

Etude Emissions Euro 6d-TEMP pour le MTE

Rapport de synthèse – 12/2020

I. Objet du document

La présente étude porte sur l'évaluation des **émissions en usage réel des véhicules Euro 6d-TEMP**, au travers d'une campagne expérimentale sur 22 véhicules. Pour chaque véhicule, les mesures d'émissions de **CO₂, de polluants règlementés (PN23, NO_x, HC, CO) et non règlementés (PN10, N₂O, CH₄ et NH₃)** sont réalisées dans des **conditions variées d'usage** : cycles d'homologation WLTC, essais RDE moyens et très dynamiques, conditions climatiques de -2 à +35 °C.

Un premier volet vise à comparer les performances environnementales des motorisations thermiques essence et diesel, au travers d'une sélection de 16 véhicules. Il s'agit de 8 couples de véhicules essence et diesel comparables deux à deux, multimarques, multi-segments (de la citadine au SUV) et multi-technologies (moteur : gamme de puissance, injection directe et indirecte - dépollution : avec et sans filtre à particules en essence, différentes technologies de dépollution NO_x en diesel). Il s'agit de véhicules non-neufs, ils ont été prélevés sur la parc français avec des kilométrages entre 22000 km et 58000 km. En termes d'hybridation, ces véhicules sont équipés tout au plus d'un système *stop-and-start* de coupure du moteur lors des arrêts.

Un second volet vise à déterminer l'apport de l'hybridation. Six véhicules sont évalués : un couple de citadines en comparaison essence vs. hybride, un couple de SUVs urbains en comparaison hybride vs. hybride rechargeable, et enfin un couple de berlines en comparaison hybride rechargeable essence vs. hybride rechargeable diesel.

Enfin, au-delà de la caractérisation expérimentale réalisée et synthétisée ici, une analyse de la sensibilité des émissions à l'usage est présentée (focus sur les conditions urbaines et projection sur des usages type prédéfinis).

Note au lecteur : Glossaire disponible en fin de rapport.

Table des matières

I.	Objet du document	1
II.	A retenir.....	3
III.	Introduction.....	6
IV.	Protocole expérimental et sélection de véhicules	7
V.	Résultats expérimentaux : niveaux d'émissions des véhicules Euro 6d-TEMP à motorisation thermique.....	10
VI.	Résultats expérimentaux : apports de l'hybridation.....	19
VII.	Niveaux d'émissions sur des usages réels types	26
VIII.	Conclusion	32
IX.	Annexes	33
X.	Glossaire	49

II. A retenir

Respect des normes d'émissions

Sauf exception, cette campagne expérimentale montre que les véhicules Euro 6d-TEMP essence comme diesel respectent en moyenne les seuils normatifs en usage réel de type RDE, y compris dans des conditions de conduite très dynamiques ou dans des conditions climatiques froides et chaudes sur des véhicules non neufs prélevés sur le parc. Des exceptions concernent les émissions de NO_x des véhicules diesel ne faisant pas l'usage d'injection d'urée dans leur système de dépollution, les émissions de particules fines de certains véhicules essence sans filtre à particules et les émissions de CO de certains véhicules essence en usage très dynamique.

Différence notable entre technologies

Des différences notables entre les technologies subsistent toutefois : les émissions de NO_x restent supérieures en diesel et les émissions de particules fines se montrent supérieures en essence y compris en prenant en compte l'impact des régénérations des véhicules diesel.

Hausse en usage urbain

Les niveaux d'émissions sont en hausse importante en usage urbain, en particulier les émissions de NO_x : +79 % en essence et +74 % en diesel en considérant les phases RDE urbaines normatives par rapport au roulage de type RDE complet. Ces niveaux d'émissions sont encore davantage élevés en se focalisant sur des conditions plus représentatives de l'usage urbain. Le niveau moyen diesel en usage urbain atteint alors 172 mg/km contre 40 mg/km pour les véhicules essences. La Figure 3 représente l'évolution des émissions de NO_x en fonction de la distance du trajet et illustre les niveaux importants des véhicules diesel sur les trajets les plus courts.

Emissions de CO_2 des PHEV : une question de recharge

Le véhicule hybride rechargeable présente sur cette campagne des niveaux d'émissions de CO_2 extrêmement sensibles à l'état de charge de la batterie : il est aussi bien capable d'approcher le zéro émission (recharge systématique entre des trajets plus courts que l'autonomie électrique et une conduite peu dynamique) ou ne faire qu'égaliser son homologue non rechargeable (sans pour autant être pire). L'efficacité environnementale réelle de cette technologie de véhicule est donc conditionnée à son usage et notamment de bonnes pratiques en termes de fréquence de recharge des utilisateurs. Les études de comportement réalisées à ce stade¹ montrent que ces pratiques sont aujourd'hui bien moins vertueuses que la norme n'en fait l'hypothèse, entraînant des émissions de CO_2 en usages réels plus importantes que celles homologuées.

¹ <https://theicct.org/sites/default/files/publications/PHEV-white%20paper-sept2020-0.pdf>

Emissions moyennes des véhicules à motorisation thermique conventionnels sur le protocole complet

La comparaison des émissions entre les véhicules essence et diesel sur le périmètre global des essais montre :

- une **consommation de carburant supérieure de 28% en essence** (+1,5L/100km), entraînant **des émissions de CO_2 supérieures de 11%**. Sur le périmètre de l'étude où les émissions de N_2O et CH_4 sont mesurées, l'écart en émissions de GES (gaz à effet de serre) se retrouve alors réduit de moitié en **prenant en compte ces émissions non réglementées**.

- **des émissions de NO_x de 89 mg/km en diesel contre 20 mg/km en essence, soit 4,4 fois plus importantes**. Plus spécifiquement, les niveaux d'émissions NO_x diesel sont tirés vers le haut par deux véhicules sans système de dépollution à l'urée et équipé d'un système LNT (à 203 mg/km en moyenne). En ne conservant que les véhicules disposant **d'un système de dépollution à l'urée** (systèmes dit SCR), **les émissions moyennes de NO_x passent à 57 mg/km, soit 2,8 fois plus que pour les véhicules essence**. Pour rappel la limite de la norme Euro 6d-TEMP est de 80 mg/km pour les véhicules diesel et de 60 mg/km pour ceux de technologie essence lors des tests en laboratoire, auxquelles sont consenties une tolérance d'un facteur 2,1 sur les essais routes (respectivement 168 mg/km et 120 mg/km). Cette tolérance sera réduite à 1,43 en Euro 6d (à partir de 01/2020 pour les nouveaux types et de 01/2021 pour tous les véhicules).

- **des émissions moyennes de particules fines pour les gammes de taille supérieures à 23 nm de $1,6 \cdot 10^{11}$ #/km en essence contre $1,1 \cdot 10^{10}$ #/km en diesel (15 fois inférieures), sans prise en compte de l'impact des régénérations périodiques du filtre à particules DPF. En prenant en compte l'impact des régénérations, le niveau moyen d'émission de PN23 des diesel atteint $5,8 \cdot 10^{10}$ #/km, soit 2,6 fois moins que leurs homologues essence sur le périmètre de l'étude.**

- des émissions de HC de 23 mg/km pour le diesel contre 19 mg/km pour l'essence ; pour rappel la limite de la norme Euro 6d-TEMP est de 100 mg/km de HC pour les véhicules essence et de 170 mg/km de HC+ NO_x en diesel.

- **des émissions de CO de 434 mg/km pour l'essence contre 83 mg/km pour les véhicules diesel** ; pour rappel la limite CO de la norme Euro 6d-TEMP est de 1000 mg/km et 500 mg/km de CO respectivement pour les véhicules essence et diesel. Les niveaux d'émissions sont plus variables en essence, avec notamment un véhicule ayant des niveaux d'émissions nettement au-delà du seuil normatif dans des conditions de conduites dynamiques.

- des émissions moyennes de NH_3 de **11 mg/km en diesel face à 15 mg/km pour les véhicules essence**, et très variables d'un véhicule à l'autre dans les deux cas.

NB : L'impact des régénérations périodiques des systèmes de dépollution diesel est pris en compte en appliquant les coefficients déterminés expérimentalement pour le CO_2 , le CO, les NO_x , les HC et PN.

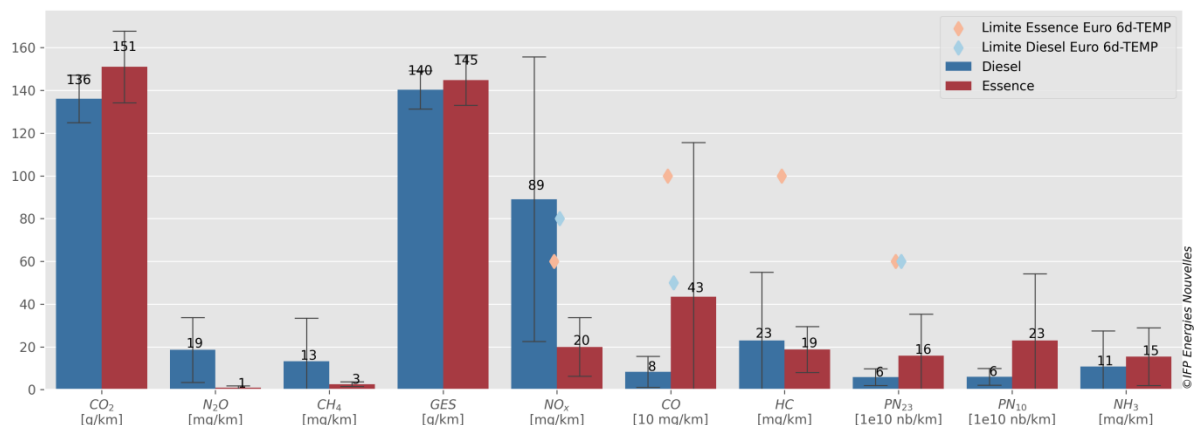


Figure 1 : Comparaison des émissions moyennes des véhicules thermiques essence et diesel sélectionnés sur le protocole expérimental. Prise en compte de l'impact des régénérations des filtres à particules diesel. Mesures de N₂O, CH₄, GES, HC et PN₁₀ sur le périmètre des essais sur banc à rouleaux seulement. Les barres d'erreur représentent l'écart type de chaque échantillon de mesure.

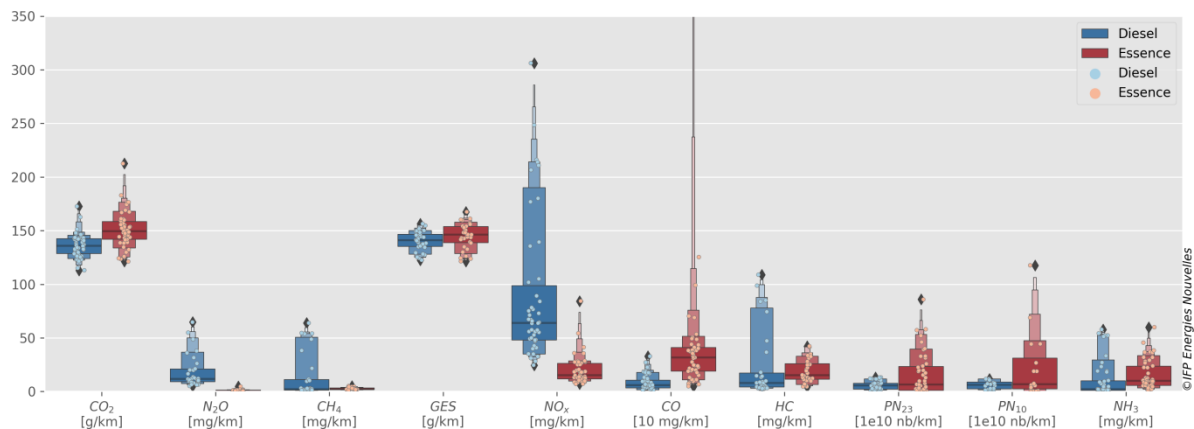


Figure 2 : Distributions des niveaux émissions des véhicules thermiques essence et diesel sélectionnés sur le protocole expérimental. Prise en compte de l'impact des régénérations des filtres à particules diesel. N₂O, CH₄, GES, HC et PN₁₀ sur le périmètre des essais sur banc à rouleaux seulement. Chaque point représente un essai. Le trait horizontal représente la médiane de l'échantillon. La boîte la plus au centre s'étend du 1er quartile (le 1er 4-quantile) au 3ème quartile. Les boîtes, successivement plus étroites que celles qui les précèdent, sont délimitées de manière incrémentale par les 8-quantiles, les 16-quantiles, les 32-quantiles et ainsi de suite jusqu'aux valeurs extrêmes de l'échantillon de données.

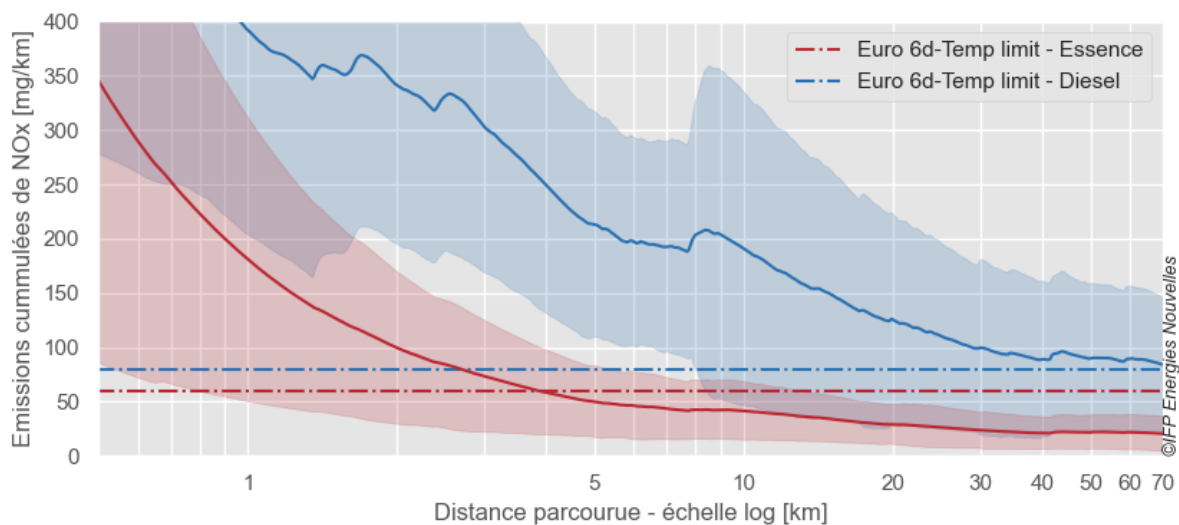


Figure 3 : Comparaison de l'évolution des émissions cumulées de NO_x en fonction de la distance sur essai RDE entre véhicule essence et diesel (lignes épaisses). Les aires colorées représentent l'écart type.

III. Introduction

Les émissions du transport routier sont de deux types :

- les gaz à effet de serre (GES), responsables du réchauffement climatique : un objectif européen de réduction des émissions moyennes de CO₂ de 15 % de 2021 à 2025 et 37.5 % à 2030 a été établi, et une politique de bonus/malus est instaurée en France pour inciter à l'achat de véhicules faiblement émetteurs.

- les polluants atmosphériques, néfastes pour la santé, dont en particulier les oxydes d'azote (NOx) et les particules fines : l'évolution des seuils normatifs européens de polluants sur les 15 dernières années a été très importante, permettant une réduction significative des émissions des véhicules récents. Toutefois, l'écart s'est creusé entre norme et usage réel jusqu'à la norme Euro 6b et en particulier pour les véhicules diesel².

Introduite à partir de septembre 2017 pour les nouveaux types de véhicules et généralisée en septembre 2019 pour tous les véhicules, la réglementation Euro 6d-TEMP inclut la mesure des niveaux d'émissions polluantes en situation de vie réelle sur route ouverte, appelée RDE. Ce protocole vise à réduire cet écart entre homologation et usage réel pour assurer des performances environnementales du véhicule élevées dans une majorité d'usages.

Bien que les tests RDE ne fassent partie du processus d'homologation que depuis Euro 6d-TEMP, une phase de monitoring des niveaux d'émissions sur RDE des véhicules a été initiée depuis Euro 6b, opérée par les constructeurs sur des véhicules neufs.

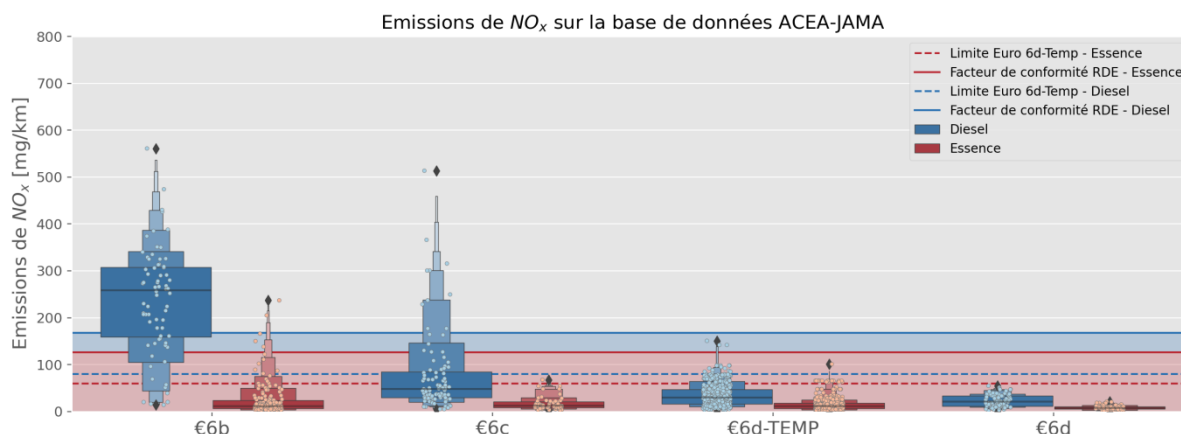


Figure 4 - Données constructeurs d'émissions de NOx sur RDE. Sources : ACEA et JAMA

Les résultats de 2280 cycles RDE ont été collectés auprès des constructeurs automobiles, de l'ACEA et du JAMA³, toutes deux étant des associations de constructeurs automobiles, puis agrégés et mis en forme par IFPEN. Ces résultats, présentés Figure 4⁴, montrent une amélioration nette des niveaux

² Yoann Bernard et al., "Determination of real-world emissions from passenger vehicles using remote sensing data" (TRUE Initiative, June 5, 2018), <https://www.theicct.org/publications/real-world-emissions-usingremote-sensing-data>.

³ <https://www.acea.be/> ; <http://www.jama-english.jp/>

⁴ Ce type de représentation permet un rendu visuel de la distribution statistique de l'échantillon de mesures. Chaque point représente un essai. Le trait horizontal représente la médiane de l'échantillon. La boîte la plus au centre s'étend du 1er quartile (le 1er 4-quantile) au 3eme quartile. Les boîtes, successivement plus étroites que

d'émissions de NOx des véhicules diesel à partir d'Euro 6d-TEMP et l'entrée en vigueur effective du RDE.

La pénétration des véhicules Euro6 d-TEMP dans le parc automobile étant encore faible, ces derniers n'ont encore été que peu caractérisés en usage réel et avec un kilométrage substantiel (supérieur à 20 000 km). Des études récentes commencent à fournir des données, à l'image de l'étude du consortium TRUE publiée par l'ICCT en septembre 2019⁵ basée sur des mesures à Paris durant l'été 2018. Cette étude enregistre notamment une réduction de 70 % des émissions d'oxyde d'azote sur les Euro 6d-TEMP diesel par rapport à leur prédécesseurs Euro 6b, mais souligne la trop faible quantité de mesures pour conclure, confirmant la nécessité d'études complémentaires focalisées sur ces véhicules.

La présente étude vise donc à établir si cette baisse est effective sur des usages réels variés, pour des véhicules non neufs prélevés sur parc, et aussi bien pour les différents polluants réglementés que non-réglementés.

IV. Protocole expérimental et sélection de véhicules

Présentation du protocole expérimental d'essais

Dans un souci de recherche d'une caractérisation exhaustive de l'usage réel des véhicules, un protocole expérimental balayant différents styles de conduite et conditions climatiques a été mis en place. Le protocole expérimental détaillé^{6 7} a été publié avant le démarrage de la campagne d'essais, décrivant les essais opérés sur les véhicules et les instruments de mesures mis en œuvre. Le Tableau 1 synthétise les essais constituant le protocole expérimental de l'étude.

Tableau 1 : Synthèse des données recueillies et essais opérés

Essai	Conduite	Environnement	Description complémentaire	Eléments de réponse pour le projet
WLTC OEM	Norme	BàR Classique - OEM	Données publiques	Comportement nominal homologué par le constructeur
RDE OEM	Normale	Route- OEM	Données publiques	Comportement nominal homologué par le constructeur
BàR - WLTC	Norme	BàR Classique	Mesures : CO ₂ , NOx, CO, HC, CH ₄ , PN (>23nm et >10nm), NH ₃ , N ₂ O, NO/NO ₂	Valide la conformité du comportement du véhicule prélevé par rapport à l'homologation ; valide le moyen de mesure PEMS
BàR – RDE réf	Normale	BàR Classique	Mesures : CO ₂ , NOx, CO, HC, CH ₄ , PN (>23nm et >10nm), NH ₃ , N ₂ O, NO/NO ₂	Sur un cycle RDE référence commun aux véhicules; permet la comparaison entre véhicules; valide le moyen de mesure PEMS
RDE régé	Normale	BàR et route	Protocole de caractérisation de l'impact en émissions des régénérations périodiques sur véhicules diesel Mesures : CO ₂ , NOx, CO, HC*, CH ₄ *, PN (>23nm et >10nm*), NH ₃ , N ₂ O*, NO/NO ₂ <i>*sur les essais laboratoire dit banc à rouleaux</i>	Impact en polluants réglementés et non réglementés, des régénérations périodiques sur roulage représentatif de l'usage réel

celles qui les précèdent, sont délimitées de manière incrémentale par les 8-quantiles, les 16-quantiles, les 32-quantiles et ainsi de suite jusqu'aux valeurs extrêmes de l'échantillon de données.

⁵ <https://theicct.org/publications/on-road-emissions-paris-201909>

³ <https://www.ifpennergiesnouvelles.fr/article/lancement-dune-etude-devaluation-des-emissions-vehicules-recents>

⁴ <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/controle-des-emissions-polluants#e4>

RDE normal	Normale	Route	Parcours type RDE moyen Mesures : CO ₂ , NO _x , CO, PN>23nm, NH ₃ , NO/NO ₂	
RDE sévère	Sévère	Route	Parcours type RDE spécifique : Cible des cas de conduite critiques : accélération, pente, très embouteillé... véhicule chargé. On vise le même test sévère pour l'ensemble des véhicules Mesures : CO ₂ , NO _x , CO, PN>23nm, NH ₃ , NO/NO ₂	Sensibilité des émissions polluantes aux conditions de roulages spécifiques sévères
BàR – RDE	Normale	BàR climatique	Essai RDE à -2°C Mesures : CO ₂ , NO _x , CO, HC, CH ₄ , PN>23nm, NH ₃ , N ₂ O, NO/NO ₂	Sensibilité des émissions polluantes aux conditions ambiantes :
BàR – RDE	Normale	BàR climatique	Essai RDE à 35°C Mesures : CO ₂ , NO _x , CO, HC, CH ₄ , PN>23nm, NH ₃ , N ₂ O, NO/NO ₂	○ un cycle froid (T=-2°C) ○ un cycle chaud (T=35°C)

La norme RDE renseigne des limites et des critères pour juger de la sévérité du style de conduite. L'accélération du véhicule est contrainte par une valeur maximale de $V \cdot A_{pos}$ (produit de la vitesse et de l'accélération positive) et par une valeur minimale de RPA (accélération positive relative). La différenciation se fait par phases de conduite (urbain, rural et autoroute). Les valeurs assujetties à la norme sont le 95^e centile de la distribution de $V \cdot A_{pos}$ pour chaque phase et la valeur moyenne de RPA pour chaque phase.

