Estimation des gains potentiels en émissions de polluants atmosphériques (PM, NOx, COV) des actions de la charte d'engagements volontaires « Objectif CO2 Les transporteurs s'engagent ».

Février 2015

Étude réalisée pour le compte de l'ADEME par : *le CITEPA et AJI-Europe*
N° de contrat : 1362C0018

Coordination technique ADEME:
BA Mohamedou – SEQA
Gérald LALEVEE - STM

ADEME
Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

RAPPORT FINAL

REMERCIEMENTS

Nous remercions les personnes suivantes qui, par leur contribution au pilotage de cette étude, en ont permis la réalisation :

Mohamedou BA (ADEME)
Gérald LALEVEE (ADEME)
Anne-Laure LEVY (MEDDE-DGITM)
Florie TERNOY (MEDDE-DGEC)
Benoit LEPESANT (ADEME)
JEAN YVES MARIE-ROSE (ADEME)
Denis BENITA (ADEME)
Eric SCHANG (ADEME)
Julie GABE (DREAL Lorraine)
Véronique MAZOYER (DREAL Lorraine)
Laurent GAGNEPAIN (ADEME)
Dominique LEPETIT (DREAL Haute-Normandie)
Roland MENETRIER (DREAL Lorraine)
Moussa BELOUASSA (DRIEE)

CITATION DE CE RAPPORT

Rapport ADEME, 2015. Estimation des gains potentiels en émissions de polluants atmosphériques (PM, NO_X, COV) des actions de la charte d'engagements volontaires « Objectif CO_2 Les transporteurs s'engagent » – Rapport final, ADEME, 92 p.

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par la caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

Any representation or reproduction of the contents herein, in whole or in part, without the consent of the author(s) or their assignees or successors, is illicit under the French Intellectual Property Code (article L 122-4) and constitutes an infringement of copyright subject to penal sanctions. Authorised copying (article 122-5) is restricted to copies or reproductions for private use by the copier alone, excluding collective or group use, and to short citations and analyses integrated into works of a critical, pedagogical or informational nature, subject to compliance with the stipulations of articles L 122-10 – L 122-12 incl. of the Intellectual Property Code as regards reproduction by reprographic means.

Résumé 7
1. PREMIERE PARTIE: Etude de faisabilité 9
1.1. Sources recensées 9
1.1.1. Types de véhicules concernés 9
1.1.2. Principaux pays impliqués dans la recherche et développement (R&D) 10
1.2. Principales méthodologies identifiées 10
1.3. Nature des impacts des actions de la Charte Objectif CO2 sur les émissions de polluants 13
1.4. Intensité des impacts des actions 16
1.5. Principales lacunes identifiées – Méthodologies alternatives pour combler les lacunes 19
1.5.1. Limites de l'analyse documentaire 20
1.5.2. Méthodologie alternative : analyse par analogie 20
1.5.2.1. Sélection des actions de référence 21
1.5.2.2. Synthèse de l'impact potentiel de chaque processus sur les émissions de polluants 23
1.5.2.3. Autres analogies entre processus 23
1.5.2.4. Synthèse, avec ajout des impacts déterminés par analogie 26
1.6. Hiérarchisation des actions par niveau d'impact sur les émissions de polluants 30
1.6.1. Catégorie 1 : Actions réduisant fortement les émissions de CO_2 et de polluants 31
1.6.2. Catégorie 2 : Actions réduisant les émissions de CO_2 et potentiellement de polluants 32
1.6.3. Catégorie 3 : Actions réduisant les émissions de CO_2 et faiblement de polluants 32
1.6.4. Catégorie 4 : Actions ayant un impact négatif ou variable sur les émissions de polluants 33
1.7. Autres actions à prendre en compte (hors actions de la Charte Objectif CO_2) 34
1.8. Effet de la combinaison de plusieurs actions 34
1.9. Enseignements du benchmark 35
1.9.1. Les Plans de Protection de l'Atmosphère 35
1.9.2. Les dispositifs européens 36
1.9.3. Les dispositifs mis en place dans certaines villes 36
1.9.4. SmartWay 37
1.10. Bilan des informations manquantes 39
1.11. Des axes de recherches à encourager 43
1.12. Conclusions 43
2. DEUXIEME PARTIE : Calcul de l'évolution des émissions de polluants de transporteurs routiers 45
2.1. Développement d'un outil d'évaluation des émissions d'une flotte 45

2.2. Analyse transversale des tests effectués auprès des transporteurs étudiés via l'outil 48
2.2.1. Les émissions de polluants 48
2.2.2. Les actions de la charte retenues par les transporteurs 49
Conclusion 52
3. ANNEXE : Détail des sources par action 53
Références bibliographiques 84
Sigles et acronymes 87

Tables des tableaux

TABLEAU 1 : TABLEAU CROISE DES IMPACTS POTENTIELS ACTIONS/PROCESSUS 14
TABLEAU 2 : LES IMPACTS SUR LES EMISSIONS DE POLLUANTS ASSOCIABLES AUX ACTIONS DE LA CHARTE OBJECTIF CO_2 17
TABLEAU 3 : ANALYSE DES ACTIONS AVEC SOURCES PERTINENTES 21
TABLEAU 4 : ANALYSE DES ACTIONS SUR DIRES D'EXPERTS 24
TABLEAU 5 : SYNTHESE DES IMPACTS DES ACTIONS DE LA CHARTE OBJECTIF CO2 SUR LES EMISSIONS DE POLLUANTS (ETUDES RECENSEES ET ANALOGIES) 27
TABLEAU 6 : ACTIONS FAVORISANT FORTEMENT LA REDUCTION DES EMISSIONS DE CO_2 ET DE POLLUANTS ATMOSPHERIQUES 31
TABLEAU 7 : ACTIONS FAVORISANT LA BAISSE DES EMISSIONS DE POLLUANTS DANS UNE MESURE PLUS INCERTAINE 32
TABLEAU 8 : ACTIONS FAVORISANT LEGEREMENT LA REDUCTION DES EMISSIONS DE POLLUANTS ATMOSPHERIQUES 32
TABLEAU 9 : ACTIONS AYANT UN IMPACT NEGATIF OU VARIABLE SUR LES EMISSIONS DE POLLUANTS 33
TABLEAU 10 : LES CRITERES DE LABELLISATION SMARTWAY DES VEHICULES 38
TABLEAU 11 : LES NORMES D'EMISSION AMERICAINE ET LA NOTE SUR LES POLLUANTS ASSOCIEE PAR SMARTWAY 38
TABLEAU 12 : BILAN DES INFORMATIONS DISPONIBLES ET DES LACUNES PAR ACTION DE LA CHARTE OBJECTIF CO2 40
TABLEAU 53 : EVOLUTION DES EMISSIONS DE POLLUANTS PAR KILOMETRE ENTRE 2012 ET 2013 DANS LES ENTREPRISES CONSIDEREES 48
TABLEAU 54 : EVOLUTION GLOBALE DES EMISSIONS DE POLLUANTS PAR T.KM ENTRE 2012 ET 2013 DANS LES ENTREPRISES CONSIDEREES 48
TABLEAU 55 : CLASSEMENT DES ACTIONS LES PLUS RETENUES PAR LES TRANSPORTEURS ETUDIES, PAR AXE 49

Table des illustrations

FIGURE 1 : PRINCIPE DE MESURE SUR BANC A ROULEAUX AVEC UN CVS (CONSTANT VOLUME SAMPLING) 11
FIGURE 2 : EXEMPLES DE CYCLES DE CONDUITES. CYCLE NEDC (EN HAUT A GAUCHE) ET LES DIFFERENTS CYCLES ARTEMIS. 11
FIGURE 3 : PRINCIPE DE MESURE SUR BANC A MOTEUR 12
FIGURE 4 : EXEMPLE DE CYCLE POUR LA MESURE DES VLE DES PL - EUROPEAN TRANSIENT CYCLE (ETC) 12
FIGURE 5 : PEMS INSTALLES SUR UNE VOITURE ET SUR UN VEHICULE LOURD. 13
FIGURE 6 : PRINCIPE DE CALCUL DES EMISSIONS PAR LES VUL 46
FIGURE 7 : PRINCIPE DE CALCUL DES EMISSIONS PAR LES PL, BUS ET CARS 47
FIGURE 8 : TYPE DE CALCUL DES EMISSIONS POUR LE TRM 47

Résumé

La Charte « Objectif CO_2 – Les transporteurs s'engagent » fournit aux entreprises de transport des outils en vue d'améliorer leur performance environnementale, en privilégiant la réduction des émissions de CO_2 liées à la consommation de carburant. La démarche repose sur plus d'une cinquantaine de solutions opérationnelles regroupées autour d'une vingtaine d'actions et de quatre axes (véhicule, carburant, conducteur et organisation des flux de transport). Ces solutions sont regroupées dans un document appelé « fiches actions » téléchargeable sur le site internet www.objectifco2.fr.

S'il apparaît très probable que l'engagement volontaire des entreprises dans la Charte Objectif CO_2 a des effets bénéfiques pour la qualité de l'air, l'estimation quantitative des gains en émissions de polluants n'est pourtant pas immédiate.

En effet, la variation des émissions de polluants (Particules, NO_X, COV, etc.) n'est pas proportionnelle à la variation des émissions de CO_2. Une déduction de l'impact des actions de la Charte Objectif CO_2 sur les émissions de polluants ne peut donc pas être effectuée à partir des seules indications d'évolution des émissions de CO_2.

L'ADEME a souhaité évaluer l'impact des actions de la « charte Objectif CO_2 » sur les émissions de principaux polluants et précurseurs de polluants atmosphériques (PM10, PM2,5, NOX, COV)

L'étude a été réalisée en deux temps :

La première partie a porté sur la faisabilité théorique de l'évaluation. Il s'agissait de trouver dans la littérature et auprès d'experts les relations potentielles entre les émissions de polluants (NOX, PM et COV) en lien avec chaque action de la Charte « Objectif CO2». La documentation disponible étant limitée et l'impact de l'ensemble des actions n'ayant pas été mesuré, il a été procédé à une analyse par analogie pour déduire les impacts attendus de chaque action. Cette première partie a permis l'élaboration d'une grille des impacts pour chaque action de la charte « Objectif CO2 » et pour chaque polluant considéré.

En deuxième partie d'étude, un outil de modélisation des émissions de polluants a été développé afin de déterminer les émissions de la flotte d'un transporteur sur une année donnée. Cet outil a été testé auprès de 10 entreprises de transport et les résultats ont été comparés avec les estimations théoriques. L'outil de modélisation a permis de confirmer les impacts estimés à partir de l'étude de faisabilité. La grille d'impact des émissions de polluants par action peut donc être utilisée pour appuyer la mise en avant d'une action ou d'une autre en fonction des objectifs de l'entreprise et du contexte dans lequel elle évolue.

Ce rapport compile les conclusions des rapports intermédiaires de chaque partie.

Abstract

The approach of the "Objectif CO_2" programme aims to provide tools to improve the environmental performance of transport, encouraging the reduction of CO_2 emissions related to fuel consumption. This approach is based on more than fifty operational measures clustered around twenty shares and four axes (vehicle technology, fuel, driver and transport organization). These measures are gathered in a document called « Fiches actions » downloadable on the web site www.objectifco2.fr.

If it appears very likely that the "Objectif CO_2" programme contributes to the reduction of CO_2 emissions, and thus must have beneficial effects for air quality, the quantitative estimation of the gain in pollutant emissions is not immediate.

Indeed, changes in pollutant emissions (PM, NO_x, VOC, etc.) is not proportional to the variation in CO_2 emissions. A deduction of the impact of the actions of the "Objectif CO_2" programme on pollutants emissions cannot therefore be made from the only indications of changes in CO_2 emissions.

This study is composed of two approaches :

In the first part, a feasibility study is performed. Based on literature study and experts contributions, the aim is to find the changes in pollutants emissions (NO_x, PM and VOCs) related to each action of the "Objectif CO_2" programme. The available literature is relatively limited and the impact of all actions has not yet been measured in terms of pollutants emissions. An analysis by analogy is so made to derive the expected impacts of each action. This first part of the study allows the development of a grid of impacts for each action of the "Objectif CO_2" programme and for each pollutant.

In the second part, a modeling tool of pollutants emissions for a fleet is developed to determine the emissions from a fleet of vehicles for a given year. This tool is then tested with a dozen transport companies. By a comparative analysis from the tool results and from the theoretical estimates from phase 1, a strong connection can be established between the two approaches. The phase 2 therefore confirms the estimated impacts in Phase 1. The grid of impacts by action can thus be used to support the highlighting of an action or another depending on the ADEME objectives.

This report compiles the conclusions of phase 1 and phase 2 reports.

1. PREMIERE PARTIE: Etude de faisabilité

La Charte « Objectif CO_2 – Les transporteurs s'engagent » fournit aux entreprises de transport des outils tendant à améliorer leur performance environnementale, en privilégiant la réduction des émissions de CO_2 liées à la consommation de carburant. La démarche repose sur plus d'une cinquantaine de solutions opérationnelles regroupées autour d'une vingtaine d'actions et de quatre axes (véhicule, carburant, conducteur et organisation des flux de transport). Ces solutions sont regroupées dans un document appelé « fiches actions » téléchargeable sur le site internet www.objectifco2.fr.

S'il apparaît très probable que l'engagement volontaire des entreprises dans la Charte Objectif CO_2 a des effets bénéfiques pour la qualité de l'air, l'estimation quantitative des gains en émissions de polluants n'est pourtant pas immédiate.
En effet, la variation des émissions de polluants (Particules, NO_X, COV, etc.) n'est pas proportionnelle à la variation des émissions de CO_2. Une déduction de l'impact des actions de la Charte Objectif CO_2 sur les émissions de polluants ne peut donc pas être effectuée à partir des seules indications d'évolution des émissions de CO_2.

Dans cette étude, l'ADEME a souhaité évaluer la faisabilité d'une estimation de l'impact des actions de la Charte Objectif CO_2 sur les émissions des principaux polluants précurseurs de polluants atmosphériques (PM_{10}, $PM_{2,5}$, NO_X, COV). A cette fin, la première étape, à laquelle ce rapport se réfère, a consisté en une étude théorique basée sur les différentes actions de la Charte Objectif CO_2. Les résultats de cette approche théorique seront ensuite été appliqués à quelques cas concrets choisis avec le concours de l'ADEME.
Cette partie présente l'étude bibliographique ainsi que le benchmark européen réalisés afin d'établir une méthodologie applicable aux transporteurs ayant adhéré à la Charte Objectif CO_2, pour estimer les émissions de polluants.

1.1. Sources recensées

L'étude bibliographique analyse les études effectuées dans différents pays et sur différents types de véhicules de transport routier. La pertinence de chaque document a été jugée sur trois critères : la proximité des conditions de l'expérimentation avec les conditions réelles du transport routier en France et en Europe (types de véhicules, pays), les conditions du test (route, banc à rouleau, banc moteur) et l'année de publication de l'étude.

1.1.1. Types de véhicules concernés

Les catégories de véhicules incluses dans la Charte d'engagements volontaires "*Objectif CO_2 : les transporteurs s'engagent*" sont les véhicules utilitaires légers (VUL, c'est à dire inférieurs à 3.5 t), les poids lourds (PL, c'est à dire supérieurs à 3.5 t) pour le transport de marchandises ainsi que les bus et cars (B&C) pour le transport de voyageurs.

Dans le cadre de cette étude, les études et publications qui abordent la problématique des émissions de polluants pour ces types de véhicules ont été recherchés. Il est à noter que dans beaucoup d'études les VUL sont considérés comme des voitures particulières

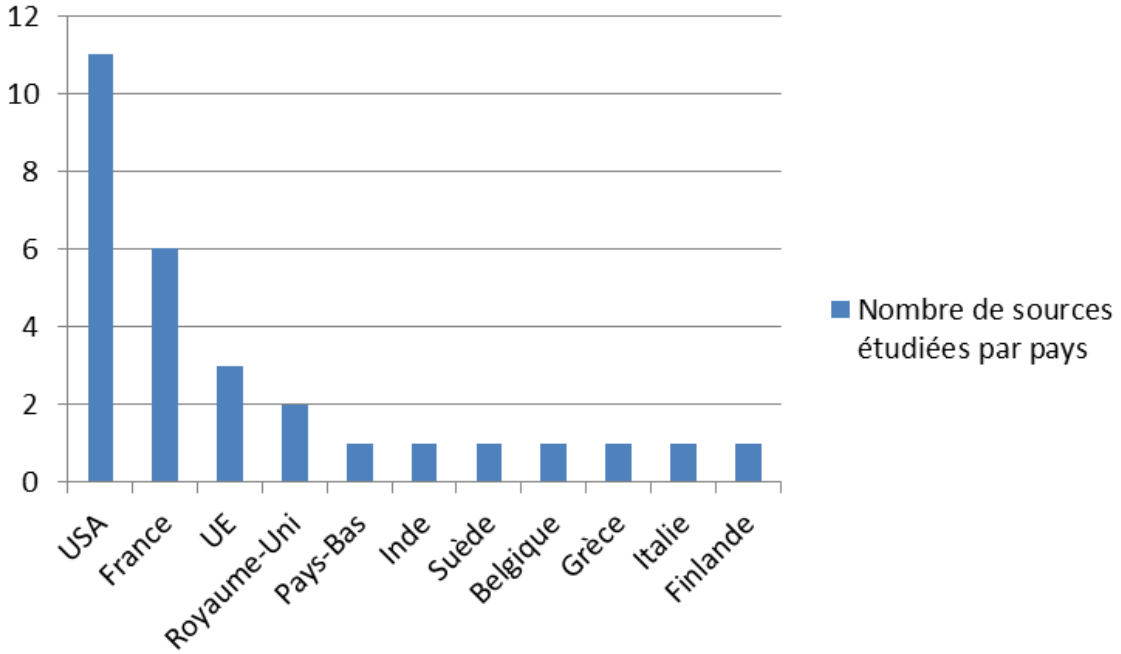
(VP). Il a été difficile de trouver des publications concernant uniquement les VUL (et plus particulièrement les plus gros).

Catégories de véhicules prises en compte :

- Véhicules Utilitaires Légers (VUL)
- Petits-porteurs
- Gros-porteurs
- Ensembles routiers
- Autocars
- Autobus

1.1.2. Principaux pays impliqués dans la recherche et développement (R&D)

Les pays principalement impliqués dans la R&D sur la question des liens entre actions d'optimisation des émissions de CO2 et émissions de polluants sont les Etats-Unis et les pays européens. Le graphique ci-dessous recense le nombre de sources analysées par pays pour cette étude.



Graphique 1 - Sources bibliographiques étudiées par pays

1.2. Principales méthodologies identifiées

Lors de la recherche bibliographique, plusieurs types de méthodologies ont été identifiés pour mesurer les émissions de polluants :

Pour les VUL, la plupart des mesures effectuées ont été réalisées sur un banc à rouleaux.

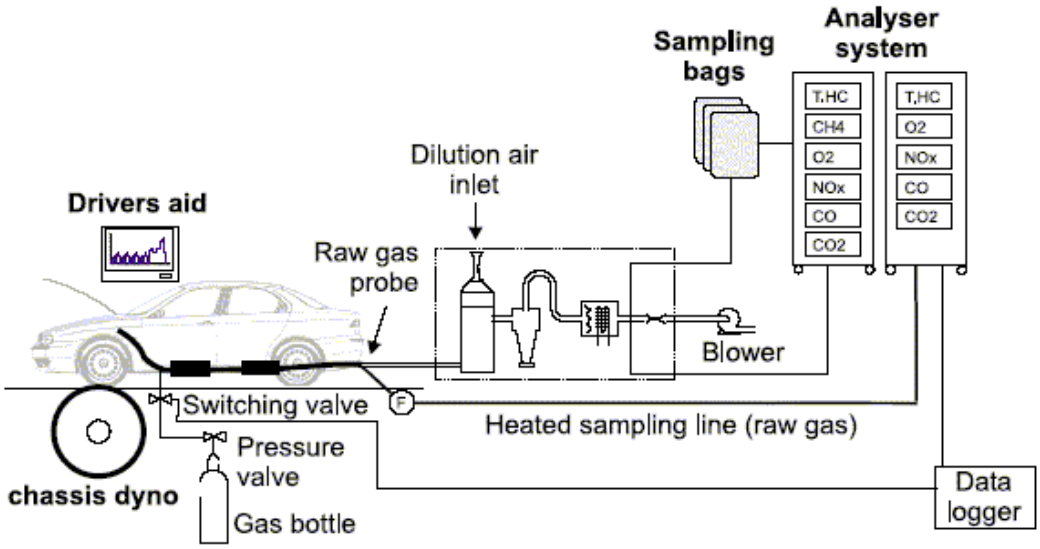


Figure 1 : Principe de mesure sur banc à rouleaux avec un CVS (Constant Volume Sampling**)**

Il s'agit de mesures effectuées en laboratoire. Le véhicule suit un cycle de conduite (NEDC, Artemis, etc.) et les émissions de polluants sont traitées soit en temps réel par les analyseurs, soit en post-traitement par l'analyse des sacs remplis lors du cycle. Les émissions sont exprimées en g/km.

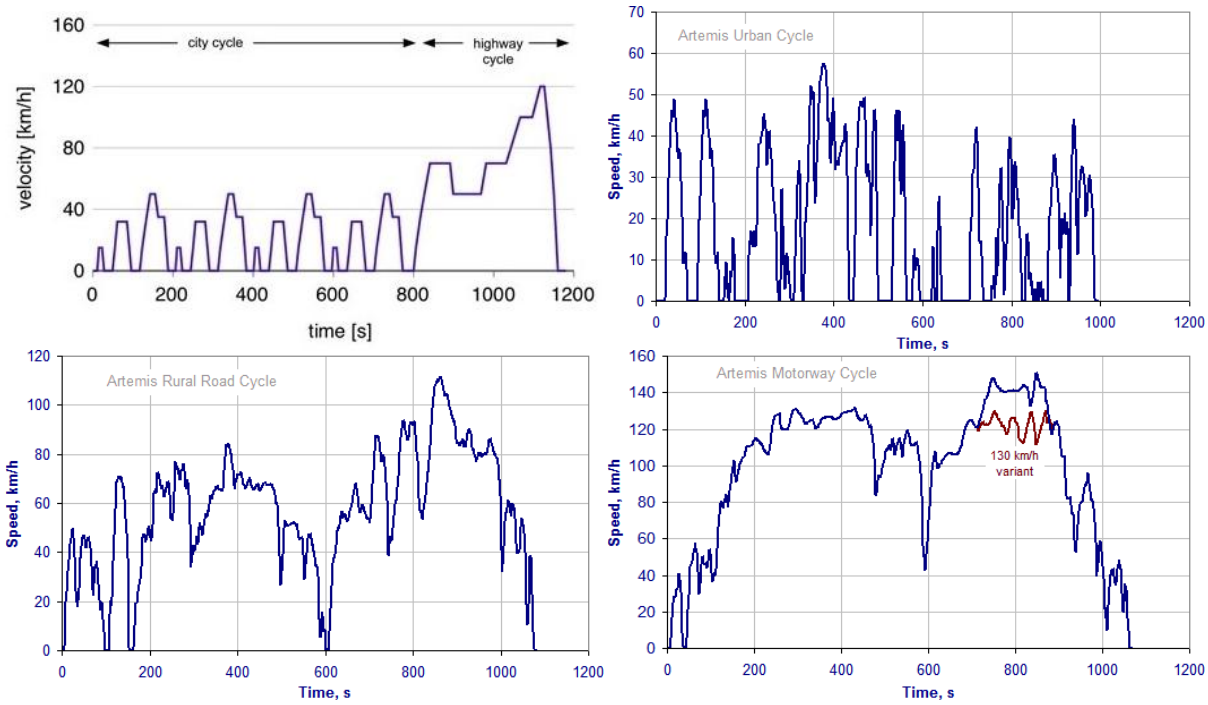


Figure 2 : Exemples de cycles de conduites. Cycle NEDC (en haut à gauche) et les différents cycles Artemis.

Pour les PL et les B&C, peu de laboratoires en Europe disposent d'un banc à rouleaux. Les émissions sont alors mesurées sur un banc à moteur. Le moteur subit une série de points de mesures couple/régime moteur. Les émissions sont exprimées en g/kWh.

