant tout un élément de confort ; même s'il améliore la sécurité, il n'est pas un outil de sécurité.

### 2. Impact sur la consommation de carburant et sur les émissions de GES

La fonction prédictive du régulateur de vitesse va contribuer à réduire la consommation de carburant sur des topographies de terrain particulières.

Des tests sur des tronçons d'autoroute ont abouti à des réductions de la consommation de l'ordre de 0,7%, 4% et 1,5% respectivement en terrain légèrement vallonné, vallonné et avec des longues et pentues montées et descentes.



Source : Constructeur

Le gain retenu par l'entreprise dépendra fortement des itinéraires suivis par ses poids lourds.

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gains liés à l'utilisation d'un régulateur de vitesse intelligent (% de réduction des émissions de CO <sub>2</sub> )
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	-
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t	-
Grand porteur	Régional	>12 t	-
Ensemble routier	Longue Distance	40 t	0,5 à 4%

### 3. Impact sur les émissions de polluants atmosphériques

Par analogie avec les gains estimés en cas de mise en place d'une solution de « bridage de l'accélération »<sup>13</sup>, on obtient les gains ci-dessous.

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gains liés à cette solution (% de réduction des émissions de polluants)		
			NOx	PM	COV
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	-	+	+
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t			
Grand porteur	Régional	>12 t			
Ensemble routier	Longue Distance	40 t			

Ces gains sont à considérer pour un véhicule non équipé de filtres à particules.

### 4. Domaine de pertinence

Le régulateur de vitesse intelligent est surtout utile sur des routes vallonnées, beaucoup moins en montagne, où l'élan avant une montée apporte peu.

<sup>13</sup> ADEME, *Estimation des gains potentiels en émissions de polluants atmosphériques (PM, NOx, COV) des actions de la charte d'engagement volontaire « Objectif CO<sub>2</sub> Les transporteurs s'engagent »*, 2016.

## 5. Mise en œuvre

Une mise à plat du plan de transport et l'identification d'itinéraires clés et pertinents (terrain vallonné) est nécessaire au préalable de la mise en œuvre de cette action.

L'accumulation de données en temps réel, sur les trajets sélectionnés, permettra d'alimenter la base de données et d'ajuster de façon encore plus optimale le comportement prédictif du régulateur.

Le coût du régulateur de vitesse intelligent est de l'ordre de 2 000 €. Le temps de retour sur investissement est ainsi estimé à moins d'un an.

## 6. Suivi de la solution

Indicateurs de suivi de la solution :

- Nombre de véhicules équipés d'un régulateur de vitesse intelligent.

Modalités pratiques de collecte des données :

- Suivi des consommations de carburant des véhicules sur lesquels un régulateur de vitesse intelligent a été installé.



## Solution 2 : Bridage de la vitesse maximale des véhicules

### 1. Principes

La vitesse accroît la résistance aérodynamique de façon sensible, ce qui nécessite une demande de puissance accrue et augmente ainsi la consommation de carburant. La réduction de la vitesse de conduite permet donc une économie de carburant sensible et directe. Cette action est à relier à l'action A1 VEH FA 1 : Modernisation et ajustement du parc à son usage : en effet, la chaîne cinématique d'un poids lourd peut être optimisée pour une vitesse proche de 90 km/h (notamment via le rapport de pont), auquel cas le bridage peut dans certains cas induire une hausse de la consommation.

Dans le cas des poids lourds, le calcul de la vitesse optimale doit-être directement réalisé avec le constructeur. L'objectif sera de se situer dans un régime moteur autour de 1 100 à 1 200 tours/mn pour cette vitesse optimale et le rapport le plus élevé, ce qui permet d'obtenir un rendement maximal et donc de minimiser la consommation de carburant.

Dans le cas des véhicules utilitaires légers, le bridage de la vitesse peut s'envisager à une vitesse de 110 km/h sur parcours routier. Par contre, si le véhicule est utilisé sur des trajets principalement urbains, le bridage de la vitesse n'apporte pas de gain significatif de consommation (bien qu'il puisse se justifier au plan de la sécurité).

#### Bonne pratique

Il est indispensable que l'entreprise procède à une action collective d'information et de sensibilisation des conducteurs sur les vitesses maximales à ne pas dépasser. Cette action peut, le cas échéant, permettre d'éviter la mise en œuvre du bridage de la vitesse des véhicules, ou bien être menée en accompagnement du bridage de la vitesse.

### 2. Impact sur la consommation de carburant et sur les émissions de GES

Les gains retenus pour les différents types de véhicules et les différents types d'usages sont particulièrement significatifs sur des usages longue distance, car la part du trajet réalisé à vitesse maximale est prépondérante. Pour les usages régionaux, la part du trajet réalisée à vitesse maximale est plus faible et donc les gains sont moins importants. Enfin, pour des usages urbains, les gains peuvent être considérés comme négligeables car la part du trajet réalisé à vitesse maximale est minoritaire.

Pour les véhicules utilitaires légers sur des parcours routiers longue distance, le gain de consommation lié au bridage à 110 km/h est de 5%<sup>14</sup>. Il peut même être nettement plus élevé pour certains conducteurs.

<sup>14</sup> Source : constructeur de véhicules

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gains liés à un bridage (% de réduction des émissions de CO <sub>2</sub> )		
			Bridage de 90 à 80 km/h	Bridage de 90 à 85 km/h	Bridage à 110 km/h
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	-	-	5% (en parcours routier longue distance)
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t	-	-	-
Grand porteur	Régional	>12 t	2,5%	1,2%	-
Ensemble routier	Longue Distance	40 t	5%	2,5%	-

Source : constructeurs

Nota Bene : le bridage peut dans certains cas être à l'origine d'une détérioration des performances en termes de consommation. En effet, un bridage à une vitesse trop basse risque de contraindre le conducteur à rétrograder plus souvent et donc induire des régimes moteurs plus élevés. Il faut alors détailler l'évolution du temps passé sur chaque rapport pour identifier l'éventuel impact négatif du bridage.

Illustration : test transporteur sur des poids lourds (source : transporteur + ADEME)  
Un test de l'impact du bridage moteur (à 80, 85 et 88 km/h) sur les consommations de carburant a été réalisé sur 77 véhicules (type ensemble routier) suivis pendant 2 mois.  
Trois groupes de conducteurs ont été distingués en fonction de leur consommation moyenne :

- Groupe 1 : conducteurs consommant moins de 32 l/100 km → impact du bridage neutre
- Groupe 2 : conducteurs consommant entre 32 et 35 l/100 km
  - o le bridage à 88 km/h entraîne un gain 1 l/100 km
  - o le bridage à 85 km/h entraîne un gain 1,5 l/100 km
- Groupe 3 : conducteurs consommant plus de 35 l/100 km
  - o le bridage à 80km/h ressort comme le plus efficace et entraîne un gain de 6 l/100 km

### 3. Impact sur les émissions de polluants atmosphériques

Une analyse des études sur le sujet<sup>15</sup> permet de connaître avec une bonne précision l'effet de la vitesse sur les émissions de polluants. La vitesse moyenne reste une première approche. Des études donnant les émissions en fonction du couple vitesse/accélération seraient plus précises.

Si l'on fait l'hypothèse que les VUL réagissent généralement comme des VP en termes d'émissions, on peut déduire des sources présentées que la vitesse optimale de ces véhicules se situe autour de 80 km/h pour réduire les émissions de PM, NO<sub>x</sub> et COV au kilomètre parcouru. Il est cependant inadapté de brider la vitesse d'un VUL (nécessité de rouler sur autoroute, ...), un bridage de

<sup>15</sup> ADEME, *Estimation des gains potentiels en émissions de polluants atmosphériques (PM, NO<sub>x</sub>, COV) des actions de la charte d'engagement volontaire « Objectif CO<sub>2</sub> Les transporteurs s'engagent »*, 2016.

l'accélération sera plutôt envisagé. En ce qui concerne les poids lourds, la tendance est similaire, même si l'optimum semble se situer plus bas, entre 60 et 70 km/h.

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gains liés à cette solution (% de réduction des émissions de polluants)		
			NOx	PM	COV
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	-	+	+
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t			
Grand porteur	Régional	>12 t			
Ensemble routier	Longue Distance	40 t			

Ces gains sont à considérer pour un véhicule non équipé de filtres à particules.

#### 4. Domaine de pertinence

Le bridage de la vitesse est pertinent pour les trajets longue distance avec des vitesses moyennes élevées et relativement stables.

#### 5. Mise en œuvre

Dans un premier temps, une discussion doit être organisée avec le constructeur afin de valider le point d'optimisation du véhicule et l'intérêt du bridage. Un test peut ensuite être réalisé sur un échantillon de véhicules tout en gardant une base de référence de véhicules non bridés (il peut être intéressant de tester différentes vitesses si la taille de l'échantillon reste significative). L'analyse des consommations permettra de valider rapidement la pertinence du bridage sur tout ou partie du parc. Avant de mettre en place cette solution, il est conseillé d'analyser l'impact que pourra avoir cette solution. Un calcul économique doit être réalisé par activités afin de mettre en regard les gains de consommation et les inconvénients potentiels résultant de la diminution de la vitesse : augmentation des temps de parcours vis-à-vis des clients, moindre amortissement du matériel roulant et augmentation des horaires de conduite. L'acceptabilité auprès des conducteurs est également à tester. Enfin, il sera important de valider au préalable avec les clients la mise en place de cette solution (pour plus d'informations, se reporter à la fiche action de l'axe organisation des flux de transport n° 4 « Travail collaboratif avec les clients pour une meilleure optimisation des transports »).

Deux points facilitent la mise en œuvre du bridage : il s'agit d'une action qui peut être facilement ajustée (un retour en arrière simple et à coût quasiment nul) et les tests peuvent être réalisés sur une période relativement courte. Un test simple peut consister à comparer sur 1 ou 2 mois d'exploitation les consommations de deux véhicules (l'un bridé, l'autre non) du même modèle et de même PTAC sur des trajets proches. Pour ces deux raisons, la faisabilité de cette solution peut être considérée comme facile.

Enfin, le bridage a un coût négligeable. La seule dépense à prévoir est le coût de main-d'œuvre pour réaliser le nouveau paramétrage (ordre de grandeur : 20 mn de travail en atelier). Avec les hypothèses de gains et de coûts présentées ci-dessus, le retour sur investissement sera rapide (< 1 an).

#### 6. Suivi de la solution

Indicateur de suivi de la solution :

- Pourcentage de véhicules nouvellement bridés dans le parc de véhicules, en indiquant les vitesses retenues.

Modalités pratiques de collecte des données :

- Suivi des consommations de carburant des véhicules sur lesquels un système de bridage a été installé.

## Solution 3 : Coupure automatique du moteur au ralenti

### 1. Principes

Le fonctionnement au ralenti du moteur d'un véhicule à l'arrêt peut avoir plusieurs causes :

- L'habitude du conducteur de faire « chauffer » le moteur (cette opération n'est plus nécessaire avec les technologies actuelles) ;
- La nécessité de faire fonctionner des équipements auxiliaires, notamment la climatisation ou le chauffage ;
- La congestion routière ;
- Les temps d'attente pendant les chargements/déchargements du véhicule ;
- Ou tout simplement l'oubli.

Il est possible d'installer facilement un système permettant de stopper le moteur d'un véhicule à l'arrêt de façon automatique. En paramétrant le système, on peut faire en sorte qu'à l'issue d'une durée réglable (quelques minutes) après l'arrêt du véhicule et le serrage du frein de parc, le moteur soit coupé automatiquement.

Ce système peut être mis en place une fois le véhicule acheté : pour les véhicules récents, les constructeurs peuvent réaliser un paramétrage sur l'électronique du véhicule. Pour les véhicules plus anciens, des boîtiers existent pour activer l'arrêt moteur.

Cependant, la sensibilisation des conducteurs sur le bon usage du moteur reste bien entendu la meilleure solution, à mettre en œuvre en priorité (cf. A1 COND FA 1 : Mise en place d'un programme éco-conduite).

#### Bonne pratique

Une bonne sensibilisation des conducteurs et un suivi régulier et individualisé des temps de fonctionnement au ralenti est un prérequis à cette mesure. L'application de bonnes pratiques peut permettre d'éviter la mise en place de la mesure, ou de l'accompagner plus efficacement.

En outre, malgré un déclenchement automatique, la coupure peut être shuntée rien qu'en appuyant sur l'embrayage, ce qui relance le décompte avant la nouvelle coupure. La concertation/sensibilisation peut permettre d'éviter ces comportements, en essayant notamment d'en comprendre les raisons (climatisation, chauffage, idées reçues, etc.).

### 2. Impact sur la consommation de carburant et sur les émissions de GES

La consommation moyenne d'un poids lourd est d'environ 3 litres/h au ralenti. Comme il n'est pas rare que le moteur d'un poids lourd fonctionne 1 à 2 heures par jour lorsque le véhicule est à l'arrêt, ceci peut représenter des surconsommations allant jusqu'à 6%. En moyenne, les constructeurs estiment qu'environ 1,5% de la consommation de carburant est liée à l'usage du moteur lorsque le véhicule est à l'arrêt, ce qui représente environ 300 heures de fonctionnement du moteur au ralenti.

Ces chiffres sont des ordres de grandeur et varient fortement selon la durée des arrêts (plus le véhicule reste longtemps à l'arrêt avec moteur non coupé, plus le gain sera important). Un gain moyen de 2 à 6% est retenu pour des trajets nécessitant de nombreux arrêts prolongés, tandis que les gains seront de 1 à 3% pour des trajets avec peu d'arrêts.

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gains liés à un système de coupure automatique du moteur au ralenti (% de réduction des émissions de CO2)
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	-
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t	1 à 6%
Grand porteur	Régional	>12 t	
Ensemble routier	Longue Distance	40 t	

Source : expertise ADEME, calculs réalisés à partir d’entretiens avec des constructeurs et des transporteurs

### 3. Impact sur les émissions de polluants atmosphériques

La coupure automatique du moteur au ralenti permet de limiter le temps de fonctionnement du moteur et donc de réaliser des économies en émissions de polluants et de carburant. Des technologies d’alimentation auxiliaires peuvent venir prendre le relais du moteur pendant les arrêts du véhicule. Les gains sur les NOx, PM et COV sont ainsi proportionnels au temps passé à l’arrêt. Comme il n’existe pas d’études européennes sur le sujet, une analogie avec les gains en CO2 a été appliquée. Les émissions de polluants étant réduites dans une phase de fonctionnement du véhicule à l’arrêt (le moteur fonctionne sur un régime faible), on retiendra un gain d’émission pour l’ensemble des polluants dans la fourchette basse des gains en consommation de carburant ci-dessus.

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gains liés à cette solution (% de réduction des émissions de polluants)		
			NOx	PM	COV
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t			
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t	+	+	+
Grand porteur	Régional	>12 t			
Ensemble routier	Longue Distance	40 t			

### 4. Domaine de pertinence

Cette solution est pertinente dans le cas des véhicules qui effectuent des arrêts nombreux et prolongés pour enlèvements ou livraisons. Elle n’est pas pertinente pour les véhicules utilitaires légers en milieu urbain.

### 5. Mise en œuvre

Cette action est à réaliser en trois étapes : suivi et analyse des temps d’utilisation du moteur au ralenti, sensibilisation des conducteurs et mise en place de solutions automatisées. Il est important de commencer par mettre en place un suivi rigoureux du temps passé par les véhicules à l’arrêt : la solution la plus fiable est de récupérer cette donnée grâce à un système d’informatique embarquée. Dans le cas où il n’y a pas de solution automatique, le temps peut être estimé en échantillonnant des trajets représentatifs des activités de l’entreprise et en demandant aux conducteurs de relever les temps à l’arrêt, ou en les accompagnant sur une période donnée. Une simple sensibilisation peut être suffisante pour mettre en place une modification des comportements des conducteurs. Cette sensibilisation pourra prendre la forme d’un mini-guide, d’une

formation ou plus simplement d'une lettre de sensibilisation. L'un des conseils serait alors de demander aux conducteurs d'arrêter le moteur dès qu'un arrêt dépasse 30 secondes.

## 6. Suivi de la solution

Indicateur de suivi de la solution :

- Taux de diminution du nombre d'heures de ralenti moteur.

Modalités pratiques de collecte des données :

- Suivi des consommations liées à l'utilisation du ralenti moteur et/ou suivi du nombre d'heures de ralenti moteur.

# A1 VEH FA 3 : Utilisation de lubrifiants moteurs à économie d'énergie

## Synthèse

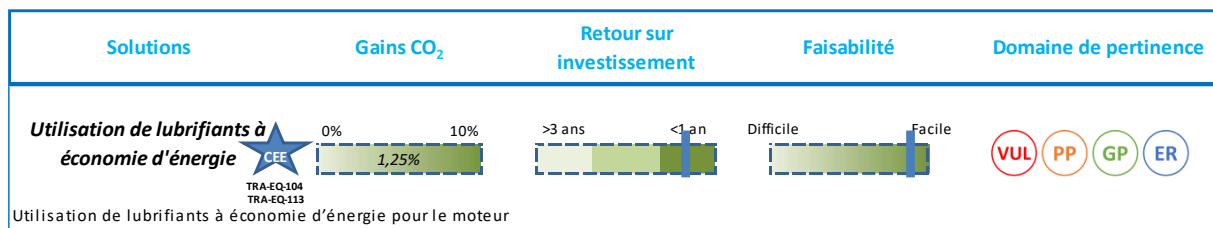
### 1. Description de l'action

Les lubrifiants à économie d'énergie permettent de réduire les consommations en réduisant les pertes mécaniques induites par les frottements.

### 2. Domaine de pertinence

Cette action est pertinente pour tous les domaines du transport de marchandises.

### 3. Gains CO<sub>2</sub>



### 4. Gains PA

L'action est considérée comme sans effet avéré sur les émissions de polluants car elle n'impacte pas sur les processus sources de ces émissions.

### 5. Fiches complémentaires

/



## Contexte et réglementation

Le principal rôle joué par les lubrifiants dans un véhicule est l'optimisation des frottements entre les différentes pièces en mouvement (paliers, pistons, chemises, distribution, ...). Les différents objectifs de l'utilisation de lubrifiants sont les suivants :

- Protection des pièces
- Refroidissements des contacts
- Nettoyage des pièces
- Limitation des frottements

Ces objectifs sont atteints grâce au dépôt d'une couche d'huile qui vient en interface entre ces pièces en mouvement.

On distingue trois catégories principales de lubrifiants : les huiles d'origine minérale, les huiles de synthèse et les huiles semi-synthétiques, ces dernières étant les plus fréquemment utilisées aujourd'hui.

Ces huiles sont ensuite classées par « grade », correspondant principalement à leurs caractéristiques de viscosité. La classification la plus souvent utilisée est la classification SAE (Society of Automotive Engineers). Elle est structurée selon une classification du type xW-y avec :

- x : indice de viscosité à froid. Une faible valeur est le signe d'une bonne fluidité à basse température ;
- y : indice de viscosité à chaud (100-150 °C), représentant la viscosité pendant le fonctionnement du moteur.

Pour les poids lourds, c'est l'indice de viscosité à chaud qui est le plus important, étant donné les grandes distances effectuées et donc la prépondérance du temps de fonctionnement à chaud. A noter que l'huile standard la plus utilisée en France est l'huile 15W-40.

Depuis plus d'une dizaine d'années, le paramètre « économies d'énergie » est aussi pris en compte dans la recherche et développement. Il s'agit d'optimiser les 3 principaux paramètres du lubrifiant : sa durée de vie (continuer la tendance à l'augmentation des intervalles entre vidanges), sa fonction protectrice du moteur et enfin son coefficient de friction afin de diminuer les pertes liées aux frottements internes. Comme certaines de ces propriétés sont antagonistes, cette optimisation passe par des recherches pointues sur la formulation du lubrifiant.

Enfin, si des lubrifiants à économie d'énergie existent pour les moteurs, le pont et la boîte de vitesse, nous nous focalisons dans cette fiche sur les lubrifiants moteur car c'est là que les gains de carburant sont les plus significatifs.

Deux fiches CEE (CEE-TRA-EQ-113 pour les poids lourds, CEE n° TRA EQ 104 pour les véhicules utilitaires légers) existent pour les lubrifiants moteur à économie d'énergie, à condition que ces lubrifiants démontrent un gain de consommation de carburant supérieur à 1% (pour plus de renseignements, se référer aux fiches CEE en annexe de cette fiche action).

## Solution : Lubrifiants moteur à économie d'énergie

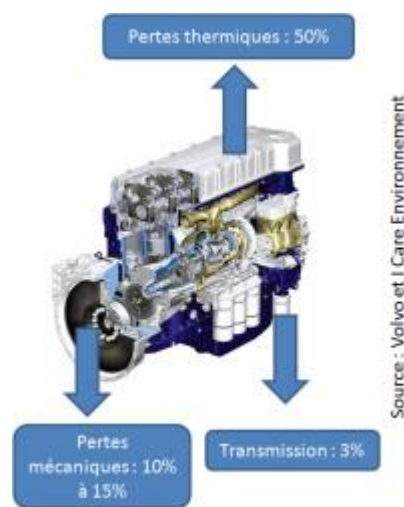
### 1. Principes

Les propriétés d'économie d'énergie des lubrifiants sont obtenues de deux façons complémentaires :

- A travers le travail sur la viscosité de l'huile : optimisation de la courbe de viscosité en fonction des caractéristiques de température, pression et cisaillement, dans le but d'obtenir une viscosité plus faible sans risque d'usure ou de grippage ;
- A travers l'ajout d'additifs spécifiques appelés modificateurs de frottement.

Les lubrifiants à économie d'énergie désignent les lubrifiants dont la performance en consommation de carburant est supérieure à la performance du lubrifiant de référence 15W40.

Les lubrifiants à économie d'énergie sont disponibles dans toutes les catégories d'huile (minérale, semi-synthétique et synthétique).



### 2. Impact sur la consommation de carburant et sur les émissions de GES

Les gains sur la consommation de carburant peuvent être obtenus par différents types d'essais :

- Essais sur bancs à rouleau dans des conditions normalisées ;
- Essai sur des flottes de véhicules en conditions réelles de fonctionnement.

Si les fournisseurs de lubrifiants mettent en avant des essais sur des flottes de véhicules avec des gains constatés allant jusqu'à 2-3%, les essais normalisés sur banc moteur (suivant les conditions décrites dans la fiche CEE) montrent aujourd'hui des gains pour les lubrifiants actuellement commercialisés compris entre 1 et 1,5%. Nous proposons en conséquence de retenir pour cette fiche action un gain standard de 1,25% pour les poids lourds.

En conséquence, le gain associé à cette action est de 1,25% de réduction de consommation de carburant.

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gains liés à cette solution (% consommation en l/100 km)
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	1,25%
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t	
Grand porteur	Régional	>12 t	
Ensemble routier	Longue Distance	40 t	

Source : Fabricants, ADEME (pour les véhicules utilitaires légers : estimation).

### 3. Impact sur les émissions de polluants atmosphériques

Une analyse des études sur le sujet<sup>16</sup> montre que la solution n’a pas d’effet direct sur les émissions de polluants car cette action n’impacte pas la température de combustion. L’utilisation de ces lubrifiants amène uniquement à une réduction des émissions de polluants proportionnelle aux gains en consommation de carburant. Vu les incertitudes sur l’impact de la mesure, on considère ainsi que ceci n’a pas d’effet sur les émissions de polluants.

### 4. Domaine de pertinence

Les lubrifiants à économie d’énergie sont applicables à l’ensemble des usages de transport de marchandises.

### 5. Mise en œuvre

Le choix du lubrifiant doit se faire en accord avec les préconisations du constructeur : le transporteur doit notamment veiller à ne pas descendre en dessous des spécifications de viscosité à chaud en faisant le choix d’une huile trop fluide.

Le choix des lubrifiants est fait soit par le transporteur, soit par le concessionnaire d’entretien moteur si l’entreprise a externalisé sa maintenance du moteur à un prestataire. Dans ce dernier cas, il faut veiller à ce que le contrat de sous-traitance précise bien quels lubrifiants doivent être utilisés par le prestataire.

Le poste « lubrifiants » est relativement secondaire dans la structure de coût d’un transporteur (entre 0,5% et 1%), c’est pourquoi les économies de carburant générées permettent de contrebalancer les surcoûts des lubrifiants à économie d’énergie.

Dans le cas des poids lourds, en faisant l’hypothèse d’un surcoût d’environ 0,25 €/litre de lubrifiant et d’une consommation de lubrifiant d’environ 0,05 litre/100 km (une vidange de 30 litres tous les 60 000 km), le surcoût est d’environ 0,01 €/100km.

Si le gain est de 1% sur une consommation moyenne de 35 litres de carburant aux 100 km, avec l’hypothèse d’un litre de diesel à 1,1 €, on obtient un gain de 0,38 €/100 km. En conséquence, le temps de retour peut être considéré comme très rapide (< 1 an).

Dans le cas des véhicules utilitaires légers, en faisant l’hypothèse d’une consommation de lubrifiant d’environ 0,05 litre/100 km (une vidange de 15 litres tous les 30 000 km), le surcoût est également d’environ 0,01 €/100 km.

Si le gain est de 1% sur une consommation moyenne de 10 litres de carburant aux 100 km, avec l’hypothèse d’un litre de diesel à 1,1 €, on obtient un gain de 0,11 €/100 km. Le temps de retour peut être également considéré comme très rapide (< 1 an).

<sup>16</sup> ADEME, Estimation des gains potentiels en émissions de polluants atmosphériques (PM, NOx, COV) des actions de la charte d’engagement volontaire « Objectif CO2 Les transporteurs s’engagent », 2016.

La faisabilité de cette solution peut être considérée comme facile : les produits sont disponibles sur le marché et leur application ne nécessite pas de changement d'organisation significatif chez le transporteur.

## 6. Suivi de la solution

Indicateur de suivi de la solution :

- Pourcentage de lubrifiants à économie d'énergie utilisés pour le parc.

Modalités pratiques de collecte des données :

- Consommation de lubrifiants du parc, par type de lubrifiant (en direct ou via le sous-traitant).

# Fiche de synthèse des « Certificats d'Économies d'Énergie » relative aux Lubrifiants moteurs économiseurs d'énergie



Certificats d'économies d'énergie

Opération n° TRA-EQ-104

## Lubrifiant économiseur d'énergie pour véhicules légers

### 1. Secteur d'application

Véhicules de catégories M1 selon l'article R311.1 du code de la route.

### 2. Dénomination

Utilisation d'un lubrifiant économiseur d'énergie pour véhicules de catégorie M1.

### 3. Conditions pour la délivrance de certificats

La performance « Fuel Economy » du lubrifiant (Y) est donnée en pourcentage et est supérieure ou égale à 1,5 %.

Elle est mesurée selon la norme d'essai CEC-L-54-T-96 par un organisme accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025-2005 par le Comité français d'accréditation (COFRAC) ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de European co-operation for Accreditation (EA), coordination européenne des organismes d'accréditation.

Le bénéficiaire est la personne morale distribuant le lubrifiant à l'utilisateur final, sauf s'il s'agit d'un commerce de gros de ce lubrifiant consistant à acheter, entreposer et vendre ce lubrifiant à des détaillants, des grossistes, des intermédiaires, des utilisateurs professionnels ou des collectivités.

Dans le cas où le distributeur est un commerce de gros du lubrifiant consistant à acheter, entreposer et vendre ce lubrifiant à des détaillants, des grossistes, des intermédiaires, des utilisateurs professionnels ou des collectivités, le bénéficiaire est celui défini par l'arrêté du 4 septembre 2014 fixant la liste des éléments d'une demande de certificats d'économies d'énergie et les documents à archiver par le demandeur.

Le professionnel mettant en œuvre l'opération est la personne morale distribuant le lubrifiant à l'utilisateur final.

La preuve de réalisation de l'opération mentionne l'acquisition de lubrifiants par le bénéficiaire. Ce document mentionne le volume de lubrifiants par dénomination commerciale, par point de livraison, correspondant au lieu où est distribué le lubrifiant.

Les documents justificatifs spécifiques à l'opération sont :

- les procès verbaux des résultats des tests d'économies de carburant réalisés selon la norme d'essai CEC-L-54-T-96 par un organisme accrédité ;
- les fiches techniques des produits précisant les catégories ACEA, API ou ILSAC afin de justifier si les produits sont des lubrifiants Essence, Diesel ou Mixte ;
- un tableau de correspondance entre les appellations commerciales des produits utilisés et les références des formulations approuvées et testées par l'organisme accrédité pour mesurer l'économie d'énergie, et pour chaque lubrifiant : la performance « Fuel Economy » du lubrifiant, sa catégorie ACEA, API ou ILSAC et sa catégorie Essence Diesel ou Mixte.

Dans le cas où le bénéficiaire est la personne morale distribuant le lubrifiant à l'utilisateur final :

- la preuve du rôle actif et incitatif du demandeur détaille les modalités de transmission de la contribution du demandeur des certificats d'économies d'énergie jusqu'à l'utilisateur final du lubrifiant. Ce dernier est notamment informé de la contribution du demandeur, identifié via sa raison sociale, et du fait que le demandeur est à l'origine de la contribution dans le cadre du dispositif des certificats d'économies d'énergie ;
- la preuve de réalisation de l'opération est complétée par un état récapitulatif, daté et signé par le bénéficiaire, des lubrifiants acquis par le bénéficiaire et distribués à l'utilisateur final, indiquant le volume de lubrifiants distribués par appellation commerciale, par lieu de distribution (nom du site, numéro de SIRET de l'établissement, adresse du lieu de distribution), et par date de facturation et la référence de la preuve de réalisation de l'opération.

La date d'engagement de l'opération est la date d'acquisition la plus ancienne de l'état récapitulatif. La date d'achèvement de l'opération est la date d'acquisition la plus récente de l'état récapitulatif.

L'écart entre la date d'engagement et la date d'achèvement ne peut excéder 6 mois.

### 4. Durée de vie conventionnelle

1 an.

### 5. Montant de certificats en kWh cumac

Types de lubrifiants pour véhicules de catégorie M1	Montant en kWh cumac
Lubrifiants Diesel	$33 \times X1 + Y1$
Lubrifiants Essence	$19,4 \times X2 + Y2$
Lubrifiants Mixtes	$29,1 \times X3 + Y3$

X est le volume de lubrifiants utilisés, exprimé en litres.

Y est la performance « Fuel Economy » du lubrifiant, exprimée en %.

Exemple : pour une performance de 1,5 %, Y = 1,5

Y1 = performance « Fuel Economy » du lubrifiant pour les véhicules Diesel

Y2 = performance « Fuel Economy » du lubrifiant pour les véhicules Essence

Y3 = performance « Fuel Economy » du lubrifiant Mixte pour tous types de véhicule

Le montant de certificats d'économies d'énergie à attribuer est égal à la somme du montant de chaque type de lubrifiants pour véhicules de catégorie M1.



Certificats d'économies d'énergie

Opération n° TRA-EQ-113

**Lubrifiant économiseur d'énergie  
pour des véhicules de transport de personnes ou de marchandises**

**1. Secteur d'application**

Flottes professionnelles de véhicules de transport de marchandises de catégories N2 ou N3 ou de véhicules de transport de personnes de catégories M2 ou M3 selon l'article R311.1 du code de la route.

**2. Dénomination**

Utilisation d'un lubrifiant économiseur d'énergie pour des véhicules de transport de personnes ou de marchandises.

**3. Conditions pour la délivrance de certificats**

La performance « Fuel Economy » du lubrifiant (Y) est donnée en pourcentage et est supérieure ou égale à 1 %.

Elle est mesurée par rapport à une huile moteur de grade 15W-40 répondant au standard ACEA E7 selon l'essai OM501FE par un organisme accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 2005 par le Comité français d'accréditation (COFRAC) ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de European co-operation for Accreditation (EA), coordination européenne des organismes d'accréditation,

La preuve de réalisation de l'opération mentionne :

- l'acquisition d'un volume donné de lubrifiant ;
- la performance « Fuel Economy » du lubrifiant ;
- le fait que cette performance est mesurée selon l'essai OM501FE par un organisme donné accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025 2005 par le COFRAC ou un organisme d'accréditation donné.

A défaut, la preuve de réalisation de l'opération mentionne l'acquisition d'un volume donné de lubrifiant avec ses marque, référence ou appellation commerciale,

Les documents justificatifs spécifiques à l'opération sont :

- les procès verbaux des résultats des tests d'économies de carburant réalisés selon l'essai OM501FE par un organisme accrédité.
- lorsque la désignation des lubrifiants dans la preuve de réalisation de l'opération est différente de celle des formulations testées, un tableau de correspondance entre les marques, références ou appellations commerciales des produits utilisés et les références des formulations testées par l'organisme accrédité pour mesurer l'économie d'énergie et pour chaque lubrifiant sa performance « Fuel Economy ». Ce document est établi et signé par le fabricant du lubrifiant,
- un état récapitulatif issu du professionnel, daté et signé par le bénéficiaire de l'opération, indiquant le volume de lubrifiants utilisé par marque, référence ou appellation commerciale, par lieu de distribution (nom du site, numéro de SIRET de l'établissement du bénéficiaire, adresse du site), par date d'acquisition, par référence de la preuve de réalisation de l'opération, ainsi que la performance « Fuel Economy » des lubrifiants.

La date d'engagement de l'opération est définie comme la date d'acquisition du premier litre de lubrifiant et la date d'achèvement de l'opération correspond à la date d'acquisition du dernier litre lubrifiant. L'écart entre ces deux dates ne peut dépasser 6 mois.

**4. Durée de vie conventionnelle**

1 an.

**5. Montant de certificats en kWh cumac**

$$38\,700 * X * Y$$

Avec :

X = volume de lubrifiant utilisé en m<sup>3</sup>.

Y% : performance « Fuel Economy » du lubrifiant.

Exemple : pour une performance de 1,5 %, Y = 1,5



$$Y\% = Y2\% - Y1\%$$

Y1 en % : économie de carburant de l'huile de référence 15W-40 répondant au standard ACEA E7 utilisée, mesurée par rapport à l'huile étalon de l'essai OM501FE (Y1 : valeur attendue négative)

Y2 en % : économie de carburant de l'huile à tester, mesurée par rapport à l'huile étalon de l'essai OM501FE (Y2 : valeur attendue positive)

# A1 VEH FA 4 : Utilisation d'accessoires pour diminuer la résistance aérodynamique

## Synthèse

### 1. Description de l'action


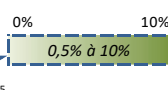
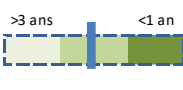


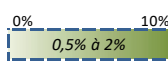



Certains accessoires modifient la résistance aérodynamique exercée par l'air sur le véhicule et peuvent ainsi permettre de réduire la consommation.

Parmi les principaux types d'accessoires existants, on distingue ceux fixés à l'avant du véhicule (tracteur ou cabine) qui permettent notamment de réduire les turbulences à l'interface et ceux fixés à l'arrière (caisse ou remorque).


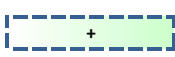
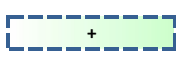


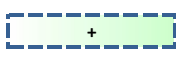
### 2. Domaine de pertinence

Cette action s'applique aux véhicules utilitaires légers du type châssis-cabines, aux porteurs et aux ensembles routiers. Son efficacité sera optimale pour les véhicules équipés d'une superstructure haute, maintenant une vitesse de croisière élevée.

### 3. Gains CO<sub>2</sub>

Solutions	Gains CO <sub>2</sub>	Retour sur investissement	Faisabilité	Domaine de pertinence
<b>Accessoires tracteur et cabine</b>  Utilisation d'accessoires fixés à la cabine				
<b>Accessoires remorque et caisse</b> Utilisation d'accessoires fixés à la remorque				

### 4. Gains PA

Solutions	Gains NOx	Gains PM	Gains COV	Domaine de pertinence
<b>Accessoires tracteur et cabine</b> Utilisation d'accessoires fixés à la cabine				
<b>Accessoires remorque</b> Utilisation d'accessoires fixés à la remorque				



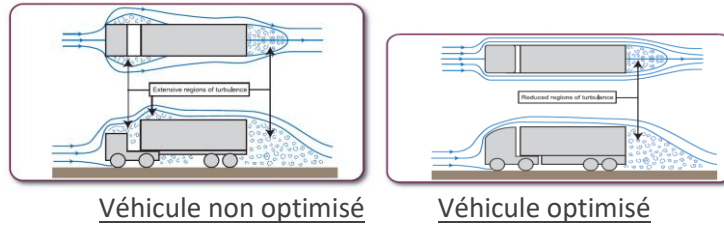
## 5. Fiches complémentaires

/



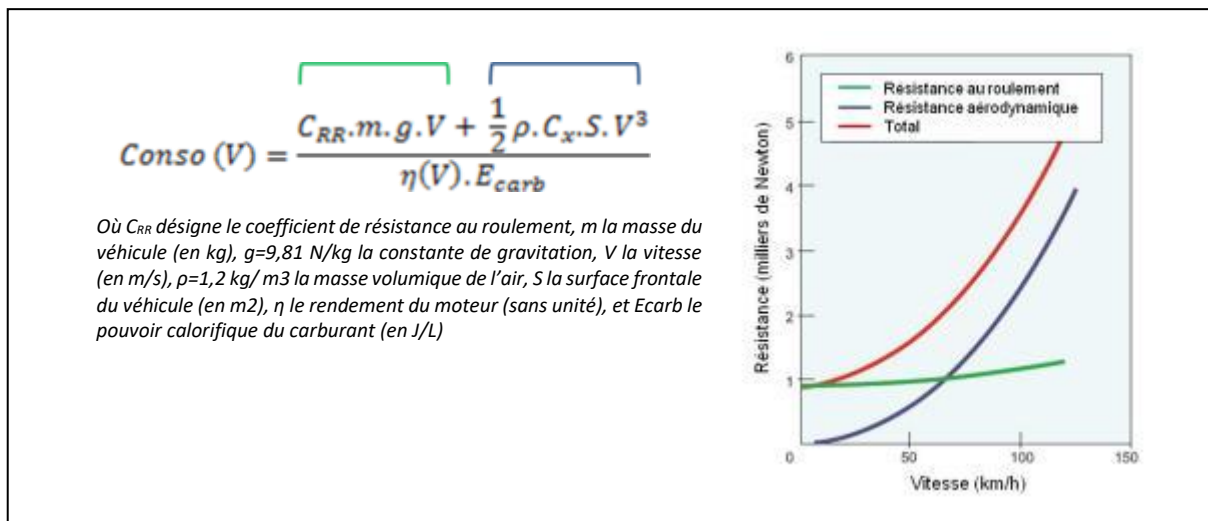
## Contexte et réglementation

Quand un véhicule se déplace, l'air exerce une force sur le véhicule, de direction opposée à son mouvement. Cette force (la résistance aérodynamique) a un effet significatif sur la consommation de carburant des véhicules.



Source : Freight Best Practice

La formule ci-dessous donne une estimation de la consommation en régime stabilisé. Elle montre que la résistance dépend principalement de la forme du véhicule, de son aire frontale et de sa vitesse.



Cette puissance aérodynamique (aussi appelée « résistance aérodynamique » par abus de langage) varie comme le cube de la vitesse et s'accroît donc très fortement lorsque la vitesse augmente.

Les constructeurs et les carrossiers prennent en compte l'aérodynamisme dans le design de leurs nouveaux produits, mais les interfaces (entre tracteur et remorque notamment) ne sont pas toujours optimisées.

Des accessoires modifient la résistance aérodynamique exercée par l'air et peuvent ainsi permettre de réduire le coefficient de traînée (désigné par le terme  $C_x$ , voisin de 0,75 pour un poids lourd) et donc la consommation.

Les artifices utilisés doivent respecter les dimensions maximales autorisées, régies par les articles R. 312-10 à R. 312-13 du code de la route mais il n'existe pas de réglementation spécifique sur les accessoires. En équipant tracteur et remorque, on peut obtenir un gain total de l'ordre de 7-8%. Les solutions décrites dans cette fiche décomposent les gains liés aux différents accessoires.

## Solution 1 : Accessoires tracteur et cabine

### 1. Principes

Les déflecteurs situés sur le toit veillent à ce que l'air ne vienne pas heurter de plein fouet la partie supérieure de la remorque ou de la caisse et assurent une bonne continuité aérodynamique entre les parties avant et arrière du véhicule. Les accessoires latéraux (carénage latéral de l'interface et du châssis) permettent de limiter les turbulences autour du véhicule. Ces artifices sont pertinents pour les ensembles tracteur-remorque mais également pour les véhicules porteurs.

#### Déflecteur de toit pour un ensemble routier



Source : FBP Dans les cas où la hauteur de la remorque (ou de la caisse) est supérieure à celle du tracteur (ou de la cabine), le déflecteur de toit permet de lisser l'écoulement d'air au-dessus de la partie avant du véhicule. Les déflecteurs sont couramment utilisés pour les ensembles tracteur remorque de types tautliner.

#### Déflecteur de toit pour un véhicule utilitaire léger (type châssis-cabine)



Source : Procar



Source : Procar

#### Carénage latéral de l'interface



Source : FBP Le carénage latéral permet de combler l'espace entre le tracteur (ou la cabine) et la remorque (ou la caisse). De même que pour les déflecteurs de toit, ces accessoires sont très utilisés pour les ensembles tracteur-tautliner mais les constructeurs développent également des accessoires s'adaptant à des transports spécifiques comme les vracs liquides. De manière générale, ils sont utiles dès qu'un espace supérieur à la dizaine de centimètres existe entre l'avant et l'arrière du véhicule.

#### Carénage latéral du châssis tracteur



Le carénage du châssis permet d'éviter les turbulences autour de la partie avant du véhicule. Ce carénage permet de lisser l'écoulement de l'air sur les côtés du véhicule entre les deux essieux avant. Il se justifie dans les cas où il n'y a pas de continuité entre ces essieux.

Source : FBP

## 2. Impact sur la consommation de carburant et sur les émissions de GES

Pour les poids lourds, le gain associé à un équipement complet est négligeable en usage urbain, égal à environ 3% en interurbain et à environ 4,5% en usage national.

Pour les véhicules utilitaires légers du type châssis-cabine, le gain associé à un déflecteur de toit est négligeable en usage urbain et de l'ordre de 8 à 10% en interurbain ou en usage national. L'impact est particulièrement fort sur les châssis-cabine car la différence de hauteur entre la cabine et la carrosserie est généralement importante. Une analyse au cas par cas est nécessaire selon le type de trajets effectué.

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gains liés à la mise en place d'un déflecteur toit (% de réduction des émissions de CO2)	Gains liés à la mise en place d'un carénage interface (% de réduction des émissions de CO2)	Gains liés à la mise en place d'un carénage châssis (% de réduction des émissions de CO2)
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	8%	Négligeable	Négligeable
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t	Négligeable	Négligeable	Négligeable
Grand porteur	Régional	>12 t	1,5%	1,5%	Négligeable
Ensemble routier	Longue Distance	40 t	2%	2%	0,5%

Sources : entretiens constructeurs et étude "Freight Best Practice UK - Aerodynamics For efficient Road Freight Operations" (extrapolation de données longue distance aux usages urbains et régionaux). Pour les châssis-cabine : entretien constructeur.

## 3. Impact sur les émissions de polluants atmosphériques

Les études<sup>17</sup> issues de l'EPA (USA) donnent des éléments intéressants sur l'impact de l'aérodynamisme du véhicule sur ses émissions de polluants, du moins en ce qui concerne les émissions de NOx. On peut déduire de ces études un fort impact positif de l'aérodynamisme sur la réduction des émissions de NOx.

<sup>17</sup> ADEME, Estimation des gains potentiels en émissions de polluants atmosphériques (PM, NOx, COV) des actions de la charte d'engagement volontaire « Objectif CO2 Les transporteurs s'engagent », 2016.

L'impact sur les consommations de carburant se répercute sur les émissions de particules et de COV qui sont probablement moins élevées.

Les sources étudiées ne prennent pas en compte les VUL, ni les petits porteurs. Concernant les VUL, plutôt utilisés en ville où l'aérodynamisme a beaucoup moins d'effet, le gain est considéré comme négligeable.

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gains liés à cette solution (% de réduction des émissions de polluants)		
			Nox	PM	COV
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	Négligeable	Négligeable	Négligeable
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t	+++	+	+
Grand porteur	Régional	>12 t			
Ensemble routier	Longue Distance	40 t			

#### 4. Domaine de pertinence

Les accessoires aérodynamiques sont particulièrement pertinents pour les usages longue distance, avec des ensembles tracteurs remorques, camions porteurs ou véhicules utilitaires légers effectuant des longs trajets à vitesse régulière et à vitesse moyenne élevée. La composante de la résistance aérodynamique est alors plus forte que pour les usages urbains et régionaux. Dans le cas des véhicules utilitaires légers, les déflecteurs de toit peuvent se révéler utiles sur les châssis-cabines et sur les plateaux bâchés coulissants, sur des trajets routiers longue distance.

Cette solution sera particulièrement efficace sur des véhicules présentant des discontinuités : écart important de hauteur entre le tracteur (ou la cabine) et la remorque (ou la caisse), espace important entre l'avant et l'arrière du véhicule, géométrie non aérodynamique entre les essieux.

#### 5. Mise en œuvre

Les accessoires destinés à la partie avant du véhicule sont disponibles sur les tracteurs ou porteurs neufs, mais ils peuvent également être ajoutés a posteriori. Ils sont commercialisés par les carrossiers et par les constructeurs.

Il est toutefois important de noter que si la remorque n'est pas utilisée, la résistance aérodynamique du tracteur sera bien plus élevée, à moins que le déflecteur ne soit abaissé dans sa position horizontale. Certains déflecteurs sont d'ailleurs réglables et peuvent ainsi s'adapter précisément à la remorque de l'ensemble routier (en termes de hauteur et d'éloignement).

Les ordres de grandeur des coûts sont les suivants : 1 000 € pour un déflecteur de toit, 2 500 € pour un déflecteur de toit + un carénage latéral, 1 000 € pour un carénage latéral du châssis. Le coût relativement élevé de cette solution induit un temps de retour sur investissement assez long. Sur la base d'un équipement complet, il est de l'ordre de 3 ans.

En termes de faisabilité, cette solution est assez accessible, car la plupart des constructeurs proposent des « packages » pour l'ensemble des artifices avant, mais elle nécessite tout de même de réaliser un état des lieux précis des équipements, de se poser la question de la pertinence de l'équipement sur chaque véhicule (ex : prise en compte de la fréquence de décrochage) et enfin dans certains cas de passer du temps pour régler les déflecteurs.



## 6. Suivi de la solution

Indicateur de suivi de la solution :

- Pourcentage de véhicules équipés, en précisant chaque type d'accessoire tracteur et cabine.

Modalités pratiques de collecte des données :

- Suivi du nombre de véhicules équipés

# Fiche de synthèse des « Certificats d'Economies d'Énergie » relative au tracteur routier optimisé



Certificats d'économies d'énergie

Opération n° TRA-EQ-115

## Véhicule de transport de marchandises optimisé

**1. Secteur d'application**

Véhicules de catégorie N3 selon l'article R.311.1 du code de la route

**2. Dénomination**

Achat ou location d'un véhicule de catégorie N3 neuf optimisé d'un poids total roulant autorisé (PTRA) supérieur ou égal à 40 tonnes.

**3. Conditions pour la délivrance de certificats**

Le véhicule neuf optimisé respecte les normes environnementales en vigueur et comporte les trois technologies suivantes :

- boîte de vitesse robotisée ;
- équipements pour l'aérodynamisme : déflecteur de toit et carénage latéral de l'interface entre la cabine et la remorque ; le carénage latéral de l'interface est exigé uniquement pour les tracteurs routiers ;
- pneus à basse résistance au roulement : ils doivent appartenir à une classe d'efficacité en carburant au moins égale à C et à une classe d'adhérence sur sol mouillé au moins égale à C (classification au sens du règlement européen n°1222/2009 du 25 novembre 2009 sur l'étiquetage des pneumatiques en relation avec l'efficacité en carburant et d'autres paramètres essentiels).

La preuve de réalisation de l'opération mentionne l'achat ou la location d'un véhicule de transport de marchandises optimisé neuf et le fait que le véhicule optimisé comporte les trois technologies suivantes :

- pneus à basse résistance au roulement de classe d'efficacité en carburant supérieure ou égale à C et de classe d'adhérence sur sol mouillé supérieure ou égale à C ;
- équipements pour l'aérodynamisme : déflecteur de toit, carénage latéral de l'interface uniquement pour les tracteurs ;
- boîte de vitesse robotisée.

A défaut, la preuve de réalisation de l'opération mentionne l'achat ou la location d'un véhicule neuf avec ses marque et référence et elle est complétée par un document issu du fabricant indiquant que le véhicule de marque et référence acheté ou loué est un véhicule optimisé. Ce document indique que le véhicule optimisé comporte les trois technologies suivantes :

- pneus à basse résistance au roulement de classe d'efficacité en carburant supérieure ou égale à C et de classe d'adhérence sur sol mouillé supérieure ou égale à C ;
- équipements pour l'aérodynamisme : déflecteur de toit, carénage latéral de l'interface uniquement pour les tracteurs routiers ;
- boîte de vitesse robotisée.

Dans le cas de la location, la durée du contrat de location est égale ou supérieure à 24 mois.

Les documents justificatifs spécifiques à l'opération sont :

- une copie du certificat d'immatriculation du véhicule optimisé ;
- un état récapitulatif, issu du professionnel et signé par le bénéficiaire de l'opération, indiquant par véhicule, son numéro d'identification, la date de commande, la date d'immatriculation, le lieu de réalisation (nom du site, numéro de SIRET de l'établissement bénéficiaire, adresse du site).

**4. Durée de vie conventionnelle**

10 ans.

**5. Montant de certificats en kWh cumac**

Montant en kWh cumac par véhicule neuf optimisé		Nombre de véhicules neufs optimisés
<b>181 300</b>	X	<b>N</b>

## Solution 2 : Accessoires remorque et caisse

### 1. Principes

Les accessoires destinés à la partie arrière du véhicule permettent de limiter les turbulences sur les côtés et à l'arrière du véhicule.