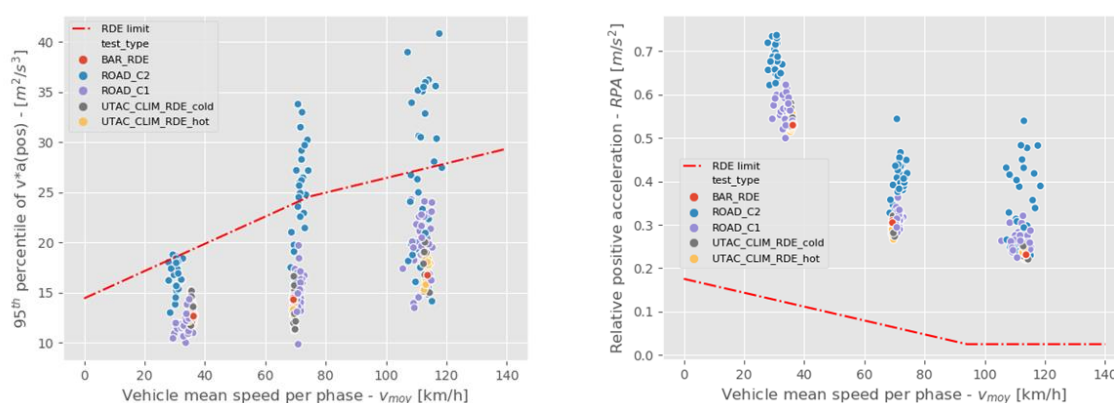


Figure 5 - Projections des critères de sévérité de la norme RDE pour chaque essai de l'étude ; chaque point représente une des 3 phases d'un essai (urbain, rural et autoroute). La ligne en pointillés rouges décrit la limite de la norme RDE.

Le précédent graphique permet de mettre en évidence la sévérité des essais routes dits « Road C2 » en regard du reste des essais. En résumé, le protocole d'essais de l'étude permet de balayer un spectre de sévérité suffisamment large pour évaluer le comportement en émissions des véhicules sur différents styles de conduite.

Echantillon de véhicules à motorisation thermique de l'étude

Les véhicules ont été sélectionnés de sorte à évaluer différents constructeurs, segments et technologies tout en étant représentatif du parc automobile français par l'échantillon de l'étude. Les 16 véhicules thermiques de l'étude sont projetés sur les ventes 2019 de véhicules en France dans un référentiel d'émissions CO₂ et cylindrée moteur dans la Figure 6. Les marques des véhicules sélectionnés représentent 62% des ventes France 2019 (72% pour les véhicules diesel).

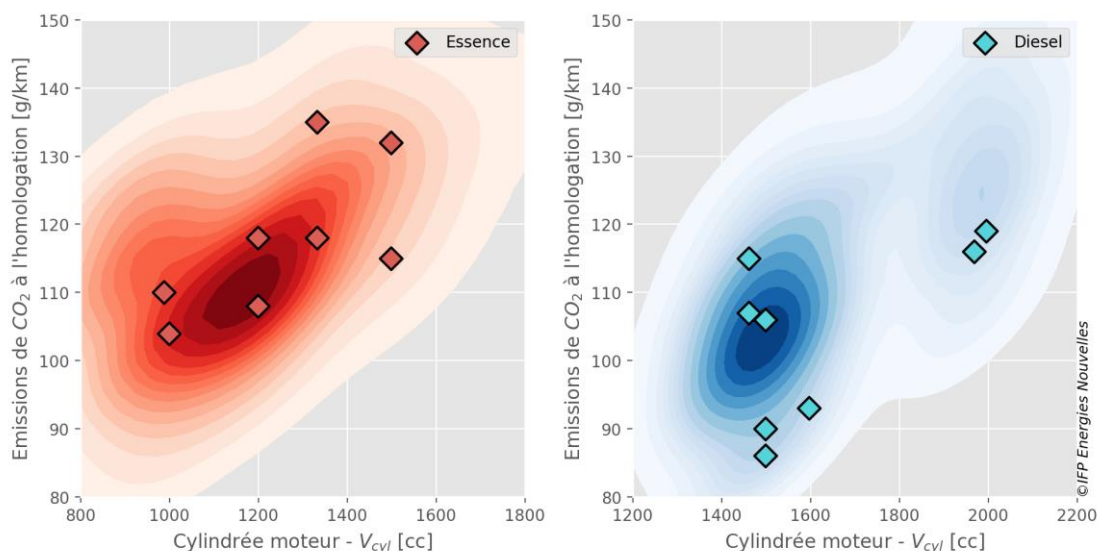


Figure 6 - Projection des véhicules de l'étude sur les ventes françaises 2019. Les contours en toile de fond représentent la densité des ventes de l'année 2019.

Le Tableau 2 agrège les caractéristiques des différents véhicules Euro 6d-TEMP à motorisation thermique sélectionnés pour l'étude. Pour 8 véhicules à motorisation essence, on retrouve 8 architectures différentes de système de post-traitement des gaz d'échappement. Cet échantillon de véhicules représente un spectre en puissance moteur s'étalant de 83 ch. à 150 ch., ce qui assure la représentativité de l'étude vis-à-vis du gros des ventes actuelles de véhicules essence en France. Le détail des caractéristiques des véhicules, en particulier les technologies moteur et post-traitement sont fournies en Annexe 1.

Tableau 2 : Echantillon des véhicules thermiques sélectionnés pour l'étude (table plus exhaustive disponible en Annexes)

Catégorie	Berline compacte	SUV 7 places	SUV compact	SUV compact	Monospace familial	Berline compacte	Citadine	Berline compacte
Code projet	GV1 / DV1	GV2 / DV2	GV3 / DV3	GV4 / DV4	GV5 / DV5	GV6 / DV6	GV7 / DV7	GV8 / DV8
Puissance Essence/Diesel	125 / 120 ch	130 / 130 ch	140 / 115 ch	150 / 150 ch	140 / 150 ch	136 / 115 ch	83 / 102 ch	126 / 120 ch
Kilométrage au démarrage	21700km / 22000km	28800km / 24200km	24300km / 36400km	22300km / 32500km	21900km / 29100km	25100km / 42900km	29000km / 29400 km	26000km / 58000 km

Il en est de même pour les véhicules diesel qui diffèrent les uns des autres autant sur le plan technologie de post-traitement que sur le plan puissance moteur. Parmi ces 8 véhicules, on retrouve deux véhicules équipés de technologies de dépollution d'oxydes d'azote NO_x qui n'utilisent pas d'injection d'urée sous la forme d'AdblueTM (technologie LNT, cf. Glossaire) contrairement aux 6 véhicules restants.

Prise en compte des régénérations périodiques des systèmes de dépollution

L'impact des régénérations périodiques des systèmes de dépollution diesel est pris en compte en appliquant les ratios déterminés expérimentalement selon la méthodologie de norme Euro 6d pour le CO_2 , les NO_x , le CO et les HC. Les analyses en cours montrent que les effets constatés expérimentalement sont proches de ceux homologués (cf. annexe page 35). Les essais menés montrent aussi un impact significatif des régénérations sur les particules en nombre qui devra être pris en compte.

V. Résultats expérimentaux : niveaux d'émissions des véhicules Euro 6d-TEMP à motorisation thermique

Emissions moyennes sur le protocole complet

Les résultats présentés dans cette partie et *a fortiori* dans les tables synthétiques sont **les moyennes des émissions de polluants sur l'ensemble des essais expérimentaux**, décrits dans la partie précédente. Une distinction est systématiquement faite entre les motorisations diesel et essence.

Consommation, CO₂ et gaz à effet de serre

La comparaison des émissions entre les véhicules essence et diesel sur le périmètre global des essais montre une **consommation de carburant supérieure de 28% en essence** (+1,5L/100km), entraînant **des émissions de CO₂ supérieures de 11%**. Sur le périmètre de l'étude où les émissions de N₂O et CH₄ sont mesurées, l'écart de GES (gaz à effet de serre) se retrouve alors réduit de moitié en prenant en compte ces émissions non réglementées.

Consommations de carburant et émissions de CO₂

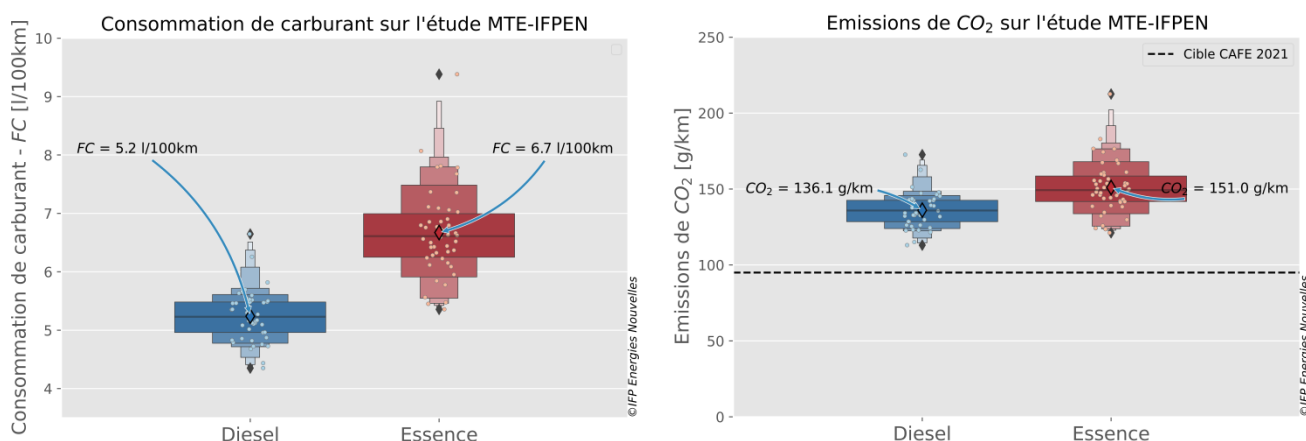


Figure 7 : Comparaison des émissions de CO₂ et de consommation de carburant des véhicules essence et diesel sur le périmètre complet de l'étude

	FC	CO ₂
unités carburant	[l/100km]	[g/km]
Diesel	5.2	136.1
Essence	6.7	151.0

Emissions de N_2O et CH_4

Le N_2O et CH_4 sont des gaz à effet de serre (GES) émis par les motorisations des véhicules thermiques qui doivent être pris en compte dans l'analyse de polluants globaux des véhicules. Pour le N_2O cette campagne établit que le diesel en émet de l'ordre de 20 fois plus que l'essence. Concernant le CH_4 le diesel se retrouve également en surémission par rapport à l'essence à raison de 5 fois plus. Ces surémissions des véhicules diesel sont pour l'essentiel imputables aux véhicules équipés d'un LNT dans la ligne de post-traitement des gaz d'échappement. Ils émettent en effet respectivement 3,6 fois et 22,6 fois plus de N_2O et CH_4 que les véhicules diesel n'en faisant pas l'usage (cf. Annexes pour valeurs absolues).

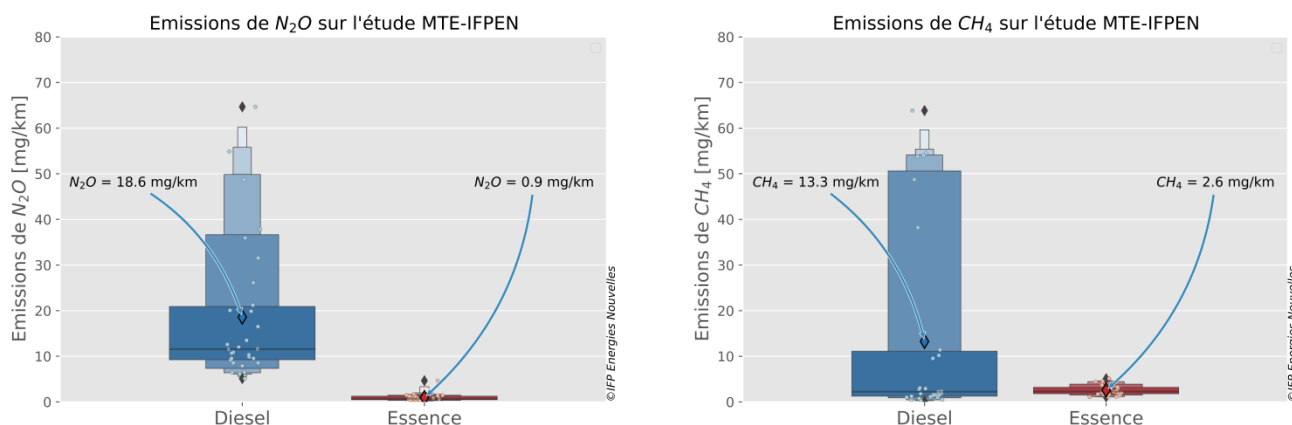


Figure 8 : Comparaison des émissions de N_2O et de CH_4 des véhicules essence et diesel sur le périmètre d'essais en laboratoire (banc à rouleaux et banc à rouleaux climatique)

En intégrant ces polluants aux émissions de GES sur le périmètre sur lequel elles sont mesurées, l'écart entre le diesel et l'essence se retrouve alors réduit de moitié. Cela est essentiellement

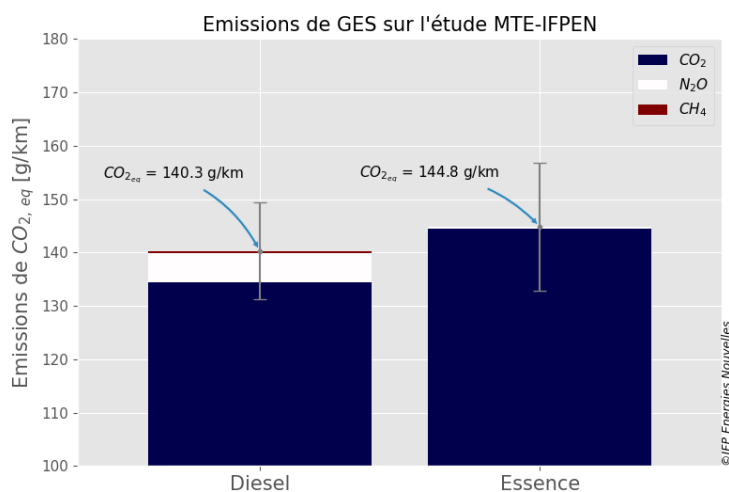


Figure 9 : Comparaison des émissions GES des véhicules essence et diesel sur le périmètre d'essais en laboratoire (banc à rouleaux et banc à rouleaux climatique)

imputable au fort pouvoir de réchauffement climatique de ces polluants, respectivement de 298 et de 30 pour le N_2O et le CH_4 (i.e. 1 g de CH_4 correspond à 30 g de CO_2 équivalent en termes de pouvoir de réchauffement). Ces polluants ne sont pas réglementés dans le cadre de la norme Euro 6d-TEMP mais leur potentielle intégration en post-Euro 6 est en cours de discussion, à l'instar du volet LEVIII de Californie.

A noter que les émissions de N_2O et de CH_4 ont été mesurées dans le périmètre du protocole expérimental de l'étude amputé des essais sur route libre. Ceci explique le fait que les émissions de CO_{2eq} soient plus faibles pour l'essence dans la table ci-contre.

	CH_4	N_2O	$CO_{2,eq}$
unités	eq CO_2 [g/km]	eq CO_2 [g/km]	eq CO_2 [g/km]
carburant			
Diesel	0.4	5.5	140.3
Essence	0.1	0.3	144.8

Polluants locaux réglementés

Emissions d'oxydes d'azote, NO_x

Les émissions moyennes de NO_x sur le protocole de l'étude sont de **89 mg/km en diesel** contre **20 mg/km en essence**, soit **4,4 fois plus importantes**. Pour rappel la limite de la norme euro 6d-TEMP est de 80 mg/km pour les véhicules diesel et de 60 mg/km pour ceux de technologie essence lors des tests en laboratoire, auxquelles sont consenties une tolérance d'un facteur 2,1 sur les essais routes (respectivement 168 mg/km et 120 mg/km). Cette tolérance sera réduite à 1,43 en Euro 6d (à partir de 01/2020 pour les nouveaux types et de 01/2021 pour tous les véhicules).

Plus spécifiquement, les niveaux d'émissions NO_x diesel sont tirés vers le haut par deux véhicules sans système de dépollution à l'urée et équipé d'un système LNT qui présentent des niveaux d'émissions nettement plus importants. En ne conservant que les véhicules disposant d'un système de dépollution à l'urée (systèmes dit SCR, pour *Selective Catalyst Reduction*), les émissions moyennes de NO_x passent à 57 mg/km, soit 2,9 fois plus que pour les véhicules essence.

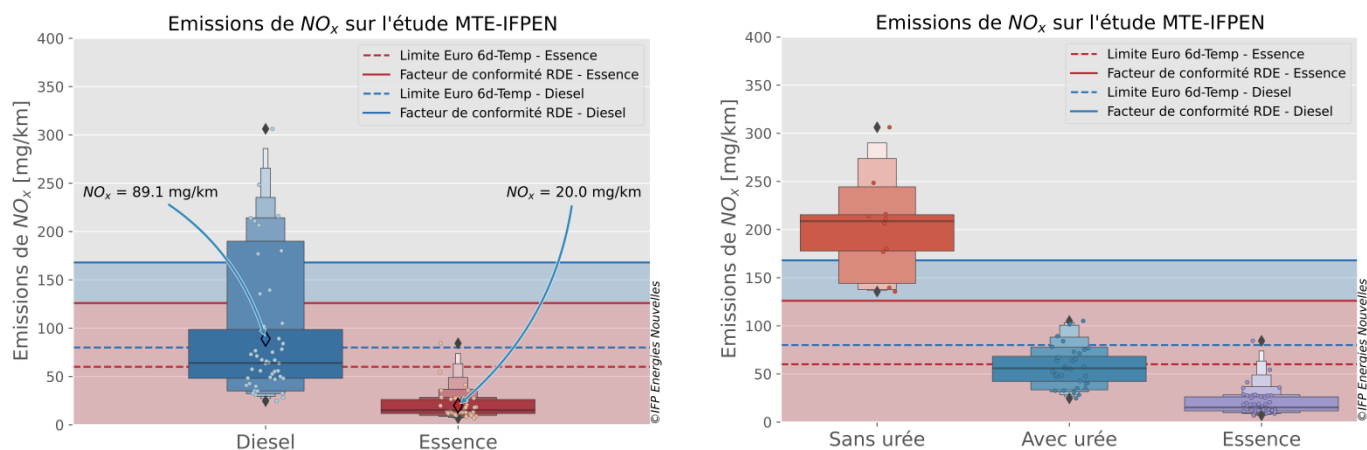


Figure 10 : Comparaison des émissions de NO_x des véhicules essence et diesel sur le périmètre complet de l'étude

carburant	Polluants Unités EATS	nombre	vehicule nombre d'essais	NO_x [mg/km]
Diesel	Avec urée	6	36	57.3
	Sans urée	2	10	203.4
Essence	TWC	8	46	20.0

Les systèmes de dépollution de type LNT fonctionnent suivant une alternance de phases de stockage des émissions de NO_x puis de phases de purge au cours desquelles les NO_x sont désorbés et réduits par le biais du fonctionnement en excès de carburant du moteur. Les émissions importantes de NO_x à l'échappement ont été observées lors de ces phases de purges, ce qui pourrait s'expliquer par un mauvais contrôle de ces événements, ou par une détérioration du catalyseur (empoisonnement au soufre ou détérioration thermique) à l'origine d'une réduction partielle des NO_x . Les véhicules en question totalisaient respectivement 22000 et 58000 km au démarrage des essais.

Emissions de particule fines réglementées PN_{23}

Les émissions moyennes de particules fines pour les gammes de taille supérieures à 23 nm sont de $1,6 \cdot 10^{11}$ #/km en essence contre $1,1 \cdot 10^{10}$ #/km en diesel (14 fois inférieures), sans prise en compte de l'impact des régénérations périodiques du filtre à particules DPF (partie gauche de la Figure 11).

Les niveaux d'émissions sont fortement variables en essence, avec notamment un véhicule à injection indirecte et sans filtre à particules qui dépasse le seuil des $6 \cdot 10^{11}$ #/km.

Il est à noter que cet écart entre essence et diesel se réduit de manière conséquente en prenant en compte l'impact des régénérations périodiques des filtres à particules diesel. Néanmoins la prise en compte de ces surémissions de particules en nombre ne fait pas partie de la norme Euro 6d-TEMP. Dans le cadre de la présente étude, des coefficients de correction des émissions de PN_{23} ont été déterminés expérimentalement en utilisant la méthodologie appliquée normativement sur les émissions de CO_2 , CO , HC , NO_x et des particules en masse PM .

En prenant en compte l'impact des régénérations, le **niveau moyen d'émission de PN_{23} des diesel atteint $5,8 \cdot 10^{10}$ #/km, soit 2,6 fois moins que leurs homologues essence sur le périmètre de l'étude.**

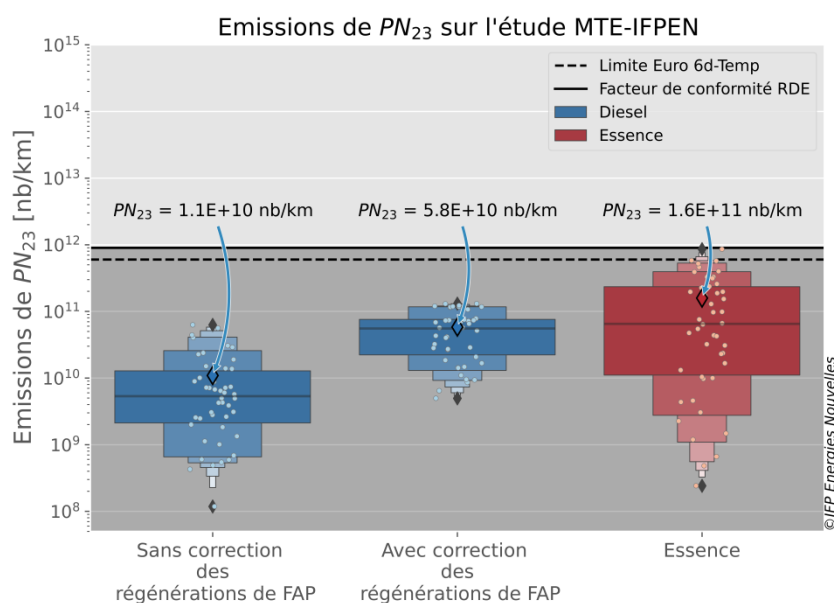


Figure 11 : Comparaison des émissions de particules en nombre de plus de 23 nm des véhicules essence et diesel sur le périmètre complet de l'étude

Emissions d'hydrocarbures imbrulés, *HC* et de monoxyde de carbone *CO*

Sur le périmètre expérimental complet de l'étude, **les émissions de *HC* s'élèvent à 24 mg/km pour le diesel contre 19 mg/km pour l'essence** ; pour rappel la limite de la norme Euro 6d-TEMP est de 100 mg/km de *HC* pour les véhicules essence et de 170 mg/km de *HC* + *NOx* en diesel.

Pour le cas des émissions de *CO*, l'essence se montre plus émetteur que le diesel avec un score moyen de 434 mg/km contre 83 mg/km pour les véhicules diesel ; pour rappel la limite *CO* de la norme Euro 6d-TEMP est de 1000 mg/km et 500 mg/km de *CO* respectivement pour les véhicules essence et diesel.

Pour les véhicules essence, la moyenne des émissions de *CO* est tirée vers le haut par quelques trajets sollicitant plus le moteur à forte charge et au cours desquels le véhicule GV8 utilise une **stratégie d'enrichissement** pour diminuer la température de combustion.