Figure 3 : Principe de mesure sur banc à moteur

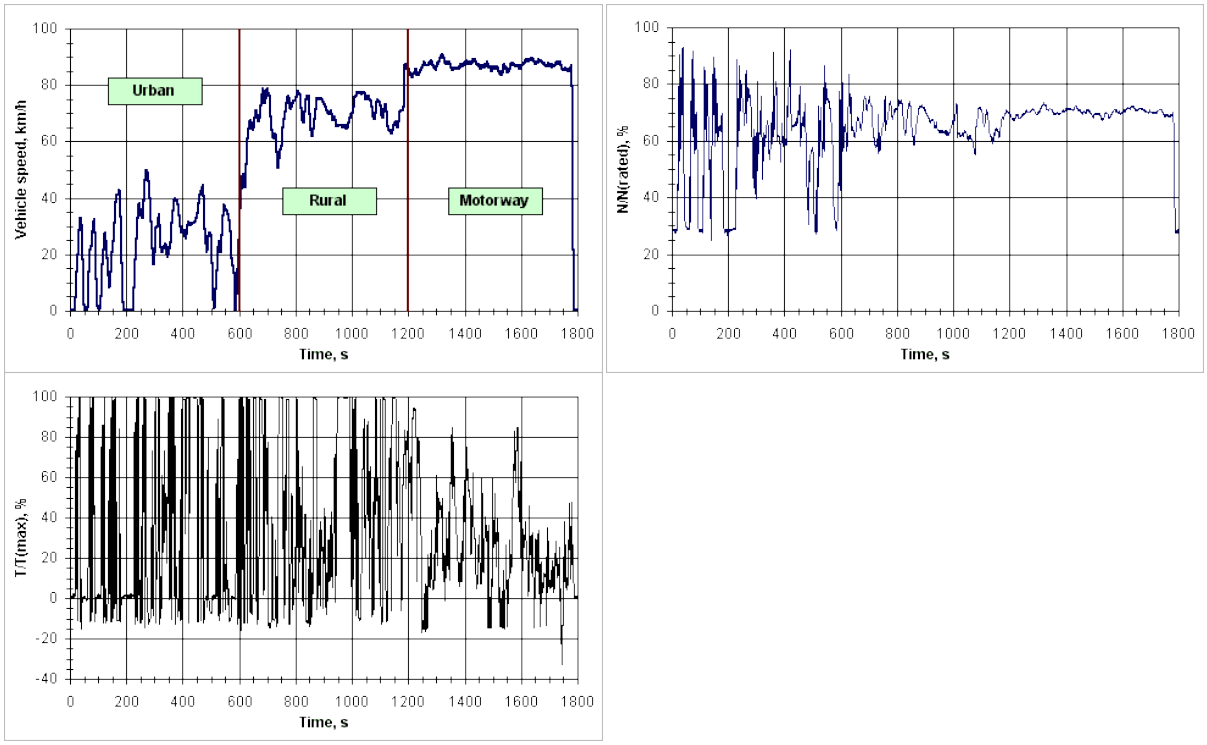


Figure 4 : Exemple de cycle pour la mesure des VLE des PL - European Transient Cycle (ETC)

Une troisième façon de mesurer les émissions est de réaliser celles-ci en situations réelles. Dans ce cas on utilise un PEMS (Portable Emissions Measurement System). Les émissions sont alors représentatives des conditions réelles d'utilisation du véhicule.

Figure 5 : PEMS installés sur une voiture et sur un véhicule lourd.

1.3. Nature des impacts des actions de la Charte Objectif CO2 sur les émissions de polluants

Toutes les actions ont un impact sur les émissions de polluants.

L'analyse montre qu'il est possible de regrouper les actions en catégories homogènes par rapport à la nature de leurs impacts sur les émissions de polluants, chaque catégorie correspondant à un processus spécifique. Par exemple :

- Des accélérations moins intenses (éco-conduite, etc.) ;
- Une meilleure adéquation entre la puissance et la vitesse (réduction de la vitesse, puissance du moteur plus élevée, boite robotisée, etc.) ;
- Une force de résistance au mouvement diminuée, soit du fait de facteurs liés à la configuration du véhicule (équipements aérodynamiques, gonflage des pneus, parallélisme…) soit du fait d'un meilleur rendement de la chaine cinématique (lubrifiants, rapport de pont, etc.) ;
- Un moteur qui tourne moins longtemps au ralenti (Start & stop, coupure automatique, etc.) ;
- Un carburant qui modifie les conditions de combustion (agrocarburant, etc.) ;
- Une charge tractée plus élevée (toutes les actions d'organisation logistique conduisant à une amélioration du taux de remplissage). Dans ce cas, il faut apprécier l'impact sur les émissions en g/t.km et non pas en g/km) ;
- Une modification radicale de la technologie utilisée pour le « véhicule » (véhicule électrique, report modal, etc.) ;
- Une modernisation du parc de véhicules.

Pour chacune de ces catégories d'actions, la relation entre les émissions de polluants et la consommation de carburant / émissions de CO_2 est analysée polluant par polluant. La différenciation entre les différents types de véhicules est rendue difficile par le manque d'informations disponibles. L'impact a été généralisé quand celui-ci est susceptible de pouvoir l'être.

Le tableau suivant reprend les actions de la Charte Objectif CO_2 et associe à chacune d'entre elles un (ou des) processus spécifique(s) sur lequel cette action agit. Les « * » indiquent que l'action a un impact sur le processus concerné, les « (*) » indiquent un impact plus incertain.

Tableau 1 : Tableau croisé des impacts potentiels actions/processus

Fiches action	Solutions	Processus concernés													
		Optimisation de la chaine cinématique	Nouvelle formulation chimique du carburant Nouvelle énergie de propulsion	Modification du type de conduite (freinage, accélérations)	Modification de la vitesse de croisière	Fréquence des démarrages à froid	Modification du coefficient de pénétration du véhicule (meilleur rendement aérodynamique)	Réduction des frottements mécaniques internes ou externes (amélioration du rendement énergétique)	Réduction du nombre de camions-km (taux de remplissage, optimisation des tournées…)	Réduction du temps de fonctionnement moteur à l'arrêt	Variation du poids du véhicule	Augmentation du volume utile transportable	Qualité de la combustion	Technologie des auxiliaires	Recours à un mode de transport alternatif
Axe Véhicule															
FA Véh. 1 : Modernisation et ajustement du parc à son usage	Optimisation de la puissance	*		*							(*)				
	Choix d'une boîte de vitesse robotisée	*		*											
	Optimisation du pont	*						*							
FA Véh. 2 : Solution techniques de bridage de la vitesse et de coupure automatique du moteur au ralenti	Bridage de la vitesse maximale des véhicules			(*)	*										
	Coupure automatique du moteur au ralenti			(*)						*					
FA Véh. 3 : Utilisation de lubrifiants à économie d'énergie	Utilisation de lubrifiants moteur à économie d'énergie							*							
FA Véh. 4 : Utilisation d'accessoires pour diminuer la résistance aérodynamique	Accessoires tracteur et cabine						*				(*)				
	Accessoires remorque ou caisse						*				(*)				
FA Véh. 5 : Amélioration de la maintenance des véhicules (hors pneumatique)	Mise en place d'un outil de suivi de maintenance												*		
	Réalisation d'un carnet de bord destiné aux conducteurs														
FA Véh. 6 : Gestion du parc de pneumatiques	Pneumatiques basse résistance							*							
	Recreusage et rechapage des pneumatiques														
	Gonflage des pneumatiques							*							
	Optimisation de la géométrie							*							
FA Véh. 7 : Climatisation	Climatisation évaporative													*	
FA Véh. 8 : Allègement du véhicule	Allègement du véhicule										*				
FA Véh. 9 : Réduction des consommations liées aux besoins autres que la traction	Optimisation de l'alimentation des équipements auxiliaires													*	
FA Véh. 10 : Température dirigée: choix du système de production de froid	Définition de l'usage d'un engin pour le bon dimensionnement de son groupe frigorifique													*	
	Groupes frigorifiques de transport ayant une option de biberonage													*	
	Groupe frigorifique à Haute Efficacité Energétique													*	
	Utilisation d'engins munis d'un groupe frigorifique cryogénique de CO2 ou d'azote liquide à injection indirecte													*	
	Utilisation d'engins munis d'un groupe frigorifique cryogénique d'azote liquide à injection directe													*	
	Engins réfrigérants équipés de plaques eutectiques ou d'un groupe dit à accumulation										(*)	(*)		*	
FA Véh. 11: Température dirigée: choix de la caisse isotherme	Equipements et maintenance spécifiques pour réduire les pertes de froid														
	Maintenance des équipements frigorifiques														

Fiches action	Solutions	Processus concernés													
		Optimisation de la chaine cinématique	Nouvelle formulation chimique du carburant Nouvelle énergie de propulsion	Modification du type de conduite (freinage, accélérations)	Modification de la vitesse de croisière	Fréquence des démarrages à froid	Modification du coefficient de pénétration du véhicule (meilleur rendement aérodynamique)	Réduction des frottements mécaniques internes ou externes (amélioration du rendement énergétique)	Réduction du nombre de camions-km (taux de remplissage, optimisation des tournées…)	Réduction du temps de fonctionnement moteur à l'arrêt	Variation du poids du véhicule	Augmentation du volume utile transportable	Qualité de la combustion	Technologie des auxiliaires	Recours à un mode de transport alternatif
Axe Carburant															
FA Carb. 1 : Choix du mode de propulsion	Stop & Start					(*)				*					
	Véhicules hybrides	*	*			(*)					*				
	Véhicules électriques	*	*			(*)					*				
FA Carb. 2 : Utilisation de carburants alternatifs	Utilisation du B30		*												
FA Carb.3 : Maintien de la propreté des circuits d'alimentation et d'injection des moteurs diesel	Maintien de la propreté des circuits d'alimentation et d'injection des moteurs diesel												*		
FA Carb. 4 : Amélioration du suivi des consommations	Collecte de l'information			(*)											
	Télématique embarquée (consommation)			(*)											
	Gestion et utilisation de l'information			(*)											
Axe Conducteur															
FA Cond. 1 : Mise en place d'un programme éco-conduite	Première formation à l'éco-conduite			(*)						(*)					
	Formations régulières à l'éco-conduite			(*)						(*)					
	Système de management de la performance éco-conduite			(*)						(*)					
FA Cond. 2 : Gestes économes et de bonnes pratiques spécifiques au transport sous température dirigée	Limitation des pertes de froid lors de l'ouverture de la caisse													*	

Fiches action	Solutions	Processus concernés													
		Optimisation de la chaine cinématique	Nouvelle formulation chimique du carburant Nouvelle énergie de propulsion	Modification du type de conduite (freinage, accélérations)	Modification de la vitesse de croisière	Fréquence des démarrages à froid	Modification du coefficient de pénétration du véhicule (meilleur rendement aérodynamique)	Réduction des frottements mécaniques internes ou externes (amélioration du rendement énergétique)	Réduction du nombre de camions-km (taux de remplissage, optimisation des tournées…)	Réduction du temps de fonctionnement moteur à l'arrêt	Variation du poids du véhicule	Augmentation du volume utile transportable	Qualité de la combustion	Technologie des auxiliaires	Recours à un mode de transport alternatif
Axe Organisation des flux de transport															
FA Orga. 1 : Recours aux modes non routiers	Recours au transport combiné mer-route														*
	Recours au transport combiné Fleuve-Route														*
	Recours au transport combiné Rail-Route														*
FA Orga. 2 : Outils informatiques d'optimisation	Outils de création de plans de transport								*		(*)				
	Outils de géolocalisation des véhicules								*		(*)				
FA Orga. 3 : Optimisation du chargement des véhicules	Optimiser le ratio volume/poids des chargements								*		(*)				
	Mutualiser le transport entre plusieurs clients								*						
	Utilisation d'un double plancher								*		(*)				
	Utiliser un logiciel d'amélioration du coefficient de chargement								*		(*)				
	Remorque avec caisse mobile routière								*		(*)				
	Contre-flux								*						
	Remplacement d'un véhicule frigorifique standard par un véhicule multi-températures										(*)			(*)	
FA Orga. 4 : Travail collaboratif avec les clients pour une meilleure optimisation	Informations sur les émissions de CO_2 des prestations de transport	(*)	(*)	(*)					(*)	(*)	(*)				
	Partager un plan de transport commun avec le client								(*)	(*)					
	Modification de la palettisation								(*)						
	Mise en place de rendez-vous									*					
FA Orga. 5 : Sensibilisation des sous-traitants routiers	Informer ses sous-traitants sur les bonnes pratiques à adopter	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)	
	Proposer l'utilisation d'indicateurs de suivi des performances														
	Proposer l'adhésion à la Charte Objectif CO_2														
FA Orga. 6 : Optimisation du transport de marchandises en ville	Schémas logistiques optimisés pour la livraison urbaine														

1.4. Intensité des impacts des actions

Selon l'action et le polluant considérés, l'impact peut se traduire par une diminution ou au contraire une augmentation des émissions de polluants.

Les tableaux suivants récapitulent les impacts des actions de la Charte Objectif CO_2 qui ont pu être définis à partir d'une analyse bibliographique des études et expérimentations menées sur le sujet. La différenciation entre le transport routier de marchandises (TRM) et le transport routier de voyageur (TRV) a été conservée afin de rester en cohérence avec le fonctionnement de la Charte Objectif CO_2.

Les sources bibliographiques sont récapitulées au chapitre 3 (p53), par action, avec l'analyse détaillée et les résultats.

Les actions pour lesquelles aucun impact n'a pu être renseigné font l'objet, dans un second temps, d'une analyse par analogie (Chapitre1.5.2).

Comment lire les tableaux ?

Cette colonne regroupe les actions de la Charte par axe et par numérotation de Fiche Action (FA).

La colonne « solutions » reprend les solutions opérationnelles contenues dans les Fiches actions de la Charte.

Les émissions de CO_2 ont été reportées des estimations de la Charte

Fiches action	Solutions	Processus concerné(s)	Impact sur les émissions			
			CO_2	NOx	PM	COV
FA Véh. 2 : Solution techniques de bridage de la vitesse et de coupure automatique du moteur au ralenti	Bridage de la vitesse maximale des véhicules	Modification du type de conduite Modification de la vitesse de croisière	+ +	+ +	+	+
	Coupure automatique du moteur au ralenti	Modification du type de conduite Temps de fonctionnement moteur / temps total d'utilisation du véhicule	+	(+)	(+)	(+)

Impact de la solution sur les émissions de polluants :

+ +	Impact positif fort (>5%)
+	Impact positif moyen (<5%)
(+)	Impact positif non quantifiable
(+)	Impact positif obtenu par analogie
+/-	Impact variable selon des conditions exogènes à l'action
(-)	Impact négatif obtenu par analogie
-	Impact négatif moyen (<-5%)
- -	Impact négatif fort (>-5%)
	Pas d'information

NB : Les impacts des actions sur les émissions de polluants sont obtenues par recherche bibliographique et par analogie (en fonction des processus concernés). Les résultats obtenus par analogie sont présentés dans des cases jaunes. Les résultats non directement quantifiable (manque d'information ou irrégularité), mais où la tendance est clairement identifiée sont présentés entre parenthèse.

NB : Les actions présentées comme ayant un impact indirect dans la Charte n'ont pas été traitées car leur impact sur les émissions de polluants ne peut pas être mesuré directement.

Tableau 2 : Les impacts sur les émissions de polluants associables aux actions de la Charte Objectif CO_2

Fiches action	Solutions	Processus concerné(s)	Impact sur les émissions			
			CO2	NOx	PM	COV
Axe Véhicule						
FA Véh. 1 : Modernisation et ajustement du parc à son usage	Optimisation de la puissance	Modification de la chaine cinématique Modification du type de conduite Variation du poids	+ +			
	Choix d'une boîte de vitesse robotisée	Modification du type de conduite Modification de la chaine cinématique	+ +			
	Optimisation du pont	Modification de la chaine cinématique Diminution des forces de résistance au mouvement	+			
FA Véh. 2 : Solution techniques de bridage de la vitesse et de coupure automatique du moteur au ralenti	Bridage de la vitesse maximale des véhicules	Modification du type de conduite Modification de la vitesse de croisière	+ +	+ +	+	+
	Coupure automatique du moteur au ralenti	Modification du type de conduite Temps de fonctionnement moteur / temps total d'utilisation du véhicule	+	(+)	(+)	(+)
FA Véh. 3 : Utilisation de lubrifiants à économie d'énergie	Utilisation de lubrifiants moteur à économie d'énergie	Diminution des forces de résistance au mouvement	+			
FA Véh. 4 : Utilisation d'accessoires pour diminuer la résistance aérodynamique	Accessoires tracteur et cabine	Diminution des forces de résistance au mouvement Variation du poids	+ +	+ +		
	Accessoires remorque ou caisse	Variation du poids Diminution des forces de résistance au mouvement	+	+ +		
FA Véh. 5 : Amélioration de la maintenance des véhicules (hors pneumatique)	Mise en place d'un outil de suivi de maintenance	Qualité de la combustion	+			
	Réalisation d'un carnet de bord destiné aux conducteurs	Indirect				
FA Véh. 6 : Gestion du parc de pneumatiques	Pneumatiques basse résistance	Diminution des forces de résistance au mouvement	+	(+)		
	Recreusage et rechapage des pneumatiques	Diminution des forces de résistance au mouvement	+	(+)		
	Gonflage des pneumatiques	Diminution des forces de résistance au mouvement	+	(+)		
	Optimisation de la géométrie	Diminution des forces de résistance au mouvement	+	(+)		
FA Véh. 7 : Climatisation	Climatisation évaporative	Technologie des auxiliaires	+			
FA Véh. 8 : Allègement du véhicule	Allègement du véhicule	Variation du poids	+ +			
FA Véh. 9 : Réduction des consommations liées aux besoins autres que la traction	Optimisation de l'alimentation des équipements auxiliaires	Variable				
FA Véh. 10 : Température dirigée: choix du système de production de froid	Définition de l'usage d'un engin pour le bon dimensionnement de son groupe frigorifique	Variable				
	Groupes frigorifiques de transport ayant une option de biberonage	Technologie des auxiliaires	+ +			
	Groupe frigorifique à Haute Efficacité Energétique	Technologie des auxiliaires	+ +			
	Utilisation d'engins munis d'un groupe frigorifique cryogénique de CO2 ou d'azote liquide à injection indirecte	Technologie des auxiliaires	+ +			
	Utilisation d'engins munis d'un groupe frigorifique cryogénique d'azote liquide à injection directe	Technologie des auxiliaires	+ +			
	Engins réfrigérants équipés de plaques eutectiques ou d'un groupe dit à accumulation	Variation du volume utile transportable Technologie des auxiliaires	+ +			
FA Véh. 11: Température dirigée: choix de la caisse isotherme	Equipements et maintenance spécifiques pour réduire les pertes de froid	Technologie des auxiliaires	+ +			
	Maintenance des équipements frigorifiques	Technologie des auxiliaires	+ +			

Fiches action	Solutions	Processus concerné(s)	Impact sur les émissions			
			CO2	NOx	PM	COV
Axe Carburant						
FA Carb. 1 : Choix du mode de propulsion	Stop & Start	Fréquence des démarrages à froid	+	(+)	(+)	
	Véhicules hybrides	Modification de la chaine cinématique	+ +	(+/-)	(+)	
		Nouvelle formulation chimique du carburant				
		Fréquence des démarrages à froid				
		Variation du poids				
		Nouvelle énergie de propulsion				
	Véhicules électriques	Modification de la chaine cinématique	+ +	+ +	+ +	+ +
		Nouvelle formulation chimique du carburant				
		Nouvelle énergie de propulsion				
		Variation du poids				
		Fréquence des démarrages à froid				
FA Carb. 2 : Utilisation de carburants alternatifs	Utilisation du B30	Nouvelle formulation chimique du carburant	+ +	- -	+ +	+ +
FA Carb.3 : Maintien de la propreté des circuits d'alimentation et d'injection des moteurs diesel	Maintien de la propreté des circuits d'alimentation et d'injection des moteurs diesel	Qualité de la combustion	+			
FA Carb. 4 : Amélioration du suivi des consommations	Collecte de l'information	Indirect				
	Télématique embarquée (consommation)	Modification du type de conduite	+ +			
	Gestion et utilisation de l'information	Indirect				
Axe Conducteur						
FA Cond. 1 : Mise en place d'un programme éco-conduite	Première formation à l'éco-conduite	Modification du type de conduite	+	+	+	+ +
	Formations régulières à l'éco-conduite	Modification du type de conduite	+ +	+	+	+ +
	Système de management de la performance éco-conduite	Modification du type de conduite	+ +	+	+	+ +
FA Cond. 2 : Gestes économes et de bonnes pratiques spécifiques au transport sous température dirigée	Limitation des pertes de froid lors de l'ouverture de la caisse	Variable				

Fiches action	Solutions	Processus concerné(s)	Impact sur les émissions			
			CO2	NOx	PM	COV
Axe Organisation des flux de transport						
FA Orga. 1 : Recours aux modes non routiers	Recours au transport combiné mer-route	Recours à un mode de transport alternatif	+ +	+ +		
	Recours au transport combiné Fleuve-Route	Recours à un mode de transport alternatif	+ +	+/-		
	Recours au transport combiné Rail-Route	Recours à un mode de transport alternatif	+ +	+ +		
FA Orga. 2 : Outils informatiques d'optimisation des trajets	Outils de création de plans de transport	Réduction du nombre de camions-km	+ +			
		Variation du poids				
	Outils de géolocalisation des véhicules	Réduction du nombre de camions-km	+			
		Variation du poids				
FA Orga. 3 : Optimisation du chargement des véhicules	Optimiser le ratio volume/poids des chargements	Réduction du nombre de camions-km	+ +	+ +	+ +	
		Variation du poids				
	Mutualiser le transport entre plusieurs clients	Réduction du nombre de camions-km	+ +	+ +	+ +	
		Variation du poids				
	Utilisation d'un double plancher	Réduction du nombre de camions-km	+ +	+ +	+ +	
		Variation du poids				
	Utiliser un logiciel d'amélioration du coefficient de chargement	Réduction du nombre de camions-km	+ +	+ +	+ +	
		Variation du poids				
	Remorque avec caisse mobile routière	Variable				
	Contre-flux	Variable				
	Remplacement d'un véhicule frigorifique standard par un véhicule multi-températures	Variation du poids	+ +	+ +	+ +	
		Technologie des auxiliaires				
FA Orga. 4 : Travail collaboratif avec les clients pour une meilleure optimisation	Informations sur les émissions de CO_2 des prestations de transport	Indirect				
	Partager un plan de transport commun avec le client	Variable				
	Modification de la palettisation	Réduction du nombre de camions-km	+			
	Mise en place de rendez-vous	Variable				
FA Orga. 5 : Sensibilisation des sous-traitants routiers	Informer ses sous-traitants sur les bonnes pratiques à adopter	Indirect				
	Proposer l'utilisation d'indicateurs de suivi des performances	indirect				
	Proposer l'adhésion à la Charte Objectif CO_2	Indirect				
FA Orga. 6 : Optimisation du transport de marchandises en ville	Schémas logistiques optimisés pour la livraison urbaine	Indirect				

Actions supplémentaires TRV						
Fiches action	Solutions	Processus concerné(s)	Impact sur les émissions			
			CO_2	NOx	PM	COV
Axe Véhicule						
FA Véh. 2 : Bridage des véhicules	Bridage de l'accélération	Modification du type de conduite	+			
FA Véh. 4 : Optimisation des consommations liées aux services aux passagers	Raccordement au réseau électrique lors des phases de stationnement	Temps de fonctionnement moteur / temps total d'utilisation du véhicule	+			
FA Véh. 5 : Amélioration de la maintenance des véhicules (hors pneumatique)	Formation / sensibilisation à la maintenance spécifique	Qualité de la combustion	+			
	Analyse d'huile du moteur (maintenance conditionnelle)	Qualité de la combustion	+			
FA Véh. 7 : Optimisation du système de gestion de la température de l'habitacle	Gestion bi-zones de la température	Technologie des auxiliaires	+			
	Système de gestion de la température alternatif et plus efficace	Technologie des auxiliaires	+ +			
Axe Carburant						
FA Carb. 2 : Utilisation de carburants alternatifs	Utilisation du GNV/biogaz	Nouvelle formulation chimique du carburant	+ +	+ +	+ +	
Axe Conducteur						
FA Cond. 2 : Optimisation de la gestion de la température	Optimisation de l'utilisation de la climatisation et du chauffage	Technologie des auxiliaires	+			
Axe Organisation et management						
FA Orga. 1 : Amélioration de la gestion des trajets	Outils d'optimisation d'itinéraires	Variable				
	Outils de géolocalisation	Variable				
FA Orga. 2 : Actions d'information et de sensibilisation des voyageurs	Informations sur la mobilité	Indirect				
	Informations sur les émissions de CO_2 du transport de voyageurs	Indirect				
FA Orga. 3 : Travail collaboratif entre l'exploitant et l'AOT pour optimiser le réseau de transport public	Propositions d'amélioration du réseau de transport public	Indirect				
	Mise en place de critères de performance environnementale par les AOT	Indirect				
	Remontée d'information environnementale aux AOT	Indirect				
FA Orga. 4 : Actions propres à l'AOT pour une optimisation du réseau de transport public	Développement d'une offre de transport à la demande	Variable				
	Priorité aux feux	Variable				
	Voies dédiées	Variable				
	Passage au cadencement des bus	Indirect				
	Amélioration des infrastructures inter-modales	Variable				
FA Orga. 5 : Amélioration de la gestion de l'environnement de l'entreprise	Formation du management	Variable				
	Suivi des consommations d'énergie	Variable				
	Amélioration de la gestion du papier	Variable				

1.5. Principales lacunes identifiées – Méthodologies alternatives pour combler les lacunes

Pour de nombreuses actions de la Charte Objectif CO_2, l'impact sur les émissions de polluants n'a pas pu être évalué car il n'a pas été trouvé d'études sur le sujet. Ces actions concernent notamment la maintenance, la température dirigée, les pneumatiques et les lubrifiants moteurs.