### 2. Impact sur la consommation de carburant et sur les émissions de GES

#### Déflecteur arrière



Le déflecteur arrière permet de dévier vers le bas l'écoulement d'air derrière la remorque ou la caisse ce qui permet de réduire la zone de turbulence. Ce système est valable pour des véhicules dont la partie arrière présente une surface supérieure plane.

Source : SDR

#### Carénage latéral châssis remorque ou caisse



Le carénage du châssis permet d'éviter les turbulences autour de la partie arrière du véhicule en lissant l'écoulement de l'air sur les côtés du véhicule entre les essieux de la remorque ou de la caisse. Il se justifie dans les cas où il n'y a pas de continuité entre ces essieux.

Source : EBP

Les gains retenus sont indiqués ci-dessous :

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gains liés à la mise en place d'un déflecteur arrière (% de réduction des émissions de CO <sub>2</sub> )	Gains liés à la mise en place d'un carénage châssis (% de réduction des émissions de CO <sub>2</sub> )
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	-	-
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t	1%	Négligeable
Grand porteur	Régional	>12 t	1%	Négligeable
Ensemble routier	Longue Distance	40 t	2%	0,5%

Sources : retours d'expérience des transporteurs adhérents à la charte Objectif CO<sub>2</sub>, entretiens constructeurs, fournisseurs de solution et étude "Freight Best Practice UK - Aerodynamics For efficient Road Freight Operations" (extrapolation de données longue distance aux usages urbains et régionaux)

Il n'existe pas vraiment de « package type » pour les artifices arrière, chaque solution devant être choisie en fonction de la spécificité de la remorque ou de la cabine.

### 3. Impact sur les émissions de polluants atmosphériques

Les études<sup>18</sup> issues de l'EPA (USA) donnent des éléments intéressants sur l'impact de l'aérodynamisme du véhicule sur ses émissions de polluants, du moins en ce qui concerne les émissions de NOX. On peut déduire de ces études un fort impact positif de l'aérodynamisme sur la réduction des émissions de NOX.

L'impact sur les consommations de carburant se répercute sur les émissions de particules et de COV qui sont probablement moins élevées.

Les sources étudiées ne prennent pas en compte les petits porteurs. L'impact sur ce gabarit a été extrapolé depuis celui sur les grands porteurs.

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gains liés à cette solution (% de réduction des émissions de polluants)		
			Nox	PM	COV
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	Négligeable	Négligeable	Négligeable
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t	+++	+	+
Grand porteur	Régional	>12 t			
Ensemble routier	Longue Distance	40 t			

### 4. Domaine de pertinence

Les accessoires aérodynamiques sont particulièrement pertinents pour les usages longue distance : ensembles tracteurs remorques ou camions porteurs effectuant des longs trajets et restant à une vitesse moyenne élevée.

Cette solution sera également plus efficace sur des grands véhicules : plus le corps du véhicule est long, plus les artifices offriront de bénéfices potentiels pour réduire la résistance.

Dans le cas des véhicules utilitaires légers cette solution n'apporte pas de gain de consommation significatif.

### 5. Mise en œuvre

Les accessoires destinés à la partie arrière du véhicule (remorque ou caisse) sont disponibles sur certaines remorques ou porteurs neufs mais ils peuvent également être ajoutés a posteriori. Ils sont commercialisés par les carrossiers ou par des sociétés spécialisées en ce qui concerne les déflecteurs arrières.

Les ordres de grandeur de coûts sont les suivants : 1 000 € pour un carénage latéral du châssis, 800 € pour le déflecteur arrière.

Le déflecteur arrière peut être fixé facilement sur les remorques grâce un système de vis et d'écrous fourni avec le produit. Le transporteur devra vérifier que l'ajout de ce déflecteur ne fait pas sortir le véhicule des dimensions règlementaires.

Enfin, les conducteurs doivent être sensibilisés au fort impact de l'aérodynamisme de leur véhicule et notamment de leur remorque sur les consommations de carburant : ils doivent vérifier par exemple que les bâches sont correctement fermées et qu'il n'y a pas de sangles au vent.

Le temps de retour sur investissement est moyen (1-3 ans) : dans le cas d'un usage national, il est de l'ordre de presque 3 ans (calculé à partir des hypothèses de gain et de coût précédentes).

<sup>18</sup> ADEME, *Estimation des gains potentiels en émissions de polluants atmosphériques (PM, NOx, COV) des actions de la charte d'engagement volontaire « Objectif CO<sub>2</sub> Les transporteurs s'engagent »*, 2016.



La faisabilité de cette solution peut être considérée comme moyenne : si le système de déflecteur arrière est simple à mettre en œuvre, les spécificités des remorques nécessitent de contacter un nombre important de fournisseurs pour identifier la meilleure solution pour chaque artifice et pour valider leur pertinence.

## 6. Suivi de la solution

Indicateur de suivi de la solution :

- Pourcentage de véhicules équipés en précisant chaque type d'accessoire arrière.

Modalités pratiques de collecte des données :

- Suivi du nombre de véhicules équipés.

# A1 VEH FA 5 : Optimisation des essieux

## Synthèse

### 1. Description de l'action

L'optimisation des essieux, que ce soit avec un essieu relevable ou un essieu autovireur, offre dans les deux cas une réduction de la consommation grâce à une adhérence optimisée.

L'essieu relevable s'enclenche principalement lorsque le véhicule circule à vide alors que l'essieu autovireur réduit l'usure des pneumatiques dans les courbes.

### 2. Domaine de pertinence

Utilisable sur tout véhicule articulé, l'essieu relevable sera d'autant plus utile que la part des trajets à vide est importante et l'essieu autovireur que les marchandises transportées sont pondéreuses.

### 3. Gains CO<sub>2</sub>

Solutions	Gains CO <sub>2</sub>	Retour sur investissement	Faisabilité	Domaine de pertinence
<b>Essieu relevable sur les remorques</b>	0% à 10% 1%	>3 ans à <1 an	Difficile à Facile	ER
Essieu relevable pour les trajets à vide				
<b>Essieu arrière autovireur sur les remorques</b>	0% à 10% 0 à 1,5%	>3 ans à <1 an	Difficile à Facile	ER
Essieu autovireur pour une meilleure adhérence				

### 4. Gains PA

Les gains en émissions de polluants atmosphériques pour cette action n'ont pas été quantifiés en raison d'une trop grande incertitude sur l'impact de la mesure. Néanmoins un effet positif mais non évaluable peut être retenu.

### 5. Fiches complémentaires

/

## Contexte et réglementation

Le décret n° 2012-1359 du 4 décembre 2012 concerne le PTRA des véhicules de transport routier de marchandises de plus de 4 essieux et d'une charge totale maximale autorisée pour un essieu ou un groupe d'essieux. Il augmente la limite du PTRA autorisé de 40 tonnes à 44 tonnes pour les véhicules de plus de 4 essieux. Cette limite est fixée à 12 tonnes pour les véhicules articulés d'un ensemble composé d'un véhicule à moteur et d'une remorque d'un train double circulant entre 40 et 44 tonnes. Lorsque les véhicules articulés d'un ensemble composé d'un véhicule à moteur et d'une remorque d'un train double circulent entre 40 et 44 tonnes et comportent un groupe de trois essieux, la charge totale supportée par ce groupe ne doit pas dépasser 27 tonnes.

En 2014, les poids lourds de 44 tonnes ont dû se doter d'un sixième essieu pour les véhicules neufs. Les véhicules anciens doivent se doter du 6ème essieu en 2019.

La taxe à l'essieu ou Taxe Spéciale sur certains Véhicules routiers (TSVR) s'applique aux poids lourds de fort tonnage, dans le but de financer l'entretien de la voirie. Le propriétaire du véhicule doit effectuer une déclaration avant sa mise en circulation.

Sont soumis à la taxe :

- Les véhicules ayant au moins 2 essieux et dont le poids total en charge (PTAC) est supérieur ou égal à 12 tonnes ;
- Les véhicules composés d'un tracteur et d'une semi-remorque, dont le poids total roulant autorisé (PTRA) est supérieur ou égal à 12 tonnes ;
- Les remorques d'un PTAC à partir de 16 tonnes ;
- Les véhicules immatriculés en France ou hors de l'Union européenne circulant sur la voie publique en France.

## Solution 1 : Essieu relevable sur les remorques

### 1. Principes

De forme droite, l'essieu relevable est constitué d'une seule pièce sur laquelle sont installés les roulements et les fusées. Son montage se réalise sur une suspension qui lui permet d'être relevé. La suspension est traditionnellement à air : elle est dotée d'un système de contrôle pneumatique et d'un mécanisme de levée par bras de levier constitué d'un ou de deux ballons. Dès que le signal de la levée d'essieu est enclenché, les ballons de la suspension se vident tandis que ceux pour la levée se gonflent.



Source : Volvo Trucks

Les semi-remorques -avec un grand écartement d'essieux- sont souvent équipés d'un essieu relevable voire de deux pour rendre les véhicules plus manœuvrables dans les virages. Cela permet de réduire les effets transversaux sur le châssis, la suspension et les pneus.

L'essieu relevé sur un semi-remorque descend automatiquement après avoir atteint 11 tonnes de charge sur les 2 essieux.

Quel que soit le câblage du véhicule, l'essieu relevable avant peut être aussi contrôlé en actionnant le système de frein de service.

### 2. Impact sur la consommation de carburant et sur les émissions de GES

Un second essieu relevable, adapté aux retours à vide, permet une meilleure adhérence à la chaussée et une réduction de la consommation de carburant de 4%<sup>19</sup> quand le véhicule circule à vide et permet au conducteur d'avoir à sa disposition la puissance de 2 essieux moteurs (6x4) et une meilleure maniabilité d'un essieu moteur simple (4x2).

Avec une hypothèse de 20% de km à vide, le gain moyen retenu est donc de 1%.

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gains liés à l'essieu relevable (% de réduction des émissions de CO2)
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	-
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t	-
Grand porteur	Régional	>12 t	-
Ensemble routier	Longue Distance	40 t	1%

<sup>19</sup> Donnée constructeur

### 3. Impact sur les émissions de polluants atmosphériques

Le fait de relever l'essieu va permettre de réduire les forces de résistance au mouvement et donc l'énergie nécessaire à une vitesse donnée. La moindre consommation du moteur pourrait s'accompagner d'une réduction des émissions.

Cependant, les gains en polluants sont difficilement associables aux économies de carburant. Même si un gain sur les émissions de polluants semble probable, on retiendra un effet positif mais non évaluable. Hors émissions à l'échappement, l'émission de particules liées à l'abrasion des pneumatiques et des systèmes de suspension va également logiquement diminuer.

### 4. Domaine de pertinence

Cette action sera d'autant plus efficace que la part des trajets à vide est structurellement importante.

### 5. Mise en œuvre

L'essieu relevable est généralement acquis à l'achat du semi-remorque (la faisabilité de cette action est donc facile). Même si le coût de l'essieu relevable est supérieur à celui d'un essieu classique, le surcoût est amorti sur la durée de vie de l'essieu en usure plus légère des pneumatiques et en consommation de carburant.

Les essieux relevables sont souvent mal utilisés par les conducteurs et supportent difficilement des charges importantes. Lorsque les essieux sont relevés ou les suspensions mal réglées alors des surcharges se produisent sur les autres essieux. Plus la charge au niveau des essieux est importante, plus les risques de déformation de la chaussée sont élevés. Si les essieux sont relevés alors la stabilité latérale du véhicule est affectée et le seuil de renversement du véhicule est diminué.

### 6. Suivi de la solution

Indicateurs de suivi de la solution :

- Nombre de remorques équipées d'essieux relevables
- Nombre d'essieux relevables par remorque

Modalités pratiques de collecte des données :

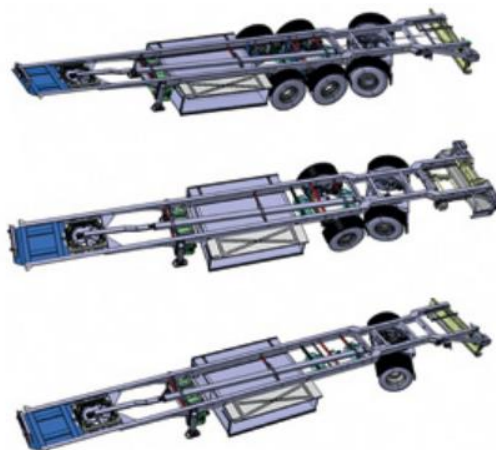
- Suivi des remorques équipées d'essieux relevables

## Solution 2: Essieu arrière autovireur sur les remorques

### 1. Principes

L'essieu autovireur est composé d'un essieu comprenant deux pivots verticaux à ses extrémités qui permettent aux roues de s'aligner dans le sens de la trajectoire réelle du véhicule sous l'action de la force latérale de friction des pneus sur le sol.

L'essieu doit être doté d'un mécanisme d'alignement et d'un mécanisme d'auto centrage.



Source : Chereau

L'essieu autovireur doit être verrouillé lorsque le véhicule est utilisé en marche arrière.

### 2. Impact sur la consommation de carburant et sur les émissions de GES

L'essieu arrière autovireur offre une meilleure adhérence à la chaussée et donc une réduction de la consommation de carburant en limitant les forces de résistance au mouvement.

En lien avec la Solution 3 : Contrôle du gonflage des pneumatiques, qui retient un gain moyen de 1,5% pour les ensembles routiers grâce à une diminution de la résistance au roulement, on peut estimer<sup>20</sup> un gain moyen pour cette action, compris entre 0 et 1,5%, en fonction du profil de l'itinéraire (tracé rectiligne ou virages).

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gains liés à l'essieu autovireur (% de réduction des émissions de CO2)
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	-
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t	-
Grand porteur	Régional	>12 t	-
Ensemble routier	Longue Distance	40 t	0 à 1,5%

<sup>20</sup> Raisonnement par analogie

### 3. Impact sur les émissions de polluants atmosphériques

L'essieu autovireur va permettre de réduire les forces de résistance au mouvement et donc l'énergie nécessaire à une vitesse donnée. La moindre consommation du moteur pourrait s'accompagner d'une réduction des émissions.

Cependant, les gains en polluants sont difficilement associables aux économies de carburant. Même si un gain sur les émissions de polluants semble probable, on retiendra un effet positif mais non évaluable.

On peut souligner une moindre usure des pneus de l'essieu autovireur, entraînant une moindre émission de particules issues de l'abrasion, même si celle-ci est difficilement évaluable.

### 4. Domaine de pertinence

Peu de véhicules en France sont équipés d'essieux autovireurs, généralement plutôt utilisés dans le transport de marchandises exceptionnelles et de charges lourdes. En Italie ce type d'équipement est plus courant, et au Canada, de nombreux semi-remorques (notamment de transport de bois) en sont équipés afin de permettre un rayon de braquage plus court, parfois nécessaire dans les conditions d'exploitations du véhicule.

L'essieu autovireur a un intérêt particulier pour les applications avec essieux rapprochés (tandem, tridem, etc.). Son usage permet en effet de limiter les sollicitations dues à la résistance dans les virages, et de réduire l'usure des pneumatiques et la consommation de carburant.

Au-delà des essieux autovireurs (suiveurs), les essieux directeurs améliorent considérablement les prestations des remorques et des semi-remorques : la motrice est moins sollicitée, ce qui entraîne une économie de carburant. Les essieux directeurs permettent également de réduire l'usure des pneumatiques : les véhicules parcourent un plus grand nombre de kilomètres avec le même jeu de pneumatiques et sont moins souvent contraints à l'arrêt pour des opérations de maintenance. Les essieux directeurs entraînés procurent les mêmes avantages économiques que les essieux autovireurs et permettent en plus au conducteur d'avoir le contrôle total de la remorque, en particulier lors des manœuvres en marche arrière.

### 5. Mise en œuvre

L'essieu autovireur (ou directeur) est généralement acquis à l'achat de la semi-remorque (la faisabilité de cette action est donc facile). Un essieu autovireur est en moyenne deux fois plus cher qu'un essieu classique (encore plus pour un essieu dirigé), cependant ce surcoût est amorti sur la durée de vie de l'essieu en usure plus légère des pneumatiques et en consommation de carburant<sup>21</sup>.

Certains véhicules porteurs sont également équipés d'essieux relevables dirigés. Cette configuration est intéressante dans le cas d'équipements lourds de type hydrocureuse ou aspiratrice excavatrice, dont la répartition des charges n'est pas homogène. La direction du dernier essieu permet des braquages plus courts, utiles notamment en zone urbaine. Ces véhicules restent cependant très marginaux sur le marché.

---

<sup>21</sup> Source : SAE-SMB

## 6. Suivi de la solution

Indicateurs de suivi de la solution :

- Part des remorques équipées d'essieux arrière autovireur.

Modalités pratiques de collecte des données :

- Suivi des remorques équipées d'essieux arrière autovireur.



# A1 VEH FA 6 : Amélioration de la maintenance des véhicules (hors pneumatiques)

## Synthèse

### 1. Description de l'action

Formaliser un plan de suivi de maintenance prenant en compte l'ensemble des véhicules est un moyen efficace pour améliorer la maintenance et en assurer le suivi. Des vérifications quotidiennes du véhicule par le conducteur participent également au maintien d'un bon rendement du moteur.

### 2. Domaine de pertinence

L'amélioration de la maintenance s'adresse à toutes les entreprises de transport et à tous les types de véhicules.

### 3. Gains CO<sub>2</sub>

Solutions	Gains CO <sub>2</sub>	Retour sur investissement	Faisabilité	Domaine de pertinence
<b>Mise en place d'un outil de suivi de maintenance</b>	0% 10% 2%	>3 ans <1 an	Difficile Facile	VUL PP GP ER
Elaboration d'un système de suivi des actions de maintenance (réalisée et à venir) pour l'ensemble des véhicules d'une flotte.				
<b>Réalisation d'un carnet de bord destiné aux conducteurs</b>	0% 10% Indirect	>3 ans <1 an Indirect	Difficile Facile	VUL PP GP ER
Elaboration d'un carnet de bord pouvant recueillir les observations du conducteur				

#### 4. Gains PA

Solutions	Gains NOx	Gains PM	Gains COV	Domaine de pertinence
<b>Mise en place d'un outil de suivi de maintenance</b> Elaboration d'un système de suivi des actions de maintenance (réalisée et à venir) pour l'ensemble des véhicules d'une flotte.	Variable	Variable	NC	VUL PP GP ER
<b>Réalisation d'un carnet de bord destiné aux conducteurs</b> Elaboration d'un carnet de bord pouvant recueillir les observations du conducteur	Indirect	Indirect	Indirect	VUL PP GP ER

#### 5. Fiches complémentaires

/

## Contexte et réglementation

La maintenance préconisée par les constructeurs consiste à respecter leurs recommandations qui sont basées soit sur les distances parcourues par les véhicules (60/80/90 000 km pour les poids lourds, 30 à 40 000 km pour les véhicules utilitaires légers) soit sur le temps passé entre deux révisions (tous les 2 ou 3 ans). Cette maintenance consiste également à respecter les plannings de remplacement des pièces d'usure les plus courantes (plaquettes et disques de freins, filtres à air et à huile, ...).

Le suivi de la maintenance de chaque véhicule permet de maintenir un bon rendement moteur. Dans cette optique, le conducteur peut réaliser des vérifications quotidiennes afin de prévenir de futures pannes, ou organiser une visite supplémentaire avant la visite programmée.

Aucune réglementation n'impose de fréquence d'entretien des véhicules. Seul est imposé un contrôle technique annuel des véhicules dont le poids total en charge est supérieur à 3,5 tonnes (arrêté du 27 juillet 2004 relatif au contrôle technique des véhicules lourds, modifié par arrêtés en 2017 et 2018).

Les règles imposées aux véhicules utilitaires légers<sup>22</sup> (véhicules de catégorie N1<sup>23</sup>) pour le contrôle technique sont les mêmes que pour les véhicules particuliers. Les véhicules de plus de 4 ans sont soumis au contrôle technique (le contrôle doit être effectué dans les 6 mois qui précèdent le quatrième anniversaire de la première circulation du véhicule), qui doit être renouvelé obligatoirement tous les 2 ans.

<sup>22</sup><http://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?idArticle=LEGIARTI000020572753&cidTexte=LEGITEXT000006074228>

<sup>23</sup> « Véhicule conçu et construit pour le transport de marchandises ayant un poids maximal inférieur ou égal à 3, 5 tonnes ».

## Solution 1 : Mise en place d'un système de suivi de maintenance

### 1. Principes

Afin d'optimiser le fonctionnement des véhicules en suivant rigoureusement leurs plans de maintenance respectifs, il peut être nécessaire de mettre en place des systèmes permettant d'identifier rapidement pour un véhicule son niveau de maintenance, son historique de maintenance ainsi que les futures actions à mener. Cette solution propose ainsi la mise en place d'un système simple (type tableur ou au format papier par exemple) par un responsable technique, pour recenser notamment l'ensemble des opérations de maintenance (dont réparations ponctuelles) réalisées et programmées en fonction du kilométrage ou du temps passé entre deux révisions (tous les 2 ou 3 ans). Ce suivi individualisé des véhicules permettra ainsi au responsable de la maintenance d'anticiper les futurs rendez-vous et de programmer les maintenances dans les temps préconisés, ceci afin d'éviter une dégradation du rendement moteur.

Des outils de gestion du planning de maintenance et d'alerte par véhicule sont également proposés par les constructeurs, sous réserve que les véhicules soient équipés d'un système de saisie des paramètres de conduite (accélérations, freinages.). Ces outils permettent, à travers un système d'alerte automatique, de prévenir l'utilisateur du véhicule des prochaines échéances de maintenance de routine, compte tenu de son mode de conduite, une révision anticipée étant parfois nécessaire (cf. Solution 2 : Télématique embarquée (consommation) de la fiche A1 CARB FA 4 : Amélioration du suivi des consommations).

### 2. Impact sur la consommation de carburant et sur les émissions de GES

Même si les économies de carburant induites par cette action de management sont difficiles à évaluer, on peut considérer qu'une mauvaise optimisation de la maintenance peut entraîner pour un poids lourd de 40 t une surconsommation de 2 l/100 km soit environ 5% de surconsommation (extrait du rapport « maîtrise des consommations de carburant dans le transport routier de marchandises » du projet BEET<sup>24</sup> et d'entretiens avec les constructeurs).

A titre d'exemple, certaines actions de maintenance permettent de prévenir des surconsommations :

- La dégradation des huiles peut engendrer une dégradation du rendement moteur. Le choix des huiles ainsi qu'une fréquence de vidange adaptée peuvent conduire à une différence de + ou - 1 l/100 km ;
- Une détérioration de l'efficacité de la boîte de vitesses peut aussi induire jusqu'à 2 l/100 km de consommation supplémentaire, soit 6% de surconsommation (source : [www.energeco.org](http://www.energeco.org)).

On peut considérer que la mise en place d'un système de management formalisé de la maintenance du parc participe significativement à éviter cette surconsommation. Le gain retenu pour cette solution est de 2% (il correspond à 50% du gain maximal à cette action, soit environ 1 l/100 km).

<sup>24</sup> BEET (Benchmarking Energy Efficiency in Transport).

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gains liés à la mise en place d'un système de maintenance (% de réduction des émissions de CO2)
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	2%
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t	
Grand porteur	Régional	>12 t	
Ensemble routier	Longue Distance	40 t	

Source : document BEET et entretiens constructeurs

### 3. Impact sur les émissions de polluants atmosphériques

Une analyse des études sur le sujet<sup>25</sup> montre que les effets de la maintenance des véhicules sur les émissions de polluants dépendent du type de réparation effectuée, de la catégorie du véhicule évaluée, du niveau d'entretien du véhicule au long du temps, de la norme de conception du véhicule, de la qualité du combustible utilisé lors de son fonctionnement et d'autres facteurs.

Il est également indiqué que les réductions des émissions de PM ont tendance à être accompagnées par une augmentation des émissions de NOx en raison de l'augmentation de la puissance consécutive des réparations.

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gains liés à cette solution (% de réduction des émissions de polluants)		
			NOx	PM	COV
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	+++	+++	NC
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t			
Grand porteur	Régional	>12 t			
Ensemble routier	Longue Distance	40 t			

Les gains attendus prennent ainsi en compte, outre la grande variation de cette action sur les émissions de NOx et PM (selon le type de réparation effectuée), notamment son effet inverse, c'est-à-dire les types de réparation amenant aux plus fortes réductions de NOx amènent aussi à de fortes augmentations de PM et vice-versa.

### 4. Domaine de pertinence

Cette action est adaptée à toutes les entreprises dont le suivi des opérations maintenance n'est pas réalisé de manière formalisée.

### 5. Mise en œuvre

Afin de réaliser un système de suivi de maintenance (au format papier, tableur ou autre support informatique), il convient dans un premier temps de :

- Recenser les véhicules et leurs caractéristiques (catégorie, marque, puissance, kilométrage, année de mise en circulation,);

<sup>25</sup> ADEME, *Estimation des gains potentiels en émissions de polluants atmosphériques (PM, NOx, COV) des actions de la charte d'engagement volontaire « Objectif CO2 Les transporteurs s'engagent »*, 2016.

- Recenser l'ensemble des actions de maintenance réalisées (pièces changées, vérifications, vidanges,) via le carnet de maintenance du véhicule ou via le prestataire les ayant réalisées ;
- Enregistrer les préconisations du constructeur.

Ce système de suivi peut également mentionner et programmer l'ensemble des vérifications à effectuer, en particulier les points suivants :

- Contrôle et suppression des fuites d'air comprimé ;
- Vérification de l'étanchéité des réservoirs de gazole, de leurs bouchons, des canalisations ;
- Propreté des filtres (air, huile, gazole) et maintenance des filtres à particules (FAP) s'il y en a ;
- Vérification des « points durs » dans les roulements, des pièces tournantes ;
- Graissage de la sellette d'attelage ;
- Graissage de la direction, des suspensions et des transmissions ;
- Vidange du moteur ;
- Bon fonctionnement du circuit de refroidissement ;
- Contrôle de l'opacité des fumées d'échappement ;
- Surveillance des courroies et circuits électriques ;
- Suivi des quantités de fluides frigorigènes.

Dans le cas d'une gestion externalisée de la maintenance, le transporteur peut demander au prestataire de préciser le coût par véhicule, les procédures de maintenance, le rapport global et par véhicule, ... Dans le cas d'une gestion interne, le transporteur peut mettre en place un suivi précis des réparations effectuées.

Le coût de mise en œuvre de cette solution est très minime si le suivi est effectué sous un logiciel du type tableur. Dans le cas d'un suivi sur un logiciel de maintenance, le coût peut être éventuellement plus important, en contrepartie d'une plus grande fiabilité du système. Dans tous les cas, le coût de mise en œuvre peut être considéré comme faible par rapport aux gains estimés (environ 2%), c'est pourquoi le temps de retour sur investissement est court (<1 an). La mise en place de cette solution implique un investissement en temps pour définir le système de suivi. Sa faisabilité est intermédiaire.

## 6. Suivi de la solution

Indicateurs de suivi de la solution :

- Pourcentage de véhicules suivis via un tableur de maintenance ;
- Pourcentage de véhicules ayant été vérifiés avant date.

Modalités pratiques de collecte des données :

- Exploitation du système de suivi décrit dans cette fiche.

## Solution 2 : Réalisation d'un carnet de bord destiné aux conducteurs

### 1. Principes

L'entreprise peut réaliser un carnet de bord à destination des conducteurs recensant les principaux paramètres du véhicule sur lesquels le conducteur peut faire des remontées à destination du chef d'atelier. Ces observations peuvent être faites avant le départ et pendant le trajet, elles permettent de déceler des problèmes éventuels qui seront corrigés lors des opérations de maintenance.

### 2. Impact sur la consommation de carburant et sur les émissions de GES

Cette action de management est essentiellement préventive et les économies de carburants en résultant sont difficiles à évaluer (gains indirects).

### 3. Impact sur les émissions de polluants atmosphériques

Cette action de management est essentiellement préventive et les gains sur les émissions de polluants sont difficiles à évaluer et a priori indirectes.

### 4. Domaine de pertinence

Cette action est adaptée à toutes les entreprises de transport et tous types de véhicules.

### 5. Mise en œuvre

Réaliser un carnet de bord nécessite de mobiliser quelques ressources internes mais surtout de sensibiliser les conducteurs sur les problématiques de maintenance sur lesquels ils peuvent agir.

Il peut ainsi être demandé quotidiennement aux conducteurs de :

- Vérifier l'état général du véhicule ;
- Noter les problèmes éventuels d'huile moteur (niveau, fuites éventuelles) ;
- Signaler des anomalies au niveau du moteur et des équipements auxiliaires ;
- Détecter les problèmes de propreté et d'encrassement ;
- Remonter les problèmes d'enclenchement du ventilateur (s'il est débrayable).

Cette solution ne présente pas de gain de carburant direct et ne peut donc pas être associée à un temps de retour sur investissement. La mise en place de cette solution implique quelques changements organisationnels et l'implication des conducteurs, sa faisabilité est intermédiaire.

### 6. Suivi de la solution

Indicateur de suivi de l'action :

- Nombre de conducteurs ayant assisté à une séance de sensibilisation et ayant reçu un carnet de bord.

Modalités pratiques de collecte des données :

- Suivi de l'avancement des séances de sensibilisation et de la distribution des carnets de bord.

# A1 VEH FA 7 : Gestion du parc de pneumatiques

## Synthèse

### 1. Description de l'action


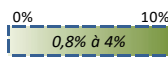




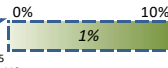




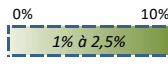








Cette action propose d'optimiser la gestion du parc de pneumatiques sur différents aspects : l'acquisition de pneumatiques à basse résistance au roulement, le recreusage, le gonflage et la géométrie. Un bon entretien des pneumatiques sur leur durée de vie doit en effet permettre de réaliser des économies de carburant importantes tout en augmentant leur durée de vie.

Ces quatre solutions peuvent être envisagées séparément ou comme un programme global d'amélioration, notamment dans le cas d'une relation avec un concessionnaire pneumatique.

### 2. Domaine de pertinence

Cette action s'applique à tous les véhicules et activités de transport, à l'exception du recreusage et du rechapage qui ne s'appliquent pas aux véhicules utilitaires légers.

### 3. Gains CO<sub>2</sub>

Solutions	Gains CO <sub>2</sub>	Retour sur investissement	Faisabilité	Domaine de pertinence
<b>Pneumatiques basse résistance</b>  TRA-EQ-106 TRA-EQ-115	 0,8% à 4%	 >3 ans <1 an	 Difficile Facile	
Equipement de véhicules en pneumatiques de plus basse résistance au roulement				
<b>Recreusage et rechapage des pneumatiques</b>  TRA-SE-105 TRA-SE-108 & 110	 1%	 >3 ans <1 an	 Difficile Facile	
Recreusage et rechapage des pneumatiques dès que les conditions de sécurité le permettent afin de prolonger leur durée de vie sur une phase de plus faible résistance au roulement				
<b>Contrôle du gonflage des pneumatiques</b>  TRA-SE-104 TRA-SE-108 & 110	 1% à 2,5%	 >3 ans <1 an	 Difficile Facile	
Suivi et maintien à la pression optimale des pneumatiques du parc				
<b>Optimisation de la géométrie</b>  TRA-SE 108 & 110	 1,5%	 >3 ans <1 an	 Difficile Facile	
Suivi et maintien de la géométrie optimale des pneumatiques du parc				



#### 4. Gains PA

Les gains en émissions de polluants atmosphériques pour cette action n'ont pas été quantifiés en raison d'une trop grande incertitude sur l'impact de la mesure. Néanmoins un effet positif mais non évaluable peut être retenu.

#### 5. Fiches complémentaires

/

## Contexte et réglementation

Le règlement européen n° 661/2009 définit une classification énergétique basée sur des coefficients de résistance au roulement (CRR) exprimés en kg/T. Le règlement européen n° 1222/2009 reprend quant à lui un système de labelling des pneumatiques avec un étiquetage énergétique par classe.

Cette dernière réglementation, applicable à partir de novembre 2012 au niveau européen, impose aux fabricants de rendre accessible certaines informations sur leurs pneumatiques. L'objectif de cette mesure est d'accroître la sécurité et l'efficacité économique et environnementale du transport routier par la promotion de pneumatiques sûrs, à faible niveau de bruit et efficaces en carburant. Le label est obligatoire pour tous les pneus neufs et prend en compte 3 critères :

- L'efficacité énergétique, i.e. l'impact sur la consommation de carburant, classée de A à G (même si la note G n'est plus utilisée). Plus on se rapproche de A (faible résistance au roulement), plus on économise du carburant ;
- L'adhérence (capacité de freinage du pneu) sur le sol mouillé (notée de A à G, même si la note G n'est plus utilisée) ;
- Le bruit de roulement extérieur du pneu au contact de la route est exprimé par 2 valeurs :
  - o Les émissions de bruit extérieur du pneu en décibels (dB)
  - o Le différentiel par tranche de 3 dB en dessous des seuils européens de volume sonore imposés aux pneumatiques 3 niveaux d'ondes, même si la 3ème n'est plus utilisée)



Cette action regroupe un ensemble de leviers à activer ou pas suivant leur pertinence pour l'activité de l'entreprise. La gestion du parc de pneumatiques pouvant être externalisée ou réalisée en interne, les solutions seront appliquées indirectement via le prestataire ou directement par le transporteur.

A noter que les gains, estimés entre une situation avec l'action mise en place et une situation sans, peuvent également varier fortement, pour une même solution technique déployée, en fonction des pneumatiques utilisés (marque, modèle, ...).

## Solution 1 : Pneumatiques basse résistance

### 1. Principes

A chaque tour de roue, la bande de roulement du pneu se déforme lorsqu'elle entre en contact avec le sol et le quitte à nouveau. La gomme, en se déformant, dégage de l'énergie sous forme de chaleur, ce phénomène est responsable à 90% de la « résistance au roulement » du pneumatique. Un pneumatique « basse résistance » est un pneu dont le coefficient de résistance au roulement (CRR) est peu élevé.

Ce CRR peut être diminué en modifiant la composition du pneumatique (notamment grâce à l'ajout de silice dans le mélange des gommages) ou en modifiant la carcasse.

On peut ainsi diminuer le CRR d'un pneumatique d'environ 1 kg/T.



Déperdition d'énergie sous l'effet de déformations du pneumatique

Source : www.michelin.mu

### 2. Impact sur la consommation de carburant et sur les émissions de GES

En régime stabilisé, la consommation du véhicule peut être estimée grâce à la formule suivante :

$$Conso (V) = \frac{C_{RR} \cdot m \cdot g \cdot V + \frac{1}{2} \rho \cdot C_x \cdot S \cdot V^3}{\eta(V) \cdot E_{carb}}$$

Avec m la masse du véhicule (en kg), g=9,81 N/kg la constante de gravitation, V la vitesse (en m/s),  $\rho=1,2 \text{ kg/m}^3$  la masse volumique de l'air, Cx le coefficient de traînée (0,75 pour un poids lourd), S la surface frontale du véhicule (en m<sup>2</sup>),  $\eta$  le rendement du moteur (sans unité), et Ecarb le pouvoir calorifique du carburant (en J/L)

Le lien entre le CRR et la consommation est complexe, de nombreux paramètres entrant effectivement en ligne de compte : le type de véhicule, le type de parcours, le nombre d'essieux, le nombre de pneumatiques basse résistance utilisés, etc. Pour calculer la résistance moyenne, il convient de pondérer l'impact des différents essieux en fonction de la charge qu'ils transportent, la répartition standard est la suivante :

- Véhicules utilitaires légers et porteurs : 35% essieu directeur, 65% essieu moteur ;
- Ensemble tracteur + remorque : 15% essieu directeur, 25% essieu moteur, 60% essieux de traînée.

Dans le cas des poids lourds, l'étiquette moyenne de résistance au roulement du parc de pneumatiques est l'étiquette D (CRR compris entre 6,1 et 7 kg/T). Il convient de distinguer ici deux gammes de pneumatiques : la gamme longue distance et la gamme régionale. La gamme longue distance a généralement un coefficient de résistance au roulement plus faible que la gamme régionale (5,5 à 6 vs. 6,5 à 7 kg/T) car les besoins de résistance sont inférieurs (moins de virages et de freinages, revêtement de meilleure qualité, ...).

Les pneumatiques représentent globalement 35% de la consommation de gazole d'un poids lourd. Les gains retenus et présentés ci-après ont été obtenus au moyen d'un calcul théorique à partir d'hypothèses d'un équipement permettant une diminution de la résistance au roulement de 10% sur l'ensemble des pneumatiques pour les usages urbains et régionaux et de 5% pour les usages longue distance. La formule présentée ci-dessus étant valable en régime stabilisé uniquement, un ajustement

a été réalisé afin d'obtenir des gains représentatifs de chacun des usages. Ces gains correspondent aux ordres de grandeur communément mis en avant par les manufacturiers de pneumatiques.

Dans le cas des véhicules utilitaires légers, les pneumatiques représentent globalement 25% de la consommation de gazole. La fiche CEE n° TRA-EQ-106 intitulée « Pneus de véhicules légers à basse résistance au roulement » concerne l'acquisition et le montage de pneumatiques ayant une classification énergétique au moins égale à C<sup>26</sup>, pour le renouvellement sur des véhicules légers d'une flotte.

Il est estimé qu'un gain en CRR de 1 kg/T sur les quatre pneus d'un véhicule conduit à une économie de carburant de l'ordre de 0,08 l/100 km, avec des fluctuations liées aux types de trajet (urbain, semi-urbain, autoroutier...), soit au maximum 0,8% de la consommation moyenne d'un fourgon.

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gains liés à un équipement en pneumatiques à plus basse résistance (% de réduction des émissions de CO <sub>2</sub> )
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	0,8%
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t	1%
Grand porteur	Régional	>12 t	3%
Ensemble routier	Longue Distance	40 t	4%

Source : calculs théoriques ADEME sur la base des données des manufacturiers.

### 3. Impact sur les émissions de polluants atmosphériques

Une analyse des études sur le sujet<sup>27</sup> montre qu'une meilleure gestion des pneumatiques permet de réduire les forces de résistance au mouvement et donc l'énergie nécessaire à une vitesse donnée. La moindre consommation du moteur pourrait s'accompagner d'une réduction des émissions NOx.

Cependant, les gains en polluants sont difficilement associables aux économies de carburant. Même si un gain sur les émissions de polluants semble probable, on retiendra un effet positif mais non évaluable. Cette analyse est appliquée à l'ensemble des solutions de la mesure « gestion du parc de pneumatiques ».

### 4. Impact sur les émissions sonores

L'impact sonore (le bruit de contact pneumatique/chaussée) résulte d'une interaction constante entre la roue et le sol. Le pneu tourne, subit une déformation constante et ses blocs de gomme heurtent le sol. Les principaux phénomènes générateurs de bruit concernent :

- L'impact des blocs de la bande de roulement lors du contact avec le sol et lors de son éloignement, en relation avec les vibrations de la carcasse du pneu qui produisent les effets de hurlement ou bourdonnement ;
- La compression de l'air dans les rainures de la bande de roulement, à laquelle les effets suivants sont liés : la résonance de l'air dans le réseau de rainures de la bande de roulement, les vibrations de l'air libéré à l'arrière du pneu et les turbulences du flux d'air entre la roue et le passage de roue ;
- Les vibrations lors du contact et l'expansion des blocs lors de la sortie de la surface de contact ;
- Une pression de pneu trop basse.

<sup>26</sup> Classification au sens du règlement européen n° 661/2009.

<sup>27</sup> ADEME, Estimation des gains potentiels en émissions de polluants atmosphériques (PM, NOx, COV) des actions de la charte d'engagement volontaire « Objectif CO<sub>2</sub> Les transporteurs s'engagent », 2016.



La note relative au bruit par rapport au label pneumatiques permet de connaître la valeur d'émission d'une part en valeur absolue et d'autre part par rapport aux seuils européens (1 onde sonore noircie = 3 dB ou plus en dessous de la limite européenne, 2 ondes sonores noircies = entre la limite européenne et 3 dB en dessous, 3 ondes sonores noircies = au-dessus de la limite

européenne, plus utilisé à partir de 2016).

Comme les dB n'évoluent pas en échelle linéaire, une augmentation de 3 dB correspond à deux fois plus de bruit.

## 5. Domaine de pertinence

Cette solution sera d'autant plus pertinente que le véhicule fait de la longue distance et roule à vitesse stabilisée. A contrario, elle sera plus difficilement applicable pour les transports qui nécessitent des adhérences maximales : conditions météorologiques difficiles, pentes trop importantes, véhicules évoluant sur des chantiers, etc.

## 6. Mise en œuvre

Pour les poids lourds, les pneumatiques à faible résistance au roulement deviennent un standard sur certaines gammes, qui proposent des versions « classiques » et « économiques », avec surcoût moyen à l'achat de l'ordre de 1% par rapport à un pneu ordinaire.

Dans le cas des véhicules utilitaires légers, le surcoût moyen lié à l'achat d'un pneumatique à faible résistance au roulement est de 4%<sup>28</sup>.

Préalablement à l'achat, il est conseillé de réaliser un audit ou un diagnostic par un spécialiste afin d'estimer le coefficient moyen de résistance au roulement de la flotte considérée.

Dans le cas d'une gestion du parc de pneumatiques externalisée, il faut demander au prestataire de choisir des pneumatiques de plus basse résistance dès que les contraintes de sécurité le permettent. Ce point doit donc être précisé dans les contrats, puis suivi au cours de l'exploitation. Dans le cas d'une gestion réalisée en interne, l'action implique de réaliser un suivi détaillé afin d'équiper certains véhicules en pneus basse résistance.

Cette solution a un temps de retour sur investissement court (< 1 an) avec les hypothèses de gain et de coût ci-dessus, et peut être considérée comme ayant une bonne faisabilité car elle ne présente pas de difficulté de mise en œuvre particulière (simplicité du diagnostic, disponibilité produit, rapidité mise en œuvre, ...).

## 7. Suivi de la solution

Indicateurs de suivi de la solution :

- Pourcentage de véhicules du parc équipés en pneumatiques à plus basse résistance en précisant les gammes équipées (véhicules utilitaires légers, petits porteurs, gros porteurs ou ensembles routiers) ;
- CRR moyen du parc (si disponible auprès de votre prestataire de gestion du parc de pneumatiques).

<sup>28</sup> Information du constructeur.

Modalités pratiques de collecte des données :

- Suivi détaillé des pneumatiques utilisés par véhicule et par remorque (suivi effectué par l'atelier) : type de pneumatique par essieu et par véhicule, km d'utilisation, ...

# Fiche de synthèse des « Certificats d'Économies d'Énergie » relative aux Pneus de véhicules légers à basse résistance au roulement



Certificats d'économies d'énergie

Opération n° TRA-EQ-106

## Pneus de véhicules légers à basse résistance au roulement

### 1. Secteur d'application

Flotte professionnelle de véhicules de catégories M1 ou N1 selon l'article R311.1 du code de la route.

### 2. Dénomination

Acquisition et montage de pneumatiques de remplacement ayant une classification d'efficacité en carburant au moins égale à C sur des véhicules de catégories M1 ou N1.

### 3. Conditions pour la délivrance de certificats

Les pneumatiques ont une classification d'efficacité en carburant au moins égale à C ainsi qu'une classification en adhérence sur sol mouillé au moins égale à C (classification au sens du règlement européen n°1222/2009 du 25 novembre 2009 sur l'étiquetage des pneumatiques en relation avec l'efficacité en carburant et d'autres paramètres essentiels).

La preuve de réalisation de l'opération mentionne :

- l'achat et le montage de pneumatiques ;
- la quantité de pneumatiques ;
- la classe d'efficacité en carburant et la classe en adhérence sur sol mouillé des pneumatiques livrés.

A défaut, la preuve de réalisation de l'opération mentionne l'acquisition d'un nombre donné de pneumatiques avec leur marque et référence, et elle est accompagnée d'un document issu du fabricant indiquant la classe d'efficacité en carburant et la classe en adhérence sur sol mouillé des pneumatiques de marque et référence livrés.

Les documents justificatifs spécifiques à l'opération sont :

- un document, daté et signé par le bénéficiaire de l'opération, justifiant le kilométrage annuel moyen parcouru par les véhicules de catégories M1 et N1 de sa flotte. Le kilométrage annuel moyen parcouru par les véhicules pour la flotte considérée est égal à la somme des kilométrages de tous les véhicules de catégories M1 ou N1 de la flotte (éléments issus de l'outil de gestion et de suivi de la flotte) divisée par le nombre total de véhicules de la flotte. Cette valeur est déterminée sur l'année calendaire précédant la demande de certificats ;

- un état récapitulatif issu du professionnel, daté et signé par le bénéficiaire de l'opération, indiquant le nombre de pneumatiques par marque et référence, par lieu de distribution (nom du site, numéro de SIRET de l'établissement du bénéficiaire, adresse du site), par date d'acquisition, par référence de la preuve de réalisation de l'opération ainsi que la classe d'efficacité en carburant et la classe en adhérence sur sol mouillé des pneumatiques livrés.

La date d'engagement de l'opération est la date d'acquisition la plus ancienne de l'état récapitulatif. La date d'achèvement de l'opération est la date d'acquisition la plus récente de l'état récapitulatif.

L'écart entre la date d'engagement et la date d'achèvement ne peut excéder 6 mois.

### 4. Durée de vie conventionnelle

1 an.

### 5. Montant de certificats en kWh cumac

Classe d'efficacité en carburant des pneumatiques montés	Montant en kWh cumac		Nombre de pneumatiques		Kilométrage annuel moyen parcouru par les véhicules
A	<b>0,011</b>	X	N <sub>A</sub>	X	Y
B	<b>0,008</b>		N <sub>B</sub>		
C	<b>0,006</b>		N <sub>C</sub>		

N<sub>A</sub> est le nombre de pneumatiques de classe d'efficacité en carburant A  
 N<sub>B</sub> est le nombre de pneumatiques de classe d'efficacité en carburant B  
 N<sub>C</sub> est le nombre de pneumatiques de classe d'efficacité en carburant C

# Fiche de synthèse des « Certificats d'Économies d'Énergie » relative au Véhicule de transport de marchandises optimisé



Certificats d'économies d'énergie

Opération n° TRA-EQ-115

## Véhicule de transport de marchandises optimisé

### 1. Secteur d'application

Véhicules de catégorie N3 selon l'article R.311.1 du code de la route

### 2. Dénomination

Achat ou location d'un véhicule de catégorie N3 neuf optimisé d'un poids total roulant autorisé (PTRA) supérieur ou égal à 40 tonnes.

### 3. Conditions pour la délivrance de certificats

Le véhicule neuf optimisé respecte les normes environnementales en vigueur et comporte les trois technologies suivantes :

- boîte de vitesse robotisée ;
- équipements pour l'aérodynamisme : déflecteur de toit et carénage latéral de l'interface entre la cabine et la remorque ; le carénage latéral de l'interface est exigé uniquement pour les tracteurs routiers ;
- pneus à basse résistance au roulement : ils doivent appartenir à une classe d'efficacité en carburant au moins égale à C et à une classe d'adhérence sur sol mouillé au moins égale à C (classification au sens du règlement européen n°1222/2009 du 25 novembre 2009 sur l'étiquetage des pneumatiques en relation avec l'efficacité en carburant et d'autres paramètres essentiels).

La preuve de réalisation de l'opération mentionne l'achat ou la location d'un véhicule de transport de marchandises optimisé neuf et le fait que le véhicule optimisé comporte les trois technologies suivantes :

- pneus à basse résistance au roulement de classe d'efficacité en carburant supérieure ou égale à C et de classe d'adhérence sur sol mouillé supérieure ou égale à C ;
- équipements pour l'aérodynamisme : déflecteur de toit, carénage latéral de l'interface uniquement pour les tracteurs ;
- boîte de vitesse robotisée.

A défaut, la preuve de réalisation de l'opération mentionne l'achat ou la location d'un véhicule neuf avec ses marque et référence et elle est complétée par un document issu du fabricant indiquant que le véhicule de marque et référence acheté ou loué est un véhicule optimisé. Ce document indique que le véhicule optimisé comporte les trois technologies suivantes :

- pneus à basse résistance au roulement de classe d'efficacité en carburant supérieure ou égale à C et de classe d'adhérence sur sol mouillé supérieure ou égale à C ;
- équipements pour l'aérodynamisme : déflecteur de toit, carénage latéral de l'interface uniquement pour les tracteurs routiers ;
- boîte de vitesse robotisée.

Dans le cas de la location, la durée du contrat de location est égale ou supérieure à 24 mois.

Les documents justificatifs spécifiques à l'opération sont :

- une copie du certificat d'immatriculation du véhicule optimisé ;
- un état récapitulatif, issu du professionnel et signé par le bénéficiaire de l'opération, indiquant par véhicule, son numéro d'identification, la date de commande, la date d'immatriculation, le lieu de réalisation (nom du site, numéro de SIRET de l'établissement bénéficiaire, adresse du site).

### 4. Durée de vie conventionnelle

10 ans.