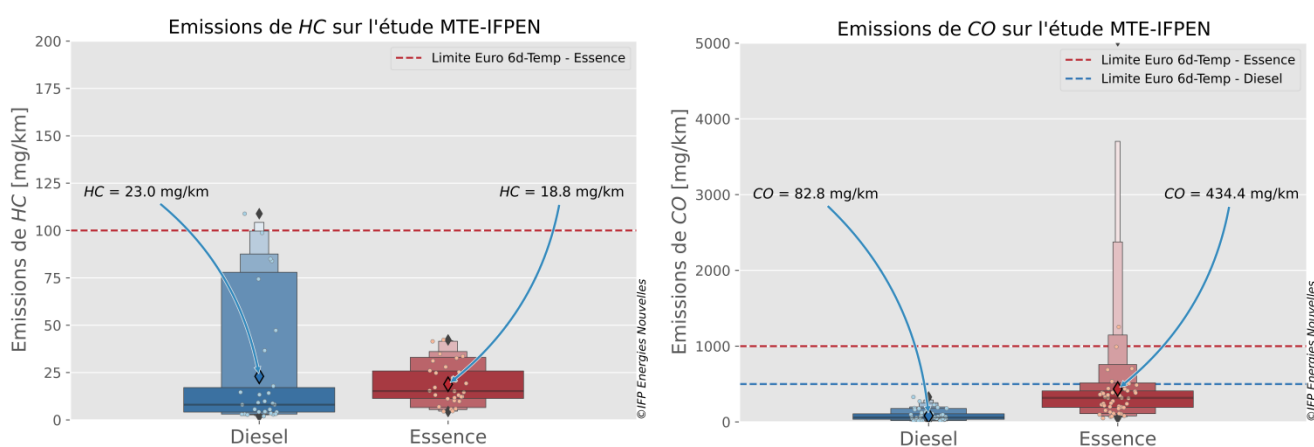


Figure 12 : Comparaison des émissions de *HC* et *CO* des véhicules essence et diesel sur : les essais laboratoires pour le *HC*, le périmètre complet de l'étude pour le *CO*

carburant	Polluants Unités EATS	vehicule nombre	nombre d'essais	<i>CO</i> [mg/km]	<i>HC</i> [mg/km]
Diesel	Avec LNT	2	10	193.5	83.0
	Sans LNT	6	36	52.1	8.0
Essence	TWC	8	46	434.4	18.8

Concernant les véhicules diesel, des **surémissions significatives de *HC* et *CO*** sont imputables aux **véhicules diesel faisant l'usage d'un LNT** (traitement des *NO_x* sans urée) plutôt que d'un SCR (traitement des *NO_x* avec urée). En effet le principe de traitement des *NO_x* de la technologie LNT repose sur une richesse moteur opérée de manière active et discontinue. Les *NO_x* sont d'abord stockés puis traités pendant des événements appelés purges DeNO_x qui forcent alors le moteur à fonctionner en régime riche. De cette phase résultent des surémissions de *HC* et de *CO* qui ne peuvent être converties que de manière complète par le LNT. Dans ce référentiel d'analyse, les **surémissions de *HC* et *CO* sont respectivement 10 fois et 3,7 fois plus importantes dans le cas où un catalyseur LNT est présent** par rapport aux autres dispositifs de post-traitement (cf. tableau ci-dessus).

Polluants locaux non réglementés

Emissions d'ammoniac NH_3

Les émissions de NH_3 ne font pas partie du cadre réglementaire de la norme Euro 6-dTEMP. Elles contribuent néanmoins à la dégradation de la qualité de l'air en tant **que précurseurs de particules très fines** et en tant que **gaz toxique pour l'homme à partir d'un certain seuil de concentration**.

Dans le cas de l'essence, l'ammoniac est un produit de réaction dans les pots catalytiques 3 voies (TWC) par le biais de production *in situ* d'hydrogène pendant des excursions en fonctionnement riche du moteur (démarrage à froid, fortes accélérations ou roulage à haute vitesse). Dans le cas des véhicules diesel, ces émissions résultent du traitement des NO_x par l'urée dans le catalyseur SCR. Les rejets de NH_3 dépendent alors de la stratégie de contrôle d'injection d'urée et de la fonction du dernier catalyseur de la ligne de post-traitement des gaz d'échappement : stockage NH_3 (meilleure capacité pour le SCR que le SCR-F) ou **catalyse dédiée au traitement du NH_3** (dits ASC, cf. glossaire).

Dans le périmètre expérimental de l'étude, les émissions moyennes de NH_3 sont de **11 mg/km en diesel face à 15 mg/km pour les véhicules essence**. Néanmoins pour le cas du diesel, cette valeur moyenne est tirée vers le haut par une technologie en particulier.

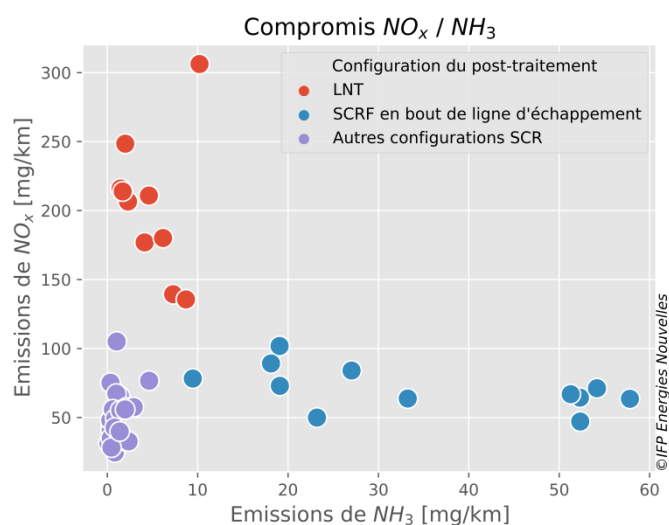


Figure 13 : Compromis d'émissions de NH_3 et de NO_x dans un référentiel de technologie de traitement des NO_x (chaque point représente le score cumulé final d'un essai sur véhicule diesel).

La Figure 13 présente le compromis d'émissions de NH_3 et de NO_x en fonction des technologies de traitement des NO_x . Il a précédemment été évoqué que les véhicules diesel équipés de LNT présentent des niveaux d'émissions de NO_x bien supérieurs. L'usage d'un SCR plus efficace pour la dépollution des NO_x est donc à privilégier, mais la question du compromis avec une hausse des émissions de NH_3 pourrait se poser. En effet, les systèmes SCR peuvent générer du NH_3 du fait d'une mauvaise gestion de l'injection d'urée ou de la capacité de stockage d'ammoniac des catalyseurs. Ce graphique montre néanmoins que certains véhicules équipés de SCR parviennent à

dépolluer efficacement les NO_x tout en conservant des niveaux de NH_3 très faibles. Plus précisément, seuls les véhicules dont la ligne de dépollution SCR se termine par un pain catalytique de type SCR-F (cf. Glossaire), moins performant en termes de stockage de NH_3 , présentent des émissions d'ammoniac élevées.

Emissions de particules fines non réglementées PN_{10}

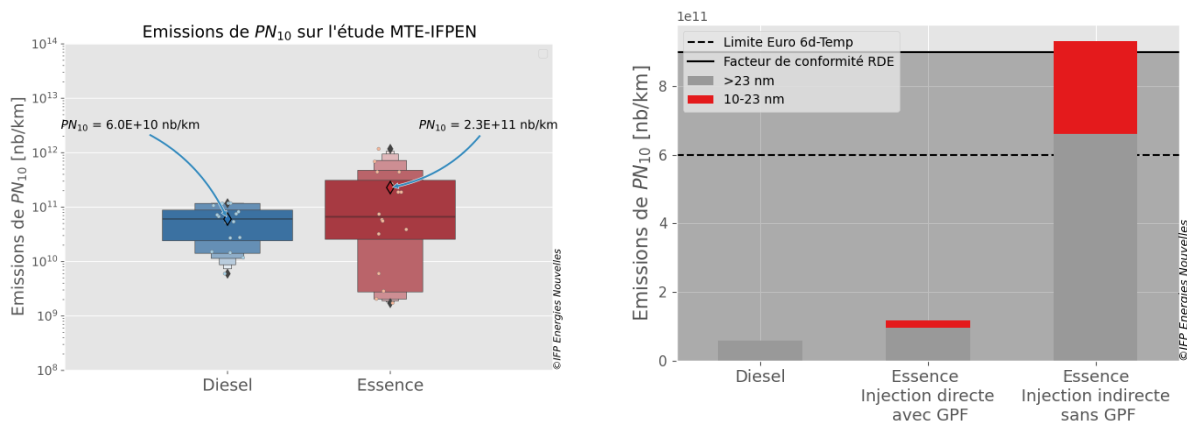


Figure 14 : Comparaison des émissions de particules en nombre de plus de 10nm des véhicules essence et diesel sur le périmètre des essais banc à rouleaux non climatique

carburant	Polluants Unités EATS	nombre vehicule	nombre d'essais	PN_{23} [nb/km]	PN_{23} nombre d'essais	PN_{10} [nb/km]	PN_{10} nombre d'essais	10 – 23 nm [%] des PN
Diesel	Diesel	8	46	5.83e+10	16	6.03e+10	16	6.83
Essence	Injection directe avec GPF	7	40	1.20e+11	14	1.29e+11	14	33.2
	Injection indirecte sans GPF	1	6	4.12e+11	2	9.32e+11	2	30.0

S'agissant des véhicules essence équipés d'injection directe, les émissions moyennes de PN_{10} sont 2 fois plus élevées que celles des véhicules diesel. Dans le cas de figure du véhicule à injection indirecte (et sans filtre à particules GPF), ce niveau de surémissions de l'essence par rapport au diesel s'élève alors à 7. Ce résultat ne permet pas de tirer une conclusion générale vis-à-vis de cette technologie étant donné qu'il ne concerne qu'un seul véhicule essence parmi les huit de l'étude.

Remarque : La mesure de PN_{10} n'ayant pas été systématiquement disponible sur les essais de caractérisation des régénérations périodiques, les niveaux d'émissions de PN_{10} des véhicules diesel présentés ci-dessus sont corrigés par les coefficients déterminés sur les PN_{23} .

Par ailleurs, la part des particules de tailles situées entre 10 nm et 23 nm parmi l'ensemble des PN_{10} émises (i.e. l'ensemble des particules de taille > 10 nm) est généralement plus élevée pour l'essence que pour le diesel, de l'ordre de 30 % pour le premier contre 7 % pour le dernier (cf. table ci-dessus). Dans l'absolu, l'essence émet donc plus de particules fines et celles-ci ont la particularité, plus impactante sur le plan sanitaire, d'être plus petites que celles émises par les véhicules diesel.

Focus sur la sensibilité à la température et au style de conduite

Le protocole expérimental de l'étude permet d'évaluer le comportement en émissions des véhicules sur une large plage de température (RDE à -2 °C, +22 °C et +35 °C) et pour différents styles de conduite (normaux et sévères). Le tableau ci-dessous synthétise les scores moyens d'émissions de polluant pour chaque type d'essais.

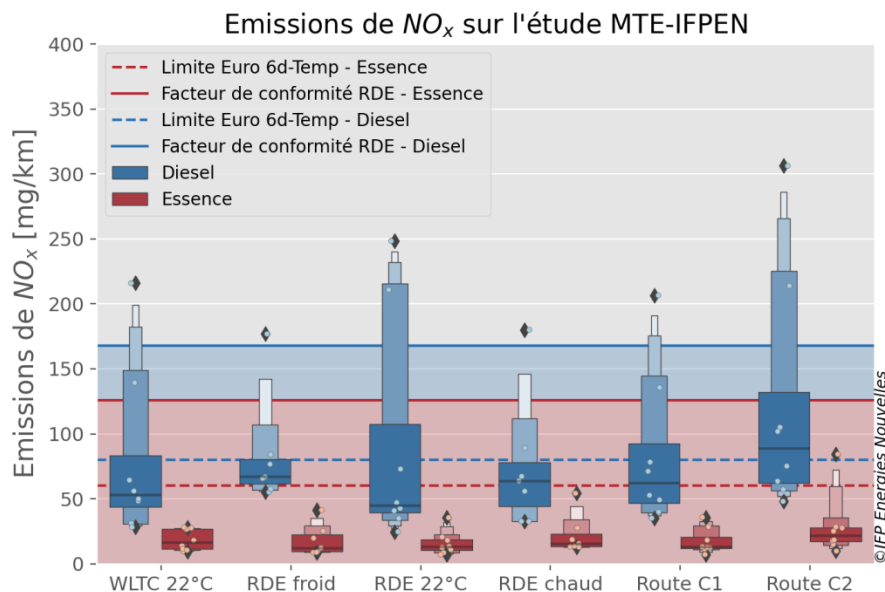


Figure 15 : Comparaison des émissions de NO_x des véhicules essence et diesel pour chaque type d'essais opéré

Type d'essai	Polluants Unités Carburant	CO ₂ [g/km]	NO _x [mg/km]	CO [mg/km]	HC [mg/km]	CH ₄ [mg/km]	NH ₃ [mg/km]	N ₂ O [mg/km]	PN ₂₃ [nb/km]	PN ₁₀ [nb/km]
RDE 22°C	Diesel	130.9	90.27	62.87	20.16	13.45	10.06	16.35	5.9e+10	6.177e+10
	Essence	144.2	15.79	372.8	10.75	2.091	16.79	0.8545	1.386e+11	2.099e+11
RDE chaud	Diesel	136	74.45	61.52	15.11	9.593	9.293	15.35	5.425e+10	N/A
	Essence	143.1	22.23	258	10.17	1.955	14.87	1.045	8.167e+10	N/A
RDE froid	Diesel	135.7	83.24	94	23.16	10.41	13.26	21.49	4.901e+10	N/A
	Essence	142	17.94	331	29.89	3.019	14.83	0.6859	1.257e+11	N/A
Route C1	Diesel	133.5	83.53	67.89	N/A	N/A	9.817	N/A	6.363e+10	N/A
	Essence	151.5	17.37	374.2	N/A	N/A	12.68	N/A	1.62e+11	N/A
Route C2	Diesel	145.3	121.3	111.8	N/A	N/A	11.58	N/A	6.485e+10	N/A
	Essence	174.9	28.24	929.8	N/A	N/A	17.94	N/A	2.355e+11	N/A
WLTC 22°C	Diesel	135.1	79.13	97.52	32.67	18.76	10.74	21.1	5.746e+10	5.886e+10
	Essence	148.1	18.21	305.7	24.85	3.173	15.26	1.161	1.934e+11	2.485e+11

Les essais à froid et à chaud sur banc climatique (« RDE froid » à -2 °C et « RDE chaud » à +35 °C) provoquent des surémissions pour les véhicules diesel et essence par rapport à celles des mêmes essais à 22 °C. Pour les véhicules diesel avec SCR, les essais « RDE froid », qui impliquent un temps de chauffe (et donc un temps de mise en action) plus élevé du système de dépollution, induisent des surémissions de +54 % de NO_x par rapport aux mêmes essais à température standard 22 °C. Il en est de même pour les véhicules essence qui, en essais « RDE froid », présentent +16 % d'émissions de CO et +165 % d'émissions de HC par rapport au cas des essais à température standard.

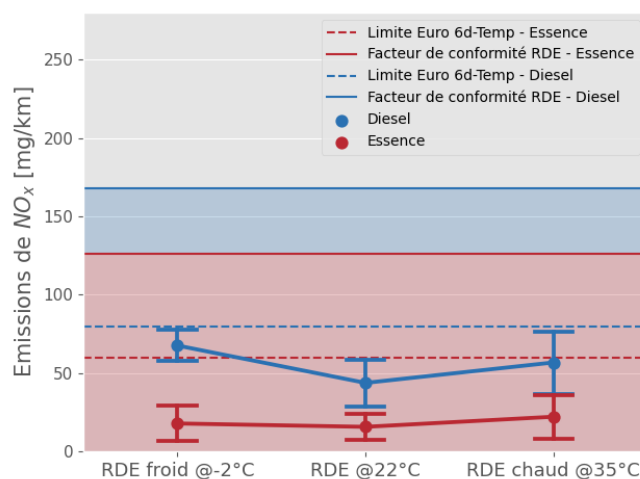


Figure 16 : Sensibilité en température ambiante des émissions de NOx sur le périmètre expérimental des essais RDE passés sur bancs à rouleaux conventionnel (@22 °C) et climatique (@-2 °C et @35 °C). Pour ce graphique sont considérés uniquement les véhicules diesel sans LNT.

Concernant la sensibilité des niveaux d'émissions au style de conduite, une augmentation est notable pour les essais routes sévères (« Route C2 ») par rapport à ceux conformes aux critères de la norme RDE (« Route C1 »). Pour ne prendre que celles-ci, **les émissions de NO_x en diesel sont en hausse de 45 % sur les essais RDE sévères par rapport à celles en RDE conforme**. En essence les émissions de CO sur les Route C2 sont à 930 mg/km soit au-dessus de celles sur les essais Route C1 avec 374 mg/km, ce qui représente une augmentation de +149 %. Néanmoins parmi l'échantillon de véhicule essence un élément affiche un niveau de surémission de CO très important sur les RDE sévère: en l'excluant du périmètre les surémissions de CO en essence se retrouvent réduites à 38% dans le référentiel de comparaison RDE conforme et sévère.

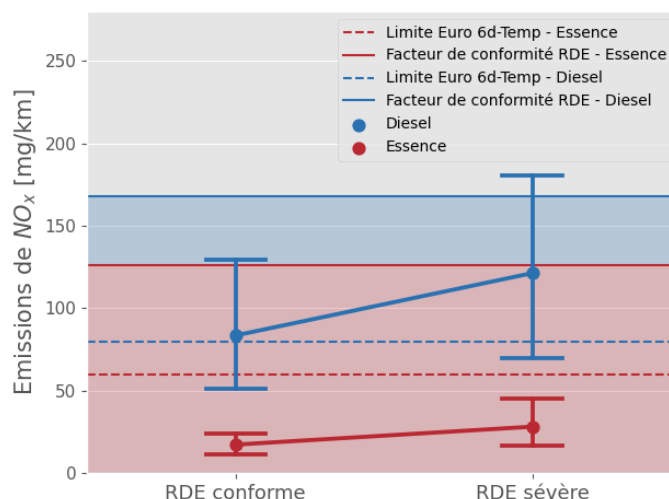


Figure 17 : Sensibilité au style de conduite des émissions de NOx sur le périmètre expérimental des essais RDE sur route

VI. Résultats expérimentaux : apports de l'hybridation

Ce volet de l'étude vise à caractériser l'apport de différents niveaux d'hybridation en émissions de GES (gaz à effet de serre) et polluants locaux. Pour ceci, un échantillon de 6 véhicules a été évalué selon le même protocole expérimental :

- un couple de citadines en comparaison essence vs. hybride ;
- un couple de SUVs urbains en comparaison hybride vs. hybride rechargeable,
- un couple de berlines en comparaison hybride rechargeable essence vs. hybride rechargeable diesel.

Tableau 3 : Caractéristiques des véhicules retenus pour évaluer l'apport de niveaux successifs d'hybridation

	Citadine		SUV compact		Berline	
	Conventionnel	HEV	HEV	PHEV	PHEV Essence	PHEV Diesel
Test mass	1301 kg	1310 kg	1663 kg	1725 kg	1885 kg	1970 kg
CO ₂ WLTP annoncé	136 g/km	114 g/km (-16%)	114,3 g/km	31,3 g/km (-73%)	CS : 146 g/km Pondéré : 31,0 g/km	CS : 140 g/km (-4%) Pondéré : 30,5 g/km (-2%)
Boîte de vitesse	BM6	CVT	DCT6		Boîte automatique 9 rapports	
Moteur	1.5L 4cyl 82 kW atmo. Injection indirecte	1.5L 4cyl 54 kW atmo. Injection indirecte	1.6L 4cyl 77 kW atmo. Injection directe		2.0L 4cyl 155 kW turbo Injection directe	2.0L 4cyl 143 kW turbo Injection directe
Batterie HT	-	0,94 kWh – 144 V	1,56 kWh – 240 V	8,90 kWh – 360 V	13,5 kWh – 365 V	
Machine électrique	-	45 kW	32 kW	45 kW	90 kW	
Post-traitement	TWC	TWC	CC TWC + UF GPF		2*TWC + GPF	DOC SCRF-SCR
Autonomie annoncée	-	-	-	58 km	56 km	57 km

De l'essence à l'hybridation non rechargeable (HEV)

Ce paragraphe synthétise la comparaison sur le protocole expérimental d'une citadine conventionnelle (moteur essence 1.5L 82kW injection indirecte) avec son homologue hybride (même modèle, moteur essence 1.5L 54kW injection indirecte couplé à une machine électrique de 45kW et une batterie 0,9kWh, entraînant 30kg supplémentaires sur le poids à vide).

Roulage électrique - Le taux de roulage en mode tout électrique du véhicule hybride dépend fortement du type de roulage. A l'échelle des cycles complets opérés, il varie entre 23% et 42% de la distance parcourue.

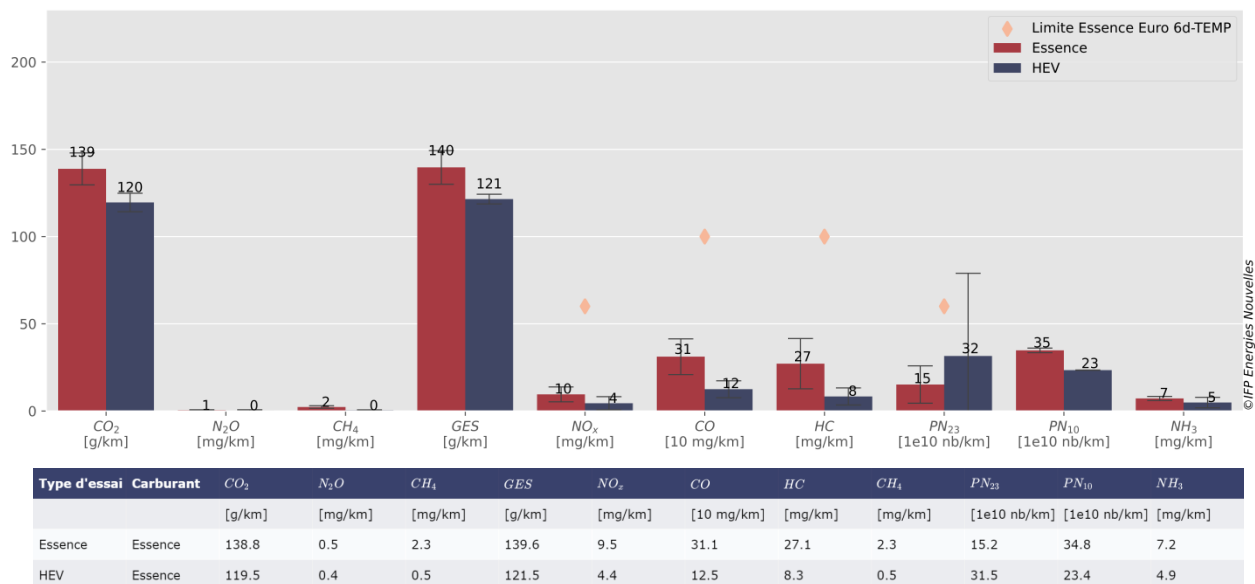


Figure 18 : Comparaison des émissions moyennes du véhicule essence et hybride sélectionnés sur le protocole expérimental.

GES - Le véhicule hybride présente des émissions de CO₂ inférieures en moyenne de 14% sur le périmètre évalué. Ce gain est sensible aux conditions d'usage. **Ce gain est en effet de 33% sur les parties urbaines, alors qu'il est nul (+0,6%) sur les tronçons autoroutiers.** La prise en compte des GES non réglementés CH₄ et N₂O a peu d'influence sur ce constat. Leur mesure n'étant pas disponible pour les essais sur route, les scores de CO₂ (calculés sur l'ensemble du périmètre expérimental) se retrouvent équivalents aux scores de GES.