La solution optimale pour bénéficier d'informations sur ces sujets serait de multiplier les expérimentations sur différents types de véhicules, en condition réelles. Cela entraînerait cependant des coûts importants, puisque pour disposer de données fiables et exploitables il faudrait réaliser un très grand nombre de tests (par types de véhicules, de trajets, de conduite, de carburants, de régions, etc.).

Les études sur la réduction des émissions de polluants devraient se multiplier dans les années à venir. Toutefois, le sujet devenant un enjeu de plus en plus présent dans l'actualité, il est possible, en attendant de plus amples expérimentations, de proposer une méthodologie compensatoire pour essayer de combler les lacunes.

1.5.1. Limites de l'analyse documentaire

La relation entre action et variation des émissions de polluants n'est pas systématique. En effet, une action mise en œuvre peut très bien avoir un impact positif ou négatif selon le type d'utilisation du véhicule. La réduction des émissions d'un polluant à travers une action peut également entraîner la hausse des émissions d'un autre polluant. A titre d'exemple, la relation entre émissions de NO_X et de PM est souvent inverse. Lorsqu'on arrive à réduire les NO_X par des actions ciblées, on augmente souvent les émissions de particules. En effet, les émissions de NO_X sont plus importantes lorsque la température du moteur est élevée, ce qui a aussi pour effet une combustion plus complète et donc moins de résidus (particules). Au contraire, un moteur moins chaud produit moins de NO_X mais plus de particules, d'hydrocarbures (HC) et de composés organiques volatils (COV).

Les tendances présentées au chapitre précédent doivent donc être appréhendées avec précaution. Elles sont essentiellement indicatives des relations qui ont pu être établies entre une action implémentée et le niveau d'émission du véhicule.

Ces tendances peuvent être plus ou moins appuyées selon le type de véhicule : une action n'aura pas le même effet sur les émissions d'un VUL ou d'un PL. Par manque de sources bibliographiques et d'études sur le sujet, il est souvent difficile de disposer d'un indicateur de tendance pour chaque type de véhicule. Les résultats présentés précédemment doivent donc être considérés comme des tendances générales (le détail des sources par type de véhicule est présenté en Tableau 12

Enfin, l'impact total n'est pas forcément la somme des impacts, notamment quand des actions mises en œuvre simultanément agissent sur le même processus.

1.5.2. Méthodologie alternative : analyse par analogie

Le présent chapitre vise à compléter l'analyse pour les actions de la Charte Objectif CO_2 pour lesquelles aucune source d'information pertinente n'a été identifiée concernant leurs impacts sur les émissions de polluants.

L'approche utilisée pour effectuer cette estimation des impacts « par analogie » comporte quatre étapes :

1- Sélection des actions pour lesquelles une ou plusieurs sources d'information pertinentes ont été identifiées et pour lesquelles **un seul processus agit sur l'action**. Par analogie, on peut déduire sans trop de risque que le même processus agira de la même manière sur les autres actions soumises au même processus, en termes d'impact sur les émissions de polluants ;

2- **Synthèse de l'impact potentiel de chaque processus identifié** sur les émissions de polluants, à partir des entretiens effectués et des informations trouvées dans la littérature. Par exemple, si l'on arrive à démontrer que le processus « réduction du

poids du véhicule » a un impact fortement positif sur la réduction des émissions de polluants, alors, toute action mettant en œuvre ce processus sera soumise au même impact.

3- Identification d'autres **analogies entre processus** ;

4- Pour chaque action de la Charte Objectif CO_2 pour laquelle aucune source d'information pertinente n'a été identifiée, une synthèse des impacts identifiés aux points 1 et 2 ci-dessus est effectuée. Toutefois, il faut être attentif au fait qu'une action peut mettre en œuvre plusieurs processus. Si les impacts de ceux-ci sont opposés, il est difficile de tirer une conclusion. Par contre, si les différents processus agissant sur une même action ont un impact de même sens sur les émissions de polluants, une tendance pourra être proposée.

1.5.2.1. Sélection des actions de référence

Dans un premier temps il est possible d'isoler les actions pour lesquelles une ou plusieurs sources d'informations pertinentes ont été identifiées et pour lesquelles un seul processus est concerné.

Ces actions sont récapitulées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 3 : Analyse des actions avec sources pertinentes

Action	Processus	CO_2	NO_X	PM	COV
Pneumatiques basse résistance	Réduction des frottements mécaniques internes ou externes (amélioration du rendement énergétique)	+	+		
Recreusage et rechapage des pneumatiques	Réduction des frottements mécaniques internes ou externes (amélioration du rendement énergétique)	+	+		
Gonflage des pneumatiques	Réduction des frottements mécaniques internes ou externes (amélioration du rendement énergétique)	+	+		
Optimisation de la géométrie	Réduction des frottements mécaniques internes ou externes (amélioration du rendement énergétique)	+	+		
Allègement du véhicule	Variation du poids	+ +	+ +	+	
Engins réfrigérants équipés de plaques eutectiques ou d'un groupe dit à accumulation	Technologie des auxiliaires	+ +	+		
Stop & Start	Fréquence des démarrages à froid	+	+	+	
Utilisation du B30	Nouvelle formulation chimique du carburant	+ +	- -	+ +	+ +
Première formation à	Modification du type de conduite	+	+	+	+ +

l'éco-conduite					
Formations régulières à l'éco-conduite	Modification du type de conduite	+ +	+	+	+ +
Système de management de la performance éco-conduite	Modification du type de conduite	+ +	+	+	+ +
Recours au transport combiné mer-route	Recours à un mode de transport alternatif	+ +	+ +		
Recours au transport combiné Fleuve-Route	Recours à un mode de transport alternatif	+ +	+/-		
Recours au transport combiné Rail-Route	Recours à un mode de transport alternatif	+ +	+ +		

Synthèse de l'impact potentiel de chaque processus et des actions auxquelles il correspond.

Seules les actions ayant un impact direct ont été répertoriées. En effet il n'est pas possible de faire une analogie à partir d'un processus pour une action indirecte.

<table>
<tr><th>Processus</th><th>Actions non renseignées ou partiellement renseignées par la littérature (agissant sur le même processus)</th></tr>
<tr><td>Réduction des frottements mécaniques internes ou externes (amélioration du rendement énergétique)</td><td>Optimisation du pont
Utilisation de lubrifiants moteur à économie d'énergie

<table><tr><th>CO_2</th><th>NO_X</th><th>PM</th><th>COV</th></tr><tr><td>+</td><td>+</td><td></td><td></td></tr></table></td></tr>
<tr><td>Allègement du véhicule</td><td>Remplacement d'un véhicule frigorifique standard par un véhicule multi-températures

➔ D'autres actions peuvent être conservées mais sur un <u>impact inverse</u> de cette action (elles se traduisent par une <u>augmentation du poids du véhicule)</u> :
Optimisation de la puissance
Accessoires tracteur et cabine
Accessoires remorque ou caisse
Véhicules hybrides
Remorque avec caisse mobile routière

<table><tr><th>CO_2</th><th>NO_X</th><th>PM</th><th>COV</th></tr><tr><td>++</td><td>+</td><td>+</td><td></td></tr></table></td></tr>
<tr><td>Fréquence des démarrages à froid</td><td>Stop & Start
Véhicules hybrides

<table><tr><th>CO_2</th><th>NO_X</th><th>PM</th><th>COV</th></tr><tr><td>+</td><td>+</td><td>+</td><td></td></tr></table></td></tr>
<tr><td>Modification</td><td>Optimisation de la puissance</td></tr>
</table>

du type de conduite du véhicule (régime moteur, régimes transitoires, freinage)	Choix d'une boîte de vitesse robotisée Amélioration du suivi des consommations (Collecte de l'information / Télématique embarquée (consommation) / Gestion et utilisation de l'information) CO_2 : ++ NO_X : + PM : + COV : +

Nota : Les actions « plaques eutectiques », « Utilisation du B30 » et « Recours à un mode de transport alternatif » ne sont pas incluses dans le récapitulatif car elles ne permettent pas de se prononcer sur un processus générique applicable à d'autres actions.

1.5.2.2. Synthèse de l'impact potentiel de chaque processus sur les émissions de polluants

Le tableau de la page suivante décrit les impacts escomptés de chaque processus sur les émissions de polluants, à partir des informations trouvées dans la littérature et des « dires d'experts ».

Par analogie, si l'on arrive à démontrer qu'un processus donné a un impact fortement positif sur la réduction des émissions de polluants, alors, toute action mettant en œuvre ce processus sera soumise au même impact.

1.5.2.3. Autres analogies entre processus

Les processus « Modification du coefficient de pénétration du véhicule (meilleur rendement aérodynamique) » et « Réduction des frottements mécaniques internes ou externes (amélioration du rendement énergétique) » ont globalement les mêmes impacts, car ils conduisent tous deux à une réduction des forces qui s'opposent au mouvement. De ce fait, les actions non-renseignées (ou partiellement renseignées) correspondant au processus « Modification du coefficient de pénétration du véhicule (meilleur rendement aérodynamique) » ont également été intégrées dans le tableau.

Les processus « allègement du véhicule » et « optimisation du coefficient de chargement » (taux de remplissage plus élevé) ont pour conséquence de réduire le poids total tracté (sur l'ensemble de la flotte). De ce fait, les actions non-renseignées (ou partiellement renseignées) correspondant au processus « allègement du véhicule » ont également été intégrées dans le tableau.

Tableau 4 : Analyse des actions sur dires d'experts

Processus	Nature de l'impact sur les émissions de polluants	Impact escompté		
		NO_X	PM	COV
Optimisation de la chaine cinématique	Permet d'améliorer le rendement de la chaine, et donc de réduire la consommation de carburant à vitesse égale.	+	+	+
Nouvelle formulation chimique du carburant / Nouvelle énergie de propulsion	Les émissions de polluants sont très dépendantes du type de carburant et de l'énergie utilisée. Un moteur diesel produira plus de PM et de NO_X qu'un moteur essence qui produira plus de COV et de CO. Si on ne tient compte que des émissions du réservoir à la roue, les véhicules électriques n'auront que des émissions de PM liées à l'abrasion des pneus et des organes mécaniques du véhicule.	Essence → Diesel : - Diesel → B30 : - -	Essence → Diesel : - Diesel → B30 : ++	Essence → Diesel : + Diesel → B30 : ++
Modification du type de conduite du véhicule (régime moteur, régimes transitoires, freinage)	Les émissions des véhicules sont fortement dépendantes des conditions de fonctionnement du moteur. Des situations de conduite différentes imposent des conditions de fonctionnement du moteur différentes, et donc un rendement d'émission distinct. À cet égard, les émissions sont différentes en milieu urbain (où les régimes transitoires peuvent être très fréquents) comparées aux émissions en trajets interurbains (où les régimes stabilisés sont plus fréquents). **Les sources d'information identifiées ont déjà permis d'apporter une réponse sur ce point.**	+ (ou ++)	+	+
Modification de la vitesse de croisière (dans le cas d'un régime stabilisé en parcours interurbain)	**Les sources d'information identifiées ont déjà permis d'apporter une réponse sur ce point.**	++	+	+
Réduction de la fréquence des démarrages, et plus particulièrement des démarrages à froid	La distinction entre les émissions au cours de la phase stabilisée et de la phase transitoire est nécessaire en raison de la différence substantielle de la performance des émissions des véhicules au cours de ces deux conditions. Les concentrations de certains polluants au cours de la période transitoire sont plusieurs fois plus élevées que lors du fonctionnement à chaud. **On estime par conséquent que toute réduction de la fréquence et de la durée cumulée des démarrages, et plus particulièrement des démarrages à froid, a un impact très positif sur les émissions, notamment sur les VUL.**	++	++	++
Modification du coefficient de pénétration du véhicule (meilleur	Un coefficient de pénétration amélioré conduira à une moindre consommation de carburant, à vitesse égale, sans augmentation des régimes transitoires. **L'impact sur les émissions de NO_X et de**	+	+	

rendement aérodynamique)	**PM est donc à priori positif.**			
Réduction des frottements mécaniques internes ou externes (amélioration du rendement énergétique)	Toute réduction des frottements mécaniques internes ou externes se traduit par une amélioration du rendement énergétique. **L'impact sur les émissions de NO_X et de PM est donc a priori positif.**	+	+	
Réduction du nombre de camions-km	La réduction du nombre de camions-km peut résulter de plusieurs facteurs liés en particulier à l'augmentation du taux de remplissage des camions et à l'optimisation des tournées. **Il en résulte dans tous les cas une réduction des émissions de polluants.** En effet, même dans le cas d'une augmentation du taux de remplissage des camions, l'augmentation des émissions liée au fait que les camions sont plus chargés est plus que compensée par la diminution des km parcourus.	+	+	+
Augmentation du temps de fonctionnement moteur au ralenti / temps total de fonctionnement du moteur	D'une manière générale, chaque fois que l'on diminue les plages de fonctionnement pendant lesquelles le moteur tourne au ralenti, à qualité de service égale, cela se traduit par une diminution des émissions de polluants	+	+	+
Variation du poids du véhicule	**Les sources d'information identifiées ont déjà permis d'apporter une réponse sur ce point.**	++	+	
Augmentation du volume utile transportable	L'augmentation du volume utile transportable permet de diminuer le nombre de véhicules.km et a donc un impact positif sur les réductions des émissions de polluants. Ce constat débouche sur la question de savoir s'il faudrait ajouter une action « remorque grande dimension » à la charte « Objectif CO_2 ».	+	+	+
Technologie des auxiliaires	Le processus doit être analysé séparément pour chaque technologie envisagée : Pour les groupes frigorifiques de transport ayant une option de « biberonnage », le gain d'émissions locales de polluants est a priori élevé.	+	+	+
Recours à un mode de transport alternatif	**Les sources d'information identifiées ont déjà permis d'apporter une réponse sur ce point.**	+ (sauf fluvial dans certains cas)	+	+

1.5.2.4. Synthèse, avec ajout des impacts déterminés par analogie

Le tableau suivant résume l'ensemble des impacts qui ont pu être déterminés, par analyse bibliographique ou par analogie.

Comment lire les tableaux ?

Cette colonne regroupe les actions de la Charte par axe et par numérotation de Fiche Action (FA).

La colonne « solutions » reprend les solutions opérationnelles contenues dans les Fiches actions de la Charte.

Les émissions de CO_2 ont été reportées des estimations de la Charte

Fiches action	Solutions	Processus concerné(s)	Impact sur les émissions			
			CO_2	NOx	PM	COV
FA Véh. 2 : Solution techniques de bridage de la vitesse et de coupure automatique du moteur au ralenti	Bridage de la vitesse maximale des véhicules	Modification du type de conduite Modification de la vitesse de croisière	+ +	+ +	+	+
	Coupure automatique du moteur au ralenti	Modification du type de conduite Temps de fonctionnement moteur / temps total d'utilisation du véhicule	+	(+)	(+)	(+)

Impact de la solution sur les émissions de polluants :

+ +	Impact positif fort (>5%)
+	Impact positif moyen (<5%)
(+)	Impact positif non quantifiable
(+)	Impact positif obtenu par analogie
+/-	Impact variable selon des conditions exogènes à l'action
(-)	Impact négatif obtenu par analogie
-	Impact négatif moyen (<-5%)
- -	Impact négatif fort (>-5%)
	Pas d'information

NB : Les impacts des actions sur les émissions de polluants sont obtenues par recherche bibliographique et par analogie (en fonction des processus concernés). Les résultats obtenus par analogie sont présentés dans des cases jaunes. Les résultats non directement quantifiable (manque d'information ou irrégularité), mais où la tendance est clairement identifiée sont présentés entre parenthèse.

NB : Les actions présentées comme ayant un impact indirect dans la Charte n'ont pas été traitées car leur impact sur les émissions de polluants ne peut pas être mesuré directement.

Tableau 5 : Synthèse des impacts des actions de la Charte Objectif CO2 sur les émissions de polluants (études recensées et analogies)

Fiches action	Solutions	Processus concerné(s)	Impact sur les émissions			
			CO_2	NOx	PM	COV
Axe Véhicule						
FA Véh. 1 : Modernisation et ajustement du parc à son usage	Optimisation de la puissance	Optimisation de la chaine cinématique Modification du type de conduite Variation du poids	+ +	(+)	(+)	(+)
	Choix d'une boîte de vitesse robotisée	Modification du type de conduite Optimisation de la chaine cinématique	+ +	(+)	(+)	(+)
	Optimisation du pont	Optimisation de la chaine cinématique Diminution des forces de résistance au mouvement	+	(+)	(+)	
FA Véh. 2 : Solution techniques de bridage de la vitesse et de coupure automatique du moteur au ralenti	Bridage de la vitesse maximale des véhicules	Modification du type de conduite Modification de la vitesse de croisière	+ +	+ +	+	+
	Coupure automatique du moteur au ralenti	Modification du type de conduite Temps de fonctionnement moteur / temps total d'utilisation du véhicule	+	(+)	(+)	(+)
FA Véh. 3 : Utilisation de lubrifiants à économie d'énergie	Utilisation de lubrifiants moteur à économie d'énergie	Diminution des forces de résistance au mouvement	+	(+)	(+)	
FA Véh. 4 : Utilisation d'accessoires pour diminuer la résistance aérodynamique	Accessoires tracteur et cabine	Modification du coefficient de pénétration du véhicule Variation du poids	+ +	+ +	(+)	(+)
	Accessoires remorque ou caisse	Variation du poids Modification du coefficient de pénétration du véhicule	+	+ +	(+)	(+)
FA Véh. 5 : Amélioration de la maintenance des véhicules (hors pneumatique)	Mise en place d'un outil de suivi de maintenance	Qualité de la combustion	+			
	Réalisation d'un carnet de bord destiné aux conducteurs	Indirect				
FA Véh. 6 : Gestion du parc de pneumatiques	Pneumatiques basse résistance	Réduction des frottements mécaniques internes ou externes	+	(+)	(+)	
	Recreusage et rechapage des pneumatiques	Réduction des frottements mécaniques internes ou externes	+	(+)	(+)	
	Gonflage des pneumatiques	Réduction des frottements mécaniques internes ou externes	+	(+)	(+)	
	Optimisation de la géométrie	Réduction des frottements mécaniques internes ou externes	+	(+)	(+)	
FA Véh. 7 : Climatisation	Climatisation évaporative	Technologie des auxiliaires	+			
FA Véh. 8 : Allègement du véhicule	Allègement du véhicule	Variation du poids	+ +	(+)	(+)	(+)
FA Véh. 9 : Réduction des consommations liées aux besoins autres que la traction	Optimisation de l'alimentation des équipements auxiliaires	Variable				
FA Véh. 10 : Température dirigée: choix du système de production de froid	Définition de l'usage d'un engin pour le bon dimensionnement de son groupe frigorifique	Variable				
	Groupes frigorifiques de transport ayant une option de biberonage	Technologie des auxiliaires	+ +	(+)	(+)	(+)
	Groupe frigorifique à Haute Efficacité Energétique	Technologie des auxiliaires	+ +			
	Utilisation d'engins munis d'un groupe frigorifique cryogénique de CO2 ou d'azote liquide à injection indirecte	Technologie des auxiliaires	+ +			
	Utilisation d'engins munis d'un groupe frigorifique cryogénique d'azote liquide à injection directe	Technologie des auxiliaires	+ +			
	Engins réfrigérants équipés de plaques eutectiques ou d'un groupe dit à accumulation	Variation du volume utile transportable Technologie des auxiliaires	+ +	(+)		
FA Véh. 11: Température dirigée: choix de la caisse isotherme	Equipements et maintenance spécifiques pour réduire les pertes de froid	Technologie des auxiliaires	+ +			
	Maintenance des équipements frigorifiques	Technologie des auxiliaires	+ +			

Fiches action	Solutions	Processus concerné(s)	Impact sur les émissions			
			CO_2	NOx	PM	COV
Axe Carburant						
FA Carb. 1 : Choix du mode de propulsion	Stop & Start	Fréquence des démarrages à froid	+	(+)	(+)	(+)
	Véhicules hybrides	Optimisation de la chaine cinématique	+ +	(+/-)	(+)	
		Nouvelle formulation chimique du carburant				
		Fréquence des démarrages à froid				
		Variation du poids				
		Nouvelle énergie de propulsion				
	Véhicules électriques	Optimisation de la chaine cinématique	+ +	+ +	+ +	+ +
		Nouvelle formulation chimique du carburant				
		Nouvelle énergie de propulsion				
		Variation du poids				
		Fréquence des démarrages à froid				
FA Carb. 2 : Utilisation de carburants alternatifs	Utilisation du B30	Nouvelle formulation chimique du carburant	+ +	- -	+ +	+ +
FA Carb.3 : Maintien de la propreté des circuits d'alimentation et d'injection des moteurs diesel	Maintien de la propreté des circuits d'alimentation et d'injection des moteurs diesel	Qualité de la combustion	+			
FA Carb. 4 : Amélioration du suivi des consommations	Collecte de l'information	Indirect				
	Télématique embarquée (consommation)	Modification du type de conduite	+ +	(+)	(+)	(+)
	Gestion et utilisation de l'information	Indirect				
Axe Conducteur						
FA Cond. 1 : Mise en place d'un programme éco-conduite	Première formation à l'éco-conduite	Modification du type de conduite	+	+	+	+ +
	Formations régulières à l'éco-conduite	Modification du type de conduite	+ +	+	+	+ +
	Système de management de la performance éco-conduite	Modification du type de conduite	+ +	+	+	+ +
FA Cond. 2 : Gestes économes et de bonnes pratiques spécifiques au transport sous température dirigée	Limitation des pertes de froid lors de l'ouverture de la caisse	Variable				
Fiches action	Solutions	Processus concerné(s)	Impact sur les émissions			
			CO_2	NOx	PM	COV
Axe Organisation des flux de transport						
FA Orga. 1 : Recours aux modes non routiers	Recours au transport combiné mer-route	Recours à un mode de transport alternatif	+ +	+ +	(+)	(+)
	Recours au transport combiné Fleuve-Route	Recours à un mode de transport alternatif	+ +	+/-		
	Recours au transport combiné Rail-Route	Recours à un mode de transport alternatif	+ +	+ +	(+)	(+)
FA Orga. 2 : Outils informatiques d'optimisation des trajets	Outils de création de plans de transport	Réduction du nombre de camions-km	+ +	(+)	(+)	(+)
	Outils de géolocalisation des véhicules	Réduction du nombre de camions-km	+	(+)	(+)	(+)
FA Orga. 3 : Optimisation du chargement des véhicules	Optimiser le ratio volume/poids des chargements	Réduction du nombre de camions-km	+ +	+ +	+ +	(+)
		Variation du poids				
	Mutualiser le transport entre plusieurs clients	Réduction du nombre de camions-km	+ +	+ +	+ +	(+)
		Variation du poids				
	Utilisation d'un double plancher	Réduction du nombre de camions-km	+ +	+ +	+ +	(+)
		Variation du poids				
	Utiliser un logiciel d'amélioration du coefficient de chargement	Réduction du nombre de camions-km	+ +	+ +	+ +	(+)
		Variation du poids				
	Remorque avec caisse mobile routière	Variable				
	Contre-flux	Variable				
	Remplacement d'un véhicule frigorifique standard par un véhicule multi-températures	Variation du poids	+ +	+ +	+ +	
		Technologie des auxiliaires				
FA Orga. 4 : Travail collaboratif avec les clients pour une meilleure optimisation	Informations sur les émissions de CO_2 des prestations de transport	Indirect				
	Partager un plan de transport commun avec le client	Variable				
	Modification de la palettisation	Réduction du nombre de camions-km	+			
	Mise en place de rendez-vous	Variable				
FA Orga. 5 : Sensibilisation des sous-traitants routiers	Informer ses sous-traitants sur les bonnes pratiques à adopter	Indirect				
	Proposer l'utilisation d'indicateurs de suivi des performances	indirect				
	Proposer l'adhésion à la Charte Objectif CO_2	Indirect				
FA Orga. 6 : Optimisation du transport de marchandises en ville	Schémas logistiques optimisés pour la livraison urbaine	Indirect				

Actions supplémentaires TRV						
Fiches action	Solutions	Processus concerné(s)	Impact sur les émissions			
			CO_2	NOx	PM	COV
Axe Véhicule						
FA Véh. 2 : Bridage des véhicules	Bridage de l'accélération	Modification du type de conduite	+	(+)	(+)	
FA Véh. 4 : Optimisation des consommations liées aux services aux passagers	Raccordement au réseau électrique lors des phases de stationnement	Temps de fonctionnement moteur / temps total d'utilisation du véhicule	+	(+)	(+)	(+)
FA Véh. 5 : Amélioration de la maintenance des véhicules (hors pneumatique)	Formation / sensibilisation à la maintenance spécifique	Qualité de la combustion	+			
	Analyse d'huile du moteur (maintenance conditionnelle)	Qualité de la combustion	+			
FA Véh. 7 : Optimisation du système de gestion de la température de l'habitacle	Gestion bi-zones de la température	Technologie des auxiliaires	+			
	Système de gestion de la température alternatif et plus efficace	Technologie des auxiliaires	+ +			
Axe Carburant						
FA Carb. 2 : Utilisation de carburants alternatifs	Utilisation du GNV/biogaz	Nouvelle formulation chimique du carburant	+ +	+ +	+ +	
Axe Conducteur						
FA Cond. 2 : Optimisation de la gestion de la température	Optimisation de l'utilisation de la climatisation et du chauffage	Technologie des auxiliaires	+			
Axe Organisation et management						
FA Orga. 1 : Amélioration de la gestion des trajets	Outils d'optimisation d'itinéraires	Variable				
	Outils de géolocalisation	Variable				
FA Orga. 2 : Actions d'information et de sensibilisation des voyageurs	Informations sur la mobilité	Indirect				
	Informations sur les émissions de CO_2 du transport de voyageurs	Indirect				
FA Orga. 3 : Travail collaboratif entre l'exploitant et l'AOT pour optimiser le réseau de transport public	Propositions d'amélioration du réseau de transport public	Indirect				
	Mise en place de critères de performance environnementale par les AOT	Indirect				
	Remontée d'information environnementale aux AOT	Indirect				
FA Orga. 4 : Actions propres à l'AOT pour une optimisation du réseau de transport public	Développement d'une offre de transport à la demande	Variable				
	Priorité aux feux	Variable				
	Voies dédiées	Variable				
	Passage au cadencement des bus	Indirect				
	Amélioration des infrastructures inter-modales	Variable				
FA Orga. 5 : Amélioration de la gestion de l'environnement de l'entreprise	Formation du management	Variable				
	Suivi des consommations d'énergie	Variable				
	Amélioration de la gestion du papier	Variable				

1.6. Hiérarchisation des actions par niveau d'impact sur les émissions de polluants

Les actions sont classées ci-dessous en 4 catégories, de la plus pertinente pour réduire les émissions de CO_2 et de polluants, à la moins pertinente. Les actions dont les impacts ont été obtenus par analogie ont été intégrées au tableau.

