

## Analyse de la communication de T&E sur les émissions des poids-lourd GNL

Octobre 2019

### A propos du projet Équilibre

Le projet Équilibre a été lancé en 2016 pour évaluer comparativement les performances économiques et environnementales des véhicules diesels et gaz (Gaz Naturel Liquéfié et Gaz Naturel Compressé). L'objectif était d'étudier les véhicules **en situation réelle d'exploitation** en caractérisant l'usage du véhicule depuis le démarrage du moteur en début de journée jusqu'à son arrêt en fin de journée.

Ce projet, indépendant et labélisé par le pôle de compétitivité CARA<sup>1</sup>, a été menée à l'initiative d'un consortium de transporteurs et s'appuie sur l'expertise du CRMT<sup>2</sup> et de TRUCKONLINE<sup>3</sup> pour l'instrumentation des véhicules, et sur celle de l'IFSTTAR<sup>4</sup> pour l'analyse des données et la modélisation associée.

Avec près d'un million de kilomètres audités sur 12 poids-lourds de différentes marques, le projet a mis en évidence les différents facteurs influençant la consommation et les émissions de NO<sub>x</sub> des véhicules lourds.

### Contact :

Pascal Megevand, coordinateur projet Équilibre, [pascal.megevand@megevand-freres.fr](mailto:pascal.megevand@megevand-freres.fr)  
[www.projetequilibre.fr](http://www.projetequilibre.fr)

### Résultats :

Projet Équilibre : Analyse des consommations et émissions de véhicules Gaz et Diesel, Rapport final 1.6a, IFSTTAR, 2019, <https://hal-lara.archives-ouvertes.fr/hal-02139437/>

La fédération européenne « Transport & Environment - T&E » a récemment publié un document<sup>5</sup> à charge contre les poids-lourds au gaz. Ce document ainsi que les rapports du TNO (*Netherlands Organisation for Applied Scientific Research*), qui ont servi de base à la publication de T&E, ont été analysés. La note qui suit est une réponse du consortium Equilibre.

<sup>1</sup> European cluster for mobility solution, <https://www.cara.eu>

<sup>2</sup> Centre de Recherche en Machines Thermiques, [www.crmt.fr](http://www.crmt.fr)

<sup>3</sup> Solution globale de gestion de flotte TRUCKBOX, [www.truckonline.pro](http://www.truckonline.pro)

<sup>4</sup> Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux, <https://www.ifsttar.fr>

<sup>5</sup> <https://www.transportenvironment.org/publications/do-gas-trucks-reduce-emissions>

## I. Analyse du rapport T&E

Pour sa publication, T&E base son argumentation sur un ensemble d'études réalisées par TNO entre 2013 et 2019 en présentant les résultats comme incontestables alors que TNO avance prudemment ses résultats, en émettant des réserves, comme, par exemple :

*"This study presents emissions test results of **only two** LNG vehicles, which means that the statistical significance for drawing generalized conclusion on the comparison with diesel is very low."* [TNO 2017 R11336 p. 34].

*"No conclusions can be drawn about the observed differences between vehicles or fuels as the diesel vehicles were tested in the lab while for the three LNG trucks particle numbers were measured on the road. Also the test trips were not the same and the number of tests and vehicles is too low to draw generalised conclusions. Also the instruments of road and lab test differ."* [page 29, TNO 2019 R10193].

Traduction :

"Cette étude présente les résultats de tests d'émissions **de seulement deux** véhicules GNL, ce qui signifie que la signification statistique pour tirer une conclusion à portée générale sur la comparaison avec le diesel est très faible." TNO 2017 R11336 p. 34].

"Aucune conclusion ne peut être tirée au sujet des différences observées entre les véhicules ou les carburants, car les véhicules diesel ont été testés en laboratoire alors que pour les trois camions de GNL, le nombre de particules a été mesuré sur la route. De plus, les parcours d'essai n'étaient pas les mêmes et le nombre d'essais et de véhicules est trop faible pour en tirer des conclusions générales. Les instruments d'essai routier et de laboratoire diffèrent également." [page 29, TNO 2019 R10193].