### 5. Montant de certificats en kWh cumac

Montant en kWh cumac par véhicule neuf optimisé		Nombre de véhicules neufs optimisés
<b>181 300</b>	X	<b>N</b>



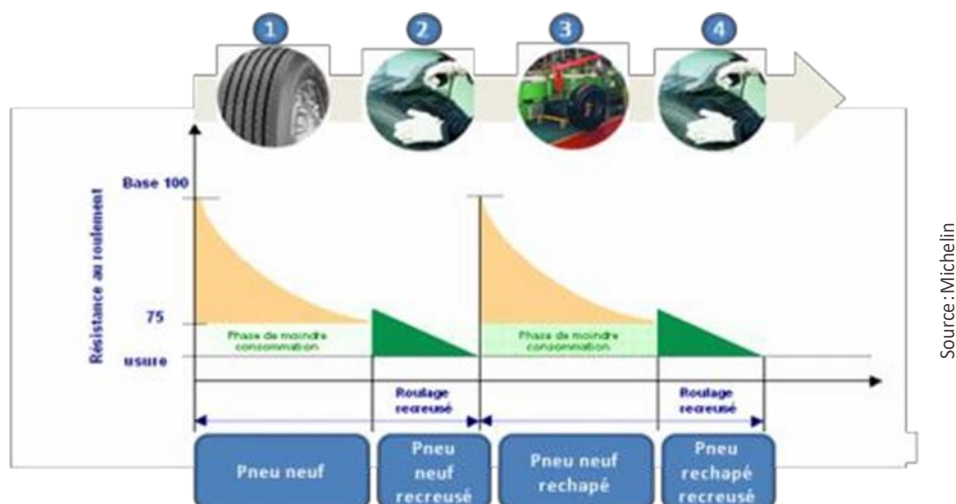
## Solution 2 : Recreusage et rechapage des pneumatiques

### 1. Principes

Le recreusage consiste à redessiner les rainures principales de la bande de roulement au moment où leur profondeur atteint 2 à 3 mm, le but étant de prolonger la vie du pneu. Autorisé par le code de la route et recommandé par les fabricants de pneumatiques, le recreusage permet de redonner du potentiel d'adhérence au pneu, d'accroître de façon notable le rendement kilométrique, mais aussi de réaliser une économie de carburant, car le pneu poursuit sa vie dans la période où sa résistance au roulement est la plus faible.

Le rechapage est une technique consistant à remplacer la bande de roulement usée d'un pneumatique après s'être assuré par inspections visuelles, tactiles et par shearographie de la qualité de la carcasse. L'objectif est de donner une 2ème, voire une 3ème vie au pneumatique. Cette opération s'effectue dans des ateliers homologués (EN Règlement n°109) sur des pneumatiques poids lourds.

Les pneumatiques peuvent potentiellement passer par quatre étapes au cours de leur durée de vie :



Comme indiqué sur le schéma ci-dessus, la résistance au roulement (et donc la consommation de carburant) diminue au fur et à mesure de l'usage des pneumatiques. Le recreusage permet de prolonger la durée de vie du pneu sur sa période de consommation la plus faible.

### 2. Impact sur la consommation de carburant et sur les émissions de GES

Le gain, en termes de réduction de consommation, sur la phase de vie « recreusé » est de l'ordre de 1,5 l/100 km (soit environ 4,5%). Ce gain n'est à prendre en compte que sur cette phase de vie qui représente 25% du cycle de vie, on obtient donc un gain d'environ 1% de consommation pour l'utilisation de pneumatiques recreusés sur un véhicule.

Ce gain ne varie pas en fonction de la gamme du véhicule ou de son usage.

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gains liés au recreusage (% de réduction des émissions de CO2)
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	Inapplicable
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t	1%
Grand porteur	Régional	>12 t	
Ensemble routier	Longue Distance	40 t	

Source : manufacturiers

### 3. Impact sur les émissions de polluants atmosphériques

Une analyse des études sur le sujet<sup>29</sup> montre qu'une meilleure gestion des pneumatiques permet de réduire les forces de résistance au mouvement et donc l'énergie nécessaire à une vitesse donnée. La moindre consommation du moteur pourrait s'accompagner d'une réduction des émissions NOX. Cependant, les gains en polluants sont difficilement associables aux économies de carburant. Même si un gain sur les émissions de polluants semble probable, on retiendra un effet positif mais non évaluable.

Cette analyse est appliquée à l'ensemble des solutions de la mesure « gestion du parc de pneumatiques ».

### 4. Impact sur les émissions sonores

L'adhérence des pneumatiques à la chaussée est un facteur de nuisances sonores. La variation de décibels est fortement impactée selon l'état du pneumatique et le revêtement de la chaussée (béton, asphalte, ...).

### 5. Domaine de pertinence

Pour pouvoir être recreusé, le pneumatique doit porter l'indicateur « regroovable » ou le symbole « U » sur ses flancs. Les pneumatiques recreusés peuvent être placés sur tous les essieux du véhicule, à la différence des pneumatiques rechapés qui ne doivent pas être placés sur l'essieu directeur.

Le recreusage et le rechapage sont exclusivement destinés aux véhicules d'un PTAC > 3,5 t. Dans le cas des véhicules utilitaires légers, ces solutions sont inapplicables, voire dangereuses.

La fiche CEE n° TRA-SE-105 intitulée « Recreusage des pneumatiques » n'est pas cumulable avec les fiches CEE n° TRA-SE-108 et 110 (cf. Solution 3 : Contrôle du gonflage des pneumatiques) concernant la gestion externalisée et optimisée de la globalité du poste pneumatique, dans lesquelles l'opération de « recreusage » est citée.

### 6. Mise en œuvre

A titre indicatif, le premier recreusage a lieu au bout de 180 à 220 000 km lorsqu'il s'agit de transport à l'échelle nationale, 110 à 120 000 km à l'échelle régionale)<sup>30</sup>.

Les manufacturiers de pneus publient des instructions relatives aux dessins à suivre lors du recreusage de leurs pneus, aux largeurs appropriées recommandées, et aux profondeurs permises en dessous du

<sup>29</sup> ADEME, *Estimation des gains potentiels en émissions de polluants atmosphériques (PM, NOx, COV) des actions de la charte d'engagement volontaire « Objectif CO2 Les transporteurs s'engagent »*, 2016.

<sup>30</sup> Source : entretiens avec les manufacturiers de pneumatiques

fond de sculpture d'origine (après recreusage, les câbles ne doivent en aucun cas être apparents). Le recreusage doit être effectué par des professionnels selon ces règles.

L'ordre de grandeur du coût pour le recreusage d'un pneu est de 30 €.

Le temps de retour sur investissement du recreusage est court (< 1 an) avec les hypothèses de gain et de coût ci-dessus. Cette solution ne présente pas de difficulté de mise en œuvre particulière et peut donc être considérée comme ayant une bonne faisabilité.

## 7. Suivi de la solution

Indicateur de suivi de la solution :

- Pourcentage de véhicules du parc dont les pneumatiques sont recreusés.

Modalités pratiques de collecte des données :

- Suivi du parc de pneumatiques par essieu et par véhicule ; type de pneumatique, étape du cycle de vie (1<sup>er</sup> recreusage, ...) et nombre de km parcourus.

# Fiche de synthèse des « Certificats d'Économies d'Énergie » relative au Recreusage des pneumatiques poids lourds



Certificats d'économies d'énergie

Opération n° TRA-SE-105

## Recreusage des pneumatiques

**1. Secteur d'application**

Véhicules de transport de personnes et de marchandises de catégories M2, M3, N2, N3, O3 ou O4 selon l'article R.311-1 du code de la route.

**2. Dénomination**

Recreusage de pneumatiques neufs ou rechapés.

Cette opération n'est pas cumulable avec les fiches d'opérations standardisées TRA-SE-108 et TRA-SE-109, TRA-SE-110 et TRA-SE-111.

**3. Conditions pour la délivrance de certificats**

Le recreusage est effectué par un professionnel.

La preuve de réalisation de l'opération mentionne le recreusage de pneumatiques neufs ou rechapés, le nombre de pneumatiques recreusés et la période sur laquelle ces pneumatiques ont été recreusés. Cette période ne peut dépasser six mois.

La date d'engagement est la date de réalisation du premier recreusage figurant sur la preuve de réalisation. La date d'achèvement est la date de réalisation du dernier recreusage figurant sur la preuve de réalisation.

**4. Durée de vie conventionnelle**

1 an.

**5. Montant de certificats en kWh cumac**

Montant en kWh cumac par pneumatique recreusé		Nombre de pneumatiques recreusés
<b>360</b>	X	<b>N</b>

## Zoom sur « rechapage et économie circulaire »

Le rechapage constitue une étape importante de l'économie circulaire du pneumatique poids lourd (pneumatique neuf de qualité, entretien, recrusage, rechapage, ...). La bonne gestion de ce cycle s'avère vertueuse sur le plan économique (avec notamment une diminution du prix de revient kilométrique pour le transporteur du fait de l'amélioration de la longévité du produit), social (des emplois de proximité peu délocalisables) et écologique (économie de matières premières, d'énergie et apparition tardive du déchet).

Tous les pneumatiques ne sont cependant pas rechapables. Deux conditions doivent être respectées pour qu'un pneu soit accepté au rechapage :

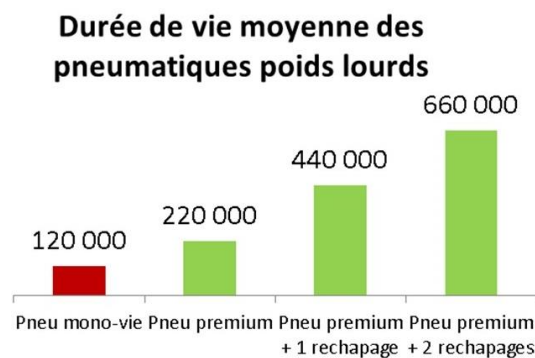
- Les pneumatiques doivent avoir été conçus dès l'origine pour être rechapés de manière optimale. Seuls ceux dont la carcasse est suffisamment robuste pour vivre plusieurs vies sont retenus par les rechapeurs. On parle alors de pneumatiques premium ou multi-vie, par opposition à des pneumatiques d'entrée de gamme non rechapable et donc mono-vie.
- Par ailleurs, un pneu ne peut être rechapé que s'il a été entretenu de manière professionnelle et régulière. Les règles de bonnes pratiques de la profession recensent plus de 10 motifs d'élimination.

Le tri des carcasses est effectué à la fois sur les lieux de démonte et chez les rechapeurs et dans tous les cas par des opérateurs disposant d'une solide expérience professionnelle. L'inspection des carcasses s'effectue dans un premier temps de façon visuelle et tactile, puis de façon assistée, avec les lignes de shearographie des ateliers de rechapage.

### Rechapage et durée de vie des pneumatiques

La durée de vie d'un pneumatique poids lourds varie fortement en fonction du type d'utilisation et de la qualité intrinsèque du pneumatique :

- Un pneu d'entrée de gamme, qualifié de mono-vie dans la mesure où il n'est pas conçu pour être rechapé, présente une durée de vie moyenne d'environ 120 000 km.
- Un pneu neuf premium réalise en moyenne 100 000 km supplémentaires et enregistre une durée de vie moyenne de 220 000 km. Ce pneu étant conçu pour être rechapé, il doublera, voire triplera sa longévité et réalisera respectivement 440 000 km ou 660 000 km.



Source : SNCP d'après étude EY – Octobre 2016

L'amélioration régulière de la qualité des procédés de rechapage font qu'aujourd'hui on réalise autant de kilomètres avec un pneumatique neuf premium qu'avec un rechapé. Cela n'était pas vrai il y a 15 ans en arrière.

### Rechapage et réduction du prix de revient kilométrique

Un pneumatique rechapé est jusqu'à 40% moins cher qu'un pneu neuf équivalent. Le rechapage permet de conférer une 2ème voire une 3ème vie à un pneumatique sans compromis sur la sécurité et sur les performances.

Un pneumatique premium est en revanche plus cher à l'achat qu'un pneu d'entrée de gamme. Cette comparaison de prix a cependant ses limites dans la mesure où la durée de vie d'un pneumatique premium est deux fois plus élevée.

La comparaison doit donc s'effectuer sur la base du prix de revient kilométrique qui permet d'apprécier le coût réel du pneumatique sur l'ensemble de sa durée de vie. Ce calcul permet de faire ressortir la compétitivité coût à l'usage du couple premium + rechapage(s) face à des pneus d'entrée de gamme dont les performances en termes d'adhérence ou de résistance au roulement demeurent globalement plus faibles.

### Rechapage et moindre consommation de matières premières et d'énergie

Le poids moyen d'un pneumatique pour véhicules utilitaires lourds s'élève à 65 kg. L'opération de rechapage consiste à apporter une nouvelle bande de roulement d'un poids moyen de 20 kg :

- La production de deux pneus neufs nécessite le recours à 130 kg de matières premières (caoutchouc, charges, inserts textiles et métallique...);
- La production d'un pneu neuf suivi du rechapage de ce même pneu ne nécessitera que le recours à 85 kg de matière (65 kg du pneu initial + 20 kg de la bande roulement du rechapé).

L'économie de matières premières s'élève à 35%.

Si le pneumatique est rechapé une seconde fois, l'économie atteint les 48% (3 pneus neufs versus 1 pneu neuf et 2 rechapages).

L'économie est encore plus marquée si l'on intègre dans le calcul le différentiel de kilomètres parcourus (1 pneu neuf premium + 1 rechapage : 440 000 km, 2 pneus neufs d'entrée de gamme : 240 000 km).

### Rechapage et moindre production de déchets

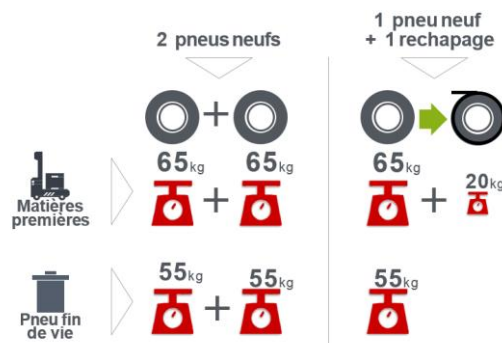
Le rechapage minore par ailleurs la production de déchets à valoriser (valorisation matière ou énergétique) et contribue à améliorer le bilan écologique du pneumatique.

Sur la base d'un poids moyen d'un pneu utilisé de 55 kg :

- L'usage de deux pneumatiques neufs conduit à la production de 110 kg de déchets à valoriser (55 kg x 2) ;
- L'usage d'un pneu neuf et d'un rechapé conduit à la production de seulement 55 kg de déchets (une seule carcasse à valoriser).

La moindre production de déchet s'élève à 50% et même à 67% avec deux rechapages.

Le gain est encore plus marqué si l'on rapporte la production de déchets au kilomètres parcourus (cf. point ci-dessus).



Source : SNCP

### Green deal tyre simulator ® : un outil d'aide à la décision pour les transporteurs<sup>31</sup>

Les manufacturiers de pneumatiques regroupés au sein du SNCP (Syndicat national du caoutchouc et des polymères) ont mis en ligne en 2018, un outil opérationnel d'aide à la décision pour les transporteurs routiers. Ce simulateur permet de comparer les performances économiques et environnementales de pneumatiques poids lourd premium rechapables avec celles de pneumatiques non rechapables.

L'outil est structuré pour appréhender 3 types de véhicules : Tracteur 4 X 2 + semi 3 essieux 40T, Porteur 4 x 2 19T, Bus urbain 4 x 2 19T

Le simulateur ([www.lecaoutchouc.com/tco](http://www.lecaoutchouc.com/tco)) permet d'apprécier le coût kilométrique, la consommation de carburant, le TCO (Total Cost of Ownership), la consommation de matières premières, le volume de déchets à traiter ainsi que les émissions de CO<sub>2</sub> pour les différentes offres de pneumatiques poids lourds.

<sup>31</sup> [www.rechapage.fr](http://www.rechapage.fr)

## Solution 3 : Contrôle du gonflage des pneumatiques

### 1. Principes

Le sous-gonflage des pneus génère une flexion exagérée de la carcasse, qui a pour conséquence un échauffement du pneu, l'augmentation de sa résistance au roulement et son usure prématurée. Sous-gonfler les pneus se traduit ainsi par une hausse de la consommation de carburants et une diminution de la durée de vie du pneumatique.

Une solution alternative de plus en plus fréquemment utilisée par les entreprises pour réduire la contrainte liée au gonflage des pneumatiques est le gonflage des pneus à l'azote. Les mélanges de gomme sont en effet légèrement plus étanches vis-à-vis de l'azote que de l'air. Bien qu'un pneu gonflé à l'azote se dégonfle plus lentement qu'un pneu gonflé à l'air, il nécessite également une surveillance régulière. Les règles et les conseils donnés pour le gonflage des pneus avec de l'air restent tous applicables.

#### Le cas du gonflage automatique des pneumatiques

Un équipementier propose un système de gonflage automatique des pneumatiques, complètement intégré au pneu lui-même (technologie AMT -Air Maintenance Technology-). Un régulateur interne détecte lorsque la pression de gonflage des pneus chute en dessous du niveau prédéfini. Il s'ouvre alors pour permettre à l'air de passer dans le tube de pompage. En roulant, la déformation du pneu aplatit le tube, poussant l'air vers la valve. L'air entre dans la cavité du pneumatique, permettant ainsi un maintien en continu de la pression recommandée. Cette technologie permet d'éviter le sous-gonflage comme le sur-gonflage mais représente un surcoût d'investissement important par rapport aux pneumatiques classiques. Cette technologie n'est donc pas détaillée plus en avant mais uniquement présentée à titre indicatif.

### 2. Impact sur la consommation de carburant et sur les émissions de GES

Une pression de gonflage insuffisante peut avoir comme effet une surconsommation jusqu'à 2,5% sur une longue distance<sup>32</sup>.

Dans le cas des poids lourds, les gains retenus dans le tableau ci-dessous correspondent à un sous-gonflage moyen de 15%.

Dans le cas des véhicules utilitaires légers, la fiche CEE n° TRA-SE-104 intitulée « Station de gonflage des pneumatiques » précise que le sous gonflage augmente la résistance au roulement d'un pneumatique et par conséquent la consommation de carburant d'un véhicule. Des études montrent qu'un différentiel de pression de 0,3 bar de pression engendre une surconsommation de 0,05 l/100 km par référence au test UTAC normalisé (soit +6% de résistance au roulement) et pour un différentiel de 1 bar de pression une surconsommation de 0,23 l/100 km (soit +30% de résistance au roulement). Ceci correspond à une surconsommation comprise entre 1,2% et 6% en fonction du différentiel de pression. En outre, dans une étude d'impact réalisée par la Commission européenne, il est indiqué qu'au niveau de l'UE une remise à la pression correcte des pneumatiques du parc automobile permettrait d'économiser 2,5% de la consommation de carburant.

<sup>32</sup> En outre, la durée de vie du pneumatique sera augmentée. En effet un sous-gonflage de 10% entraîne une usure accrue de 10%.



Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gains liés à l'optimisation du gonflage des pneumatiques <sup>33</sup> (% de réduction des émissions de CO <sub>2</sub> )
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	2,5%
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t	1%
Grand porteur	Régional	>12 t	1%
Ensemble routier	Longue Distance	40 t	1,5%

Source : manufacturiers, fiche CEE.

### 3. Impact sur les émissions de polluants atmosphériques

Une analyse des études sur le sujet<sup>34</sup> montre qu'une meilleure gestion des pneumatiques permet de réduire les forces de résistance au mouvement et donc l'énergie nécessaire à une vitesse donnée. La moindre consommation du moteur pourrait s'accompagner d'une réduction des émissions NOx. Cependant, les gains en polluants sont difficilement associables aux économies de carburant. Même si un gain sur les émissions de polluants semble probable, on retiendra un effet positif mais non évaluable.

Cette analyse est appliquée à l'ensemble des solutions de la mesure « gestion du parc de pneumatiques ».

### 4. Impact sur les émissions sonores

L'impact sonore (le bruit de contact pneumatique/chaussée) résulte d'une interaction constante entre la roue et le sol. Le pneu tourne, subit une déformation constante et ses blocs de gomme heurtent le sol. Une pression de pneu trop basse est un des principaux phénomènes générateurs de bruit.

### 5. Domaine de pertinence

Cette action s'applique à tous les domaines du transport. Elle sera plus efficace pour les véhicules parcourant de longues distances lorsque le sous-gonflage est important.

Le gonflage à l'azote est pertinent pour tous les types de véhicules.

### 6. Mise en œuvre

Cette action implique de contrôler régulièrement la pression des pneumatiques. En pratique, il est recommandé de vérifier et d'ajuster la pression des pneus une fois par mois<sup>35</sup>.

Pour un poids lourd, la pression d'un pneu sur un essieu moteur peut s'échelonner de 6,5 à 8,5 bars et sur une remorque de 7 à 9 bars. Pour un véhicule utilitaire léger, la pression peut s'échelonner de 3 à 5,8 bars<sup>36</sup>.

Dans le cas d'une gestion externalisée, le contrôle des pressions de gonflage des pneus de chaque véhicule doit être effectué au minimum tous les deux mois. De plus, après toute intervention sur un

<sup>33</sup> Pour les véhicules de plus de 3,5 t le taux de sous-gonflage est plus faible que pour les VUL, d'où des gains de CO<sub>2</sub> inférieurs.

<sup>34</sup> ADEME, Estimation des gains potentiels en émissions de polluants atmosphériques (PM, NOx, COV) des actions de la charte d'engagement volontaire « Objectif CO<sub>2</sub> Les transporteurs s'engagent », 2016.

<sup>35</sup> Fiche CEE T912 : Gonflage des pneumatiques pour véhicules VL et VUL.

<sup>36</sup> <http://www.conti-online.com>: Manuel Technique Continental Pneus pour véhicules utilitaires.

pneumatique, une mise à niveau des pressions de tous les pneus du véhicule doit être réalisée. En moyenne, cela assure un maximum de 5% d'écart de pression par rapport à la pression nominale conseillée et donc pas de surconsommation de carburant. La pression nominale peut être ajustée selon l'utilisation du véhicule, c'est-à-dire selon la charge moyenne et les itinéraires empruntés.

Pour une gestion réalisée en interne, différentes modalités de contrôle existent :

- Vérification systématique de la pression en atelier
- Vérification en dynamique en équipant les véhicules en manomètres
- Mise en place de systèmes d'alerte automatique (installation de LED ou de capteurs de pression électroniques-TPMS, Tyre Pressure Monitoring System-)

Le temps de retour sur investissement du contrôle régulier de la pression des pneus est court. Cette solution peut nécessiter, dans le cas de la gestion interne, de mettre en place un mécanisme de suivi manuel ou automatique et sa faisabilité peut donc être considérée comme intermédiaire.

Pour le gonflage à l'azote des pneus d'une flotte de véhicules, le prix d'achat d'une bouteille de 200 bars est d'environ 50 €. L'impact est insignifiant en termes de coût par pneu gonflé.

La gestion externalisée ou optimisée de la globalité du poste pneumatique fait l'objet respectivement des fiches CEE n° TRA-SE-108 et 110.

## 7. Suivi de la solution

Indicateur de suivi de la solution :

- Pourcentage de véhicules du parc dont les pneumatiques sont remis à pression a minima tous les deux mois. (NB : cette fréquence indicative doit être augmentée si des écarts de pression de l'ordre de 10% sont constatés).

Modalités pratiques de collecte des données :

- Mise en place d'un tableau de suivi de la pression des pneumatiques par véhicule.

# Fiche de synthèse des « Certificats d'Economies d'Énergie » relative à une Station de gonflage des pneumatiques



Certificats d'économies d'énergie

Opération n° TRA-SE-104

## Station de gonflage des pneumatiques

### 1. Secteur d'application

Transport : tous véhicules de catégorie M1 ou N1 selon l'article R.311-1 du code de la route.

### 2. Dénomination

Mise en place d'un contrat d'entretien pour de nouvelles stations de gonflage ou pour le maintien d'installations existantes conformément au cahier des charges Travaux de Normalisation des pneumatiques pour la France (TNPF).

### 3. Conditions pour la délivrance de certificats

Les prestations de gonflage de l'installation ne sont pas tarifées.

La station de gonflage respecte les conditions du cahier des charges Travaux de Normalisation des Pneumatiques pour la France (TNPF):

- facilité d'accès aux utilisateurs ;
- affichage visible dans la station de gonflage du panneau avec le message du TNPF :  
« Des pneus bien gonflés : les 10 conseils pour rouler en toute sécurité » ;
- l'opération de gonflage doit se faire en toute sécurité pour tous les utilisateurs ;
- le maintien des installations est conforme au cahier des charges du TNPF.

La date d'engagement de l'opération est la date de signature du contrat d'entretien. La date d'achèvement de l'opération est la date anniversaire de signature du contrat d'entretien.

Le professionnel est le prestataire de service signataire du contrat d'entretien.

La preuve de réalisation de l'opération est le contrat en cours de validité (hors reconduction tacite) signé entre le bénéficiaire et le professionnel, le cas échéant avec ses avenants, qui prouve de l'entretien de la station de gonflage et dans lequel le remplacement des organes défectueux est garanti dans un délai maximal de 15 jours.

Les documents justificatifs spécifiques à l'opération sont :

- la procédure de contrôle quotidien ;
- l'état récapitulatif, issu du professionnel et signé par le bénéficiaire de l'opération, des stations de gonflage des pneumatiques, sous contrat d'entretien, mentionnant par station son type, A, B ou C, son nom et son adresse.

### 4. Durée de vie conventionnelle

1 an.

### 5. Montant des certificats en kWh cumac

Trois types de stations de gonflage sont définis :

**Stations de gonflage de type A (N<sub>A</sub>) :** implantées sur des autoroutes ou des voies de grande circulation de type autoroutier avec des aires de stationnement/repos.

**Stations de gonflage de type B (N<sub>B</sub>) :** implantées dans des zones urbaines ou des agglomérations (zones industrielles, d'activité, parkings grands publics) et hors agglomération, hors parkings privés d'entreprises ou de collectivités locales.

**Stations de gonflage de type C (N<sub>C</sub>) :** implantées dans les parkings privés d'entreprises ou de collectivités locales, ces parkings hébergeant les véhicules des employés et/ou ceux appartenant à l'entreprise ou à la collectivité locale (au sens de flotte professionnelle).

Type de station	Montant en kWh cumac par station	X	Nombre de stations de gonflage
Type A	<b>534 200</b>		N <sub>A</sub>
Type B	<b>148 400</b>		N <sub>B</sub>
Type C	<b>39 600</b>		N <sub>C</sub>

# Fiche de synthèse des « Certificats d'Économies d'Énergie » relative à la Gestion externalisée de la globalité du poste pneumatique



Certificats d'économies d'énergie

Opération n° TRA-SE-108

## Gestion externalisée de la globalité du poste pneumatique (Véhicules de transport de marchandises)

### 1. Secteur d'application

Véhicules de transport de marchandises de catégories N2 ou N3 de plus de 7,5t jusqu'à 44t (ensembles articulés et porteurs) selon l'article R.311-1 du code de la route.

### 2. Dénomination

Gestion externalisée de la globalité du poste pneumatique sur une flotte de véhicules de catégories N2 ou N3.

Cette opération n'est cumable ni avec la fiche d'opération standardisée TRA-SE-105 ni avec la fiche d'opération standardisée TRA-SE-110.

### 3. Conditions pour la délivrance de certificats

Les pneumatiques en gestion externalisée équipent des véhicules de poids maximal P tel que :  $7,5 \text{ tonnes} \leq P \leq 44 \text{ tonnes}$  (ensembles articulés et porteurs).

La gestion externalisée de la globalité du poste pneumatique est confiée à un professionnel et elle comporte au moins les opérations suivantes : réglage des géométries, contrôle des pressions, recreusage, permutation et/ou retournement sur jante et suivi des usures.

La preuve de réalisation de l'opération est le contrat en cours de validité (hors reconduction tacite) signé entre le bénéficiaire et le professionnel, le cas échéant avec ses avenants, qui prouve de l'entretien des pneumatiques et des services réalisés sur les pneumatiques.

Ce contrat inclut :

- pour chaque établissement du bénéficiaire, identifié par son nom, SIRET et adresse, le nombre et le type de véhicules concernés (ensemble articulé ou porteur) ;
- les services suivants : réglage des géométries, contrôle des pressions, recreusage, permutation et/ou retournement sur jante et suivi des usures ;
- le recreusage de 65% minimum des pneus quittant l'entreprise pour rechapage ou valorisation ;
- la vérification de la pression des pneus des véhicules trois fois par an en moyenne (sur vérification ou remplacement du pneu) ;
- l'acceptation au rechapage de 70% minimum des pneus neufs introduits dans la flotte (hors dommages accidentels) ;
- le fait que l'ensemble des véhicules sous contrat subissent au moins une fois par an une opération de permutation et/ou de retournement sur jante.

La date d'engagement de l'opération est définie comme la date de signature du contrat, ou, lorsque le contrat original arrive à échéance ou lorsqu'il ne respecte pas l'intégralité des exigences ci-dessus, la date de signature de l'avenant prolongeant le contrat ou permettant de respecter l'ensemble des exigences ci-dessus.

La date d'achèvement de l'opération est définie comme la date de signature du contrat (pour la première année de contrat) puis comme la date anniversaire de signature du contrat (pour les années suivantes). Le contrat est encore valide minimum un an après la date d'achèvement de l'opération.

### 4. Durée de vie conventionnelle

1 an.

### 5. Montant des certificats en kWh cumac

Type de véhicules	Montant en kWh cumac par ensemble articulé		Nombre d'ensembles articulés en gestion externalisée
Ensemble articulé	4 700	X	N

Type de véhicules	Montant en kWh cumac par porteur		Nombre de porteurs en gestion externalisée
Porteur	1 700	X	N

## Fiche de synthèse des « Certificats d'Économies d'Énergie » relative à la Gestion optimisée de la globalité « du poste pneumatique



Certificats d'économies d'énergie

Opération n° TRA-SE-110

### Gestion optimisée de la globalité du poste pneumatique (Véhicules de transport de marchandises)

#### 1. Secteur d'application

Véhicules de transport de marchandises de catégories N2 ou N3 de plus de 7,5t jusqu'à 44t (ensembles articulés et porteurs) selon l'article R.311-1 du code de la route.

#### 2. Dénomination

Gestion optimisée de la globalité du poste pneumatique sur une flotte de véhicules de catégories N2 ou N3.

Cette opération n'est cumulable ni avec la fiche d'opération standardisée TRA-SE-105 ni avec la fiche d'opération standardisée TRA-SE-108.

#### 3. Conditions pour la délivrance de certificats

Les pneumatiques en gestion optimisée équipent des véhicules de poids maximal P tel que : 7.5 tonnes  $\leq$  P  $\leq$  44 tonnes (ensembles articulés et porteurs).

La gestion optimisée de la globalité du poste pneumatique est confiée à un professionnel et elle comporte au moins les opérations suivantes : réglage des géométries, contrôle des pressions, recrusage, permutation et/ou retournement sur jante et suivi des usures.

La preuve de réalisation de l'opération est le contrat tripartite en cours de validité (hors reconduction tacite) signé entre le bénéficiaire, le fabricant des pneumatiques et le professionnel, le cas échéant avec ses avenants, qui prouve de l'entretien des pneumatiques et des services réalisés sur les pneumatiques.

Ce contrat inclut :

- pour chaque établissement du bénéficiaire, identifié par son nom, SIRET et adresse, le nombre et le type de véhicules concernés (ensemble articulé ou porteur) ;
- les services suivants : réglage des géométries, contrôle des pressions, recrusage, permutation et/ou retournement sur jante et suivi des usures ;
- le recrusage de 50 % minimum des pneus quittant l'entreprise pour rechapage ou valorisation ;
- la vérification de la pression des pneus des véhicules trois fois par an en moyenne (sur vérification ou remplacement du pneu) ;
- le fait que l'ensemble des véhicules sous contrat subissent au moins une fois par an une opération de permutation et/ou de retournement sur jante.

La date d'engagement de l'opération est définie comme la date de signature du contrat, ou, lorsque le contrat original arrive à échéance ou lorsqu'il ne respecte pas l'intégralité des exigences ci-dessus, la date de signature de l'avenant prolongeant le contrat ou permettant de respecter l'ensemble des exigences ci-dessus.

La date d'achèvement de l'opération est définie comme la date de signature du contrat (pour la première année de contrat) puis comme la date anniversaire de signature du contrat (pour les années suivantes). Le contrat est encore valide minimum un an après la date d'achèvement de l'opération.

#### 4. Durée de vie conventionnelle

1 an.

#### 5. Montant des certificats en kWh cumac

Type de véhicules	Montant en kWh cumac par ensemble		Nombre d'ensembles articulés en gestion optimisée
Ensemble articulé	3 900	X	N

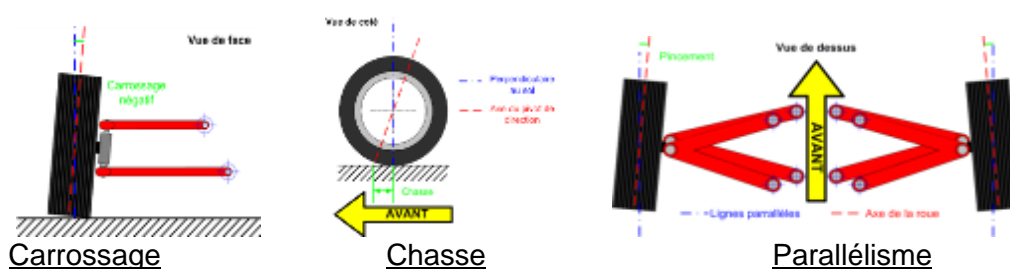
Type de véhicules	Montant en kWh cumac par porteur		Nombre de porteurs en gestion optimisée
Porteur	1 400	X	N

## Solution 4 : Optimisation de la géométrie

### 1. Principes

Différents angles définissent la géométrie : le carrossage, le pivot, la chasse et le parallélisme. Ces angles doivent être parfaitement harmonisés pour éviter une usure prématurée et une surconsommation :

- Le carrossage est l'inclinaison de la roue par rapport à la verticale ;
- Le pivot est l'angle formé par l'axe de pivot et la verticale vu de face ;
- La chasse est l'angle formé par l'axe de pivot et la verticale vu de côté ;
- Le parallélisme est l'angle que forme le plan de la roue et l'axe longitudinal du véhicule.



Source :  
www.autotekno.com

Un mauvais réglage de ces paramètres augmente la résistance au roulement et induit par conséquent des surconsommations de carburant.

### 2. Impact sur la consommation de carburant et sur les émissions de GES

Les surconsommations liées à des dérèglages peuvent atteindre 1 l/100 km. Le gain retenu, pour donner suite aux échanges avec les manufacturiers, est de 0,5 l/100 km soit 1,5%.

Ce gain ne varie pas en fonction de la gamme du véhicule ou de son usage.

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gains liés à l'optimisation de la géométrie des pneumatiques (% de réduction des émissions de CO2)
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	1,5%
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t	
Grand porteur	Régional	>12 t	
Ensemble routier	Longue Distance	40 t	

Source : manufacturiers

### 3. Impact sur les émissions de polluants atmosphériques

Une analyse des études sur le sujet<sup>37</sup> montre qu'une meilleure gestion des pneumatiques permet de réduire les forces de résistance au mouvement et donc l'énergie nécessaire à une vitesse donnée. La moindre consommation du moteur pourrait s'accompagner d'une réduction des émissions NOx.

<sup>37</sup> ADEME, Estimation des gains potentiels en émissions de polluants atmosphériques (PM, NOx, COV) des actions de la charte d'engagement volontaire « Objectif CO2 Les transporteurs s'engagent », 2016.

Cependant, les gains en polluants sont difficilement associables aux économies de carburant. Même si un gain sur les émissions de polluants semble probable, on retiendra un effet positif mais non évaluable.

Cette analyse est appliquée à l'ensemble des solutions de la mesure « gestion du parc de pneumatiques ».

#### 4. Domaine de pertinence

Cette solution s'applique à tous les véhicules et activités de transport.

#### 5. Mise en œuvre

Le contrôle de la géométrie doit être effectué par un professionnel. L'ordre de grandeur du coût d'un contrôle est de 150 euros.

En plus de la géométrie, il est possible d'optimiser l'usure des pneumatiques en les permutant de l'extérieur vers l'intérieur et inversement. Sur un essieu moteur, le fait de permuter les pneumatiques peut améliorer leur durée de vie d'environ 10%.

Le temps de retour sur investissement du contrôle régulier de la géométrie est court (< 1 an) d'après les hypothèses de coût et de faisabilité présentées plus haut. Cette solution présente une facilité de mise en œuvre intermédiaire (implication d'un professionnel sur site ou en externe).

L'opération de « réglage des géométries » est indiquée dans les fiches CEE n° TRA-SE-108 et 110 (cf. Solution 3 : Contrôle du gonflage des pneumatiques) concernant la gestion externalisée et optimisée de la globalité du poste pneumatique.

#### 6. Suivi de la solution

Indicateur de suivi de la solution :

- Pourcentage de véhicules pour lesquels la géométrie est vérifiée au moins une fois par an.

Modalités pratiques de collecte des données :

- Tableau de suivi de contrôle de la géométrie des pneumatiques : diagnostic par essieu et par véhicule, type d'opération entreprise pour redresser la géométrie.

# A1 VEH FA 8 : Climatisation

## Synthèse

### 1. Description de l'action

L'objectif de cette action est de proposer une solution de réduction des émissions associées à l'utilisation de la climatisation. Le remplacement des systèmes de climatisation classiques par une climatisation de type évaporative ou autonome permet respectivement de s'affranchir de l'utilisation des gaz réfrigérants, qui ont un impact négatif important sur le changement climatique, et de limiter les surconsommations liées à l'utilisation du moteur au ralenti.

### 2. Domaine de pertinence

Cette action s'applique à tous les domaines du transport et à tous les véhicules équipés de systèmes de climatisation.

### 3. Gains CO<sub>2</sub>

Solutions	Gains CO <sub>2</sub>	Retour sur investissement	Faisabilité	Domaine de pertinence
<b>Climatisation évaporative</b> Equipement en système de climatisation évaporative	0% à 10% 3% à 3,3%	>3 ans à <1 an	Difficile à Facile	VUL, PP, GP, ER
<b>Climatisation autonome</b> Equipement en système de climatisation autonome	0% à 10% 0 à 2%	>3 ans à <1 an	Difficile à Facile	ER

### 4. Gains PA

Solutions	Gains NOx	Gains PM	Gains COV	Domaine de pertinence
<b>Climatisation évaporative</b> Equipement en système de climatisation évaporative	+	NC	NC	VUL, PP, GP, ER
<b>Climatisation autonome</b> Equipement en système de climatisation autonome	Variable	Variable	Variable	ER



## 5. Fiches complémentaires

A1 COND FA 2 : Gestes économes et bonnes pratiques, Solution 2 : Sensibilisation aux bonnes pratiques spécifiques au transport sous température dirigée

## Contexte et réglementation

L'utilisation de la climatisation dans les véhicules a amené plus de confort et de sécurité pour les conducteurs. Cependant, cette technologie a aussi engendré une augmentation des émissions des gaz à effet de serre des transports pour deux raisons :

- Le fonctionnement de la climatisation nécessite l'entraînement d'un compresseur par le moteur thermique du véhicule ce qui accroît la consommation de carburant de ce dernier (et donc les émissions de CO<sub>2</sub>) ;
- Les boucles de climatisation ne sont pas parfaitement étanches et les fluides frigorigènes utilisés, qui peuvent s'en échapper, ont un très fort effet sur le réchauffement climatique (1430 fois plus important que le CO<sub>2</sub>).
- Traditionnellement la climatisation des véhicules est réalisée par l'utilisation du fluide frigorigène « R - 134a ». Jusqu'à présent, cette technologie de climatisation par compression a été largement diffusée par les constructeurs en première monte.

### Gestes et bonnes pratiques

En complément à toute action liée à l'optimisation de la climatisation, il est indispensable que l'entreprise mène également une sensibilisation aux éco-gestes (cf. A1 COND FA 1 Sol 2).

Cette sensibilisation peut porter sur des gestes simples tels que :

- Stationner à l'ombre quand c'est possible ;
- Ouvrir les fenêtres pour évacuer la chaleur avant que la climatisation soit en marche ;
- Fermer les fenêtres dès que la climatisation fonctionne ;
- Ne pas dépasser 4 à 5 °C de différence entre l'extérieur et l'intérieur du véhicule climatisé ;
- Eteindre la climatisation automatique tant qu'il ne fait pas trop chaud ;
- Recycler l'air de l'habitacle par temps très chaud.

## Solution 1 : Climatisation évaporative

### 1. Principes

Dans le cas de la climatisation évaporative, l'air extérieur chaud et sec est filtré, rafraîchi et réhydraté grâce à l'évaporation d'eau puis diffusé dans la cabine. Cette technologie présente la particularité de fonctionner en air neuf, sans recyclage de l'air intérieur, tout en apportant une filtration et une purification de l'air extérieur introduit. La climatisation évaporative a fait l'objet de tests de validation et de plusieurs centaines de mises en application en situation réelle, depuis plusieurs années, qui confirment la satisfaction de ses utilisateurs. D'un point de vue environnemental, la technologie évaporative présente les avantages cumulés de n'utiliser aucun fluide frigorigène agissant sur l'effet de serre et de diminuer la surconsommation de carburant due au fonctionnement de la climatisation.

### 2. Impact sur la consommation de carburant et sur les émissions de GES

Un appareil de climatisation classique contient environ 1 kg de gaz frigorigène avec un taux d'émissions fugitives et irrégulières moyen de l'ordre de 17% par an. Sur un an, ces rejets de fluide frigorigène correspondent à des émissions d'environ 240 kg éq. CO<sub>2</sub> (soit de l'ordre de 2 g de CO<sub>2</sub> par kilomètre parcouru pour un véhicule parcourant 120 000 km par an). D'autre part, la surconsommation de carburant liée à l'utilisation d'un appareil de climatisation classique est de l'ordre de 5%. Les systèmes de climatisation évaporative étant trois fois plus efficaces, cette action entrainera une réduction des consommations de carburant d'environ 3%.

Dans le tableau ci-dessous, les gains sur les consommations de carburant et sur les émissions de CO<sub>2</sub> ont été distingués. En effet, dans le second cas les deux avantages environnementaux de la climatisation évaporative s'ajoutent (absence de fluide frigorigène et surconsommations limitées).

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gains liés à l'utilisation de climatisation évaporative par rapport à la climatisation classique <sup>38</sup>	
			(% de réduction des consommations de carburant)	(% de réduction des émissions de CO <sub>2</sub> , émissions de fluide frigorigène inclus)
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	3%	3,3%
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t		
Grand porteur	Régional	>12 t		
Ensemble routier	Longue Distance	40 t		

Source : ADEME

<sup>38</sup> En moyenne répartie sur l'ensemble de l'année. En effet, en période de fonctionnement, le gain de consommation est de 20 à 25%.

### 3. Impact sur les émissions de polluants atmosphériques

Une analyse des études sur le sujet<sup>39</sup> ne permet pas de retenir un gain pour les émissions de PM et de COV. Pour les NOx, on retiendra une économie sur les émissions de quelques%.

Ces conclusions sont néanmoins difficilement attribuables par analogie aux véhicules lourds (non traités par les sources étudiées).

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gains liés à cette solution (% de réduction des émissions de polluants)		
			NOx	PM	COV
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	+	NC	NC
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t			
Grand porteur	Régional	>12 t			
Ensemble routier	Longue Distance	40 t			

### 4. Domaine de pertinence

L'abaissement de la température étant plus faible qu'avec une climatisation classique (de -9 à -13 °C pour une température extérieure de 35 °C), l'entreprise doit au préalable se poser la question d'une éventuelle dégradation du confort de conduite des conducteurs. Néanmoins, l'air de la cabine est réhydraté ce qui supprime la sensation d'air sec induite par les systèmes de climatisation classique.

### 5. Mise en œuvre

Afin de valider la pertinence de la mise en place d'un système de climatisation évaporative, il appartient à l'entreprise d'exiger de la part de ses fournisseurs potentiels une proposition dans chacune des deux technologies concurrentes (cabine équipée de la climatisation « classique » par compression et cabine équipée de la climatisation évaporative) en faisant apparaître les points suivants :

- Nature du fluide frigorigène utilisé ;
- Quantité mise en jeu dans chaque équipement (charge nominale) ;
- Puissance mécanique absorbée pour le fonctionnement de la climatisation.

L'investissement dans un système de climatisation évaporative pour une cabine est de l'ordre de 1 500 euros (montage sur un véhicule neuf non équipé d'une climatisation traditionnelle).

Le coût d'utilisation est divisé par 3 par rapport à un système de climatisation conventionnel (qui consomme l'équivalent de 5 à 6 CV de puissance).

Avec les hypothèses de gain et de coût ci-dessus, le temps de retour sur investissement d'un système de climatisation évaporative est de l'ordre de 1,5 année. Sa faisabilité est intermédiaire.

Dans le cas d'une commande de véhicules par une collectivité territoriale dans le cadre d'une procédure de marché public, il est possible d'utiliser la clause d'allotissement des commandes en vue du développement durable permettant de commander séparément le véhicule sans climatisation et la climatisation évaporative.

Il convient de préciser que la climatisation évaporative présente certaines contraintes dans sa mise en œuvre : l'installation du système sur le toit du véhicule peut poser problème car le toit n'est pas

<sup>39</sup> ADEME, Estimation des gains potentiels en émissions de polluants atmosphériques (PM, NOx, COV) des actions de la charte d'engagement volontaire « Objectif CO2 Les transporteurs s'engagent », 2016.

parfaitement plat. En outre, elle entraîne une augmentation de la consommation de carburant en raison de la réduction de l'aérodynamique du véhicule. Enfin, au niveau de son utilisation, elle nécessite un remplissage quotidien (ou presque) du réservoir d'eau pour le fonctionnement de la climatisation.

## 6. Suivi de la solution

Indicateur de suivi de la solution :

- Pourcentage de véhicules du parc utilisant un système de climatisation évaporative.

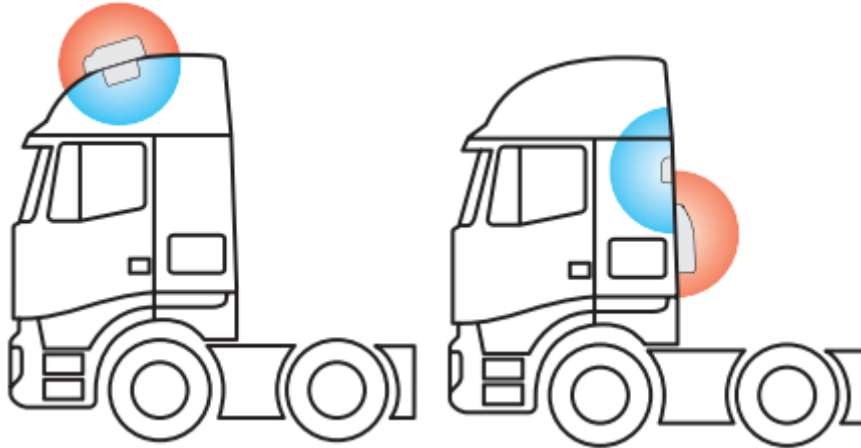
Modalités pratiques de collecte des données :

- Suivi des systèmes de climatisation équipant le parc de véhicules.

## Solution 1 : Climatisation autonome

### 1. Principes

La climatisation autonome ou indépendante, systèmes équipés d'un compresseur, permet de refroidir la cabine conducteur quand le moteur est arrêté. Le système de climatisation peut fonctionner pendant plusieurs heures (un système de coupure assure la disponibilité de la batterie pour le redémarrage du véhicule). L'installation de ces dispositifs peut se faire sur le toit ou à l'arrière de la cabine.



Source : Equipementier

### 2. Impact sur la consommation de carburant et sur les émissions de GES

Les appareils de climatisation autonome vont utiliser le même gaz frigorigène qu'un appareil de climatisation classique. Par contre, en éteignant le moteur pendant les pauses tout en conservant une réfrigération, ce système va permettre de réduire la consommation de carburant de l'ordre de 5% (surconsommation de carburant liée à l'utilisation d'un appareil de climatisation classique) sur la plage horaire d'utilisation de la climatisation classique à l'arrêt. En considérant une utilisation tous les soirs de cette climatisation autonome, on approche un gain moyen de 2%. Ainsi, selon l'utilisation qui en sera faite, le gain retenu oscillera entre 0 et 2%.

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gains liés à l'utilisation de climatisation autonome par rapport à la climatisation classique (% de réduction des consommations de carburant)
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	-
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t	-
Grand porteur	Régional	>12 t	-
Ensemble routier	Longue Distance	40 t	0 à 2%

Le gain global attendu va en effet fortement varier en fonction de 2 paramètres principaux :

- La température extérieure : conditions climatiques globales sur la période considérée (variables d'une année à l'autre), zone climatique sur laquelle le parcours est opéré (besoins

en climatisation différents entre des parcours au sud ou au nord de la France) et période (différentiel de température important entre les saisons) ;

- L'organisation logistique : nombre d'heures d'arrêts prolongés du véhicule (si le véhicule rentre au dépôt tous les jours, le gain sera nul).

### 3. Impact sur les émissions de polluants atmosphériques

Les gains sur les NOX, PM et COV sont proportionnels au temps passé à l'arrêt moteur coupé. Comme il n'existe pas d'études européennes sur le sujet, une analogie avec les gains en CO<sub>2</sub> peut être appliquée (cf. A1 VEH FA 2 : Solutions techniques d'optimisation de la vitesse et du ralenti, Solution 3 : Coupure automatique du moteur au ralenti). Les émissions de polluants étant réduites dans une phase de fonctionnement du véhicule à l'arrêt (le moteur fonctionne sur un régime faible), on retiendra un gain d'émission pour l'ensemble des polluants de l'ordre du gain en consommation de carburant. Néanmoins, comme le gain final retenu par l'entreprise va être fortement variable en fonction de ses conditions d'exploitation et des conditions climatiques, aucune valeur spécifique n'a été spécifiquement indiquée pour les gains sur les différents polluants atmosphériques.

### 4. Domaine de pertinence

Cette action n'a de sens que si le véhicule est immobilisé régulièrement sur parking pendant plusieurs heures avec le conducteur à bord.

### 5. Mise en œuvre

L'investissement dans un système de climatisation autonome pour une cabine est de l'ordre de 2 000 euros.

Comme un système de climatisation classique consomme de l'ordre de 3,5 l/h, ce type de dispositif devrait rapidement devenir rentable, mais le temps de retour sur investissement va dépendre in fine du temps d'utilisation de la climatisation à l'arrêt.

La faisabilité est facilitée grâce à des kits d'installation simples et une maintenance légère.

### 6. Suivi de la solution

Indicateur de suivi de la solution :

- Pourcentage de tracteurs équipés de la climatisation autonome.

Modalités pratiques de collecte des données :

- Suivi des systèmes de climatisation équipant le parc de véhicules.

# A1 VEH FA 9 : Allègement du véhicule

## Synthèse

### 1. Description de l'action

Cette action intervient sur le poids à vide du véhicule dans son ensemble (tracteur et remorque dans le cas d'un ensemble routier).

