

Analyse des
**consommations et
émissions de CO₂ et NO_x**
sur des tracteurs routiers
44 tonnes GNV et Diesel



SOMMAIRE

CONTEXTE	page 3
----------	--------

MÉTHODOLOGIE	page 4
--------------	--------

PREMIERS RÉSULTATS BRUTS	page 7
--------------------------	--------

COMPARAISON GNV /DIESEL SUR DES CATÉGORIES DE ROUTES SIMILAIRES	page 11
--	---------

CONCLUSION ET PERSPECTIVES	page 12
----------------------------	---------

ANNEXE	page 13
--------	---------

CONTEXTE

Dans le cadre du projet Equilibre, une étude sur les performances environnementales et les consommations des véhicules Diesel et GNV (Gaz Naturel Véhicule) a été menée. L'objectif est de mesurer en conditions réelles d'exploitation, la consommation, les émissions de CO₂ et de NO_x sur une flotte de quinze véhicules (dix fonctionnant au GNV et cinq véhicules fonctionnant au gazole), et ce pendant 1 an.

Cette étude, indépendante, a été menée à l'initiative d'un consortium de transporteurs.

Ce rapport à mi-parcours présente les résultats préliminaires issus des données de 6 premiers camions de 44 tonnes de PTR¹ (3 Diesel et 3 GNV) et porte sur les 6 premiers mois d'expérimentation.

Pour plus d'informations sur l'ensemble du projet Equilibre : www.projetequilibre.fr

¹ Poids Total Roulant Autorisé



MÉTHODOLOGIE

Le choix des 6 premiers véhicules Euro VI s'est porté sur 3 tracteurs GNC/GNL et 3 tracteurs Diesel parmi les marques suivantes : DAF, Iveco, Scania et Volvo.

INSTRUMENTATION DES VÉHICULES

Chaque véhicule a été instrumenté par le CRMT² et Truckonline³ de manière à recueillir les informations nécessaires à l'étude durant toute la durée de l'expérimentation (12 mois). Un boîtier embarqué récupère les informations des calculateurs du véhicule, mais aussi les signaux de sondes NOx dédiées à l'expérimentation, fixées à l'échappement, ainsi que la localisation précise du camion fournie par un capteur GPS dédié à l'étude. Ces données sont enregistrées dans le système embarqué toutes les 200 millisecondes.



SOURCE DES DONNÉES

L'analyse effectuée dans ce rapport s'appuie sur trois sources de données :

- » Les informations remontées par les calculateurs véhicules et l'instrumentation spécifique, liée à l'expérimentation
- » Les informations collectées sur les journaux de bord (attelage, dételage, charges embarquées, pleins carburant...)
- » Les informations de caractérisation des trajets (type de route, domaine public/domaine privé)

Les informations collectées ont été associées à des sections élémentaires. Les 400 000 km de réseau routier analysés ont ainsi été découpés en 3 600 000 sections élémentaires différentes, identifiées à partir des données IGN⁴ (détails et exemple en annexe).

² Centre de Recherche en Machines Thermiques, www.crmt.fr

³ Solution globale de gestion de flotte TRUCKBOX, www.truckonline.pro

⁴ Institut National de l'Information Géographique et forestière, www.ign.fr

MÉTHODOLOGIE (SUITE)

FACTEURS D'INFLUENCE PRINCIPAUX

Les facteurs d'influence principaux sur la consommation et les émissions polluantes sont la vitesse, l'accélération, la météo, le poids en charge, le conducteur, le type de route, le dénivelé, le trafic.