Contrairement à ce que nous avons toujours respecté au sein du projet Equilibre, T&E s'est autorisé à tirer des conclusions générales, pour qualifier une technologie, sur la base de publications parcellaires, et non représentatives (d'un point de vue statistique).

Par ailleurs, il existe de nombreuses autres publications aboutissant à des conclusions opposées. Il nous semble donc hasardeux de présenter ces résultats comme affirmés.

Nous axons donc cette note sur l'analyse des études de TNO ayant servi à la base de la publication de T&E en les comparant à nos propres résultats.

## II. Analyse des études TNO

Avant d'analyser les rapports TNO, il est nécessaire de mentionner la différence de finalité entre les travaux de cet organisme et ceux menés dans le cadre du projet Equilibre. Schématiquement, TNO a conduit des études vérifiant la conformité de véhicules aux normes Euro VI (donc dans des conditions normatives), autrement dénommé « test ISC<sup>6</sup> », alors que l'objectif du projet Equilibre était une étude des facteurs expliquant la consommation et les émissions dans des **situations réelles d'exploitation**.

Les émissions mesurées ou calculées concernent les particules fines, le CO<sub>2</sub> et les NO<sub>x</sub>. A l'heure actuelle, pour les particules fines, il n'existe pas de capteurs réalisant, avec une précision suffisante, des mesures embarquées (encombrement, poids et prix). Aucune mesure de ce type n'a donc été réalisé

---

<sup>6</sup> In Service Conformity

dans le cadre du projet Equilibre. **Par ailleurs, les différences d'émissions de CO<sub>2</sub> entre des véhicules gaz et diesel sont trop faibles pour que le sujet mérite une analyse approfondie.**

Nous limiterons donc la réponse à la question de l'émission des NO<sub>x</sub>.

La synthèse de l'analyse comparative (voir annexe) entre les conclusions des études TNO et les résultats issus du projet Equilibre est la suivante :

- les émissions mesurées par TNO sur les véhicules diesel sont **TRÈS** inférieures à celles observées au cours du projet Equilibre ;
- la dégradation des émissions des véhicules diesel en cycle urbain est **TRÈS** supérieure à celle observée par TNO ;
- la variabilité des émissions entre les différents véhicules (marques et modèles) est très importante ; les moyennes établies ne sont donc pas significatives et on ne peut tirer de conclusions générales alors que le nombre de véhicules audités est très faible.

On voit donc que les résultats du projet Equilibre contredisent les résultats du TNO. Ces trois points vont être détaillés dans la suite de cette note.

### III. Émissions des véhicules diesel

La comparaison des véhicules gaz et des véhicules diesel publiée par T&E repose sur des mesures réalisées par TNO. La lecture de ces productions appelle de deux remarques fondamentales :

- **Une validité statistique contestée et contestable** : la totalité des conclusions de T&E et du TNO repose sur un total de quelques milliers de kilomètres parcourus, là où les résultats du projet Equilibre reposent sur **huit cent mille kilomètres** parcourus pendant deux ans ; ainsi, dans le cadre du projet Equilibre on a considéré comme statistiquement non significatif des kilométrages dix fois supérieurs à ceux utilisés par le TNO pour élaborer leurs résultats ;
- **Des conditions de réalisation très hétérogènes** : non seulement les conditions dans lesquelles ont été réalisées les mesures TNO (sur des parcours de test différents) ne sont pas suffisamment spécifiées, et le peu qui le soit révèle déjà une grande hétérogénéité. L'expérience acquise dans le cadre du Projet Equilibre, nous permet d'affirmer que tout le problème réside dans le fait que le taux d'émissions de NO<sub>x</sub> **varie dans un rapport de un à dix** en fonction de l'instabilité de la vitesse, et par conséquent en fonction de l'intensité du trafic ou des aménagements de la voirie (e.g. rond-point, feu de signalisation, ralentisseur, etc.). Il faut donc un kilométrage très important pour obtenir des mesures fiables. Il faut ensuite un indicateur mesurant l'instabilité du trafic (la vitesse moyenne n'est pas un indicateur suffisamment précis pour cela) pour estimer les conditions de la mesure.