Emissions polluants locaux – Les deux véhicules essence et hybride ont présenté des niveaux d'émissions maîtrisés et en dessous des seuils Euro 6d-temp quels que soient les cycles opérés. L'hybridation permet sur ce cas d'étude une réduction substantielle des émissions de CO et NO_x (respectivement -60% et -54%), mais une hausse significative des particules.

De l'hybride à l'hybride rechargeable (PHEV)

Ce paragraphe synthétise la comparaison sur le protocole expérimental d'un SUV hybride non rechargeable (moteur essence 1.6L 77kW injection directe couplé à une machine électrique de 32 kW et une batterie de 1,6kWh) avec son homologue hybride rechargeable (même modèle, même moteur essence couplé à une machine électrique de 45kW et une batterie 8,9kWh, induisant 104kg d'augmentation sur le poids à vide).

Roulage électrique - Le taux de roulage en mode tout électrique du véhicule hybride dépend fortement du type de roulage. A l'échelle des cycles complets opérés, il varie entre 28% et 46% de la distance totale. Lorsque le véhicule PHEV a sa batterie vide, il est en mode de maintien⁸ et va alors avoir les mêmes capacités de roulage tout électrique que son homologue hybride. Avec un départ

⁸ Mode de fonctionnement des véhicules hybrides rechargeables : Les PHEV ont des modes de fonctionnement bien distincts en fonction de l'état de charge de la batterie : fonctionnement à dominante électrique lorsque la batterie est chargée, consommant préférentiellement l'énergie électrique provenant de la recharge (mode d'épuisement de charge, ou *Charge Depleting* – CD) puis fonctionnement hybride proche d'un véhicule non rechargeable lorsque la batterie est vide (mode maintien de charge, ou *Charge Sustaining* - CS). Les véhicules PHEV ont été évalués dans ces deux modes de fonctionnement sur l'ensemble du protocole.

batterie pleine, le taux de roulage en mode tout électrique atteint 64% à 100% en fonction des cycles opérés du fait de leurs longueurs et dynamismes variables (le détail des autonomies électriques correspondantes en fonction des conditions d'utilisation est établi dans la suite de ce rapport).

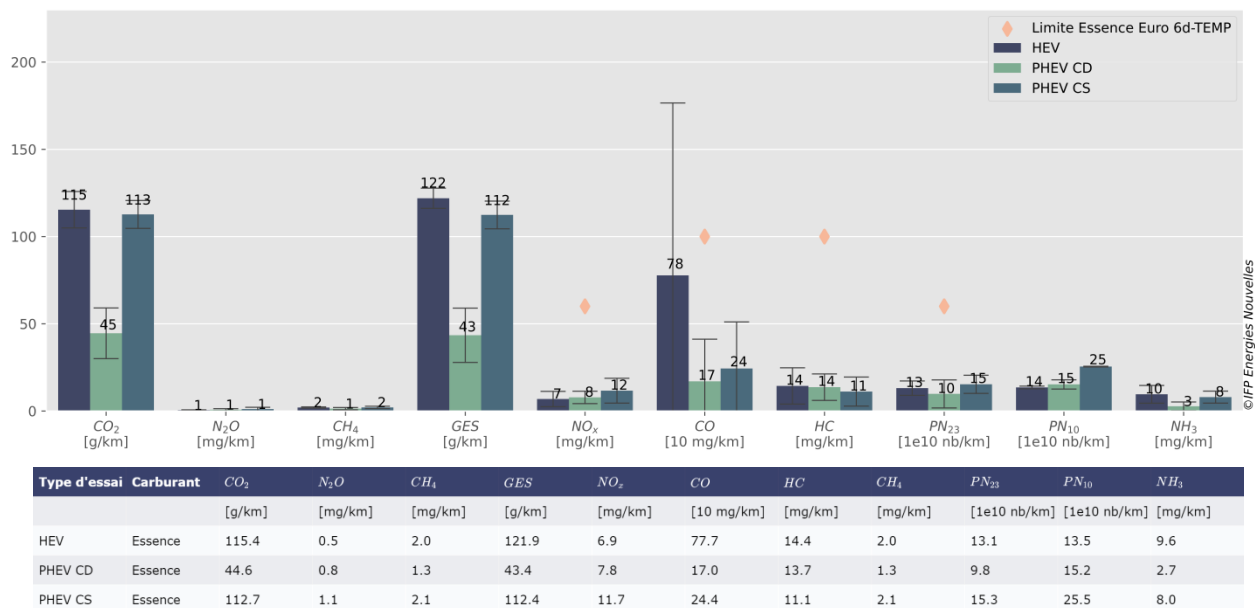
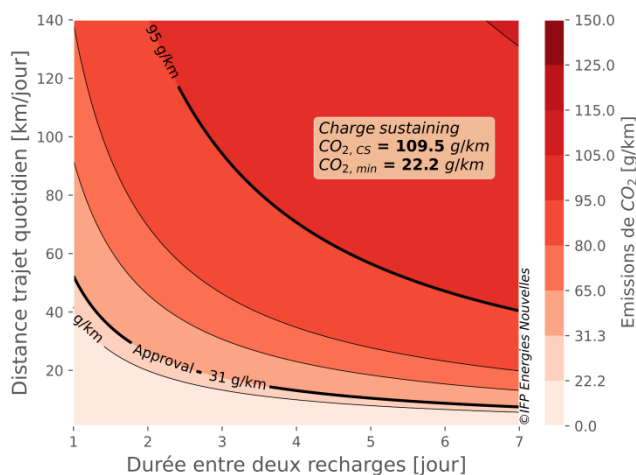


Figure 19 : Comparaison des émissions moyennes du véhicule hybride non rechargeable (HEV) et hybride rechargeable sélectionnés sur le protocole expérimental.

GES - Avec un départ batterie chargé (mode CD), le véhicule PHEV enregistre des émissions moyennes de CO₂ de 45 g/km sur les essais opérés. Si les émissions sont bien nulles sur un essai WLTC car la distance du cycle est inférieure à l'autonomie électrique, le moteur thermique démarre sur les essais RDE du fait de la distance supérieure à l'autonomie électrique mais aussi de manière plus précoce sur des **appels de puissance dus à une conduite plus dynamique**. La machine électrique embarquée de 45 kW ne permet en effet pas de répondre à toutes les sollicitations pour ce véhicule d'une masse supérieure à 1,7 tonne.

En fonctionnant batterie vide (mode CS), le véhicule hybride rechargeable a un comportement proche du véhicule hybride non rechargeable (respectivement 113 et 115 gCO₂/km). La masse supplémentaire induite par le surplus de batterie n'a pas d'impact significatif. Il faut toutefois prendre en compte l'impact environnemental de la production de ce surplus de batterie sous-exploité : avec une hypothèse de 106 gCO₂/kWh, la batterie PHEV représente une émission additionnelle à la production d'environ 780 kg de CO₂, soit l'équivalent de **4 gCO₂/km additionnels sur 200000 km**.

Les émissions réelles d'un véhicule PHEV dépendent donc de la pondération qui est faite entre les modes batterie pleine et batterie vide. La Figure 20 représente une cartographie du niveau d'émission de CO₂ en fonction de la fréquence de recharge de la batterie et de la distance quotidienne réalisée. Elle illustre cette forte dépendance des émissions des véhicules PHEV à la fréquence de recharge.



Exemples illustratifs :

CO ₂ [g/km]	Recharge tous les jours	Recharge tous les 3 jours	Recharge toutes les semaines
20 km/jour	22	43	82
50 km/jour	29	84	100
130 km/jour	80	102	108

Figure 20 : Emissions de CO₂ du véhicule PHEV en fonction de la fréquence de recharge et de la longueur des trajets quotidiens. Le score CO₂ homologué est également représenté (*Approval*). Le périmètre considéré n'inclue pas les essais climatiques qui seront traités séparément dans ce document.

Emissions polluants locaux - Malgré ce taux de roulage en électrique très différent en mode CS et CD, le véhicule PHEV présente **des niveaux moyens d'émissions de polluants locaux globalement comparables dans ces deux modes**. Ces niveaux sont par ailleurs également proches de ceux du véhicule hybride non rechargeable, à l'exception du CO pour lequel le véhicule non rechargeable présente des émissions supérieures (sensibilité plus forte au style de conduite). Par rapport à l'échantillon de véhicules essences conventionnels testés dans cette étude, **ces deux véhicules HEV et PHEV présentent des émissions plus faibles que la moyenne** (à l'exception du CO du non rechargeable).

PHEV : diesel vs essence

Ce paragraphe synthétise la comparaison sur le protocole expérimental d'une berline hybride rechargeable essence (moteur essence 2,0L 155kW injection directe couplé à une machine électrique de 90 kW et une batterie de 13,5 kWh) avec son homologue hybride rechargeable diesel (même modèle, moteur diesel 2.0L 143kW couplé aux mêmes composants électriques, ayant un surplus de 80kg sur le poids à vide).

Roulage électrique – Les deux véhicules essence et diesel testés ont des caractéristiques électriques identiques (batterie et machine). Les capacités de roulage en mode tout électrique qui ont été évaluées sont donc logiquement très proches. Avec une puissance électrique embarquée de 90 kW, les démarrages précoces du moteur thermique en mode d'épuisement de charge sont plus rares qu'avec le PHEV embarquant une puissance électrique de 45kW, évoqués au paragraphe précédent. A noter que cette différence de comportement n'est observée que sur les cycles de conduite les plus dynamiques.

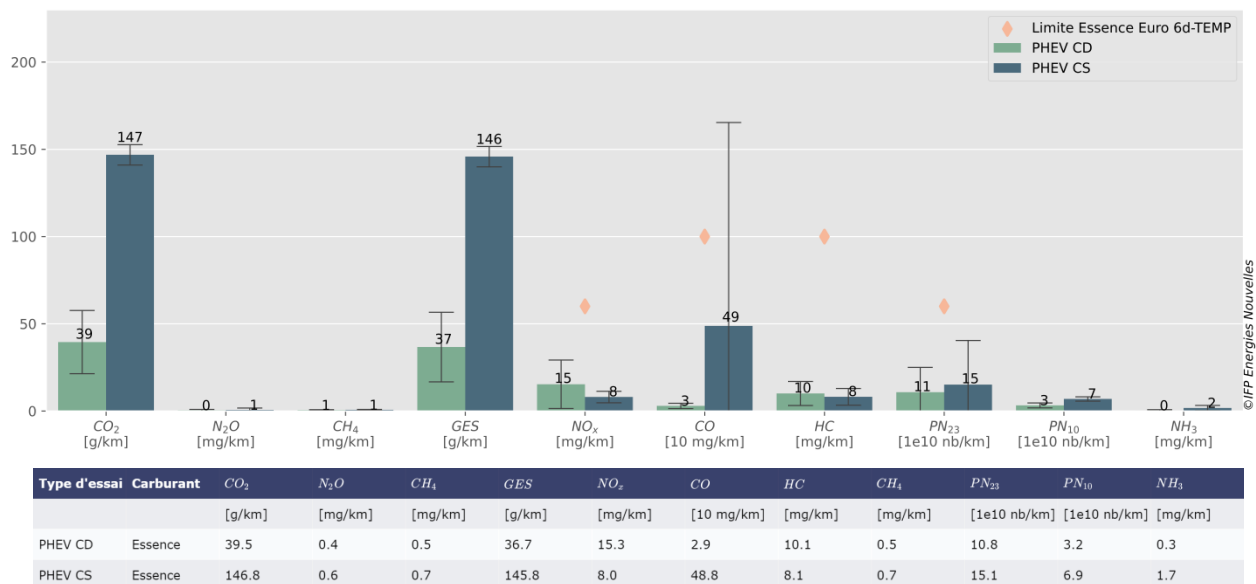


Figure 21 : Comparaison des émissions moyennes en mode CS et CD du véhicule hybride rechargeable essence sélectionné sur le protocole expérimental.

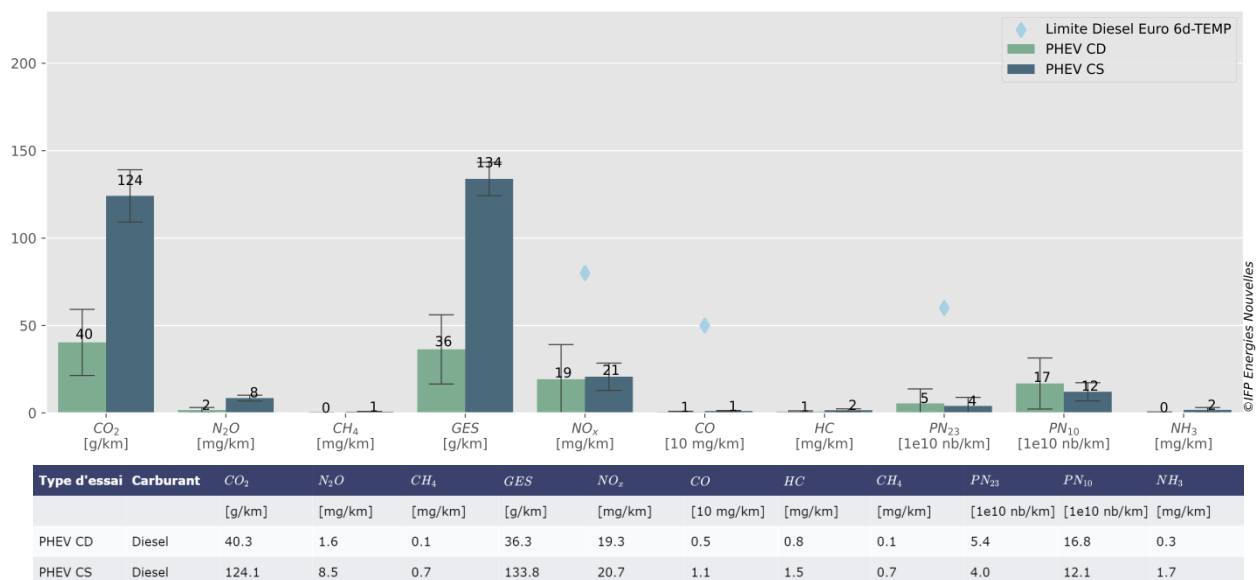


Figure 22 : Comparaison des émissions moyennes en mode CS et CD du véhicule hybride rechargeable diesel sélectionné sur le protocole expérimental.

GES - En fonctionnement batterie pleine, les émissions de CO₂ sont très comparables en essence et diesel, respectivement 15 et 14 gCO₂/km en moyenne. En maintien de charge batterie vide, les émissions moyennes sont respectivement de 147 et 124 g CO₂/km, soit un gain de 16% pour le véhicule PHEV diesel par rapport à son homologue essence.

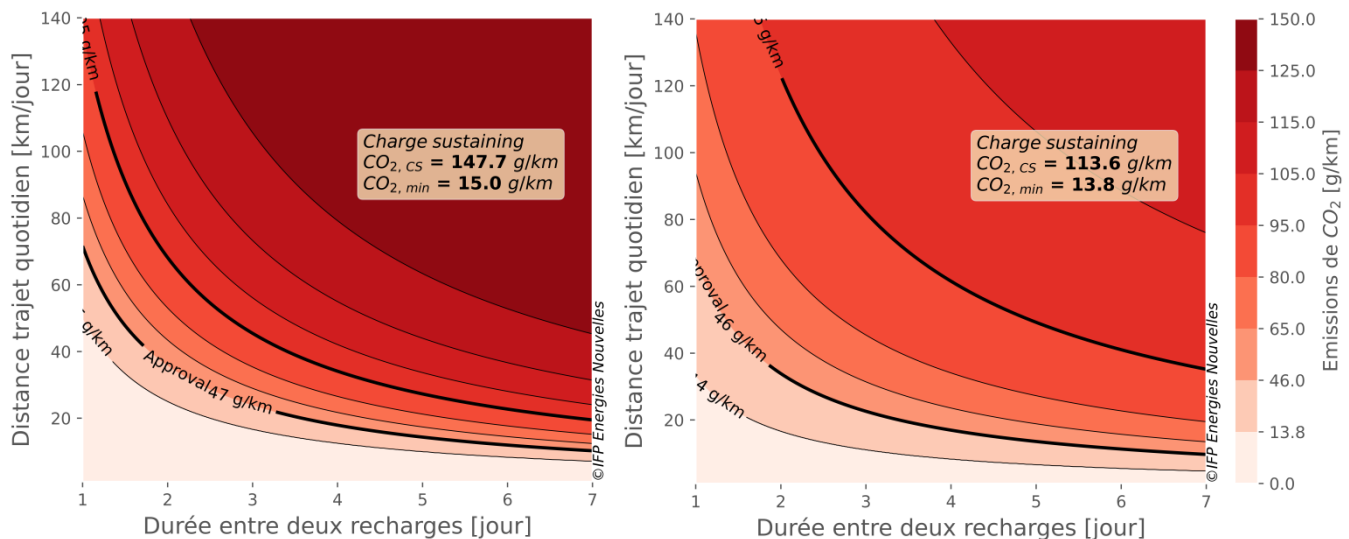


Figure 23 - Emissions de CO₂ du véhicule PHEV essence (à gauche) et diesel (à droite), en fonction de la fréquence de recharge et de la longueur des trajets quotidiens. Le score CO₂ homologué est également représenté (Approval). Les essais sur banc à rouleaux climatique sont exclus du périmètre considéré.

Emissions polluants locaux - Le véhicule PHEV essence présente des émissions importantes de CO et de PN sur les usages très dynamiques. En dehors de ces points, les émissions de polluants locaux des véhicules hybrides rechargeables essence et diesel testés sont maîtrisées, en deçà de la norme Euro 6d-temp et de la moyenne des véhicules conventionnels évalués par ailleurs dans cette étude. Les deux véhicules essence et diesel présentent des hausses sensibles des émissions de NOx et de PN sur les essais froid à -2°C, mais avec des niveaux toujours maîtrisés et en deçà des normes.

Autonomie des véhicules PHEV et sensibilité aux températures ambiantes

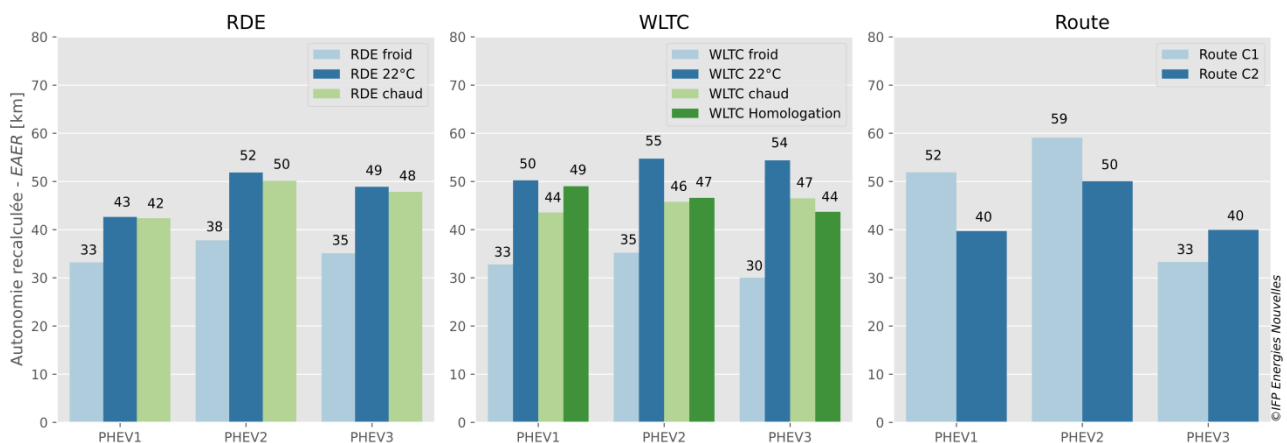


Figure 24 : Autonomies équivalentes électriques recalculées des trois véhicules PHEV de l'étude par types d'essais. L'ensemble du périmètre expérimental est considéré. PHEV1 = SUV compact essence ; PHEV2 = berline essence ; PHEV3 = berline diesel.

La Figure 25 illustre l'impact de la température d'essai sur les émissions de CO₂ du PHEV en fonction de son usage. En particulier on constate pour les essais froids des émissions de CO₂ non négligeables pour le cas de figure le plus favorable, c'est-à-dire une faible distance quotidienne réalisée et une recharge journalière, en comparaison avec les essais réalisés à 22°C et 35°C. Ceci est imputable au **démarrage de la motorisation thermique pour assurer le chauffage d'habitacle** en l'absence de système de chauffage électrifié sur ce modèle de véhicule. De manière générale le maintien du confort thermique implique une consommation d'énergie supplémentaire qui résulte en une baisse d'autonomie (cf. Figure 24) et donc une hausse des émissions de CO₂ à cas d'usage constant.

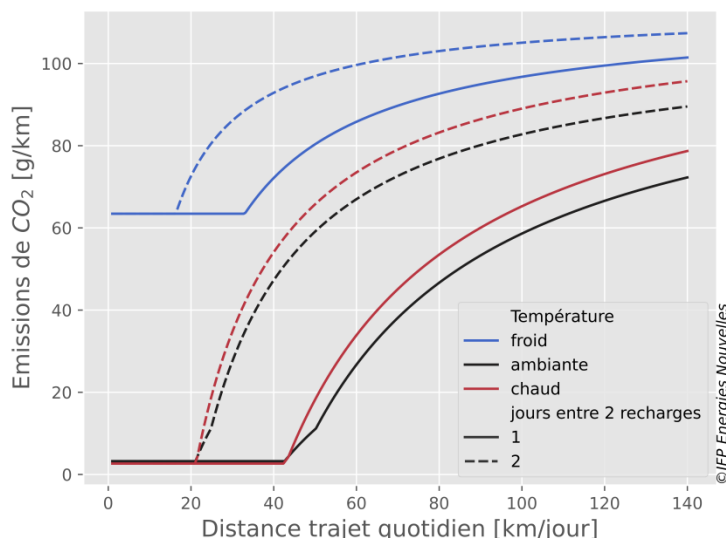


Figure 25 : Impact de la température d'essai sur les émissions de CO₂ en fonction de l'usage pour PHEV SUV essence : comparaison des essais RDE sur banc à froid (-2°C), nominaux (22°C) et chaud (35°C). Les essais routes sont exclus du périmètre considéré pour isoler l'effet température sur des trajets identiques.

Autrement dit, les émissions de CO₂ débutent leur augmentation pour des distances quotidiennes de plus en plus courtes à mesure que la température d'essai s'écarte de l'ambiante 22°C. Par ailleurs l'impact de la fréquence de recharge est également illustré : les émissions de CO₂ sont plus élevées pour un nombre de jours entre deux recharges plus important. En effet la part occupée par le fonctionnement en mode tout électrique diminue à mesure que le nombre de jours entre deux recharges augmente. Et la part des émissions en mode maintien de la charge batterie devient de plus en plus prépondérante dans le score d'émissions CO₂ total.

Pour les 2 berlines PHEV, comme pour le PHEV SUV sus-présenté le **maintien du confort thermique habitacle impute une consommation additionnelle d'énergie embarquée et résulte en une baisse d'autonomie électrique**. Cependant les deux berlines PHEV disposent d'une technologie de chauffage d'habitacle électrifiée qui permet de s'affranchir de la motorisation thermique sur les essais froid en batterie pleine (mode CD). Cela permet à ces PHEV d'afficher des émissions de CO₂ quasi nulle jusqu'à la décharge complète de la batterie quel que soit l'environnement climatique des essais.