La première analyse statistique des données menée par l'IFSTTAR⁵ a montré que la comparaison entre véhicules pouvait s'appuyer sur 3 de ces facteurs :



Le type de route empruntée (autoroute, route, urbain...) qui est caractérisé par la fréquence des accélérations (variabilité de la vitesse)



Le cumul de dénivelés positifs sur le trajet



Le poids total en charge du véhicule

⁵ Institut Français des Sciences et Technologies du Transport de l'Aménagement et Réseaux, www.ifsttar.fr

DESCRIPTION DES FACTEURS D'INFLUENCE RETENUS



Type de route

Toutes les sections du réseau routier ont été catégorisées par l'IFSTTAR en 5 classes de routes à partir des données de l'IGN et de l'INSEE :

- » **Classe 1** : voies à caractère autoroutier (autoroute, voies rapides)
- » **Classe 2** : routes "de campagne" (hors autoroute et zones urbaines)
- » **Classe 3** : voies rapides urbaines
- » **Classe 4** : voies de traversée de petites agglomérations
- » **Classe 5** : voies en zones urbaines denses (abondance de "stop & go")

98% des trajets effectués ont pu être rattachés à une classe de route. Les 2% restant correspondent à des phases de manœuvre, chargement/déchargement, attelage/dételage, ou d'une absence de données sur les cartes IGN.



Dénivelé

Un dénivelé moyen a été affecté à chaque section de route. Seul le dénivelé positif a été retenu comme facteur d'influence fort, sur les consommations et émissions polluantes.



P.T.C.

Le Poids Total en Charge du véhicule et sa variation au cours de la mission sont déterminés à partir des déclarations des transporteurs. Des contrôles de cohérence par pesée sont réalisés afin de s'assurer de la fiabilité des données saisies.

PREMIERS RÉSULTATS BRUTS

L'expérimentation a été menée en condition réelle d'exploitation. Le but de cette étude n'étant pas de faire un comparatif inter-marques, les résultats ont été rendus anonymes par l'attribution d'un numéro à chaque véhicule (de 1 à 3 pour les GNV, de 4 à 6 pour les Diesel).

Un bilan des consommations et des émissions polluantes a été effectué pour chaque véhicule, en distinguant, parmi les facteurs d'influence, la catégorie de route. Le tableau suivant détaille les distances (en km) parcourues par chaque véhicule sur les différents types de route.

DISTANCE PARCOURUE PAR CHAQUE VÉHICULE POUR LES DIFFÉRENTS TYPES DE ROUTES (EN KM)

Types de route	Véhicules					
	1	2	3	4	5	6
Classe 1 Autoroute	4469	2248	14614	50513	18064	36271
Classe 2 Route de campagne	3998	10444	1540	4620	620	5504
Classe 3 Voie rapide urbaine	13	79	1416	1875	19	4966
Classe 4 Traversée d'agglomération	20050	10673	452	7979	3044	1145
Classe 5 Zone urbaine dense	1348	1631	1051	524	68	3983

Les valeurs en rouge correspondent aux cas où les distances parcourues à ce stade de l'étude sont trop faibles au regard de la classe ou du véhicule observé pour obtenir des résultats significatifs, elles n'ont donc pas été prises en compte dans l'analyse.