La diminution du poids à vide permet de réduire la résistance au roulement dans le cas où le véhicule est saturé en volume et d'augmenter la capacité de transport dans le cas où il est saturé en poids.

### 2. Domaine de pertinence

Cette action est particulièrement pertinente pour les transports spécifiques avec des remorques dédiées sur lesquelles des efforts d'allègement peuvent être entrepris.

Il existe également des carrosseries allégées pour les véhicules utilitaires légers du type châssis-cabines.

La réflexion doit avoir lieu lors de l'achat de nouveau matériel.

### 3. Gains CO<sub>2</sub>

Solutions	Gains CO <sub>2</sub>	Retour sur investissement	Faisabilité	Domaine de pertinence
<b>Allègement du véhicule</b>	0% à 10% 0,5% à 20%	>3 ans à <1 an Variable	Difficile à Facile	VUL PP GP ER
Choix d'un véhicule (tracteur et remorque) plus léger				

### 4. Gains PA

Les gains en émissions de polluants atmosphériques pour cette action n'ont pas été quantifiés en raison d'une trop grande incertitude.

### 5. Fiches complémentaires

/



## Contexte et réglementation

Les limites de PTAC pour les différents véhicules du transport de marchandises sont détaillées ci-dessous :

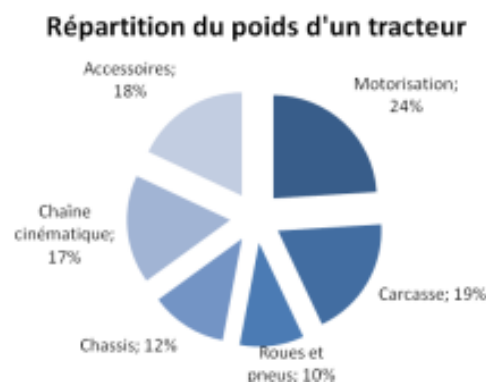
- 3,5 t pour un utilitaire pouvant se conduire avec le permis B (tourisme) ;
- 19 t pour un véhicule à moteur à deux essieux ;
- 26 t pour un véhicule à moteur à trois essieux ;
- 32 t pour un véhicule à moteur à quatre essieux ou plus ;
- 44 t pour les ensembles articulés (« semi-remorques ») : tracteurs de 7 t + remorques de 8 t + capacité maximale de fret de 29 t.

Les poids moyens des véhicules à vide s'échelonnent entre 1 et 15 tonnes selon les différentes classes de PTAC. Ce poids représente 60% du PTAC pour les véhicules utilitaires légers et 34% pour les ensembles articulés.

Classe de PTAC	Moyenne du PTAC de la catégorie (tonnes)	Poids moyen à vide (tonnes)	Moyenne de la charge utile maximale (tonnes)
< 1,5 tonnes	1,30	0,90	0,40
1,5 à 2,5 tonnes	1,80	1,10	0,70
2,51 à 3,5 tonnes	2,90	1,70	1,20
3,5 tonnes	3,50	2,10	1,40
3,51 à 5 tonnes	4,74	2,37	2,37
5,1 à 6 tonnes	5,67	2,84	2,84
6,1 à 10,9 tonnes	8,80	4,11	4,69
11 à 19 tonnes	16,32	6,53	9,79
19,1 à 21 tonnes	19,37	7,75	11,62
21,1 à 32,6 tonnes	26,87	10,21	16,66
Tracteurs routiers	44,00	15,00	29,00

Source : Documentation des facteurs d'émissions de la Base Carbone<sup>®</sup> - V 11.0.0

Pour les ensembles articulés, le poids du tracteur représente la moitié du poids à vide, il se décompose de la manière suivante :



Source : Technologies and Approaches to Reducing the Fuel Consumption of Medium- and Heavy-Duty Vehicles

## Solution : Allègement du véhicule

### 1. Principes

Une augmentation du poids du véhicule augmente d'une part la consommation et d'autre part la puissance nécessaire en montée et pour accélérer. En choisissant de remplacer les matériaux classiquement utilisés par d'autres matériaux plus légers, il est possible d'alléger le poids à vide des véhicules.

### 2. Impact sur la consommation de carburant et sur les émissions de GES

On peut distinguer deux cas de réduction lorsque le véhicule est chargé :

- Le véhicule sature en volume  
Le gain de poids à vide permettra de diminuer la consommation en litres/100 km puisque le poids du véhicule induit une surconsommation.
- Le véhicule sature en poids (maximum du PTAC)  
Dans ce cas, la consommation en litres/100 km n'est pas modifiée, mais le gain de poids à vide permettra de transporter plus de marchandises et ainsi de diminuer l'indicateur en g CO<sub>2</sub>/t.km.



Source : ADEME

Par ailleurs, la consommation sera réduite dans les deux cas lors de tout trajet parcouru à vide ou avec un véhicule non saturé en masse ou en volume.

Dans le cas des poids lourds, les gains indiqués ci-dessous ont été calculés pour un allègement de 500 kg du poids à vide du véhicule. Il s'agit d'un objectif atteignable dans de nombreux cas. Ces gains ont été calculés en prenant pour référence un PTAC moyen de 20 tonnes pour les porteurs et de 40 tonnes pour les ensembles routiers.

Pour les véhicules utilitaires légers du type châssis-cabine, le gain de poids lié à l'utilisation d'une carrosserie légère peut atteindre environ 400 kg (une caisse traditionnelle d'une épaisseur de 14 mm pèse environ 800 kg alors qu'une caisse en thermoplastique d'une épaisseur de 20 mm pèse 400 kg<sup>40</sup>). Le gain de consommation serait de 2 à 3 l/100 km<sup>41</sup>.

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Cas de la saturation en volume : gains liés à un allègement de 500 kg (litres/100 km)	Cas de la saturation en poids : gains liés à un allègement de 500 kg (litres/t.km)
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	-	Jusqu'à 20%
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t	-	-
Grand porteur	Régional	>12 t	1%	4%
Ensemble routier	Longue Distance	40 t	0,5%	2%

<sup>40</sup> Entretien constructeur.

<sup>41</sup> Données du constructeur, sur la base des premiers retours d'expérience.

Sources : entretiens utilisateurs, calculs théoriques et étude “Technologies and Approaches to Reducing the Fuel Consumption of Medium- and Heavy-Duty Vehicles”, National Research Council, 2010.

### 3. Impact sur les émissions de polluants atmosphériques

Une analyse des études sur le sujet<sup>42</sup> ne permet pas de retenir un gain pour les émissions de polluants atmosphériques. En effet, l'impact sur le fonctionnement du véhicule et ses consommations de carburant est trop faible pour être considéré tenant compte des incertitudes.

### 4. Domaine de pertinence

Cette action est pertinente pour tous les types de transport. Les actions spécifiques les plus appropriées concernent particulièrement les remorques. Dans la mesure où le poids est l'un des seuls axes de différenciation des fabricants de remorques, de nombreuses propositions existent dans ce domaine.

Dans le cas des véhicules utilitaires légers du type châssis-cabine, une solution intéressante consiste à équiper le véhicule d'un soubassement châssis en aluminium et d'une carrosserie monocoque en thermoplastique mono-matériau<sup>43</sup>. Le gain de charge utile peut atteindre 45%. Outre leurs bonnes caractéristiques mécaniques, ces carrosseries présentent l'avantage d'être recyclables. Par contre, les réparations étant plus difficiles en cas d'impact, une action de sensibilisation du personnel est recommandée en parallèle afin de réduire la sinistralité. Cette solution n'est pas adaptée aux véhicules utilitaires légers du type fourgon.

### 5. Mise en œuvre

Cette solution doit être mise en œuvre lors de la décision d'achat du véhicule. L'allègement recherché peut concerner :

- Le tracteur ou le porteur : dans ce cas, le critère du poids doit être considéré dans le choix global du modèle (choix abordé dans la fiche A1 VEH FA 1 : Modernisation et ajustement du parc à son usage). Selon l'usage, si les trafics sont uniquement régionaux et ne nécessitent pas de découchage ou certains auxiliaires de cabine qui permettent d'alléger le tracteur cela permettra de diminuer la consommation et surtout d'augmenter la charge utile. Aussi une cabine avec un confort moindre sera plus légère.
- La remorque : Il est nécessaire lors de cet achat de bien prendre en compte les spécificités de l'entreprise utilisatrice en termes d'offre de transport : les dimensions des remorques doivent être choisies avec précision afin d'éviter des effets de seuil (quelques centimètres peuvent affecter significativement le taux de chargement). Par ailleurs, le choix de réhausseurs peut permettre d'adapter la remorque à son chargement et au tracteur, et ainsi de limiter la résistance aérodynamique. Le marché est très diffus et il existe de nombreux cas particuliers. Chaque solution sera alors très spécifique et adaptée au contexte d'utilisation. Les principales catégories de remorques concernées sont les suivantes : bâchées (savoyardes et tautliners), citernes et bennes.

<sup>42</sup> ADEME, Estimation des gains potentiels en émissions de polluants atmosphériques (PM, NOx, COV) des actions de la charte d'engagement volontaire « Objectif CO<sub>2</sub> Les transporteurs s'engagent », 2016.

<sup>43</sup> La plupart des caisses de châssis-cabines sont réalisées en contreplaqué stratifié et non recyclable (bois + polyester + colle).

L'action d'allègement du véhicule présente une faisabilité intermédiaire. Si les changements organisationnels sont plutôt faibles et les temps de mise en œuvre restreints, la recherche d'une solution optimale peut demander un peu de temps et le marché n'offre pas forcément les produits adaptés aux usages spécifiques de l'entreprise.

Les surcoûts de matériaux légers sont difficiles à évaluer compte tenu de la diversité des situations. Le retour sur investissement sera donc variable. Le calcul doit être réalisé au cas par cas par les transporteurs.

Dans le cas des véhicules utilitaires légers du type châssis-cabine, le surcoût à l'achat d'une carrosserie monocoque en thermoplastique mono-matériau est au maximum de l'ordre de 10% du prix du véhicule. Selon les premiers retours d'expérience, l'amortissement serait réalisé en 3 mois environ.

## 6. Suivi de la solution

Indicateur de suivi de la solution :

- Gain de poids sur les nouveaux véhicules du parc (en kg) avec indication du type de transport considéré (saturation volume ou saturation poids).

Modalités pratiques de collecte des données :

- Suivi du poids à vide des véhicules (et suivi des t.km).

# A1 VEH FA 10 : Réduction des consommations liées aux besoins autres que la traction

## Synthèse

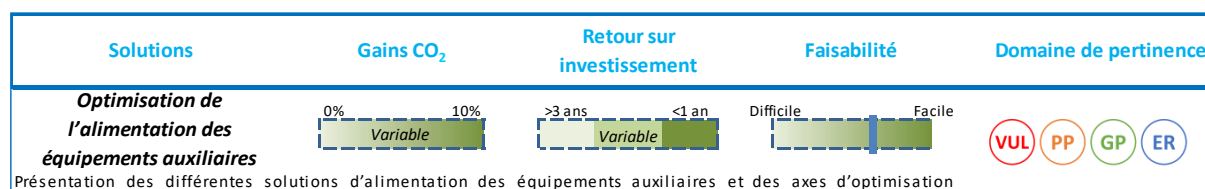
### 1. Description de l'action

Les consommations auxiliaires d'un véhicule (pompes, ...) peuvent être réduites en optimisant le rendement nécessaire à la production de cette énergie : moteur (principal ou secondaire) ou batterie (principale ou autonome). Les solutions techniques spécifiques sont propres à chaque type de transport, c'est pourquoi il est difficile de définir des gains et des coûts types pour cette action.

### 2. Domaine de pertinence

Cette solution est adaptée à des types de transport spécifiques, comme le vrac liquide, le déménagement, le bâtiment et travaux publics, ... : tous les types de transport dont les véhicules sont équipés d'équipements auxiliaires consommateurs d'énergie.

### 3. Gains CO<sub>2</sub>



### 4. Gains PA

Les gains en émissions de polluants atmosphériques pour cette action n'ont pas été quantifiés en raison de l'effet indirect et variable de la mesure.

### 5. Fiches complémentaires

Cette action est complémentaire à la fiche A1 COND FA 1 : Mise en place d'un programme éco-conduite.

## Contexte et réglementation

Plusieurs sources d'énergie sont utilisables pour l'alimentation des équipements auxiliaires des véhicules de transport de marchandises : le moteur du véhicule, la batterie ou un moteur autonome. Ces différentes solutions d'alimentation en énergie auront chacune leurs points forts et selon l'utilisation, l'une ou l'autre de ces solutions sera préférable. Par exemple, si ces équipements ont vocation à être souvent utilisés pendant l'arrêt du véhicule, un moteur autonome ou une batterie seront plus intéressants car cela permettra d'éviter la sollicitation du moteur lorsqu'il est au ralenti. L'utilisation du moteur à l'arrêt n'est pas règlementée au niveau français ou européen. A contrario, dans d'autres régions du monde, l'utilisation abusive du moteur à l'arrêt peut être sanctionnée (USA, Canada).

## Solution : Optimisation de l'alimentation des équipements

### 1. Principes

Il existe de nombreux types d'équipements auxiliaires alimentés par un moteur autonome ou non autonome ou par la batterie du véhicule : toupie, benne basculante, bras de levage, malaxeur, pompe...

Ces équipements sont nombreux et leurs caractéristiques varieront fortement d'un type d'utilisation à un autre. L'adaptation d'une solution à une utilisation se fera donc au cas par cas.

La solution la moins consommatrice est de toute évidence le recours à la batterie du véhicule (moteur éteint) ou auxiliaire lorsque cela est possible.

La deuxième solution à privilégier est l'utilisation d'un moteur autonome ; cependant, cette solution sera performante si la consommation horaire est inférieure à celle du moteur au ralenti.

Enfin si aucune de ces deux solutions n'est applicable, il peut être intéressant de discuter avec le constructeur du choix de la motorisation et du réglage du moteur qui permettront d'optimiser les deux usages du moteur : traction et fonctionnement des équipements auxiliaires.

### 2. Impact sur la consommation de carburant et sur les émissions de GES

Dans le cas de la substitution de l'utilisation du moteur du véhicule par un moteur autonome, l'économie de carburant sera la différence entre les consommations des deux moteurs. Le ralenti moteur consommant en moyenne 2 litres par heure, la consommation du moteur autonome devra être inférieure.

L'utilisation de la batterie permet d'éviter la consommation du ralenti moteur (2 l/h), voire davantage si la puissance nécessaire au fonctionnement de l'équipement auxiliaire est supérieure à la puissance délivrée par le moteur au ralenti.

Dans le choix des différentes solutions, le poids de la motorisation des consommations auxiliaires est à surveiller : une augmentation du poids peut venir dégrader la consommation pendant les trajets (et donc, effacer les gains liés aux consommations auxiliaires principalement à l'arrêt).

A titre d'exemple, le tableau ci-dessous présente les puissances et consommations induites par des équipements :

Type	Nombre moyen d'heures de fonctionnement (h/an)	Puissance (kW)	Consommation de gazole (l/h)
Camion à benne basculante	100	20 - 50	4 - 10
Malaxeur	100 - 280	40 - 90	8 - 17
Camion à grue	100 - 280	20-30	4-6
Camion pompe à béton	200 - 800	160 - 220	40 - 170

Source : Scania « sélection d'une prise de mouvement » et consommation moyenne groupe électrogène

### 3. Impact sur les émissions de polluants atmosphériques

Cette mesure a un effet indirect et variable sur les émissions de CO<sub>2</sub> et de polluants atmosphériques. Les gains associés ne peuvent donc pas être quantifiés.

### 4. Domaine de pertinence

Cette solution est applicable à l'ensemble des véhicules équipés d'équipements auxiliaires alimentés par un moteur autonome ou non autonome.

### 5. Mise en œuvre

La première tâche à réaliser est d'identifier les consommations de carburant des équipements auxiliaires pour pouvoir s'adresser le plus précisément possible à un constructeur ou fournisseur de solution. Pour cela, le transporteur peut recourir à de l'informatique embarquée qui lui permettra, quand le véhicule est à l'arrêt, de mesurer la consommation liée aux équipements auxiliaires. En l'absence d'informatique embarquée, le transporteur pourra estimer la puissance à fournir nécessaire à partir des puissances nominales des équipements consommateurs d'énergie, et aboutir ainsi à un calcul théorique en litres / heure : cette deuxième approche est néanmoins très approximative.

Chaque solution d'optimisation sera particulière. Il est nécessaire que le transporteur se rapproche des fournisseurs afin d'opter pour une technologie conciliant au mieux les aspects technico-économique et énergétique. Le fournisseur sera le plus à même d'estimer le coût et la faisabilité du passage à une nouvelle technologie.

### 6. Suivi de la solution

Indicateurs de suivi de la solution :

- Consommation de carburant (ou d'électricité) des équipements auxiliaires avant optimisation (l/h ou kWh) ;
- Consommation de carburant (ou d'électricité) des équipements auxiliaires après optimisation (l/h ou kWh) ;
- Nombre d'heures d'utilisation annuelle des équipements.

Modalités pratiques de collecte des données :

- Connaissance de la consommation horaire de carburant afin d'isoler les consommations des auxiliaires ;
- Suivi du nombre d'heures d'utilisation des équipements auxiliaires.



# A1 VEH FA 11 : Température dirigée : choix du système de production de froid

---

## Synthèse

### 1. Description de l'action

Au moment de l'achat d'un véhicule sous température dirigée, le choix de la technologie de production de froid ainsi que son dimensionnement ont un impact significatif sur la consommation de carburant et les émissions de CO<sub>2</sub>. Les nouvelles technologies disponibles permettent des gains significatifs.

### 2. Domaine de pertinence

Ces solutions peuvent être appliquées à tous les types de transport sous température dirigée.

### 3. Gains CO<sub>2</sub>

Solutions	Gains CO <sub>2</sub> <sup>1</sup>	Retour sur investissement <sup>1</sup>	Faisabilité	Domaine de pertinence
<b>Définition de l'usage d'un engin pour le bon dimensionnement de son groupe frigorifique</b>	0% à 100% Variable	>3 ans à <1 an Variable	Difficile à Facile	ER
Choix d'un groupe frigorifique dont la puissance est adaptée à l'usage du véhicule				
<b>Groupe frigorifique de transport ayant une option de biberonnage</b>	0% à 100% 5% à 10%	>3 ans à <1 an Variable	Difficile à Facile	VUL PP GP ER
Possibilité de raccordement du groupe froid au réseau électrique lorsque le véhicule est arrêté				
<b>Groupe frigorifique à Haute Efficacité Energétique</b> 	0% à 100% 50%	>3 ans à <1 an	Difficile à Facile	VUL PP GP ER
Deux types de groupes peuvent être choisis, soit un groupe autonome, soit un groupe non-autonome				
<b>Groupe frigorifique électrique autonome</b>	0% à 100% 90%	>3 ans à <1 an Variable	Difficile à Facile	VUL PP GP
Utilisation d'un groupe frigorifique fonctionnant sur batteries				
<b>Utilisation d'engins munis d'un groupe frigorifique cryogénique de CO<sub>2</sub> ou d'azote liquide à injection indirecte</b>	0% à 100% 75%	>3 ans à <1 an	Difficile à Facile	GP ER
Utilisation de CO <sub>2</sub> ou d'azote liquide comme fluide frigorigène en injection indirecte				
<b>Utilisation d'engins munis d'un groupe frigorifique cryogénique d'azote liquide à injection directe</b>	0% à 100% 65%	>3 ans à <1 an	Difficile à Facile	GP ER
Utilisation d'azote liquide comme fluide frigorigène en injection directe				
<b>Engins réfrigérants équipés de plaques eutectiques ou d'un groupe dit à accumulation</b>	0% à 100% 97%	>3 ans à <1 an	Difficile à Facile	VUL PP
Utilisation d'un groupe froid accumulant le froid dans des plaques ou profilés eutectiques via le courant secteur.				
<b>Chariot cryogénique</b>	0% à 100% 75%	>3 ans à <1 an	Difficile à Facile	VUL PP
Utilisation d'un chariot cryogénique pour mutualiser le transport de marchandises en multi-température				

<sup>1</sup> Les gains et le temps de retour sur investissement présentés ici sont relatifs aux émissions de CO<sub>2</sub> et aux coûts associés au groupe froid.

#### 4. Gains PA

Solutions	Gains NOx	Gains PM	Gains COV	Domaine de pertinence
<p><b>Définition de l'usage d'un engin pour le bon dimensionnement de son groupe frigorifique</b></p> <p>Choix d'un groupe frigorifique dont la puissance est adaptée à l'usage du véhicule</p>	Indirect	Indirect	Indirect	ER
<p><b>Groupe frigorifique de transport ayant une option de biberonnage</b></p> <p>Possibilité de raccordement du groupe froid au réseau électrique lorsque le véhicule est arrêté</p>	+++	+++	+++	VUL PP GP ER
<p><b>Groupe frigorifique à Haute Efficacité Energétique</b></p> <p>Deux types de groupes peuvent être choisis, soit un groupe autonome, soit un groupe non-autonome</p>	+++	NC	NC	VUL PP GP ER
<p><b>Groupe frigorifique électrique autonome</b></p> <p>Utilisation d'un groupe frigorifique fonctionnant sur batteries</p>	+++	NC	NC	VUL PP GP
<p><b>Utilisation d'engins munis d'un groupe frigorifique cryogénique de CO2 ou d'azote liquide à injection indirecte</b></p> <p>Utilisation de CO2 ou d'azote liquide comme fluide frigorigène en injection indirecte</p>	+++	+++	+++	GP ER
<p><b>Utilisation d'engins munis d'un groupe frigorifique cryogénique d'azote liquide à injection directe</b></p> <p>Utilisation d'azote liquide comme fluide frigorigène en injection directe</p>	+++	+++	+++	GP ER
<p><b>Engins réfrigérants équipés de plaques eutectiques ou d'un groupe dit à accumulation</b></p> <p>Utilisation d'un groupe froid accumulant le froid dans des plaques ou profilés eutectiques via le courant</p>	+++	+++	+++	VUL PP
<p><b>Chariot cryogénique</b></p> <p>Utilisation d'un chariot cryogénique pour mutualiser le transport de marchandises en multi-température</p>	+++	+++	+++	VUL PP

#### 5. Fiches complémentaires

/

## Contexte et réglementation

Le transport des produits alimentaires sous température dirigée engendre des émissions directes de gaz à effet de serre du fait de la combustion du carburant des véhicules et des groupes froids mais aussi au travers des fuites de gaz frigorigènes qui sont de puissant gaz à effet de serre. Le potentiel de réduction des émissions de CO<sub>2</sub> est potentiellement très important car près de 11 000 véhicules frigorifiques sont renouvelés par an dont 24% de semi-remorques, 20% de porteurs et 56% de véhicules inférieurs à 3,5 t (24% de l'ensemble des engins mis sur le marché en 2014 sont multi-températures). Ce fort renouvellement du parc représente un potentiel important de réduction des émissions d'autant que près de 20% des émissions de CO<sub>2</sub> globales d'un camion frigorifique (traction + production de froid) sont induites par les groupes froids (source ADEME).

Dans le cas des véhicules effectuant de la distribution urbaine, la part du groupe froid dans les émissions globales du véhicule peut atteindre 30%<sup>44</sup>.

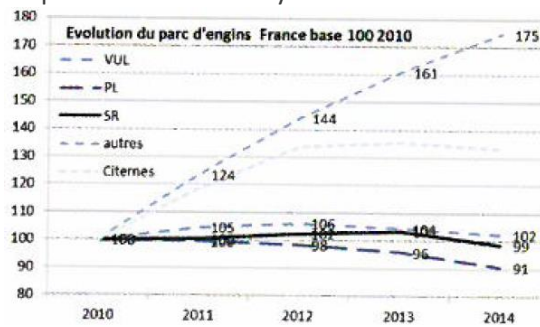
	Ventilation de chaque technologie par gabarie de véhicules				Nombre de véhicules en France
	Petit Véhicule jusqu'à 5 t	Véhicule de 5 t à 26 t	Remorques et semi-remorques	Total	
Froid mécanique non Autonome	92%	11%	1%	40%	44 400
Froid mécanique Autonome	3%	82%	99%	54%	60 300
Froid Accumulé	5%	5%	0%	3%	3 900
Froid cryogénique	0%	1%	1%	1%	700
<b>Total</b>	<b>41%</b>	<b>29%</b>	<b>31%</b>	<b>100%</b>	<b>111 000</b>

Nombre de véhicules	45 000	32 000	34 000	109 140
Taux de renouvellement	13%	5%	10%	10%
Nombre de véhicules renouvelés	6 000	1 500	3 500	11 000

Etat du parc Français, 2007, source : entretiens fabricants et association professionnelles

<sup>44</sup> Source : Projet ANR PREDIT « TRUE »: Truck Refrigeration for Urban Environment (2007-2011, labellisé LUTB 2015): Réduction de la consommation énergétique d'un véhicule frigorifique, par une approche globale incluant l'étude de la production de froid et la minimisation des apports thermiques (cité par François Clavier Conseil : « Bonnes Pratiques Energétiques pour la Distribution Urbaine de Denrées Périssables - UNTF-TF 26 janvier 2011 »). Sur une tournée de 7h, un véhicule parcourt 100 km à 30 l/100 km (soit 30 l) et le groupe fonctionne pendant 5 heures à 3 l/h (15 l). Consommation du groupe = 33% de la consommation totale (15/45).

Le parc français de véhicules frigorifiques est assez stable depuis plus d'une dizaine d'années même s'il a connu un tassement et un vieillissement suite à la crise économique de 2008. En 2014, la France compte 140 000 engins frigorifiques dont 110 000 ayant une attestation ATP<sup>45</sup> valide.



Source : Cemafruid

<sup>45</sup> Le transport des produits alimentaires sous température dirigée est règlementé par l'ATP (Accord relatif aux transports internationaux de denrées périssables et aux engins spéciaux à utiliser pour ces transports) qui constitue un « standard » européen, voire mondial.

## Solution 1 : Définition de l'usage d'un engin pour le bon dimensionnement de son groupe frigorifique

### 1. Principes

Un engin frigorifique est équipé d'une caisse isotherme et d'un groupe frigorifique pour produire du froid et ainsi pouvoir transporter des marchandises périssables (fruits, légumes, viandes...), des produits chimiques, ou autres matériaux sensibles à la variation de température ou nécessitant des températures constantes.

Le choix d'un groupe frigorifique doit se baser sur la puissance de production de froid requise pour :

- Respecter les températures réglementaires des produits à transporter,
- S'adapter à l'utilisation des engins frigorifiques,
- Prendre en compte le comportement de ces matériels durant leur durée de vie moyenne<sup>46</sup>
- Respecter les obligations de l'Accord ATP<sup>47</sup> qui impose que la puissance frigorifique utile du dispositif est supérieure aux déperditions thermiques en régime permanent à travers les parois pour la classe considérée, multipliée par le facteur 1,75.

En conséquence, le transporteur, lors de l'achat d'un engin frigorifique, doit définir les caractéristiques permettant à son fournisseur de réaliser le dimensionnement thermique correct du groupe frigorifique au regard de son utilisation.

Ces informations constituent un cahier des charges qui reprend :

- La nature des denrées à transporter
- La température réglementaire à laquelle ces denrées doivent être conservées
- Le type de distribution concerné permettant d'estimer le nombre de ruptures de charge prévisibles (ouvertures de porte, distance parcourue)

En fonction de ce cahier des charges, le transporteur doit s'assurer que ces éléments ont bien été pris en compte par son fournisseur. Il doit de plus s'assurer que le dimensionnement de la puissance et de l'efficacité énergétique du groupe frigorifique sur toute la plage d'utilisation de l'engin est effectivement adapté à l'usage prévu.

### 2. Impact sur la consommation de carburant et sur les émissions de GES

Dans le cas du transport longue distance, il est pertinent de considérer que le nombre d'ouvertures de portes est limité. Dans ces conditions, la mesure consistant à dimensionner le groupe frigorifique au plus juste des besoins ci-dessus mentionnés (coefficient de sécurité de 1,75 entre la puissance frigorifique utile du dispositif et les déperditions thermiques de l'engin pour la classe considérée) est pertinente pour limiter la consommation énergétique du groupe et donc son impact CO<sub>2</sub>.

Un tel engin, dans des conditions d'usage différentes, risque de ne pas produire suffisamment de froid pour respecter la réglementation en matière de chaîne du froid.

Les bénéfices en termes de réduction de consommation de carburant et d'émissions de CO<sub>2</sub> seront variables en fonction de chaque situation.

<sup>46</sup> Le coefficient de vieillissement de la caisse isotherme est d'environ 5% par an pendant environ 12 ans pour des semi-remorques, 4,5% pour des porteurs et 3,5% pour des véhicules utilitaires légers (source Cemafroid)

<sup>47</sup> Accord ATP révisé le 2 janvier 2011

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gain lié à la solution (% de réduction de la consommation du groupe froid)
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	-
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t	-
Grand porteur	Régional	>12 t	-
Ensemble routier	Longue Distance	40 t	Variable

### 3. Impact sur les émissions de polluants atmosphériques

Les émissions associées au groupe froid peuvent représenter jusqu'à la quasi-totalité des émissions de polluants d'un véhicule lorsque celui-ci est équipé de technologies récentes de traitement des émissions (véhicules EURO V ou EURO VI). Plusieurs ajustements ou changement de technologie concernent le groupe froid et peuvent donc permettre des gains très importants sur les émissions totales du véhicule. Chaque solution amène des impacts différenciés.

### 4. Domaine de pertinence

Cette action est pertinente pour les engins frigorifiques destinés à réaliser des transports sur longues distances avec peu d'ouverture de portes.

### 5. Mise en œuvre

Chaque situation sera particulière et il est nécessaire que le transporteur se rapproche des constructeurs afin d'opter pour une technologie optimale conciliant au mieux l'aspect technico-économique et énergétique. Le fournisseur sera ainsi le plus à même d'estimer le coût et la faisabilité du passage à un groupe adapté à son usage.

Le temps de retour sur investissement sera à évaluer au cas par cas.

### 6. Suivi de la solution

Indicateurs de suivi de la solution :

- Consommation de carburant des groupes frigorifiques pour les engins pour lesquels l'usage n'est pas pris en considération dans le dimensionnement ou utilisés dans des conditions différentes de celles préconisées ;
- Consommation de carburant des groupes frigorifiques pour les engins pour lesquels l'usage est pris en compte dans le dimensionnement et utilisés dans les conditions préconisées.

Modalités pratiques de collecte des données :

- Connaissance de la consommation horaire des groupes frigorifiques ;
- Suivi du nombre d'heures d'utilisation des groupes frigorifiques.

## Solution 2 : Groupes frigorifiques de transport ayant une option de biberonnage

### 1. Principes

Le biberonnage offre la possibilité de raccorder le groupe frigorifique au réseau électrique lors de son fonctionnement statistique.

Lors de son exploitation, un véhicule reste environ 10 à 15% du temps dans les dépôts. Or, certains groupes froids autonomes ont la possibilité de fonctionner en utilisation statique sur le réseau électrique. Ce branchement permet de substituer le moteur fonctionnant au GNR ou au gazole routier par l'électricité du réseau lorsque le véhicule est à l'arrêt. Dans le cas de groupes électriques autonomes, il n'est pas nécessaire d'avoir un équipement électrique supplémentaire. En revanche, pour les groupes purement mécaniques cela demande l'ajout d'un moteur électrique.

Cette action est possible lors d'opérations de chargement/déchargement dans les plates-formes logistiques, lors de la mise en froid mais aussi sur les aires d'autoroutes ou dans les navires Ro-Ro lorsque cela est rendu possible par la présence de prises de courant accessibles. L'efficacité de cette solution est aussi liée à la sensibilisation du conducteur aux enjeux associés à cette action, car celui-ci doit penser à brancher le groupe lorsque cela est possible.

### 2. Impact sur la consommation de carburant et sur les émissions de GES

En considérant qu'un groupe froid fonctionne 10-15% de son temps grâce à l'électricité du réseau, il est ainsi possible de réduire de 10-15% sa consommation de carburant, soit 0,4 l/h pour une consommation initiale de 2,8 l/h. Toutefois, le recours au réseau électrique en substitution à l'utilisation du carburant a aussi un impact. En considérant que le groupe froid consomme 4 kWh pour une heure de fonctionnement, les émissions de CO<sub>2</sub> associés sont d'environ 370 g éq CO<sub>2</sub><sup>48</sup> en utilisant l'électricité du réseau. Cet impact peut toutefois être réduit en utilisant une source d'énergie renouvelable.

La réduction globale des émissions de CO<sub>2</sub> est alors de l'ordre de 5 à 10%.

Pour un véhicule utilitaire léger, le gain est du même ordre (le groupe consomme de 1,5 à 2 kWh).

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gain lié à la solution (% de réduction des émissions de CO <sub>2</sub> associées à l'utilisation du groupe froid)
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	5 - 10%
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t	
Grand porteur	Régional	>12 t	
Ensemble routier	Longue Distance	40 t	

Source : Calcul ADEME à partir des données des hypothèses retenues dans les fiches CEE

<sup>48</sup> En considérant les émissions moyennes de CO<sub>2</sub> engendrées par la production d'un kWh en France (incluant les pertes en ligne), soit 92 g de CO<sub>2</sub> éq en 2010. Source : Bilan Carbone® v6.1.



### 3. Impact sur les émissions de polluants atmosphériques

La technologie de biberonnage consiste à brancher le groupe frigorifique lorsque cela est possible (notamment lors des passages au dépôt). Lorsque le groupe est relié au réseau électrique, le moteur du véhicule peut donc être éteint, ou le groupe indépendant ne consomme plus de carburant.

Pour information, les seuils d'émissions règlementaires des groupes mécaniques sont les suivants :

- NOx : 34 g/h
- HC : 8 g/h
- PM 3 g/h

Lors des phases de biberonnage, le moteur thermique du groupe frigorifique est à l'arrêt et n'émet donc plus de polluants. On considère que 15% du temps de fonctionnement du groupe frigorifique passe en branchement secteur. Toutes choses égales par ailleurs, on considère donc un potentiel de réduction des émissions polluantes de cette même valeur.

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gains liés à cette solution (% de réduction des émissions de polluants)		
			NOx	PM	COV
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	+++	+++	+++
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t			
Grand porteur	Régional	>12 t			
Ensemble routier	Longue Distance	40 t			

### 4. Domaine de pertinence

Cette technologie est adaptée à l'ensemble des véhicules.

### 5. Mise en œuvre

Cette technologie nécessitera la mise en place de prises de courant aux places de stationnement des plateformes de chargement. Il est pertinent d'envisager avec les clients chargeurs l'éventualité d'installer des prises de courant sur les lieux de livraison.

L'ajout d'un moteur électrique ou d'un compresseur supplémentaire est facturé en option, avec un surcoût important dans certains cas. Ces surcoûts étant très variables, le temps de retour sur investissement est à étudier au cas par cas.

En tenant compte de la disponibilité sur le marché des technologies associées, de la modification de l'organisation du travail découlant de la nécessité de brancher le groupe pour l'alimenter et de la nécessité de mettre en place les prises de courant, la faisabilité de cette solution est entre facile et intermédiaire.

Dans le cas des véhicules utilitaires légers, cette technologie est proposée en option par les constructeurs au prix d'environ 400 €.

### 6. Suivi de la solution

Indicateurs de suivi de la solution :

- Pourcentage de groupe autonome utilisant le réseau électrique lors de son fonctionnement statique ;

- Nombre d'heures de fonctionnement du groupe lorsque le véhicule est à l'arrêt, avant mis en place de la solution.

#### Modalités pratiques de collecte des données

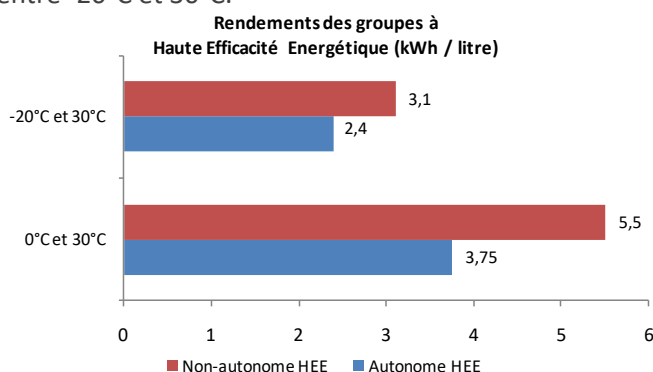
- Connaissance des technologies utilisées par la flotte ;
- Suivi du nombre de véhicules remplacés par un véhicule neuf équipé d'un groupe autonome utilisant le réseau électrique lors de son fonctionnement statique.

## Solution 3 : Groupe frigorifique à Haute Efficacité Energétique

### 1. Principes

Lors de l'acquisition d'un groupe frigorifique, deux technologies à haute efficacité énergétique peuvent être choisies :

- **Groupes autonomes à Haute Efficacité Energétique** : le principe du groupe autonome repose sur l'utilisation d'un moteur Diesel indépendant qui entraîne le compresseur pour la production de froid. Les dispositions à respecter pour atteindre le niveau de performance « haute efficacité énergétique » sont détaillées dans la fiche CEE TRA-EQ-111. Ainsi, les rendements globaux minimums à respecter sont de 3,75 kWh / litre entre 0°C et 30°C et de 2,4 kWh / litre entre -20°C et 30°C.
- **Groupes non-autonomes à Haute Efficacité Energétique** : Le principe du groupe non-autonome repose sur l'utilisation du moteur du véhicule qui entraîne directement un convertisseur d'énergie produisant l'énergie nécessaire pour la production du froid. Les rendements globaux minimums à respecter<sup>49</sup> sont de 5,5 kWh / litre entre 0°C et 30°C et de 3,1 kWh / litre entre -20°C et 30°C.



### 2. Impact sur la consommation de carburant et sur les émissions de GES

L'utilisation d'un système à haute efficacité énergétique entraîne une réduction de la consommation d'énergie du groupe pouvant aller jusqu'à 50% par rapport aux solutions actuelles. En considérant une consommation de carburant de 2,8 l/h, le gain est donc de 1,4 litre par heure de fonctionnement soit 4 kg éq CO<sub>2</sub> / heure (source : Fiche CEE concernant la consommation moyenne).

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gain lié à la solution (% de réduction de la consommation du groupe froid)
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	50%
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t	
Grand porteur	Régional	>12 t	
Ensemble routier	Longue Distance	40 t	

Source : Fiche CEE

<sup>49</sup> Les dispositions à respecter pour atteindre un niveau de performance « haute efficacité énergétique » étaient détaillées dans la fiche CEE TRA-EQ-12 (non disponible pour les véhicules utilitaires légers).

La part de carburant consommé par le groupe froid variant de 10 à 30%, en fonction de nombreux paramètres (notamment le type de véhicule et d'organisation), le passage à un groupe à haute efficacité énergétique permettra de réduire la consommation globale de carburant de 5 à 15%.

### 3. Impact sur les émissions de polluants atmosphériques

L'efficacité du système à HEE permet une économie d'énergie de 50%, soit 50% de carburant consommé en moins par le groupe frigorifique. Le rapport n'est cependant pas linéaire entre la consommation de carburant et les émissions de polluants.

Cet impact est également fortement variable selon la technologie EURO du véhicule et donc la part des émissions totales du véhicule que représente le groupe froid.

En considérant l'impact de technologies similaires (en raisonnant par analogie, en identifiant les processus communs à plusieurs mesures, dans ce cas la climatisation évaporative par exemple) on retiendra un impact approchant la dizaine de% sur les NOx. L'impact sur les émissions de COV et de PM reste trop incertain pour pouvoir le quantifier.

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gains liés à cette solution (% de réduction des émissions de polluants)		
			NOx	PM	COV
Véhicule utilitaire léger	Température dirigée	≤3,5 t	+	NC	NC
Petit porteur		3,6-12 t			
Grand porteur		>12 t			
Ensemble routier		40 t			

### 4. Domaine de pertinence

Les groupes à Haute Efficacité Énergétique sont adaptés à l'ensemble des véhicules sous température dirigée et à tous les types de transport.

L'offre destinée aux véhicules utilitaires légers reste toutefois limitée. Pour ce type de véhicules, la technologie du groupe non autonome à entraînement électrique constitue une alternative intéressante (voir fiche A1 VEH FA Autres).

### 5. Mise en œuvre

Le recours à ces technologies doit se faire au moment de l'achat du véhicule.

Les coûts associés à l'achat d'un groupe non autonome à haute performance énergétique sont les suivants :

- Pour les véhicules ayant un PTAC compris entre 5,5 à 26 t la fourchette de prix est large, de 14 000 et 38 000 € selon les configurations d'application et de compartiments. Les coûts de cette solution varient également selon la taille des véhicules ;
- Pour les véhicules de PTAC 40 T : la fourchette de prix est comprise entre 22 000 et 38 000 € selon les configurations d'application et de compartiments.

Concernant l'achat d'un groupe autonome à haute performance énergétique, les coûts associés sont les suivants :

- Pour les véhicules ayant un PTAC compris entre 5,5 à 26 t, les coûts se situent entre 10 000 et 24 000 € ;
- Pour les véhicules de PTAC 40 T les coûts sont compris entre 15 000 et 28 000 €.

Le surcoût par rapport à un groupe standard dépend de la technologie utilisée, celui-ci peut être compris dans une fourchette très large, de 5% à 70%. Le temps de retour sur investissement sera donc long. Cette solution est encore peu disponible sur le marché (peu de fabricants proposent déjà ce type de groupe) mais elle n'engendre aussi aucun changement significatif en termes d'exploitation, la faisabilité de cette solution est donc entre facile et intermédiaire.

## 6. Suivi de la solution

Indicateurs de suivi de la solution :

- Pourcentage de groupe à haute efficacité énergétique ;
- Nombre d'heures de fonctionnement du groupe froid ;
- Consommation de carburant des groupes froids autonomes.

Modalités pratiques de collecte des données

- Connaissance des technologies utilisées par la flotte ;
- Suivi du nombre de véhicules remplacés par un véhicule neuf équipé d'un groupe à haute efficacité énergétique.

## Fiche de synthèse des « Certificats d'Économies d'Énergie » relative à un Groupe frigorifique autonome à HEE



Certificats d'économies d'énergie

Opération n° TRA-EQ-111

### Groupe frigorifique autonome à haute efficacité énergétique pour camions, semi-remorques, remorques et caisse mobiles frigorifiques

#### 1. Secteur d'application

Véhicules de transport routier de marchandises de catégorie N2 ou N3 jusqu'à 44 tonnes et véhicules remorqués de catégorie O3 ou O4 selon l'article R.311.1 du code de la route.

#### 2. Dénomination

Acquisition (achat ou location) d'un véhicule neuf équipé d'un groupe frigorifique diesel neuf à haute efficacité énergétique, de type autonome.

Le groupe est installé soit sur un porteur routier neuf équipé d'une caisse frigorifique, soit sur une semi-remorque neuve, ou une remorque neuve.

#### 3. Conditions pour la délivrance de certificats

Le rendement global  $R_g$  en kWh/l pour un véhicule équipé d'un groupe frigorifique diesel autonome est le rapport de la puissance frigorifique (kW) sur la consommation de carburant du groupe (l/h).

La valeur du coefficient de performance pondéré ou  $R_{g_{pondéré}}$  est obtenue à partir de quatre mesures distinctes du rendement global aux conditions suivantes (puissance nominale et charge partielle en régime réfrigéré et régime surgelé) et pondérées comme suit :

- puissance nominale à 0°C/+30°C (pondération de 14%)
- puissance nominale à -20°C/+30°C (pondération de 6%)
- puissance à charge partielle 0°C/+30°C (pondération de 56%)
- puissance à charge partielle -20°C/+30°C (pondération de 24%).

Les puissances nominales sont mesurées suivant le référentiel ATP, les puissances à charge partielle sont mesurées suivant la norme EN-16440-1.

Le groupe frigorifique est un groupe frigorifique à compression autonome, entraîné par un moteur thermique indépendant dont le coefficient de performance pondéré  $R_{g_{pondéré}}$  est supérieur à 1,93 kWh frigorifiques/l de gasoil.

Le groupe frigorifique est installé sur un véhicule neuf immatriculé en France.

Dans le cas d'une location, la durée du contrat de location du véhicule sur lequel est installé le groupe frigorifique est au minimum de 24 mois, hors reconduction tacite.

La preuve de réalisation de l'opération mentionne l'achat ou la location d'un véhicule neuf équipé d'un groupe frigorifique à haute efficacité énergétique neuf, de type autonome, le numéro d'identification ou d'immatriculation du véhicule équipé de ce groupe frigorifique et la valeur de  $R_{g_{pondéré}}$ .

Les documents spécifiques à l'opération sont :

- une attestation datée et signée par le constructeur du groupe frigorifique indiquant :
  - les valeurs du rendement global ( $R_g$ ) à puissance nominale et à charge partielle déterminées pour les régimes de températures 0°C/+30°C et -20°C/+30°C ;
  - les références des rapports d'essais du groupe frigorifique dans lesquels figurent les puissances frigorifiques à puissance nominale (valeur ATP) et à charge partielle (norme EN-16440-1) ainsi que les valeurs de consommations correspondantes.

L'ensemble de ces éléments (valeurs  $R_g$  et rapports d'essais) est établi par une station d'essais officielle ATP (Accord relatif aux transports internationaux de denrées périssables) figurant sur la liste officielle de l'UNECE et reconnue par le Cemafroid, Autorité compétente bénéficiant de la délégation de service public en France.

- le certificat d'immatriculation du véhicule équipé.

#### 4. Durée de vie conventionnelle

10 ans

#### 5. Montant de certificats en kWh cumac

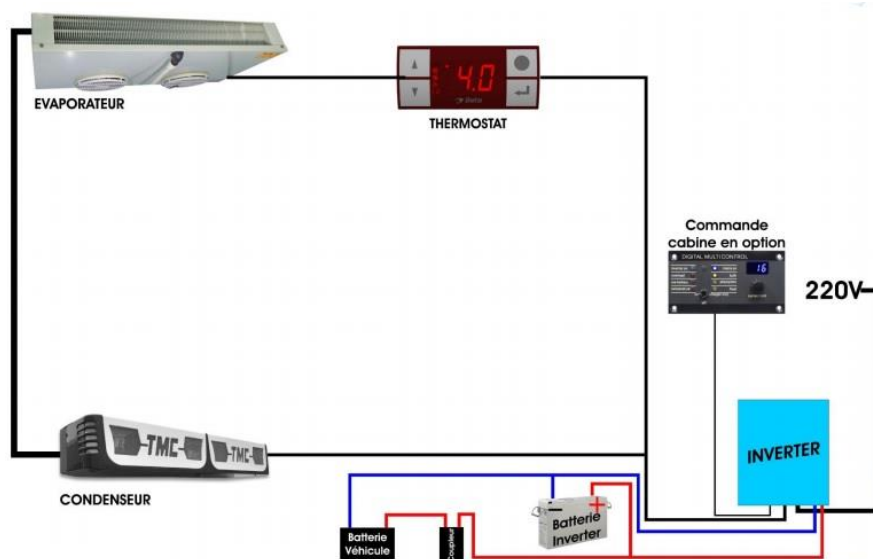
187 700 \* ( $R_{g_{pondéré}} - 1,93$ )

## Solution 4 : Groupe frigorifique électrique autonome

### 1. Principes

Le groupe frigorifique 100% électrique autonome est basé sur une conception sans courroie avec un circuit frigorifique totalement en cuivre et une faible charge de fluide frigorigène.

Le groupe est alimenté par une ou plusieurs batteries rechargeables grâce à un alternateur, dédié ou non, via un « inverter » (variateur de fréquence).



Source : TMC SAROUL

### 2. Impact sur la consommation de carburant et sur les émissions de GES

L'utilisation de ce système électrique autonome à haute efficacité énergétique entraîne une réduction de la consommation d'énergie du groupe de plus de 90% par rapport aux solutions actuelles (source : fournisseur)

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gain lié à la solution (% de réduction de la consommation du groupe froid)
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	90%
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t	
Grand porteur	Régional	>12 t	
Ensemble routier	Longue Distance	40 t	

La part de carburant consommé par le groupe froid variant de 10 à 30%, en fonction de nombreux paramètres (notamment le type de véhicule et d'organisation), le passage à un groupe frigorifique autonome permettra de réduire la consommation globale de carburant de 9 à 27%.

### 3. Impact sur les émissions de polluants atmosphériques

L'efficacité de ce système électrique autonome permet une économie d'énergie de 90%, soit 90% de carburant consommé en moins par le groupe frigorifique. Le rapport n'est cependant pas linéaire entre la consommation de carburant et les émissions de polluants.

Cet impact est également fortement variable selon la technologie EURO du véhicule et donc la part des émissions totales du véhicule que représente le groupe froid.

En considérant l'impact de technologies similaires (groupe frigorifique à HEE notamment) on retiendra une hypothèse conservatrice d'impact approchant la dizaine de % sur les NOx. L'impact sur les émissions de COV et de PM reste trop incertain pour pouvoir le quantifier.

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gains liés à cette solution (% de réduction des émissions de polluants)		
			NOx	PM	COV
Véhicule utilitaire léger	Température dirigée	≤3,5 t	+	NC	NC
Petit porteur		3,6-12 t			
Grand porteur		>12 t			
Ensemble routier		40 t			

### 4. Impact sur les émissions sonores

Le groupe frigorifique électrique autonome permet de réduire les émissions sonores grâce à sa technologie silencieuse.

### 5. Domaine de pertinence

Les groupes frigorifiques électriques autonomes sont adaptés à l'ensemble des véhicules sous température dirigée et à tous les types de transport, du véhicule utilitaire léger au gros porteur (pour les ensembles routiers la problématique vient du découplage entre le tracteur et la remorque sur laquelle le système sera installé).

Ces groupes offrent une autonomie de plusieurs heures selon le pack batteries. La puissance frigorifique délivrée est constante par un fonctionnement à 100% même au ralenti ou en autonomie.

### 6. Mise en œuvre

Le groupe frigorifique autonome peut être installé sur n'importe quel type de véhicule, sans modification technique (absence de kit moteur). Il faut compter environ 4 jours d'immobilisation du véhicule.