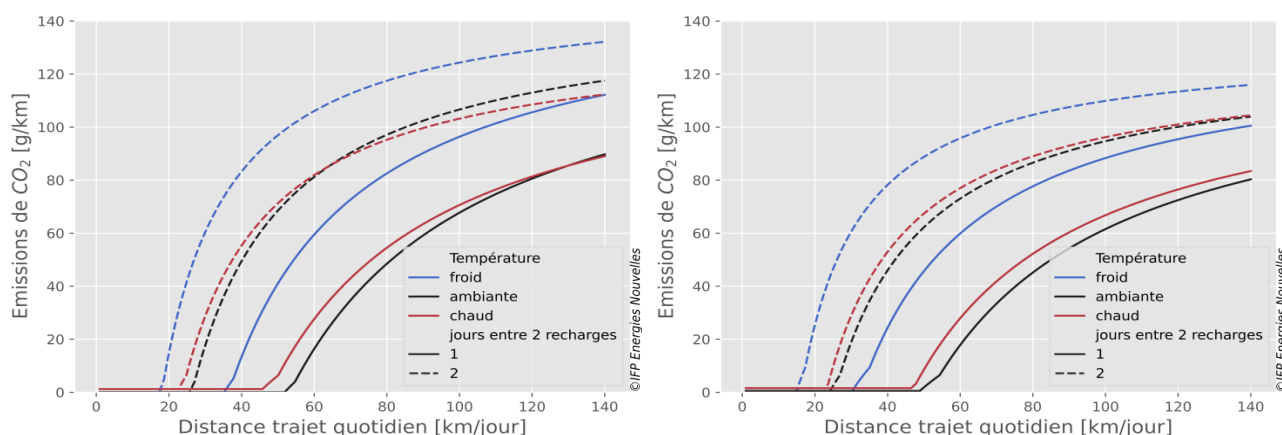


Figure 26 : Impact de la température d'essai sur les émissions de CO₂ en fonction de l'usage. Le périmètre considéré est constitué des essais RDE et WLTC sur banc à rouleaux climatique (berline PHEV essence à gauche, diesel à droite).

VII. Niveaux d'émissions sur des usages réels types

Le chapitre V démontre que la norme Euro 6d-TEMP a globalement permis d'atteindre des niveaux d'émissions en usage réel conformes aux limites réglementaires Euro 6, sur un périmètre d'usage bien défini correspondant aux essais RDE, voire élargi en termes de sévérité de conduite. Toutefois, les essais RDE ne sont pas représentatifs d'un usage quotidien, notamment en termes de distance de trajet. Ce chapitre discute la performance environnementale des véhicules Euro 6d-TEMP testés dans ces usages types ciblés.

Focus sur les usages urbains

Les niveaux d'émissions sont en hausse importante en usage urbain. En particulier, les émissions de NO_x : +79 % en essence et +74 % en diesel en considérant les phases RDE normatives, et encore davantage en focalisant sur des conditions réellement représentatives de l'usage urbain (trajets très courts et lents, cf. Annexes). Le niveau moyen diesel en usage urbain atteint alors 172 mg/km, soit un niveau de surémissions de +100 %.

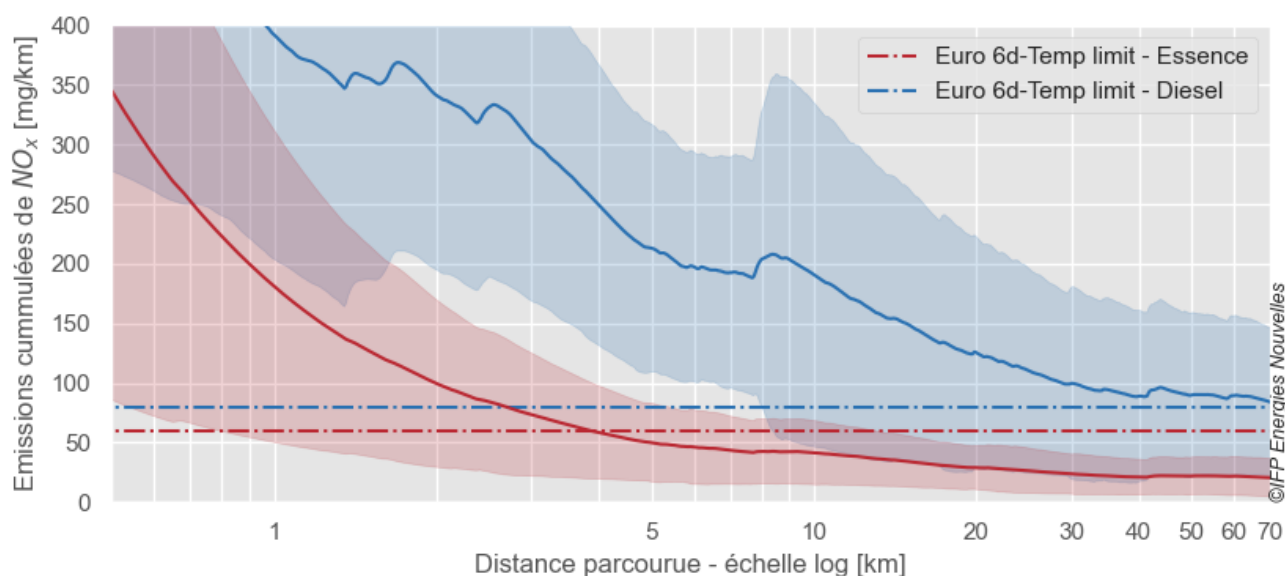


Figure 27 : Evolution des émissions cumulées de NO_x en fonction de la distance sur essai RDE

La Figure 27 montre l'évolution des émissions de NO_x cumulées au cours d'un trajet RDE. Tous les essais RDE sur route ou en laboratoire sont représentés dans ce graphique ; la ligne pleine représente la moyenne dynamique tandis que la zone colorée de part et d'autre de cette ligne représente l'écart-type des données. L'échelle logarithmique permet de mettre en évidence **la difficulté pour les motorisations diesel d'atteindre les niveaux d'émissions dictés par la norme dans les premiers kilomètres des trajets opérés**. Les évolutions des autres émissions en fonction de la distance sur essai RDE sont présentées en Annexe 4. Elles montrent notamment les surémissions significatives de CO, HC et PN des véhicules essence sur les trajets courts, mais avec des dynamiques plus rapides permettant de passer sous les seuils normatifs dès une distance parcourue de 10 km.

Il est utile de noter que la plupart des trajets effectués en usage réel ne s'apparente pas toujours à un cycle RDE notamment lorsqu'il s'agit de la distance du cycle. A titre d'exemple, **la moitié des trajets dans les centres villes des grandes agglomérations françaises font moins de 5 km** : on

comprend aisément que le niveau d'émissions de NO_x d'un **essai RDE complet d'environ 80 km n'est alors pas représentatif de l'usage réel**. Il est donc nécessaire de corriger les émissions de polluants déterminées sur les essais de la norme (essais RDE ou WLTC) en se basant sur la connaissance des trajets réels à l'échelle d'une ville ou d'une région (cf. Annexes pour la méthodologie).

La Figure 28 illustre les différences d'émissions de NO_x selon l'analyse choisie :

- Les deux premiers kilomètres : les émissions cumulées sur les 2 premiers km (« 1st 2 km »).
- Les émissions corrigées par l'usage réel : les émissions cumulées pondérées par les facteurs d'usage (cf. Annexes, « RDE UF-weighted »).
- Phase urbaine: les émissions cumulées calculées sur la phase urbaine de l'essai (« RDE urban »).
- Essais RDE complet : les émissions cumulées calculées sur la totalité de l'essai (« RDE tot »).

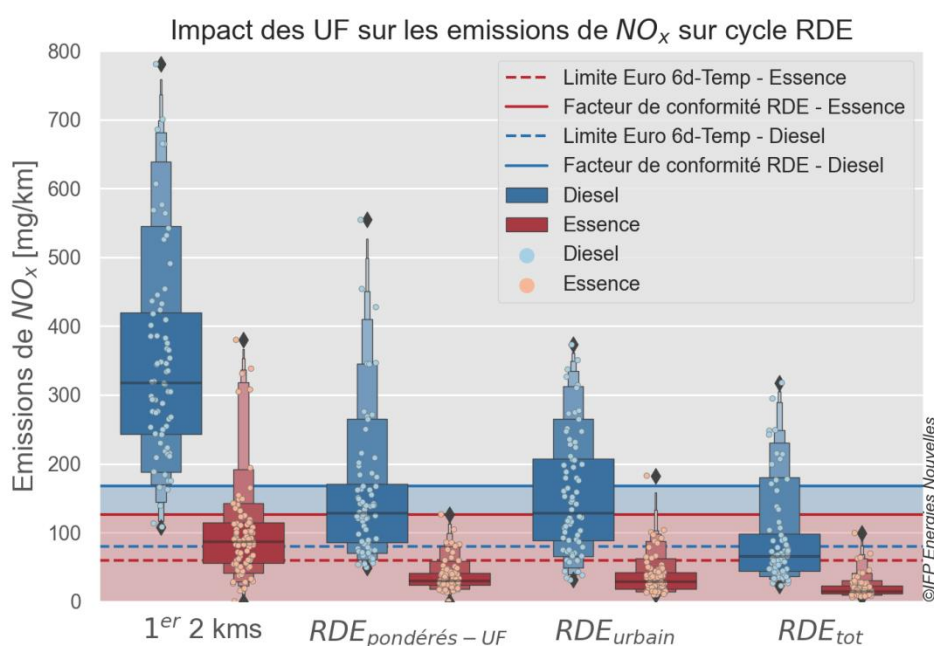


Figure 28 : Emissions de NO_x sur essais RDE complets, urbains ou pondérés par l'usage réel.

Le tableau ci-dessous synthétise les résultats de l'étude pour les polluants réglementés selon les types de score présentés dans le graphe précédent.

Pollutant	Units	Type	RDE total	UF-weighted	First 2 kms	Urban phase
CO_2	[g/km]	Diesel	136.3	171.5	182.8	162.1
		Gasoline	151.6	192.7	208.1	182.8
NO_x	[mg/km]	Diesel	91.19	190.6	352.7	160.2
		Gasoline	20.33	45.51	99.95	36.43
CO	[mg/km]	Diesel	79.71	300.4	874.7	220.3
		Gasoline	461.5	941.3	2303	667.6
HC	[mg/km]	Diesel	19.51	52.27	118.6	53.3
		Gasoline	16.65	133.3	443.2	109.3
PN_{23}	[nb/km]	Diesel	5.849e+10	7.237e+10	1.06e+11	6.558e+10
		Gasoline	1.511e+11	4.602e+11	1.213e+12	3.715e+11

Généralisation à des usages types variés

La procédure réglementaire RDE permet la mesure des émissions polluantes et de CO_2 d'un véhicule sur route ouverte dans des conditions d'usage réelles. Le but de cette procédure est de réduire l'écart entre consommation homologuée et consommation mesurée à l'usage. La procédure RDE définit donc des conditions d'usage (répartition et distance ville, route et autoroute, dynamisme minimum et maximum, température ambiante...) permettant de couvrir une majorité des usages. Cependant un utilisateur avec son usage spécifique pourra émettre plus ou moins que lors du roulage RDE. Par exemple les émissions polluantes sont bien plus importantes sur un trajet court (de l'ordre de quelques kilomètres) lorsque le système de post-traitement n'a pas encore été amorcé par rapport à un trajet RDE d'environ 80km (cf. Figure 27). Le but de l'approche proposée ici est de :

1. définir plusieurs usages annuels simplifiés et représentatifs d'usages auxquels un utilisateur pourra facilement s'identifier,
2. et estimer ensuite les émissions associées à ces usages par projection des mesures réalisées.

1. Définition des usages

Un usage est défini selon :

- un kilométrage annuel, dont un kilométrage annuel pour aller en vacances,
- et un nombre de trajets journaliers, répartis entre ville, route et autoroute et dont certains trajets sont réalisés avec un départ à froid c'est-à-dire que le véhicule, son moteur et son système de post-traitement sont à la température ambiante au début du trajet.

Quatre usages fortement différenciés (type de route et la distance des trajets) sont définis :

- Un usage représentatif d'un taxi opérant une vingtaine de courses par jour essentiellement en ville (construit à partir des données présentées ici⁹).
- Deux conducteurs moyens : un en ville et un à la campagne (construits à partir des données présentées ici¹⁰) conduisant leur véhicule lors de 2 allers-retours par jour : un pour se rendre à son travail et un pour se rendre à un autre point d'intérêt : activité, commerce...
- Un commercial réalisant un aller-retour par jour sur un trajet long (140km) majoritairement sur l'autoroute.

Les caractéristiques de ces usages sont définies dans le Tableau 4.

Tableau 4 : Caractéristiques des usages types prédéfinis

	Taxi en zone urbaine	Conducteur moyen en campagne	Conducteur moyen en ville	Commercial sur autoroute
Kilomètres par an	57 700 km	13 000 km	8 000 km	60 000 km
dont pour aller en vacances	0	2500 km	2500 km	0
Nombre de trajets par jour	20	4	4	2
dont avec un départ à froid	2	4	4	2
Distance du trajet journalier	13,7km	12,5km	6,5km	140km
% de ville sur le trajet	80%	40%	80%	10%
% de route sur le trajet	10%	30%	10%	10%
% d'autoroute sur le trajet	10%	30%	10%	80%

⁹ <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/les-taxis-et-vtc-en-2016-2017-rapport-de-lobservatoire-national-des-transport-publics-particuliers>

¹⁰ <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/enquete-nationale-transport-et-deplacements-entd-2008>

2. Projection des émissions sur les usages

Pour un usage u les émissions m_i^u de l'espèce i (CO_2 , NO_x ...) sont construites à partir des mesures d'émissions et sont calculées selon:

$$m_i^u = \sum_{type} m_i^{type} pct^{type} + m_i^{DàF} \text{ avec } type \in \{ville, route, autoroute\}, \text{ où}$$

- m_i^{type} sont les émissions par type de route correspondant aux émissions mesurées lors des essais RDE conformes à la norme (« Road C1 ») sur la phase correspondante au type de route,
- pct^{type} le pourcentage de type de route de l'usage déduit du tableau plus haut,
- et $m_i^{DàF}$ les émissions de l'espèce i associées à un démarrage à froid identifiées sur les premiers kilomètres des roulages RDE. Ces surémissions dépendent de la distance du trajet et correspondent aux émissions de CO_2 lorsque le moteur n'est pas encore chaud et aux émissions polluantes lorsque le système de post-traitement n'est pas amorcé.

Cette méthode de projection est appliquée aux véhicules de l'étude pour les émissions de CO_2 , NO_x , CO et PN23. La Figure 29 montre les émissions projetées et moyennées pour 3 catégories de véhicules: les 8 véhicules thermiques diesel, les 8 véhicules thermiques essence et les 2 véhicules PHEV essence. Les émissions à l'usage m_i^u sont représentées sous la forme d'une barre avec au-dessus en bleu l'impact du démarrage à froid. La sensibilité au style de conduite plus dynamique (déterminée à partir des essais RDE « Route C2 » en conditions de roulage « sévères ») est représentée sous la forme d'un trait rouge. Enfin le gain apporté par la possibilité de rouler en tout électrique avec un véhicule PHEV est représentée sous la forme de « briques » vertes et indique la sensibilité au nombre de recharges que l'utilisateur réalise par semaine: plus le nombre de recharges est important et plus les émissions sont réduites par rapport aux émissions en maintien de charge c'est-à-dire sans recharge (ligne pointillée verte).

Cette figure illustre l'adéquation entre le type de véhicule et l'usage d'un utilisateur.

- La sensibilité du départ à froid est plus importante pour un conducteur moyen en ville: en effet avec cet usage le conducteur utilise son véhicule sur des trajets courts et principalement en ville, le système de post-traitement est donc moins efficace que pour un autre usage.
- La sensibilité au style de conduite dépend du type de motorisation du véhicule et de l'usage. Le dynamisme de conduite a plus d'influence sur les émissions de NO_x avec un véhicule thermique diesel et sur les émissions de CO et PN23 avec un véhicule thermique essence. En plus de la motorisation, l'usage influe aussi sur la sensibilité au style de conduite: par exemple un conducteur réalisant des trajets autoroutier avec une PHEV essence aura de fortes surémissions CO et PN23 s'il adopte une conduite dynamique.
- Le gain en émission de CO_2 d'un véhicule PHEV est fortement lié à l'usage. Par exemple un chauffeur de taxi qui utilise son véhicule toute la journée aura un gain bien moins important qu'un conducteur moyen... à condition que ce dernier recharge régulièrement la batterie de son véhicule PHEV.

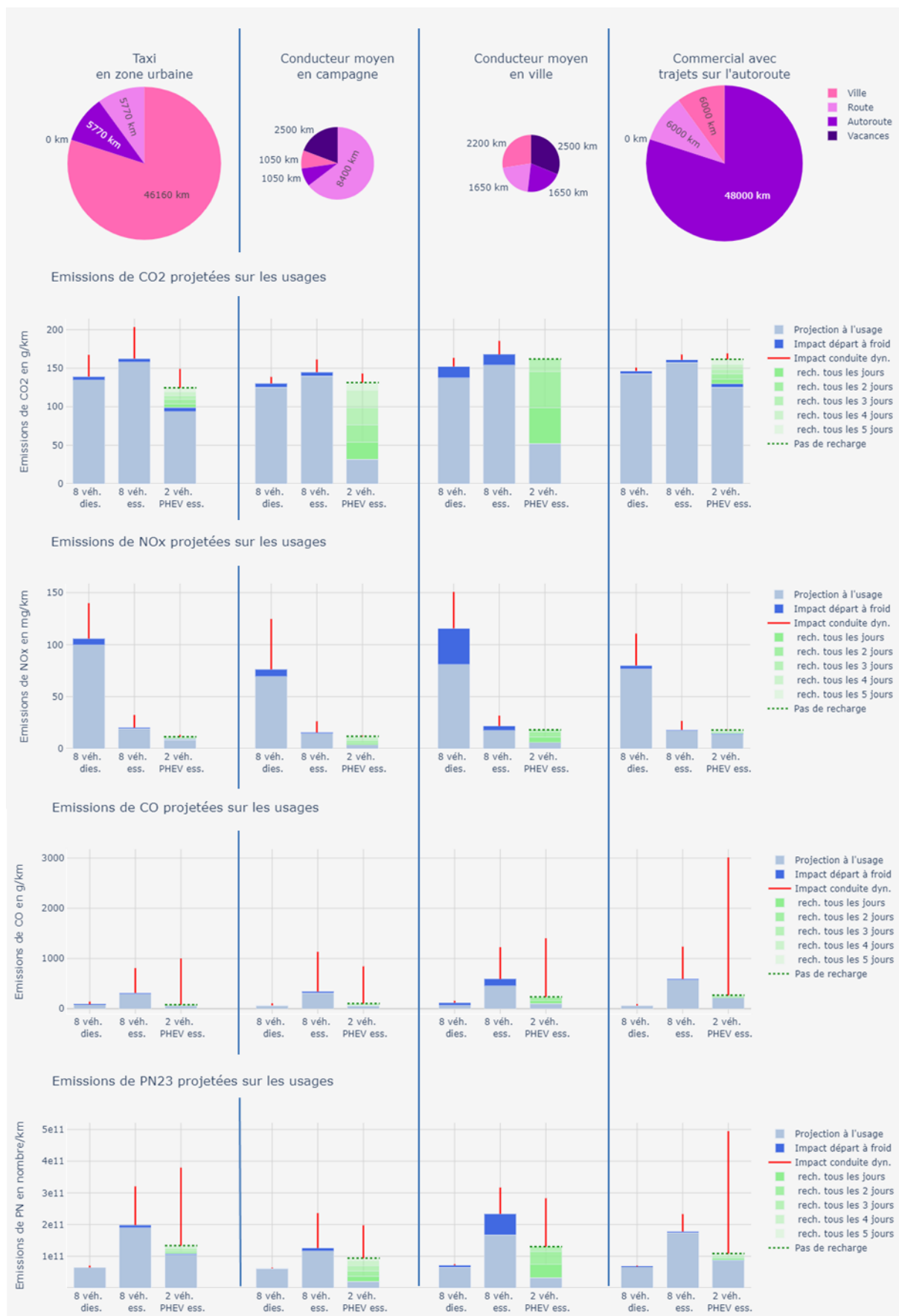


Figure 29 : Comparaison des émissions moyennes de CO₂, NO_x, CO et PN₂₃ projetées sur les usages pour les véhicules thermiques diesel et essence, et les véhicules PHEV essence

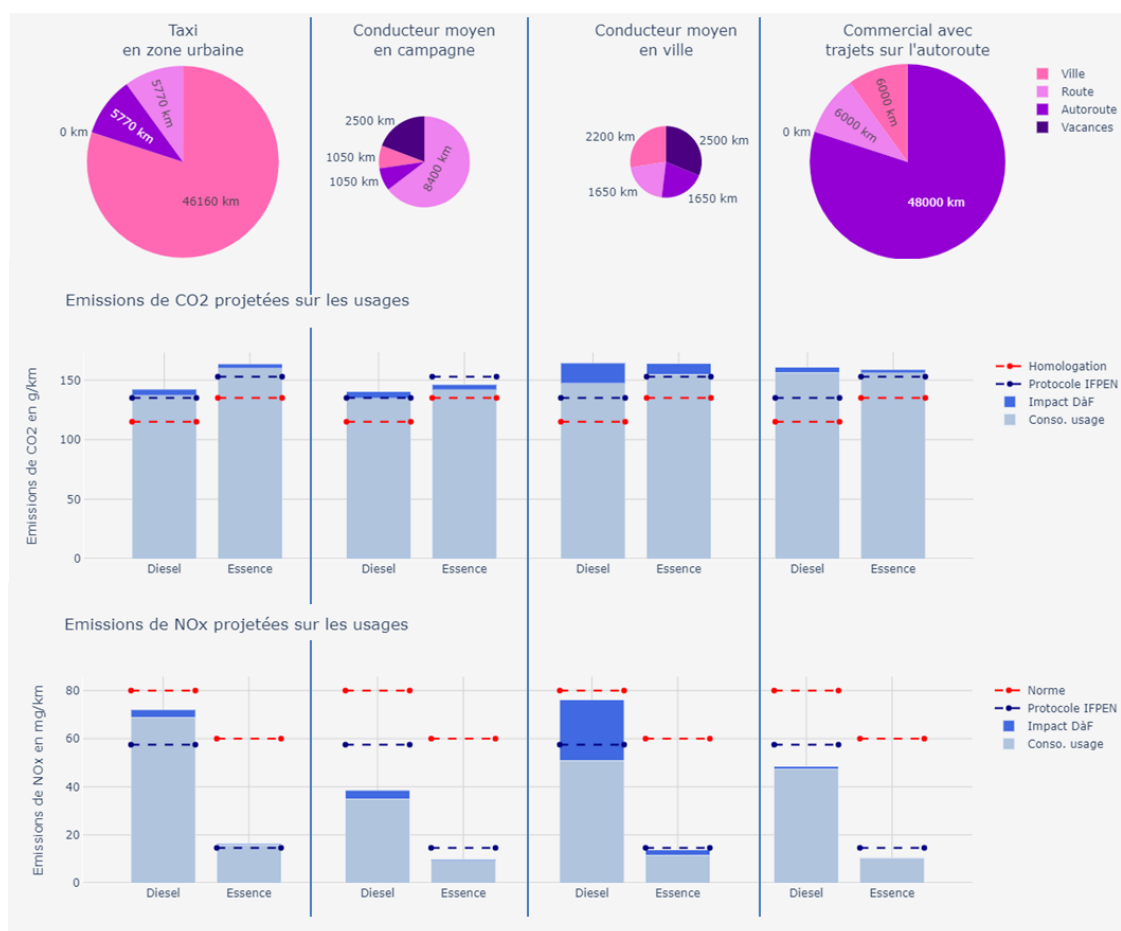


Figure 30 : Comparaison des émissions de CO₂ et de NO_x projetées sur les usages pour les véhicules SUV compact DV3 / GV3

L'approche présentée plus haut montre le lien entre l'usage d'un utilisateur et ses émissions. Un exemple plus détaillé peut être construit comme montré sur la Figure 30 qui permet de comparer les émissions de CO₂ et NO_x des véhicules DV3 et GV3 sur les 4 usages prédéfinis. La principale conclusion est que les émissions projetées sur les usages restent du même ordre de grandeur que les émissions mesurées. En effet l'approche de projection des émissions à l'usage propose d'agréger de manière conservatrice les émissions mesurées sur différentes phases sans réaliser d'extrapolation des données pouvant conduire à des émissions irréalistes. Ensuite les usages peuvent être comparés : par exemple les émissions de NO_x d'un conducteur moyen en ville avec le véhicule diesel sont importantes avec un tiers provenant du départ à froid. Pour un tel usage un véhicule essence permettrait de réduire les émissions de NO_x avec des performances en émission de CO₂ équivalentes.