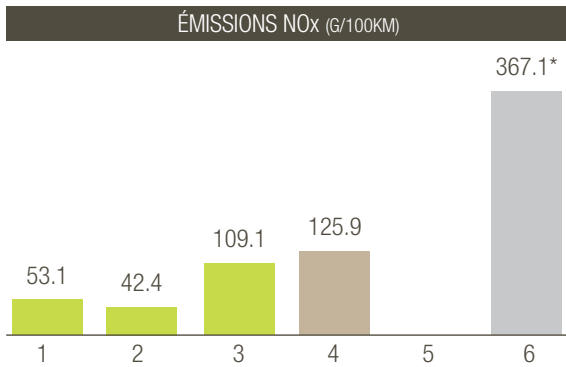
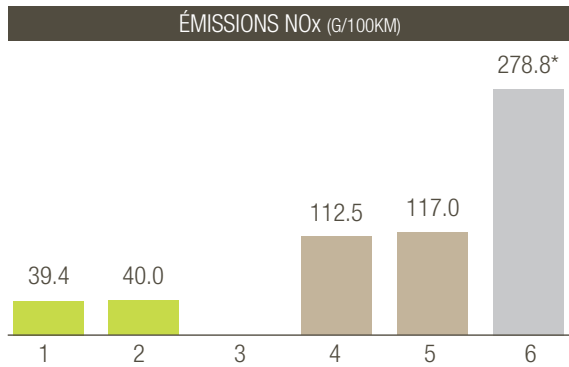
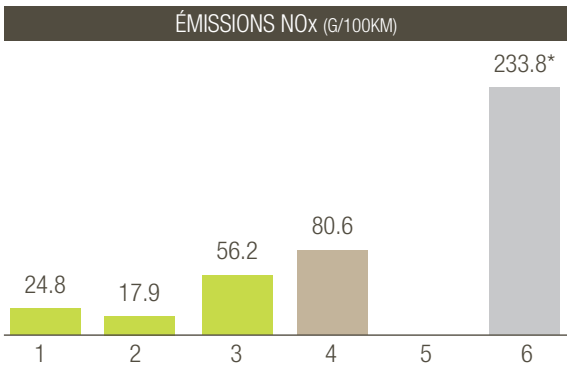
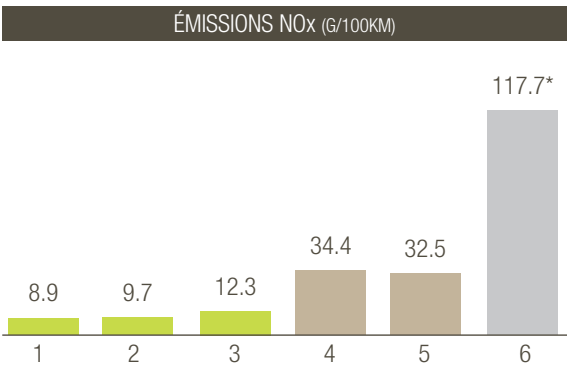
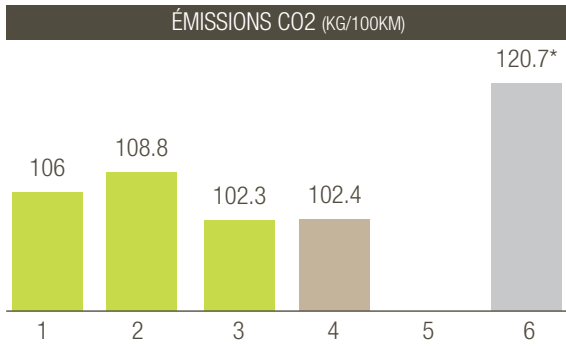
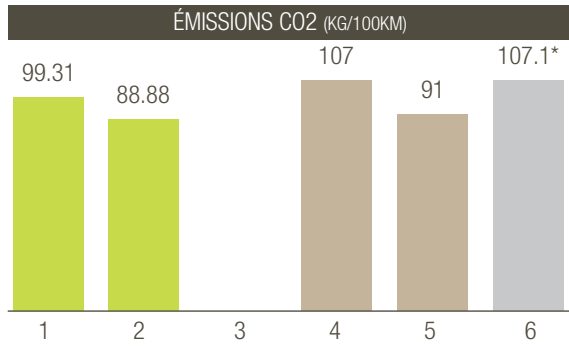
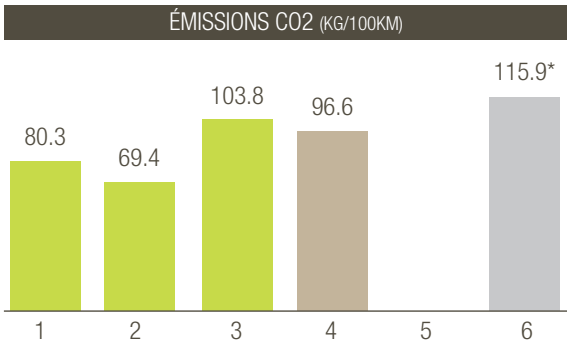