La figure 1 montre l'écart entre les résultats publiés par le TNO et ceux obtenus par l'IFSTTAR dans des conditions expérimentales plus solides : un kilométrage cent fois supérieur et des conditions réelles d'exploitation.

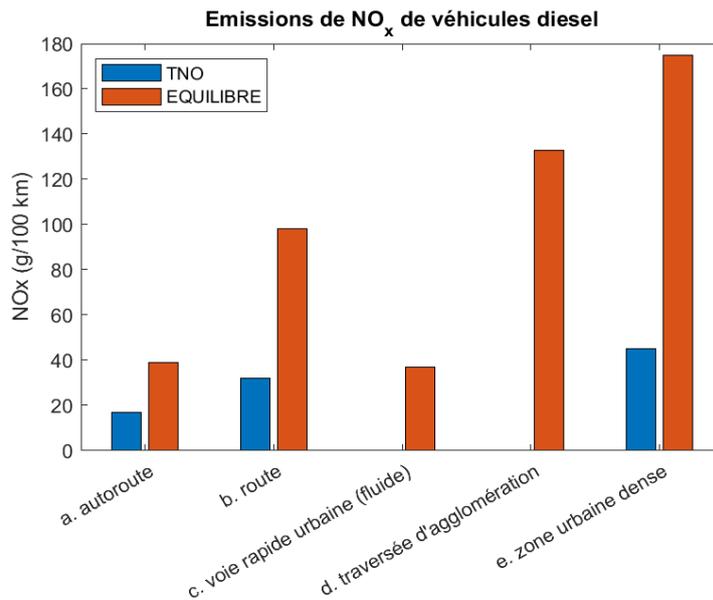


Figure 1. Comparatif des émissions observées par le TNO et l'IFSTTAR  
TNO : ~ 4000 km. IFSTTAR : ~ 400.000 km.

Le véritable problème est donc l'affirmation de bonnes performances de véhicules diesel. On notera en particulier qu'en situations réelles d'exploitation, les émissions des véhicules diesel deviennent importantes en zone urbaine à cause de l'instabilité de la vitesse.

#### IV. Comparaison des véhicules diesel et des véhicules gaz

Sur le volet comparaison entre les véhicules gaz et des véhicules diesel, comme nous allons l'expliquer dans le paragraphe suivant, cette comparaison établie sur les véhicules gaz et des véhicules diesel sont sujettes à caution dans la mesure où elles reposent sur une taille d'échantillon trop faible.

A titre illustratif, la figure 2 montrent des émissions de NO<sub>x</sub> plus faibles pour les véhicules gaz à partir des données issues du projet Equilibre.