Cette analyse démontre l'importance de l'adéquation entre véhicule et usage. La mise en place d'outils permettant aux particuliers de faire un choix de véhicule pertinent et adapté à son propre usage est donc un levier important dans l'objectif de baisse des émissions. Comme dans l'outil « Je change ma voiture »¹¹, il pourrait être proposé à un utilisateur de renseigner son usage via un questionnaire et d'obtenir des informations précises sur les émissions des véhicules de l'étude projetées sur son propre usage, lui permettant de choisir un véhicule adapté à son usage.

¹¹ <https://jechangemavoiture.gouv.fr/icmv/>

VIII. Conclusion

Respect des normes d'émissions

Sauf exception, cette campagne expérimentale montre que les véhicules Euro 6d-TEMP essence comme diesel respectent en moyenne les seuils normatifs en usage réel de type RDE, y compris dans des conditions de conduite très dynamiques ou dans des conditions climatiques froides et chaudes sur des véhicules non neufs prélevés sur le parc. Des exceptions concernent les émissions de NO_x des véhicules diesel ne faisant pas l'usage d'injection d'urée dans leur système de dépollution, les émissions de particules fines de certains véhicules essence sans filtre à particule et les émissions des CO de certains véhicules essence en usage très dynamique.

Différence notable entre technologies

Des différences notables entre les technologies subsistent toutefois : les émissions de NO_x restent supérieures en diesel et les émissions de particules fines se montrent supérieures en essence y compris en prenant en compte l'impact des régénérations des véhicules diesel.

Hausse en usage urbain

Les niveaux d'émissions sont en hausse importante en usage urbain, en particulier les émissions de NO_x : +79 % en essence et +74 % en diesel en considérant les phases RDE urbaines normatives par rapport au roulage de type RDE complet. Ces niveaux d'émissions sont encore davantage élevés en se focalisant sur des conditions mieux représentatives de l'usage urbain (trajets très courts et lents, cf. Annexes). Le niveau moyen diesel en usage urbain atteint alors 172 mg/km contre 40 mg/km pour les véhicules essences.

Sensibilité à l'usage

La sensibilité des niveaux d'émissions aux conditions d'usage (trajets courts, température extérieure, style de conduite...) a été démontrée. Afin de couvrir plus largement le spectre d'usage des véhicules, une phase d'analyse a permis d'étendre les constats expérimentaux à d'autres cas d'usage à l'aide d'outils numériques. Cette approche permet d'utiliser les données expérimentales générées pour projeter par calcul des niveaux d'émissions polluantes sur des cas de vie spécifiques représentatifs de différents usages réels (type d'usage, style de conduite, conditions de roulage).

IX. Annexes

Annexe 1 - Tableaux de synthèse des véhicules de l'étude.	34
Annexe 2 - Prise en compte de l'impact des régénérations périodiques des systèmes de dépollution	35
Annexe 3 - Emissions de CH ₄ et de N ₂ O en présence d'un LNT.....	37
Annexe 4 - Evolution des émissions cumulées en fonction de la distance sur essai RDE	38
Annexe 5 - Pondération des émissions par des facteurs d'usage UF.....	39

Annexe 1 - Tableaux de synthèse des véhicules de l'étude.

Tableau 5 : – Echantillon des véhicules diesel sélectionnés pour l'étude.

Catégorie	Berline compacte	SUV 7 places	SUV compact	SUV compact	Monospace familial	Berline compacte	Citadine	Berline compacte
Code projet	DV1	DV2	DV3	DV4	DV5	DV6	DV7	DV8
Moteur	4-cyl 1.5L 120 ch	4-cyl 1.5L 130 ch	4-cyl 1.5L 115 ch	4-cyl 2.0L 150 ch	4-cyl 2.0L 150 ch	4-cyl 1.5L 115 ch	4-cyl 1.5L 102 ch	4-cyl 1.6L 120 ch
Type	Turbo - DI	Turbo - DI	Turbo - DI	Turbo – DI	Turbo - DI	Turbo - DI	Turbo - DI	Turbo - DI
Traitement des HC/CO	LNT (x2)	DOC	DOC	DOC	LNT + cDPF	DOC	DOC	LNT
Traitement des particules	DPF	SCRf	SCRf	SCRf	cDPF	SCRf	DPF	DPF
Traitement des NOx	LNT (x2) + pSCR	SCR + SCRf	SCR + SCRf	SCR + SCRf	SCR	SCR + SCRf	SCR	LNT
Traitement du NH3	Aucun	Aucun	Aucun	ASC	Aucun	ASC	Aucun	Aucun

Tableau 6 : – Echantillon des véhicules essence sélectionnés pour l'étude.

Catégorie	Berline compacte	SUV 7 places	SUV compact	SUV compact	Monospace familial	Berline compacte	Citadine	Berline compacte
Code projet	GV1	GV2	GV3	GV4	GV5	GV6	GV7	GV8
Moteur	4-cyl 1.5L 125 ch	3-cyl 1.2L 130 ch	4-cyl 1.33L 140 ch	4-cyl 1.5L 150 ch	3-cyl 1.5L 140 ch	4-cyl 1.33L 136 ch	3-cyl 1.2L 83 ch	3-cyl 1.0L 126 ch
Type	Turbo - DI	Turbo - DI	Turbo - DI	Turbo – DI (Désactivation de cylindres)	Turbo - DI	Turbo - DI	Atmo - PFI	Turbo - DI
Traitement des NOx/HC/CO	TWC	TWC	TWC	TWC UF	TWC	TWC (x2)	TWC	TWC
Traitement des Particules	cGPF	raw GPF	cGPF	cGPF	raw GPF	raw GPF	Aucun	cGPF

Annexe 2 - Prise en compte de l'impact des régénérations périodiques des systèmes de dépollution

Le filtre à particules diesel (DPF) est un système à régénération périodique. Les faibles températures à l'échappement dans le mode de fonctionnement nominal du moteur ne permettent pas la régénération. Un mode spécifique est nécessaire. Sa période d'occurrence est généralement supérieure à un essai RDE, souvent entre 300 et 600 km. A l'inverse, les filtres à particules essence (GPF) fonctionnent à des températures d'échappement supérieures à celles observées sur les motorisations diesel, favorisant une régénération continue du filtre et un besoin moindre voire nul de régénération active, donc un mode de fonctionnement classique. Les impacts éventuels de la régénération d'un GPF sont donc inclus et captés au sein d'un simple essai RDE.

Pour prendre en compte ces phénomènes, la procédure d'homologation prévoit une méthode d'essai pour le contrôle des émissions d'un véhicule équipé d'un système à régénération périodique. Elle consiste à mesurer d'une part les facteurs de surémissions des différents polluants (CO₂, CO, HC, NOx, PM) sur ces phases de régénération périodique, et d'autre part leur occurrence en déterminant la distance entre les régénérations et la distance de régénération. La Figure 31, extraite du protocole d'homologation, illustre cette méthode. L'ensemble de ces données est capitalisé dans une fiche d'essai en marge du rapport d'essai d'homologation.

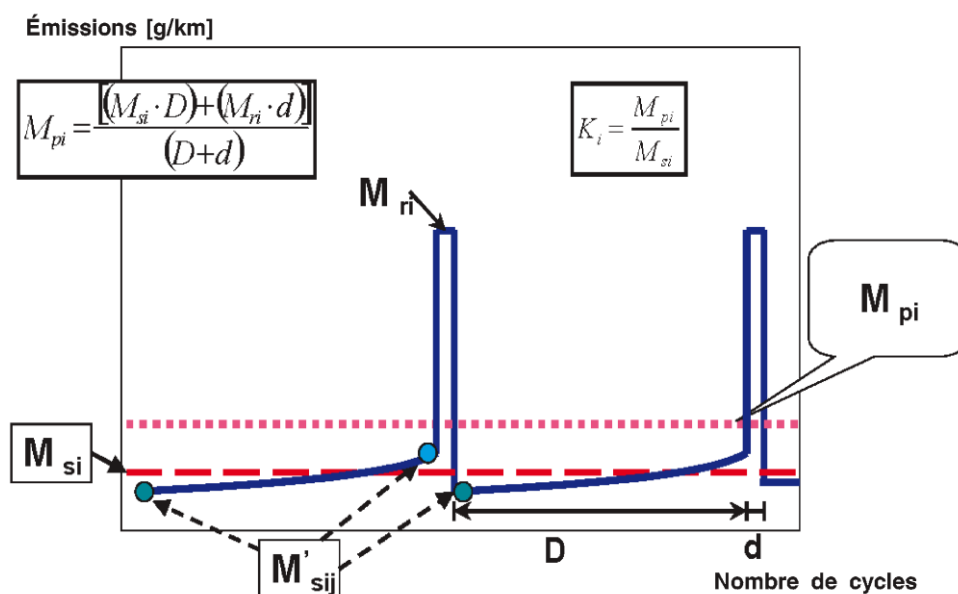


Figure 31 - Illustration de la méthode de contrôle des émissions d'un véhicule équipé d'un système à régénération périodique - OJ of EU_Commission reg. 2017-1151 supplementing reg. EC n°715-2007, p.536

Le protocole de la présente étude adresse cet aspect en deux temps. Premièrement, les données d'homologation relatives à cette méthode d'essai pour les véhicules considérés sont mises à disposition d'IFPEN par la DGEC afin d'en réaliser une analyse et une synthèse. Deuxièmement, une caractérisation expérimentale de ces phénomènes est menée sur les véhicules sélectionnés, afin de déterminer ces facteurs de surémission et les distances inter-régénération sur des véhicules extraits du parc avec un kilométrage significatif et sur un cycle RDE représentatif de l'usage réel. La Figure 32 montre que les impacts établis lors de l'homologation des véhicules et lors de cette campagne d'essais sont proches sur les polluants auxquels cette correction s'applique selon la norme. Elle

montre aussi que l'impact le plus important est observé sur les particules en nombre alors que la norme actuelle ne préconise pas cette prise en compte.

Ki x - Synthesis for all Diesel vehicles

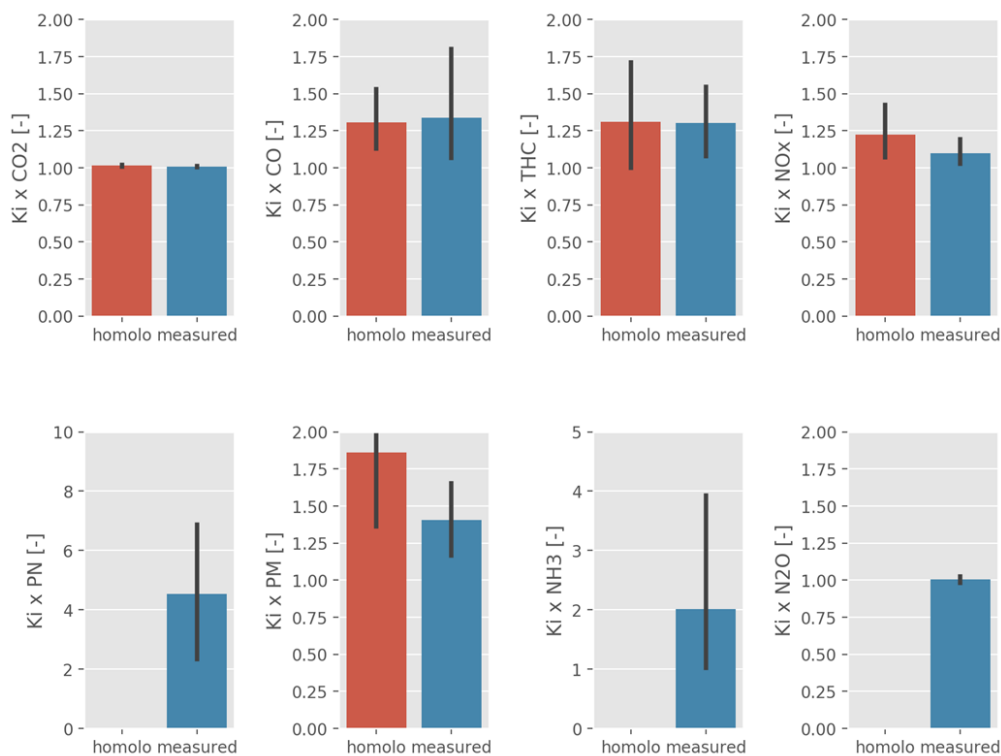


Figure 32 : Comparaison des facteurs de surémission liés aux régénérations périodiques des systèmes de dépollution

Annexe 3 - Emissions de CH₄ et de N₂O en présence d'un LNT

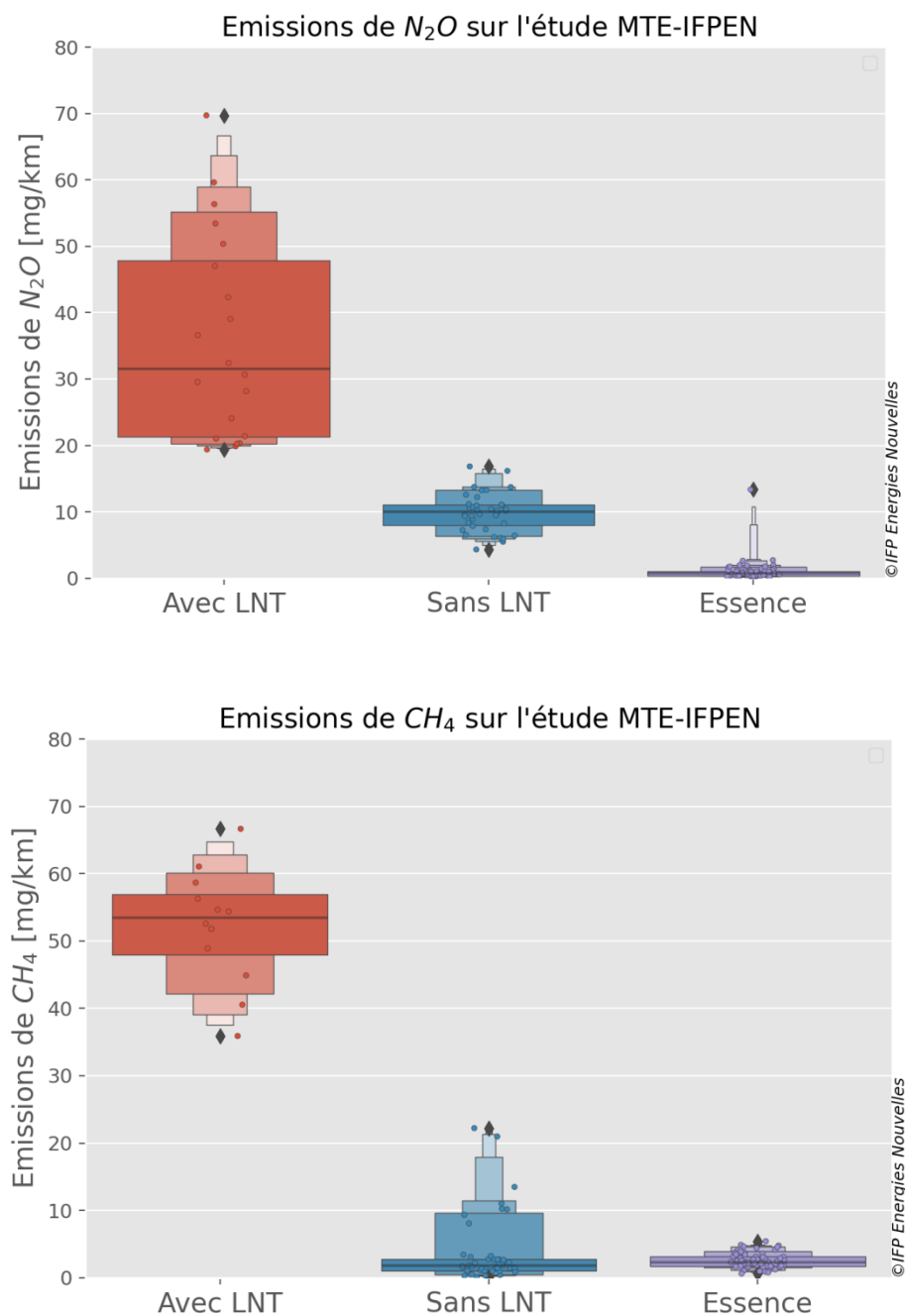
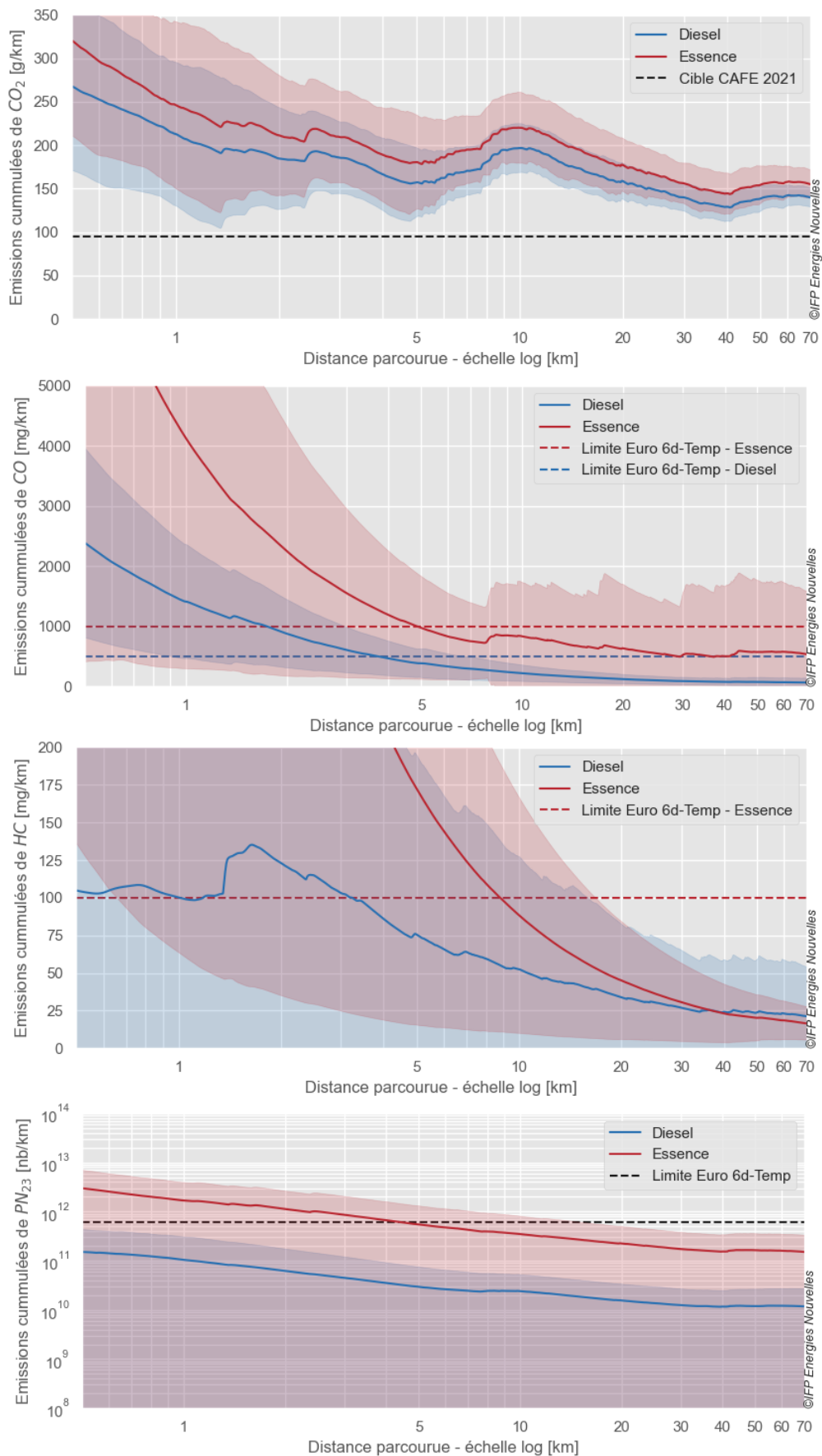


Figure 33 : Comparaison des émissions de N₂O et de CH₄ en fonction des types de dépollution des véhicules diesel et essence.