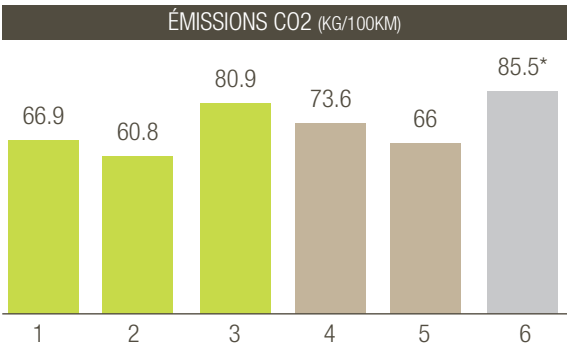
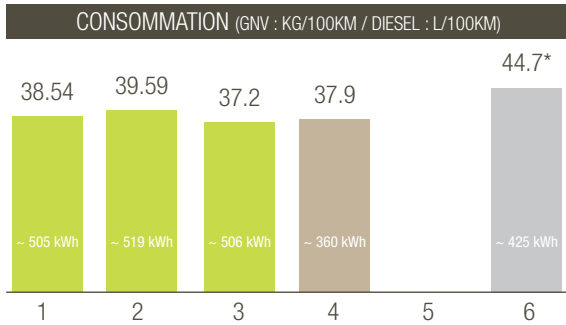
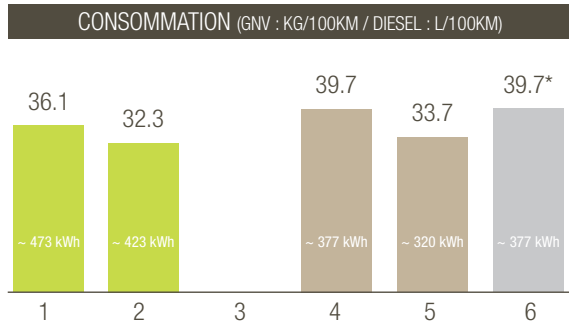
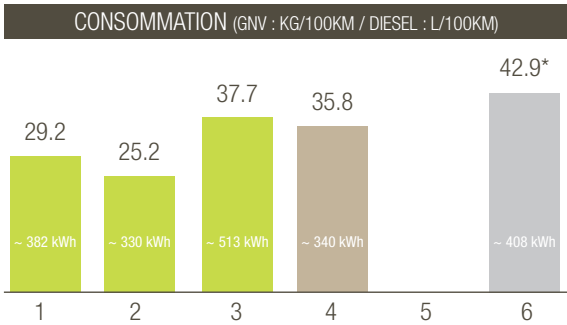
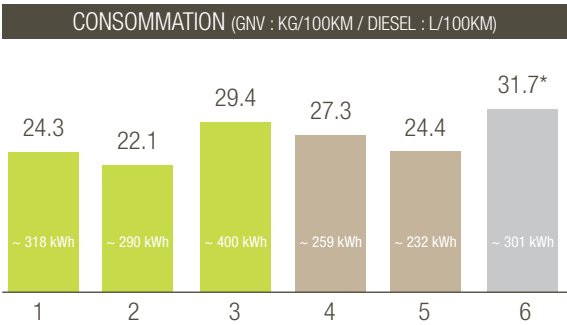
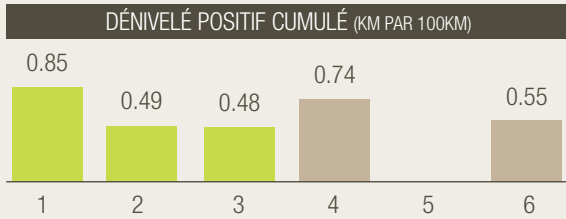
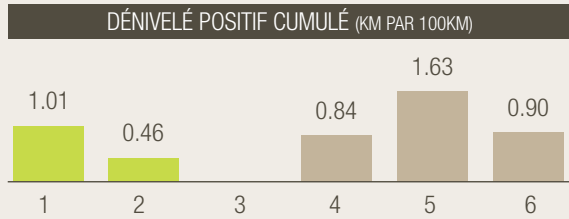