Concernant la pose d'un groupe électrique autonome, les fourchettes de coûts associées sont les suivantes (et vont dépendre des options et de l'autonomie demandée) :

- Pour un porteur 26 t, entre 17 et 20 k€ ;
- Pour un véhicule utilitaire léger, entre 5 et 7 k€.

Le temps de retour sur investissement va dépendre de deux facteurs antagonistes :

- Le surcoût par rapport à un groupe standard qui peut varier dans une fourchette très large ;
- Les coûts d'exploitation et d'entretien qui sont réduits par rapport à un groupe standard.



Une hypothèse de temps de retour sur investissement variable est donc posée (à préciser une fois les caractéristiques techniques souhaitées clairement définies).

Cette solution est encore peu disponible sur le marché (peu de fabricants proposent ce type de groupe) mais elle n'engendre aussi aucun changement significatif en termes d'exploitation, la faisabilité de cette solution est donc entre facile et intermédiaire.

## 7. Suivi de la solution

Indicateurs de suivi de la solution :

- Pourcentage de groupes froids autonomes ;
- Nombre d'heures de fonctionnement du groupe froid ;
- Consommation de carburant des groupes froids autonomes.

Modalités pratiques de collecte des données

- Connaissance des technologies utilisées par la flotte ;
- Suivi du nombre de véhicules équipés d'un groupe froid autonome.

## Solution 5 : Utilisation d'engins munis d'un groupe frigorifique cryogénique de CO<sub>2</sub> ou d'azote liquide à injection indirecte

### 1. Principes

Dans ces engins, le groupe à compression contenant des fluides frigorigènes HFC que l'on trouve dans les engins traditionnels est remplacé par un groupe cryogénique à injection indirecte de CO<sub>2</sub> ou d'azote liquide (le CO<sub>2</sub> est du « CO<sub>2</sub> fatal » issu de process industriel).

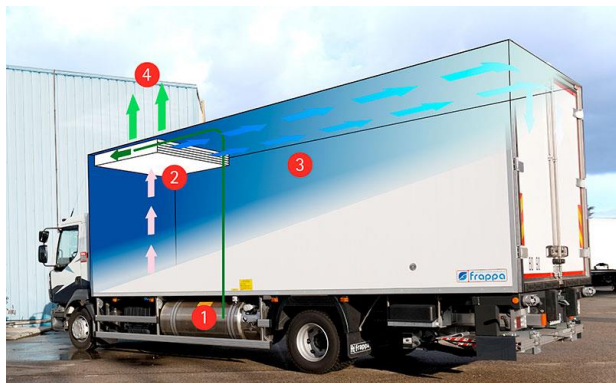
Le CO<sub>2</sub> ou l'azote liquide est stocké dans des réservoirs embarqués sur le véhicule, et est acheminé depuis le réservoir du véhicule dans un échangeur thermique jouant le rôle d'un évaporateur. Cet échangeur est fixé à l'intérieur de l'espace de chargement et muni de moyens de circulation d'air. Ainsi, il permet le refroidissement de l'air interne de la chambre à la température désirée. La chaleur extraite de l'air permet, tout d'abord, une évaporation complète du fluide cryogénique (CO<sub>2</sub> ou azote liquide) circulant dans l'échangeur, puis une élévation de sa température jusqu'à une température proche de celle de l'enceinte. Le fluide cryogénique en sortie d'échangeur est alors rejeté à l'extérieur après avoir cédé un maximum d'énergie de refroidissement. Ce système permet une descente en température plus rapide qu'avec un groupe Diesel classique et est de surcroît silencieux.

#### Cas du CO<sub>2</sub> liquide à injection indirecte

Les semi-remorques ou les porteurs sont équipés d'un réservoir de 330 ou 430 litres pour des masses de CO<sub>2</sub> respectives de 373 et 489 kg. Une expérimentation menée en Île-de-France et Basse-Normandie avec deux camions porteurs transportant des produits surgelés (-18 °C) a montré que la consommation moyenne de CO<sub>2</sub> était de 34 kg/h sur une année, à comparer à la consommation de 2,4 l/h de gasoil pour les groupes frigorifiques diesel témoins. Dans ce contexte, l'autonomie du véhicule est de l'ordre de 10 à 14 heures avec un temps de recharge en CO<sub>2</sub> d'environ 12 minutes.

#### Cas de l'azote liquide à injection indirecte

Les véhicules possèdent un réservoir d'azote liquide (NL) de 330 à 1 000 litres. La consommation est fonction de la configuration (type de véhicule, mono ou multi-température, nombre d'ouverture de porte,). La consommation moyenne d'azote liquide peut varier de 20 à 30 l/h pour un camion selon ces paramètres. Le temps de remplissage est de moins de 10 min.



Principe du procédé par échange indirect à l'azote (source : Messer)

1. Le camion frigorifique est doté d'un réservoir isotherme spécial rempli en azote liquide.
2. A partir de ce réservoir embarqué, l'azote liquide passe à l'intérieur d'un échangeur et refroidit ainsi l'air de la remorque frigorifique. Ce transfert de frigorie entraîne le passage de l'azote de l'état liquide à l'état gazeux.
3. Des ventilateurs font circuler cet air refroidi dans la caisse du camion. Ainsi, les frigories de l'azote maintiennent le chargement à la température désirée en assurant une atmosphère stable et froide du compartiment.
4. Pendant le fonctionnement du groupe frigorifique cryogénique, l'azote est rejeté sous forme gazeuse dans l'atmosphère, dont il est le principal composant.

## 2. Impact sur la consommation de carburant et sur les émissions de GES

Comparativement à un système standard de production de froid, la cryogénie permet de réduire les émissions de CO<sub>2</sub> par l'absence d'énergie fossile pour le fonctionnement du groupe et par l'absence des émissions de CO<sub>2</sub> liées aux fuites de fluide HFC. Le bilan CO<sub>2</sub> de cette technologie dépend uniquement de l'énergie nécessaire à la production du fluide, CO<sub>2</sub> ou azote liquide, et à son acheminement sur le lieu d'utilisation.

### Cas du CO<sub>2</sub> liquide à injection indirecte

Comparativement à un système standard de production de froid, cette technologie permet de réduire de 60 à 90% les émissions de CO<sub>2</sub> en fonction du lieu de production du CO<sub>2</sub> cryogénique et de son origine, en prenant en compte la partie production et acheminement du CO<sub>2</sub> cryogénique. Nous retiendrons un gain moyen des émissions de CO<sub>2</sub> par heure de fonctionnement de 75%.

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gain lié à la solution groupe cryogénique à détente indirecte de CO <sub>2</sub> liquide
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	-
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t	-
Grand porteur	Régional	>12 t	75%
Ensemble routier	Longue Distance	40 t	

Source: Life Cycle Analysis of temperature-controlled foods by truck transport - CIT Ekologik AB - octobre 2002

### Cas de l'azote liquide à injection indirecte

Cette solution ne consomme pas de carburant et utilise de l'azote liquide, aussi elle ne rejette pas de CO2 localement. En tenant compte des émissions CO<sub>2</sub> lors de la production de l'azote et de son transport comparativement à un système standard de production de froid, cette technologie permet de réduire de 60 à 90% les émissions de CO<sub>2</sub> pour la France, par heure de production de froid. Nous retiendrons un gain moyen des émissions de CO<sub>2</sub> par heure de fonctionnement de 75%.

Empreinte carbone 10 fois plus faible qu'un groupe frigorifique diesel classique, soit 25 tonnes équivalent CO<sub>2</sub> en moins par an et par camion.

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gain lié à la solution (% de réduction des émissions de CO <sub>2</sub> )
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	-
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t	-
Grand porteur	Régional	>12 t	75%
Ensemble routier	Longue Distance	40 t	

Source : A partir des informations 2010 du Rapport de développement durable de la société L'Air Liquide.

### 3. Impact sur les émissions de polluants atmosphériques

Les technologies de cryogénéisation permettent une réduction totale des émissions de PM et de NOx du groupe frigorifique mais ces émissions ne sont pas nulles si on considère celles due au transport du fluide cryogénique du lieu de production vers la station de distribution. Les émissions de COV suivent la même tendance : le système ne repose plus sur le moteur diesel mais sur un rechargement secteur (électrique) : on considère donc un impact CO<sub>2</sub> lié au mix énergétique mais aucun impact sur les polluants atmosphériques locaux.

La réduction totale des émissions polluantes du groupe froid, ramené aux émissions totales du véhicule (modèle EURO V retenu) donne les impacts suivants (les gains sont plus importants sur les PM) :

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gains liés à cette solution (% de réduction des émissions de polluants)		
			NOx	PM	COV
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	+++	+++	+++
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t			
Grand porteur	Régional	>12 t			
Ensemble routier	Longue Distance	40 t			

Nb : Les impacts sont similaires pour une technologie de cryogénéisation directe ou indirecte

### 4. Impact sur les émissions sonores

Le groupe frigorifique cryogénique à l'azote liquide émet 40 dB de volume sonore, ce qui est inférieur au seuil réglementaire de 65 dB et 100 fois moins de puissance sonore au regard de la norme PIEK (60 dB) exigée pour les livraisons urbaines de nuit.

## 5. Domaine de pertinence

Cette technologie est adaptée aux porteurs, remorques et semi-remorques. Le CO<sub>2</sub> et l'azote liquide n'étant pas distribués directement en station, le rechargement en fluide peut être un inconvénient sur les trajets nationaux et internationaux.

Dans le cas des véhicules utilitaires légers, la solution n'est pas pertinente car le système est trop volumineux (réservoir) et diminue excessivement le volume utile.

## 6. Mise en œuvre

Concernant la mise en œuvre de cette solution, plusieurs points doivent être examinés :

- L'approvisionnement en fluide (CO<sub>2</sub> ou azote liquide) peut présenter un inconvénient sur les trajets nationaux et/ou internationaux du fait de la non-distribution en station. Néanmoins, les transporteurs peuvent s'organiser afin de mettre en place des cuves dans leurs propres bases logistiques. Le coût de location d'une cuve de 20 à 50 m<sup>3</sup> est d'environ 800 € par mois. Le prix d'une livraison est d'environ 50-60 €. L'utilisation de cette technologie n'engendre pas de surcoût d'utilisation par rapport à un véhicule standard, vu que le prix moyen d'un kilogramme de CO<sub>2</sub> liquide est d'environ 13 centimes d'euros et la consommation moyenne d'un groupe de 34 kg/h et le prix moyen d'un litre d'azote liquide est d'environ 10 centimes d'euros et la consommation moyenne d'un groupe de 30 l/h.
- Le poids du groupe et du véhicule est le même que pour un groupe froid standard. En effet, le poids du groupe cryogénique, hors réservoir, est de l'ordre de 35 kg. Or le poids total du groupe (avec le réservoir) est proche du poids d'un groupe frigorigène standard. La répartition de la masse dans le véhicule étant différente (le centre de gravité du véhicule est plus bas avec ce système), un véhicule équipé d'un groupe cryogénique sera plus stable dans les courbes.
- Cette technologie nécessite la mise en place d'un réchauffeur auxiliaire fonctionnant au choix de l'utilisateur à l'électricité, au gasoil ou au gaz naturel pour l'ensemble des véhicules équipés d'un groupe cryogénique indirect azote et pour les semi-remorques équipées d'un groupe cryogénique CO<sub>2</sub>. Pour les camions porteurs équipés d'un groupe cryogénique CO<sub>2</sub>, la fonction réchauffage est assurée par une dérivation du circuit d'eau moteur.
- Les coûts d'exploitation du système sont comparables au système standard si l'on considère l'ensemble des paramètres suivants :
  - o le groupe froid cryogénique indirect liquide est au même prix que le groupe Diesel et sa durée de vie est de 14 ans à comparer aux 7 ans d'un groupe Diesel.
  - o les coûts de maintenance sont divisés par deux.
  - o la possibilité de mettre en place un rideau d'air, un contacteur de portes, un déflecteur sur le toit de la cabine et une formation spécifique des conducteurs.
- Il est recommandé de former les conducteurs à l'utilisation de ces nouvelles technologies et à leurs spécificités afin d'optimiser au mieux les gains attendus.

Pour des informations complémentaires concernant cette technologie, voir le guide pratique « Camions frigorifiques refroidis à l'azote liquide », édité par l'INRS – ED 6124 – Février 2012, téléchargeable via le lien suivant :

<http://www.inrs.fr/accueil/produits/mediatheque/doc/publications.html?refINRS=ED%206124>

## 7. Suivi de la solution

Indicateurs de suivi de la solution :

- Pourcentage d'engins équipés de groupes froid cryogénique au CO<sub>2</sub> ou à l'azote liquide en injection indirecte ;
- Ratio tonne transportée/coût d'exploitation comparé.

Modalités pratiques de collecte des données :

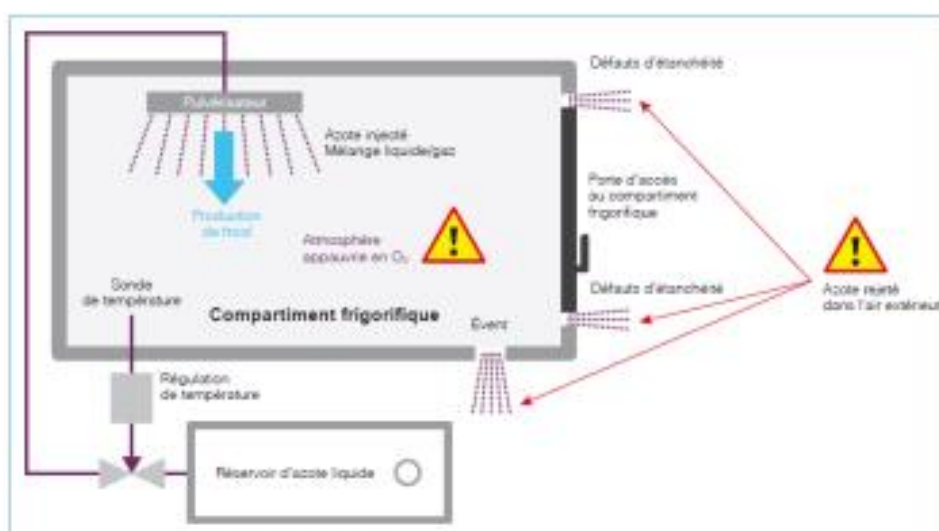
- Connaissance des technologies utilisées par la flotte ;
- Suivi du nombre de véhicules remplacés par un véhicule neuf équipé d'un groupe froid cryogénique au CO<sub>2</sub> ou à l'azote liquide.

## Solution 6 : Utilisation d'engins munis d'un groupe frigorifique cryogénique d'azote liquide à injection directe

### 1. Principes

L'azote liquide, obtenu par distillation de l'air liquide, est utilisé comme fluide frigorigène en remplacement des gaz HFC. Le gaz est stocké dans des réservoirs sur le véhicule et est relâché par vaporisation tout au long de la tournée directement dans la caisse isotherme. Ce système permet une descente en température plus rapide qu'avec un groupe frigorifique classique et est beaucoup moins bruyant. Une source électrique additionnelle est nécessaire pour alimenter un système de contrôle et de sécurité pour la ventilation de la caisse lors du déchargement.

Les semi-remorques possèdent un ou deux réservoirs d'azote liquide de 650 litres chacun ou un seul réservoir de 1 000 litres. Les porteurs sont équipés d'un réservoir 450 litres ou 650 litres. La consommation moyenne d'azote liquide est de 20 à 30 l/h soit une autonomie de 2 à 3 jours.



Principe du procédé par injection directe d'azote (schéma extrait de « Camions frigorifiques refroidis à l'azote liquide » ED 6124 © INRS)

### 2. Impact sur la consommation de carburant et sur les émissions de GES

Les émissions de CO<sub>2</sub> se situent uniquement au niveau de la fabrication initiale de l'azote liquide et de son acheminement sur le lieu d'utilisation. Comparativement à un système standard de production de froid, cette technologie permet de réduire de 40 à 90% les émissions de CO<sub>2</sub>, suivant le lieu de production de l'azote liquide, par heure de production de froid. Nous retiendrons un gain moyen des émissions de CO<sub>2</sub> par heure de fonctionnement de 65%.

Dans le cas des véhicules utilitaires légers, cette solution n'est pas pertinente car elle diminue excessivement le volume utile et accroît notablement le poids (réservoir).

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gain lié à la solution (% de réduction de la consommation du groupe froid)
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	-
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t	-

Grand porteur	Régional	>12 t	65%
Ensemble routier	Longue Distance	40 t	

Source: "Energy life cycle assessment in truck refrigeration" – MWH – janvier 2007

### 3. Impact sur les émissions de polluants atmosphériques

Les technologies de cryogénéisation permettent une réduction totale des émissions de PM et de NOx du groupe frigorifique mais ces émissions ne sont pas nulles si on considère celles due au transport du fluide cryogénique du lieu de production vers la station de distribution. Les émissions de COV suivent la même tendance : le système ne repose plus sur le moteur diesel mais sur un rechargement secteur (électrique) : on considère donc un impact CO<sub>2</sub> lié au mix énergétique mais aucun impact sur les polluants atmosphériques locaux.

La réduction totale des émissions polluantes du groupe froid, ramenée aux émissions totales du véhicule (modèle EURO V retenu) donne les impacts suivants (les gains sont plus importants sur les PM) :

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gains liés à cette solution (% de réduction des émissions de polluants)		
			NOx	PM	COV
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	+++	+++	+++
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t			
Grand porteur	Régional	>12 t			
Ensemble routier	Longue Distance	40 t			

Nb : Les impacts sont similaires pour une technologie de cryogénéisation directe ou indirecte

### 4. Domaine de pertinence

Cette technologie est adaptée aux grands porteurs et semi-remorques.

L'azote liquide n'étant pas distribué directement en station, le rechargement en fluide peut être un inconvénient sur les trajets nationaux et internationaux.

Cette technologie n'est pas adaptée au transport de marchandises de types organismes vivants (plantes, ...) du fait que l'azote diffusé directement dans la caisse diminue la proportion d'oxygène dans l'air.

### 5. Mise en œuvre

Concernant la mise en œuvre de cette solution, plusieurs points doivent être examinés :

- Le rechargement en fluide peut être un inconvénient sur les trajets nationaux et internationaux du fait que l'azote liquide n'est pas distribué en station. Néanmoins, les transporteurs peuvent s'organiser afin de mettre en place des cuves dans leurs propres bases logistiques. Le coût de location d'une cuve de 20 à 50 m<sup>3</sup> est d'environ 800 € par mois tandis que le prix d'une livraison est d'environ 60 €. Le prix moyen d'un litre d'azote liquide étant d'environ 10 c€ et la consommation moyenne d'un groupe de 30 l/h, l'utilisation de cette technologie n'engendre pas de surcoût d'utilisation par rapport à un véhicule standard.
- Cette technologie nécessite la mise en place d'un réchauffeur auxiliaire fonctionnant au propane.



- Avant d'effectuer le déchargement, il est obligatoire de ventiler la caisse, car l'azote diminue la proportion d'oxygène dans l'air ambiant de la caisse et peut provoquer un risque d'anoxie pour le manutentionnaire.
- L'offre en termes de solution cryogénique est assez restreinte et la mise en place de cette solution engendre des modifications des habitudes de travail du transporteur de par les spécificités de fonctionnement de ces groupes (rechargement et gestion des approvisionnements en fluide notamment).

Pour informations complémentaires concernant cette technologie, voir le guide pratique « Camions frigorifiques refroidis à l'azote liquide », édité par l'INRS – ED 6124 – Février 2012, téléchargeable via le lien suivant :

<http://www.inrs.fr/accueil/produits/mediatheque/doc/publications.html?refINRS=ED%206124>

## 6. Suivi de la solution

Indicateurs de suivi de la solution :

- Pourcentage d'engins équipés de groupes froid cryogénique à l'azote liquide en détente directe ;
- Ratio tonne transportée/coût d'exploitation comparé.

Modalités pratiques de collecte des données :

- Connaissance des technologies utilisées par la flotte ;
- Suivi du nombre de véhicules remplacés par un véhicule neuf équipé d'un groupe froid cryogénique à l'azote liquide.

## Solution 7 : Engins réfrigérants équipés de plaques eutectiques ou d'un groupe dit à accumulation

### 1. Principes

#### Plaques eutectiques

Le froid est produit par un système à compression mécanique entraîné par l'électricité du réseau (de préférence pendant la nuit) et accumulé dans des plaques ou profilés eutectiques. Le froid accumulé est ensuite restitué durant la tournée du véhicule, tant que la réserve de froid est disponible.

Cette technologie nécessite de pré-conditionner les plaques avant d'utiliser le véhicule, à l'aide d'un système frigorifique indépendant ou non de l'engin. Elle fonctionne sur le principe de la glacière transportable. Elle permet ainsi de limiter les appels de puissance après ouverture de la caisse, le froid étant maintenu directement sur les produits réfrigérés par les plaques eutectiques.

#### La production de froid par de la neige carbonique

Cette technologie est basée sur un concept différent des plaques eutectiques en termes de technique d'accumulation du froid, par le fait que l'apport de froid est effectué par de la neige carbonique en granulés (stockée dans des réservoirs en central), qui est chargée dans le véhicule avant le début de chaque tournée.

### 2. Impact sur la consommation de carburant et sur les émissions de GES

Comparativement à un groupe autonome et/ou non-autonome « standard », cette technologie ne nécessite pas d'énergie pour produire du froid pendant le transport puisque les plaques restituent la réserve de froid accumulé. Le gain est ainsi de 100% dans le cas d'un système à compression mécanique entraîné par l'électricité du réseau et 95% concernant les émissions de CO<sub>2</sub> du fait que 1,0 à 1,7 kg de CO<sub>2</sub> équivalent sont émis par la consommation d'électricité sur le réseau<sup>50</sup> (capacités cumulées comprises entre 18 et 30 kWh). Cependant, le gain sera plus faible si la mise en température des plaques eutectiques nécessite de l'énergie thermique (par exemple recours à un groupe électrogène). L'autonomie atteint 4, 6 ou 8 h selon le modèle.

En revanche, la masse des plaques eutectiques est supérieure à celle d'un système à compression ce qui peut entraîner une surconsommation de carburant du véhicule pour déplacer l'engin et une limitation de sa charge utile.

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gain lié à la solution (% de réduction des émissions de CO <sub>2</sub> associées à l'utilisation du groupe froid)
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	97%
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t	
Grand porteur	Régional	>12 t	-
Ensemble routier	Longue Distance	40 t	-

Source : Constructeurs

<sup>50</sup> En considérant les émissions moyennes de CO<sub>2</sub> engendrées par la production d'un kWh en France (incluant les pertes en ligne), soit 57 g de CO<sub>2</sub> éq en 2018 (Source : Base Carbone).

La part de carburant consommé par le groupe froid variant de 10 à 30% en fonction de nombreux paramètres (notamment le type de véhicule et d'organisation), le passage à un groupe froid accumulé permettra de réduire la consommation globale de carburant de 9 à 28%. En outre, avant l'achat de l'équipement, il sera indispensable d'effectuer une analyse précise de l'impact du surpoids des plaques eutectiques, qui diminuera d'autant la charge utile du véhicule.

### 3. Impact sur les émissions de polluants atmosphériques

La technologie de réfrigération par plaques eutectiques n'émet aucun polluant local car les plaques sont réfrigérées par branchement sur secteur. Au niveau du véhicule, ce sont donc l'ensemble des émissions associées au groupe froid qui sont évitées. En fonction des émissions totales du véhicules (et de sa norme EURO), l'impact est plus ou moins déterminant. Sur un véhicule de norme EURO V, les émissions du groupe froid peuvent représenter presque la quasi-totalité des émissions de polluants atmosphériques. Le tableau ci-dessous reprend donc les impacts de l'équipement d'un véhicule en plaques eutectiques.

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gains liés à cette solution (% de réduction des émissions de polluants)		
			NOx	PM	COV
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	+++	+++	+++
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t			
Grand porteur	Régional	>12 t			
Ensemble routier	Longue Distance	40 t			

### 4. Domaine de pertinence

Cette solution est surtout adaptée à la distribution urbaine de produits surgelés avec des véhicules utilitaires légers ou des petits porteurs. Les fréquentes ouvertures de portes sont peu préjudiciables au regard de l'inertie thermique de cette technologie.

La technologie des plaques eutectiques est bien adaptée dans les cas où le véhicule doit impérativement être sécurisé en température. C'est le cas principalement des glaciers et des fournisseurs de viennoiseries surgelées.

La technologie d'apport de froid par de la neige carbonique convient bien lorsque le véhicule utilitaire léger est utilisé en limite de charge utile, le système étant deux à trois fois moins lourd que des plaques eutectiques. Elle est également bien adaptée pour réfrigérer des cellules de faible volume dans les véhicules multi-température (voir A3 TCH FA 1 : Optimisation du chargement des véhicules, Solution 3 : Substitution d'un véhicule frigorifique standard par un véhicule frigorifique multi-températures).

### 5. Mise en œuvre

La solution nécessite une maintenance limitée. Cependant, les plaques eutectiques présentent l'inconvénient d'être lourdes et donc pénalisantes pour la charge utile. Par ailleurs, pour maintenir la performance des plaques eutectiques, il est important de les dégivrer dès que de la glace apparaît en surface.

Le coût d'investissement des plaques eutectiques se situe entre 3 000 et 12 000 € pour les petits véhicules jusqu'à 5 tonnes et 8 000 à 12 000 € pour les petits porteurs. En considérant les gains et les coûts présentés dans cette fiche, le temps de retour sur investissement sera court (<1 an).

Cette solution est encore peu répandue sur le marché et engendre des modifications des habitudes de travail du transporteur du fait des spécificités de fonctionnement de ces groupes (rechargement et gestion des approvisionnements en fluide notamment), la faisabilité de cette solution sera donc intermédiaire.

La technologie d'apport de froid par de la neige carbonique suppose une analyse détaillée préalable, du fait de l'investissement nécessaire pour stocker la neige carbonique en central. Elle ne se justifie que pour des flottes dépassant une dizaine de véhicules.

## 6. Suivi de la solution

Indicateur de suivi de la solution :

- Pourcentage d'engins réfrigérants de la flotte de véhicules disposant de groupes froids accumulés.

Modalités pratiques de collecte des données :

- Inventaire des technologies utilisées par la flotte ;
- Suivi du nombre de véhicules remplacés par un engin neuf équipé d'un engin réfrigérant.

## Solution 8 : Chariot cryogénique

### 1. Principes

L'utilisation d'un chariot cryogénique permet le maintien en température des marchandises sur un espace restreint, de façon modulaire, plutôt que de refroidir l'ensemble du véhicule.



Source : Air Liquide

Le froid cryogénique est obtenu grâce au dioxyde de carbone (solide ou liquide) :

- Dans le cas du CO<sub>2</sub> à l'état solide, à -80 °C, de la glace carbonique (sous forme de neige, sticks, plaquettes ou blocs) est stockée à l'intérieur du chariot
- Dans le cas du CO<sub>2</sub> à l'état liquide à -20 °C (20 bars), un système d'injection directe (avec pistolet) est utilisé. Le transfert se fait porte fermée et alimente une « boîte CO<sub>2</sub> » spécifique à l'intérieur du chariot

Les avantages fournis par le chariot cryogénique (sur son domaine de pertinence) concernent ainsi :

- Aucune influence des températures externes
- Aucun impact de la fréquence des ouvertures du véhicule
- Qualité de froid constante (pas de dégradation du rendement du groupe froid)
- Contamination croisée réduite
- Solution multi-températures (frais, surgelés...)
- Propriétés bactériostatiques du CO<sub>2</sub>
- Réduction du risque d'oxydation des aliments

### 2. Impact sur la consommation de carburant et sur les émissions de GES

Comparativement à un groupe autonome et/ou non-autonome « standard », cette technologie ne nécessite pas d'énergie pour produire du froid pendant le transport puisque le CO<sub>2</sub> cryogénique stocké restitue la réserve de froid accumulé. Néanmoins, 4 kg de CO<sub>2</sub> sont nécessaires pour faire fonctionner un chariot cryogénique durant 12 heures. Les équipementiers mettent ainsi en avant une réduction par 4 de l'empreinte carbone par rapport à la réfrigération mécanique.

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gain lié à la solution
------------------	---------------------------	------	------------------------

			(% de réduction des émissions de CO2 associées à l'utilisation du groupe froid)
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	75%
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t	
Grand porteur	Régional	>12 t	-
Ensemble routier	Longue Distance	40 t	-

Source : Constructeurs

La part de carburant consommé par le groupe froid variant de 10 à 30% en fonction de nombreux paramètres (notamment le type de véhicule et d'organisation), le passage à un chariot cryogénique permettra de réduire la consommation globale de carburant de 7 à 23%.

### 3. Impact sur les émissions de polluants atmosphériques

Les technologies de cryogénéisation permettent une réduction totale des émissions de PM et de NOx du groupe frigorifique mais ces émissions ne sont pas nulles si on considère celles due au transport du CO2 cryogénique du lieu de production vers le site (possibilité de production de la neige carbonique directement sur site). Les émissions de COV suivent la même tendance. On considère donc un impact CO2 mais aucun impact sur les polluants atmosphériques locaux.

La réduction totale des émissions polluantes du groupe froid, ramené aux émissions totales du véhicule (modèle EURO V retenu) donne les impacts suivants (les gains sont plus importants sur les PM)

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gains liés à cette solution (% de réduction des émissions de polluants)		
			NOx	PM	COV
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	+++	+++	+++
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t			
Grand porteur	Régional	>12 t			
Ensemble routier	Longue Distance	40 t			

### 4. Impact sur les émissions sonores

Deux facteurs divergents vont entrer en compte dans la mesure du niveau sonore obtenu :

- Un système de froid cryogénique complètement silencieux (pas d'entraînement mécanique) ;
- Mais les roues du chariot vont engendrer des émissions sonores lors des livraisons.

### 5. Domaine de pertinence

Cette solution est surtout adaptée à la distribution urbaine avec des véhicules utilitaires légers ou des petits porteurs. La fréquence d'ouvertures des portes du véhicule n'a aucun impact sur le maintien de la température, d'où la forte adaptabilité à un réseau de distribution fragmentée, en particulier pour des solutions multi-températures.

## 6. Mise en œuvre

La solution nécessite une maintenance quasi nulle.

Le temps de retour sur investissement est estimé comme court (<1 an).

Cette solution n'engendre pas de modification des habitudes de travail du transporteur (c'est le préparateur qui va devoir s'assurer de la présence du CO<sub>2</sub> cryogénique). Par contre cette technologie d'apport de froid suppose une analyse détaillée préalable, d'une part du fait de l'investissement nécessaire pour stocker/préparer le CO<sub>2</sub> cryogénique en central, et d'autre part pour la réorganisation des plans de transport qu'elle induit de par sa flexibilité.

Du fait de ces spécificités, la faisabilité de cette solution est considérée comme intermédiaire.

## 7. Suivi de la solution

Indicateur de suivi de la solution :

- Nombre de chariots cryogéniques utilisés

Modalités pratiques de collecte des données :

- Inventaire des technologies utilisées par la flotte ;
- Suivi du nombre de véhicules utilisant des chariots cryogéniques.

# A1 VEH FA 12 : Température dirigée : équipements spécifiques et maintenance

## Synthèse

### 1. Description de l'action

Au-delà du choix des technologies de production (groupe froid) et de conservation (caisse) du froid, le transporteur peut faire le choix de mettre en place des options spécifiques (arrêt automatique du groupe froid, détecteur de porte ouverte...), mais aussi suivre avec précision les performances de ses véhicules pour prévenir les avaries liées à la production ou la conservation du froid.

### 2. Domaine de pertinence

Ces solutions peuvent être appliquées à tous les transports sous température dirigée.

### 3. Gains CO<sub>2</sub>

Solutions	Gains CO <sub>2</sub> <sup>1</sup>	Retour sur investissement <sup>1</sup>	Faisabilité	Domaine de pertinence
<b>Équipements spécifiques pour réduire les pertes de froid</b>	0% à 100% 15% à 25%	>3 ans à <1 an	Difficile à Facile	VUL PP GP ER
Mise en place de rideaux et choix de portes adaptées aux types de transport et de véhicule				
<b>Maintenance des équipements frigorifiques</b>	0% à 100% 5%	>3 ans à <1 an Variable	Difficile à Facile	VUL PP GP ER
Elaboration d'un système de suivi des actions de maintenance spécifique (réalisée et à venir) pour l'ensemble des véhicules utilisés pour le transport sous température dirigée				
<b>Réfrigération connectée</b>	0% à 100% Indirect	>3 ans à <1 an Variable	Difficile à Facile	VUL PP GP ER
Dispositif de suivi des températures mesurées en temps réel				

<sup>1</sup> Les gains et le temps de retour sur investissement présentés ici sont relatifs aux émissions de CO<sub>2</sub> et aux coûts associés au groupe froid.

### 4. Gains PA

Les équipements spécifiques pour réduire les pertes de froid et la maintenance des équipements frigorifiques ont un impact sur les émissions de CO<sub>2</sub>, cependant la trop grande incertitude sur les relations potentielles avec la réduction des émissions de polluants atmosphériques ne permet pas de détailler un gain précis sur ces derniers.

### 5. Fiches complémentaires

/



## Contexte et réglementation

Concernant les exigences liées aux performances thermiques et à l'étanchéité, les véhicules (caisse et groupes) doivent être conformes aux exigences de l'ATP<sup>51</sup>. A ce titre, chaque engin doit disposer d'une attestation ATP valide ou lorsque cette attestation n'est pas requise, de disposer de la preuve d'une évaluation équivalente assurant le même niveau de conformité. Les exigences de l'ATP sont vérifiées selon les modalités appliquées en France par le décret n° 2007-1791 du 19 décembre 2007.

A l'inverse, l'installation de technologies de réfrigération connectée ne s'appuie sur aucune exigence réglementaire.

---

<sup>51</sup> ATP : Accord relatif aux transports internationaux de denrées périssables et aux engins spéciaux à utiliser pour ces transports

## Solution 1 : Equipements spécifiques pour réduire les pertes de froid

### 1. Principes

L'ouverture fréquente et prolongée de la caisse lors des livraisons engendre des pertes de froid qui peuvent être importantes. A la fermeture de la caisse, le groupe devra produire l'apport supplémentaire de froid nécessaire pour remettre la caisse en température. Cette production de froid engendrera alors une surconsommation d'énergie. Des équipements supplémentaires adaptés peuvent cependant être ajoutés à la caisse afin de réduire ces pertes de froid lors des opérations de chargement et déchargement.

Le transporteur a ainsi le choix entre plusieurs solutions :

- Equiper les portes du véhicule de rideaux à lamelles plastiques, de rideau d'air ou d'un sas arrière pour limiter les entrées d'air chaud et humide à chaque ouverture ;
- Choisir des ouvertures adaptées au type de transport et de véhicule. Le transporteur doit ainsi s'assurer que les portes sont adaptées aux modalités de chargement et déchargement des unités logistiques livrées (cartons, rolls, palettes) pour limiter leurs temps d'ouverture. Il peut s'agir selon le cas de portes latérales ou de portes arrière avec hayon élévateur ;
- Equiper les portes du véhicule de capteur d'ouverture : à chaque ouverture de porte le groupe froid sera alors coupé pour éviter de souffler de l'air froid vers l'extérieur ;
- Prévoir un coffre accessible pour stocker le diable ou les équipements servant à la livraison, ce qui permettra de limiter les ouvertures de portes.

(Source : Syndigel et Cemafrroid)

Le rideau à lanières reste une solution sûre, même s'il génère des contraintes pour le livreur. Il convient également de surveiller le vieillissement des lanières et d'ajuster leur longueur au contact du plancher à température ambiante.

### 2. Impact sur la consommation de carburant et sur les émissions de GES

Les gains associés à cette solution varieront en fonction des solutions choisies par le transporteur. Le tableau suivant présente les gains associés à chaque équipement :

Equipement	Gain associé (% de réduction de la consommation du groupe froid)
Rideaux à lanières	14%
Contacteurs permettant l'arrêt du groupe froid	14%
Ouvertures adaptées	8%
Coffre accessible pour stocker le matériel de livraison	7%

Sources : ADEME et François Clavier Conseil

En mettant en place au moins deux de ces équipements, le gain sera alors au moins d'environ 25% dans le cas des poids lourds.

Dans le cas des véhicules utilitaires légers, les rideaux d'air sont inadaptés aux véhicules du type « fourgon » du fait des contraintes d'encombrement. En outre, les contacteurs d'arrêt du froid ne peuvent être envisagés puisque les groupes sont en majorité non autonomes. La meilleure solution consiste généralement à combiner des rideaux à lanières et une ouverture adaptée.

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gain lié à la solution (% de réduction de la consommation du groupe froid)
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	15%
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t	25%
Grand porteur	Régional	>12 t	
Ensemble routier	Longue Distance	40 t	

Sources : ADEME, François Clavier Conseil, données loueurs de flottes ;

### 3. Impact sur les émissions de polluants atmosphériques

Il n'est pas possible de déterminer un impact potentiel de ces équipements sur les émissions de polluants atmosphériques. On retiendra donc un impact positif mais non évaluable.

### 4. Domaine de pertinence

Cette solution est applicable à tous les transports frigorifiques ayant de forts et fréquents échanges thermiques lors des livraisons.

Elle est particulièrement recommandée dans le cas des véhicules utilitaires légers effectuant des tournées de distribution en milieu urbain.

### 5. Mise en œuvre

Au moment de l'achat de la caisse, le transporteur devra se rapprocher du constructeur afin d'opter pour les équipements les mieux adaptés à son activité tout en prenant en compte les performances thermiques de ces équipements. En revanche, il s'agira de bien prendre en compte les désagréments (inconforts et hygiène) liés à l'utilisation des rideaux à lanières (prix d'environ 80 €) au cours des chargements et déchargements (une sensibilisation des conducteurs sur les avantages et inconvénients de ces solutions semble nécessaire). En revanche, les solutions techniques de type contacteurs ou rideau à air ne nécessitent pas de formation spécifique.

En termes de retour sur investissement, celui-ci peut être considéré comme rapide du fait que ces équipements représentent une faible part du prix d'achat d'un véhicule. La faisabilité de cette solution peut être considérée comme relativement facile, notamment du fait de la disponibilité des équipements mentionnés.

### 6. Suivi de la solution

Indicateurs de suivi de la solution :

- Nombre de véhicules équipés de rideaux à lamelles plastiques ou de rideau d'air ;
- Nombre de véhicules équipés d'ouvertures adaptées ;
- Nombre de véhicules équipés de contacteurs ;
- Nombre de véhicules équipés d'un coffre spécifique pour le diable ou les équipements servant à la livraison ;
- Consommation de carburant liée à la production de froid.



Modalités pratiques de collecte des données :

- Connaissance des équipements du parc ;
- Suivi des consommations liées à la production de froid avant et après la mise en œuvre des solutions.

## Solution 2 : Maintenance des équipements frigorifiques

### 1. Principes

Afin de maintenir les performances de production et de conservation du froid, il est impératif de suivre avec précision les recommandations des constructeurs et de vérifier régulièrement les équipements spécifiques. Les groupes de production de froid qui contiennent plus de 2 kg de fluide frigorigène sont soumis à l'obligation réglementaire du contrôle périodique d'étanchéité des circuits et de réparation rapide en cas de détection de fuite<sup>52</sup>.

Par ailleurs, une maintenance efficace et globale de l'engin frigorifique contribue à l'efficacité énergétique de l'ensemble et assure la sécurité sanitaire des denrées transportées (vérification de l'étanchéité des caisses, nettoyage des évaporateurs intérieurs, révision des moteurs du camion et du groupe - changement d'huile, etc....).

Tout engin en service relevant de l'arrêté du 1er juillet 2008<sup>53</sup> est soumis à l'obligation de passer avec succès à 6, 9 et 12 ans un test de renouvellement de l'attestation de conformité technique. Ce test est constitué d'un contrôle visuel de l'état général de l'isothermie de la caisse et d'un essai de descente et de maintien en température de l'engin.

Ces procédures et les caractéristiques à respecter sont disponibles sur [www.cemafrroid.fr](http://www.cemafrroid.fr).

### 2. Impact sur la consommation de carburant et sur les émissions de GES

Optimiser la maintenance des équipements de production et de conservation du froid permet de maintenir les performances des équipements. Les gains associés à cette action seront très variables. Par exemple, vérifier le bon état des rideaux et leur bon fonctionnement (hauteur des rideaux adaptés à la caisse par exemple) permet de réduire les consommations du groupe froid de 5%.

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gain lié à la solution (% de réduction de la consommation du groupe froid)
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	5%
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t	
Grand porteur	Régional	>12 t	
Ensemble routier	Longue Distance	40 t	

Source : ADEME et François Clavier Conseil

### 3. Impact sur les émissions de polluants atmosphériques

Les sources actuelles ne permettent pas de déterminer un impact potentiel de la maintenance des équipements de production et de conservation du froid sur les émissions de polluants atmosphériques. On retiendra donc un impact positif mais non évaluable.

### 4. Domaine de pertinence

Cette solution est applicable à tous les transports routiers frigorifiques.

<sup>52</sup> Code de l'Environnement Articles R543 75 à 126

<sup>53</sup> Fixant les modalités du contrôle technique des engins de transport de denrées périssables

## 5. Mise en œuvre

Afin de rendre la maintenance de ces équipements plus efficace, il est conseillé de mettre en place un système de suivi de maintenance pour chaque véhicule. Les différentes étapes sont :

- Recenser les véhicules et leurs caractéristiques (catégorie, type de groupe froid, type de caisse, marque, puissance, kilométrage, année de mise en circulation) ;
- Recenser l'ensemble des actions de maintenance réalisées (pièces changées, vérifications des circuits de refroidissement, dégivrage si pertinent, ...) via le carnet de maintenance du véhicule ou le prestataire les ayant réalisés ;
- Enregistrer les préconisations du constructeur.

Le coût de mise en œuvre de cette solution est très variable. La solution permettra d'éviter les surconsommations et les fuites, mais aussi d'avoir à racheter trop souvent des recharges de gaz frigorigènes. Le temps de retour sur investissement est lui aussi variable.

## 6. Suivi de la solution

Indicateur de suivi de l'action :

- Nombre de véhicules frigorifiques suivis

Suivi de la solution :

- Pourcentage du nombre de véhicules frigorifiques
- Carnet de maintenance

## Solution 3 : Réfrigération connectée

### 1. Principes

Un système de réfrigération connectée ou télématique du froid est une unité frigorifique dotée de dispositifs avancés de communication en temps réel capables d'envoyer des notifications aux clients de manière anticipée.

Dotée d'un système de géolocalisation reliés à des sondes de température et des capteurs d'ouverture de porte, l'entreprise peut connaître et historiser grâce à des applications en ligne les températures en temps réel (justificatif fiable en cas de litige) ainsi que l'itinéraire : tracé, variations de température et heure d'arrivée du véhicule, mais aussi définir des seuils d'alerte.



### 2. Impact sur la consommation de carburant et sur les émissions de GES

L'option de « connectivité » n'a pas d'impact direct sur la consommation de carburant. Néanmoins, le suivi en temps réel des variations de température permet de mettre en place des actions préventives plutôt que curatives et ainsi de limiter les surconsommations éventuelles en agissant directement sur les causes de la modification de la température de référence.

### 3. Impact sur les émissions de polluants atmosphériques

L'option de « connectivité » n'a pas d'impact direct sur les émissions de polluants atmosphériques.

### 4. Domaine de pertinence

Cette solution est applicable à tous les transports routiers frigorifiques.

### 5. Mise en œuvre

Ces dispositifs de remontées d'informations automatisées, fondées sur des températures mesurées en permanence à l'aide de capteurs connectés présentent l'avantage d'être dotés d'une autonomie considérable qui, associée à la faible consommation d'énergie des réseaux sur lesquels ils se connectent, leur assurent une durée de vie de plusieurs années.

Ces capteurs peuvent s'adapter à tous les équipements de production de froid et sont simples à installer (et légers) puisqu'ils ne nécessitent aucun raccordement. De nombreux fournisseurs proposent ce type de solutions techniques.

La faisabilité de cette solution est donc simple.

Le temps de retour sur investissement de la solution est plus difficile à appréhender car il est lié :

- Au coût du dispositif : ~300 € HT pour l'enregistreur radio-fréquence, ~700 € HT pour le transmetteur GSM/GPRS et de 10 à 20 € HT d'abonnement mensuel par thermomètre géré ;

- Aux gains financiers éventuels : dus d'une part à la limitation des pertes financières liées aux ruptures de la chaîne du froid (aspect préventif) et d'autre part à la traçabilité du respect de la chaîne du froid en cas de litige et d'engagement de la responsabilité des différents acteurs de cette chaîne.

## 6. Suivi de la solution

Indicateur de suivi de la solution :

- Nombre de véhicules frigorifiques suivis

Modalités pratiques de collecte des données :

- Connaissance des équipements du parc



## A1 VEH FA Autres

Cette page centralise d'autres solutions de réduction des émissions de CO<sub>2</sub>, en lien avec l'axe véhicule, présentant un aspect innovant ou de niche.

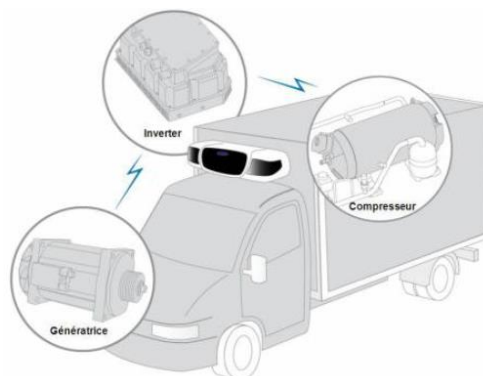
Cette fiche sera complétée au fur et à mesure des mises à jour de ce guide.

Autres actions quantitatives identifiées :

- **Gonflage automatique des pneumatiques** : cité dans la Solution 3 : Contrôle du gonflage des pneumatiques de la fiche n°7 de l'axe véhicule
- **Groupe non autonome à entraînement électrique** : cité dans la Solution 3 : Groupe frigorifique à Haute Efficacité Energétique de la fiche n°11 de l'axe véhicule, cf. description ci-dessous

### Focus sur le groupe non autonome à entraînement électrique

Cette technologie, adaptée à une utilisation intensive en distribution urbaine, est basée sur le principe suivant : La puissance délivrée par l'arbre moteur est transformée en électricité par l'intermédiaire d'un convertisseur ayant une fonction de génératrice de courant. La puissance électrique est régulée par un « inverter » en fonction des besoins en réfrigération et est transmise à un compresseur hermétique à vitesse variable qui fonctionne à des vitesses différentes en fonction de la puissance livrée par l'inverter. Il délivre une capacité de réfrigération constante pendant toutes les phases de réfrigération.



Cette technologie est bien adaptée aux véhicules utilitaires légers sous température dirigée, avec des arrêts fréquents (multiples ouvertures de portes pour les livraisons, embouteillages...). Elle permet un contrôle précis de la chaîne du froid en fournissant une puissance frigorifique constante quel que soit le régime moteur du véhicule, même au ralenti. La puissance frigorifique maximale est atteinte dès 1 000 tours par minute, offrant un « froid constant » tout au long d'une tournée de livraison.

En outre, le système de production de froid étant hermétique, les émissions de CO<sub>2</sub> liées aux fuites de réfrigérant sont réduites de 75% par rapport à un groupe de technologie conventionnelle. En outre, la descente en température est jusqu'à deux fois plus rapide, permettant un gain de 20% de la consommation de carburant du groupe en phase de descente en température.

# A1 : Sous-axe Carburant

A1 CARB FA 1 : Motorisations électriques .....	169
Solution 1 : Stop & Start .....	172
Solution 2 : Véhicules hybrides .....	174
Solution 3 : Véhicules électriques .....	176
A1 CARB FA 2 : Utilisation de carburants alternatifs.....	179
Solution 1 : Utilisation du GNV/bioGNV.....	182
Solution 2 : Utilisation du B30.....	185
Solution 3 : Utilisation du B100.....	188
Solution 4 : Utilisation de l'ED95.....	190
A1 CARB FA 3 : Optimisation de la combustion et de la propreté des moteurs Diesel .....	192
Solution : Maintien de la propreté des circuits d'alimentation et d'injection des moteurs diesel.	194
A1 CARB FA 4 : Amélioration du suivi des consommations .....	197
Solution 1 : Collecte de l'information.....	200
Solution 2 : Télématicque embarquée (consommation) .....	203
Solution 3 : Gestion et utilisation de l'information.....	207
A1 CARB FA Autres .....	209

# A1 CARB FA 1 : Motorisations électriques

## Synthèse

### 1. Description de l'action

Le choix du mode de propulsion s'effectue au moment de l'achat du véhicule. Deux alternatives aux moteurs diesel classiques sont actuellement disponibles, pour une gamme limitée d'usages : la motorisation hybride et la motorisation électrique. Les moteurs peuvent également être équipés de systèmes Stop & Start.


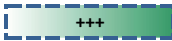
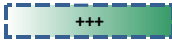
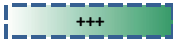
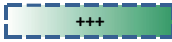
### 2. Domaine de pertinence

Les trois solutions décrites dans cette fiche sont adaptées exclusivement aux usages urbains, avec de fréquents arrêts.

### 3. Gains CO<sub>2</sub>

Solutions	Gains CO <sub>2</sub>	Retour sur investissement	Faisabilité	Domaine de pertinence
<b>Stop &amp; Start</b>	0% à 100% 1% à 5%	Long à Rapide	Difficile à Facile	VUL PP
Choix d'une motorisation intégrant un système Stop & Start				
<b>Véhicules hybrides</b>	0% à 100% 10% à 15%	Long à Rapide	Difficile à Facile	PP GP
Recours à un véhicule hybride pour les livraisons en milieu urbain				
<b>Véhicules électriques</b>	0% à 100% 94%	Long à Rapide	Difficile à Facile	VUL PP GP
Recours à un véhicule électrique pour effectuer les derniers kilomètres en ville				

#### 4. Gains PA

Solutions	Gains NOx	Gains PM	Gains COV	Domaine de pertinence
<b>Stop &amp; Start</b> Choix d'une motorisation intégrant un système Stop & Start				
<b>Véhicules hybrides</b> Recours à un véhicule hybride pour les livraisons en milieu urbain				
<b>Véhicules électriques</b> Recours à un véhicule électrique pour effectuer les derniers kilomètres en ville				

#### 5. Fiches complémentaires

/

## Contexte et réglementation

Plusieurs solutions alternatives aux moteurs diesel existent. Elles sont toutes basées sur la substitution de tout ou partie de la consommation de carburants fossiles par l'utilisation de l'électricité : solution de Stop & Start, motorisation hybride ou motorisation électrique, les deux dernières ne couvrant pas encore l'ensemble des véhicules de transport routier de marchandises.