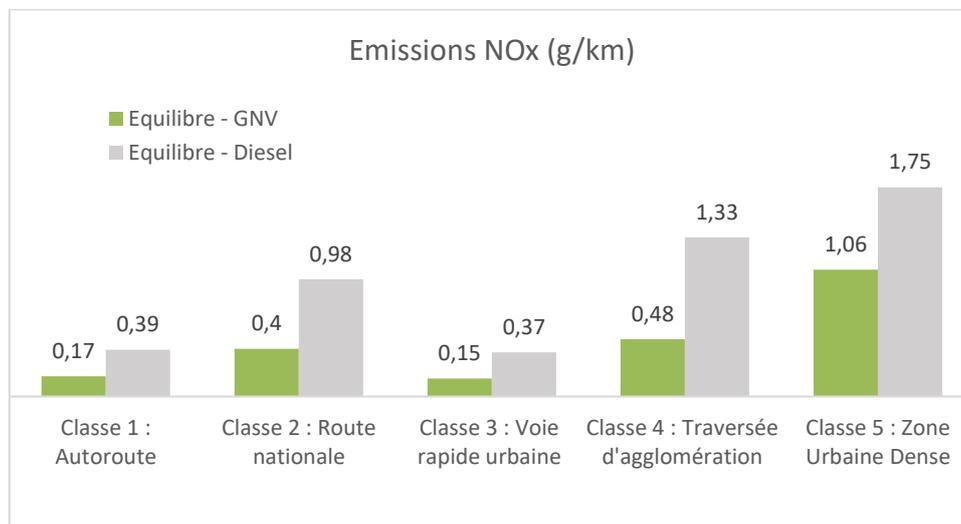


Figure 2. Comparatif des émissions moyennes observées dans le cadre du projet Equilibre

Une comparaison plus valide entre le meilleur véhicule gaz et le meilleur véhicule diesel (parmi ceux audités par le projet Equilibre) a été réalisée sur le périphérique d'Annecy (D3508) emprunté pendant deux ans par ces deux véhicules. Ces trajets ont été réalisés à toute heure : la vitesse moyenne révèle un fort trafic moyen.

Type de PL	Kilométrage (km)	Vitesse moyenne (km/h)	Consommation (.../100km)	Emissions de NO <sub>x</sub> (g/km)
Diesel	2521	53	26 (l)	1,60 ou 1,10
Gaz Naturel	5283	54	28 (kg)	0,33

Tableau 1. Émissions sur le périphérique d'Annecy (D3508)

On remarque (tableau 1) que les mesures révèlent un taux d'émission trois à cinq fois supérieur pour les véhicules diesel : la première valeur (1,6 g/km) intègre les démarrages à froid pour les véhicules diesel ; la seconde valeur (1,1 g/km) exclut les démarrages à froid (trajets du matin après sortie du dépôt). Ces conclusions seraient généralisables à la circulation en zone urbaine.

## V. Forte variabilité des résultats

Le projet Equilibre a également mis en évidence la très grande variabilité des performances des véhicules audités, aussi bien pour les véhicules diesel que pour les véhicules gaz. Ces différences de performances tiennent essentiellement à l'absence de maturité des technologies de dépollution. Il y a donc de bons et de mauvais véhicules et moyenner les performances sur les véhicules plus vertueux et moins vertueux n'a pas de sens si l'on souhaite généraliser les conclusions. À cela il faut encore ajouter une très grande variabilité entre véhicules –puissance du moteur, rapport de ponts, GNC/GNL, etc. et une grande variabilité d'usage, rendant les comparaisons difficiles.

La figure 3 reporte les valeurs des émissions pour l'ensemble des tracteurs audités durant le projet. On notera deux points :