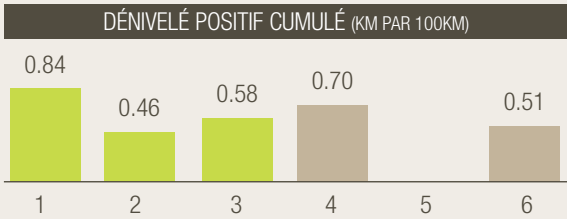
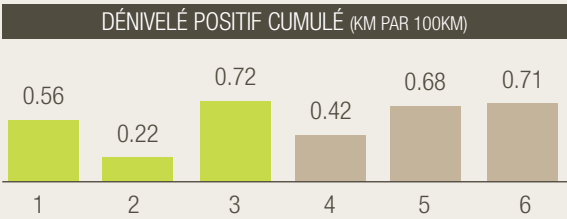
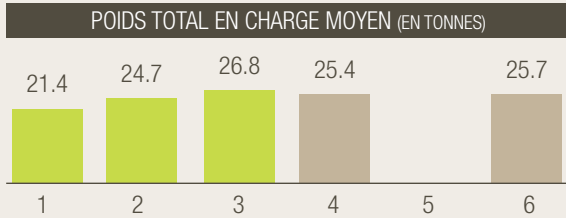
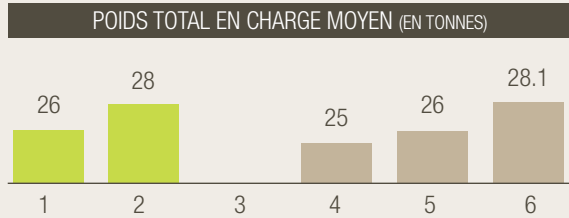
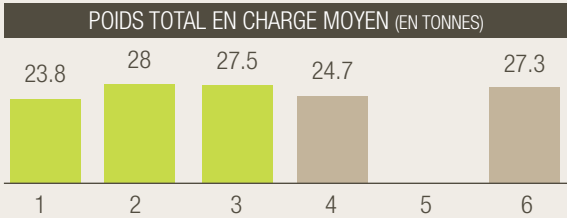
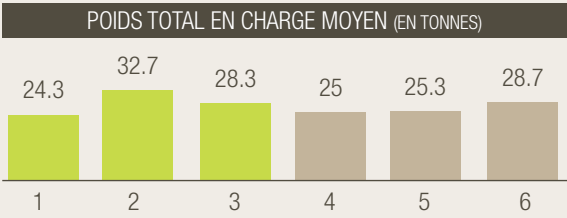
PREMIERS RÉSULTATS BRUTS (SUITE)