Annexe 4 - Evolution des émissions cumulées en fonction de la distance sur essai RDE



Annexe 5 - Pondération des émissions par des facteurs d'usage UF

Pour déterminer un score d'émissions cumulées plus représentatif de l'usage réel des véhicules, des facteurs d'usage ont été calculés à partir d'une base de données de trajets réels collectée auprès de milliers de conducteurs non professionnels par l'application smartphone grand public **Geco air**¹² développée par IFPEN. La Figure 34 ci-dessous représente les facteurs d'usage UF (pour l'appellation anglo-saxonne Utility Factor) calculés pour les trajets parisiens urbains disponibles dans *Geco air*. Les émissions cumulées sont alors calculées selon la formule suivante :

$$UF_{tot} = \int_0^{d_{cycle}} UF(x) dx$$

$$UF - weighted NO_x [mg/km] = \int_0^{d_{cycle}} NO_x(x) \cdot UF(x) dx / UF_{tot}$$

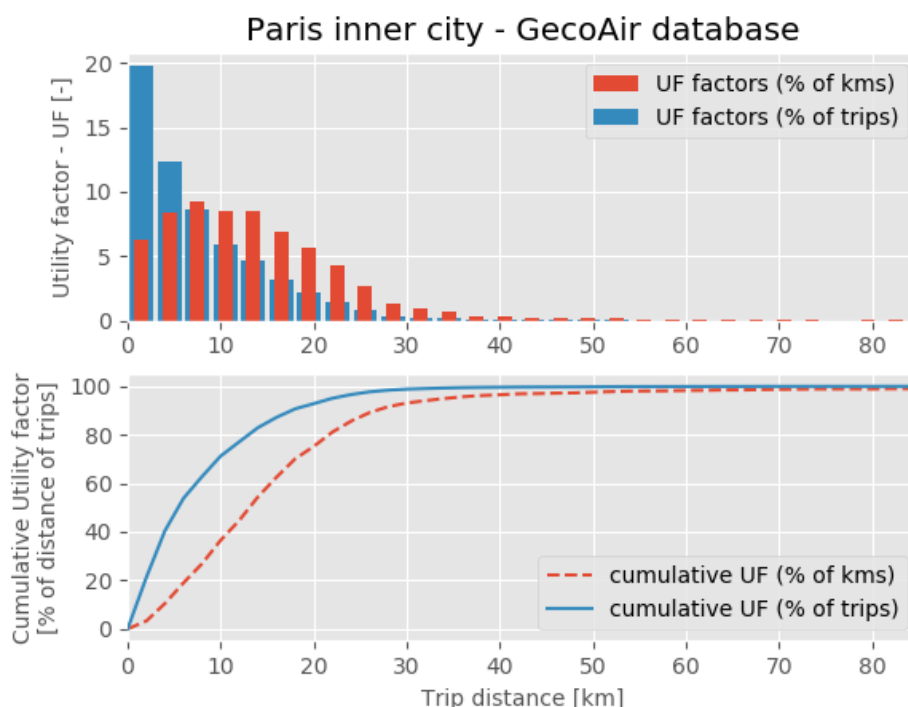
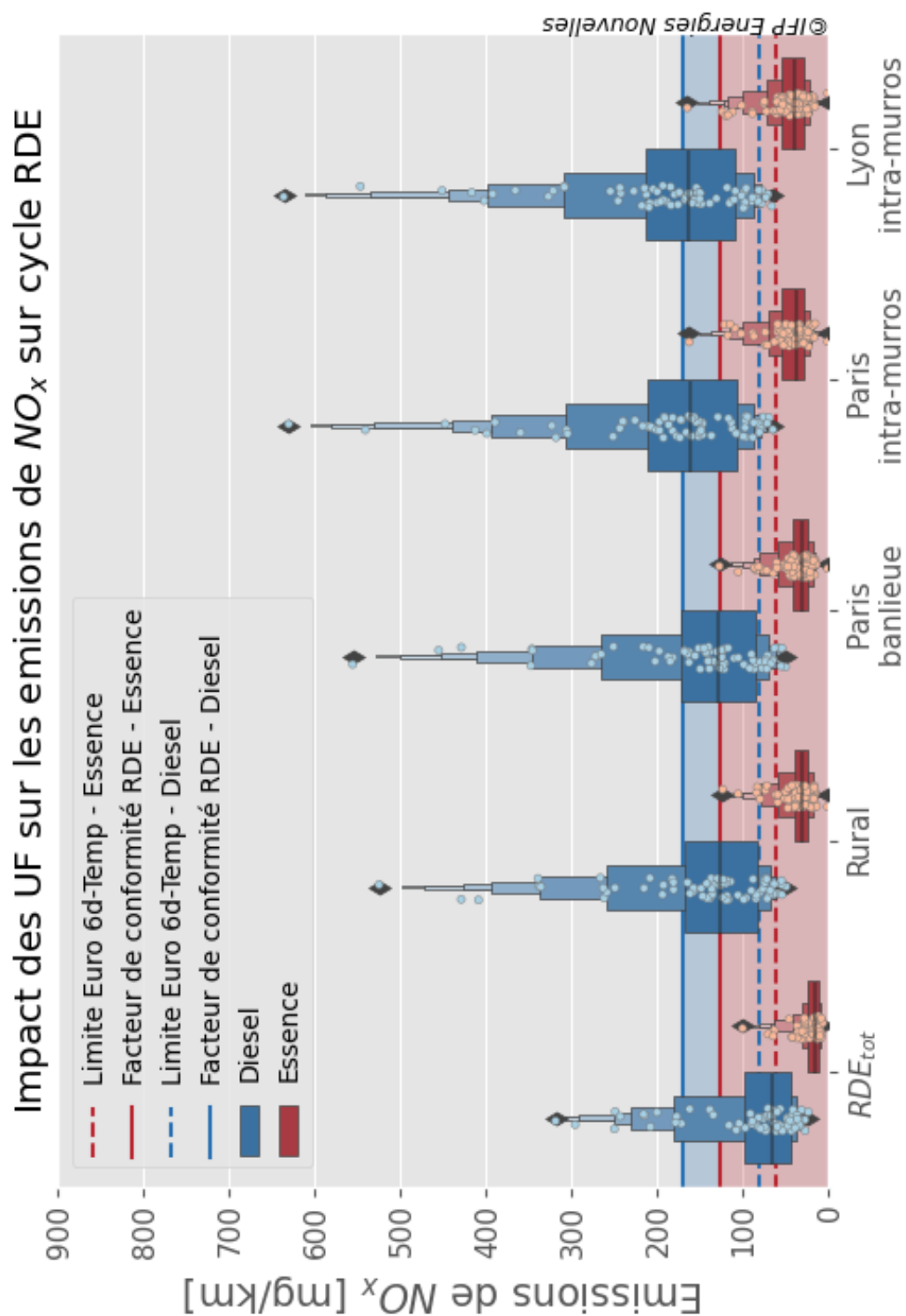


Figure 34 : Facteurs d'utilisation fonction de la distance du trajet établis à partir de la base de données d'usage réel

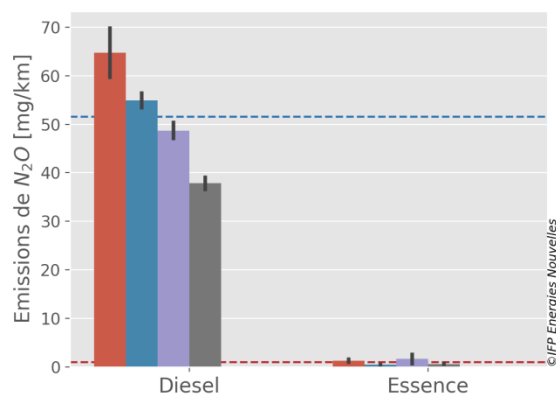
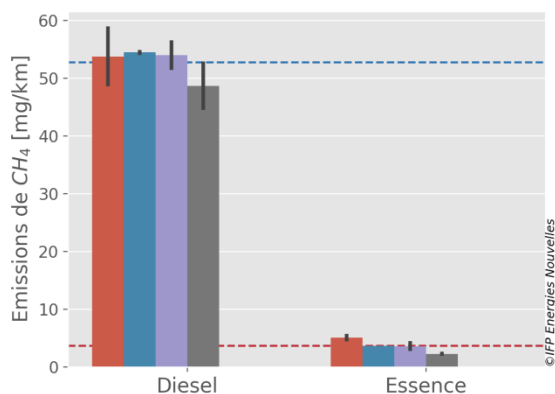
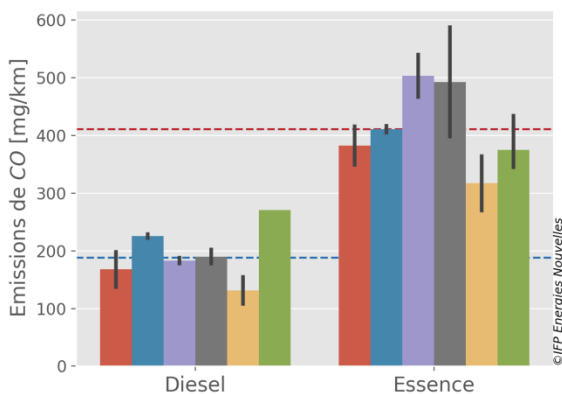
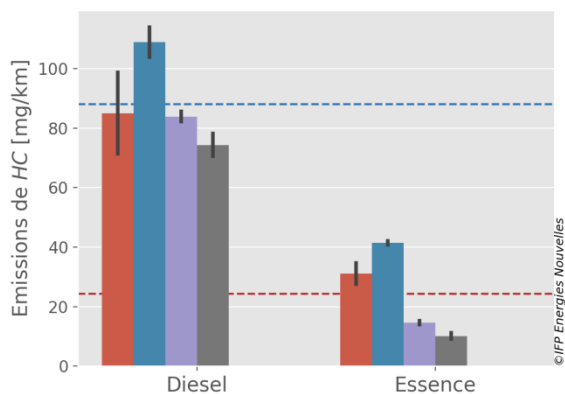
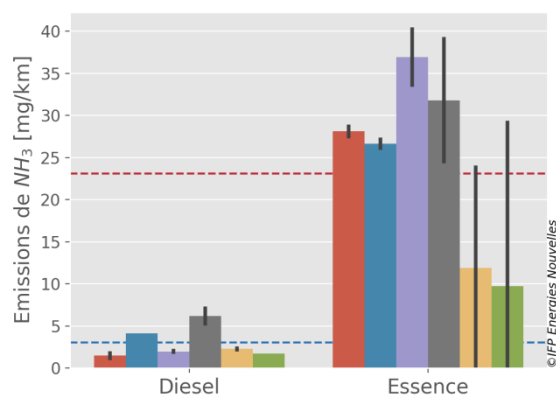
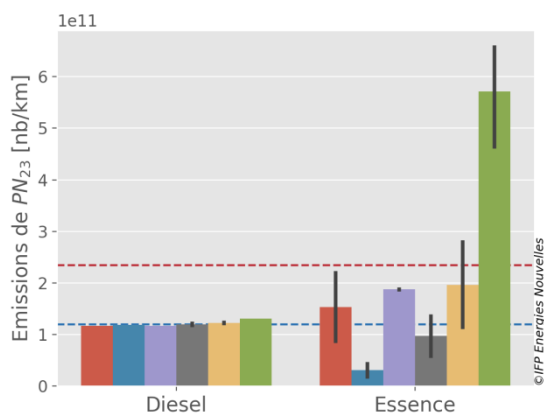
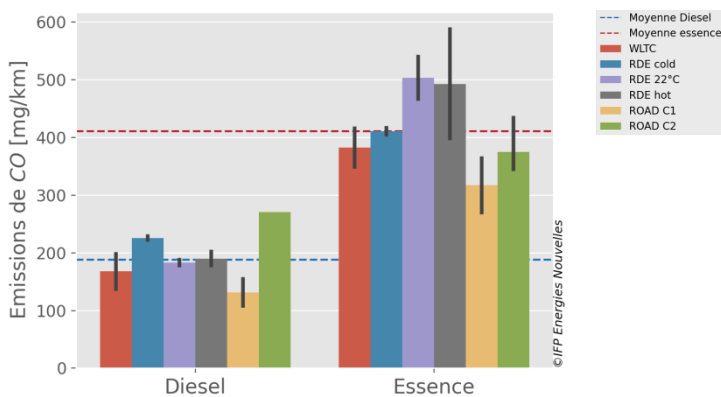
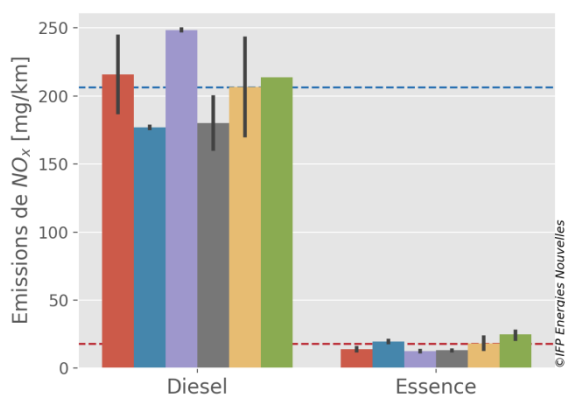
Cette méthode de pondération a tendance à exacerber les émissions de polluants en phases urbaines qui sont généralement situées en début de cycle. En effet selon la base de données utilisée les surémissions de polluants en phase urbaine (imputables à la chauffe du catalyseur ou à des modes de combustion dégradés) seront plus ou moins pondérées dans le score final.

La figure ci-dessous montre l'impact de différentes bases de données de trajet sur la pondération des émissions de polluant. On remarque que l'emploi de facteurs d'usage issus de trajets péri-urbains ou ruraux résulte en des scores d'émissions plus faibles que pour leurs homologues urbains.

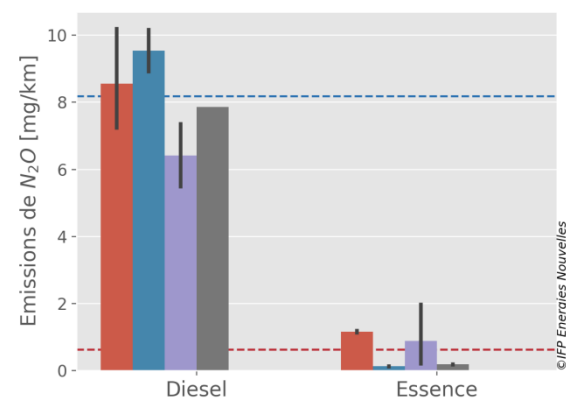
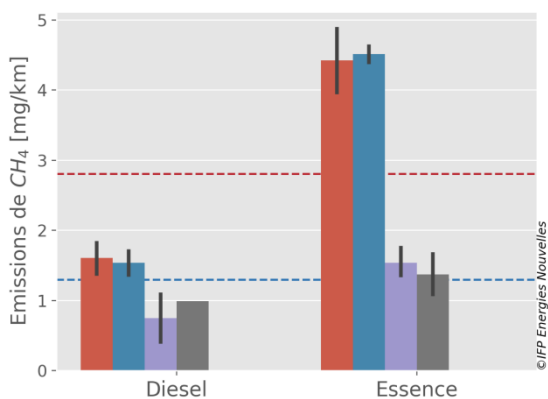
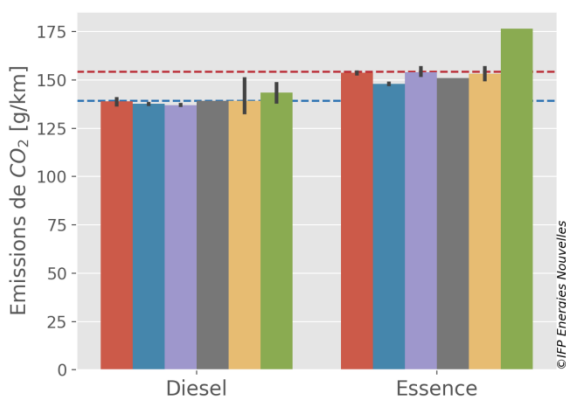
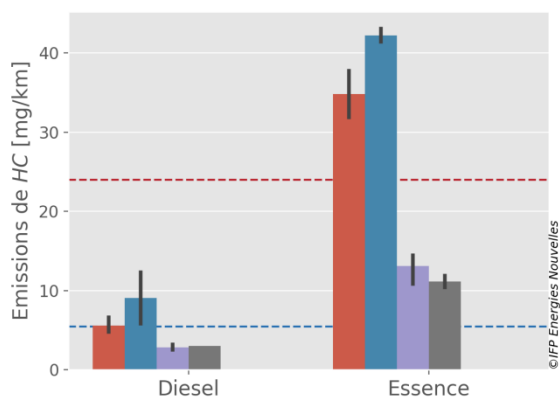
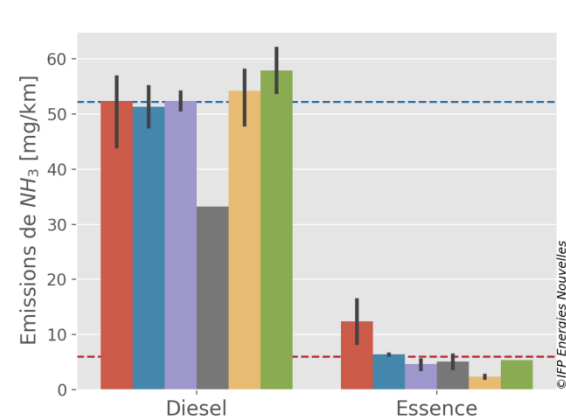
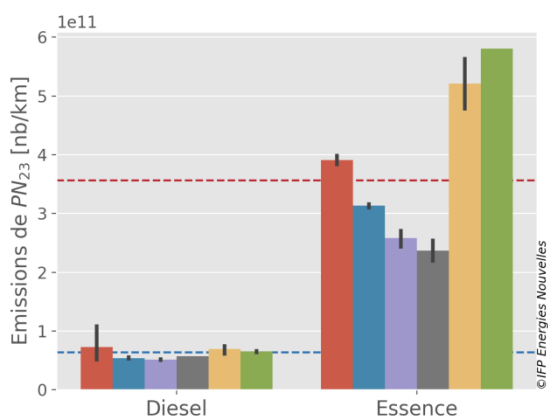
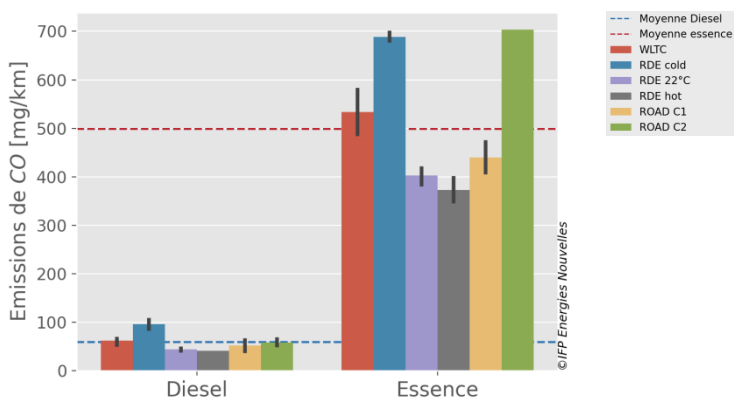
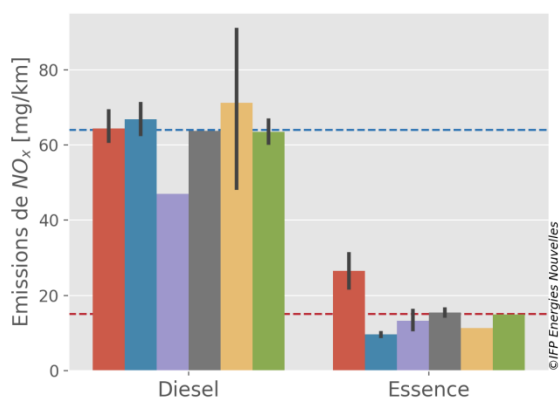
¹² <http://www.gecoair.fr/home/>



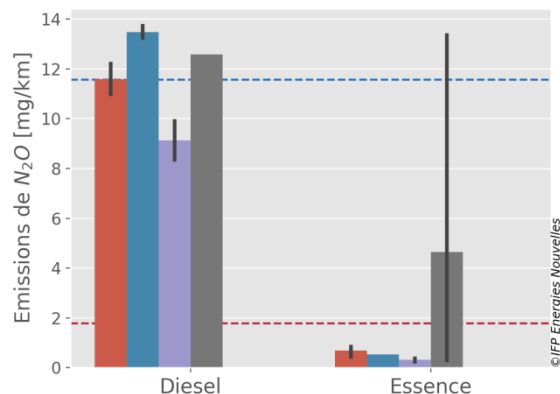
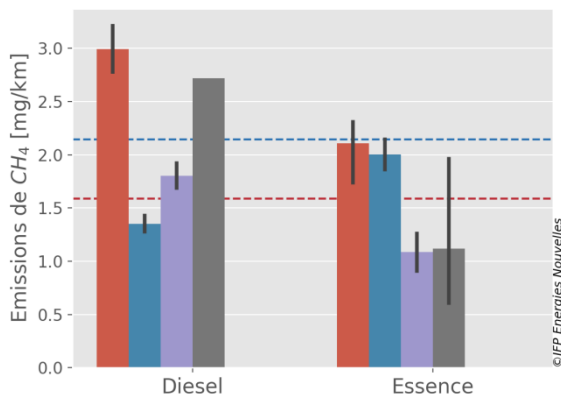
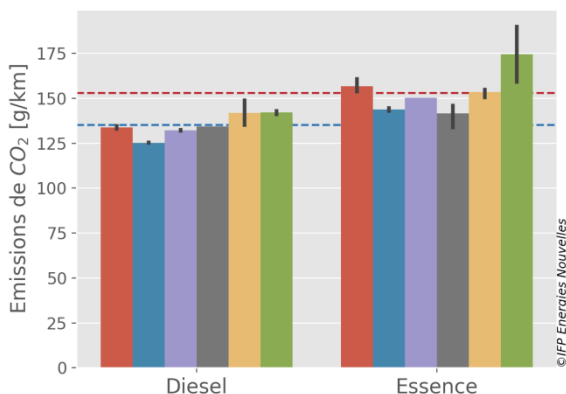
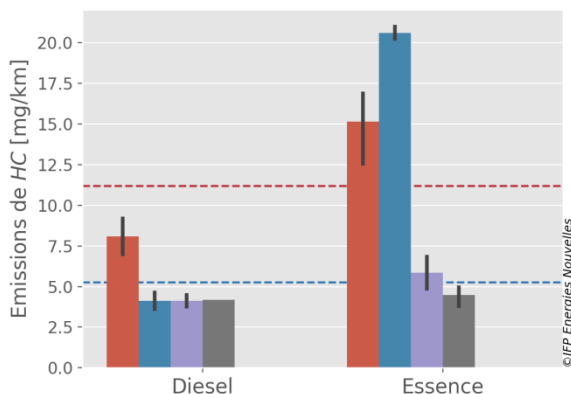
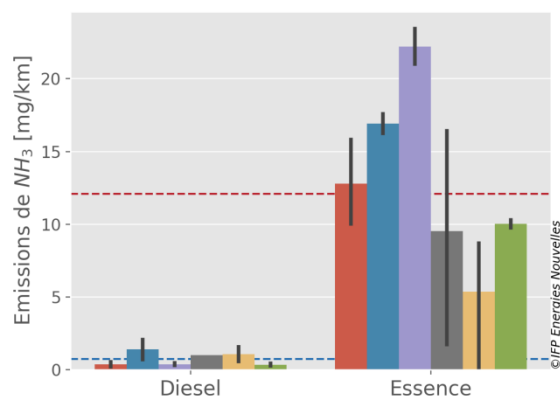
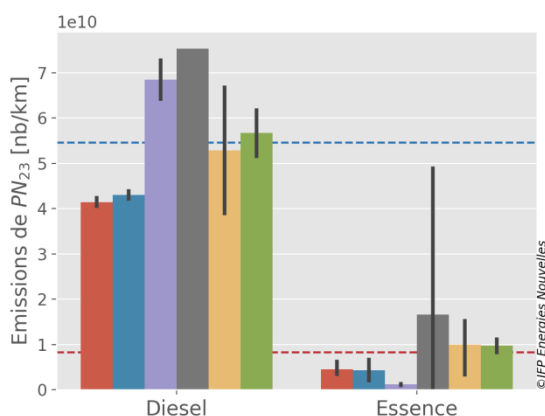
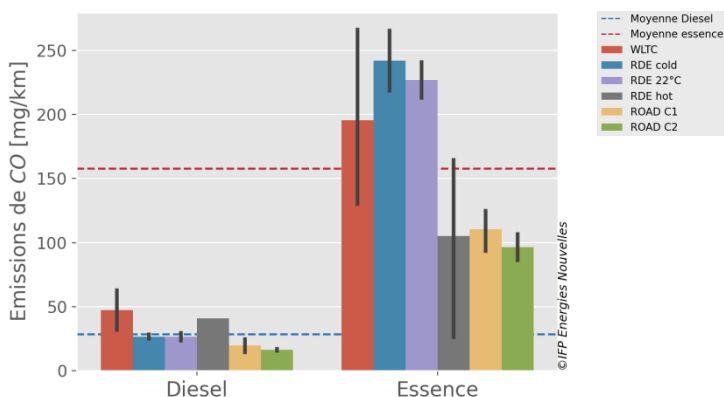
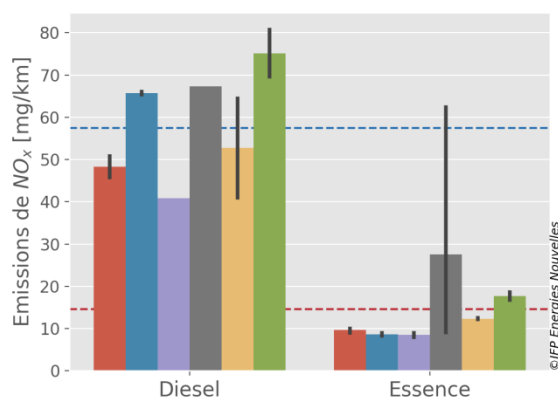
ANNEXE : DV1 & GV1 ; Berline compacte