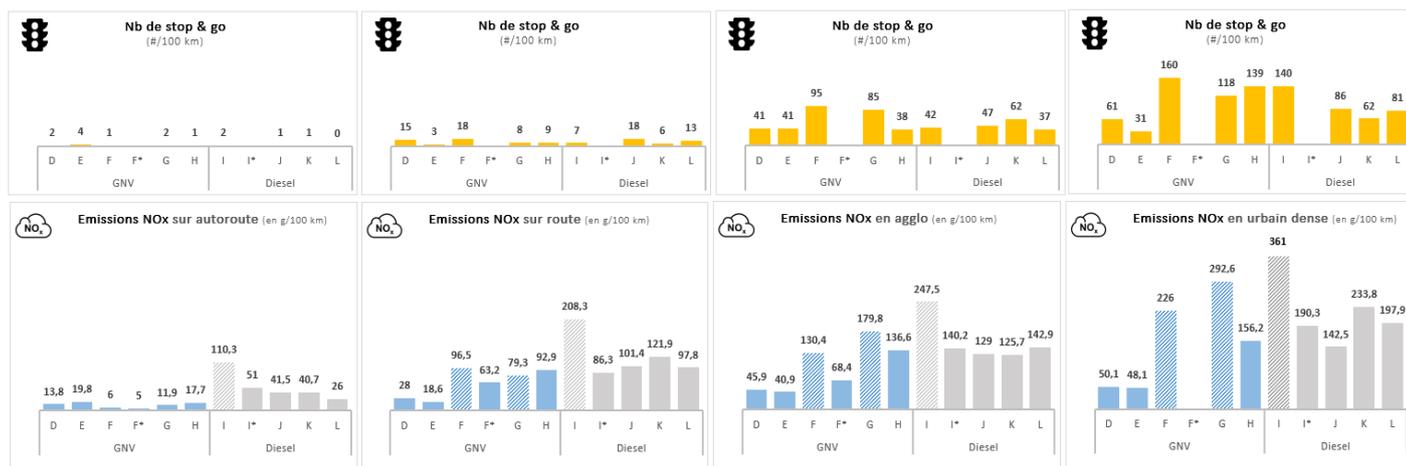


Figure 3. Émissions des véhicules (44t) audités durant le projet Equilibre

- le nombre de « stop & go », en urbain notamment, révèle qu'il n'y a pas deux véhicules qui rencontrent exactement les mêmes conditions d'exploitation ;
- certains véhicules apparaissent à deux reprises (e. g. I et I\*) du fait de dysfonctionnements détectés au cours du projet et corrigés par le constructeur. De tels dysfonctionnements, font partie de la réalité de l'exploitation.

## VI. Conclusion

Le projet Equilibre a été l'occasion de l'élaboration d'une méthodologie pour l'audit des poids-lourds (PLs) en situation réelle d'exploitation d'un point de vue de consommation énergétique et des émissions de polluants (CO<sub>2</sub> et NOx principalement). Le retour d'expérience a confirmé la nécessité de ce travail : ni les données des constructeurs ni la certification ne rendent compte de consommation énergétique et des émissions de polluants des PLs en situation réelle d'exploitation à cause de la grande hétérogénéité des véhicules au sein d'une même classe. On ne peut tirer de conclusions générales.

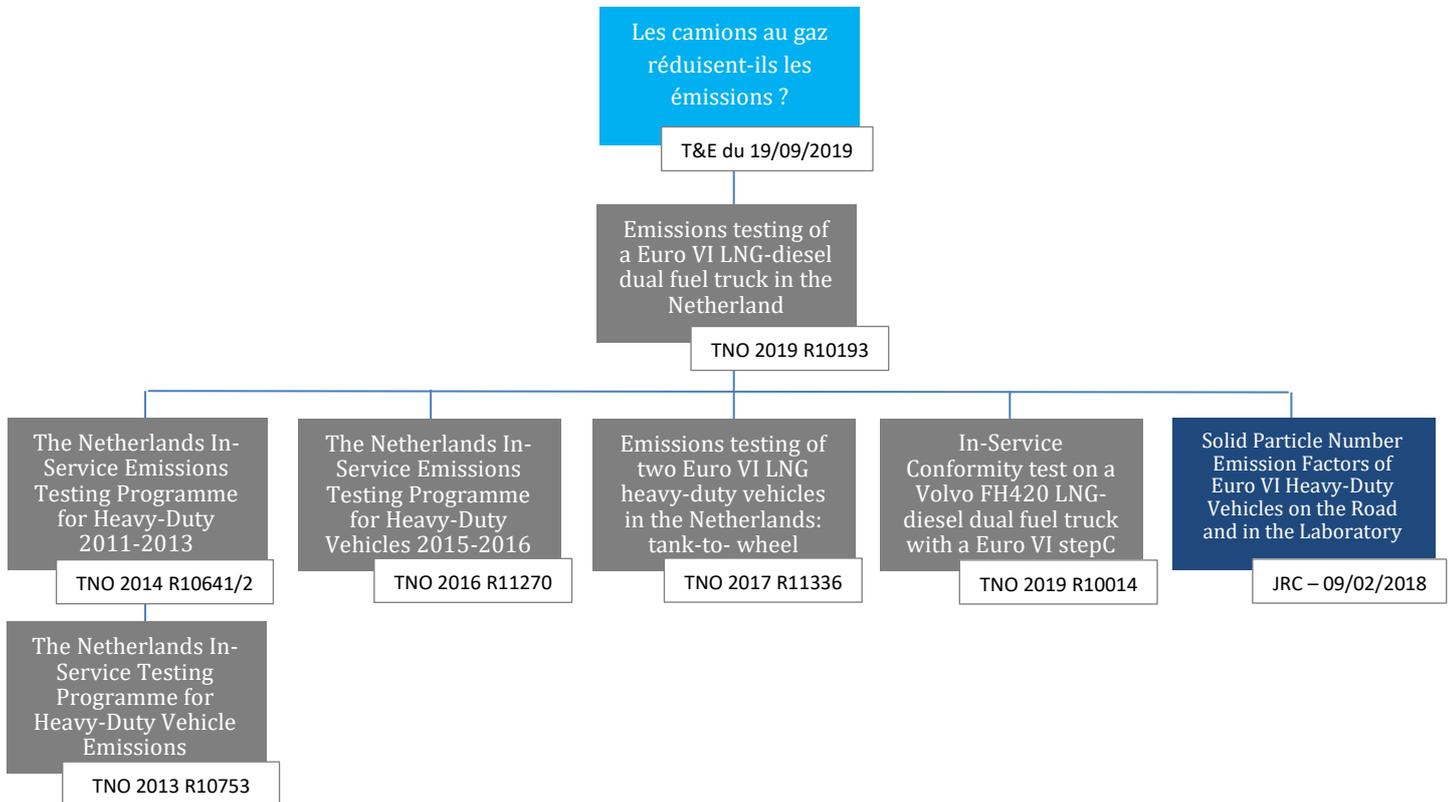
Jusqu'ici dans le cadre du projet Equilibre, l'objectif étant uniquement d'appréhender et de comprendre la réalité du terrain, en qualifiant les véhicules préalablement anonymisés. Cependant, pour permettre aux transporteurs de choisir le véhicule adapté à leur besoin, il faudra un audit et une évaluation individuelle de chaque véhicule. En effet,