AUTOROUTE

ROUTE DE CAMPAGNE

TRAVERSÉE D'AGGLOMÉRATION

ZONE URBAINE DENSE



*données non cohérentes à ce stade qui nécessitent une étude complémentaire. Véhicule exclu de l'analyse dans l'attente de compléments

PREMIERS RÉSULTATS BRUTS (SUITE)

Il est important de rappeler que ces résultats n'intègrent pas les phases de manœuvre, chargement et déchargement. Cela peut expliquer des différences entre les valeurs affichées et les consommations couramment constatées, en particulier en zone urbaine. A titre d'exemple, pour un véhicule GNV, ces phases de manœuvre, chargement et déchargement - si elles sont nombreuses - peuvent représenter une consommation de gaz pouvant atteindre 3 ou 4 kg au 100 km. Ce comportement est également constaté pour les véhicules Diesel.

DONNÉES BRUTES DE CONSOMMATION VÉHICULES GNV

Conditions d'exploitation	Consommation durant les manœuvres (kg)	Consommation totale (kg)	Consommation des phases de manœuvres (%)
Savoie	906	12262	7.4
Ain & Lyon	1093	9116	11.6
Auvergne-Rhône-Alpes	199	6612	3.0

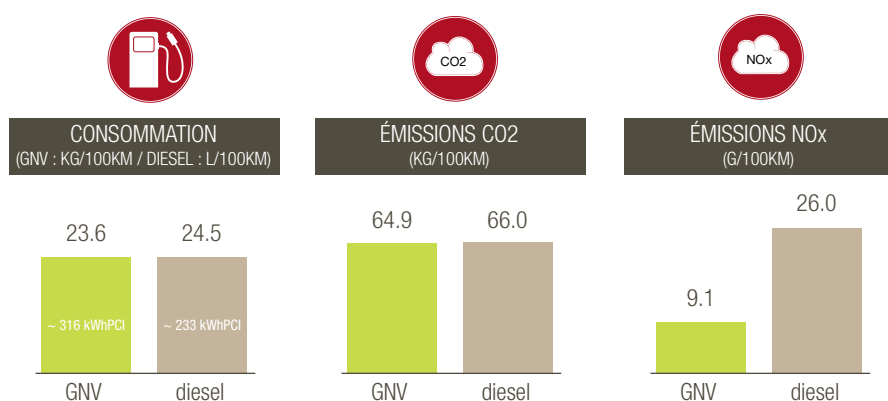
On peut noter par ailleurs, que les 5 véhicules dont les données sont exploitables à ce jour, affichent, en condition réelle d'usage, des niveaux d'émissions de NOx inférieurs au niveau du référentiel de la norme Euro VI ISC (In Service Conformity).

COMPARAISON GNV /DIESEL SUR DES CATÉGORIES DE ROUTES SIMILAIRES

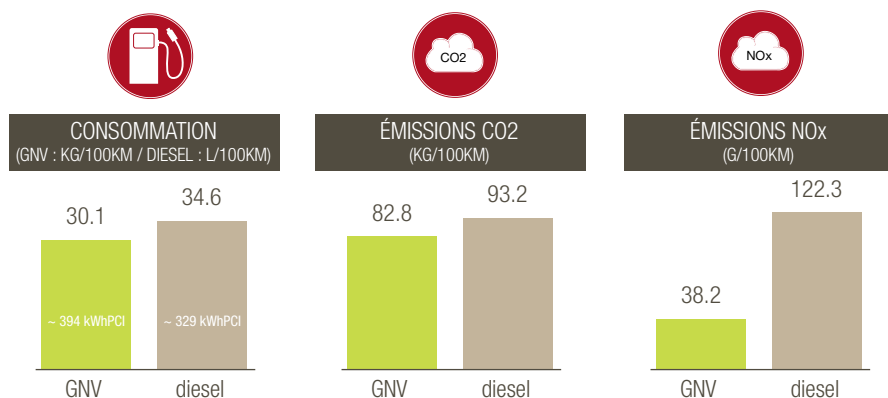
Pour comparer des résultats entre 2 types de motorisation (GNV et Diesel), il est nécessaire de calculer une moyenne des résultats des véhicules GNV d'une part, et des résultats des véhicules Diesel d'autre part.

De façon à limiter l'influence du PTC, l'étude ne retient à ce jour que les segments plats (voir annexe pour plus de détails). Pour ces segments, il est possible de produire une moyenne pour comparaison - sur la base de l'échantillonnage disponible grâce aux données collectées fiabilisées - pour deux types de route : autoroute et traversée d'agglomération.

Une analyse plus fine et exhaustive sur l'ensemble des typologies de segments sera présentée ultérieurement quand la quantité de données acquises permettra d'apporter une conclusion fiable.