Ces technologies présentent plusieurs points forts d'un point de vue environnemental, notamment par rapport aux émissions de CO<sub>2</sub> et de polluants, mais aussi en termes de bruit. Le recours à des technologies basées sur l'utilisation de l'électricité en remplacement de carburants fossiles permet d'éliminer les émissions directes de polluants (pour la partie basée sur l'utilisation de l'électricité) et de CO<sub>2</sub>.

Ce point pourrait devenir primordial à l'avenir du fait des restrictions de circulation mises en place par les grandes agglomérations liées aux zones à faibles émissions (ZFE). Le principe d'une ZFE consiste en la possibilité pour une collectivité de limiter l'accès à une partie du territoire aux véhicules les plus émetteurs de polluants atmosphériques pendant une période donnée (jours, heures, etc.), selon des critères de son choix, dans l'objectif d'améliorer la qualité de l'air et protéger la santé des populations. En France, il est actuellement possible de mettre en œuvre ce dispositif sous l'appellation « zones à circulation restreinte » (ZCR)<sup>54</sup>. La loi d'orientation des mobilités<sup>55</sup> renomme ce dispositif en « zone à faibles émissions » (ZFE). 15 métropoles ont déjà répondu présentes à l'appel lancé par le Gouvernement en juillet 2018 et se sont engagées à mettre en œuvre une ZFE, témoignant d'une véritable dynamique autour de cet outil. La mise en place de ce dispositif s'accompagne en général d'aides financières, appelées « fonds de conversion », pour le renouvellement des véhicules anciens vers des véhicules à faible émission.

Des règlements sur le transport et la livraison des marchandises en ville sont également en vigueur dans plusieurs villes et favorisent l'utilisation de véhicules « propres ». Par exemple, depuis 2007, les professionnels du transport livrant dans Paris sont soumis à un règlement<sup>56</sup> tenant compte du principe environnemental, les véhicules « propres<sup>57</sup> » étant les seuls à pouvoir livrer 24h/24.

D'autres modes de propulsion que ceux présentés dans cette fiche font l'objet d'une R&D intensive et pourraient arriver sur le marché de façon industrielle dans les années à venir (véhicule hydrogène à pile à combustible, propulsion bi- ou tri-mode, ...). Toutefois, en l'état actuel du marché, il a été choisi de ne présenter que les solutions suivantes : Stop and Start, motorisation hybride et motorisation électrique. Ces autres modes de propulsion sont néanmoins discutés dans la partie « Autres actions » du sous-axe Carburant.

En parallèle, la loi de finance pour 2020 prolonge jusqu'au 31/12/2021 le dispositif de suramortissement<sup>58</sup> pour l'acquisition d'un véhicule fonctionnant exclusivement à l'énergie électrique ou à l'hydrogène.

<sup>54</sup> Tel que défini dans la loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique (LTECV).

<sup>55</sup> LOM, promue le 24 décembre 2019.

<sup>56</sup> Charte des bonnes pratiques des transports et livraisons dans la Ville de Paris.

<sup>57</sup> Électrique, gaz, hybride ou qui répond à la dernière norme Euro en vigueur et dont la surface est inférieure à 29 m<sup>2</sup>.

<sup>58</sup> 20% pour un véhicule de PTAC ≥2,6t et <3,5t, 60% pour un PTAC ≥3,5t et ≤16t et 40% pour un PTAC >16t

## Solution 1 : Stop & Start

### 1. Principes

La technologie Stop & Start entraîne d'abord la coupure automatique du moteur dès l'immobilisation du véhicule (pour donner suite à un arrêt à un feu rouge ou dans un embouteillage par exemple) puis son redémarrage après relâchement de la pédale de frein. Elle correspond au premier niveau d'hybridation<sup>59</sup>. Le système s'actionne à l'aide d'un dispositif électrique alterno-démarrateur.

### 2. Impact sur la consommation de carburant et sur les émissions de GES

Afin d'estimer l'impact de cette solution, il faut connaître le nombre d'heures annuel pendant lequel le véhicule est à l'arrêt au ralenti (via une estimation ou grâce à l'informatique embarquée). Le tableau ci-dessous présente des gains pour différentes fréquences d'arrêt du véhicule.

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gains liés à	
			5 arrêts de 10-60 s/h (92 heures par an)	10 arrêts de 10-60 s/h (183 heures par an)
			(% de réduction des émissions de CO <sub>2</sub> )	
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	2,5%	5,0%
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t	1,0%	2,0%
Grand porteur	Régional	>12 t	-	-
Ensemble routier	Longue Distance	40 t	-	-

Sources et hypothèses :

- Petit porteur : consommation moyenne à l'arrêt : 1,1 l/h, 50 000 km parcourus annuellement, consommation de 20 l/100 km. Nombre de jours d'utilisation des véhicules : 220 jours (source CNR)
- Véhicule utilitaire léger : Donnée constructeur (retours de banc d'essai, sur cycle urbain, base fourgon 125 CV, consommation moyenne au ralenti : 2 l/h ; 18 400 km parcourus annuellement, consommation de 10 l/100 km.

### 3. Impact sur les émissions de polluants atmosphériques

Une analyse des études sur le sujet<sup>60</sup> permet de mettre en avant une relation positive du Stop & Start sur les émissions de polluants. Le redémarrage à chaud permet également de limiter les émissions de polluants. Cette technologie est donc bénéfique à la fois pour réduire les émissions de CO<sub>2</sub> et celles des polluants.

On retiendra un impact cependant faible sur les émissions de polluants atmosphériques du fait d'une faible économie sur les consommations du véhicule et de plus faibles émissions de polluants lorsque le véhicule est à l'arrêt.

La consultation d'expert sur le sujet vient souligner des points de vigilance : le Stop & Start augmente l'occurrence des redémarrages du moteur. D'après les constructeurs automobiles, il est très difficile de maîtriser les NOx à ce moment. On peut donc attendre des « bouffées » de NOx au redémarrage des moteurs diesel.

Gabarit véhicule	PTAC	Gains liés à cette solution
------------------	------	-----------------------------

<sup>59</sup> Rapport de l'Assemblée Nationale : Définition et Implications du concept de voiture propre.

<sup>60</sup> ADEME, Estimation des gains potentiels en émissions de polluants atmosphériques (PM, NOx, COV) des actions de la charte d'engagement volontaire « Objectif CO<sub>2</sub> Les transporteurs s'engagent », 2016.

	Usage principal considéré		(% de réduction des émissions de polluants)		
			NOx	PM	COV
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	+	+	+
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t			
Grand porteur	Régional	>12 t			
Ensemble routier	Longue Distance	40 t			

#### 4. Domaine de pertinence

Le Stop & Start est fréquemment utilisé sur les véhicules utilitaires léger et les petits porteurs, pour les usages nécessitant des arrêts fréquents (arrêts aux feux, embouteillages, livraisons). Le gain de carburant sera d'autant plus important que le trajet comporte de nombreuses phases avec moteur au ralenti. Le gain sera donc plus élevé dans le cas d'une tournée que dans le cas d'une course de point à point. Outre le gain de consommation de carburant, le Stop & Start est très apprécié des chauffeurs du fait du confort de conduite qu'il procure (silence pendant les périodes d'arrêt du véhicule).

A contrario, sur des trajets principalement routiers avec peu d'arrêts, ce système ne présente pas d'intérêt.

Enfin, le système Stop & Start est à proscrire en transport frigorifique urbain avec un véhicule utilitaire léger ou un porteur équipé d'un groupe non autonome, car il aurait une incidence néfaste sur le fonctionnement des groupes.

#### 5. Mise en œuvre

Ce système doit être choisi dès l'achat du véhicule. L'adaptation sur un véhicule existant est trop coûteuse. En outre, elle pose souvent des problèmes liés au fait que l'on modifie la chaîne cinématique (problèmes d'homologation) et que le démarreur doit être renforcé (moteur électrique direct sur le volant moteur).

Le surcoût à l'achat est inférieur à 1 000 € pour un poids lourd et inférieur à 500 € pour un véhicule utilitaire léger.

A priori, le Stop & Start n'a pas d'impact négatif significatif sur l'usure des démarreurs, qui sont conçus pour des fréquences d'arrêts élevées. En considérant les gains potentiels et les coûts présentés ci-dessus, on peut considérer que le retour sur investissement sera rapide (< 1 an) à partir de 5 arrêts par jour.

Cette solution est relativement simple à mettre en œuvre. La faisabilité de cette solution est donc élevée.

#### 6. Suivi de la solution

Indicateur de suivi de la solution :

- Pourcentage de véhicules équipés de la technologie Stop & Start dans le parc.

Modalités pratiques de collecte des données :

- Exploitation du fichier de suivi de la flotte de véhicules et suivi des temps passés à l'arrêt (moteur au ralenti).

## Solution 2 : Véhicules hybrides

### 1. Principes

La motorisation hybride consiste à associer en série ou en parallèle une motorisation thermique et une motorisation électrique. Deux fonctions principales sont assurées grâce à la motorisation électrique, le démarrage du véhicule puis l'optimisation de l'utilisation du moteur thermique notamment lors des fortes sollicitations (en réduisant les besoins de puissance par rapport au moteur thermique). La plupart du temps, les batteries du moteur électrique se rechargent en utilisant une partie de la puissance du moteur thermique ou lors des phases de freinage.

L'utilisation de l'électricité comme source d'énergie pour certaines fonctions des véhicules routiers offre de nombreux avantages au niveau environnemental (absence de pollution en milieu urbain, réduction du bruit), énergétique et technique (robustesse et performances énergétiques des moteurs). A noter toutefois que l'utilisation du moteur électrique pour un véhicule hybride non rechargeable se limite en général à la phase de redémarrage/accélération du véhicule.

De plus, contrairement aux véhicules électriques, les véhicules hybrides ne nécessitent pas d'infrastructures d'approvisionnement spécifiques (sauf pour les véhicules hybrides dits « rechargeables » ou « plug-in »).

### 2. Impact sur la consommation de carburant et sur les émissions de GES

Plus le véhicule hybride sera affecté à un usage urbain avec de nombreux arrêts, plus les gains de consommation seront importants. A contrario, un véhicule hybride affecté principalement à des trajets sur autoroute avec peu d'arrêts ne présentera qu'un gain de consommation très faible puisque la partie électrique du moteur sera très peu sollicitée et le surcoût de l'hybride ne compensera pas le gain issu de la diminution de la consommation de carburant.

L'hybridation pour un moteur diesel permet de diminuer de 10 à 30% la consommation selon la technologie. Des mesures en exploitation réelle montrent que pour des hybrides de type parallèle diesel/électrique, la consommation est réduite de 20 à 30% sur des trajets péri-urbains et de 3% sur autoroute (Source : ADEME). L'hypothèse retenue ici est un gain de l'ordre de 10 à 15% en termes de consommation de carburant lors du remplacement d'un porteur à usage urbain fonctionnant préalablement au gazole par un véhicule hybride de même catégorie.

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gain lié à la solution (% de réduction des émissions de CO <sub>2</sub> )
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	-
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t	10 à 15%
Grand porteur	Régional	>12 t	-
Ensemble routier	Longue Distance	40 t	-

### 3. Impact sur les émissions de polluants atmosphériques

Une analyse des études sur le sujet<sup>61</sup> montre un impact positif sur l'ensemble des polluants considérés. Néanmoins, la relation entre adoption de l'hybride et réduction des polluants ne peut être considérée comme automatique. La meilleure performance des moteurs hybrides en termes d'émissions de CO<sub>2</sub>

<sup>61</sup> ADEME, Estimation des gains potentiels en émissions de polluants atmosphériques (PM, NOx, COV) des actions de la charte d'engagement volontaire « Objectif CO<sub>2</sub> Les transporteurs s'engagent », 2016.



peut en effet entraîner une hausse des émissions de polluants (NOx notamment, les particules sont moins impactées).

Du fait que la technologie hybride est très peu répandue au niveau du transport routier et concerne principalement les bus, les effets de l'hybride sur les poids lourds sont moins bien appréhendés.

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gains liés à cette solution (% de réduction des émissions de polluants)		
			NOx	PM	COV
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t			
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t	+	+++	+++
Grand porteur	Régional	>12 t			
Ensemble routier	Longue Distance	40 t			

#### 4. Impact sur les émissions sonores

La motorisation hybride permet de réduire les nuisances sonores par rapport à un véhicule diesel équivalent mais l'impact est fortement corrélé au niveau d'hybridation retenu.

Afin de prévenir le risque de collision avec les usagers vulnérables (piétons et cyclistes) qui ne sont pas encore habitués à faire attention à ces véhicules plus silencieux, certains sont équipés de signaux d'alerte à faible vitesse.

#### 5. Domaine de pertinence

L'hybride apporte une réponse aux utilisateurs qui font principalement des trajets urbains avec de nombreux arrêts. En outre, contrairement au véhicule électrique, l'hybride n'a pas de contrainte d'autonomie.

L'offre commerciale actuelle de véhicules hybrides est principalement limitée aux véhicules ayant un PTAC entre 3,6 t et 26 t et se concentre sur les véhicules hybrides non rechargeables. Aujourd'hui encore, l'offre de véhicules utilitaires légers hybrides est très peu développée<sup>62</sup>, les constructeurs préférant privilégier les modèles tout électriques.

#### 6. Mise en œuvre

L'offre commerciale de poids lourds avec une motorisation hybride est en développement constant et évolue rapidement d'année en année. Les coûts associés vont aussi évoluer rapidement. Il est conseillé de se rapprocher des fournisseurs de véhicules pour échanger avec eux sur les coûts et bénéfices de leurs véhicules. Il est donc préconisé de réaliser une étude de faisabilité technico-économique avant la mise en place de cette solution, intégrant notamment les contextes d'utilisation de ces véhicules. Par ailleurs, la faisabilité de cette solution peut être considérée comme moyenne du fait des problèmes de disponibilité de ces véhicules (offre encore restreinte).

#### 7. Suivi de la solution

Indicateur de suivi de la solution : Pourcentage de véhicules hybrides dans le parc.

Modalités pratiques de collecte des données : Exploitation du fichier de suivi de la flotte de véhicules.

<sup>62</sup> Un constructeur américain développe des véhicules utilitaires hybrides rechargeables équipés d'une batterie de 13,6 kW accordant une autonomie électrique de 50 km et une consommation moyenne d'essence de 3,3 l/100km.

## Solution 3 : Véhicules électriques

### 1. Principes

Le principe de fonctionnement d'un véhicule électrique consiste à stocker l'énergie sous forme électrique grâce à l'utilisation d'un système de stockage. L'énergie stockée est transmise au moteur par l'intermédiaire d'un contrôleur qui transforme le courant continu de la batterie en courant alternatif.

La recharge des véhicules électriques peut se faire par branchement au réseau électrique. Le moteur électrique peut également transformer l'énergie cinétique du véhicule en énergie électrique pendant les phases de décélération et de freinage, ce qui permet de recharger la batterie.

### 2. Impact sur la consommation de carburant et sur les émissions de GES

Bien qu'elle n'engendre aucune consommation directe de carburant fossile, l'utilisation d'un véhicule électrique nécessite une production d'électricité, elle-même à l'origine d'émissions de gaz à effet de serre. Toutefois, compte tenu du « mix énergétique » de la production française d'électricité<sup>63</sup>, on estime que la réduction des émissions de CO<sub>2</sub> en France métropolitaine par rapport à un véhicule similaire fonctionnant au gazole est proche de 95%.

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gains liés à la solution (% de réduction des émissions de CO <sub>2</sub> )
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	94%
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t	94%
Grand porteur	Régional	>12 t	94%
Ensemble routier	Longue Distance	40 t	-

Source : calcul ADEME pour des véhicules de 3,5 t et de 5,5t.

### 3. Impact sur les émissions de polluants atmosphériques

La technologie électrique est celle qui émet le moins de polluants atmosphériques. Un passage à cette technologie a donc forcément des effets bénéfiques sur les émissions de polluants.

Les émissions de PM sont également fortement impactées même si on conserve les émissions issues de l'abrasion des freins et de l'usure des pneus.

En outre, l'impact local des émissions de polluants fait que seules les émissions issues de la combustion sont considérées (contrairement au CO<sub>2</sub> où les émissions amont sont prises en compte).

<sup>63</sup> En considérant les émissions moyennes de CO<sub>2</sub> engendrées par la production d'un kWh en France (incluant les pertes en ligne), soit 57 gCO<sub>2</sub>éq/kWh en 2018. Source : Base Carbone.

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gains liés à cette solution (% de réduction des émissions de polluants)		
			NOx	PM	COV
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	+++	+++	+++
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t			
Grand porteur	Régional	>12 t			
Ensemble routier	Longue Distance	40 t			

#### 4. Impact sur les émissions sonores

La motorisation électrique permet une absence de nuisances sonores. Pour autant les émissions sonores en conditions réelles d'exploitation ne sont pas nulles (contact pneumatique/chaussée).

#### 5. Domaine de pertinence

Du fait de leur autonomie encore limitée (de l'ordre de 200 km en moyenne), les véhicules électriques sont surtout adaptés aux livraisons en ville et aux trajets sur courte/moyenne distance. L'offre actuelle n'inclue pas encore les tracteurs routiers et est limitée pour les plus gros gabarits de porteurs.

La pertinence de l'usage des véhicules utilitaires légers électriques est étroitement liée à la mise en œuvre d'un travail collaboratif avec les collectivités (voir A5 FA 2 : Optimisation du chargement des véhicules Solution 2 : Schémas logistique optimisés pour la livraison urbaine). En particulier, la disponibilité des prises de recharge dans les centres villes constitue aujourd'hui un point de vigilance pour les entreprises.

#### 6. Mise en œuvre

Malgré l'évolution de la technologie électrique, le coût d'achat d'un véhicule électrique reste bien supérieur à celui d'un véhicule diesel de la même catégorie. Le prix d'un véhicule électrique peut doubler celui d'un véhicule diesel équivalent (coût des batteries inclus). A contrario, lors de la phase d'utilisation du véhicule, les coûts sont réduits de 90%, d'où l'importance d'une utilisation optimale du véhicule afin d'approcher l'équilibre économique.

Le surcoût à l'achat (même s'il est en partie compensé par le bonus écologique) constitue aujourd'hui encore un frein à un retour sur investissement satisfaisant (>3 ans).

Concernant le déploiement de la solution plusieurs points organisationnels sont à prendre en compte :

- La disponibilité des véhicules : relativement bonne sur les petits gabarits de VUL elle s'amenuise plus le gabarit augmente. Le marché reste néanmoins en très forte évolution et on peut noter que depuis 2018, de nombreux constructeurs se lancent sur le marché des ensembles routiers électriques. De fortes évolutions sur ces véhicules (offre et autonomie) sont à attendre dans les années à venir.
- Les caractéristiques de véhicules : la charge utile d'un véhicule électrique est parfois inférieure à celle d'un véhicule standard (encombrement des batteries). Ce point peut avoir un impact sur l'organisation du transport en augmentant, dans certains cas, le nombre de trajets à effectuer. Cet aspect doit être considéré par l'utilisateur lors de l'analyse de cette solution.
- L'autonomie des véhicules : malgré les progrès constants sur les technologies des batteries (d'où l'avantage sur ce point de la location des batteries par rapport à leur achat) les autonomies restent limitées mais suffisantes pour un rayon d'action à courte/moyenne distance.

- Les consommations annexes : il est nécessaire de s'assurer que les conditions d'utilisation du véhicule sont compatibles avec la capacité des batteries du véhicule et l'organisation logistique mise en place. En effet, l'usage de la climatisation/chauffage, de signalisation lumineuse, d'un hayon arrière, d'un groupe frigorifique, ... vont induire des surconsommations. Ce point doit être étudié en détail avec le fabricant au moment de l'achat du véhicule par rapport à ces équipements supplémentaires.
- La disponibilité des infrastructures de recharge des batteries : c'est un point crucial à étudier en détail avant de procéder à l'achat d'un véhicule électrique (particulièrement en milieu urbain, les demandes effectuées auprès des gestionnaires de parkings ayant des difficultés à aboutir). Deux types de solutions sont envisageables pour une entreprise de transport qui souhaite recharger ses véhicules électriques en milieu urbain : la solution « privatisée » consistant à acheter une place dans un parking et à l'équiper, ou la solution « location d'un emplacement avec prise de recharge » dans un lieu stratégique (parking public, ...).

Cette solution reste relativement difficile à mettre en œuvre. Sa faisabilité se situe donc entre moyenne et difficile.

## 7. Suivi de la solution

Indicateurs de suivi de la solution :

- Kilométrage parcouru par les véhicules électriques ;
- Consommation d'électricité correspondante ;
- Pourcentage de véhicules électriques dans le parc.

Modalités pratiques de collecte des données :

- Exploitation du fichier de suivi de la flotte de véhicules, suivi de la consommation électrique des véhicules.

# A1 CARB FA 2 : Utilisation de carburants alternatifs

## Synthèse

### 1. Description de l'action

Des carburants alternatifs au gazole sont disponibles sans changement radical de mode énergétique.

Le B30 contient 30% d'esters méthyliques d'huiles végétales (contre 7% au maximum en volume pour le gazole standard actuel) ou d'esters d'huiles alimentaires usagées.

Le B100 contient quant à lui 100% d'esters méthyliques d'huiles végétales.

L'ED95, bioéthanol produit par fermentation, est quant à lui disponible depuis 2016.

Le GNV, Gaz Naturel Véhicule, fonctionne dans un moteur à allumage commandé. Ce carburant est disponible sous forme gazeuse comprimée (GNC) ou liquide cryogénique (GNL), en versions fossile ou bio.

Le recours aux biocarburants permet de réduire les émissions de CO<sub>2</sub> du puits à la roue, s'ils respectent les critères de durabilité de la directive 2009/28/CE et en l'absence d'effets liés à des changements d'affectation des sols.

### 2. Domaine de pertinence

Le B30 est utilisable dans tous les véhicules Diesel depuis la norme Euro II jusqu'à la norme actuelle Euro VI.

Le B100 est utilisable dans des véhicules Diesel homologués par les constructeurs.

L'ED95 nécessite un moteur diesel adapté.

N'étant pas distribué en station-service, ces carburants ne sont accessibles qu'aux entreprises ayant une flotte captive et des stockages privés.

Le GNV permet de couvrir tous les usages du transport routier de marchandises et nécessite la mise en place d'une station de recharge privée ou l'utilisation du réseau encore limité de stations publiques.

### 3. Gains CO<sub>2</sub>

Solutions	Gains CO <sub>2</sub>	Retour sur investissement	Faisabilité	Domaine de pertinence
<b>Utilisation du GNV/bioGNV</b> Recours à des véhicules à motorisation gaz	0% à 100% 4,5% GNV / 80% bioGNV	Long à Rapide	Difficile à Facile	VUL PP GP ER
<b>Utilisation du B30</b> Utilisation de B30 pour une flotte captive	0% à 100% 13,6%	Long à Rapide	Difficile à Facile	VUL PP GP ER
<b>Utilisation du B100</b> Utilisation de B100 pour une flotte captive	0% à 100% 60%	Long à Rapide	Difficile à Facile	PP GP ER
<b>Utilisation de l'ED95</b> Utilisation de l'ED95 pour une flotte captive	0% à 100% 66,13%	Long à Rapide	Difficile à Facile	PP GP ER

### 4. Gains PA

Solutions	Gains NOx	Gains PM	Gains COV	Domaine de pertinence
<b>Utilisation du GNV/bioGNV</b> Recours à des véhicules à motorisation gaz	+++	+++	+++	VUL PP GP ER
<b>Utilisation du B30</b> Utilisation de B30 pour une flotte captive		+++	+++	VUL PP GP ER
<b>Utilisation du B100</b> Utilisation du B100 pour une flotte captive		+++	NC	PP GP ER
<b>Utilisation de l'ED95</b> Utilisation de l'ED95 pour une flotte captive	+++	+++	NC	PP GP ER

### 5. Fiches complémentaires

Les informations de cette action peuvent être utilisées dans le cadre de la fiche : A2 FA 3 : Accompagnement des transporteurs routiers sous-traitants Solution 3: Accompagner les transporteurs dans le passage aux carburants alternatifs.

## Contexte et réglementation

La directive (UE) 2018/2001 du 11 décembre 2018 relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables (qui refond la directive 2009/28/CE aussi appelée directive « EnR ») fixe comme objectif que d'ici 2030, au moins 14% de la consommation finale d'énergie dans le secteur des transports provienne de sources renouvelables.

Le B30 est un biocarburant composé en volume de 70% de gazole et de 30% d'ester méthylique d'acides gras (huiles végétales EMHV, huiles alimentaires usagées issues du recyclage EMHU, graisses animales EMHA). En 2017, le biodiesel représentait 7,7% de la consommation nationale (en contenu énergétique) de gazole<sup>64</sup>.

Le B100, composé quant à lui de 100% d'EMHV, est autorisé par arrêté depuis le 7 avril 2018.

Les caractéristiques du bioéthanol ED95 ont été définies par l'arrêté du 29 mars 2016. Il figure sur la liste des carburants autorisés en France depuis le 4 février 2016 – modifiant l'arrêté du 22 décembre 1978 – et n'est autorisé que pour les flottes professionnelles de véhicules disposant d'une logistique d'approvisionnement spécifique et de leurs propres capacités de stockage et de distribution. Le stockage enterré du bioéthanol répond à la Norme EN 12285-1 relative aux exigences applicables aux réservoirs.

La filière GNV est pleinement opérationnelle en France pour les véhicules lourds.

Le bioGNV est issu de ressources renouvelables (contrairement au GNV issu de ressources fossiles<sup>65</sup>) et à ce titre aucune émission de CO<sub>2</sub> n'est attribuable à son utilisation. Il bénéficie ainsi d'un contexte réglementaire particulièrement favorable.

Le montage d'une station de recharge gaz est soumis à une déclaration ou autorisation ICPE en fonction du débit ou de la capacité de l'installation.

En parallèle, la loi Climat et Résilience a étendu jusqu'en 2030 le dispositif de suramortissement<sup>66</sup> pour l'acquisition d'un véhicule fonctionnant exclusivement au gaz naturel, bio-gaz, ED95 ou B100 ou fonctionnant en bicarburant gaz naturel/gazole.

<sup>64</sup> Source : MTES

<sup>65</sup> Le GNV issu des ressources fossiles, comparativement au gazole, permet notamment de réduire les émissions de particules, de NO<sub>x</sub>, de SO<sub>x</sub> ainsi que le bruit. A contrario, il ne conduit pas à des gains en termes d'émissions de CO<sub>2</sub> en usage poids lourds ou VUL (pour des questions de rendement).

<sup>66</sup> 20% pour un véhicule de PTAC ≥2,6t et <3,5t, 60% pour un PTAC ≥3,5t et ≤16t et 40% pour un PTAC >16t

## Solution 1 : Utilisation du GNV/bioGNV

### 1. Principes

Le Gaz Naturel pour Véhicule (GNV) est composé de plus de 85% de méthane, de 2 à 8% d'éthane et d'une très faible quantité d'autres hydrocarbures comme le propane et le butane.

Le méthane est un gaz incolore et inodore. C'est le principal composant du gaz naturel, deux fois moins inflammable que les autres carburants hydrocarbures. Plus léger que l'air, le GNV se dissipe rapidement en cas de fuite, contrairement aux autres carburants. Il est stocké et utilisé sous forme gazeuse ou liquide et est distribué en station-service dédiée à caractère privatif ou public.

Le GNV regroupe trois gaz naturels carburants :

- Le Gaz Naturel Comprimé ou Compressé (GNC) couvre l'ensemble des usages de la mobilité, sous forme gazeuse ;
- Le Gaz Naturel Liquéfié (GNL) est particulièrement adapté aux longues distances grâce à son autonomie importante, sous forme liquide cryogénique ;
- Le bioGNV est obtenu grâce à la méthanisation de déchets organiques, qui peut ensuite être utilisé sous forme compressée (bioGNC) ou liquide (bioGNL).

Le développement d'une flotte fonctionnant au GNV (GNC ou GNL) requiert :

- D'une part des véhicules spécifiques adaptés et équipés d'un moteur à allumage commandé et d'un dispositif de stockage de carburant spécifique (différent entre les versions GNC et GNL mais pas entre le GNV et le bioGNV) ;
- D'autre part d'une infrastructure spécifique de recharge, qui peut être une station publique, une station privative ou une station mutualisée entre plusieurs transporteurs.

Le bioGNL étant une technologie en voie de développement, il n'est pas traité dans la suite de cette fiche.

Etant donné qu'entre les solutions gaz ou bio-gaz, les véhicules, les infrastructures et le carburant gazeux lui-même sont identiques, il n'a été retenu qu'une seule fiche commune. Seuls les impacts en termes d'émissions de CO<sub>2</sub> vont être différents.

### 2. Impact sur la consommation de carburant et sur les émissions de GES

Plusieurs expérimentations détaillées<sup>67</sup> indiquent un gain réel à l'échappement (i.e. du réservoir à la roue) pour le GNV (GNC et GNL). Par exemple le gain mesuré pour un 44t GNC se situe entre +7 et -30% en fonction du type de voirie (de l'autoroute +7%, à l'urbain dense -7%, en passant par les routes nationales -30%). A noter que les émissions de CO<sub>2</sub> à l'échappement sont identiques entre le GNC (bioGNC y compris) et le GNL.

Si on considère les émissions du puits au réservoir, on constate 4,5% de gain en faveur du GNC par rapport à une motorisation diesel<sup>68</sup>. Les émissions du puits au réservoir du GNL étant 59%<sup>69</sup> plus élevées pour le GNL que pour le GNC, l'impact global pour le GNL par rapport au diesel risque d'être négatif.

En ce qui concerne le bioGNC, la situation est complètement inversée puisque dans ce cas, comme le CO<sub>2</sub> libéré correspond au CO<sub>2</sub> absorbé par les végétaux méthanisés, on estime une diminution des émissions de CO<sub>2</sub> de 75% de la filière bioGNC par rapport à la filière GNC du puits à la roue<sup>70</sup>

<sup>67</sup> Principalement le Projet Equilibre 2017-2018 « Analyse des consommations et émissions de CO<sub>2</sub> et NOx sur des poids-lourds GNV et Diesel » et NGVA Europe 2017 « Greenhouse Gas Intensity from Natural Gas in Transport »

<sup>68</sup> Source : Base Carbone®

<sup>69</sup> Source NGVA Europe, 2017, pour des semi-remorques

<sup>70</sup> C'est ce gain de 75% qui est retenu entre le bioGNC et le diesel puisque le GNC et le diesel ont un impact similaire en termes de réduction des émissions de CO<sub>2</sub> du puits à la roue.



Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gains liés à cette solution (% de réduction des émissions de CO <sub>2</sub> )		
			GNC	BioGNC	GNL
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	4,5%	80%	-
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t			
Grand porteur	Régional	>12 t			
Ensemble routier	Longue Distance	40 t			

### 3. Impact sur les émissions de polluants atmosphériques

Contrairement aux émissions de CO<sub>2</sub>, les émissions de polluants atmosphériques sont identiques entre le GNC (y compris le bioGNC) et le GNL.

Le gaz naturel, qu'il soit d'origine fossile ou issu d'un processus de méthanisation, de pyrogazéification, ou de l'association de CO<sub>2</sub> avec de l'hydrogène, est composé à plus de 95% de méthane. Ceci explique que sa combustion ne produise qu'une partie infime de particules ou de composés organiques volatiles, en comparaison avec les technologies diesel ou les motorisations à essence. Les émissions d'oxydes d'azote (NOx) sont également fortement réduites.

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gains liés à cette solution <sup>71</sup> (% de réduction des émissions de polluants)		
			NOx	PM	COV
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	+++	+++	+++
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t			
Grand porteur	Régional	>12 t			
Ensemble routier	Longue Distance	40 t			

### 4. Impact sur les émissions sonores

On estime<sup>72</sup> que l'utilisation d'une motorisation GNV permet de diviser par trois la pollution sonore pour les poids lourds et par deux pour les véhicules utilitaires légers.

En outre, on constate une suppression des fumées (nuisance visuelle) et des odeurs (nuisance olfactive).

### 5. Domaine de pertinence

Plusieurs dizaines de modèles existent en motorisation GNC, permettant de couvrir aussi bien les véhicules utilitaires légers<sup>73</sup> que les ensembles routiers, tout en offrant une autonomie allant jusqu'à plus de 500 km (en fonction de la taille des réservoirs).

L'offre est beaucoup plus restreinte en GNL et ne concerne que quelques tracteurs, mais avec une autonomie beaucoup plus importante que celle de la version GNC, de l'ordre de 1 000 km.

<sup>71</sup> Principalement le Projet Equilibre 2017-2018 « Analyse des consommations et émissions de CO<sub>2</sub> et NOx sur des poids-lourds GNV et Diesel » et NGVA Europe 2017 « Greenhouse Gas Intensity from Natural Gas in Transport »

<sup>72</sup> Source : gaz-mobilite.fr

<sup>73</sup> Les VUL sont proposés en version bi-fuel avec une réservoir d'essence complémentaire. La bicarburation est presque entièrement transparente pour le conducteur : les changements de carburant se font en toute discrétion. Ce double réservoir garantit une autonomie de l'ordre de 600 km.

A ces critères de disponibilité des véhicules et d'autonomie, qui vont conditionner, en fonction de leurs usages, le basculement de tout ou partie de la flotte vers une motorisation GNV, va se rajouter la question centrale de l'avitaillement en gaz. En effet, le réseau de stations GNV est encore très limité et va donc nécessiter une planification précise des transports pour s'assurer du ravitaillement :

- Soit en envisageant une station privative ou mutualisée sur site
- Soit en intégrant les localisations des stations publiques (si disponible) aux parcours.

## 6. Mise en œuvre

Au-delà de la limitation de l'offre commerciale en véhicules à motorisation GNV, leur surcoût par rapport à un véhicule équivalent diesel est à prendre en compte (de 5 à 30-40% selon le type de véhicule).

Plusieurs autres points concernant l'avitaillement doivent être considérés lors de la mise en place de cette solution :

- Disponibilité du GNV : Si l'ensemble des stations GNL sont aujourd'hui accessibles aux poids-lourds, il n'en est pas de même avec les stations GNC. Certaines, construites il y a déjà quelques années, n'ont été conçues que pour accueillir les véhicules particuliers et les utilitaires légers. Le nombre de stations GNL est limité<sup>74</sup> (32, dont la plupart mixtes GNLC). Les stations GNC se chiffrent à 105 (et à peu près autant sont en projet ou en réflexion), dont 57 qui proposent du bioGNC.
- Coût des investissements si implantation d'une station privative (ou mutualisée), avec aménagements de sécurité spécifiques et modification de l'exploitation, notamment des modalités de ravitaillement (charge rapide ou à la place).

Il semble ainsi nécessaire de réaliser une étude faisabilité technico-économique avant la mise en place de cette solution.

La faisabilité de cette solution est considérée comme difficile du fait de la disponibilité limitée des véhicules et surtout de la problématique de l'avitaillement, et le temps de retour sur investissement est estimé supérieur à 3 ans (sans prendre en compte l'implantation d'une station privative).

Il est important de garder à l'esprit que l'aspect local de la production de bioGNV peut initier de fortes synergies sur un territoire donné et que l'utilisation de bioGNV peut se substituer à l'utilisation de GNV pour une flotte déjà équipée de motorisation gaz.

## 7. Suivi de la solution

Indicateurs de suivi de la solution :

- Pourcentage de véhicules fonctionnant au GNC ;
- Pourcentage de véhicules fonctionnant au GNL ;
- Pourcentage de kilomètres effectués avec du GNC ;
- Pourcentage de kilomètres effectués avec du bioGNC ;
- Pourcentage de kilomètres effectués avec du GNL ;
- Volume de GNC consommé
- Volume de bioGNC consommé ;
- Volume de GNL consommé.

Modalités pratiques de collecte des données :

- Suivi du nombre de véhicules fonctionnant au GNC et GNL ;
- Suivi de la consommation de GNC, bioGNC et GNL.

<sup>74</sup> Données arrêtées à juin 2019.

## Solution 2 : Utilisation du B30

### 1. Principes

Le B30 est constitué en volume à 70% de gazole et de 30% d'Ester Méthylique d'Acides Gras (EMAG). Les esters Méthylliques d'Huile Végétale (EMHV) est la principale forme d'EMAG utilisée (~94%<sup>75</sup>).

En France, c'est principalement l'huile de colza qui est utilisée (avec une faible part d'huile de tournesol, mais on retrouve aussi de l'huile de soja et de palme) pour la fabrication d'EMHV obtenu par une opération dite de transestérification avec du méthanol<sup>76</sup>. Les caractéristiques physico-chimiques des EMHV sont voisines de celles du gazole, ce qui permet de les utiliser en mélange avec du gazole dans les moteurs Diesel classiques. Une incorporation de 30% dans le gazole classique est réalisée pour donner du B30.

Une variante au B30 EMVH est le B30 EMHU est constitué à 70% de gazole et de 30% d'ester méthylique d'huiles alimentaires usagées issus du recyclage<sup>77</sup>. Les caractéristiques physico-chimiques des EMHU, strictement identiques à celles des EMHV, sont voisines de celles du gazole, ce qui permet de les utiliser en mélange avec du gazole dans les moteurs Diesel classiques. Une incorporation de 30% dans le gazole classique est réalisée pour donner du B30 EMHU.

### 2. Impact sur la consommation de carburant et sur les émissions de GES

D'après le rapport sur les « Analyses de Cycle de Vie appliquées aux biocarburants de première génération consommés en France » publié par l'ADEME en février 2010, la réduction d'émission de GES (en l'absence d'effet liés à des changements d'affectation des sols) liée à l'utilisation de B30<sup>78</sup> par rapport au gazole pur<sup>79</sup> est de 13,6% par km parcouru.

Le gazole standard<sup>80</sup> contenant déjà au maximum 7% d'ester d'huile végétale, la réduction effective des émissions de CO<sub>2</sub> liée à l'utilisation du B30 dépendra donc du taux d'incorporation de biodiesel dans le gazole standard (et sera dans tous les cas, inférieure à 17% par kilomètre parcouru). En considérant un taux d'incorporation moyen de 6% en volume<sup>81</sup> dans le gazole, la réduction des émissions de CO<sub>2</sub> sera donc de 13,6%.

Le B30 EMHU permet une réduction des émissions de CO<sub>2</sub> (du puits à la roue) de 26% du fait de l'utilisation d'une huile recyclée à la place d'une huile végétale pure<sup>82</sup>. En considérant un taux d'incorporation moyen de 6% en volume dans le gazole, la réduction des émissions de CO<sub>2</sub> sera donc de 20,8%.

Gabarit véhicule	PTAC	Gains liés à cette solution
------------------	------	-----------------------------

<sup>75</sup> En 2017 les EMAG ont représenté 89% des volumes de biocarburants incorporés dans le gazole (83,5% sous forme d'EMHV, 4,3% sous forme d'EMHU -huile usagée- et 1,2% sous forme d'EMHA -huile animale-), source : MTES.

<sup>76</sup> Ou de l'éthanol. Dans ce cas on obtient un Ester Ethylique d'Acide Gras (EEAG). Cette voie est encore peu développée.

<sup>77</sup> La même variante est possible à partir des graisses animales. Le niveau de disponibilité sur le marché pour les B30 à partir d'huiles alimentaires usagées ou de graisses animales n'est pas connu de manière précise (information seulement présente pour l'instant chez les distributeurs).

<sup>78</sup> A partir d'huile de colza.

<sup>79</sup> Le B30 est principalement préparé à partir de gazole B0 (donc sans biocarburant).

<sup>80</sup> Le gazole standard, qui correspond en fait au gazole qu'on trouve à la pompe et qui est principalement destiné aux véhicules légers, peut contenir jusqu'à 7% en volume de biodiesel : c'est un taux maximum, pas un taux fixe même si le biodiesel est incorporé de manière banalisée.

<sup>81</sup> Source : fabricant de carburant

<sup>82</sup> Les gains sont obtenus en considérant soit le biocarburant pur, soit un carburant incorporant uniquement une seule origine de biocarburant alors que les carburants additivés mis à la consommation comportent en général un mélange de biocarburants.

	Usage principal considéré		(% de réduction des émissions de CO <sub>2</sub> )	
			B30 EMHV	B30 EMHU
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	13,6%	20,8%
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t		
Grand porteur	Régional	>12 t		
Ensemble routier	Longue Distance	40 t		

### 3. Impact sur les émissions de polluants atmosphériques

Une analyse des études sur le sujet<sup>83</sup> met en avant la relation proportionnelle entre une forte teneur en carburant alternatif et la réduction des émissions de particules (PM), de composés organiques volatiles (COV) et d'hydrocarbures, alors qu'au contraire, les émissions d'oxydes d'azote (NOx) ont tendance à augmenter.

Le biodiesel à base d'huile de palme a une influence particulièrement forte sur la réduction des particules.

Le tableau ci-dessous présente les impacts constatés pour l'utilisation du B30.

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gains liés à cette solution (% de réduction des émissions de polluants)		
			NOx	PM	COV
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	+	+++	+++
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t			
Grand porteur	Régional	>12 t			
Ensemble routier	Longue Distance	40 t			

### 4. Domaine de pertinence

Les B30 sont utilisables dans tous les véhicules Diesel depuis la norme Euro II jusqu'à la norme actuelle Euro VI.

Il est nécessaire au préalable de s'assurer de l'autorisation préalable des constructeurs pour le maintien de la garantie.

N'étant pas distribué en station-service, ce carburant n'est accessible qu'aux entreprises ayant une flotte captive et des stockages privés et nécessite de passer un contrat avec un distributeur de carburant pour l'approvisionnement.

### 5. Mise en œuvre

Le carburant B30 n'étant pas disponible en station, il sera nécessaire de posséder une cuve dédiée à ce carburant sur site. Ceci impliquera donc soit d'utiliser une cuve existante en remplaçant le carburant stocké par du B30, soit de construire une nouvelle cuve. Concernant la première option, les cuves de carburant utilisées pour le Diesel peuvent recevoir du B30. Il est toutefois conseillé de faire réaliser un nettoyage de la ou des cuves avant le premier remplissage au B30. Dans le cas où la seconde option serait choisie, il sera nécessaire de tenir compte de la réglementation ICPE pour la construction de la cuve. Pour une cuve de 40 m<sup>3</sup>, le coût de création d'une ICPE dédiée sera de l'ordre de 60 k€.

<sup>83</sup> ADEME, Estimation des gains potentiels en émissions de polluants atmosphériques (PM, NOx, COV) des actions de la charte d'engagement volontaire « Objectif CO2 Les transporteurs s'engagent », 2016.

Le surcoût d'utilisation du B30 est d'environ 1 à 3% par km parcouru<sup>84</sup>. En effet, son prix moyen est aujourd'hui de l'ordre de celui du gazole et le B30 entraîne ainsi une surconsommation d'environ 1 à 3%<sup>85</sup>.

En outre, il est nécessaire de confirmer la garantie constructrice et prévoir une maintenance adaptée des véhicules notamment des filtres à huile, un traitement spécifique des réservoirs et une réduction des pas de vidange. Dans certains cas, il peut être pertinent d'ajouter un pré-filtre afin de tenir compte de l'éventualité du développement de bactéries, par exemple des salmonelles.

La complexité de cette solution résidera dans la mise en place des cuves spécifiques et le ravitaillement de la flotte et des véhicules hors zone de ravitaillement. Mis à part cette contrainte, cette solution sera ensuite assez facilement intégrée dans l'organisation du fait de la compatibilité des moteurs. La faisabilité de la solution est donc entre facile et intermédiaire.

La mise en œuvre du B30 EMHU est la même que pour le B30. Il n'y a pas de surcoût d'utilisation du B30 EMHU par rapport au B30. En effet, son prix moyen<sup>86</sup> est aujourd'hui de l'ordre de celui du B30 et le B30 EMHU entraîne une surconsommation d'environ 5%.

## 6. Suivi de la solution

Indicateurs de suivi de la solution :

- Pourcentage de véhicules fonctionnant au B30 ;
- Pourcentage de kilomètres effectués avec du B30 ;
- Nombre de litres de carburant B30 consommés.

Modalités pratiques de collecte des données :

- Suivi du nombre de véhicules fonctionnant au B30 ;
- Suivi de la consommation de B30.

<sup>84</sup> L'énergie contenue dans un litre d'EMHV est de l'ordre de 33 MJ tandis qu'un litre de gazole pur contient près de 36 MJ. L'utilisation du B30 entraîne donc une surconsommation de 9% par rapport au gazole pur.

<sup>85</sup> Calcul effectué dans les conditions fiscales de 2011, et hors coûts de transport.

<sup>86</sup> Source : Distributeur de carburant

## Solution 3 : Utilisation du B100

### 1. Principes

Encadré par la norme européenne EN 14214, le B100 est un carburant composé à 100% d'Ester Méthyllique d'Acides Gras (EMAG). Les Esters Méthylliques d'Huile Végétale (EMHV) sont la principale forme d'EMAG utilisée (~94%). En France, le carburant type B100 est issu à 100% de l'huile de colza.

### 2. Impact sur la consommation de carburant et sur les émissions de GES

L'autonomie et la consommation d'un véhicule fonctionnant au B100 sont sensiblement équivalentes à celle d'un véhicule fonctionnant au gazole (de 0 à +5% d'écart en fonction du type de voirie). Sur l'ensemble du cycle de vie du produit, l'utilisation de B100 permet de réduire de 60%<sup>87</sup> les émissions de gaz à effet de serre par rapport au gazole.

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gains liés à cette solution (% de réduction des émissions de CO <sub>2</sub> )	
			B100	
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	60%	
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t		
Grand porteur	Régional	>12 t		
Ensemble routier	Longue Distance	40 t		

### 3. Impact sur les émissions de polluants atmosphériques

Pour les véhicules lourds de dernière génération, le B100 permet d'atteindre, en matière d'émissions de particules, le même niveau qu'un véhicule fonctionnant au gaz naturel<sup>88</sup>.

Les premiers résultats pour les NOx semblent indiquer, comme pour le B30, une légère augmentation des émissions<sup>89</sup>.

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gains liés à cette solution (% de réduction des émissions de polluants)		
			NOx	PM	COV
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t			
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t		+++	NC
Grand porteur	Régional	>12 t			
Ensemble routier	Longue Distance	40 t			

### 4. Domaine de pertinence

Le B100 est utilisable uniquement pour des véhicules diesel homologués et conçus ou adaptés B100. N'étant pas distribué en station-service, ce carburant n'est accessible qu'aux entreprises ayant une flotte captive ainsi que leurs propres capacités de stockage et de distribution. Il nécessite de passer un contrat avec un distributeur de carburant pour l'approvisionnement.

<sup>87</sup> Données fournisseur

<sup>88</sup> Données fournisseur

<sup>89</sup> Source : ADEME

## 5. Mise en œuvre

Le carburant B100 n'étant pas disponible en station, il sera nécessaire de posséder une cuve dédiée à ce carburant sur site. Ceci impliquera donc soit d'utiliser une cuve existante en remplaçant le carburant stocké par du B100, soit de construire une nouvelle cuve. Concernant la première option, les cuves de carburant utilisées pour le Diesel peuvent recevoir du B100. Le fonctionnement en cuve est inchangé et l'entretien est similaire. Il est toutefois conseillé de réaliser un nettoyage de la ou des cuves avant le premier remplissage au B100. Certains fournisseurs peuvent mettre à disposition une cuve spécifique pour la durée du contrat d'approvisionnement et prendre en charge son installation.

Le B100 bénéficie d'une Taxe Intérieure de Consommation sur les Produits Energétiques (TICPE) réduite et d'une trajectoire adaptée sur 5 ans. En 2018, la TICPE sur le B100 était de 11,83 c€/litre contre 60,75 c€/litre pour le gazole.

La faisabilité de la solution est facilitée par un cadre fiscal adapté, la prise en charge des modifications apportées aux véhicules ainsi que l'installation de cuves connectées par certaines entreprises spécialisées. Le coût du poste carburant, à iso-distance parcourue, reste plus élevé pour le B100 que pour son équivalent gazole.

## 6. Suivi de la solution

Indicateurs de suivi de la solution :

- Pourcentage de véhicules fonctionnant au B100 ;
- Pourcentage de kilomètres effectués avec du B100 ;
- Nombre de litres de carburant B100 consommés.

Modalités pratiques de collecte des données :

- Suivi du nombre de véhicules fonctionnant au B100 ;
- Suivi de la consommation de B100.

## Solution 4 : Utilisation de l'ED95

### 1. Principes

Le bioéthanol est un alcool produit par fermentation, soit du sucre issu de plantes -betteraves, cannes à sucre- soit de l'amidon issu de céréales -blé, maïs- (bioéthanol 1<sup>ère</sup> génération). Il peut également provenir de résidus et de déchets -moûts et marcs- de la vinification (bioéthanol 2<sup>ème</sup> génération).

Le bioéthanol ED95, défini par l'article 1 de l'arrêté du 29 mars 2016 relatif aux caractéristiques du carburant ED95 comme « un mélange d'éthanol, d'eau et d'additifs favorisant l'auto-inflammation et la lubrification, destiné à l'alimentation de moteurs thermiques à allumage par compression » est utilisé seul à hauteur de 95% dans des moteurs diesel adaptés, et contient 95% d'éthanol aqueux en volume et 5% d'additifs.