- il est nécessaire de mettre en place des procédures d'évaluation (à distinguer des procédures de certification) rendant compte de la réalité de l'exploitation ;
- ces évaluations doivent être menées de façon transparente et indépendamment des constructeurs et de tout autre organisme présentant un parti-pris.

En ce qui concerne le comparatif entre le gaz naturel et le diesel, la seule conclusion sûre du projet Equilibre est un taux d'émissions de NOx beaucoup plus faible pour le gaz que pour le diesel quand les conditions d'exploitation sont sévères, c'est-à-dire en urbain ou en présence d'un fort trafic. Cette conclusion est en accord avec ce que l'on sait du fonctionnement des systèmes de dépollution des véhicules diesel – ils fonctionnent très mal dans les régimes transitoires. Cette conclusion est exactement à l'opposé des affirmations peu fondées de T&E.

# Annexes

## Organigramme des documents utilisés et filiations :



### Kilomètres parcourus par les véhicules dans l'étude TNO

km parcours	Urban	Rural	Motorway	Total	Commentaires
<b>Diesel (n=5)</b>	82.5	241	664	987.5	Hypothèse , 5 camions en N3Old
<b>Iveco LNG</b>	49.5	144.6	398.4	592.5	hypothèse 3*N3
<b>Scania LNG</b>	49.5	144.6	398.4	592.5	hypothèse 3*N3
<b>Volvo LNG</b>	16.5	48.2	132.8	197.5	d'après analyse doc TNO , 1 seul essais N3Old

Figure 1: kilométrages parcourus pour les mesures CO2 (diesel n=5)