Moyenne observée
sur les segments de
type "autoroute"



Moyenne observée
sur les segments
de type "traversée
d'agglomération"

CONCLUSION & PERSPECTIVES

Dans cette première partie du projet EQUILIBRE, les résultats intermédiaires, portant sur 6 des 15 véhicules prévus, confirment les tendances préalablement connues en matière de consommation et d'émissions de polluants : **des résultats légèrement inférieurs pour le GNV**, en termes de consommation et d'émissions de CO2 sur autoroute et en traversée d'agglomération. Concernant la qualité de l'air, **les émissions de NOx sont en revanche très inférieures pour les véhicules GNV** (environ 3 fois moins sur autoroute, presque 4 fois moins en traversée d'agglomération).

Il est à noter que les valeurs moyennes produites précédemment correspondent au fonctionnement opérationnel de la flotte des camions audités mais ne prétendent pas être statistiquement représentatives de l'ensemble des usages.

En complément de cette première analyse, il convient maintenant d'effectuer une étude plus fine des consommations et des émissions, en tenant compte des **principales variables observables** (la nature de la route, le profil altimétrique et le poids total en charge), mais également des **particularités des trajets empruntés** (vitesse moyenne, trafic, nombre d'arrêt/redémarrage) et de **l'influence des autres facteurs d'impact**.

Cette étude sera réalisée à partir d'un plus grand nombre de données collectées sur les tracteurs 44t. Elle apportera aussi des compléments sur le véhicule n°6 temporairement exclu de l'analyse. Par ailleurs, elle va être complétée en intégrant les données mesurées sur des porteurs 19t GNV et Diesel.

L'ensemble de ces résultats permettra d'élaborer des modèles prédictifs de la consommation des véhicules en fonction du trajet et du poids total en charge. Ils devraient in fine permettre de comparer des véhicules dans des conditions d'usage semblables et ainsi de préciser les types de missions les plus favorables selon le type de motorisation.



ANNEXE

Distance parcourue : elle est calculée à partir des traces (relevés) GPS, puis contrôlée grâce aux bases de données routières et au compteur kilométrique du véhicule. L'incertitude est inférieure à 1%.

Consommation de carburant et CO2 : sur les véhicules Diesel, la consommation de carburant est récupérée depuis le calculateur du véhicule (via le BUS CAN). Les émissions de CO2 sont calculées à partir d'une composition standard du gazole. Après vérification et calibrage, l'incertitude de ces données sont inférieures à 2%.

Sur les véhicules gaz, une cartographie de la consommation et des émissions de CO2 du moteur a été préalablement réalisée pour chaque véhicule étudié. Pour cela, la consommation et le débit de CO2 ont été mesurés avec précision pour toutes les combinaisons de couple/régime moteur atteignables grâce à un dispositif lourd (PEMS). Une fois la cartographie réalisée, on reconstitue la consommation et le débit de CO2 à partir des régimes et charge moteur. Une correction est effectuée a posteriori pour tenir compte des variations de qualité du gaz à chaque plein. Enfin, un contrôle de cohérence est effectué avec les déclarations de pleins de carburant. L'incertitude de la mesure est inférieure à 3%.