Comment lire les tableaux ?

Cette colonne regroupe les actions de la Charte par axe et par numérotation de Fiche Action (FA).

La colonne « solutions » reprend les solutions opérationnelles contenues dans les Fiches actions de la Charte.

Les émissions de CO_2 ont été reportées des estimations de la Charte

Fiches action	Solutions	Processus concerné(s)	Impact sur les émissions			
			CO_2	NOx	PM	COV
FA Véh. 2 : Solution techniques de bridage de la vitesse et de coupure automatique du moteur au ralenti	Bridage de la vitesse maximale des véhicules	Modification du type de conduite Modification de la vitesse de croisière	+ +	+ +	+	+
	Coupure automatique du moteur au ralenti	Modification du type de conduite Temps de fonctionnement moteur / temps total d'utilisation du véhicule	+	(+)	(+)	(+)

Impact de la solution sur les émissions de polluants :

+ +	Impact positif fort (>5%)
+	Impact positif moyen (<5%)
(+)	Impact positif non quantifiable
(+)	Impact positif obtenu par analogie
+/-	Impact variable selon des conditions exogènes à l'action
(-)	Impact négatif obtenu par analogie
-	Impact négatif moyen (<-5%)
- -	Impact négatif fort (>-5%)
	Pas d'information

NB : Les impacts des actions sur les émissions de polluants sont obtenues par recherche bibliographique et par analogie (en fonction des processus concernés). Les résultats obtenus par analogie sont présentés dans des cases jaunes. Les résultats non directement quantifiable (manque d'information ou irrégularité), mais où la tendance est clairement identifiée sont présentés entre parenthèse.

NB : Les actions présentées comme ayant un impact indirect dans la Charte n'ont pas été traitées car leur impact sur les émissions de polluants ne peut pas être mesuré directement.

1.6.1. Catégorie 1 : Actions réduisant fortement les émissions de CO_2 et de polluants

Cette catégorie met en avant les actions les plus vertueuses dans la réduction des émissions (CO_2 et polluants confondus).

Tableau 6 : Actions favorisant fortement la réduction des émissions de CO_2 et de polluants atmosphériques

Fiches action	Solutions	Impact sur les émissions			
		CO_2	NOx	PM	COV
FA Carb. 1 : Choix du mode de propulsion	Véhicules électriques	+ +	+ +	+ +	+ +
FA Orga. 3 : Optimisation du chargement des véhicules	Optimiser le ratio volume/poids des chargements	+ +	+ +	+ +	(+)
	Mutualiser le transport entre plusieurs clients	+ +	+ +	+ +	(+)
	Utilisation d'un double plancher	+ +	+ +	+ +	(+)
	Utiliser un logiciel d'amélioration du coefficient de chargement	+ +	+ +	+ +	(+)
	Remplacement d'un véhicule frigorifique standard par un véhicule multi-températures	+ +	+ +	+ +	
FA Carb. 2 : Utilisation de carburants alternatifs	Utilisation du GNV/biogaz	+ +	+ +	+ +	
FA Véh. 2 : Solution techniques de bridage de la vitesse et de coupure automatique du moteur au ralenti	Bridage de la vitesse maximale des véhicules	+ +	+ +	+	+
FA Véh. 8 : Allègement du véhicule	Allègement du véhicule	+ +	+ +	+	+
FA Cond. 1 : Mise en place d'un programme éco-conduite	Formations régulières à l'éco-conduite	+ +	+	+	+ +
	Système de management de la performance éco-conduite	+ +	+	+	+ +
FA Véh. 4 : Utilisation d'accessoires pour diminuer la résistance aérodynamique	Accessoires tracteur et cabine	+ +	+ +	(+)	(+)
FA Orga. 1 : Recours aux modes non routiers	Recours au transport combiné mer-route	+ +	+ +	(+)	(+)
	recours au transport combiné rail-route	+ +	+ +	(+)	(+)

1.6.2. Catégorie 2 : Actions réduisant les émissions de CO_2 et potentiellement de polluants

Tableau 7 : Actions favorisant la baisse des émissions de polluants dans une mesure plus incertaine

Fiches action	Solutions	Impact sur les émissions			
		CO_2	NOx	PM	COV
FA Cond. 1 : Mise en place d'un programme éco-conduite	Première formation à l'éco-conduite	+	+	+	+ +
FA Véh. 4 : Utilisation d'accessoires pour diminuer la résistance aérodynamique	Accessoires remorque ou caisse	+	+ +	(+)	(+)
FA Véh. 1 : Modernisation et ajustement du parc à son usage	Optimisation de la puissance	+ +	(+)	(+)	(+)
	Choix d'une boîte de vitesse robotisée	+ +	(+)	(+)	(+)
FA Véh. 10 : Température dirigée: choix du système de production de froid	Groupes frigorifiques de transport ayant une option de biberonage	+ +	(+)	(+)	(+)
FA Véh. 10 : Température dirigée: choix du système de production de froid	Engins réfrigérants équipés de plaques eutectiques ou d'un groupe dit à accumulation	+ +	(+)	(+)	(+)
FA Carb. 4 : Amélioration du suivi des consommations	Télématique embarquée (consommation)	+ +	(+)	(+)	(+)
FA Orga. 2 : Outils informatiques d'optimisation des trajets	Outils de création de plans de transport	+ +	(+)	(+)	(+)

1.6.3. Catégorie 3 : Actions réduisant les émissions de CO_2 et faiblement de polluants

Tableau 8 : Actions favorisant légèrement la réduction des émissions de polluants atmosphériques

Fiches action	Solutions	Impact sur les émissions			
		CO_2	NOx	PM	COV
FA Véh. 2 : Solution techniques de bridage de la vitesse et de coupure automatique du moteur au ralenti	Coupure automatique du moteur au ralenti	+	(+)	(+)	(+)
FA Carb. 1 : Choix du mode de propulsion	Stop & Start	+	(+)	(+)	(+)
FA Véh. 6 : Gestion du parc de pneumatiques	Pneumatiques basse résistance	+	(+)	(+)	
	Recreusage et rechapage des pneumatiques	+	(+)	(+)	
	Gonflage des pneumatiques	+	(+)	(+)	
	Optimisation de la géométrie	+	(+)	(+)	
FA Orga. 2 : Outils informatiques d'optimisation des trajets	Outils de géolocalisation des véhicules	+	(+)	(+)	(+)
FA Véh. 4 : Optimisation des consommations liées aux services aux passagers	Raccordement au réseau électrique lors des phases de stationnement	+	(+)	(+)	(+)
FA Véh. 1 : Modernisation et ajustement du parc à son usage	Optimisation du pont	+	(+)	(+)	
FA Véh. 3 : Utilisation de lubrifiants à économie d'énergie	Utilisation de lubrifiants moteur à économie d'énergie	+	(+)	(+)	
FA Véh. 2 : Bridage des véhicules	Bridage de l'accélération	+	(+)	(+)	

1.6.4. Catégorie 4 : Actions ayant un impact négatif ou variable sur les émissions de polluants

ou dont l'impact dépend de conditions exogènes au fonctionnement du véhicule :

Tableau 9 : Actions ayant un impact négatif ou variable sur les émissions de polluants

Fiches action	Solutions	Impact sur les émissions			
		CO_2	NOx	PM	COV
FA Carb. 1 : Choix du mode de propulsion	Véhicules hybrides	+ +	(+/-)	(+)	
FA Carb. 2 : Utilisation de carburants alternatifs	Utilisation du B30	+ +	- -	+ +	+ +
FA Orga. 1 : Recours aux modes non routiers	Recours au transport combiné Fleuve-Route	+ +	+/-		

L'utilisation du B30 a un fort impact positif sur les émissions de PM et de COV. Cependant, il entraine une hausse des émissions de NO_X.

Le recours au transport combiné fleuve-route peut avoir un impact plus ou moins positif sur les émissions de NO_X, selon la typologie fluviale qu'il emprunte. Selon la motorisation, le gabarit du bateau et le tracé plus ou moins sinueux du fleuve, l'impact en termes de NO_X sera plus ou moins positif. Certains bassins fluviaux sont en revanche intéressants à exploiter dans le cadre du transport combiné (avec un objectif de réduction des émissions de polluants).

En ce qui concerne les véhicules hybrides, l'analyse des sources identifiées ne permet pas d'apporter une conclusion définitive concernant les émissions de NO_X. En effet, celles-ci peuvent varier d'une technologie hybride à une autre. Il apparaît malgré tout que les technologies hybrides les plus récentes ont un impact positif sur les émissions de polluants. Il est préférable toutefois de rester prudent sur la qualification de cet impact, c'est pourquoi celui-ci est présenté comme « variable ». Au-delà de l'impact sur les NO_X, la diminution des émissions de polluants liée aux technologies hybrides est certaine, bien que non quantifiée.

1.7. Autres actions à prendre en compte (hors actions de la Charte Objectif CO_2)

Certaines actions ayant un impact fort sur les émissions de polluants ne sont pas intégrées aux actions de la Charte Objectif CO_2. Cela s'explique notamment par le fait que ces actions consistent en technologies entraînant un surplus de consommation de carburant et donc des émissions de CO_2 supplémentaires. Ces technologies permettent de traiter les polluants atmosphériques au niveau de la ligne d'échappement (NO_X et particules). Si ces solutions peuvent difficilement être intégrées à la Charte Objectif CO_2 du fait de leur ambivalence à l'égard des émissions de CO_2, il semble important de les citer.

Autres actions hors Charte			Impact sur les émissions			
			CO2	NOx	PM	COV
Traitement post-combustion des rejets	Installation d'un filtre à particule (FAP)	Retrofit	-	-	+ +	
	installation d'un SCR	Retrofit	-	+ +		
	Installation d'un EGR	Retrofit	-	+ +		
	Achat d'un véhicule de norme EURO supérieure	Incluant FAP, SCR ou EGR	+/-	+ +	+ +	+ +

L'action « achat d'un véhicule de norme plus récente » est aujourd'hui l'action, (hors électrique) qui a le plus d'impact positif sur les émissions de polluants. Cette action était auparavant incluse dans la Charte Objectif CO_2, mais en a été enlevée car les nouvelles normes ne peuvent plus être considérées comme ayant un impact positif sur les émissions de CO_2 (on observe même une légère hausse des émissions de CO_2 entre la norme EURO V et la norme EURO VI). Le renouvellement du parc vers des véhicules de norme plus récente est tout de même implémenté par les transporteurs et a un impact très fortement positif sur les émissions de polluants. Le passage de la norme EURO V à la norme EURO VI entraine par exemple une réduction théorique des émissions de NO_X et de PM de l'ordre de 90%.

1.8. Effet de la combinaison de plusieurs actions

L'effet de la combinaison de plusieurs actions est difficile à évaluer. On ne peut pas considérer à priori que l'effet global des actions implémentées est la somme des effets de chaque action.

A titre d'exemple, la mise en place de deux actions ayant un impact fort sur les NO_X (++) ne signifie pas un impact global très fort (équivalent ++++). S'il est peu probable que deux effets positifs s'annulent, il est aléatoire de considérer que les effets s'additionnent.
La mise en place d'une formation à l'éco-conduite et en parallèle l'installation de boîtes de vitesse robotisées impactent le même processus de modification du fonctionnement du moteur (régimes transitoires plus courts). On a donc ici deux actions dont les impacts semblent difficilement cumulables. Si un transporteur souhaite maximiser l'impact de ses actions, il devrait agir sur le plus de processus différents.

1.9. Enseignements du benchmark

L'étude bibliographique et les entretiens ont été complétés par un benchmark européen des dispositifs volontaires et règlementaires ayant entraînés une évaluation effective de l'impact d'actions sur les émissions de polluants.
Le benchmark a été focalisé sur la France à travers les Plans de Protection de l'Atmosphère (PPA), et sur quelques dispositifs étrangers (zones de faibles émissions, péages urbains, programmes de financement, etc.).
Le dispositif américain SmartWay a également été étudié car il intègre à sa « notation » des transporteurs routiers un indice d'émissions de polluants par entreprise.

1.9.1. Les Plans de Protection de l'Atmosphère

« *Les plans de protection de l'atmosphère (PPA) définissent les objectifs et les mesures, réglementaires ou portées par les acteurs locaux, permettant de ramener, à l'intérieur des agglomérations de plus de 250 000 habitants et des zones où les valeurs limites réglementaires sont dépassées ou risquent de l'être, les concentrations en polluants atmosphériques à un niveau inférieur aux valeurs limites réglementaires* [1]».

Les PPA s'appuient sur un ensemble d'actions devant conduire à une diminution des concentrations de polluants sur la zone concernée. Plusieurs PPA ont été étudiés dans le cadre de la présente étude afin de déterminer si l'impact d'actions spécifiques en rapport avec la Charte Objectif CO_2 avait été évalué.

Après consultation des PPA Lorraine, Ile de France et Rhône-Alpes, il apparaît que la caractérisation et surtout la quantification des impacts potentiels des PPA sur les émissions de polluants du secteur du transport routier est estimée à partir d'outils plus ou moins théoriques, de modèles ou de mesures atmosphériques1. Très peu d'évaluations précises ont été effectuées sur les actions spécifiques mises en place dans le cadre des PPA. Les actions recensées dans le cadre des PPA et touchant aux TRM/TRV sont principalement :

- Mise en place d'un schéma de livraison urbaine ;
- Organisation du TRM en ville (voies de détournement, plateformes multimodales en entrée de ville, etc.) ;
- Encouragement à l'adhésion à la Charte Objectif CO_2 ;
- Réduction de la vitesse ;
- Fluidification du trafic.

L'impact de chaque action mise en place semble s'avérer difficile à évaluer, l'évolution des concentrations en polluants dans l'atmosphère étant généralement le résultat de la combinaison de plusieurs facteurs (émissions, météorologie, chimie, etc.). Si l'impact de la réduction de la vitesse est connu avec une assez bonne précision, les impacts des autres actions sont plus difficiles à évaluer, et le sont donc à travers des approches plus théoriques. On constate donc aujourd'hui que si les PPA évaluent de manière globale

[1] http://www.developpement-durable.gouv.fr/Plans-de-protections-de-l.html

l'impact des mesures mises en place, il est difficile d'en tirer des enseignements concernant l'impact d'une mesure en particulier.

D'autre part, plusieurs PPA soulignent la nécessité de disposer d'outils d'évaluation de l'impact de la Charte Objectif CO_2 afin de pouvoir intégrer l'accompagnement des transporteurs dans la Charte Objectif CO_2 dans le cadre d'un PPA.

En outre, l'accompagnement d'entreprises de transport dans la Charte Objectif CO_2 pourrait être financé par les pouvoirs publics. Cela renforce la nécessité de pouvoir justifier d'un impact positif des actions de la Charte Objectif CO_2 sur les émissions de polluants, afin de pouvoir consacrer une partie du budget consacré aux PPA à la promotion de la Charte Objectif CO_2.

1.9.2. Les dispositifs européens

Au niveau européen, les principales mesures identifiées pour réduire les émissions de polluants dans les transports de marchandises et de voyageurs sont les normes d'émissions de polluants (dites normes EURO). Ces normes fixent les limites règlementaires d'émissions de certains polluants d'un moteur. La norme en cours actuellement (2014) est la norme Euro 5 pour les VL et EURO VI pour les PL. La mise en place de ces normes[2] a permis de réduire considérablement la pollution atmosphérique des moteurs récents[3].

Il faut souligner que les tests d'homologations sont réalisés sur banc à moteur ou sur des bancs à rouleaux. Afin de passer l'homologation, le moteur est soumis à plusieurs cycles de fonctionnement correspondant à des cycles de conduite différents. Si, sur l'ensemble des cycles testés, le moteur ne dépasse pas les seuils de pollution, il est homologué. Cependant, une fois monté sur le véhicule, il est probable que le moteur ne se comporte pas de la même manière. Malgré les cycles de conduite mis en place et la certitude que ces moteurs sont moins polluants que leurs prédécesseurs, une évaluation précise de leurs émissions en conditions réelles d'utilisation reste difficile. Il faudrait donc privilégier les tests en conditions réelles (sur route, avec du matériel de mesure embarqué, et des cycles de conduite au plus proche de la réalité).

1.9.3. Les dispositifs mis en place dans certaines villes

D'autres dispositifs ont été mis en place en Europe, par des pays ou des villes.
Le péage urbain de Londres, par exemple, restreint l'accès du centre-ville aux véhicules à travers une tarification évolutive. Transport for London (le gestionnaire) estime que le péage a permis une baisse de la concentration en NO_X de 2,5% et une baisse de la concentration en particules fines de 4,2%. Ces résultats ont été obtenus à partir de mesures de l'air effectuées sur 7 points clés de la zone.

[2] Les premières normes sont apparues en 1970 pour les VL et en 1994 pour les PL.
[3] Les VLE sont réalisées à partir d'un cycle de conduite (NEDC) non réel. Il s'avère qu'en conditions réelles les diminutions d'une norme à l'autre ne sont pas aussi franches que ce que les normes annoncent. Malgré tout, les réductions dans les émissions sont effectivement là.

Dans tous les cas, les impacts d'actions spécifiques ne sont pas évalués directement. L'impact de la limitation de la vitesse de circulation (bridage) a été étudié, mais à chaque véhicule correspond un comportement : un conduite brusque ou des embouteillages peuvent annuler les effets d'une limitation de vitesse. Si on peut dire que réduire la vitesse va baisser les émissions de polluants, il est difficile d'en donner une évaluation de l'intensité.

Dans le cas d'un accès restreint à une zone (Low Emission Zones), comme à Berlin, Stockholm, ou Tokyo, on peut penser que les émissions vont diminuer proportionnellement au nombre de véhicules retirés de la circulation. La pollution circulant librement, il n'est pas non plus aisé d'évaluer cela sur une zone donnée : dans le cas du péage urbain de Londres, la concentration observée en particules reste élevée par rapport à la diminution de la circulation dans le centre-ville.

1.9.4. SmartWay

SmartWay est un dispositif d'engagement volontaire (USA & Canada) pour les transporteurs routiers et l'ensemble du secteur du transport.

Il consiste à fournir une notation aux transporteurs ainsi qu'aux chargeurs afin de mettre en avant les plus performants. Cette notation ne correspond pas à un classement puisque le transporteur obtient une note entre 0 et 1,25. Tous les transporteurs ayant 1,25 sont labellisés.

Les transporteurs transmettent leurs données d'activité (tonnes.km, consommation de carburant, taux de chargement, transport à vide, …) via un outil en ligne. Une des spécificités de Smartway est de prendre en considération les émissions de polluants dans le processus de notation.

Chaque transporteur obtient une note globale selon le niveau de ses émissions de CO_2, de NO_X, de PM et de COV. Cependant, cette note sur les polluants correspond à une grille de notation précise dépendant exclusivement de la norme des véhicules de la flotte. Smartway n'évalue donc pas les actions qui auraient pu être développées. Le tableau ci-dessous reprend les conditions pour prétendre à la labellisation d'un véhicule. Les tableaux suivants présentent les normes, les véhicules concernés, les niveaux d'émissions autorisés et les notes Smartway correspondantes. A l'échelle d'une flotte, une moyenne des notes est réalisée pour obtenir une note globale par polluant.

Tableau 10 : Les critères de labellisation Smartway des véhicules

Greenhouse Gas Score

Score	CO_2e Emission (g/mile)	Combined City/Hwy Label MPG gasoline	Combined City/Hwy Label MPG diesel
10	Less than 188	48 +	55+
9	188 to 233	39-47	44-54
8	234 to 279	33-38	37-33
7	280 to 325	28-32	32-36
6	326 to 371	25-27	28-31
5	372 to 417	22-24	25-27
4	418 to 463	20-21	22-24
3	464 to 509	18-19	20-21
2	510 to 555	17	19
1	556 and up	≤ 16	≤ 18

Air Pollution Score

Score	US EPA Tier 2 Emission Standard	California Air Resources Board LEV II Emission Standard
10	Bin 1	ZEV
9	--	PZEV
8	Bin 2	SULEV II
7	Bin 3	--
6	Bin 4	ULEV II
5	Bin 5	LEV II
4	Bin 6	LEV II option 1
3	Bin 7	--
2	Bin 8	SULEV II lg trucks
1	--	ULEV & LEV II lg trucks

Tableau 11 : Les normes d'émission américaine et la note sur les polluants associée par Smartway

Vehicle Emission Standards and Air Pollution Score

US EPA Federal Tier 2 Emission Standard Bins and California and Northeast States LEV II Emission Standards							Air Pollution Score
Standard	Vehicles	Emission Limits at Full Useful Life (100,000-120,000 miles) Maximum Allowed Grams per Mile					
		NOx	NMOG	CO	PM	HCHO	
Bin 1	LDV, LLDT, HLDT, MDPV	0.00	0.000	0.0	0.0	0.0	10
ZEV	LDV, LDET	0.00	0.000	0.0	0.0	0.0	
PZEV	LDV, LDT	0.02	0.010	1.0	0.01	0.004	9
SULEV II	LDV, LDT	0.02	0.010	1.0	0.01	0.004	8
Bin 2	LDV, LLDT, HLDT, MDPV	0.02	0.010	2.1	0.01	0.004	
Bin 3	LDV, LLDT, HLDT, MDPV	0.03	0.055	2.1	0.01	0.011	7
ULEV II	LDV, LDT	0.07	0.055	2.1	0.01	0.011	6
Bin 4	LDV, LLDT, HLDT, MDPV	0.04	0.070	2.1	0.01	0.011	
Bin 5	LDV, LLDT, HLDT, MDPV	0.07	0.090	4.2	0.01	0.018	5
LEV II	LDV, LDT	0.07	0.090	4.2	0.01	0.018	
Bin 6	LDV, LLDT, HLDT, MDPV	0.10	0.090	4.2	0.01	0.018	4
LEV II option 1	LDV, LDT	0.10	0.090	4.2	0.01	0.018	
SULEV II	MDV4	0.10	0.100	3.2	0.06	0.008	3
Bin 7	LDV, LLDT, HLDT, MDPV	0.15	0.090	4.2	0.02	0.018	
SULEV II	MDV5	0.20	0.117	3.7	0.06		2
Bin 8a	LDV, LLDT, HLDT, MDPV	0.20	0.125	4.2	0.02	0.018	
ULEV II	MDV4	0.20	0.143	6.4	0.06	0.016	
Bin 8b	HLDT, MDPV	0.20	0.156	4.2	0.02	0.018	
LEV II	MDV4	0.20	0.195	6.4	0.12	0.032	1
Bin 9a	LDV, LLDT	0.30	0.090	4.2	0.06	0.018	
Bin 9b	LDT2	0.30	0.130	4.2	0.06	0.018	
Bin 9c	HLDT, MDPV	0.30	0.180	4.2	0.06	0.018	
ULEV II	MDV5	0.40	0.167	7.3	0.06		
Bin 10a	LDV, LLDT	0.60	0.156	4.2	0.08	0.018	1
LEV II	MDV5	0.40	0.230	7.3	0.12		
Bin 11	MDPV	0.90	0.280	7.3	0.12	0.032	1

1.10. Bilan des informations manquantes

Le tableau ci-dessous présente les lacunes en termes de connaissances sur l'impact des actions de la Charte Objectif CO_2 sur les émissions de polluants. Pour chaque action, le niveau de documentation sur ce sujet ainsi que la pertinence des documents sont mentionnés. La disponibilité des informations est également résumée au niveau des catégories de véhicules. La **pertinence des sources** est évaluée à partir :

- **De la date de publication** : la plus récente est la plus pertinente ;
- **Du pays de publication** : plus le pays est similaire à la France (climat, technologie, infrastructure routière, réglementation) plus le document est pertinent ;
- **Des conditions de réalisations de l'étude** : plus les tests sont précis et en condition réelle, plus l'étude est pertinente. De la même manière, si les données ont été croisées, ou les tests réalisés sur de nombreux véhicules, la pertinence de l'étude est plus grande. Une étude très précise mais réalisée sur des véhicules particuliers est peu pertinente pour une transposition des résultats sur des poids lourds.