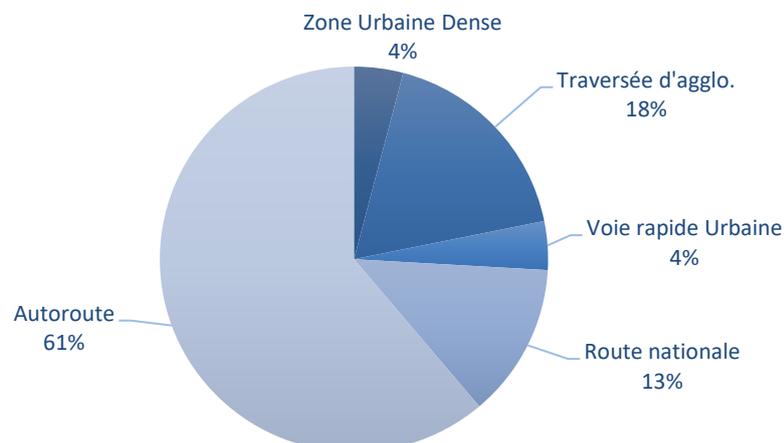
km parcours	Urban	Rural	Motorway	Total	Commentaires
<b>Diesel (n=6)</b>	99	289.2	796.8	1185	Hypothèse , 6 camions en 3*N3Old
<b>Iveco LNG</b>	49.5	144.6	398.4	592.5	hypothèse 3*N3
<b>Scania LNG</b>	49.5	144.6	398.4	592.5	hypothèse 3*N3
<b>Volvo LNG</b>	16.5	48.2	132.8	197.5	d'après analyse doc TNO , 1 seul essais N3Old

Figure 2: kilométrages parcourus pour les mesures de NOx (diesel n=6)

### Kilomètres parcourus par les tracteurs 44t audités par le projet Equilibre

km parcourus	Zone Urbaine Dense	Traversée d'agglo.	Voie rapide Urbaine	Route nationale	Autoroute	Total
Equilibre   Scania GNC	5 194	47 899	56	17 883	14 531	85 563
Equilibre   Scania GNC	4 249	27 738	605	24 257	12 606	69 455
Equilibre   Iveco GNC/GNL	243	6 376	518	3 733	57 107	67 977
Equilibre   Iveco GNC	220	1 139	297	1 081	1 552	4 289
Equilibre   Iveco GNL	10 763	3 246	12 566	13 915	100 814	141 304
Equilibre   Iveco Diesel	9 891	18 962	13 063	23 811	87 561	153 288
Equilibre   Volvo Diesel	1 470	23 837	4 133	12 978	139 152	181 570
Equilibre   DAF Diesel	203	3 980	69	1 201	25 187	30 640
Equilibre   Scania Diesel	431	8 430	1 277	4 405	50 061	64 604

### Répartition des 800 000 kilomètres parcourus par l'ensemble des 44t audités par le projet Equilibre



## Les véhicules Diesels testés par TNO :

Table 3: Overview of 6 Euro VI diesel heavy goods vehicles in the PEMS database that are comparable to the LNG trucks tested in the programme covered by this report.

TNO vehicle code	MB113	SC116	MA118 <sup>1</sup>	DA122	IV123	VO124
Vehicle type	Tractor semi-trailer	Tractor semi-trailer	Rigid-trailer	Tractor semi-trailer	Tractor semi-trailer	Tractor semi-trailer
Brand type	Mercedes Actros	Scania R	MAN TGM	DAF XF	Iveco Hi-way	Volvo FH
Axles	4x2	6x2	4x2	4x2	4x2	4x2
Power [kW]	312	353	251	340	312	345
Final reduction ratio	2.61	2.71	n.a.	2.69	2.64	2.64

<sup>1</sup>Not used for the comparison of CO<sub>2</sub> emissions because the vehicle configuration, being a rigid-trailer, is different compared to the LNG tractors semi-trailers. Levels of criteria pollutants are expected to be comparable between the vehicle configurations, so for these pollutants all 6 diesel vehicles were taken into account in the comparison.

Remarque : le véhicule « MAN » n'a pas été pris en compte pour la comparaison sur le CO<sub>2</sub>, mais a été gardé pour les NO<sub>x</sub>, car c'est un porteur, les autres étant des tracteurs.

Table 5 Results of the PEMS in-service conformity tests of Euro VI diesel heavy-duty vehicles.