### 2. Impact sur la consommation de carburant et sur les émissions de GES

La photosynthèse (absorption de CO<sub>2</sub> par la plante) permet de contrebalancer les émissions produites lors de la phase d'utilisation du véhicule, avec une réduction de 66,13% des émissions totales de CO<sub>2</sub> (sur l'Analyse du Cycle de Vie)<sup>90</sup>.

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gains liés à cette solution (% de réduction des émissions de CO <sub>2</sub> )
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	66,13%
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t	
Grand porteur	Régional	>12 t	
Ensemble routier	Longue Distance	40 t	

### 3. Impact sur les émissions de polluants atmosphériques

Le bioéthanol permet de réduire<sup>91</sup> les émissions locales d'oxydes d'azote et de particules fines de l'ordre de quelques dizaines de % par rapport aux seuils de la norme Euro VI. Ce sont des gains maximums car d'une part les émissions de nombreux moteurs Euro VI en conditions d'exploitation sont déjà nettement en-dessous des seuils réglementaires et d'autre part le gain sur les NOx aura tendance à s'annuler sur des trajets urbains.

Les tests réalisés ne permettent pas de conclure pour les COV (pas de données mesurées).

<sup>90</sup> Source : Base Carbone® sans changement d'affectation des sols

<sup>91</sup> Données constructeur



Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gains liés à cette solution (% de réduction des émissions de polluants)		
			NOx	PM	COV
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t			
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t	+++	+++	NC
Grand porteur	Régional	>12 t			
Ensemble routier	Longue Distance	40 t			

#### 4. Domaine de pertinence

L'offre commerciale est limitée à un constructeur et uniquement sur le segment des poids lourds. Les véhicules fonctionnant à l'ED95 sont particulièrement pertinents pour de la distribution urbaine et régionale, y compris en température dirigée. N'étant pas distribué en station-service, ce carburant n'est accessible qu'aux entreprises ayant une flotte captive et des stockages privés et nécessite de passer un contrat avec un distributeur de carburant pour l'approvisionnement.

#### 5. Mise en œuvre

Réservé à des flottes professionnelles ayant leur propre dispositif de stockage de carburants, l'ED95 est autorisé en France depuis 2016, bien après les pays du nord de l'Europe (Suède, Finlande, Norvège...) et, plus récemment l'Espagne ou l'Allemagne.

Le coût à l'acquisition d'un véhicule fonctionnant à l'ED95 est comparable à son équivalent diesel. Il convient toutefois de prendre en compte une surconsommation de l'ordre de 50% qui sera compensée par un prix du carburant moins élevé. En outre, l'utilisation de cette technologie implique des coûts de maintenance multipliés par deux par rapport à un véhicule diesel. Dans ces conditions, le temps de retour sur investissement est considéré comme long.

La faisabilité de la solution est estimée entre intermédiaire et difficile du fait de la mise en place de cuves spécifiques et de l'impossibilité de ravitaillement de la flotte et des véhicules à l'extérieur. La faiblesse de l'offre commerciale peut également être un frein au déploiement de cette solution.

#### 6. Suivi de la solution

Indicateurs de suivi de la solution :

- Pourcentage de véhicules fonctionnant à l'ED95 ;
- Pourcentage de kilomètres effectués avec de l'ED95 ;
- Nombre de litres de carburant ED95 consommés.

Modalités pratiques de collecte des données :

- Suivi du nombre de véhicules fonctionnant à l'ED95 ;
- Suivi de la consommation d'ED95.

# A1 CARB FA 3 : Optimisation de la combustion et de la propreté des moteurs Diesel

## Synthèse

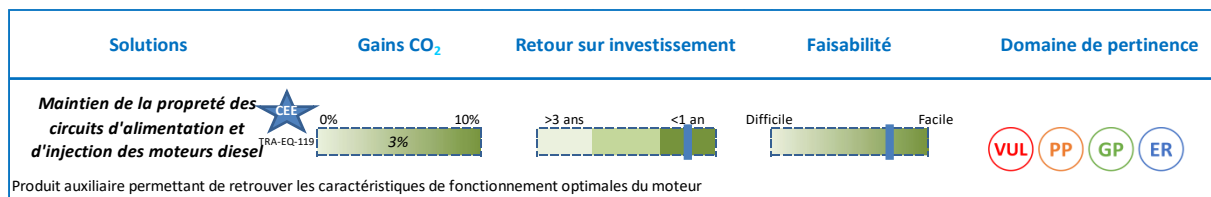
### 1. Description de l'action

Cette solution permet de retrouver les caractéristiques de fonctionnement optimales du moteur.

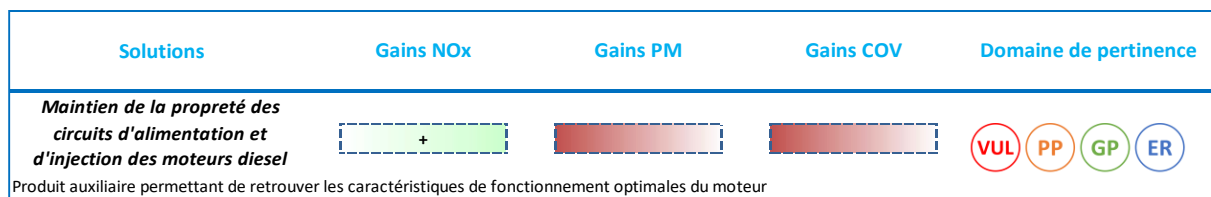
### 2. Domaine de pertinence

Cette solution concerne tous les domaines du transport routier de marchandises, le produit utilisé étant applicable à l'ensemble des moteurs diesel.

### 3. Gains CO<sub>2</sub>



### 4. Gains PA



### 5. Fiches complémentaires

/

## Contexte et réglementation

Le carburant utilisé dans les moteurs diesel a pour rôle de transformer l'énergie thermique en énergie mécanique de propulsion. Ce carburant normé (Norme EN 590) satisfait aux exigences d'une combustion optimisée par les constructeurs et les motoristes.

Les contraintes principales de l'utilisation de ce carburant sont :

- L'obtention d'un rendement énergétique le plus élevé possible.
- La minimisation des émissions de rejets polluants.

En effet la combustion d'un moteur diesel (comme dans une chaudière), n'est ni parfaite, ni complète. Elle produit des résidus sous la forme d'hydrocarbures imbrûlés et de monoxyde de carbone. L'azote contenu dans l'air réagit avec l'oxygène lorsque la température est élevée pour créer des oxydes d'azote (NOx). Tous ces produits sont des polluants plus ou moins toxiques.

Les systèmes de post-traitement des gaz d'échappement (catalyseurs d'oxydation, filtres à particules, pièges à NOx, ...) et les dispositions prises directement sur le moteur comme les systèmes EGR et SCR ont pour but de diminuer ces polluants. Mais ils ne les éliminent pas complètement et leur efficacité diminue avec le temps, tout particulièrement lorsque les moteurs sont mal utilisés ou mal entretenus (injecteurs encrassés, échappement ou admission colmatés, ...).

Des produits de performance existent sur le marché modifiant certaines spécifications du carburant normé.

Il est privilégié le maintien des qualités du carburant fourni, sans changer la norme, le but étant d'obtenir une baisse significative de la consommation et des émissions polluantes.

## Solution : Maintien de la propreté des circuits d'alimentation et d'injection des moteurs diesel

### 1. Principes

La baisse de la consommation de carburant et des émissions polluantes est obtenue en :

- Agissant sur la déstructuration des dépôts des lignes de transfert, de l'injection, des chambres de combustion, turbosoufflantes et ligne d'échappement ;
- Ré-émulsionnant et en stabilisant le carburant pour conserver ses caractéristiques de base pendant toute son utilisation.

Cette solution permet de retrouver les caractéristiques de fonctionnement optimales du moteur.

### 2. Impact sur la consommation de carburant et sur les émissions de GES

Les fournisseurs d'additifs mettent en avant des essais sur des flottes à usage de transports avec des gains constatés pouvant varier.

Les gains de consommation devront être validés par un laboratoire agréé suivant un cycle de conduite 60 NERV (sous protocole ADEME) avec un véhicule en charge.

Les baisses de la consommation de carburant et de CO<sub>2</sub> devront être au minimum de 3%.

### 3. Impact sur les émissions de polluants atmosphériques

Une analyse des études sur le sujet<sup>92</sup> montre que les réductions des émissions de NOx sont accompagnées par une augmentation des émissions de PM et HC (les émissions de COV sont considérées proportionnelles aux émissions de HC).

Il manque néanmoins des études plus poussées qui évaluent l'impact de la propreté des circuits d'alimentation et d'injection des moteurs diesel des VUL et des PL sur les émissions de polluants, d'où une dispersion importante sur les gains retenus.

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gains liés à cette solution (% de réduction des émissions de polluants)		
			NOx	PM	COV
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	+		
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t			
Grand porteur	Régional	>12 t			
Ensemble routier	Longue Distance	40 t			

### 4. Domaine de pertinence

Cette solution concerne tous les domaines du transport routier de marchandises, le produit utilisé étant applicable à l'ensemble des moteurs diesel.

### 5. Mise en œuvre

Le produit ne change pas les caractéristiques par rapport à la norme EN 590.

L'application et l'utilisation du produit peuvent s'effectuer de deux façons :

<sup>92</sup> ADEME, Estimation des gains potentiels en émissions de polluants atmosphériques (PM, NOx, COV) des actions de la charte d'engagement volontaire « Objectif CO<sub>2</sub> Les transporteurs s'engagent », 2016.

- Dans le réservoir de carburant ;
- Dans les cuves de stockage de carburant.

Les produits sont disponibles sur le marché, leur application ne nécessite pas d'organisation complexe qui pourrait pénaliser l'utilisateur. L'horizon de mise en œuvre est donc < 1 an.

## 6. Suivi de la solution

Indicateurs de suivi de la solution :

- Comptabilisation de la consommation de produit utilisé ;
- Comptabilisation de la consommation de carburant.

Modalités pratiques de collecte des données :

- Suivi interne des consommations.

# Fiche de synthèse des « Certificats d'Économies d'Énergie » relative à l'optimisation de la combustion et de la propreté des moteurs Diesel



Certificats d'économies d'énergie

Opération n° TRA-EQ-119

## Optimisation de la combustion et de la propreté des moteurs Diesel

### 1. Secteur d'application

Véhicules de transport en commun de personnes de catégories M2 ou M3, véhicules de transport de marchandises de catégories N2 ou N3 selon l'article R311-1 du code de la route.

### 2. Dénomination

Utilisation d'un auxiliaire pour optimiser la combustion et le maintien de la propreté des circuits d'alimentation, d'injection et des chambres de combustion des moteurs diesel.

### 3. Conditions pour la délivrance de certificats

L'auxiliaire utilisé permet un gain (Y) de consommation de carburant supérieur ou égal à 3 %.

Ce gain de consommation de carburant est validé par un programme d'essai selon un cycle de conduite « 60NERV » mis au point par l'IFSTTAR ou un cycle équivalent, et réalisé sous contrôle de l'UTAC-CERAM ou par un organisme accrédité selon la norme NF EN ISO/CEI 17025:2005 par le Comité français d'accréditation (COFRAC) ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de European co-operation for Accreditation (EA), coordination européenne des organismes d'accréditation.

La mise en œuvre de l'auxiliaire de combustion ne conduit pas à une augmentation des émissions polluantes suivantes : CO, HC, NO<sub>x</sub> et particules.

La preuve de réalisation de l'opération mentionne :

- l'acquisition d'un volume donné d'auxiliaire d'optimisation de la combustion ou d'un volume de carburant traité avec un auxiliaire d'optimisation de la combustion ;
- le gain de consommation de carburant obtenu avec cet auxiliaire ;
- la concentration de la solution de traitement (litre de solution de traitement utilisée / nombre de litres de gazole traités) dans le cas d'un auxiliaire d'optimisation ;
- la concentration de l'auxiliaire d'optimisation de la combustion dans le carburant utilisé dans le cas de carburant traité.

À défaut, la preuve de réalisation de l'opération mentionne :

- dans le cas d'un auxiliaire d'optimisation, l'acquisition d'un volume donné d'auxiliaire d'optimisation de la combustion avec ses marque et référence, et elle est accompagnée d'un document issu du fabricant qui indique :
  - le gain de consommation de carburant obtenu par l'auxiliaire ou le carburant additivé de marque et référence cité par la preuve de réalisation de l'opération ;
  - la concentration de l'auxiliaire d'optimisation de la combustion dans le carburant utilisé.

Les documents justificatifs spécifiques à l'opération sont :

- la copie du rapport d'essai mentionnant le gain (Y) de consommation de carburant mesuré en pourcentage ;
- dans le cas de l'acquisition d'un volume d'auxiliaire d'optimisation de la combustion, un état récapitulatif issu du professionnel, daté et signé par le bénéficiaire de l'opération, indiquant le volume d'auxiliaire d'optimisation de la combustion utilisé par marque et référence, par lieu de distribution (nom du site, numéro de SIRET de l'établissement du bénéficiaire, adresse du site), par date d'acquisition, par référence de la preuve de réalisation de l'opération, ainsi que la performance de l'auxiliaire ;
- dans le cas de l'acquisition de carburant traité avec un auxiliaire d'optimisation de la combustion, un état récapitulatif issu du professionnel, daté et signé par le bénéficiaire de l'opération, indiquant le volume de carburant traité avec un auxiliaire d'optimisation de la combustion utilisé par marque et référence, par lieu de distribution (nom du site, numéro de SIRET de l'établissement du bénéficiaire, adresse du site), par date d'acquisition, par référence de la preuve de réalisation de l'opération, ainsi que la performance de l'auxiliaire.

La date d'engagement de l'opération est la date d'acquisition la plus ancienne de l'état récapitulatif. La date d'achèvement de l'opération est la date d'acquisition la plus récente de l'état récapitulatif.

L'écart entre la date d'engagement et la date d'achèvement ne peut excéder 6 mois.

### 4. Durée de vie conventionnelle

1 an.

### 5. Montant de certificats en kWh cumac

Type d'acquisition	Montant en kWh cumac
Auxiliaire d'optimisation de la combustion	$9\ 700 \times X / Z + Y$
Carburant traité avec un auxiliaire d'optimisation de la combustion	$9\ 700 \times W + Y$

Avec :

- X = volume d'auxiliaire d'optimisation de la combustion utilisé (m<sup>3</sup>) ;
- W = volume de carburant traité avec un auxiliaire d'optimisation de la combustion utilisé (m<sup>3</sup>) ;
- Y = gain de consommation de carburant associé à l'utilisation de l'auxiliaire de combustion (par exemple si le gain est de 3 % alors Y=0,03) ;
- Z = concentration de la solution de traitement utilisée figurant sur la preuve de réalisation de l'opération (nombre de litres d'auxiliaire d'optimisation de la combustion / nombre de litres de gazole traités).

# A1 CARB FA 4 : Amélioration du suivi des consommations

## Synthèse

### 1. Description de l'action



Savoir mesurer et suivre précisément sa consommation de carburant (par véhicule et par conducteur) permet à l'entreprise de définir un état des lieux initial et de se fixer un objectif de réduction chiffré et réaliste, ainsi que des actions ciblées (tout ce qui se mesure s'améliore !).

Trois solutions sont proposées : la collecte de l'information relative à la consommation, la télématique embarquée (qui est un type particulier de collecte) et la gestion et l'utilisation des données de consommation

### 2. Domaine de pertinence

L'action est pertinente pour tous les domaines du transport routier.

### 3. Gains CO<sub>2</sub>

Solutions	Gains CO <sub>2</sub>	Retour sur investissement	Faisabilité	Domaine de pertinence
<b>Collecte de l'information</b>  <small>TRA-SE-113</small> Mise en place d'un système de suivi des consommations par véhicule et conducteur	0% Indirect 10% 	>3 ans Indirect <1 an 	Difficile Facile 	
<b>Télématique embarquée (consommation)</b>  <small>TRA-EQ-103</small> Installation d'équipement de télématique embarquée permettant le suivi de la consommation par véhicule et conducteur	0% 5% 10% 	>3 ans <1 an 	Difficile Facile 	
<b>Gestion et utilisation de l'information</b> Traitement des données collectées	0% Indirect 10% 	>3 ans Indirect <1 an 	Difficile Facile 	

#### 4. Gains PA

Solutions	Gains NOx	Gains PM	Gains COV	Domaine de pertinence
<b>Collecte de l'information</b> Mise en place d'un système de suivi des consommations par véhicule et conducteur	Indirect	Indirect	Indirect	VUL PP GP ER
<b>Télématique embarquée (consommation)</b> Installation d'équipement de télématique embarquée permettant le suivi de la consommation par véhicule et conducteur	Variable	+	+++	VUL PP GP ER
<b>Gestion et utilisation de l'information</b> Traitement des données collectées	Indirect	Indirect	Indirect	VUL PP GP ER

#### 5. Fiches complémentaires

Cette action est à relier à d'autres actions, notamment les suivantes :

- Toutes les solutions de l'Axe 2 : Achats transports concernant l'information des sous-traitants sur les bonnes pratiques à adopter et les indicateurs à suivre. En effet, les méthodes de suivi des consommations de carburant et les indicateurs associés peuvent être transmis aux sous-traitants ;
- « Mise en place d'un programme d'éco-conduite » (A1 COND FA 1 : Mise en place d'un programme éco-conduite). C'est en suivant précisément la consommation des conducteurs que l'on identifiera ceux qui auront besoin de suivre une formation à l'éco-conduite.



## Contexte et réglementation

De plus en plus de transporteurs savent suivre précisément leurs consommations de carburant. Cette attention croissante résulte de la pression économique et de l'augmentation du prix des carburants, qui devrait se poursuivre dans les années à venir.

Le poste carburant constitue pour les transporteurs routiers :

- Le deuxième poste de coût (23,7%), derrière les salaires, s'agissant des activités de longue distance (PTAC 40 tonnes).
- Le troisième poste de coût (16,8%), derrière les postes salaires et matériel, s'agissant des activités réalisées au niveau régional par des porteurs.
- S'agissant des entreprises utilisant des véhicules utilitaires légers, le deuxième ou troisième poste de coût (entre 8% et 20%) derrière les postes salaires, charges et locations financières et autres charges locatives.

(Source : chiffres Comité National Routier, décembre 2018, SNTL)

Une bonne gestion des consommations de carburant permet donc d'augmenter de manière significative la compétitivité.

## Solution 1 : Collecte de l'information

### 1. Principes

Les différents processus de remontée d'information sont les suivants, du plus simple vers le plus sophistiqué :

	Méthode	Avantages	Inconvénients	Niveau d'incertitude
1	Communication des volumes par les conducteurs à chaque apport de carburant	Investissement quasi-nul	Peu fiable Nécessite la mise en place d'un système de vérification	20%
2	Retour des consommations en stations par les distributeurs de carburants	Permet une vérification des données remontées par les conducteurs	Harmonisation nécessaire entre les données des différents fournisseurs Possibilités d'erreurs de saisie des km	10%
3	Suivi informatique des consommations internes (cas de cuves de carburants internes à l'entreprise)	Automatisation du processus	Pertinent uniquement pour les pleins réalisés en interne Erreurs de saisies possibles sur les distances	7%
4	Télématique embarquée (cf. solution 2 de la présente fiche action)	Permet la transmission directe des consommations Peut intégrer des modules complémentaires : paramètres de conduite, positionnement du véhicule, ...	Coût Peut nécessiter une formation par les fournisseurs de solution pour accompagner les conducteurs dans l'utilisation	5%

### 2. Impact sur la consommation de carburant et sur les émissions de GES

La collecte de l'information n'a pas d'impact direct en termes de gain de consommation de carburant. Il est néanmoins constaté chez la majorité des transporteurs que lorsque les conducteurs savent que la consommation est suivie véhicule par véhicule, cela suffit en général à faire baisser les consommations (au moins temporairement).

En outre, pour les responsables logistiques des entreprises de transport, la connaissance fine des consommations par conducteur et/ou par véhicule constitue un préalable à la mise en place de toute mesure d'optimisation (éco-conduite, système de bonus/malus...).

Enfin, la mise en place d'outils de gestion de la consommation est un premier pas vers la diminution de ces consommations, et donc vers un gain en émissions de CO<sub>2</sub>.

### 3. Impact sur les émissions de polluants atmosphériques

La collecte de l'information n'a pas d'impact direct en termes de réduction des émissions de polluants.

#### 4. Domaine de pertinence

Cette solution concerne tous les domaines du transport routier.

#### 5. Mise en œuvre

Chaque méthode requiert une mise en œuvre différente :

- **Méthode 1 « via conducteurs »** : pour mettre en œuvre la méthode 1, il faut demander à tous les conducteurs de noter à chaque plein effectué les données relatives aux volumes de carburant achetés et le kilométrage auquel le plein a été fait ;
- **Méthode 2 « via distributeurs de carburant »** : les distributeurs de carburant proposent des cartes personnelles, attribuées par véhicule ou par conducteur. Ces cartes permettent de consolider la facturation et donc les consommations de carburant ;
- **Méthode 3 « via informatique cuves internes »** : les cuves de carburant doivent être équipées de capteurs permettant un relevé des volumes prélevés ;
- **Méthode 4 « via informatique embarquée »** : cette méthode nécessite un investissement plus important. Elle inclut parfois des fonctionnalités supplémentaires permettant une optimisation globale de la gestion de flotte (exemple : géolocalisation, gestion des temps de conduite, etc.). Le coût d'un boîtier est de l'ordre de 1 000 €, auquel il faut rajouter un coût d'abonnement mensuel variable (quelques dizaines d'euros) en fonction des services choisis par le transporteur (voir solution 2 de la présente fiche action « Télématique embarquée »).

Cette solution ne présente pas de gain de carburant direct et ne peut donc pas être associée à un temps de retour sur investissement. Quelle que soit la méthode de suivi choisie, un certain nombre de personnes devront être mobilisées, la faisabilité de cette solution est donc intermédiaire.

#### 6. Suivi de la solution

Indicateur de suivi de la solution :

- Recenser la (ou les) méthode(s) de suivi utilisée(s) (méthodes n°1 à 4 ci-avant) ainsi que le niveau de précision estimé (exprimé en pourcentage).

## Fiche de synthèse des « Certificats d'Économies d'Énergie » relative au suivi des consommations de carburants grâce à des cartes privées



Certificats d'économies d'énergie

Opération n° TRA-SE-113

### Suivi des consommations de carburants grâce à des cartes privées

#### 1- Secteur d'application

Flottes professionnelles de véhicules de catégories M1 ou N1 selon l'article R.311.1 du code de la route.

#### 2-Dénomination

Équipement de véhicules d'une flotte professionnelle par des cartes privées pour le carburant, associé à un système de gestion et de suivi des consommations.

#### 3-Conditions pour la délivrance de certificats

Le bénéficiaire de l'opération est la personne morale gestionnaire de la flotte de véhicule qui utilise le système de gestion et de suivi des consommations de carburant.

Le professionnel mettant en œuvre l'opération est le professionnel mettant les cartes privées à disposition du bénéficiaire.

Sont exclus :

- les systèmes où plusieurs cartes d'un même professionnel sont affectées à un même véhicule ;
- les systèmes où une carte est affectée à plusieurs véhicules ;
- le cumul de l'opération standardisée pour plusieurs cartes provenant de plusieurs professionnels différents pour la même flotte.

L'opération inclut l'activation de la saisie du kilométrage à chaque plein, afin de mesurer les consommations.

Les dates d'engagement et d'achèvement de l'opération sont confondues et correspondent à la date de création ou de renouvellement de chaque carte privée.

La preuve de réalisation de l'opération est le contrat conclu entre le bénéficiaire et le professionnel pour l'équipement de la flotte avec des cartes privées pour le carburant comportant la possibilité de l'activation de la saisie du kilométrage à chaque plein, afin de mesurer les consommations.

Le document justificatif spécifique à l'opération est l'état récapitulatif, issu du professionnel et signé par le bénéficiaire de l'opération, des cartes privées diffusées mentionnant pour chaque carte :

- la carte par son numéro unique, sa date de création ou, le cas échéant, sa date de renouvellement, et le statut de la carte : en création ou en renouvellement ;
- et le véhicule associé (immatriculation ou numéro d'identification unique) avec sa catégorie (M1 ou N1), et la mention de l'activation de la saisie du kilométrage.

#### 4- Durée de vie conventionnelle

4 ans.

#### 5- Montant de certificats en kWh cumac

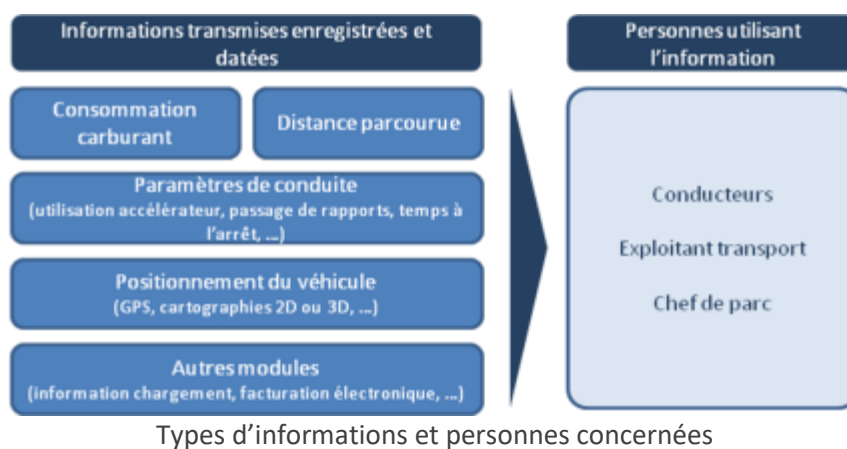
Catégories des véhicules	Montant en kWh cumac par véhicule	X	Nombre de cartes affectées à un seul véhicule
M1 ou N1	750		N

## Solution 2 : Télématicque embarquée (consommation)

### 1. Principes

Le terme « télématicque » recouvre des systèmes très variés, mais il désigne de façon générale des appareils d'aide aux opérations de transport, qui combinent des technologies de l'information et des outils de télécommunication, dont l'objectif est d'avoir un meilleur contrôle des véhicules et un meilleur suivi des conducteurs. Une utilisation efficace de ces appareils peut permettre des progrès significatifs en termes de sécurité et de productivité.

Le marché met en concurrence une cinquantaine de fournisseurs provenant de l'univers des télécoms et de l'informatique, ainsi que les constructeurs de véhicules qui proposent en général des produits très complets en première ou seconde monte.



Trois types d'utilisateurs sont concernés par l'informatique embarquée et peuvent profiter des informations transmises : le chauffeur (retours sur sa conduite), l'exploitant (aide à l'organisation) et le chef de parc (optimisation de la maintenance).

**Dans cette solution, on s'intéresse uniquement à la fonction « suivi des consommations » de la télématicque embarquée.**

Ces produits permettent d'optimiser la « gestion de parc ». Ils sont destinés aux responsables d'entreprises, leur permettant de connaître les informations suivantes, par véhicule et par chauffeur :

- Suivi des consommations, des kilométrages et du régime moteur ;
- Suivi de ratios comparant la consommation de carburant, les kilomètres parcourus et les émissions de CO<sub>2</sub> ;
- Une gestion automatique de la maintenance (récapitulatif du planning d'entretien, alerte en temps réel en cas de défaillance technique du véhicule) ;
- Un outil pédagogique destiné à la fois au gestionnaire de flotte et au conducteur, permettant à ce dernier d'être alerté en cas de sous/sur-régime du moteur, de vitesse excessive ou de freinages trop brutaux.

### 2. Impact sur la consommation de carburant et sur les émissions de GES

**Cette solution ne réduit les consommations que si elle est couplée à une formation des conducteurs à l'éco-conduite.**

La fiche de synthèse du certificat d'économie d'énergie « Télématicque embarquée pour suivi de conduite d'un véhicule »<sup>93</sup>, dont le domaine d'application couvre les « flottes de véhicules

<sup>93</sup> Fiche de calcul TRA-EQ-03

professionnels » définit la nature des données minimales devant être fournies par le système de télématique : consommation du véhicule, kilométrage, utilisation de l'accélérateur, utilisation des freins, régime moteur et temps d'arrêt avec moteur fonctionnant au ralenti. Le gain moyen de consommation imputé à la télématique est d'environ 5%.

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gains liés à la télématique embarquée (% de réduction des émissions de CO <sub>2</sub> ), si cette solution est couplée à la fiche action A1 COND FA 1 « Mise en place d'un programme éco-conduite »
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	5%
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t	
Grand porteur	Régional	>12 t	
Ensemble routier	Longue Distance	40 t	

### 3. Impact sur les émissions de polluants atmosphériques

Une analyse des études sur le sujet<sup>94</sup> montre que l'équipement des véhicules avec ces systèmes permet la réduction des émissions de polluants en visant l'augmentation de la fluidité du trafic. Cette action a ainsi un grand potentiel de réduction des émissions de polluants même si la dispersion des réductions possibles est assez ample selon le type de technique appliquée.

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gains liés à cette solution (% de réduction des émissions de polluants)		
			NOx	PM	COV
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	+++	+	+++
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t			
Grand porteur	Régional	>12 t			
Ensemble routier	Longue Distance	40 t			

### 4. Domaine de pertinence

Cette solution s'applique particulièrement aux grands routiers et aux véhicules les plus consommateurs car le temps de retour sur investissement de l'équipement sera plus réduit. Toutefois, compte tenu des évolutions technologiques récentes et des diminutions de prix des équipements, cette solution est aujourd'hui devenue également intéressante pour les véhicules utilitaires légers sur des trajets urbains.

La formation à l'écoconduite, les outils informatiques et les mesures correctives en aval forment un tout indissociable.

### 5. Mise en œuvre

Pour l'entreprise, le coût de mise en œuvre d'un système de télématique embarquée est composé du prix de la pose de l'appareil sur chaque véhicule (moins de 100 € par véhicule) et d'un coût de location (moins de 30 €/véhicule/mois). Depuis le début des années 2000, la part d'équipement du parc a constamment progressé pour se situer aujourd'hui aux alentours de 10%.

<sup>94</sup> ADEME, Estimation des gains potentiels en émissions de polluants atmosphériques (PM, NOx, COV) des actions de la charte d'engagement volontaire « Objectif CO<sub>2</sub> Les transporteurs s'engagent », 2016.

Les informations remontant du véhicule sont fréquemment traitées à travers un serveur géré par le constructeur du véhicule ou par le fournisseur du système. Ce type de service est inclus de plus en plus souvent dans le contrat d'entretien.

Cette solution ne donnera des résultats tangibles que si sa mise en œuvre est liée à la formation des conducteurs à l'éco-conduite. Il est conseillé d'installer l'équipement avant la formation, car ainsi la télématique pourra fournir un point « zéro » fiable et permettra de suivre les gains et d'orienter les conducteurs vers des formations complémentaires en fonction leurs comportements respectifs.

Les conducteurs doivent être intégrés en amont dans la réflexion sur l'installation de systèmes de télématique embarquée. Une déclaration doit d'ailleurs être déposée par l'entreprise auprès de la CNIL (Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés).

Le temps de retour sur investissement de cette solution est de l'ordre d'une année (les coûts sont relativement élevés mais les gains le sont également). Sa faisabilité est intermédiaire. L'installation d'outils de télématique embarquée peut avoir de nombreux impacts sur le fonctionnement de l'entreprise (organisation du service informatique, gestion de nouveaux flux d'informations, ...).

Lors de l'acquisition d'un système de télématique embarquée, l'entreprise de transport doit veiller à vérifier si le gain de consommation de carburant revendiqué par le fournisseur est réaliste, ainsi que la manière dont ce gain a été chiffré. Il sera utile pour cela de recouper plusieurs offres concurrentes.

## 6. Suivi de la solution

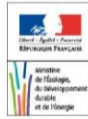
Indicateur de suivi de la solution :

- Pourcentage de véhicules équipés de télématique embarquée (avec un module de relevé des consommations).

Modalités pratiques de collecte des données :

- Suivi du nombre de véhicules équipés d'un système de télématique embarquée (avec un module de relevé des consommations).

# Fiche de synthèse des « Certificats d'Économies d'Énergie » relative à l'installation d'équipement de télématique embarquée



Certificats d'économies d'énergie

Opération n° TRA-EQ-103

## Télématique embarquée pour le suivi de la conduite d'un véhicule

### 1. Secteur d'application

Véhicules de catégories M ou N selon l'article R.311.1 du code de la route.

### 2. Dénomination

Mise en place et activation d'un équipement neuf de télématique embarquée et accès aux analyses comportementales par les conducteurs et par les gestionnaires de flotte.

### 3. Conditions pour la délivrance de certificats

Le véhicule est immatriculé en France.

L'équipement de télématique installé et activé fournit les données minimales suivantes :

- la consommation du véhicule ;
- le kilométrage ;
- l'utilisation de l'accélérateur ;
- l'utilisation des freins ;
- le régime moteur ;
- les temps d'arrêt avec moteur fonctionnant.

L'accès aux analyses comportementales est activé.

Le professionnel est la personne morale ayant installé l'équipement de télématique embarquée ou le vendeur du véhicule neuf équipé de série.

Dans le cas de la location, la durée du contrat de location de l'équipement de télématique embarquée et/ou du véhicule où cet équipement est installé, est supérieure ou égale à 24 mois.

#### Si le véhicule n'est pas équipé de série :

La preuve de réalisation de l'opération est la facture d'achat ou le contrat de location de l'équipement mentionnant :

- la mise en place d'un équipement neuf de télématique embarquée ;
- le n° d'identification figurant sur le certificat d'immatriculation du véhicule sur lequel est mis en place cet équipement ;
- les données suivantes fournies par l'équipement : la consommation du véhicule, le kilométrage, l'utilisation de l'accélérateur, l'utilisation des freins, le régime moteur et les temps d'arrêt avec moteur fonctionnant.

A défaut, la preuve de réalisation de l'opération mentionne le n° d'identification figurant sur le certificat d'immatriculation du véhicule sur lequel est mis en place un équipement neuf avec les marque et référence de l'équipement et elle est complétée par un document issu du fabricant indiquant que l'équipement de marque et référence installé est un équipement de télématique embarquée fournissant les données suivantes : la consommation du véhicule, le kilométrage, l'utilisation de l'accélérateur, l'utilisation des freins, le régime moteur et les temps d'arrêt avec moteur fonctionnant.

Le document justificatif spécifique à l'opération est un état récapitulatif issu du professionnel, daté et signé par le bénéficiaire de l'opération indiquant par catégorie de véhicules (M1, N1, M2, N2, M3 ou N3) : le n° d'identification figurant sur le certificat d'immatriculation des véhicules équipés de télématique embarquée, les marque et référence de l'équipement de télématique embarquée installé, le lieu d'installation (nom du site, numéro de SIRET de l'établissement du bénéficiaire, adresse du site), la référence de la preuve de réalisation de l'opération.

#### Si le véhicule est neuf et équipé de série de télématique embarquée :

La preuve de réalisation de l'opération est la facture d'achat, ou le contrat de location, du véhicule. La preuve de réalisation mentionne la mise en place d'un équipement de télématique embarquée, le n° d'identification figurant sur le certificat d'immatriculation du véhicule sur lequel est mis en place cet équipement, et les données fournies par l'équipement où figurent a minima : la consommation du véhicule, le kilométrage, l'utilisation de l'accélérateur, l'utilisation des freins, le régime moteur et les temps d'arrêt avec moteur fonctionnant. La durée du contrat de location est supérieure ou égale à 24 mois.

A défaut, la preuve de réalisation de l'opération mentionne le n° d'identification figurant sur le certificat d'immatriculation du véhicule sur lequel est mis en place un équipement neuf avec les marque et référence de l'équipement et elle est complétée par un document issu soit du fabricant de l'équipement soit du vendeur du véhicule neuf indiquant que l'équipement de marque et référence installé sur le véhicule est un équipement de télématique embarquée. Ce document mentionne les données fournies par l'équipement où figurent a minima : la consommation du véhicule, le kilométrage, l'utilisation de l'accélérateur, l'utilisation des freins, le régime moteur et les temps d'arrêt avec moteur fonctionnant.

### 4. Durée de vie conventionnelle

4 ans.

### 5. Montant des certificats en kWh cumac

Catégorie des véhicules	Montant en kWh cumac par véhicule équipé de télématique embarquée	X	Nombre de véhicules équipés par catégorie
M1	<b>1 600</b>		N
N1	<b>2 700</b>		N
N2 et N3	<b>27 000</b>		N
M2 et M3	<b>19 900</b>		N



## Solution 3 : Gestion et utilisation de l'information

### 1. Principes

On distingue 3 niveaux de gestion qui permettront de comprendre plus ou moins finement les consommations de carburant observées :

- niveau minimal : analyser les données de consommation en l/100 km et les comparer aux consommations standard (cf. site [www.energeco.org](http://www.energeco.org) ou [www.cnr.fr](http://www.cnr.fr))
- niveau intermédiaire : caractériser les trajets (vitesse moyenne, type de parcours, type de marchandises transportées), détailler les données de consommation par principaux types de véhicules (ensembles routiers, grands et petits porteurs) puis les analyser ;
- niveau maximal : prendre en compte tous les paramètres de conduite (vitesse, utilisation du régime et couple, utilisation du ralenti et des freins, de l'embrayage...) mais aussi des paramètres exogènes qui relèvent du véhicule et/ou des conditions de son utilisation opérationnelles (PTAC du véhicule, type d'activité de transport, congestion, type de voirie,). Réaliser une estimation des données de consommation en l/t.km.

### 2. Impact sur la consommation de carburant et sur les émissions de GES

De même que pour la solution collective de l'information, il n'y a pas d'impact direct, mais l'analyse détaillée des consommations permettra d'identifier des gains potentiels et de sélectionner les actions les plus pertinentes.

Les analyses de consommation peuvent également permettre l'établissement de programmes de formation personnalisée adaptés à chaque conducteur en fonction de ses performances.

### 3. Impact sur les émissions de polluants atmosphériques

La gestion et l'utilisation de l'information n'a pas d'impact direct en termes de réduction des émissions de polluants.

### 4. Domaine de pertinence

Cette solution concerne tous les domaines du transport routier.

### 5. Mise en œuvre

La mise en place d'un système de reporting et d'analyse des consommations nécessite un investissement significatif en temps et éventuellement l'intervention de ressources dédiées. Le transporteur peut faire progresser son niveau d'analyse en suivant les trois niveaux décrits dans la rubrique « Principes ».

Cette gradation permettra de comprendre dans le détail les paramètres influençant la consommation et leur poids relatif. L'investissement en temps est étroitement lié à la taille de la flotte et à la diversité des activités de transport de l'entreprise. A titre indicatif, un équivalent temps plein peut se justifier à partir d'une flotte de 100 véhicules lorsque l'on souhaite un niveau de gestion maximal.

Cette solution ne présente pas de gain de carburant direct et ne peut donc pas être associée à un temps de retour sur investissement. Elle nécessite des changements organisationnels puisque des ressources doivent consacrer du temps au traitement des informations : sa faisabilité peut être considérée comme intermédiaire.

## 6. Suivi de la solution

Indicateur de suivi de la solution :

- Indiquer le niveau de gestion de l'information (niveau 1, 2 ou 3).

## A1 CARB FA Autres

Cette page centralise d'autres solutions de réduction des émissions de CO<sub>2</sub>, en lien avec l'axe carburant, présentant un aspect innovant ou de niche.

Cette fiche sera complétée au fur et à mesure des mises à jour de ce guide.

Autres actions quantitatives identifiées (en lien avec l'utilisation de carburants alternatifs) :

- Utilisation d'un véhicule à « hydrogène » : utilisation d'un véhicule électrique à pile à combustible, cf. description ci-dessous.
- Utilisation d'un mélange gaz-hydrogène : cf. description ci-dessous.
- Utilisation d'une émulsion eau gazole : par exemple l'EEG40, biocarburant composé de 60% de gazole, de 27% d'ester d'huiles alimentaires usagées issues du recyclage (EMHU) et de 13% d'eau et d'additif.
- Utilisation de HVO : carburant à base d'huiles végétales hydrotraitées, utilisable dans les moteurs diesel actuels (pur ou mélangé au gazole) mais réservé aux flottes captives disposant de leurs propres capacités de stockage ; réduction des émissions de CO<sub>2</sub> d'au moins 50% du puits à la roue.

### Focus sur le véhicule hydrogène

Les technologies hydrogène regroupent 2 types de technologies :

- Les moteurs fonctionnant directement avec de l'hydrogène comme source d'énergie
- Les moteurs électriques alimentés par de l'électricité produite en direct par une pile à combustible (PAC) fonctionnant à l'hydrogène

L'essentiel de la R&D porte sur cette 2<sup>ème</sup> voie : la PAC est un dispositif électrochimique dans lequel l'hydrogène et l'oxygène gazeux se combinent pour fournir de l'électricité, de l'eau et de la chaleur suivant un processus inverse de celui de l'électrolyse. Du dihydrogène, H<sub>2</sub> à l'état gazeux, est contenu dans des bouteilles, faisant office de réservoir, dans le véhicule. L'énergie produite est stockée dans une batterie qui alimente directement le moteur électrique du véhicule.

Selon l'ADEME<sup>95</sup>, le vecteur hydrogène permet en effet d'apporter des solutions de mobilité propres et flexibles en diversifiant l'offre d'électromobilité.

Néanmoins, les technologies associées à l'hydrogène mobilité sont encore chères et les expérimentations et prédéploiements à venir nécessitent, comme toute technologie émergente, un soutien pour amorcer la demande de véhicules et accélérer l'industrialisation. Les enjeux sont en partie liés à la mise en place de chaînes d'assemblage automatisées, pour les piles mais aussi pour certains équipements périphériques, qui permettra de baisser les coûts. En parallèle, l'apparition de réglementations locales ciblant les émissions polluantes en milieux urbains participe à faire émerger le marché des véhicules « zéro émission à l'usage ». A terme, des modèles économiques sont ainsi atteignables pour une mobilité électrique hydrogène professionnelle.

L'introduction de ces véhicules est également dépendant du déploiement de l'infrastructure d'avitaillement, pour lesquelles des stations-services locales peuvent être rentabilisées rapidement dès lors qu'elles alimentent de manière régulière des véhicules qui opèrent dans la zone.

<sup>95</sup> [https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/avis-de-lademe\\_hydrogene\\_maj\\_avril2018.pdf](https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/avis-de-lademe_hydrogene_maj_avril2018.pdf)

Au final, les technologies batteries et pile à combustible apparaissent aujourd'hui comme complémentaires dans le domaine de l'électromobilité. L'usage du vecteur hydrogène est intéressante pour des profils d'usage exigeants, pour lesquels on souhaite des véhicules propres à l'émission avec un niveau de service élevé : autonomie énergétique accrue, maintien de la charge utile, disponibilité du véhicule, et conditions de raccordement au réseau électrique.

Quant au bilan environnemental de la mobilité hydrogène, « du puits à la roue », il est complexe et va dépendre principalement de la nature de la source primaire (renouvelable versus fossile) et de la distance d'acheminement entre la production de l'hydrogène et la station-service. Par ailleurs, des solutions pour limiter l'emploi de certains métaux précieux doivent être étudiées et mises en place (recyclage, amélioration des technologies actuelles).

### Focus sur l'utilisation d'un mélange gaz-hydrogène

Des expérimentations ont eu lieu à Dunkerque (sur des bus et non des poids-lourds) avec l'utilisation d'un mélange de gaz naturel (80%) et d'hydrogène (20%). L'objectif était de proposer une transition souple à l'hydrogène utilisant des technologies et infrastructures disponibles. Il s'agissait de tester sur site réel ce nouveau carburant propre et d'en évaluer l'intérêt technique et économique.

Les moteurs des deux bus GNV participant au test ont été légèrement modifiés. L'expérimentation a montré que l'hydrogène améliore la combustion du gaz naturel, ce qui permet d'atteindre de meilleures performances techniques et de réduire les émissions de gaz à effet de serre (diminution d'environ 8% par rapport au GNV) et les émissions de polluants locaux. L'utilisation du mélange gaz / hydrogène a permis au final de réduire la consommation énergétique et a apporté un agrément de conduite reconnu par les conducteurs de bus.

L'installation d'une station hydrogène sur le site de la station GNV a été nécessaire. L'hydrogène est produit directement sur site par un électrolyseur qui décompose l'eau en oxygène. L'hydrogène est ensuite stocké et comprimé sur place avant d'être mélangé au gaz naturel présent sur le site. Une borne de distribution spéciale a été installée pour permettre le remplissage des réservoirs des bus.

# A1 : Sous-axe Conducteur

A1 COND FA 1 : Mise en place d'un programme éco-conduite .....	212
Solution 1 : Première formation à l'éco-conduite.....	217
Solution 2 : Formations régulières à l'éco-conduite .....	221
Solution 3 : Système de management de la performance éco-conduite.....	224
A1 COND FA 2 : Gestes économes et bonnes pratiques .....	229
Solution 1 : Sensibilisation aux bonnes pratiques d'éco-conduite.....	232
Solution 2 : Sensibilisation aux bonnes pratiques spécifiques au transport sous température dirigée .....	234
A1 COND FA Autres .....	236

# A1 COND FA 1 : Mise en place d'un programme éco-conduite

## Synthèse


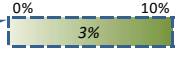



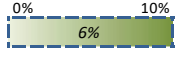







### 1. Description de l'action

L'objectif principal d'un programme d'éco-conduite est de modifier les comportements des conducteurs afin qu'ils adoptent de manière pérenne une conduite économe en carburant. Plusieurs degrés peuvent être envisagés dans un programme éco-conduite : un premier apprentissage des principes de l'éco-conduite (**première formation**), la mise à jour régulière de cette formation (**formations régulières**), et enfin l'intégration d'objectifs de conduite économe dans le système de management des conducteurs (**système de management éco-conduite**).

### 2. Domaine de pertinence

Cette action est destinée à l'ensemble des conducteurs routiers.

### 3. Gains CO<sub>2</sub>

Solutions	Gains CO <sub>2</sub>	Retour sur investissement	Faisabilité	Domaine de pertinence
<b>Première formation à l'éco-conduite</b>  <small>TRA-SE-101 TRA-SE-102</small>				
Suivi d'une formation éco-conduite constituant le point de départ du programme « éco-conduite »				
<b>Formations régulières à l'éco-conduite</b>				
Suivi de séances de formations de rappel et actions de sensibilisation afin de conserver les gains acquis				
<b>Système de management de la performance éco-conduite</b>				
Mise en place d'un système de management afin de faire vivre le programme « éco-conduite » dans la durée et de maintenir les gains sur la consommation dans le temps				

#### 4. Gains PA

Solutions	Gains NOx	Gains PM	Gains COV	Domaine de pertinence
<b>Première formation à l'éco-conduite</b>	+	+	+	VUL PP GP ER
Suivi d'une formation éco-conduite constituant le point de départ du programme « éco-conduite »				
<b>Formations régulières à l'éco-conduite</b>	+++	+	+	VUL PP GP ER
Suivi de séances de formations de rappel et actions de sensibilisation afin de conserver les gains acquis				
<b>Système de management de la performance éco-conduite</b>	+++	+	+++	VUL PP GP ER
Mise en place d'un système de management afin de faire vivre le programme « éco-conduite » dans la durée et de maintenir les gains sur la consommation dans le temps				

#### 5. Fiches complémentaires

/

## Contexte et réglementation

### Les formations obligatoires

Depuis 1995, les conducteurs du transport routier public de marchandises sont soumis à des obligations de formation visant à développer la qualité, la sécurité et les conditions de travail. Le décret du 8 novembre 2004 a étendu ce dispositif aux conducteurs salariés des entreprises exerçant des transports privés de marchandises quel que soit leur secteur d'activité.

Si la réglementation française n'impose pas, à proprement parler, de formations à l'éco-conduite, ces notions sont en partie incluses au sein des formations obligatoires, notamment la Formation Continue Obligatoire (FCO).

A titre de rappel, il existe deux types de formations obligatoires :

- La Formation Initiale Minimum Obligatoire (FIMO) qui concerne tout salarié occupant pour la première fois un emploi de conducteur routier ou affecté à la conduite d'un véhicule de plus de 7,5 tonnes de PTAC. La FIMO comporte 140 heures de formation.
- La Formation Continue Obligatoire (FCO) qui concerne tout salarié occupant un emploi de conducteur routier ou affecté à la conduite d'un véhicule de plus de 3,5 tonnes de PTAC. Cette formation doit être renouvelée tous les cinq ans. Depuis le 10 septembre 2008, date d'application de la Directive européenne 2003/59/CE du 15 juillet 2003, la FCO est passée de 3 à 5 jours. Cette directive a été transposée en droit français par le Décret 2007-1340 du 11 septembre 2007 « relatif à la qualification initiale et continue », et le contenu de la formation a été précisé dans l'arrêté du 3 janvier 2008. Le premier des quatre thèmes abordés dans la FCO concerne le « Perfectionnement à la conduite rationnelle axée sur les règles de sécurité » d'une durée de 11 h dont 6 h consacrées au perfectionnement de la conduite. Il aborde les points suivants :
  - o La prise en compte des caractéristiques techniques du véhicule ;
  - o Le perfectionnement à une conduite sûre et économique, les possibilités de l'informatique embarquée, l'optimisation de la consommation du carburant ;
  - o Le chargement, l'arrimage, le respect des consignes, la bonne utilisation du véhicule ;
  - o L'application pratique de la conduite en situation normale comme en situation difficile.

Si le sujet de l'éco-conduite peut être abordé au sein de la FCO (dans un format réglementé et le plus souvent dans un format de formation inter-entreprises, c'est-à-dire non adapté aux spécificités de chaque entreprise), cette FCO ne respecte pas forcément les conditions d'une formation éco-conduite telle que définie dans la solution n°1 (formation à l'éco-conduite).

En outre, les véhicules utilitaires légers ne sont pas concernés par la FCO.

**Des formations spécifiques « éco-conduite »** sont proposées pour s'adapter aux besoins des entreprises de transport, le plus souvent en format intra-entreprise.

Deux fiches CEE existent pour la formation à l'éco-conduite (CEE n°TRA-SE-101 & 102), correspondant aux poids lourds et aux véhicules utilitaires légers : le calcul du gain associé est basé sur un gain de 3% la première année qui suit la formation et de 0% les années suivantes (sauf si le conducteur assiste à une formation de rappel).