Comment lire le tableau ?

Niveau de documentation sur l'impact de l'action sur les émissions de polluants	
Importante	Documentation importante
Moyenne	Documentation moyenne
Faible	Documentation faible
Aucune	Documentation inexistante
Pertinence de la documentation	
Peu pertinent	Documentation peu pertinentes
Pertinent	Documentation pertinente
Très pertinent	Documentation très pertinente
Disponibilité des informations par type de véhicules	
	Impact caractérisé et quantifié
	Impact caractérisé mais non quantifié
	Impact non caractérisé
	Impact indirect sur les émissions

Tableau 12 : Bilan des informations disponibles et des lacunes par action de la Charte Objectif CO2

Fiches action	Solutions	Documentation	Pertinence des sources	Véhicules concernés par les études					
Axe Véhicule				VUL	Petit-porteur	Gros-porteur	Ensemble routier	Car	Bus
FA Véh. 1 : Modernisation et ajustement du parc à son usage	Optimisation de la puissance	Aucune							
	Choix d'une boîte de vitesse robotisée	Aucune							
	Optimisation du pont	Aucune							
FA Véh. 2 : Solution techniques de bridage de la vitesse et de coupure automatique du moteur au ralenti	Bridage de la vitesse maximale des véhicules	Importante	Très pertinent						
	Coupure automatique du moteur au ralenti	Moyenne	Très pertinent						
FA Véh. 3 : Utilisation de lubrifiants à économie d'énergie	Utilisation de lubrifiants moteur à économie d'énergie	Aucune							
FA Véh. 4 : Utilisation d'accessoires pour diminuer la résistance aérodynamique	Accessoires tracteur et cabine	Faible	Très pertinent						
	Accessoires remorque ou caisse	Faible	Très pertinent						
FA Véh. 5 : Amélioration de la maintenance des véhicules (hors pneumatique)	Mise en place d'un outil de suivi de maintenance	Aucune							
	Réalisation d'un carnet de bord destiné aux conducteurs	Aucune							
FA Véh. 6 : Gestion du parc de pneumatiques	Pneumatiques basse résistance	Faible	Pertinent						
	Recreusage et rechapage des pneumatiques								
	Gonflage des pneumatiques								
	Optimisation de la géométrie								
FA Véh. 7 : Climatisation	Climatisation évaporative	Aucune							
FA Véh. 8 : Allègement du véhicule	Allègement du véhicule	Aucune							
FA Véh. 9 : Réduction des consommations liées aux besoins autres que la traction	Optimisation de l'alimentation des équipements auxiliaires	Aucune							
FA Véh. 10 : Température dirigée: choix du système de production de froid	Définition de l'usage d'un engin pour le bon dimensionnement de son groupe frigorifique	Aucune							
	Groupes frigorifiques de transport ayant une option de biberonage	Aucune							
	Groupe frigorifique à Haute Efficacité Energétique	Aucune							
	Utilisation d'engins munis d'un groupe frigorifique cryogénique de CO2 ou d'azote liquide à injection indirecte	Aucune							
	Utilisation d'engins munis d'un groupe frigorifique cryogénique d'azote liquide à injection directe	Aucune							
	Engins réfrigérants équipés de plaques eutectiques ou d'un groupe dit à accumulation	Aucune							
FA Véh. 11: Température dirigée: choix de la caisse isotherme	Equipements et maintenance spécifiques pour réduire les pertes de froid	Aucune							
	Maintenance des équipements frigorifiques	Aucune							

Fiches action	Solutions	Documentation	Fiabilité des données	Véhicules concernés par les études					
Axe Carburant				VUL	Petit-porteur	Gros-porteur	Ensemble routier	Car	Bus
FA Carb. 1 : Choix du mode de propulsion	Stop & Start	Faible	Peu pertinent						
	Véhicules hybrides	Faible	Très pertinent						
	Véhicules électriques	Moyenne	Très pertinent						
FA Carb. 2 : Utilisation de carburants alternatifs	Utilisation du B30	Importante	Très pertinent						
FA Carb.3 : Maintien de la propreté des circuits d'alimentation et d'injection des moteurs diesel	Maintien de la propreté des circuits d'alimentation et d'injection des moteurs diesel	Aucune							
FA Carb. 4 : Amélioration du suivi des consommations	Collecte de l'information	Aucune							
	Télématique embarquée (consommation)	Aucune							
	Gestion et utilisation de l'information	Aucune							
Axe Conducteur				VUL	Petit-porteur	Gros-porteur	Ensemble routier	Car	Bus
FA Cond. 1 : Mise en place d'un programme éco-conduite	Première formation à l'éco-conduite	Moyenne	Pertinent						
	Formations régulières à l'éco-conduite								
	Système de management de la performance éco-conduite								
FA Cond. 2 : Gestes économes et de bonnes pratiques spécifiques au transport sous température dirigée	Limitation des pertes de froid lors de l'ouverture de la caisse	Aucune							
Axe Organisation des flux de transport				VUL	Petit-porteur	Gros-porteur	Ensemble routier	Car	Bus
FA Orga. 1 : Recours aux modes non routiers	Recours au transport combiné mer-route	Moyenne	Très pertinent						
	Recours au transport combiné Fleuve-Route								
	Recours au transport combiné Rail-Route								
FA Orga. 2 : Outils informatiques d'optimisation des trajets	Outils de création de plans de transport	Aucune							
	Outils de géolocalisation des véhicules	Aucune							
FA Orga. 3 : Optimisation du chargement des véhicules	Optimiser le ratio volume/poids des chargements	Importante	Très pertinent						
	Mutualiser le transport entre plusieurs clients								
	Utilisation d'un double plancher								
	Utiliser un logiciel d'amélioration du coefficient de chargement								
	Remorque avec caisse mobile routière								
	Contre-flux								
	Remplacement d'un véhicule frigorifique standard par un véhicule multi-températures								
FA Orga. 4 : Travail collaboratif avec les clients pour une meilleure optimisation	Informations sur les émissions de CO_2 des prestations de transport	Aucune							
	Partager un plan de transport commun avec le client	Aucune							
	Modification de la palettisation	Aucune							
	Mise en place de rendez-vous	Aucune							
FA Orga. 5 : Sensibilisation des sous-traitants routiers	Informer ses sous-traitants sur les bonnes pratiques à adopter	Aucune							
	Proposer l'utilisation d'indicateurs de suivi des performances	Aucune							
	Proposer l'adhésion à la Charte Objectif CO_2	Aucune							
FA Orga. 6 : Optimisation du transport de marchandises en ville	Schémas logistiques optimisés pour la livraison urbaine	Aucune							

Actions spécifiques TRV									
Fiches action	Solutions	Documentation	Fiabilité des données	Véhicules concernés par les études					
Axe Véhicule				VUL	Petit-porteur	Gros-porteur	Ensemble routier	Car	Bus
FA Véh. 2 : Bridage des véhicules	Bridage de l'accélération	Aucune							
FA Véh. 4 : Optimisation des consommations liées aux services aux passagers	Raccordement au réseau électrique lors des phases de stationnement	Aucune							
FA Véh. 5 : Amélioration de la maintenance des véhicules (hors pneumatique)	Formation / sensibilisation à la maintenance spécifique	Aucune							
	Analyse d'huile du moteur (maintenance conditionnelle)	Aucune							
FA Véh. 7 : Optimisation du système de gestion de la température de l'habitacle	Gestion bi-zones de la température	Aucune							
	Système de gestion de la température alternatif et plus efficace	Aucune							
Axe Carburant				VUL	Petit-porteur	Gros-porteur	Ensemble routier	Car	Bus
FA Carb. 2 : Utilisation de carburants alternatifs	Utilisation du GNV/biogaz	Faible	Très pertinent						
Axe Conducteur				VUL	Petit-porteur	Gros-porteur	Ensemble routier	Car	Bus
FA Cond. 2 : Optimisation de la gestion de la température	Optimisation de l'utilisation de la climatisation et du chauffage	Aucune							
Axe Organisation et management				VUL	Petit-porteur	Gros-porteur	Ensemble routier	Car	Bus
FA Orga. 1 : Amélioration de la gestion des trajets	Outils d'optimisation d'itinéraires	Aucune							
	Outils de géolocalisation	Aucune							
FA Orga. 2 : Actions d'information et de sensibilisation des voyageurs	Informations sur la mobilité	Aucune							
	Informations sur les émissions de CO_2 du transport de voyageurs	Aucune							
FA Orga. 3 : Travail collaboratif entre l'exploitant et l'AOT pour optimiser le réseau de transport public	Propositions d'amélioration du réseau de transport public	Aucune							
	Mise en place de critères de performance environnementale par les AOT	Aucune							
	Remontée d'information environnementale aux AOT	Aucune							
FA Orga. 4 : Actions propres à l'AOT pour une optimisation du réseau de transport public	Développement d'une offre de transport à la demande	Aucune							
	Priorité aux feux	Aucune							
	Voies dédiées	Aucune							
	Passage au cadencement des bus	Aucune							
	Amélioration des infrastructures inter-modales	Aucune							
FA Orga. 5 : Amélioration de la gestion de l'environnement de l'entreprise	Formation du management	Aucune							
	Suivi des consommations d'énergie	Aucune							
	Amélioration de la gestion du papier	Aucune							

1.11. Des axes de recherches à encourager

Il ressort de cette analyse que des recherches restent indispensables afin de compléter les connaissances sur plusieurs actions et leurs impacts sur les émissions de polluants. L'analyse bibliographique n'a pas toujours permis de quantifier l'impact de certaines actions.

Ainsi, les actions concernant la gestion de la température dirigée sont très peu documentées quant à leur impact sur les émissions de polluants. Les actions de la charte « Objectif CO2 » concernant la maintenance des véhicules disposent également de peu d'information. Il est donc difficile de déterminer de manière précise l'impact de ces actions sur les émissions de polluants. Des recherches complémentaires seraient à effectuer.

Un approfondissement des connaissances sur l'action « optimisation du pont » ou « boîte de vitesse robotisée » est également à envisager car ces actions sont fréquemment choisies par les transporteurs adhérents à la Charte Objectif CO_2.

Concernant le volet organisationnel, les actions d'optimisation des flux et du chargement des véhicules ont un impact direct et facilement quantifiable sur les émissions de polluants, puisqu'elles contribuent à réduire le nombre de camions sur les routes.

Pour résumer, les principales actions sur lesquelles il serait judicieux d'effectuer des actions de recherche sont :

- Modernisation et ajustement du parc à son usage
- Utilisation de lubrifiants à économie d'énergie
- Maintenance
- Climatisation
- Température dirigée
- Allègement du véhicule

Ces actions de recherche peuvent être effectuées à partir de tests en conditions réelles de circulation grâce à du matériel embarqué.

1.12. Conclusions

S'il apparaît très probable que la Charte Objectif CO_2 a des effets bénéfiques pour la qualité de l'air, l'estimation quantitative des gains en émissions de polluants n'est pourtant pas immédiate.

En effet, la variation des émissions de polluants (Particules, NOX, COV, …) n'est pas proportionnelle à la variation des émissions de CO_2. Une déduction de l'impact des actions de la Charte Objectif CO_2 sur les émissions de polluants ne peut donc pas être effectuée à partir des seules indications d'évolution des émissions de CO_2.

Les actions identifiées comme ayant le plus fort impact sur les émissions de polluants sont liées à la modification du mode de propulsion du véhicule. Le passage à l'électrique ou au GNV fait ainsi quasi disparaître les rejets de polluants.

A une échelle plus organisationnelle, l'optimisation du chargement des véhicules permet de diminuer le nombre de véhicules en circulation pour un tonnage transporté identique. Les émissions de polluants sont également fortement impactées.

Enfin des mesures comme le bridage de la vitesse, l'éco-conduite ou encore la diminution de la résistance aérodynamique du véhicule contribuent à optimiser le rendu du moteur et diminuent donc les émissions de polluants pour une vitesse constante.

Les modes non routiers quant à eux nécessitent des études localisées adaptées au trajet envisagé (les impacts ne seront pas les mêmes pour du fret fluvial sur le Rhône ou sur la Seine).

Cette partie de l'étude a permis de réaliser un état des lieux des études sur le sujet. La principale difficulté a été d'obtenir des données précises pour chaque action et pour chaque type de véhicule/motorisation.

2. DEUXIEME PARTIE : Calcul de l'évolution des émissions de polluants de transporteurs routiers

Suite à une première partie d'étude documentaire et théorique, le groupement a proposé à l'ADEME une évaluation de l'impact de chaque action de la Charte Objectif CO_2, sans pouvoir cependant quantifier précisément les réductions engendrées par la mise en place des actions.

Un outil a donc été élaboré afin de calculer précisément, à partir des facteurs d'émissions COPERT, les émissions de polluants d'une flotte de véhicules, d'une année à l'autre. Cet outil permet de confronter l'étude réalisée en première partie avec l'évolution « réelle » des émissions.

Cette partie présente les résultats de la phase d'expérimentation de l'outil et leur confrontation avec les résultats obtenus lors de l'étude documentaire et théorique de la première partie.

2.1. Développement d'un outil d'évaluation des émissions d'une flotte

Il s'avère qu'une évaluation de la Charte Objectif CO_2 dans son ensemble (sans détail action par action) donnerait un résultat plus précis que l'analyse de chaque action séparément. Il est en effet possible de s'appuyer sur la méthodologie COPERT pour évaluer la variation des émissions de polluants à l'échelle d'une flotte, en fonction de sa consommation de carburant, son tonnage transporté, le type de véhicules, etc. Cette solution présente des failles, mais elle représente la meilleure solution disponible à ce jour. Au final la modélisation permet d'évaluer l'impact de l'adhésion à la Charte Objectif CO_2 sur les émissions de polluants d'un transporteur routier.

Afin d'obtenir une évaluation la plus réaliste possible de la mise en place des actions de la Charte Objectif CO_2 sur les émissions de polluants, un outil de calcul basé sur les équations de la méthodologie COPERT [30], [31] a été élaboré.

Cet outil ne permet pas d'estimer action par action les impacts sur les émissions de polluants, mais permet de connaitre de manière globale les émissions de polluants en lien avec les données fournies par les transporteurs lors du rapportage annuel des consommations de carburant dans le cadre de la Charte Objectif CO_2.

Cet outil permet donc de connaitre, sur le même périmètre que les émissions de CO_2, les gains potentiels en émissions de polluants.

Le principe de calcul est le suivant :

Par type de transport (marchandises ou voyageurs), de véhicule (VUL, PL, Bus et Cars), par motorisation (essence, diesel, B30, GNV) et par catégorie (tranche de PTAC), l'utilisateur donne les informations concernant le nombre de véhicules de sa flotte, le kilométrage annuel moyen, l'utilisation des différents réseaux (urbain, route et autoroute) ainsi que les vitesses moyennes sur ces différents réseaux et enfin le taux de chargement massique annuel moyen.

Les facteurs d'émissions (en g/veh.km) sont estimés à partir des vitesses moyennes, des taux d'utilisation des réseaux ainsi que des taux de chargements des véhicules (dans le cas des PL). Ces facteurs d'émissions sont multipliés par le trafic par catégorie de véhicules (nombre de véhicules par kilométrage annuel moyen) pour fournir les émissions. Les émissions totales sont obtenues en sommant les émissions par catégorie de véhicules. Des indicateurs de performance sont alors déduits en divisant les émissions par le trafic total ou les tonnes.kilomètres totales.

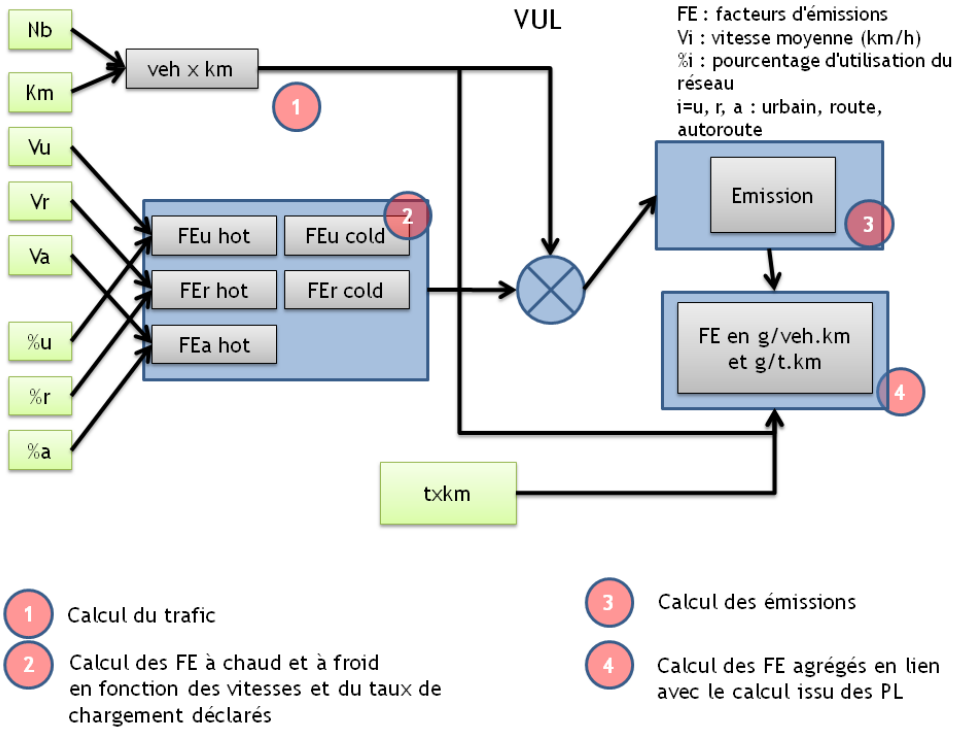


Figure 6 : Principe de calcul des émissions par les VUL

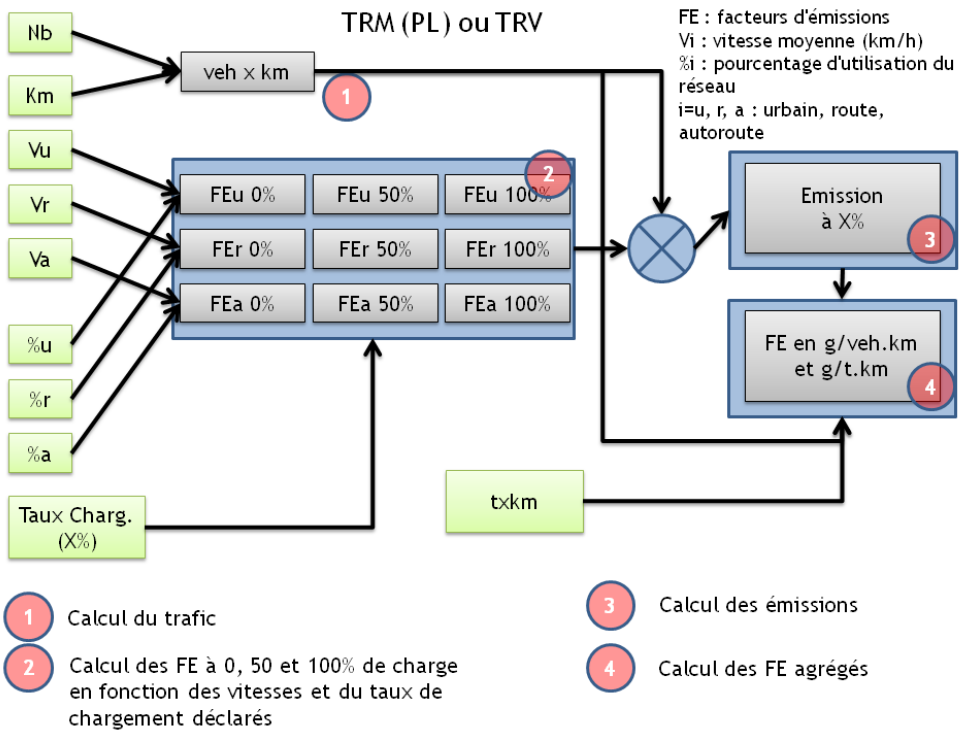


Figure 7 : Principe de calcul des émissions par les PL, Bus et cars

En fonction des données saisies, l'outil calcule les émissions et les facteurs d'émission pour le transport routier de marchandises (TRM) ou le transport routier de voyageurs (TRV).

Calcul des émissions pour le transport routier de marchandises (Poids lourds et VUL)

	NOx	PM	COV	Veh x km	t x km
Total	4.70 t	0.05 t	0.06 t	985 694	5 913 414
Total par km	4.76 g	51.81 mg	62.53 mg		
Total par t.km	0.79 g	8.64 mg	10.42 mg		

type_veh	carburant	norme	Nb	km	Pourc_U	Pourc_R	Pourc_A	V_U	V_R	V_A	conso	Taux_charg	l/100km	NOx	PM	COV
Camion 14 t - 20 t	diesel - pompe	Pre-EURO											-	-	-	-
		EURO I											-	-	-	-
		EURO II											-	-	-	-
		EURO III											-	-	-	-
		EURO IV	3	80276	5	94	1	21	57	80	60829	67	22.12	0.88	0.01	0.01
		EURO V - EGR											-	-	-	-
		EURO V - SCR											-	-	-	-
		EURO VI											-	-	-	-
Tracteur routier 40 t - 50 t	diesel - pompe	Pre-EURO											-	-	-	-
		EURO I											-	-	-	-
		EURO II											-	-	-	-
		EURO III	1	43990	9	91		16	43		13869	85	52.44	0.51	0.01	0.02
		EURO IV	7	51318	6	84	10	18	57	83	124517	70	40.74	2.30	0.02	0.02
		EURO V - EGR											-	-	-	-
		EURO V - SCR	5	68330	4	88	9	17	58	81	105191	57	30.79	1.00	0.02	0.01
		EURO VI											-	-	-	-

Figure 8 : Type de calcul des émissions pour le TRM

2.2. Analyse transversale des tests effectués auprès des transporteurs étudiés via l'outil

2.2.1. Les émissions de polluants

Sur le global des 10 entreprises étudiées, on observe une forte diminution des émissions de polluants entre 2012 et 2013. Cependant, on remarque que le résultat en valeur absolue est très largement influencé par deux entreprises, totalisant un grand nombre de véhicules, et dont la flotte s'est considérablement réduite entre ces deux années du fait d'un repositionnement de l'activité vers une part plus grande d'affrètement.

Si l'on reconsidère ces résultats en absolu sans inclure ces deux entreprises, on observe alors des émissions en hausse légère (sauf en ce qui concerne les COV), synonymes d'une augmentation de l'activité de transport.

L'analyse de l'évolution des émissions en absolu ne permettant pas de déboucher sur des conclusions significatives, il semble préférable de se concentrer sur l'évolution des ratios par km ou t.km.

Si on analyse l'évolution de ces indicateurs auprès des transporteurs étudiés, on remarque une baisse significative des ratios d'émissions :

Tableau 13 : Evolution des émissions de polluants par kilomètre entre 2012 et 2013 dans les entreprises considérées

	NOx	PM	COV
Moyenne de l'évolution des émissions de polluants par km	-5,69 %	-3,37 %	-17,40 %

Sur l'ensemble des transporteurs étudiés, on peut conclure à une diminution des émissions de polluants par kilomètre parcourus pour l'ensemble des polluants considérés. Les diminutions de COV sont particulièrement importantes avec une baisse de 17,40% entre 2012 et 2013.

Si l'on considère l'évolution des émissions de polluants par tonne.kilomètre (indicateur plus à même de refléter une hausse de la performance de la flotte), on obtient également des résultats dans l'ensemble positifs :

Tableau 14 : Evolution globale des émissions de polluants par t.km entre 2012 et 2013 dans les entreprises considérées

	NOx	PM	COV
Moyenne de l'évolution des émissions de polluants par t.km	-4,57 %	+0,34 %	-14,91 %

On observe que les émissions par t.km de PM sont en légère augmentation en moyenne sur l'ensemble des transporteurs. Cette donnée est à considérer avec précaution puisque les évolutions en t.km des indicateurs d'émissions de PM varient beaucoup entre les transporteurs étudiés. Ainsi, on observe une réduction maximale de -16,4% et une augmentation maximale de +12,8%.

La mise en place des actions de la charte associée au renouvellement de la flotte de véhicules a donc bien un impact positif sur la performance environnementale des véhicules des entreprises étudiées. Ce gain de performance est particulièrement visible avec l'indicateur g.CO2/km.