Vehicle code	Make/model	Euro class	Vehicle cat.	Fuel	PEMS trip	CF NO <sub>x</sub>	CF HC	CF CO	CF limit all gases
MB113	Mercedes-Benz Actros	Euro VI	N3	Diesel	Euro VI N3	0.12	0.01	0.24	1.5
SC116	Scania R440	Euro VI	N3	Diesel	Euro VI N3	0.85	0.14	0.20	1.5
MA118	MAN TGM	Euro VI	N3	Diesel	Euro VI N2 <sup>1</sup>	0.46	0.14	0.13	1.5
DA122	DAF XF FT	Euro VI	N3	Diesel	Euro VI N2 <sup>1</sup>	0.23	0.00	0.39	1.5
IV123	Iveco Stralis	Euro VI	N3	Diesel	Euro VI N2 <sup>1</sup>	0.20	0.09	0.35	1.5
VO124	Volvo FH460	Euro VI	N3	Diesel	Euro VI N2 <sup>1</sup>	1.00	n/a	0.31	1.5

<sup>1</sup>In some cases N2 PEMS trips were driven instead of the formally required N3 trips. The N2 trip contains a longer fraction of urban driving (40-50%) than the N3 trip (15-25%) and is therefore seen as somewhat more severe with regard to NO<sub>x</sub> emissions.

Remarque : les chiffres annoncés ici sont en facteur de conformité par rapport à la norme ISC. Ces résultats sont issus de recalculs et ne sont pas des données brutes cumulées sur un cycle. La limite autorisée est un facteur de conformité de 1.5 (pour chaque polluant). Il correspond à 1,5 fois le seuil maximum autorisé au banc d'essais par Euro VI. Exemple la limite des Nox au banc d'essais est de 0.46g/kWh, en ISC elle est de 0.69g/kWh.

## Les véhicules Gaz testés par TNO :

TNO vehicle code	IV162	SC163	VO180
Vehicle type	Tractor semi-trailer	Tractor semi-trailer	Tractor semi-trailer
Brand type	Iveco Stralis Hi-Road	Scania G340	Volvo FH420
Axles	4x2	4x2	4x2
Power(kW)	294	250	309

Emissions de NO<sub>x</sub> d'un véhicule diesel, moteur « froid », donnée TNO (rapport R10641)

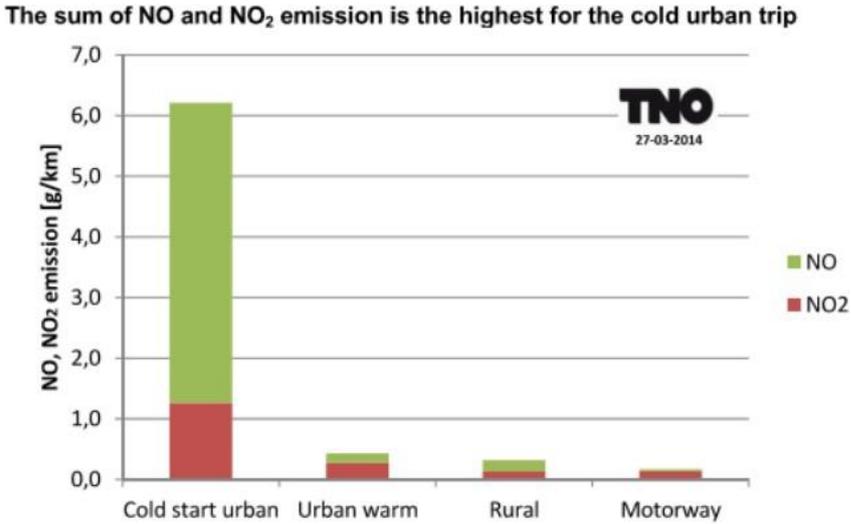


Figure 18: NO and NO<sub>2</sub> emissions of the Euro VI heavy-duty diesel vehicles, averaged for all vehicles and per type of operation. NO and NO<sub>2</sub> are calculated as NO<sub>2</sub> equivalent.