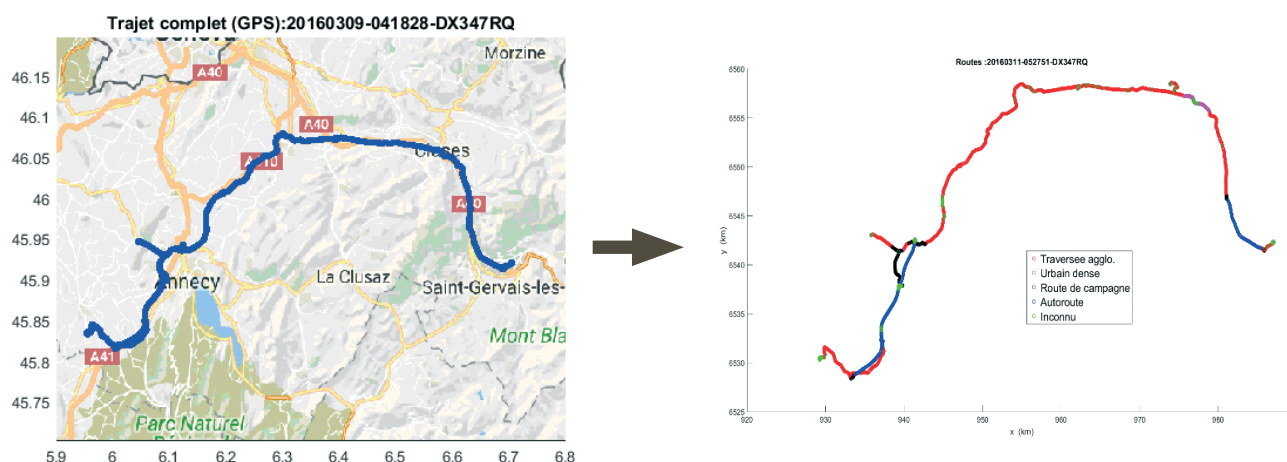
NOx : les données sont mesurées par la sonde placée à l'échappement pour les besoins de l'expérimentation. Cette sonde a été calibrée et vérifiée en cours d'expérimentation pour prévenir toute dérive éventuelle. L'incertitude de la mesure est inférieure à 3%.

Le travail très important de l'IFSTTAR de caractérisation des trajets empruntés : toute l'étude est basée sur la reconstitution a posteriori du parcours du véhicule, afin d'affecter les variations de consommation et rejets à un déplacement.

Segment plat : Les segments considérés comme plats correspondent à des pentes comprises entre -1 à + 1% de dénivelé. En filtrant sur ces niveaux de pentes, l'IFSTTAR a déterminé que le poids total en charge n'influence pas la consommation et les émissions. En procédant ainsi on rend comparable les consommations et les émissions des véhicules dans des situations similaires mais ces comparaisons ne peuvent être généralisées à d'autres situations.

ANNEXE (SUITE)

Voici un exemple, à titre purement illustratif, de découpage d'un trajet en sections de différentes classes.



On notera que certaines sections ne sont pas catégorisées (en vert sur le schéma de droite). Ce sont des sections qui correspondent à des phases de manœuvre ou à des défauts de cartographie, qui ne sont pas prises en compte dans l'analyse.

Analyse des segments de type "zone urbaine dense" :

Le faible kilométrage effectué par les véhicules Diesel retenus ne permet pas d'effectuer une comparaison fiable. Les données complémentaires en cours d'acquisition permettront une présentation des résultats lors d'une prochaine communication.

Analyse des segments de type "route de campagne" :

L'analyse des résultats montre une grande diversité de topologie sur les routes de campagnes (de la longue ligne droite à la route à fort trafic ponctuée d'intersections qui implique de nombreuses relances du véhicule). Contrairement aux autres types de routes (autoroute ou ville), regrouper des segments élémentaires (sections de route aux caractéristiques similaires) très différents sous la seule catégorie "route de campagne" ne permet donc pas de comparer des véhicules qui ont effectué des trajets différents. La configuration de la route est ici prépondérante.

Cela met en avant la complexité des facteurs qui influencent la consommation et les émissions. Au-delà des 3 facteurs principaux (poids, dénivelé et type de route), la fréquence des relances du véhicule sur un trajet aura un impact fort. Les aménagements urbains (ronds-points, zones de ralentissement...) ont donc une véritable incidence sur la consommation des véhicules et sur les émissions polluantes. Une analyse plus fine doit être menée pour conclure sur ces types de trajets.

PROJET EQUILIBRE

PARTICIPANTS



PARTENAIRES



MEMBRES DE L'ASSOCIATION ÉQUILIBRE





Un projet de transporteurs,
pour les transporteurs.

Retrouvez toutes les informations concernant l'expérimentation sur

www.projetequilibre.fr