2.2.2. Les actions de la charte retenues par les transporteurs

Les transporteurs ne retiennent pas tous les mêmes actions, même si certaines sont récurrentes.
En analysant par axe, les actions les fréquences des actions retenues (nombre de transporteurs ayant retenu ces actions) sont les suivantes:

Tableau 15 : Classement des actions les plus retenues par les transporteurs étudiés, par axe

Actions de l'axe « véhicule »	Nb
Boite de vitesse robotisée	8
Gonflage des pneumatiques	5
Optimisation du pont	3
Mise en place d'un outil de suivi de la maintenance	3
Réalisation d'un carnet de bord destiné aux chauffeurs	2
Achat de véhicules de normes EURO supérieures	2
Lubrifiants à économie d'énergie	1
Bridage de la vitesse maximale des véhicules	1
Optimisation des pneumatiques	1
Optimisation de la puissance	1
Optimisation de la géométrie	1

Action de l'axe « carburant »	Nb
Collecte de l'information	5
Gestion et utilisation de l'information	3
Utilisation du GNV	3
Amélioration et suivi des consommations	1
Produits auxiliaires de combustion	1
Véhicules hybrides	1
Télématique embarquée	1
Stop & Start	1

Actions de l'axe « conducteur »	Nb
Première formation à l'écoconduite	6
Formations régulières à l'écoconduite	5
Système de management de la performance éco-conduite	3
Limitation de l'usage du moteur à l'arrêt	1

Actions de l'axe « organisation »	Nb
information sur les émissions de CO2 des prestations de transport	5
Contreflux	2
Suivi des consommations d'énergies	2
informer ses sous-traitants sur les bonnes pratiques à adopter	2
Outil de géolocalisation des véhicules	2
utilisation d'un double plancher	2
Amélioration de la gestion des trajets	1
Amélioration de la gestion du papier	1
Optimiser le ratio poids/volume des chargements	1
Négocier avec les clients de mesures permettant une meilleure optimisation des trajets	1
Proposer l'adhésion à la charte CO2	1
Recours aux modes non routiers	1

Les actions principalement retenues par les transporteurs sont donc :

- **Boites de vitesses robotisée**s (8 transporteurs) : action classée comme réduisant potentiellement les émissions de polluants, mais pour laquelle on manque de documentation. Des actions de R&D seraient donc à envisager puisqu'il s'agit d'une action récurrente chez les transporteurs de la charte ;
- **Première formation à l'écoconduite** (6 transporteurs) : classée comme une action réduisant les émissions de polluants, mais de manière moindre qu'un suivi régulier de l'écoconduite ;
- **Gonflage des pneumatiques** (5 transporteurs) : classée comme une action ayant un faible impact sur les émissions de polluants ;
- **Collecte de l'information** (5 transporteurs) ; cette action a été classée comme ayant un impact indirect sur les émissions de polluants du fait de son caractère organisationnel ;
- **Formation régulières à l'écoconduite** (5 transporteurs) : classée comme une des actions de la charte réduisant le plus les émissions de polluants (Voir analyse théorique) ;
- **Information sur les émissions de CO2 des prestations de transport** (5 transporteurs) : ayant a priori peu d'impact sur les émissions de polluants, si ce

n’est une plus grande prise de conscience des clients des émissions associées au transport de leurs marchandises.

En conclusion, six actions rencontrent un réel succès auprès des transporteurs étudiés dont les actions d’éco-conduite, de maintenance des pneumatiques et l’investissement dans des boites de vitesses robotisées (souvent associé au renouvellement d’un véhicule). Des actions supplémentaires de R&D peuvent donc être envisagées en priorité sur ces actions. Cette R&D permettra, selon les conclusions obtenues en termes d’impact sur les émissions de polluants, de statuer sur la nécessité (ou pas) d’appuyer leur développement, auprès des entreprises signataires de la Charte objectif CO_2.

Conclusion

Dans l'ensemble, les données obtenues à partir de l'outil de calcul confirment les impacts déterminées lors de la première partie de l'étude.

On remarque une très forte cohérence entre les prévisions que l'on peut faire à partir des actions retenues par les transporteurs, du périmètre visé par l'action, ainsi que de son état d'avancement, et les résultats obtenus.

L'une des actions ayant généralement le plus fort impact sur les émissions de polluants est le renouvellement de la flotte (passage à une norme EURO supérieure), mais des actions comme l'éco-conduite, ou la mise en place de boîtes de vitesses robotisées, ont également des impacts.

La phase de test de l'outil auprès des entreprises de transport retenues a fait ressortir des cas intéressants, comme celui d'une société, qui voit ses émissions de NOx et de COV diminuer entre les deux périodes considérées, mais dont les émissions de PM augmentent. Cela peut s'expliquer par le renouvellement de la flotte en EURO V, et par l'activité de l'entreprise (transport interurbain et livraison urbaine). En effet, la norme EURO V émet en général moins de PM que la norme EURO IV, sauf à basse vitesse. La rencontre de ces deux facteurs, renforcée par une hausse des consommations unitaires (en l/100km) par l'entreprise entre 2012 et 2013, produit une perte de performance de l'entreprise en ce qui concerne les émissions de PM.

Ce cas montre bien que si le calcul de l'outil fourni des données fiables, il faut interpréter ces dernières en prenant en considération l'activité de l'entreprise et son évolution.

L'outil est cependant tout à fait apte à être utilisé pour se rendre compte de l'impact des efforts (les actions de la Charte Objectif CO_2 choisies par les entreprises) sur les émissions de polluants. L'outil et ses résultats peuvent également venir conforter les pouvoirs publics dans le déploiement de la Charte Objectif CO_2, outil de réduction des émissions de CO_2, mais également de polluants à condition d'obtenir les données complémentaires nécessaires aux calculs des émissions.

3. ANNEXE : Détail des sources par action

Pour rappel : la pertinence des documents est évaluée à partir :

- **De la date de publication** : la plus récente est la plus pertinente ;
- **Du pays de publication** : plus le pays est similaire à la France (climat, technologie, infrastructure routière, réglementation) plus le document est pertinent ;
- **Des conditions de réalisation de l'étude** : plus les tests sont précis et en condition réelle, plus l'étude est pertinente. De la même manière, si les données ont été croisées, ou les tests réalisés sur de nombreux véhicules, la pertinence de l'étude est plus grande. Une étude très précise mais réalisée sur des véhicules particuliers est donc peu pertinente pour une transposition des résultats sur des poids lourds.

	CO_2	NO_X	PM	COV
FA Véh. 2 : Bridage de la vitesse	++	++	+	+

Description : Le bridage de la vitesse consiste à limiter / bloquer la vitesse du véhicule à une valeur maximale donnée. Cette valeur doit offrir un meilleur compromis entre la consommation et les contraintes d'exploitation (délais de livraison). La vitesse doit être définie au km/h près, en général entre 80 et 90 km/h pour les poids-lourds et à 110 km/h pour les VUL.

Processus concernés : Modification du type de conduite / Modification de la vitesse de croisière

Sources

[1] Vermeulen, R. J., 2006, The effects of a range of measures to reduce the tail pipe emissions and/or the fuel consumption of modern passenger cars on petrol and diesel, TNO report, TNO	Pertinence moyenne

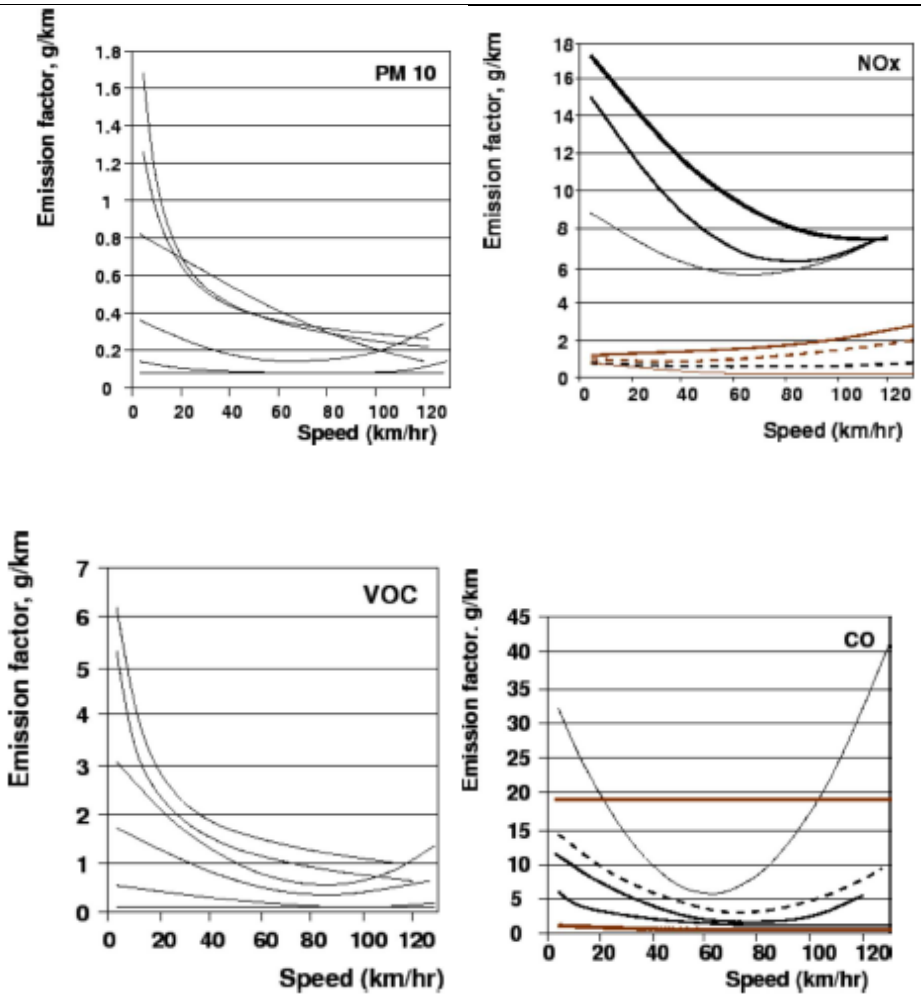
Bien que cette étude porte sur les véhicules particuliers, elle permet, à travers différents tests effectués sur banc avec cycles de conduite, de démontrer qu'une réduction de la vitesse de 100km/h à 80km/h permet de réduire les émissions de NO_X de 24 à 45% pour un véhicule diesel, à distance parcourue égale.

[4] Rakha H. & Ding Y., +/- 2005, Impact of Stops on Vehicle Fuel Consumption and Emissions, Virginia Tech, http://filebox.vt.edu/users/hrakha/Publications/Impact%20of%20Stops%20on%20Vehicle%20Emissions%20-%20Ver2.0.pdf	Pertinence élevée

L'un des objectifs de cette étude a consisté en des tests sur 5 VP et 3 poids lourds, sur route, dans des conditions de conduite différentes. 301 trajets ont été enregistrés par du matériel embarqué. L'étude montre une légère augmentation des émissions de NO_X au-dessus de 30km/h.
Les émissions de CO_2 sont les plus faibles à 80 km/h, pour les hydrocarbures, la vitesse optimale est de 55km/h, au-delà les émissions augmentent proportionnellement à la vitesse. Les émissions de NO_X suivent une courbe en U, avec un maximum d'émission à 120km/h.
Pour exemple, un passage de la limite de vitesse de 90 à 106 km/h provoque une hausse faible de la consommation de carburant (1%), mais une forte hausse des émissions de NO_X (100%) de HC (50%) et de CO (100%). La vitesse qui permet les meilleures performances sur l'ensemble des polluants se situe entre 60 et 80 km/h.

[5] Mathew T.V., 2014, Fuel Consumption and Emission Studies, Lecture notes in Traffic Engineering And Management, Inde, http://www.civil.iitb.ac.in/~vmtom/1111_nptel/583_FuelEmi/plain/plain.html	Pertinence élevée

Ce document regroupe des graphiques présentant la relation entre le taux d'émission de polluants et la vitesse du véhicule (type poids lourd) :



On sait que pour le CO_2, l'optimum se situe à 70 km/h, celui des polluants se situe à peu près au même niveau (70-80 km/h).

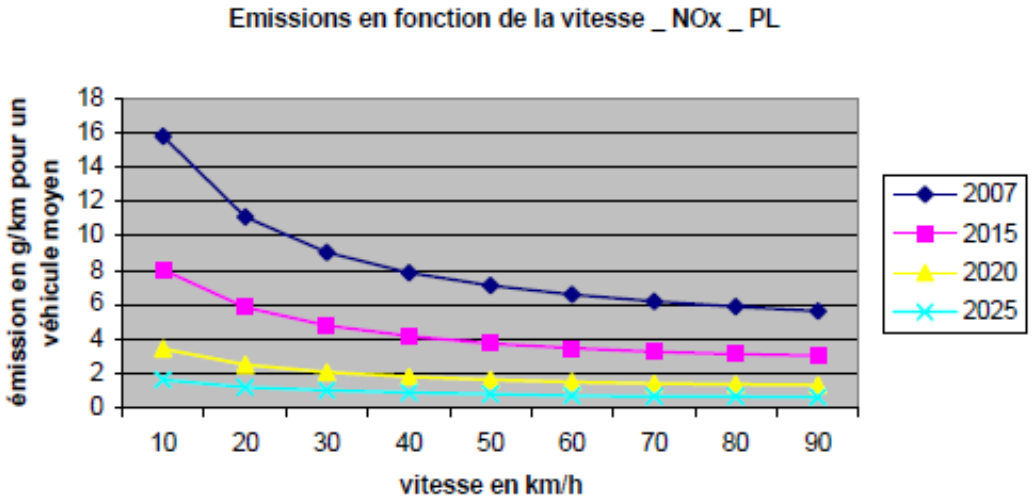
[6] Panis et al., 2006, Modelling instantaneous traffic emission and the influence of traffic speed limits", Science of the Total Environment 371, 270–285, http://www.its.leeds.ac.uk/software/dracula/downloads/Paper3-STOTEN9537.pdf	Pertinence élevée

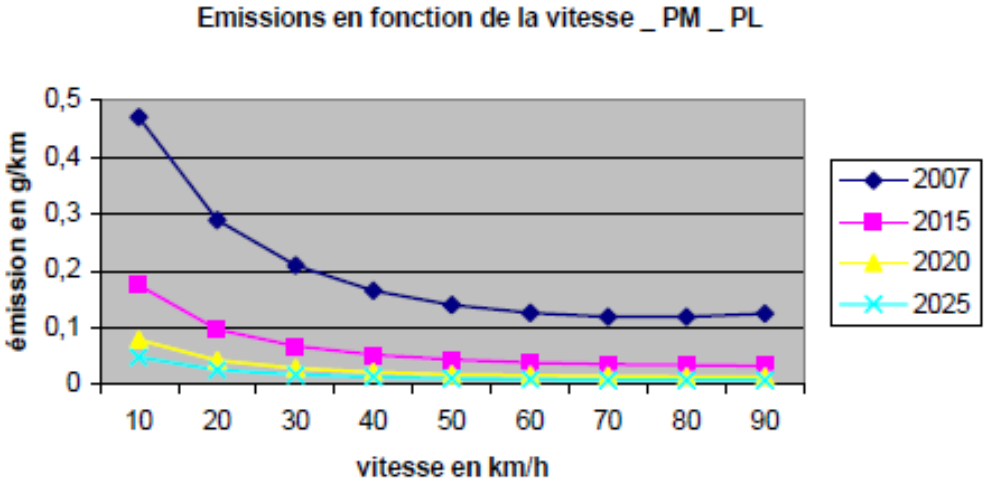
Cette étude a pour but de conduire à une méthodologie de modélisation du trafic afin d'optimiser la vitesse des véhicules en fonction du trafic. Le modèle repose sur des valeurs de variables obtenues à partir de tests sur 25 véhicules, dont 2 camions EURO II ainsi que 6 bus diesel EURO I et II. Les émissions de polluants augmentent à vitesses élevées, même si le principal facteur de surémission de polluants est l'accélération. Une limitation de la vitesse doit donc prendre en compte la fluidité du trafic afin de réduire les phases de ralentissement et d'accélération.

[7] SETRA, 2009, Emissions routières de polluants atmosphériques, http://catalogue.setra.fr/documents/Cataloguesetra/0005/Dtrf-0005666/DT5666.pdf	Pertinence élevée

Le document présente la méthodologie COPERT et les résultats obtenus suite à la réalisation de nombreux tests (en vue d'établir les facteurs d'émission COPERT).

Depuis EURO IV les émissions de polluants diminuent avec l'augmentation de la vitesse (jusqu'à 90km/h). Les graphiques ci-dessous présentent les courbes d'émissions des différents polluants, en fonction de la vitesse, par classe de poids lourds.

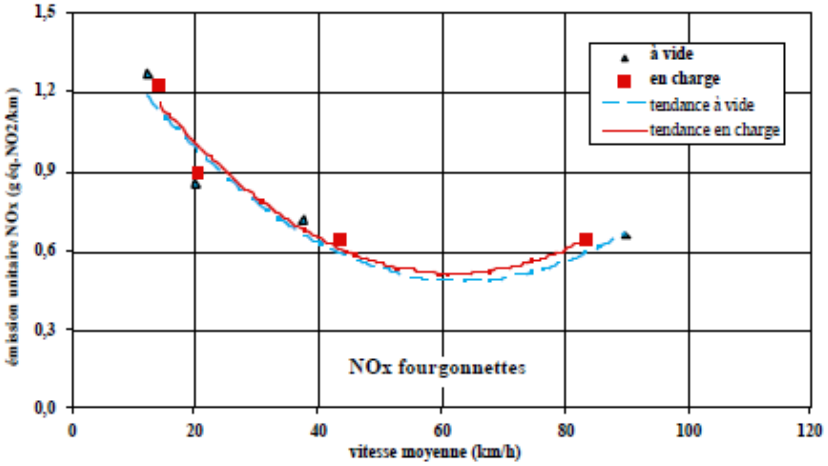


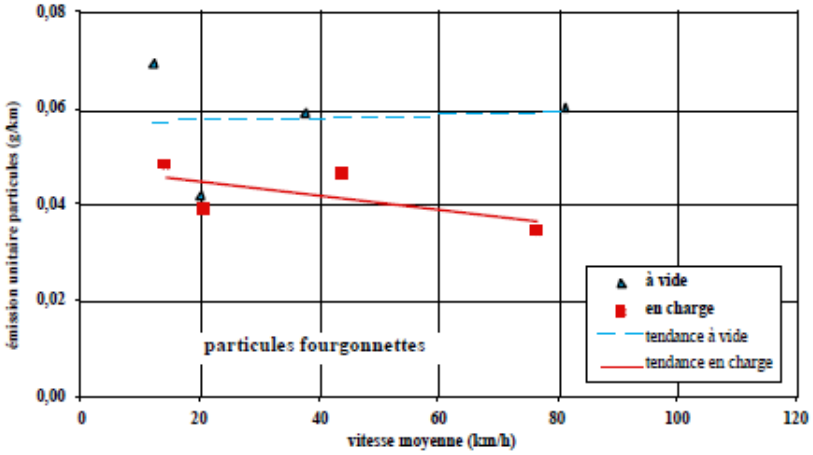


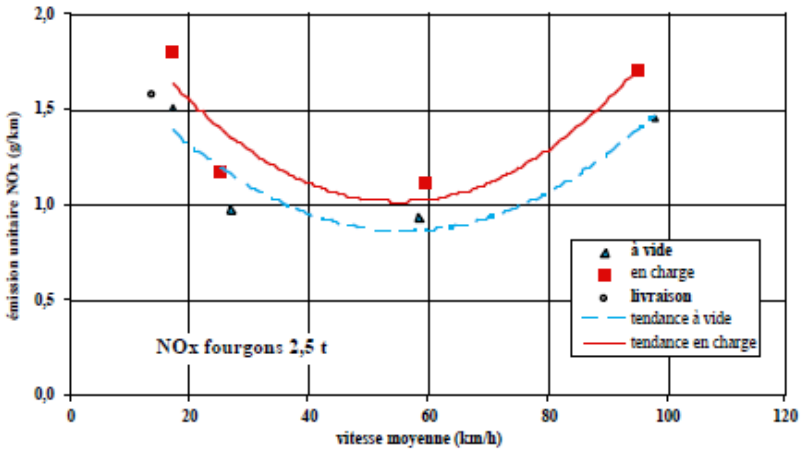
Les autres polluants, comme le CO et les COV suivent une courbe similaire. Si un bridage du véhicule ne semble pas nécessaire à la vue de ces courbes (plus la vitesse augmente, moins le véhicule pollue), on voit qu'une vitesse de 80 km/h permet une bonne performance en niveaux d'émission de polluants.

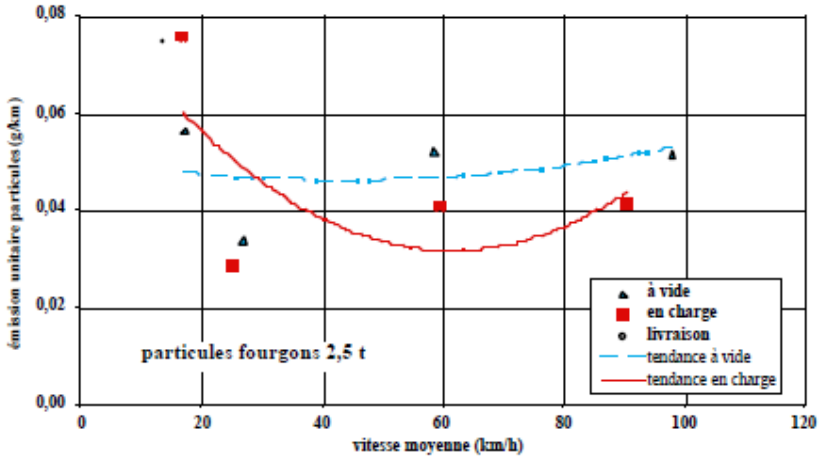
[10] ADEME, 2005, Technologies EURO et impacts sur les émissions de GES, émissions de polluants,	Pertinence faible
Le document, qui repose sur plusieurs études de l'ADEME, positionne l'optimum des émissions à 60 km/h. Après 80/90 km/h, les émissions augmentent. Ce document repose sur des sources pour l'ensemble anciennes. Sa pertinence est donc limitée dans le cadre précis de cette étude.	
[11] Joumard R. et al, 2001, Émissions unitaires de polluants des véhicules utilitaires légers, INRETS, Rapport n° LTE 0101, http://www.inrets.fr/ur/lte/publications/publications-pdf/Joumard/rapport_LTE_0101.pdf	Pertinence élevée

Etude portant sur les VUL diesel. 209 tests réalisés sur 27 véhicules et selon six à neuf cycles de conduite. Les résultats font ressortir une fonction décroissante entre émissions de CO et HC et vitesse (avec un plateau bas entre 70 et 100 km/h), et une courbe en U pour les émissions de NO_X. Le minimum des émissions de NO_X est très marqué à 50 km/h pour les 2,5 et 3,5t, et un peu moins pour les <2,5t, à 60 km/h.









[12] Atmo PACA, 2007, Les émissions dues aux transports routiers, http://www.atmopaca.org/files/et/081105_AtmoPACA_note_synthese_transport_colloque_ORT.pdf	Pertinence moyenne

Cette étude utilise la méthodologie COPERT pour déterminer les émissions de différents types de véhicules dans des conditions particulières.
Les émissions décroissent avec la vitesse jusqu'à 60/80 km/h, puis augmentent proportionnellement à la vitesse.

[18] Panis L. I., et al, 2011, PM, NO_X, and CO_2 emission reductions from speed management policies in Europe, Transport Policy, Volume 18, Issue 1, Pages 32–37, http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0967070X10000739	Pertinence moyenne
L'étude s'est attachée, à travers une modélisation COPERT, à évaluer l'impact des réductions de vitesse en milieu urbain et sur autoroute. Pour les VUL, une baisse de la vitesse entraîne une hausse sensible des COV, une légère baisse des NO_X et une très nette baisse des PM. Pour les poids lourds, les variations des émissions de NO_X et de PM sont très dépendantes du PTAC[4].	
Enseignements	
Si l'on fait l'hypothèse que les VUL réagissent généralement comme des VP en termes d'émissions, on peut déduire des sources présentées qu'un bridage de la vitesse autour de 80 km/h a un effet bénéfique sur les émissions de PM, NO_X et COV. 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.	
Catégories de véhicules	
VUL, petit-porteur, gros-porteur, ensemble routier.	
Lacunes	
Les sources identifiées permettent de connaître avec une bonne précision l'effet de la vitesse sur les émissions de polluants. Il serait cependant intéressant de pousser la recherche sur les VUL et dans une différenciation des effets par types de véhicules (petit porteur, porteur, semi-remorque, bus). La vitesse moyenne est une première approche. Des études donnant les émissions en fonction du couple vitesse/accélération seraient plus précises.	

[4] PTAC : Poids Total Autorisé en Charge

	CO_2	NO_X	PM	COV
FA Véh. 2 : Coupure automatique du moteur au ralenti	+	(+)	(+)	(+)

Description : Cette action 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.

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

Processus concernés : Modification du type de conduite, Temps de fonctionnement moteur / temps total d'utilisation du véhicule.

Sources

[8] Lim H., 2002, Study of Exhaust Emissions from Idling Heavy-Duty Diesel Trucks and Commercially Available Idle-Reducing Devices", EPA, http://nepis.epa.gov/Adobe/PDF/P10033E3.PDF	Pertinence moyenne

Tests menés sur des poids lourds à l'arrêt afin d'étudier leurs émissions de polluants et GES. L'étude montre que des outils comme l'APU (Unité auxiliaire d'énergie) ou un DFH (Diesel direct fired heater) réduisent considérablement les émissions de polluants (autour de 90% de réduction).