Le guide de l'ADEME (2014) sur la labellisation des formations à l'éco-conduite en Aquitaine préconise les six phases (avec durée minimale) suivantes pour la formation :

- Un audit de conduite libre du stagiaire sur route (voie publique) d'une durée de 30 mn qui permet d'analyser sa conduite et sa consommation ;
- Des cours théoriques d'une durée de 2h (cf. détails ci-dessous) ;
- Une démonstration éco-conduite de 30 mn réalisée par le formateur sur route ;



- Une conduite guidée éco-conduite réalisée par le stagiaire avec le formateur d'une durée de 30 mn ;
- Une conduite autonome effectuée par le stagiaire sur route (voie publique) d'une durée de 30 mn qui permet d'analyser son éco-conduite et sa nouvelle consommation ;
- L'analyse et la conclusion compareront les résultats de la conduite libre et de la conduite autonome du stagiaire (durée 10 mn).

Le corpus théorique devra aborder à minima les sujets suivants :

- L'éco-conduite et ses enjeux ;
- Les techniques de l'éco-conduite : démarrage, changements de vitesse, accélérations, ralentissement/freinage, distances de sécurité, vitesse stable, anticipation, conduite hors et en agglomération, virages et montagne ;
- L'aérodynamisme et le chargement, les risques routiers ;
- Les caractéristiques techniques des moteurs modernes ;
- La présentation des autres paramètres technologiques : boîte de vitesses, pneumatiques, climatisation, moteur en marche à l'arrêt ;
- Le perfectionnement de la conduite : les points à vérifier avant le départ, les contrôles périodiques, les aides à l'éco-conduite.

### Statut et formation spécifique des conducteurs livreurs en milieu urbain

A ce jour, aucune formation obligatoire n'existe pour les chauffeurs livreurs conduisant avec le permis B (à noter qu'il existe cependant un « titre professionnel Conducteur livreur sur véhicule utilitaire léger »). Or on observe une forte demande de la profession du transport de marchandises en ville pour disposer de formations spécifiques, ainsi que d'un « statut et d'une formation des livreurs » qui définirait les règles à respecter et les prérequis de la livraison urbaine, avec une prise d'engagements des conducteurs sur différents thèmes de la conduite en ville (les divers usagers sur les routes, comment s'adapter aux autres usagers....) et sur la réglementation spécifique aux livraisons (utilisation de la route, couloirs de circulation, stationnements, déchargements...).

Pour pallier ce manque, certaines entreprises de transport par VUL ont pris l'initiative de mettre en place en interne un diplôme de chauffeur-livreur, généralement en coopération avec un organisme de formation. Ces diplômes, souvent reconnus par l'Etat, permettent d'améliorer la considération portée par les clients aux chauffeurs de l'entreprise.

Même si la formation spécifique des conducteurs livreurs en milieu urbain ne concerne pas l'éco-conduite à proprement parler, elle constituerait un élément de sensibilisation important, dont l'entreprise et le conducteur pourraient retirer de multiples bénéfices : diminution de la conduite agressive, partage de la route avec d'autres usagers en milieu urbain, gestion du stress au volant, gestion des situations à risque. En outre, la mise en œuvre d'un statut des chauffeurs-livreurs (au plan régional, voire au plan national) permettrait d'homogénéiser la situation.

Les collectivités, l'Etat et les organisations professionnelles ont un rôle décisif dans le processus d'élaboration d'un tel statut et des conditions de formation nécessaires à l'acquisition de ce statut.

D'une durée d'environ une semaine, la formation initiale des conducteurs de véhicules utilitaires légers ( $\leq 3,5$  t de PTAC) s'articulerait autour de 3 thèmes<sup>96</sup> :

- Acquérir les connaissances spécifiques du métier de conducteur de véhicules utilitaires légers ;
- Appliquer les bases d'une conduite axée sur les règles de sécurité et la conduite rationnelle ;
- Adopter un comportement professionnel en phase avec son environnement.

Le tableau ci-dessous indique la répartition des thèmes de cette formation (pour une durée totale de 35 heures).

Thèmes	Durée
--------	-------

96 SOURCE : AFTRAL.



Accueil et présentation de la formation	1 h 00
Perfectionnement à la conduite rationnelle axée sur les règles de sécurité	13 h 00
Application des réglementations	10 h 30
Santé, sécurité routière et sécurité environnementale	7 h 00
Service, logistique	2 h 00
Evaluation des acquis et synthèse du stage	1 h 30

## Solution 1 : Première formation à l'éco-conduite

### 1. Principes

La première formation à l'éco-conduite constitue la première étape de la mise en place d'un programme éco-conduite. **Elle s'inscrit dans le cadre d'une démarche volontaire de l'entreprise (hors formations obligatoires FCO ou FIMO).**

Une formation à l'éco-conduite est constituée d'une partie théorique (en salle) et d'une partie pratique (conduite du véhicule). Elle doit nécessairement prendre en compte les aspects suivants :

**La partie théorique** consiste à sensibiliser les conducteurs sur les enjeux de l'éco-conduite et sur les moyens d'adopter une conduite économe. Les thèmes abordés doivent être les suivants :

- Rappel des enjeux : CO<sub>2</sub> et transport, part du coût carburant dans la structure de coût d'un transporteur, ...
- Présentation des caractéristiques techniques des moteurs modernes : rappel du principe de fonctionnement d'un moteur : couple, puissance, consommation spécifique, circuit d'alimentation, norme Euro...
- Présentation des autres paramètres technologiques des véhicules : boîte de vitesses et transmission, aérodynamisme, pneumatiques, ...
- Présentation des moyens disponibles pour limiter la consommation : gestion de la boîte, gestion de l'accélération, pratiques d'anticipation, état du véhicule, utilisation du chauffage et de la climatisation, limitation de l'usage du moteur à l'arrêt, ...

**La partie pratique** de la formation est typiquement construite autour de 4 phases distinctes :

- Une première phase d'**observation du mode de conduite du conducteur** par un formateur expérimenté, accompagnée éventuellement de l'enregistrement des paramètres de conduite (relevé du temps, de la consommation, des données relatives au moteur et au freinage...) sur un parcours défini ;
- Une deuxième phase d'**étude du comportement** que doit avoir le conducteur dans l'exercice de son métier : modifications à apporter dans les attitudes constatées, communication des informations techniques indispensables pour que le conducteur prenne conscience de la logique des modifications de comportement de conduite à apporter ;
- Une troisième phase de **conduite commentée sur le même parcours que celui de la conduite libre** pour une mise en pratique des techniques étudiées.
- Une dernière phase de mise en valeur des gains réalisés

Ce volet pratique permet au conducteur de constater de manière très concrète les effets réels de l'éco-conduite sur la consommation. Il peut aussi être renforcé par l'utilisation de modules de calculs qui enregistrent les paramètres de consommation et mettre en valeur la comparaison des consommations avant/après application des principes d'éco-conduite. Il est néanmoins important de focaliser l'attention du conducteur sur les équipements qu'il retrouvera dans sa conduite quotidienne et sur lesquels il devra agir.

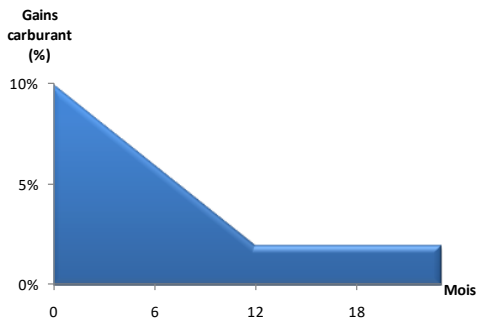
### 2. Impact sur la consommation de carburant et sur les émissions de GES

Le Projet BEET (Benchmarking Energy Efficiency in Transport) réalisé par l'AFT (en partenariat avec NEA et avec la collaboration de Renault Trucks) a permis d'évaluer les gains liés à la formation à l'éco-conduite dans le cas des poids lourds. Il a été constaté après formation une réduction moyenne de la consommation des poids lourds de 5,25 l/100 km. En prenant en compte l'atténuation des bénéfices de la formation dans le temps, le rapport BEET conclut sur une possible économie permanente de 3,5 à 4 l/100 km, à condition toutefois de suivre des formations régulières et périodiquement réactualisées. Cette économie représente environ 10% de réduction en prenant en compte une consommation moyenne de 35 l/100 km (correspondant à un ensemble routier de 40 t).

On peut considérer que le suivi d'une formation initiale à l'éco-conduite génère un gain initial significatif sur la consommation de carburant, compris entre 5% et 15% (moyenne de 10%) suivant le type d'activité.

Ce sont les activités pour lesquelles les conducteurs effectuent les changements de régime les plus fréquents (exemple : activité de travaux publics ou trajets urbains) qui ont le potentiel de gain le plus important.

Ces gains s'estompent quasi complètement (jusqu'à 80%) dans l'année qui suit la formation si aucune autre mesure complémentaire n'est prise (formation de rappel ou mise en place de management interne spécifique à l'éco-conduite).



Ainsi le gain moyen sur la première année est de 6% puis de 2% les années 2 et 3, soit une moyenne de 3% sur 3 années.

Dans le cas des véhicules utilitaires légers, la fiche CEE n° TRA-SE-102 intitulée « Formation d'un chauffeur de véhicule léger à la conduite économe » concerne les flottes captives. Pour obtenir la délivrance d'un certificat, la formation initiale, réalisée par l'entreprise agréée ou un organisme agréé, doit comporter une partie théorique portant sur le fonctionnement du moteur et les principes de la conduite économique (anticipation, juste sollicitation de la mécanique) ainsi qu'une partie pratique sur véhicule comprenant deux conduites comparées de la personne formée. S'il s'agit d'une formation en interne non issue d'un organisme agréé, il est nécessaire de faire valider par un organisme agréé interne ou externe, le contenu théorique et pratique de la formation réalisée.

En pratique, les gains associés à la formation à l'éco-conduite vont beaucoup dépendre de l'usage du véhicule (courses, tournées), de son entretien, de son âge et bien sûr du style de conduite du conducteur. Pour certains conducteurs ayant une conduite atypique et non rationnelle les gains peuvent s'élever jusqu'à 15%.

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gain moyen sur 3 ans (% de la consommation de carburant en l/100 km)
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	3%
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t	
Grand porteur	Régional	>12 t	
Ensemble routier	Longue Distance	40 t	

### 3. Impact sur les émissions de polluants atmosphériques

Une analyse des études sur le sujet<sup>97</sup> permet de déduire que l'éco-conduite a un impact positif sur la réduction des émissions de polluants.

<sup>97</sup> ADEME, Estimation des gains potentiels en émissions de polluants atmosphériques (PM, NOx, COV) des actions de la charte d'engagement volontaire « Objectif CO<sub>2</sub> Les transporteurs s'engagent », 2016.

Si l'impact est variable selon les véhicules et les conditions de parcours, on sait que les pics d'émissions ont lieu pendant les phases d'accélération du véhicule. Ainsi réduire l'agressivité de la conduite permet de limiter les émissions de NOx, de PM ainsi que de COV, dans des proportions variables selon les véhicules.

Les mesures pour les NOx et les COV indiquent plus d'une dizaine de % de gains.

Même si on ne dispose pas d'information précise de l'impact sur les émissions de PM, par analogie avec la mesure « A1 VEH FA 1 : Modernisation et ajustement du parc à son usage, Solution 2 : Choix d'une boîte de vitesse robotisée », qui agit sur le même processus de fonctionnement moteur que l'éco-conduite (c'est-à-dire des cycles plus courts et des accélérations moins fortes), on peut évaluer l'impact sur les émissions de PM à quelques % en moyenne.

Les différents niveaux de formation éco-conduite auront donc un impact différent également :

- Première formation à l'éco-conduite : impact faible (30% de l'impact fort)
- Formations régulières à l'éco-conduite : impact moyen (60% de l'impact fort)
- Système de management de la performance éco-conduite : impact fort (100% de la réduction)

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gain moyen sur 3 ans (% de réduction des émissions de polluants)		
			NOx	PM	COV
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	+	+	+
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t			
Grand porteur	Régional	>12 t			
Ensemble routier	Longue Distance	40 t			

#### 4. Impact sur les émissions sonores

La pratique de l'éco-conduite permet de limiter la pollution sonore des véhicules en limitant le régime moteur et donc le bruit occasionné par les hauts régimes moteurs.

#### 5. Domaine de pertinence

Cette solution est adaptée à l'ensemble des conducteurs routiers.

#### 6. Mise en œuvre

Préalablement à la formation, il est nécessaire de mettre en place un suivi de la consommation par conducteur afin de mesurer les gains effectifs suite à la formation.

De nombreux organismes de formation proposent des modules de formation à l'éco-conduite pour conducteurs de poids lourds. Ces formations font l'objet de formations spécifiques. Certaines sont organisées selon un format inter-entreprises. Dans ce cas elles se font sur le site du formateur et sur des véhicules-école. D'autres peuvent être organisées sous un format intra-entreprise, c'est-à-dire sur le site et avec les véhicules de l'entreprise, soit au plus proche des conditions d'exploitation du transporteur. Dans ce sens, on peut considérer que les formations spécifiques intra-entreprises sont plus efficaces que les formations inter-entreprises.

Le format de ces formations est la plupart du temps compris entre 1 jour et 1,5 jour, et le coût par journée est compris entre 300 et 500 € / jour et par stagiaire.

A noter que la plupart des constructeurs proposent également leurs propres formations pratiques (souvent gratuites) : au-delà de la prise en main à la livraison des véhicules neufs, un formateur de la marque revient quelques semaines après et accompagne le conducteur sur son parcours sur une demi-journée pour lui faire faire de l'éco-conduite sur son propre véhicule.

Les organismes de formation proposent aussi de former des moniteurs internes à l'entreprise. Disposer d'un ou plusieurs formateurs internes est particulièrement pertinent dans le cas où l'entreprise dispose d'une importante flotte de camions. Des entreprises peuvent également se regrouper pour financer un formateur qui interviendrait au sein de ces entreprises.

Enfin, pour maintenir un niveau de gain élevé, il est fortement recommandé d'aller au-delà d'une première formation (cf. solutions ci-après).

Avec les hypothèses de gain et de coût ci-dessus, cette solution a un retour sur investissement rapide (< 1 an) et l'on peut considérer que sa faisabilité est bonne : en effet, les offres de formation sont nombreuses et peuvent être rapidement mises en œuvre. En outre, les entreprises peuvent inclure ces formations dans leur plan de formation ; elles seront ainsi prises en charge pour tout ou partie (pour plus d'informations sur les modalités, se rapprocher de l'Opérateur de Compétences -OPCO- Mobilités).

## 7. Suivi de la solution

Indicateur de suivi de la solution :

- Pourcentage de conducteurs ayant reçu une première formation à l'éco-conduite.

Modalités pratiques de collecte des données :

- Exploiter le fichier de suivi des formations des conducteurs.

## Solution 2 : Formations régulières à l'éco-conduite

### 1. Principes

Etant donné la constatation de la rapide disparition des gains suite à la mise en place d'une formation simple sans suivi ultérieur, il est important d'entretenir régulièrement ces gains, notamment via des formations de rappel ainsi que par des séances de sensibilisation sur des thèmes spécifiques.

Les formateurs estiment que, en situation optimale, **une formation de rappel devrait intervenir tous les ans**. Pour plus d'efficacité, elle doit cibler prioritairement les conducteurs pour lesquels l'effet de la formation initiale à l'éco-conduite s'estompe le plus rapidement.

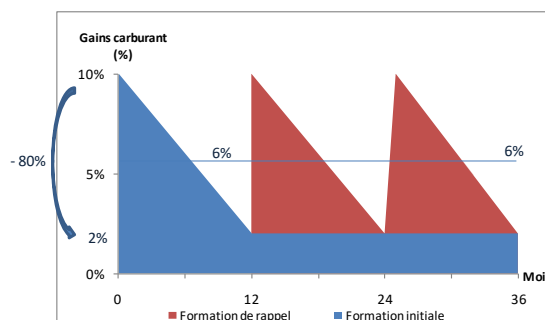
Il n'existe pas actuellement de programme « spécifique » pour ces formations de rappel, c'est-à-dire pour des conducteurs ayant déjà suivi une première formation à l'éco-conduite. Dans le cas d'entreprises ayant une flotte significative permettant de justifier la création d'un poste interne à ce sujet, la meilleure solution consiste certainement à assurer ces formations régulières par un formateur interne connaissant l'historique des conducteurs. Il peut ainsi moduler ses conseils en fonction des forces et des faiblesses de chaque conducteur.

Des modules « embarqués » d'aide à la conduite peuvent aussi être utilisés. Branchés sur le moteur, ils alertent le conducteur sur sa conduite et lui prodiguent un premier niveau de conseil (cf. A1 CARB FA 4 : Amélioration du suivi des consommations, Solution 2 : Télématique embarquée (consommation)). Ces systèmes ne remplacent évidemment pas l'assistance et l'expertise d'un formateur éco-conduite.

Au-delà des formations de rappel à l'éco-conduite, des **actions dédiées à la sensibilisation sur des thématiques spécifiques** (abordées lors des formations) peuvent être organisées tels que l'utilisation du moteur à l'arrêt, l'optimisation de l'usage de la climatisation, la vérification des pneumatiques, ... (cf. A1 COND FA 2 : Gestes économes et bonnes pratiques).

### 2. Impact sur la consommation de carburant et sur les émissions de GES

Comme pour la première formation à l'éco-conduite, le gain post-formation moyen de 10% s'estompe pendant l'année qui suit la formation. En renforçant les actions de sensibilisation (usages du moteur à l'arrêt et de la climatisation), on peut considérer que le suivi de formation régulière permet de maintenir un gain moyen de 6% sur 3 ans.



Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gain moyen sur 3 ans (% de la consommation de carburant en l/100 km)
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t	
Grand porteur	Régional	>12 t	
Ensemble routier	Longue Distance	40 t	6%

### 3. Impact sur les émissions de polluants atmosphériques

Une analyse des études sur le sujet<sup>98</sup> permet de déduire que l'éco-conduite a un impact positif sur la réduction des émissions de polluants.

Si l'impact est variable selon les véhicules et les conditions de parcours, on sait que les pics d'émissions ont lieu pendant les phases d'accélération du véhicule. Ainsi réduire l'agressivité de la conduite permet de limiter les émissions de NO<sub>x</sub>, de PM ainsi que de COV, dans des proportions variables selon les véhicules.

Les mesures pour les NO<sub>x</sub> et les COV indiquent plus d'une dizaine de % de gains.

Même si on ne dispose pas d'information précise de l'impact sur les émissions de PM, par analogie avec la Solution 2 : Choix d'une boîte de vitesse robotisée, qui agit sur le même processus de fonctionnement moteur que l'éco-conduite (c'est-à-dire des cycles plus courts et des accélérations moins fortes), on peut évaluer l'impact sur les émissions de PM à quelques % en moyenne.

Les différents niveaux de formation éco-conduite auront donc un impact différent également :

- Première formation à l'éco-conduite : impact faible (30% de l'impact fort)
- Formations régulières à l'éco-conduite : impact moyen (60% de l'impact fort)
- Système de management de la performance éco-conduite : impact fort (100% de la réduction)

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gain moyen sur 3 ans (% de réduction des émissions de polluants)		
			NO <sub>x</sub>	PM	COV
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	+++	+	+
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t			
Grand porteur	Régional	>12 t			
Ensemble routier	Longue Distance	40 t			

### 4. Impact sur les émissions sonores

La pratique de l'éco-conduite permet de limiter la pollution sonore des véhicules en limitant le régime moteur et donc le bruit occasionné par les hauts régimes moteurs

### 5. Domaine de pertinence

Les formations de rappel sont principalement destinées aux conducteurs ayant suivi une première formation à l'éco-conduite et dont le suivi régulier des consommations montre une forte dégradation des gains initiaux. Des séances de sensibilisation spécifique peuvent être organisées pour l'ensemble des conducteurs.

### 6. Mise en œuvre

Plus encore que pour la première formation, la mise en place d'un suivi précis de la consommation par véhicule et par conducteur est indispensable pour mettre en place ce dispositif de formation régulière, afin d'adapter l'offre de formation au besoin de chaque conducteur.

<sup>98</sup> ADEME, Estimation des gains potentiels en émissions de polluants atmosphériques (PM, NO<sub>x</sub>, COV) des actions de la charte d'engagement volontaire « Objectif CO<sub>2</sub> Les transporteurs s'engagent », 2016.



Les organismes proposant une première formation à l'éco-conduite proposent aussi des modules de rappel. Le coût de cette formation est identique à la première formation. Comme indiqué précédemment, c'est par la mise en place d'un formateur interne que ce dispositif peut être le plus efficace.

Au-delà de la conduite, les conducteurs doivent être sensibilisés à l'adoption de mesures telles que la limitation de l'usage du moteur à l'arrêt et l'optimisation de l'usage de la climatisation. Ces thématiques sont en effet souvent marginalisées, voire oubliées lors des formations, alors qu'elles ont un potentiel de gains très importants.

Avec les hypothèses de gain et de coût ci-dessus, cette solution a un retour sur Investissement rapide. Sa faisabilité peut être considérée comme intermédiaire, car elle nécessite de mettre en place une organisation spécifique dans l'entreprise (suivi précis des consommations et éventuellement internalisation de la formation).

De même que pour la première formation à l'éco-conduite, les entreprises peuvent inclure ces formations de rappel dans leur plan de formation. Elles seront ainsi prises en charge pour tout ou partie (pour plus d'information et connaître les modalités, se rapprocher de l'Opérateur de Compétences -OPCO- Mobilités).

## 7. Suivi de la solution

Indicateur de suivi de la solution :

- Pourcentage de conducteurs ayant suivi des formations de rappel et assisté à des séances de sensibilisation spécifiques.

Modalités pratiques de collecte des données :

- Exploiter le fichier de suivi des formations des conducteurs.

## Solution 3 : Système de management de la performance éco-conduite

### 1. Principes

Pour pérenniser les gains réalisés grâce à l'éco-conduite, il est nécessaire d'aller au-delà d'un dispositif de formation et de sensibilisation. Pour modifier durablement les comportements des conducteurs, le management de l'entreprise doit pouvoir intégrer ce principe dans son système de fonctionnement afin que les objectifs de l'éco-conduite ne soient pas en conflit avec d'autres objectifs du conducteur (niveaux de service ou délais), mais au contraire soient favorisés par d'autres paramètres tels que la valorisation générale du conducteur au sein de l'entreprise et sa rémunération financière.

Différentes solutions incitatives sont possibles pour intégrer l'éco-conduite dans le management de l'entreprise, la liste ci-dessous n'étant pas exhaustive :

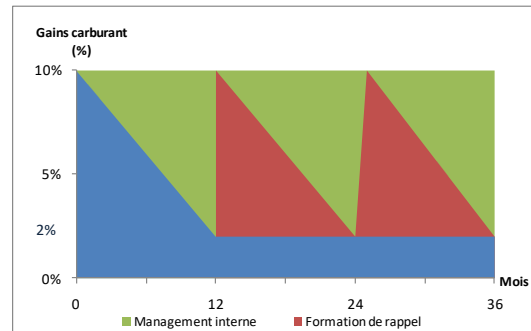
- Une revue hebdomadaire et mensuelle de la consommation des chauffeurs, avec discussion individuelle si une dérive est constatée ;
- Un système d'affichage collectif de la courbe d'évolution moyenne de la consommation de l'entreprise et par chauffeur peut être instauré ;
- La mise en place d'objectifs individuels de réduction de consommation, avec la définition si besoin d'un programme personnalisé pour aider le chauffeur (formation(s) supplémentaire(s), équipement(s), ...) ;
- La mise en place d'un objectif global de réduction pour l'entreprise ;
- L'organisation d'un challenge éco-conduite entre les conducteurs et/ou les agences afin de favoriser l'émulation :
  - o définition d'objectifs par catégorie (véhicule x activité) ;
  - o publication des résultats par chauffeur sur une base trimestrielle ;
  - o récompense annuelle des chauffeurs les mieux placés par catégorie ;
- La mise en place de primes financières par conducteur en fonction de leur « performance », ou d'un contrat d'intéressement des salariés, avec des objectifs différenciés sur deux groupes : les chauffeurs et le personnel sédentaire. Le calcul de l'intéressement, pouvant aller jusqu'à un mois de salaire supplémentaire, pourra par exemple s'appuyer sur 3 critères de performance : la consommation de gazole, la sinistralité du véhicule (moins de 4 constats amiables responsables dans l'année) et la propreté intérieure et extérieure du véhicule.

Le système d'ancrage des connaissances qui consiste à lutter contre le phénomène d'obsolescence des connaissances en créant un lien entre l'événement de formation/de sensibilisation et le poste de travail, peut également permettre de pérenniser les gains réalisés grâce à l'éco-conduite. Dans ce contexte, le conducteur ne reçoit pas une piqûre de rappel après avoir commencé à oublier... mais avant. Cette répétition de l'information sur le lieu de travail (après 3 ou 4 itérations, l'information est durablement intégrée par l'apprenant) optimise l'ancrage des connaissances : répétition sans impact significatif sur le temps de travail (solutions « en ligne » pendant des durées très courtes et à fréquence rapprochée), répétition « variée » (présentation d'un même sujet sous des angles différents), répétition personnalisée (passage d'une thématique à une autre en fonction du taux de rétention de l'apprenant) et répétition pérennisée (lorsque l'apprenant se connecte il gagne un ou plusieurs points d'assiduité, quand il répond correctement il gagne des points de connaissance, points qui sont ensuite concrétisés).

## 2. Impact sur la consommation de carburant et sur les émissions de GES

Mettre en place un système de management de l'éco-conduite permet de prolonger les effets de la formation dans la durée et ainsi de maintenir les gains sur la consommation.

On peut ainsi atteindre un gain pérenne d'environ 10% en moyenne sur l'année.



Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gain moyen sur 3 ans (% de la consommation de carburant en l/100 km)
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	10%
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t	
Grand porteur	Régional	>12 t	
Ensemble routier	Longue Distance	40 t	

## 3. Impact sur les émissions de polluants atmosphériques

Une analyse des études sur le sujet<sup>99</sup> permet de déduire que l'éco-conduite a un impact positif sur la réduction des émissions de polluants.

Si l'impact est variable selon les véhicules et les conditions de parcours, on sait que les pics d'émissions ont lieu pendant les phases d'accélération du véhicule. Ainsi réduire l'agressivité de la conduite permet de limiter les émissions de NO<sub>x</sub>, de PM ainsi que de COV, dans des proportions variables selon les véhicules.

Les mesures pour les NO<sub>x</sub> et les COV indiquent plus d'une dizaine de % de gains.

Même si on ne dispose pas d'information précise de l'impact sur les émissions de PM, par analogie avec la mesure « **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, Solution 2 : Choix d'une boîte de vitesse robotisée », qui agit sur le même processus de fonctionnement moteur que l'éco-conduite (c'est-à-dire des cycles plus courts et des accélérations moins fortes), on peut évaluer l'impact sur les émissions de PM à quelques % en moyenne.

Les différents niveaux de formation éco-conduite auront donc un impact différent également :

- Première formation à l'éco-conduite : impact faible (30% de l'impact fort)
- Formations régulières à l'éco-conduite : impact moyen (60% de l'impact fort)
- Système de management de la performance éco-conduite : impact fort (100% de la réduction)

<sup>99</sup> ADEME, Estimation des gains potentiels en émissions de polluants atmosphériques (PM, NO<sub>x</sub>, COV) des actions de la charte d'engagement volontaire « Objectif CO<sub>2</sub> Les transporteurs s'engagent », 2016.

Gabarit véhicule	Usage principal considéré	PTAC	Gain moyen sur 3 ans (% de réduction des émissions de polluants)		
			NOx	PM	COV
Véhicule utilitaire léger	Urbain	≤3,5 t	+++	+	+++
Petit porteur	Urbain	3,6-12 t			
Grand porteur	Régional	>12 t			
Ensemble routier	Longue Distance	40 t			

#### 4. Impact sur les émissions sonores

La pratique de l'éco-conduite permet de limiter la pollution sonore des véhicules en limitant le régime moteur et donc le bruit occasionné par les hauts régimes moteurs.

#### 5. Domaine de pertinence

Cette solution est destinée à l'ensemble des conducteurs routiers et des entreprises de transport.

#### 6. Mise en œuvre

Pour être la plus efficace possible, cette action doit être conduite en lien étroit avec la politique de ressources humaines et la direction générale de l'entreprise. Les systèmes de primes et/ou d'incitations envisagés doivent notamment être cohérents avec la politique générale de l'entreprise. Avec les hypothèses de gain et de coût ci-dessus, cette solution a un retour sur investissement rapide. Sa faisabilité peut être considérée comme intermédiaire à complexe car elle nécessite une attention continue du management ainsi que la mise en place d'un véritable projet d'entreprise autour de l'éco-conduite, mobilisant l'ensemble des salariés et impliquant la modification de nombreuses habitudes.

#### 7. Suivi de la solution

Indicateurs de suivi de la solution :

- Description du niveau de système de management éco-conduite mis en place dans l'entreprise ;
- Pourcentage des gains éco-conduite redistribués aux conducteurs (sous la forme de bonus).

Modalités pratiques de collecte des données :

- Fichier de suivi des conducteurs

## Fiche de synthèse des « Certificats d'Économies d'Énergie » relative à la formation d'un chauffeur à la conduite économe



Certificats d'économies d'énergie

Opération n° TRA-SE-101

### Formation d'un chauffeur de transport à la conduite économe

#### **1. Secteur d'application**

Transport routier professionnel pour les véhicules de catégories N2, N3, M2 ou M3 selon l'article R.311-1 du code de la route.

#### **2. Dénomination**

Formation d'un chauffeur de transport à la conduite économe.

#### **3. Conditions pour la délivrance de certificats**

La formation est réalisée sous la responsabilité d'un organisme de formation déclaré auprès des pouvoirs publics.

Cette formation comporte :

- une partie théorique portant sur le fonctionnement du moteur et les principes de la conduite économe (anticipation, juste sollicitation de la mécanique) ;
- une partie pratique sur véhicule comprenant deux conduites comparées de la personne formée.

La date d'engagement de l'opération est la date de début de la formation du chauffeur. La date d'achèvement de l'opération est la date de fin de la formation du chauffeur.

Le bénéficiaire est la personne morale employant la personne formée. Le professionnel est l'organisme de formation.

La preuve de réalisation de l'opération mentionne la réalisation d'une formation à la conduite économe, la référence de la formation dispensée, la période de réalisation de la ou des formations et le nombre de personnes formées par type de formation (transport de personnes ou de marchandises). La période de réalisation des formations ne peut excéder 6 mois.

Les documents spécifiques à l'opération sont :

- le descriptif des modules de la formation, identifiée par sa référence ;
- l'accusé de réception de la déclaration d'existence de l'organisme de formation délivré par la préfecture et valide pendant les périodes des formations concernées ;
- un état récapitulatif issu de l'organisme de formation ou de l'entreprise formant ses salariés à la conduite économe comprenant la liste des personnes formées et, pour chaque personne formée, le type de formation (véhicules destinés aux transports de marchandises de catégories N2 ou N3 ou véhicules destinés aux transports de personnes de catégories M2 ou M3), la référence de la formation, le nom et SIRET de l'établissement de rattachement de la personne formée et les dates de début et de fin de sa formation. Ces dates doivent être incluses dans la période de réalisation des formations indiquée sur la preuve de réalisation de l'opération.

- les formations initiales ou continues obligatoires des chauffeurs de transport effectuées dans le cadre du décret n°2007-1340 du 11 septembre 2007 relatif à la qualification initiale et à la formation continue des conducteurs de certains véhicules affectés aux transports routiers de marchandises ou de voyageurs.

#### **4. Durée de vie conventionnelle**

3 ans.

#### **5. Montant de certificats en kWh cumac**

Type de formation	kWh cumac par personne formée	X	Nombre de personnes formées N
Véhicules destinés au transport de marchandises de catégories N2 ou N3	12 400		
Véhicules destinés au transport de personnes de catégories M2 ou M3	9 100		

# Fiche de synthèse des « Certificats d'Économies d'Énergie » relative à la formation d'un chauffeur de véhicule léger à la conduite économe



Certificats d'économies d'énergie

Opération n° TRA-SE-102

## Formation d'un chauffeur de véhicule léger à la conduite économe

### 1. Secteur d'application

Flottes de véhicules de catégories M1 et N1 selon l'article R.311-1 du code de la route.

### 2. Dénomination

Formation d'un chauffeur à la conduite économe.

### 3. Conditions pour la délivrance de certificats

La formation est réalisée sous la responsabilité d'un organisme de formation déclaré auprès des pouvoirs publics. Cette formation comporte :

- une partie théorique portant sur le fonctionnement du moteur et les principes de la conduite économe (anticipation, juste sollicitation de la mécanique) ;
- une partie pratique sur véhicule comprenant deux conduites comparées de la personne formée.

La date d'engagement de l'opération est la date de début de la formation du chauffeur. La date d'achèvement de l'opération est la date de fin de la formation du chauffeur.

Le bénéficiaire est la personne morale employant la personne formée. Le professionnel est l'organisme de formation.

La preuve de réalisation de l'opération mentionne la réalisation d'une formation à la conduite économe, la référence de la formation dispensée, la période de réalisation de la ou des formations et le nombre de personnes formées par type de formation (transport de personnes ou de marchandises). La période de réalisation des formations ne peut excéder 6 mois.

Les documents spécifiques à l'opération sont :

- le descriptif des modules de la formation, identifiée par sa référence ;
- l'accusé de réception de la déclaration d'existence de l'organisme de formation délivré par la préfecture et valide pendant les périodes des formations concernées ;
- un état récapitulatif issu de l'organisme de formation ou de l'entreprise formant ses salariés à la conduite économe comprenant la liste des personnes formées et, pour chaque personne formée, le type de formation (véhicules de catégories N1 ou véhicules de catégories M1), la référence de la formation, le nom et SIRET de l'établissement de rattachement de la personne formée et les dates de début et de fin de sa formation. Ces dates doivent être incluses dans la période de réalisation des formations indiquée sur la preuve de réalisation de l'opération.

Les formations sur simulateurs sont exclues du périmètre d'éligibilité de la fiche.

### 4. Durée de vie conventionnelle

3 ans.

### 5. Montant de certificats en kWh cumac

Type de formation	kWh cumac par personne formée	X	Nombre de personnes formées
Véhicules de catégorie M1	2 900		N
Véhicules de catégorie N1	2 400		

# A1 COND FA 2 : Gestes économes et bonnes pratiques

## Synthèse

### 1. Description de l'action

Différentes bonnes pratiques peuvent être mises en œuvre par les conducteurs de véhicules, que ce soit pour un transport à température ambiante ou à température dirigée (qui ne sont ni du ressort de la conduite du véhicule, ni des solutions technologiques alternatives aux groupes froids classiques (A1 VEH FA 11) ou d'équipements spécifiques (A1 VEH FA 12).

En effet, il est judicieux de mettre en place au sein de l'entreprise un véritable programme de sensibilisation des conducteurs aux bonnes pratiques d'éco-conduite, notamment pour la bonne utilisation des groupes froids.

### 2. Domaine de pertinence

Cette action s'adresse à tous les conducteurs et à toutes les entreprises de transport.

### 3. Gains CO<sub>2</sub>

Solutions	Gains CO <sub>2</sub>	Retour sur investissement	Faisabilité	Domaine de pertinence
<b>Sensibilisation aux bonnes pratiques d'éco-conduite</b>	0% Variable 10%	>3 ans Variable <1 an	Difficile Facile	VUL PP GP ER
Sensibilisation des conducteurs aux enjeux associés à la conduite économe				
<b>Sensibilisation aux bonnes pratiques spécifiques au transport sous température dirigée</b>	0% Variable 10%	>3 ans Variable <1 an	Difficile Facile	VUL PP GP ER
Sensibilisation des conducteurs aux enjeux associés aux pertes de froid lors de l'ouverture des portes				

### 4. Gains PA

Les gains en émissions de polluants atmosphériques pour cette action n'ont pas été quantifiés en raison d'une trop grande incertitude.

### 5. Fiches complémentaires

En complément à cette sensibilisation, des équipements supplémentaires peuvent être mis en place, tels que des rideaux d'air, des rideaux à lanières ou des détecteurs de portes ouvertes. Ces équipements sont présentés dans la solution 1 de A1 VEH FA 12 : Température dirigée : équipements spécifiques et maintenance.

Un certain nombre de vérifications complémentaires relatives à la maintenance sont présentées dans la solution 2 de cette même fiche A1 VEH FA 12 : Température dirigée : équipements spécifiques et maintenance.

En outre, il est utile de rassembler l'ensemble des bonnes pratiques identifiées par l'entreprise dans un guide des gestes économes et des bonnes pratiques. L'élaboration d'un tel guide est d'autant plus pertinente que les gains associés aux différentes solutions peuvent être additionnés (les actions étant indépendantes).



## Contexte et réglementation

En parallèle ou à la place d'une formation spécifique à l'éco-conduite (cf. FA n°1 « Mise en place d'un programme d'éco-conduite »), une sensibilisation/information régulière en interne peut permettre de responsabiliser les conducteurs sur les avantages et les pratiques de l'éco-conduite. Au-delà de la conduite, cet aspect sensibilisation peut porter sur l'adoption de mesures telles que la limitation de l'usage du moteur à l'arrêt et l'optimisation de l'usage de la climatisation. Ces thématiques sont en effet souvent marginalisées, voire oubliées lors des formations, alors qu'elles ont un potentiel de gains très importants.

Concernant la température dirigée, les spécificités de ce secteur sont également rarement analysées lors des formations à l'éco-conduite. Il est alors utile pour une entreprise de ce secteur de mettre en place en interne des actions de sensibilisation ou de rappel des enjeux environnementaux et économiques associés au comportement du conducteur.

Le programme ECLER (<http://www.programme-ecler.fr/>), porté conjointement par Cemafruid, Hydroparts et visible.digital, qui concerne notamment la formation des conducteurs de la chaîne du froid, a été retenu dans le cadre du dispositif des certificats d'économie d'énergie. Ce programme se décline selon trois objectifs principaux :

- Formation de plus de 10 000 conducteurs livreurs (en intra ou inter entreprise) ;
- Marquage (QR code) sur les véhicules frigorifiques pour sensibiliser/rappeler les bonnes pratiques aux acteurs ;
- Equipement des camions frigorifiques d'outils digitaux pour croiser et rendre intelligentes les données digitales des hommes, moyens et systèmes d'information des acteurs de la chaîne logistique sous température dirigée.

## Solution 1 : Sensibilisation aux bonnes pratiques d'éco-conduite

### 1. Principes

Les bases théoriques et pratiques de l'éco-conduite peuvent être acquises lors d'une formation à l'éco-conduite. Néanmoins, le maintien des gains en termes d'économie de carburant nécessite un suivi régulier des performances des conducteurs (cf. A1 COND FA 1 : Mise en place d'un programme éco-conduite).

Au-delà de la conduite elle-même, certaines bonnes pratiques, rarement abordées lors des formations à l'éco-conduite, permettent également d'optimiser la consommation énergétique du véhicule, comme par exemple la limitation de l'usage du moteur à l'arrêt ou l'optimisation de l'usage de la climatisation.

Un plan de communication en interne à l'entreprise devra être mis en place à destination des conducteurs.

#### Optimisation de l'usage de la climatisation

L'utilisation de la climatisation dans les véhicules entraîne une augmentation des émissions des gaz à effet de serre pour deux raisons :

Le fonctionnement de la climatisation nécessite l'entraînement d'un compresseur par le moteur thermique du véhicule ce qui accroît la consommation de carburant de ce dernier (et donc les émissions de CO<sub>2</sub>) : certaines études<sup>100</sup> ont montré que l'utilisation d'une climatisation entraînait une surconsommation moyenne sur l'année comprise entre 1 l/100 km et 1,4 l/100 km

Les boucles de climatisation ne sont pas parfaitement étanches et les fluides frigorigènes utilisés, qui peuvent s'en échapper, sont de puissants gaz à effet de serre dont le Pouvoir de Réchauffement Global (PRG) est compris entre 1 000 et 3 000<sup>101</sup>.

Une simple sensibilisation peut être suffisante pour mettre en place cette action Elle pourra être formalisée par un guide interne ou intégrée à une séance de sensibilisation aux éco-gestes. Cette sensibilisation peut porter sur des gestes simples tels que :

Stationner à l'ombre quand c'est possible ;

Ouvrir les fenêtres pour évacuer la chaleur avant que la climatisation soit en marche ;

Fermer les fenêtres dès que la climatisation fonctionne ;

Ne pas dépasser 4 à 5 °C de différence entre l'extérieur et l'intérieur du véhicule climatisé ;

Eteindre la climatisation automatique tant qu'il ne fait pas trop chaud ;

Recycler l'air de l'habitacle par temps très chaud.

### 2. Impact sur la consommation de carburant et sur les émissions de GES

Les gains envisagés vont fortement dépendre des modalités de mise en œuvre de l'action : réunion et/ou affichage, fréquence, ...

On peut néanmoins estimer que les gains attendus se situeront au maximum entre 3 et 6% (gains liés à une formation régulière à l'éco-conduite) et seront à même de procurer des impacts indirects positifs (accidentologie, ...). Si cette action vient en complément de formations à l'éco-conduite, les gains

<sup>100</sup> Les groupes froids et la climatisation, ADEME, 2006

<sup>101</sup> Le Pouvoir de Réchauffement Global (PRG) représente l'impact sur le changement climatique du gaz à effet de serre comparativement à l'impact du CO<sub>2</sub>. Par exemple, un gaz à effet de serre ayant un PRG égal à 1 000 est un gaz qui aura 1 000 fois plus d'impacts que le CO<sub>2</sub>, c'est-à-dire que l'émission d'un kilogramme de ce gaz sera équivalente à l'émission d'une tonne de CO<sub>2</sub>.

attendus se situeront au maximum entre 6 et 10% (gains liés à un système de management de l'éco-conduite).

Il n'est ainsi pas possible de prévoir a priori les impacts de cette solution en termes de consommation ou d'émissions de CO<sub>2</sub>.

### 3. Impact sur les émissions de polluants atmosphériques

La mesure ayant un impact variable en fonction des paramètres pris en compte, il est difficilement envisageable de disposer d'information plus fiables et il n'est ainsi pas possible de prévoir les impacts de ces solutions en termes de consommation, d'émissions de CO<sub>2</sub> ou d'émissions des polluants atmosphériques.

### 4. Domaine de pertinence

Cette solution est applicable à tous les types de transport.

Elle est particulièrement adaptée aux entreprises n'ayant pas les budgets suffisants ou la disponibilité pour former régulièrement leurs conducteurs à l'éco-conduite ou déployer un formateur interne.

### 5. Mise en œuvre

Le plan de communication sur lequel l'entreprise va s'appuyer pourra comporter et mixer :

- Des réunions de sensibilisation/information en présentiel (fréquences variables et durée variable, on peut citer par exemple le « quart d'heure de l'environnement » qui permet d'aborder chaque semaine une thématique différente) ;
- Des campagnes d'affichage (print ou digital) avec la production de courtes notes ou de flyers visuels rappelant les principaux enjeux de la réduction des consommations de carburant et des émissions de CO<sub>2</sub> et présentant une ou plusieurs bonnes pratiques (le contenu rédactionnel va varier en fonction de la périodicité de diffusion : de 1 bonne pratique si affichage hebdomadaire à 3-4 bonnes pratiques si affichage trimestriel).

La compilation de ces bonnes pratiques dans un guide interne pourra également être utilisée pour l'accueil des nouveaux conducteurs.

Cette action peut être soit intégrée au programme de formation réalisé par un organisme extérieur, soit effectuée par une personne interne à l'entreprise.

L'action reste assez simple à mettre en œuvre même si elle nécessite de dégager des ressources humaines pour préparer les réunions et les supports de communication (même si la charge de travail associée reste faible). La faisabilité de cette action se situe donc entre facile et intermédiaire.

Compte tenu de la variabilité des gains associés à cette action (et des modalités différentes de mise en œuvre), le retour sur investissement de cette action sera analysé au cas par cas.

### 6. Suivi de la solution

Indicateur de suivi :

- Pourcentage de conducteurs sensibilisés à cette action

Modalités pratique de collecte des données :

- Suivi des réunions réalisées et des campagnes d'affichage

## Solution 2 : Sensibilisation aux bonnes pratiques spécifiques au transport sous température dirigée

### 1. Principes

L'ouverture fréquente et prolongée de la caisse lors des livraisons peut entraîner des pertes de froid importantes si aucune mesure n'est prise pour limiter ces pertes. Or pour maintenir les produits à la température désirée, il sera nécessaire de produire plus de froid à la suite de chaque fermeture. Plusieurs solutions peuvent être mises en œuvre afin de réduire ces pertes. Certaines sont en lien avec les habitudes de travail lors des opérations de chargement, mais aussi avec les conducteurs lors des opérations de livraison des produits.

Le premier levier de réduction sur lequel le conducteur peut agir consiste à limiter autant que possible les temps d'ouverture de la caisse afin de limiter les échanges d'air entre l'extérieur et l'intérieur. Dans cette optique, une solution consiste de former les conducteurs à l'optimisation du temps de chargement/déchargement. Par exemple, le fait d'organiser le chargement par client dans l'ordre inverse des livraisons (charger en dernier les produits à livrer en premier) facilitera l'accès et réduira ainsi le temps nécessaire à chaque déchargement, et donc la durée d'ouverture des portes.

Le deuxième levier consiste à arrêter le groupe frigorifique avant chaque ouverture de porte, afin d'éviter d'accélérer la pénétration d'air chaud dans la caisse. En effet, le groupe froid aspire l'air de l'intérieur de la caisse. Par conséquent, à chaque ouverture de porte, le phénomène de dépression induit une accélération de l'entrée d'air chaud.

### 2. Impact sur la consommation de carburant et sur les émissions de GES

Limiter les temps d'ouverture de la caisse permettra de limiter l'utilisation du groupe froid et réduira les consommations d'énergie associées. Le lien entre le temps de fonctionnement du groupe et le temps d'ouverture de la caisse dépendra de nombreux paramètres : différentiel entre température extérieure et intérieure, surface d'ouverture, présence d'accessoire de réduction des pertes de froid... Concernant l'arrêt du groupe frigorifique lors des livraisons, une étude comparative réalisée par le Cemafruid en 2018 a permis d'observer un gain sur la consommation énergétique du groupe frigorifique de 32% par rapport à un fonctionnement en continu. Là encore, les gains vont dépendre spécifiquement des technologies des groupes frigorifiques et du nombre d'arrêts.

Il n'est ainsi pas possible de prévoir les impacts de ces solutions en termes de consommation ou d'émissions de CO<sub>2</sub>. Toutefois, en suivant les consommations du groupe, il sera possible de suivre les réductions de consommations associées à cette action.

### 3. Impact sur les émissions de polluants atmosphériques

La mesure ayant un impact variable en fonction des paramètres pris en compte, il est difficilement envisageable de disposer d'information plus fiables et il n'est ainsi pas possible de prévoir les impacts de ces solutions en termes de consommation, d'émissions de CO<sub>2</sub> ou d'émissions des polluants atmosphériques.

### 4. Domaine de pertinence

Cette solution est applicable à tous les types de transport sous température dirigée.

## 5. Mise en œuvre

Cette sensibilisation peut être soit intégrée au programme de formation réalisé par un organisme extérieur<sup>102</sup>, soit effectuée par une personne interne à l'entreprise. Compte tenu de la variabilité des gains associés à cette action, le retour sur investissement de cette action sera analysé au cas par cas. En outre, hormis le fait d'inciter les conducteurs à modifier leur comportement, cette action sera assez simple à mettre en œuvre. La faisabilité de cette action se situe donc entre facile et intermédiaire.

## 6. Suivi de la solution

Indicateurs de suivi de la solution :

- Nombre de conducteurs sensibilisés à cette action ;
- Consommation du groupe froid avant et après la mise en place de cette action (l/h).

Modalités pratiques de collecte des données :

- Suivi des formations des conducteurs.

---

<sup>102</sup> Par exemple, le Cemafroid a développé le programme ECLER dans le cadre des certificats d'économie d'énergie qui consiste à former les conducteurs aux éco-gestes spécifiques de la chaîne du froid et à les sensibiliser aux économies d'énergie.

## A1 COND FA Autres

Cette page centralise d'autres solutions de réduction des émissions de CO<sub>2</sub>, en lien avec l'axe conducteur, présentant un aspect innovant ou de niche.

Cette fiche sera complétée au fur et à mesure des mises à jour de ce guide.

Autre action quantitative identifiée :

- **Equiperment d'aide à l'éco-conduite** : en lien avec la solution n°2 de la fiche A1 CARB FA 4 : Amélioration du suivi des consommations (télématique embarquée) et la solution n°1 de la fiche A1 COND FA 2 : Gestes économes et bonnes pratiques (sensibilisation aux bonnes pratiques d'éco-conduite)

Des appareils individuels d'aide à l'éco-conduite, très simples à utiliser, permettent au conducteur de disposer d'informations en temps réel sur sa consommation de carburant en fonction de son mode de conduite. L'appareil fournit des informations du type « vous freinez bien, vous tournez bien, un bouchon est signalé à tel endroit... ». Le conducteur peut également connaître son « score » d'éco-conduite. Ces appareils sont particulièrement utiles dans le cas des véhicules utilitaires légers car les accélérations sont prohibitives en carburant et le coefficient de pénétration dans l'air des véhicules est plutôt élevé.

Ce système permet facilement d'atteindre 10% de réduction de la consommation de carburant. Le coût est de l'ordre de 40 € par véhicule (portable de navigation, application développée en standard sur les téléphones mobiles).

Pour les conducteurs de véhicules utilitaires légers effectuant des trajets du type course ou tournée en milieu urbain, ces systèmes permettent de développer une conduite « apaisée » : amélioration de la conduite dans les virages, réduction de l'usure des pneus...

L'entreprise devra toutefois s'assurer de l'acceptabilité sociale de ce type de « tracking », qui fait parfois l'objet de réticences de la part des conducteurs.