[14] Zietsman J. et al, 2003, HDV idling emissions, Texas Transportation Institute, http://www.tceq.texas.gov/assets/public/implementation/air/am/contracts/reports/mob/HDDV_Idle_Activity_and_EI_Phase1-tti.pdf	Pertinence élevée

Cette étude avait pour objectif de déterminer les émissions de CO_2 et de polluants de semi-remorques. Il est estimé au début de cette étude que les véhicules passent de 1500 à 3000 heures par an en fonctionnement à l'arrêt. Utiliser des technologies alternatives pour faire fonctionner les auxiliaires est une stratégie intéressante car elle n'oblige pas à faire tourner le moteur du camion.

[24] EPA, 2010, Smartway international workbook, http://www.epa.gov/smartway/forcountries/documents/smartway-international-workbook.pdf	Pertinence élevée

La réduction des temps de fonctionnement du moteur lorsque le véhicule est à l'arrêt permet d'agir sur les émissions de polluants (NO_X, PM et COV). L'arrêt du moteur entraîne une réduction des émissions de NO_X et PM.
Des technologies peuvent venir remplacer le moteur pour faire fonctionner les auxiliaires (le chauffage de la cabine par exemple), comme un système à batterie pour les arrêts, un système de chauffage indépendant, un APU, …

Enseignements

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 NO_X, PM et COV sont proportionnels au temps passé à l'arrêt.

Catégories de véhicules
Petit-porteur, gros-porteur, ensemble routier.
Lacunes
Pas d'études européennes sur le sujet. Il serait intéressant d'étudier les économies réalisées sur les véhicules européens équipés d'un système de coupure automatique du moteur au ralenti. Il faudrait également étudier la question selon le type de véhicule.

	CO_2	NO_X	PM	COV
FA Véh. 4 : Utilisation d'accessoires pour diminuer la résistance aérodynamique	+ +	+ +		

Description : 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).

Processus concernés : Diminution des forces de résistance au mouvement, variation du poids.

Sources

[[24] EPA, 2010, Smartway international workbook, http://www.epa.gov/smartway/forcountries/documents/smartway-international-workbook.pdf	Pertinence moyenne

Ce document présente les résultats de tests sur véhicules dans le cadre du programme SmartWay porté par l'Agence pour la Protection de l'Environnement américaine (EPA). Le document souligne que l'augmentation de l'aérodynamique du véhicule permet de réduire les émissions de CO_2, ainsi que les émissions de NO_X.

[25] EPA, 2006, Fuel Economy improvement and NO_X reduction by reduction of parasitic losses: effect of engine design, http://www.epa.gov/smartway/forpartners/documents/sae-reports/fuel-economy-improvements.pdf	Pertinence élevée

Cette étude reprend les résultats d'une étude plus ancienne et les compare à de nouveaux résultats de tests. Les émissions de NO_X, CO_2, CO et HC sont mesurées par un outil portatif posé sur 2 véhicules de type poids lourds de classe 8. Le test est effectué en extérieur, sur circuit.
L'expérience évalue l'impact de l'aérodynamique du véhicule sur ses consommations. Les résultats donnent jusqu'à 10% d'économie de carburant, et jusqu'à 20% de réduction de NO_X. Les émissions de PM ne sont pas évoquées.

Enseignements

Ces sources, toutes issues de l'EPA (USA), nous 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 NO_X. On peut déduire de ces études un fort impact positif de l'aérodynamisme sur la réduction des émissions de NO_X.

Catégorie de véhicule

Petit-porteurs, gros-porteurs, ensemble routiers.

Lacunes

Les sources étudiées ne prennent pas en compte les VUL, ni les petits porteurs. Il serait intéressant d'étendre la réflexion et la recherche sur les autres polluants également.
Mais ces véhicules (VUL) sont plutôt utilisés en ville où l'aérodynamisme à beaucoup moins d'effet.

	CO_2	NO_X	PM	COV
FA Véh. 6 : Gestion du parc de pneumatiques	+	(+)		

Description : 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.

Processus concernés : Diminution des forces de résistance au mouvement.

Sources

[24] EPA, 2010, Smartway international workbook, http://www.epa.gov/smartway/forcountries/documents/smartway-international-workbook.pdf	Pertinence moyenne

Ce document présente les résultats de tests sur véhicules dans le cadre du programme SmartWay porté par l'Agence pour la Protection de l'Environnement américaine. Le document souligne que des pneus à basse résistance ainsi qu'un meilleur entretien des pneumatiques permet une réduction des émissions de CO_2 ainsi que des NO_X. Une pression optimale des pneus est un facteur de performance sur ce point.

Enseignements

Il est possible de considérer ces résultats comme relativement fiables, même s'ils donnent uniquement une tendance. 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 s'accompagne d'une réduction des émissions NO_X, et a priori d'une réduction des émissions de PM et de COV.

Catégorie de véhicules

VUL, petit-porteur, gros-porteur, ensemble routier.

Lacunes

Il manque des études sur la question de l'impact de la bonne gestion des pneumatiques sur les émissions de CO_2 ou de polluants.
Aucun élément sur les émissions de particules ou de COV n'a été trouvé.

	CO_2	NO_X	PM	COV
FA Carb. 1 : Stop & Start	+	(+)	(+)	

Description : Cette solution est particulièrement adaptée aux usages urbains, avec des arrêts fréquents. Cette technologie entraine d'abord la coupure automatique du moteur dès l'immobilisation du véhicule (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. Le système s'actionne à l'aide d'un dispositif électrique alterno-démarreur.

Processus concernés : Fréquence des démarrages à froid

Sources

[1] Vermeulen, R. J., 2006, The effects of a range of measures to reduce the tail pipe emissions and/or the fuel consumption of modern passenger cars on petrol and diesel, TNO report, TNO	Pertinence faible

Expérimentation sur 28 véhicules particuliers, diesel et essence, Euro 3 et 4, équipés ou non d'un filtre à particules (FAP). Test sur banc avec cycles de conduite.
L'étude montre qu'un arrêt du moteur, même court, entraine une baisse des émissions de NO_X.

[24] EPA, 2010, Smartway international workbook, http://www.epa.gov/smartway/forcountries/documents/smartway-international-workbook.pdf	Pertinence moyenne

Ce document, présentant le fonctionnement du dispositif Smartway, explique que la réduction des temps d'arrêts (avec moteur tournant) permet de réduire les émissions de CO_2, NO_X et PM. Les Start and Stop automatiques participent à cette réduction des temps d'arrêts et ont donc un impact positif sur la réduction des émissions de polluants.

Enseignements

Ces deux documents, même si leur pertinence est contestable, permettent de mettre en avant une relation positive du Start and Stop 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_2 et celles des polluants.

Catégories de véhicules

VUL, petit-porteur et grand-porteur.

Lacunes

Il manque une (des) étude(s) portant directement sur cette technologie (en ce qui concerne les émissions de polluants).

	CO_2	NO_X	PM	COV
FA Carb. 1 : Véhicules hybrides	+ +	+/-	+	

Description : 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.

Processus concernés : Modification de la chaîne cinématique, Nouvelle formulation chimique du carburant, Fréquence des démarrages à froid, Variation du poids, Nouvelle énergie de propulsion.

Sources

[15] Nealon S., 2013, Hybrid Not Always Greener. Testing of hybrid construction vehicles finds a reduction in fuel consumption, but an increase in harmful emissions", University of California, http://ucrtoday.ucr.edu/18506	Pertinence moyenne

Cet article présente une étude menée sur des engins de chantiers hybrides. Elle révèle que si les technologies hybrides permettent de réduire les émissions de CO_2 (et donc la consommation de carburant), en revanche les émissions de NO_X sont en hausse. Ce résultat s'explique par la difficulté à réduire de concert les émissions de CO_2 et de NO_X. En effet, on peut réduire les émissions de CO_2 en augmentant la température de combustion, mais cela a pour cause secondaire une hausse des émissions de NO_X. Les émissions de PM sont également plus importantes avec un véhicule hybride.

L'étude, portant sur des engins de chantiers, note une hausse des émissions de NO_X de 21% avec un engin hybride (pour une baisse des émissions de CO_2 de 7 à 28%). Un autre test a montré une hausse de 27% des émissions de PM pour une baisse de 16% des émissions de GES.

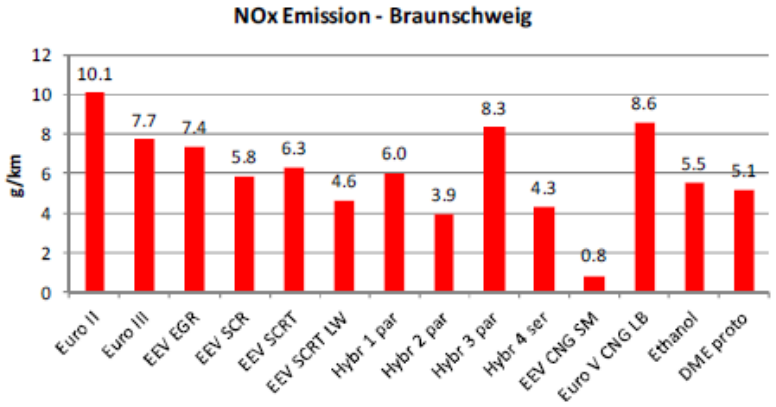
[28] Nüesch T. et al., 2014, Optimal energy management for a diesel hybrid electric vehicle considering transient PM and quasi-static NOX emissions, Control Engineering Practice, Suisse, Allemagne.	Pertinence élevée

Cet article présente une étude effectuée à partir de tests sur banc afin de situer, pour les véhicules hybrides, un cycle optimal de fonctionnement du moteur, à la fois pour les émissions de polluants et les émissions de CO_2. Pour cela, il faut agir sur les cycles transitoires pour que le moteur électrique vienne pallier le moteur thermique à des moments stratégiques.

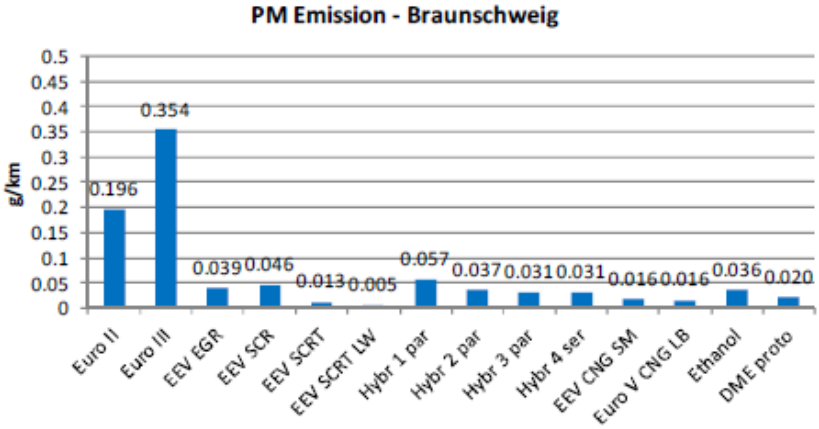
L'étude révèle qu'un cycle optimal (pour l'ensemble des émissions) émet légèrement plus de CO_2 que le cycle optimal de ce dernier. Cependant, ce cycle permet de répondre aux exigences de la norme Euro 5 sans avoir besoin de traitement des rejets.

[29] Nylund N-O., Koponen K., 2012, Fuel and technology alternatives for buses, VTT, Finlande.	Pertinence élevée

Cette étude a pour objectif d'évaluer la performance environnementale de différentes technologies appliquées aux bus. Des tests ont été effectués sur banc, sur 14 véhicules, dont 4 hybrides, selon 6 cycles de conduite.
L'étude révèle que l'hybride ne permet pas forcément une baisse importante dans les réductions de polluants, même si les réductions de CO_2 sont conséquentes. De même la baisse des émissions de polluants ne peut pas être considérée comme automatique.



Les émissions de NO_X des véhicules testés. On voit qu'il est difficile de conclure à une baisse systématique des émissions.



Les émissions de PM des véhicules testés. On observe ici de plutôt bonnes performances.

Enseignements

Les articles révèlent une relation qui peut être contradictoire entre adoption de l'hybride et réduction des polluants. La meilleure performance des moteurs hybrides en termes d'émissions de CO_2 peut en effet entraîner une hausse des émissions de polluants (NO_X et PM).
Les émissions de NO_X sont particulièrement sensibles à l'hybride. Les particules le sont moins.
On peut donc conclure d'un effet de la technologie hybride variable sur les NO_X, et positive sur les particules.
Il est important de garder en mémoire que la technologie hybride est très peu répandue au niveau du transport routier. Aujourd'hui cela concerne surtout les Bus et

les VP.
Catégories de véhicules
Bus, Car, VUL.
Lacunes
Il manque des informations plus précises et généralisables sur les effets de l'hybride sur les émissions de polluants.

	CO_2	NO_X	PM	COV
FA Carb. 1 : Véhicules électriques	+ +	+ +	+ +	+ +

Description : Le principe du fonctionnement du véhicule électrique consiste à stocker de l'énergie sous sa 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 continue 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.

Processus concernés : Modification de la chaîne cinématique, Nouvelle formulation chimique du carburant, Fréquence des démarrages à froid, Variation du poids, Nouvelle énergie de propulsion.

Sources

[16] CGDD, 2013, Vers une mobilité automobile durable ?, http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Revue_du_CGDD_24_07_2013.pdf	Pertinence élevée

Les émissions de polluants dépendent des conditions de combustion dans le cylindre. Le moteur électrique ne repose pas sur une combustion, on n'a donc aucune émission de NO_X ou de PM au fonctionnement du moteur. Les moteurs électriques ont des rendements de 90% (25% si on considère le rendement « du puits à la roue », mais ce n'est pas le périmètre de l'étude).

Enseignements

La technologie électrique est celle qui émet le moins (pas) de polluants atmosphériques. Un passage à cette technologie a donc forcément des effets bénéfiques sur les émissions de polluants.

Catégories de véhicules

VUL, petit-porteurs.

Lacunes

-

	CO_2	NO_X	PM	COV
FA Carb. 2 : Utilisation du B30	+ +	- -	+ +	+ +

Description : Le B30 contient 30% d'ester méthyliques d'huiles végétales ou d'esters d'huiles alimentaires usagées. Le recours à cet agrocarburant permet de réduire les émissions de CO_2 du puits à la roue. Le B30 est utilisable dans tous les véhicules Diesel depuis la norme EURO 2 jusqu'à la norme actuelle EURO 5. N'étant pas distribués en station-service, ces carburants ne sont accessibles qu'aux entreprises ayant une flotte captive et des stockages privatifs.

Processus concernés : Nouvelle formulation chimique du carburant

Sources

[2] Kousoulidou et al., 2008, Effect of biodiesel and bioethanol on exhaust emissions, ETC/ACC Technical Paper 2008/5, ETC/AAC	Pertinence élevée

L'étude porte sur des poids lourds et VP essence et Diesel. Les résultats reposent sur plusieurs campagnes d'expérimentation sur des véhicules.
L'utilisation du biogazole entraine une hausse des émissions de NO_X de 6 à 38% sur les PL. Cette hausse est proportionnelle à la teneur du carburant en agrocarburant. Plus le mélange est important (forte teneur en agrocarburant, plus les émissions de NO_X du véhicule seront importantes. Le biogazole pur amène ainsi une hausse de 38% des émissions de NO_X. Les émissions de particules sont cependant réduites, proportionnellement à la teneur du mélange. Le B20 réduit ainsi les émissions de 10 à 15%. Les polluants non règlementés (sulfates, PAHs, nPAH, O3) sont également largement impactés, avec des baisses proportionnelles à la teneur en carburant alternatif.

[3] G. Martini et al., 2007, Effect of Biodiesel Fuels on Pollutant Emissions from EURO 3 LD Diesel Vehicles; Edition: EUR 22745 EN, Publisher: European Communities, EC	Pertinence moyenne

Cette étude donne les résultats de tests sur deux véhicules légers, avec trois types différents de carburants. Les tests ont été effectués sur banc, au VEhicle Emission LAboratory (VELAB) européen.
Les mesures révèlent que plus il y a d'agrocarburant dans le mélange, plus l'impact sur les émissions de polluants est important.
Le biogazole à base d'huile de palme influence particulièrement les PM, en réduisant leurs émissions. La phase de démarrage à froid est cependant soulignée comme critique car les émissions sont plus importantes avec du biodiesel qu'avec un carburant classique.

[19] Giakoumis E.G. et al., 2012, Exhaust emissions of diesel engines operating under transient conditions with biodiesel fuel blends, Progress in Energy and Combustion Science, Volume 38, Issue 5, Pages 691–715, http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360128512000342	Pertinence moyenne

Cette étude reprend les résultats de différentes expérimentations sur des poids lourds et semi-remorques.
Elle souligne qu'une utilisation d'agrocarburant entraine une baisse des émissions de PM, HC et CO, et une hausse des émissions de NO_X. Plus la part de carburant alternatif augmente dans le mélange, plus les effets sur les émissions sont forts.
Plus la conduite est agressive, plus les effets sur les émissions de NO_X et de PM sont importants.

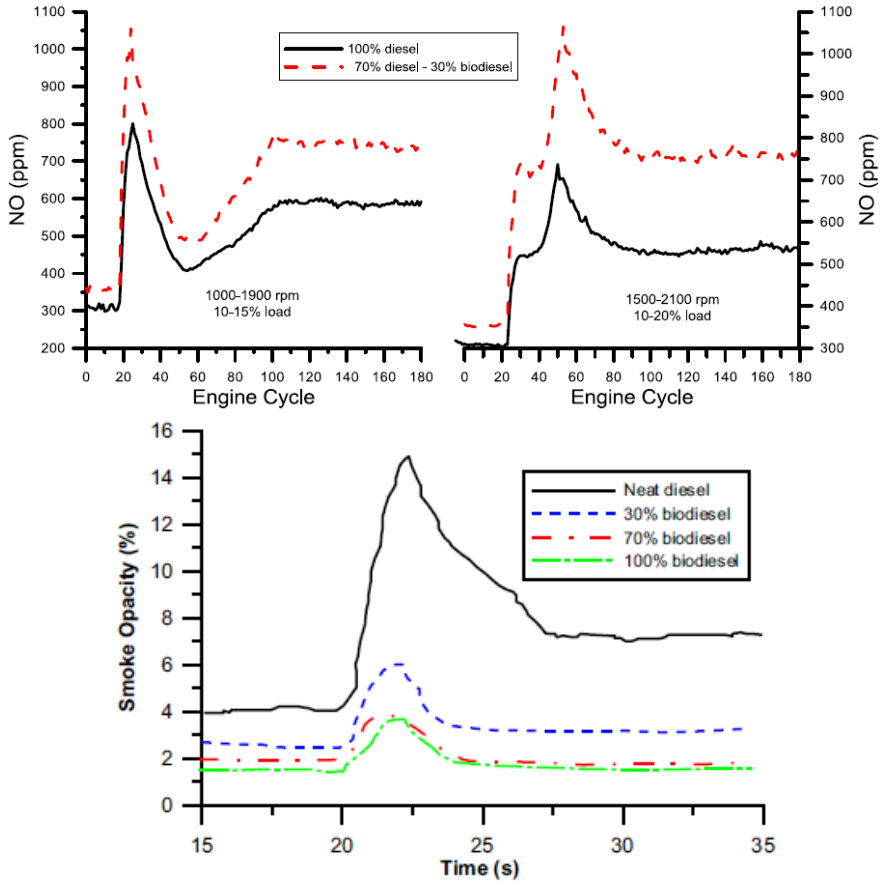
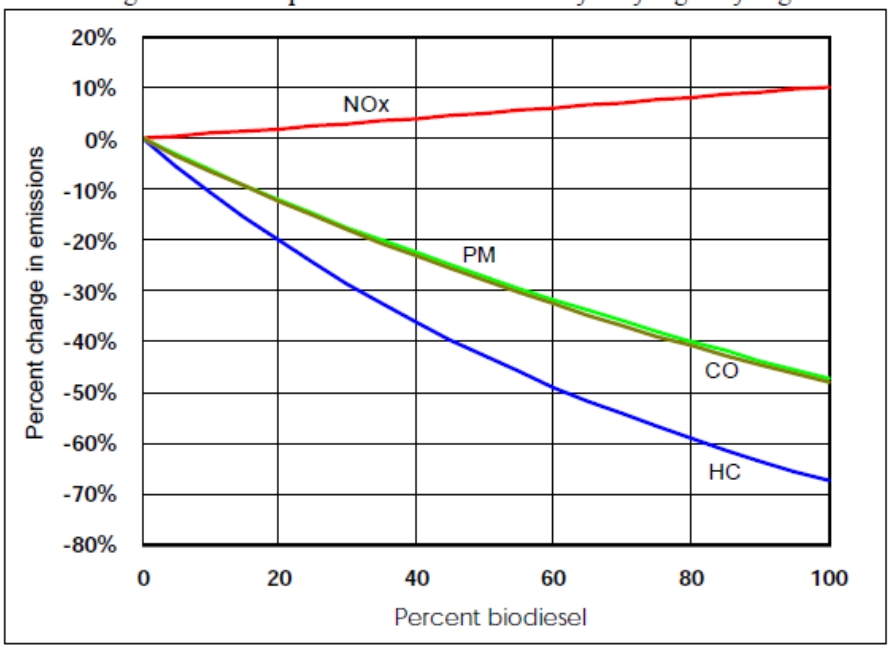


Fig. 13. Smoke opacity development during a 26–90 Nm load increase transient event at 1661 rpm for various diesel–sunflower biodiesel blends (adapted from Armas et al. [50]).

[22] Hoekman S. K. et al., 2012, Review of the effects of biodiesel on NOX emissions, Fuel Processing Technology, Volume 96, Pages 237–249, http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378382012000021	Pertinence faible
Cet article fait le bilan de différentes études portant sur les émissions de NO_X et les effets induits par l'utilisation de biogazole. L'article fait part d'une baisse des émissions de PM, HC et CO. Les conclusions de l'article permettent difficilement d'évaluer l'impact sur les NO_X.	
[23] EPA, 2002, A Comprehensive Analysis of Biodiesel Impacts on Exhaust Emissions, http://www.epa.gov/otaq/models/analysis/biodsl/p02001.pdf	Pertinence élevée

L'étude se base sur des données publiques afin de produire une vision générale des impacts de l'utilisation de biogazole sur les émissions de polluants. Les données concernent des semi-remorques. Le recoupement des données permet de conclure à une hausse des émissions de NO_X, mais à une baisse des émissions des autres polluants, proportionnellement au dosage du mélange. Le graphique ci-dessous présente l'évolution des émissions de polluants en fonction du dosage du biodiesel.

Figure ES-A
Average emission impacts of biodiesel for heavy-duty highway engines



Emission impacts of 20 vol% biodiesel
for soybean-based biodiesel added to an average base fuel

	Percent change in emissions
NOx	+ 2.0 %
PM	- 10.1 %
HC	- 21.1 %
CO	-11.0 %

Enseignements

Ces différentes études mettent en avant la relation proportionnelle entre forte teneur en carburant alternatif et réduction des émissions de PM, CO et HC, alors qu'au contraire, les émissions de NO_X ont tendance à augmenter.
Le passage au B30 entraine une hausse de 3% des émissions de NO_X, pour une baisse 20% des émissions de particules fines.
Le biodiesel à base d'huile de palme a une influence particulièrement forte sur la réduction des particules.

Catégories de véhicules

VUL, porteurs, semi-porteurs.
Lacunes
Peu de lacunes sur le sujet. Les effets sont assez comparables selon le type de véhicule.

	CO_2	NO_X	PM	COV
FA Carb. 2 : Utilisation du GNV/Biogaz	+ +	+ +	+ +	

Description : Le GNV/Biogaz est utilisable uniquement dans les véhicules conçus pour le gaz naturel. Ce carburant n'est pas encore disponible dans les stations-services, il faut donc s'assurer de la disponibilité de l'offre.

Processus concernés : Nouvelle formulation chimique du carburant.

Sources

[10] ADEME, 2005, Technologies EURO et impacts sur les émissions de GES, émissions de polluants,	Pertinence élevée

Ce document présente plusieurs études de l'ADEME. Il compare les différentes filières de carburant par rapport à la norme EURO III. Les émissions de NO_X, Particules et PNR[5] sont beaucoup plus faibles que pour du Diesel.

Enseignements

Un entretien avec un constructeur est venu souligner cette tendance. Les moteurs au gaz naturel n'émettent aucunes émissions de NO_X ou de particules.

Catégories de véhicules

Petit-porteur, Gros-porteur, Bus.

Lacunes

[5] PNR : polluants non réglementés

	CO_2	NO_X	PM	COV
FA Cond. 1 : Eco-conduite	+ +	+	+	+ +

Description : 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. Cette action est destinée à l'ensemble des conducteurs routiers.

Processus concernés : Modification du type de conduite

Sources

[1] Vermeulen, R. J., 2006, The effects of a range of measures to reduce the tail pipe emissions and/or the fuel consumption of modern passenger cars on petrol and diesel, TNO report, TNO	Pertinence faible

Expérimentation sur 28 véhicules particuliers, Diesel et essence, EURO 3 et 4, équipés ou non d'un filtre à particules (FAP). Test sur banc avec cycles de conduite. Il ressort de l'étude que l'éco-conduite entraine une hausse des émissions de polluants (NO_X, PM) et une baisse des émissions de CO_2. Les mesures portant sur les VP, les résultats sont difficilement applicables aux actions de la Charte Objectif CO_2.

[4] Rakha H. & Ding Y., +/- 2005, Impact of Stops on Vehicle Fuel Consumption and Emissions, Virginia Tech, http://filebox.vt.edu/users/hrakha/Publications/Impact%20of%20Stops%20on%20Vehicle%20Emissions%20-%20Ver2.0.pdf	Pertinence élevée

L'étude fournit les résultats de tests sur 5 VP et 3 poids lourds. Les tests sont effectués sur route avec du matériel de mesure embarqué. 301 parcours ont été enregistrés dans des conditions de conduites différentes.
Les résultats montrent que l'éco-conduite réduit les émissions de NO_X jusqu'à 48% et les COV jusqu'à 22%.

[9] US DoT, 2013, Improving Vehicle Fleet, Activity, and Emissions Data for On-Road Mobile Sources Emissions Inventories, http://www.fhwa.dot.gov/environment/air_quality/conformity/research/improving_data/taqs05.cfm	Pertinence moyenne

Mesure des émissions de deux véhicules de type semi-remorque, sur route, en conditions réelles. 4 types de cycles de conduite ont été testés, avec 3 charges différentes (camion vide, rempli à 50%, rempli à 100%).
Les mesures révèlent que les émissions de NO_X sont les plus importantes sur les cycles transitoires. Réduire les cycles transitoires (éco-conduite) devrait donc permettre de limiter les émissions de polluants.

[17] Ericsson E., 2001, Independent driving pattern factors and their influence on fuel-use and exhaust emission factors, Transportation Research Part D: Transport and Environment, Volume 6, Issue 5, Pages 325–345, http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361920901000037	Pertinence moyenne

Cette étude croise des données obtenues à partir de mesures embarquées sur des véhicules particuliers avec un modèle permettant d'évaluer les pertes et gains en

termes d'émissions. Il en ressort que les émissions de polluants sont largement impactées par le mode de conduite : une conduite brusque entraîne une hausse des émissions de NO_X et de HC. Un changement de vitesse tardif entraîne également des émissions supplémentaires de NO_X. A l'inverse, une conduite douce et des régimes transitoires courts permettent de limiter les émissions de NO_X.

Table 7
Driving pattern factors with significant effect on emissions and fuel-use[a]

Driving pattern factor	Fuel	CO_2	HC	NO_x
Deceleration factor	–	–		
Factor for acceleration with strong power demand	++++	++++	+++	++++
Stop factor	+++++	+++++		
Speed oscillation factor	++	++		
Factor for acceleration with moderate power demand	++	++		
Extreme acceleration factor	++	++	+++++	++++
Factor for speed 15–30				–
Factor for speed 90–110				
Factor for speed 70–90	–	–		
Factor for speed 50–70	––	––		
Factor for late gear changing from gear 2 and 3	+	+	(++)	+++
Factor for engine speed > 3500			(++)	++
Factor for speed > 110				
Factor for moderate engine speeds at gears 2 and 3	––	––		–
Factor for low engine speed at gear 4	–	–		(–)
Factor for low engine speed at gear 5	–	–		(–)

[a] Effects supported by only one model are shown in parentheses. The number of + or – signs represents the size of the effect (+ indicates std *B* is approximately 0.1, ++ indicates std *B* is approximately 0.2, etc.).

Enseignements

Malgré la pertinence moyenne des informations recueillies, on peut déduire des sources précédentes 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 sont pendant les phases d'accélérations du véhicule. Réduire l'agressivité de la conduite permet de limiter les émissions de NO_X, de PM ainsi que de COV, dans des proportions variables selon les véhicules.

Catégories de véhicules

VUL, Porteurs, Semi-remorques

Lacunes

Les impacts de l'éco-conduite sont difficiles à mesurer et ses effets ne sont pas applicables à l'ensemble des véhicules. Il manque des informations et des mesures précises sur les poids lourds pour bénéficier d'une meilleure vision de l'impact de l'éco-conduite sur les émissions de polluants.

	CO_2	NO_X	PM	COV
FA Orga. 1 : Recours au transport combiné	+ +	+ +		

Description : Le report de certains flux routiers vers une chaîne multimodale (rail-route, fleuve-route) permet de massifier les flux sur le maillon principal de la chaîne.

Processus concernés : Recours à un mode de transport alternatif

Sources

[27] MEDDE, 2011, Etude relative à la compétitivité du transport combine	Pertinence élevée

Cette étude a fait l'objet d'une publication dans la revue Transports de septembre et octobre 2011, n°469, pp298-309.

Cette étude avait pour objectif de comparer les émissions respectives du transport combiné et du transport routier de marchandises pour le CO_2 et les NO_X.
L'étude fournit les différentiels d'émissions pour le transport d'une UTI 40' ou d'une caisse mobile classe A :

	TC Rail-Route	TC Mer-Rail-Route	TC Fleuve-Route
Différentiel d'émission de NO_X entre transport routier de marchandises et transport combiné	-65%	-77%	+134%

Dans le cas du transport combiné fleuve-route, l'impact négatif sur les émissions de NO_X est dû au fait que l'étude de cas portait sur une chaîne de transport entre Gennevilliers et Le Havre. Dans ce cas, l'augmentation de distance fluviale par rapport à la route à cause des méandres de la Seine est très pénalisante. Ce facteur pénalisant n'existe pas pour d'autres bassins fluviaux.

Ces données permettent d'évaluer l'impact du report modal sur les émissions de NO_X :

Action	Solution	CO_2	NO_X
FA Orga. 1 : Recours aux modes non routiers	Recours au transport combiné mer-route	+ +	+ +
	Recours au transport combiné Fleuve-Route	+ +	+/-
	Recours au transport combiné Rail-Route	+ +	+ +

Enseignements

Sauf cas particulier, le report modal génère des réductions significatives d'émissions de NO_X.
Catégories de véhicules
NC
Lacunes
Ces données ne concernent que les émissions de NO_X. Il serait intéressant d'étudier l'impact du report modal sur les émissions de particules et de COV.

	CO_2	NO_X	PM	COV
FA Orga. 3 : Optimisation du chargement des véhicules	+ +	+ +	+ +	

Description : L'augmentation du taux de remplissage des véhicules routiers permet de réduire le nombre de camions.km parcourus. Ceci suppose une optimisation de l'organisation logistique du transporteur, afin de massifier les flux.

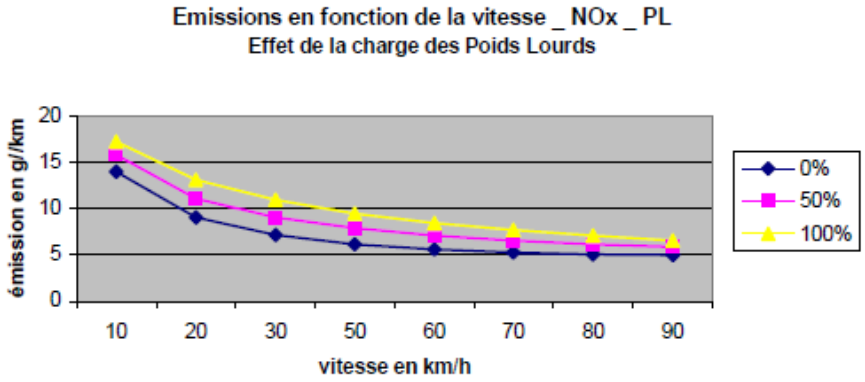
Processus concernés : Réduction du nombre de camions/km, Variation du poids.

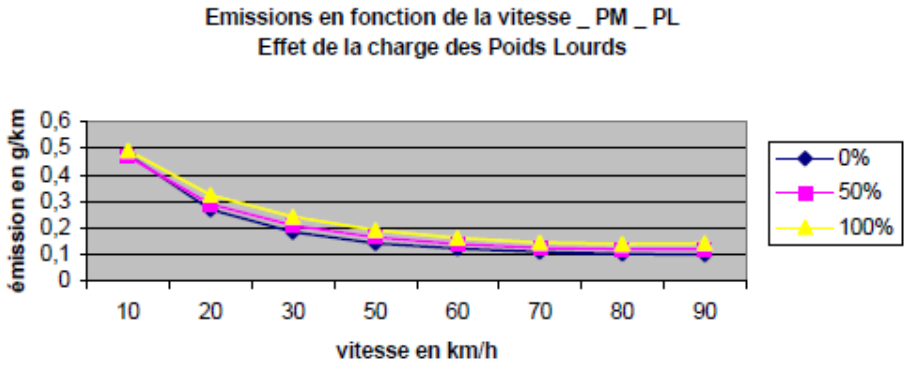
Sources

[7] SETRA, 2009, Emissions routières de polluants atmosphériques, http://catalogue.setra.fr/documents/Cataloguesetra/0005/Dtrf-0005666/DT5666.pdf	Pertinence élevée

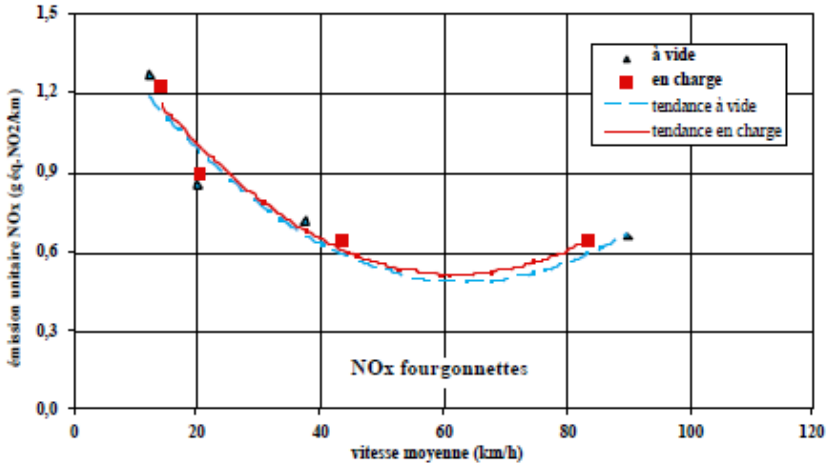
Cette étude avait pour objectif de déterminer les facteurs d'émissions de certaines catégories de véhicules dans plusieurs configurations de chargement (coefficients COPERT).

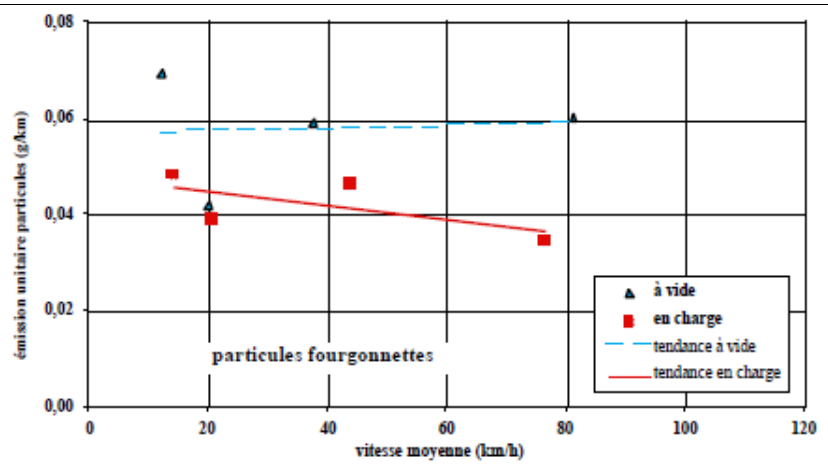
La charge apparaît comme un facteur de surémissions pour le CO_2 et les NO_X. Les PM sont moins impactés.

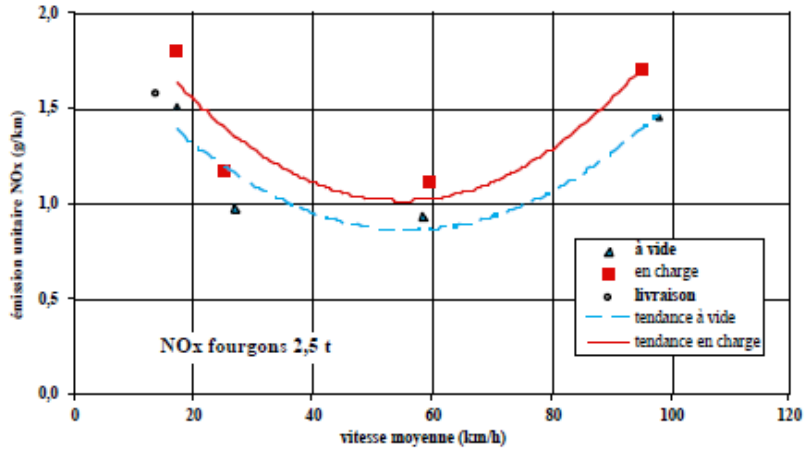


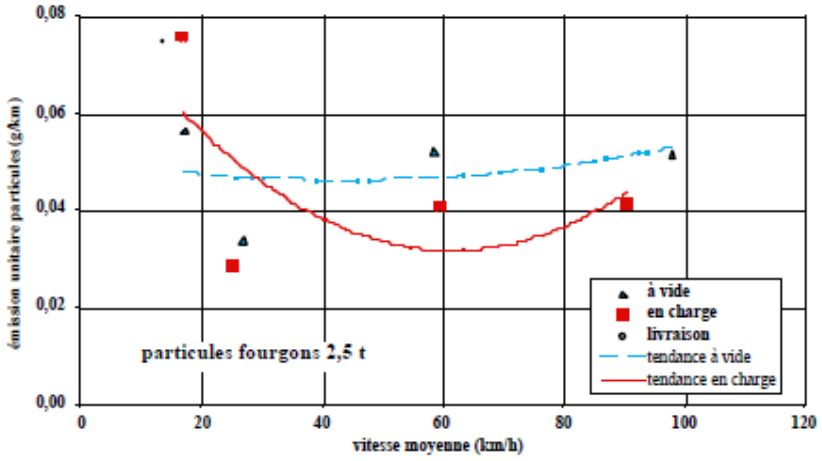


L'écart entre les émissions de NO_X en fonction de la charge est important, notamment à basse vitesse. L'écart est moins important pour les émissions de particules. L'effet de la charge est nul pour les COV.

[9] US DoT, 2013, Improving Vehicle Fleet, Activity, and Emissions Data for On-Road Mobile Sources Emissions Inventories, http://www.fhwa.dot.gov/environment/air_quality/conformity/research/improving_data/taqs05.cfm	Pertinence élevée
Ce document présente les résultats des mesures effectuées sur deux véhicules de type semi-remorque (environ 38 tonnes PTAC). Les émissions de NO_X et de CO_2 ont été mesurées selon plusieurs cycles de conduite, mais également en fonction de la charge du véhicule. Les mesures révèlent que la charge joue un rôle important dans les émissions de NO_X, quel que soit le cycle de conduite. Plus le véhicule est chargé, plus il émet de NO_X. Cependant, on observe qu'un véhicule chargé à 100% émet moins de polluants que deux véhicules chargés à 50%. Optimiser le chargement des véhicules a donc un impact positif (à l'échelle de la flotte) sur les émissions de polluants atmosphériques.	
[11] Joumard R. et al, 2001, Émissions unitaires de polluants des véhicules utilitaires légers, INRETS, Rapport n° LTE 0101, http://www.inrets.fr/ur/lte/publications/publications-pdf/Joumard/rapport_LTE_0101.pdf	Pertinence élevée
Etude portant sur les VUL Diesel. 209 tests réalisés sur 27 véhicules. Tests réalisés selon six à neuf cycles de conduite. Les résultats permettent de faire ressortir l'impact de la vitesse sur les émissions de polluants ainsi que l'impact de la charge. Les graphiques ci-dessous montrent qu'une fourgonnette (<2,5t) chargée émet légèrement plus de NO_X qu'à vide. La différence est assez faible. En revanche, il apparaît qu'elle émet moins de particules chargée qu'à vide. Un VUL de 2,5 tonnes émet plus de NO_X quand il est chargé, mais cette hausse est faible.  	







Enseignements

Peu de différences entre VUL vide ou chargé en termes d'émissions de polluants, mais des différences plus notables pour les porteurs et les semi-remorques. Cependant, si le chargement augmente les émissions de NO_X, un véhicule chargé à 100% polluera toujours moins que deux véhicules chargés à 50%. La différence d'émissions de NO_X et de PM en fonction de la charge a également tendance à diminuer avec la vitesse. Pour un véhicule effectuant un trajet longue distance à vitesse élevée, il faut donc privilégier un remplissage maximal.
Un VUL chargé émet moins de particules qu'un VUL vide.

Véhicules concernés
VUL, semi-porteurs, ensembles routiers.
Lacunes
Il manque peu d'informations sur la question.

Références bibliographiques

[1] Vermeulen, R. J., 2006, The effects of a range of measures to reduce the tail pipe emissions and/or the fuel consumption of modern passenger cars on petrol and diesel, TNO report, TNO

[2] Kousoulidou et al., 2008, Effect of biodiesel and bioethanol on exhaust emissions, ETC/ACC Technical Paper 2008/5, ETC/AAC

[3] G. Martini et al., 2007, Effect of Biodiesel Fuels on Pollutant Emissions from EURO 3 LD Diesel Vehicles; Edition: EUR 22745 EN, Publisher: European Communities, EC

[4] Rakha H. & Ding Y., +/- 2005, Impact of Stops on Vehicle Fuel Consumption and Emissions, Virginia Tech, http://filebox.vt.edu/users/hrakha/Publications/Impact%20of%20Stops%20on%20Vehicle%20Emissions%20-%20Ver2.0.pdf

[5] Mathew T.V., 2014, Fuel Consumption and Emission Studies, Lecture notes in Traffic Engineering And Management, Inde, http://www.civil.iitb.ac.in/~vmtom/1111_nptel/583_FuelEmi/plain/plain.html

[6] Panis et al., 2006, Modelling instantaneous traffic emission and the influence of traffic speed limits", Science of the Total Environment 371, 270–285, http://www.its.leeds.ac.uk/software/dracula/downloads/Paper3-STOTEN9537.pdf

[7] SETRA, 2009, Emissions routières de polluants atmosphériques, http://catalogue.setra.fr/documents/Catalogue setra/0005/Dtrf-0005666/DT5666.pdf

[8] Lim H., 2002, Study of Exhaust Emissions from Idling Heavy-Duty Diesel Trucks and Commercially Available Idle-Reducing Devices", EPA, http://nepis.epa.gov/Adobe/PDF/P10033E3.PDF

[9] US DoT, 2013, Improving Vehicle Fleet, Activity, and Emissions Data for On-Road Mobile Sources Emissions Inventories, http://www.fhwa.dot.gov/environment/air_quality/conformity/research/improving_data/tags05.cfm

[10] ADEME, 2005, Technologies EURO et impacts sur les émissions de GES, émissions de polluants,

[11] Joumard R. et al, 2001, Émissions unitaires de polluants des véhicules utilitaires légers, INRETS, Rapport n° LTE 0101, http://www.inrets.fr/ur/lte/publications/publications-pdf/Joumard/rapport_LTE_0101.pdf

[12] Atmo PACA, 2007, Les émissions dues aux transports routiers, http://www.atmopaca.org/files/et/081105_AtmoPACA_note_synthese_transport_colloque_ORT.pdf

[13] Lee DW.et al., 2009, In-Cab Air Quality of Trucks Air Conditioned and Kept in Electrified Truck Stop", TRBNA (Washington), http://tse.tamu.edu/pdfs/InCab_TRR.PDF

[14] Zietsman J. et al, 2003, HDV idling emissions, Texas Transportation Institute, http://www.tceq.texas.gov/assets/public/implementation/air/am/contracts/reports/mob/HDDV_Idle_Activity_and_EI_Phase1-tti.pdf
[15] Nealon S., 2013, Hybrid Not Always Greener. Testing of hybrid construction vehicles finds a reduction in fuel consumption, but an increase in harmful emissions", University of California, http://ucrtoday.ucr.edu/18506
[16] CGDD, 2013, Vers une mobilité automobile durable ?, http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Revue_du_CGDD_24_07_2013.pdf
[17] Ericsson E., 2001, Independent driving pattern factors and their influence on fuel-use and exhaust emission factors, Transportation Research Part D: Transport and Environment, Volume 6, Issue 5, Pages 325–345, http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361920901000037
[18] Panis L. I., et al, 2011, PM, NO_X, and CO_2 emission reductions from speed management policies in Europe, Transport Policy, Volume 18, Issue 1, Pages 32–37, http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0967070X10000739
[19] Giakoumis E.G. et al., 2012, Exhaust emissions of diesel engines operating under transient conditions with biodiesel fuel blends, Progress in Energy and Combustion Science, Volume 38, Issue 5, Pages 691–715, http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360128512000342
[20] Macor A. et al., 2011, Effects of 30% v/v biodiesel/diesel fuel blend on regulated and unregulated pollutant emissions from diesel engines, Applied Energy, Volume 88, Issue 12, Pages 4989–5001, http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261911004351
[21] Huai T. et al., 2006, Analysis of heavy-duty truck activity and emissions data, Atmospheric Environment, Volume 40, Issue 13, Pages 2333–2344, http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231005011635
[22] Hoekman S. K. et al., 2012, Review of the effects of biodiesel on NO_X emissions, Fuel Processing Technology, Volume 96, Pages 237–249, http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378382012000021
[23] EPA, 2002, A Comprehensive Analysis of Biodiesel Impacts on Exhaust Emissions, http://www.epa.gov/otaq/models/analysis/biodsl/p02001.pdf
[24] EPA, 2010, Smartway international workbook, http://www.epa.gov/smartway/forcountries/documents/smartway-international-workbook.pdf
[25] EPA, 2006, Fuel Economy improvement and NO_X reduction by reduction of parasitic losses: effect of engine design, http://www.epa.gov/smartway/forpartners/documents/sae-reports/fuel-economy-improvements.pdf
[26] Hickman A.J., 1994, Vehicle maintenance and exhaust emissions, Science of The Total Environment, Volumes 146–147, Pages 235–243, Highway Pollution, http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0048969794902429
[27] MEDDE, 2011, Etude relative à la compétitivité du transport combine

[28] Nüesch T. et al., 2014, Optimal energy management for a diesel hybrid electric vehicle considering transient PM and quasi-static NO_X emissions, Control Engineering Practice, Suisse, Allemagne.
[29] Nylund N-O., Koponen K., 2012, Fuel and technology alternatives for buses, VTT, Finlande.
[30] Guidebook EMEP/EEA version 09/2013
[31] Communication personnelle EMISIA nouveau FE VULS/PL/Bus et cars

Sigles et acronymes

ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
ARTEMIS :	Assessment and Reliability of Transport Emission Models and Inventory Systems
APU :	Auxiliary Power Unit – Système motorisé auxiliaire
COV :	Composés Organiques Volatils
EPA :	Environment Protection Agency – Agence de protection de l'environnement des USA.
HC :	Hydrocarbures
NEDC :	New European Driving Cycle – Cycle de conduite normalisé à partir duquel sont mesurées les valeurs limites d'émissions des normes Euro (VLE).
NOX :	Oxydes d'azote (NO et NO2)
PEMS :	Portable Emissions Measurement System – Système embarqué de mesure des émissions
PL :	Poids-lourds
PM :	Particulate matter – Particules en suspension
PM_{10} :	PM dont le diamètre est inférieur à 10 microns
$PM_{2,5}$:	PM dont le diamètre est inférieur à 2,5 microns
PNR :	Polluant Non-Règlementé
PPA :	Plan de Protection de l'Atmosphère
PTAC :	Poids Total Autorisé en Charge
UTI :	Unité de Transport Intermodal (conteneur ou caisson mobile)
VL :	Véhicules Légers (VP & VUL)
VLE :	Valeurs Limites d'Emissions
VOC :	Volatile Organic Compounds (cf. COV)
VP :	Véhicules Particuliers
VUL :	Véhicules Utilitaires Légers

L'ADEME EN BREF

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale, l'agence met à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, ses capacités d'expertise et de conseil. Elle aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la qualité de l'air et la lutte contre le bruit.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle conjointe du ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie et du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.

ADEME
Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ÉNERGIE

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE

ADEME
20, avenue du Grésillé
BP 90406 | 49004 Angers Cedex 01

www.ademe.fr

ABOUT ADEME

The French Environment and Energy Management Agency (ADEME) is a public agency under the joint authority of the Ministry of Ecology, Sustainable Development and Energy, and the Ministry for Higher Education and Research. The agency is active in the implementation of public policy in the areas of the environment, energy and sustainable development.

ADEME provides expertise and advisory services to businesses, local authorities and communities, government bodies and the public at large, to enable them to establish and consolidate their environmental action. As part of this work the agency helps finance projects, from research to implementation, in the areas of waste management, soil conservation, energy efficiency and renewable energy, air quality and noise abatement.
www.ademe.fr.

ADEME
Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ÉNERGIE

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE

ADEME
20, avenue du Grésillé
BP 90406 | 49004 Angers Cedex 01

www.ademe.fr