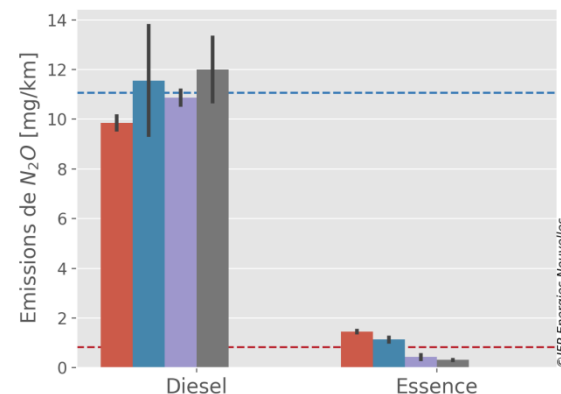
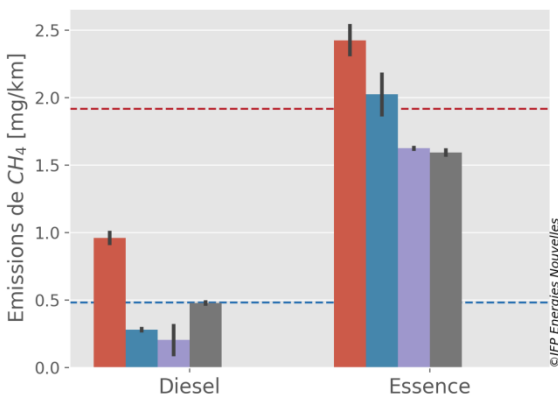
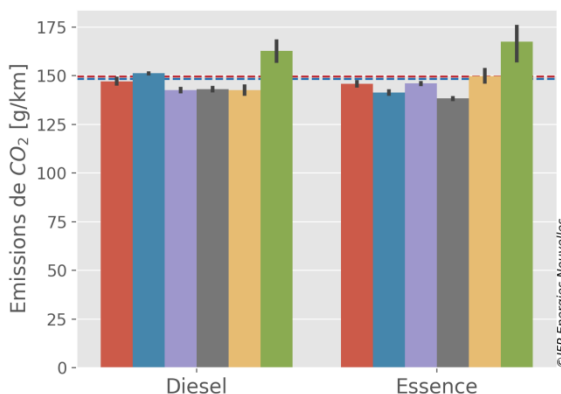
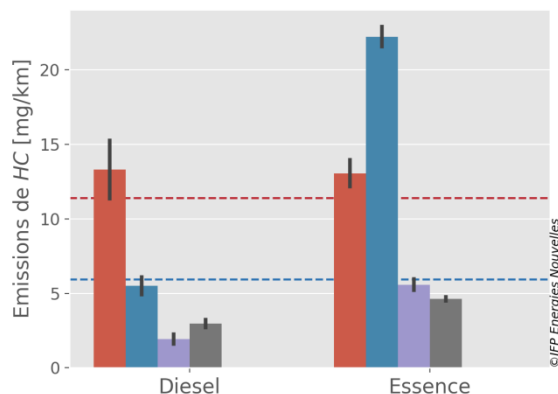
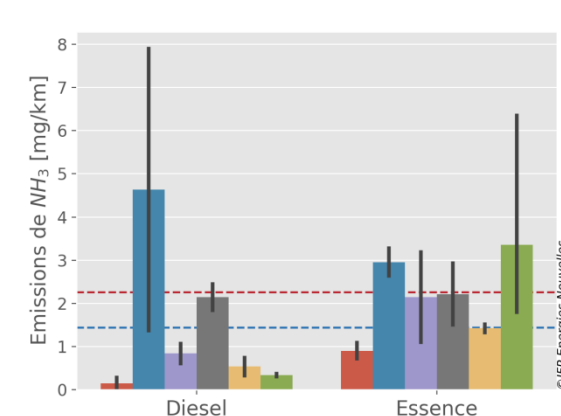
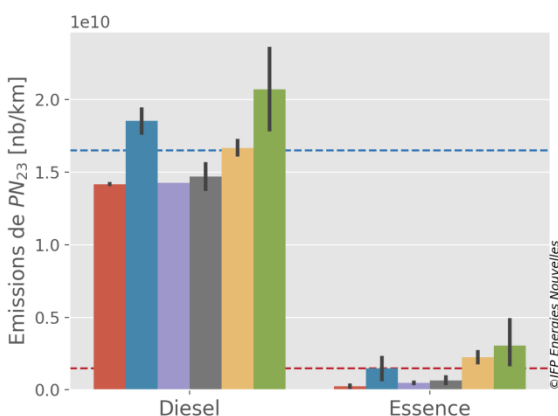
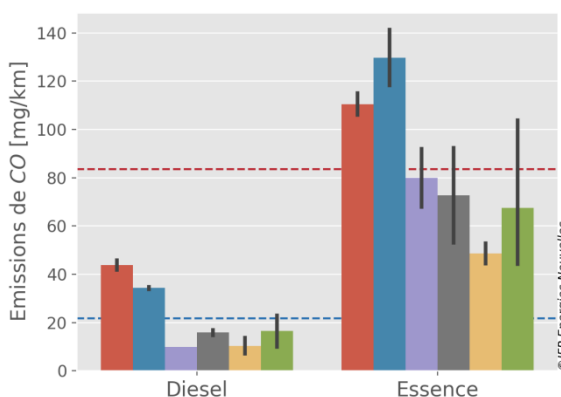
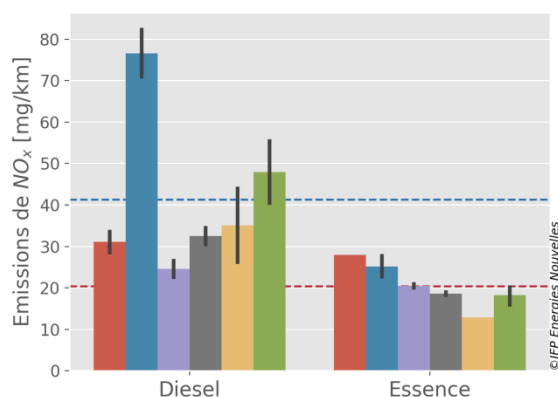
ANNEXE : DV2 & GV2 ; SUV 7 places



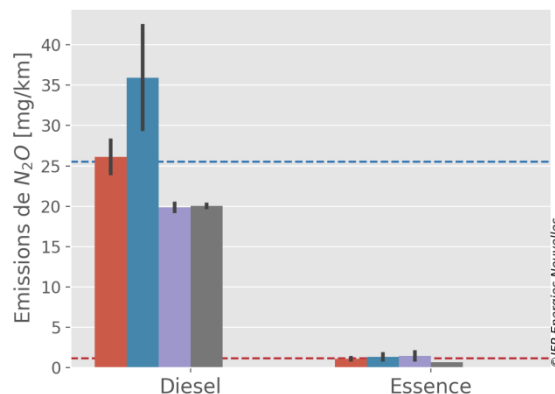
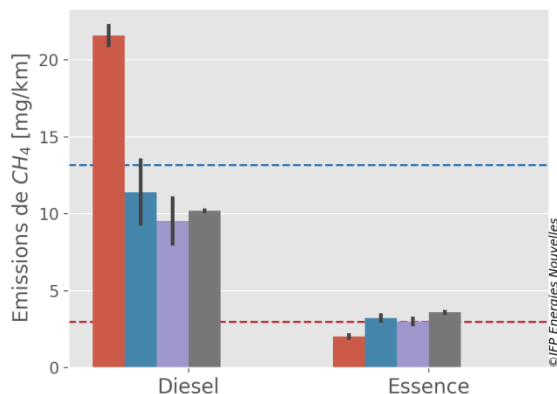
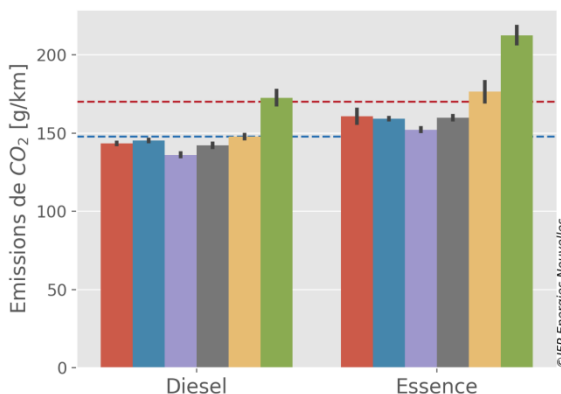
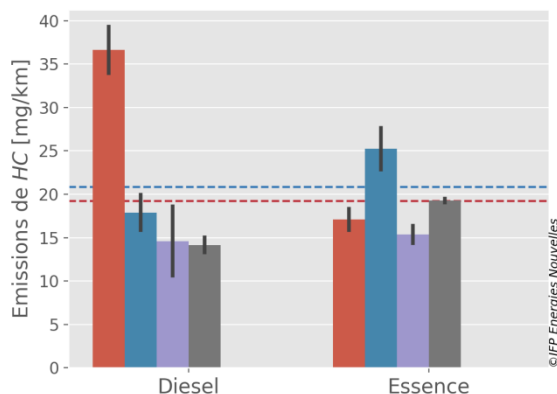
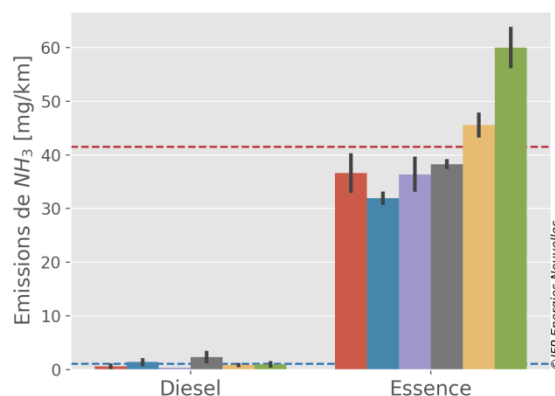
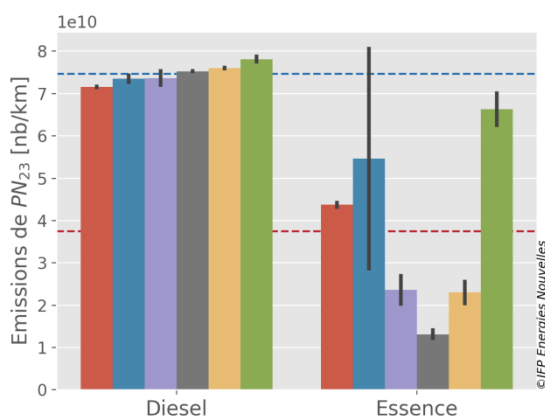
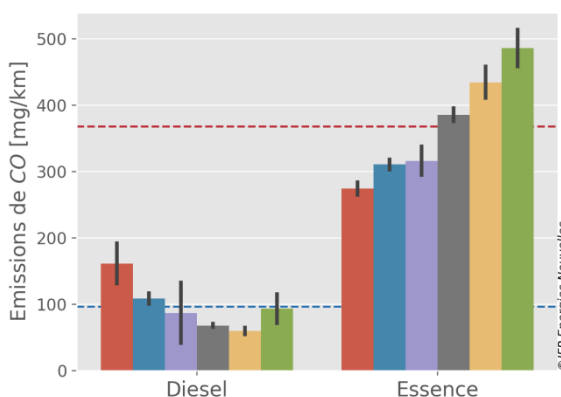
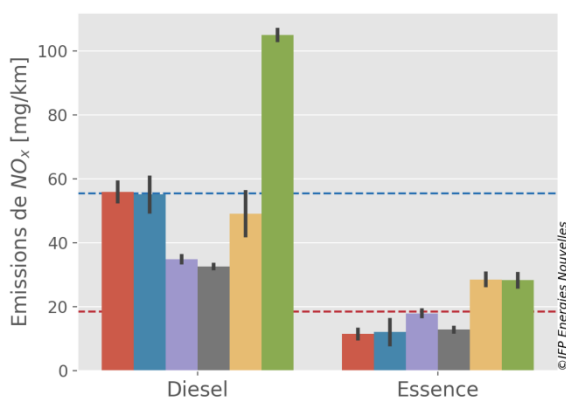
ANNEXE : DV3 & GV3 ; SUV compact



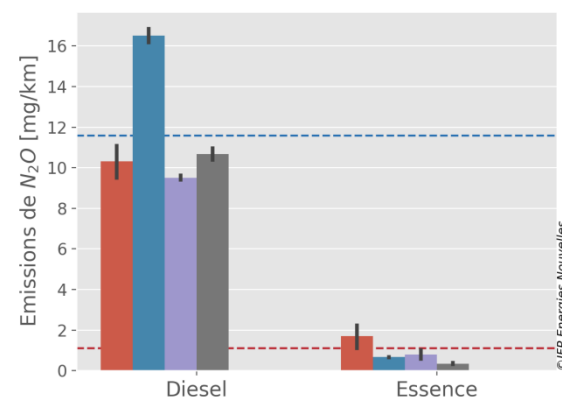
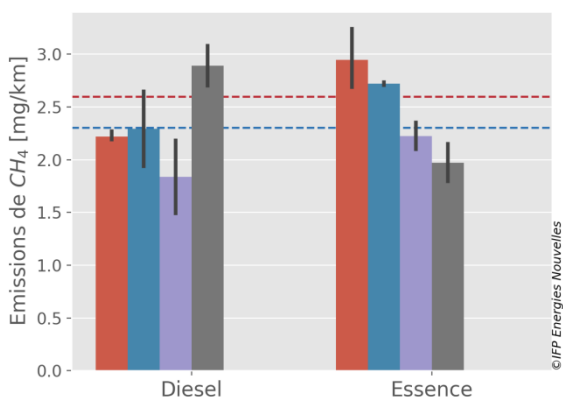
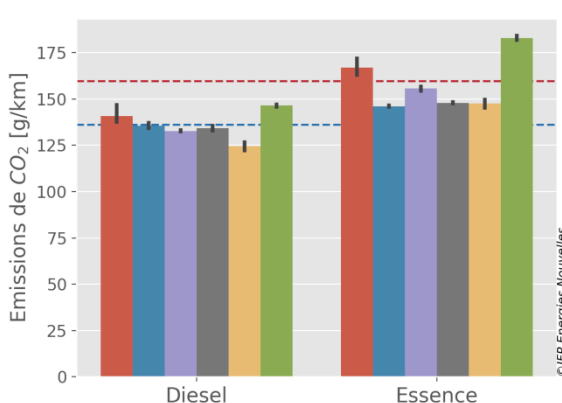
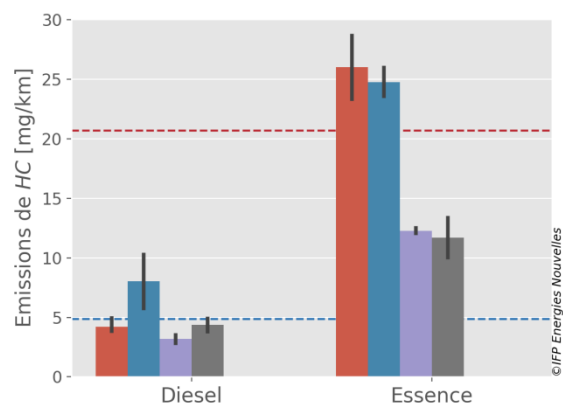
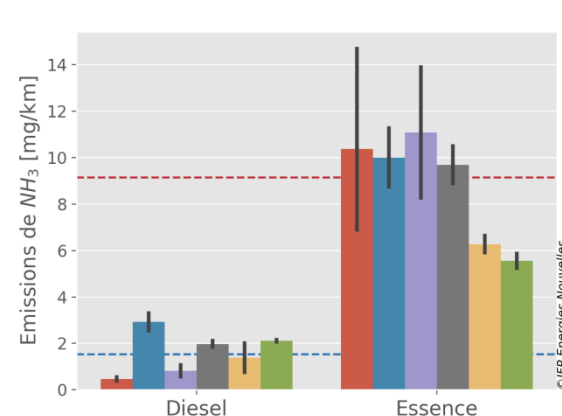
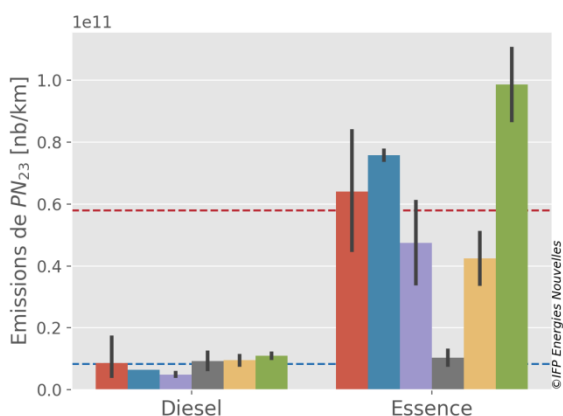
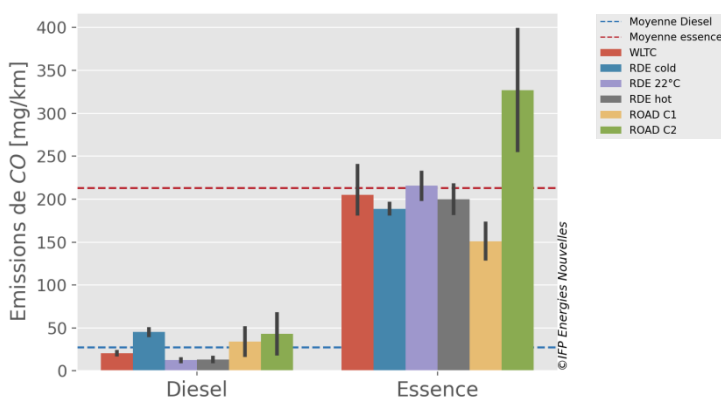
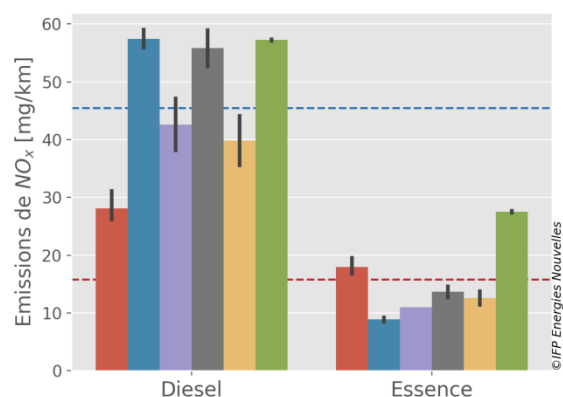
ANNEXE : DV4 & GV4 ; SUV compact



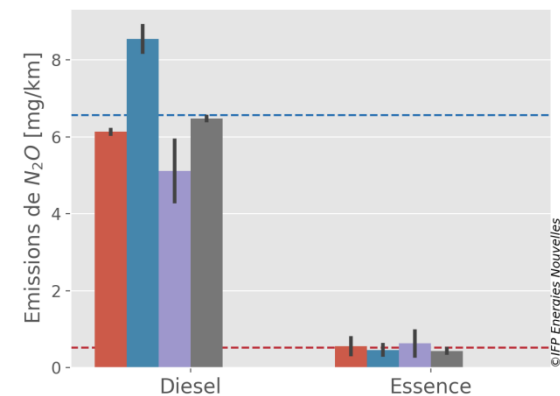
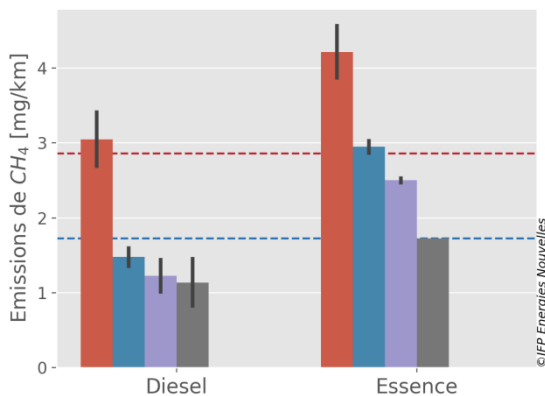
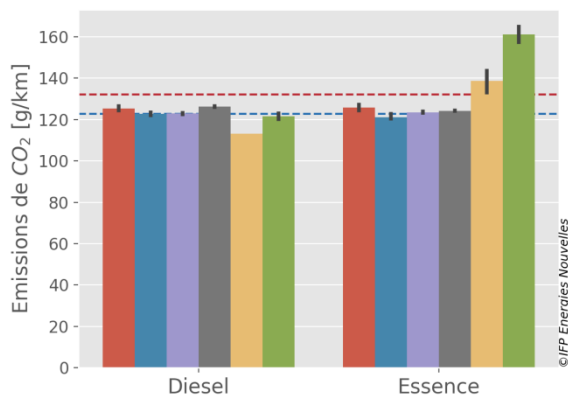
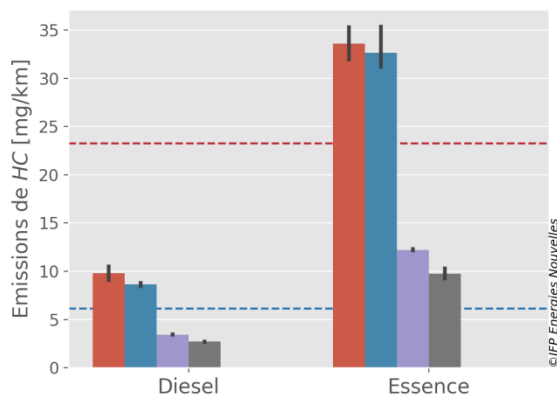
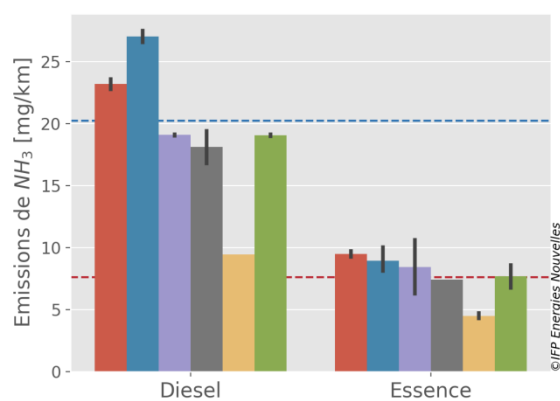
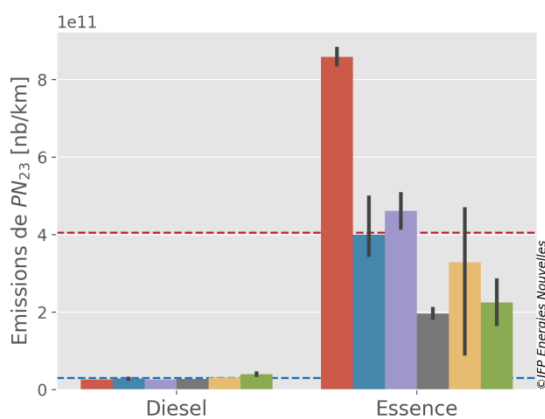
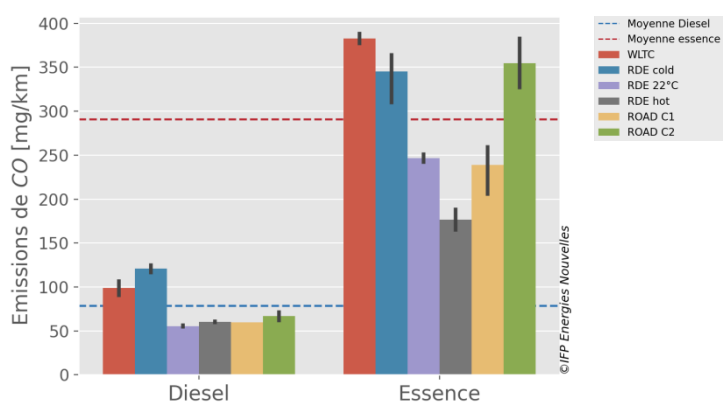
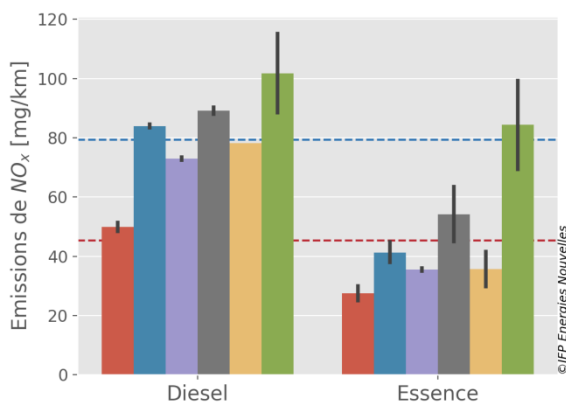
ANNEXE : DV5 & GV5 ; Monospace familial



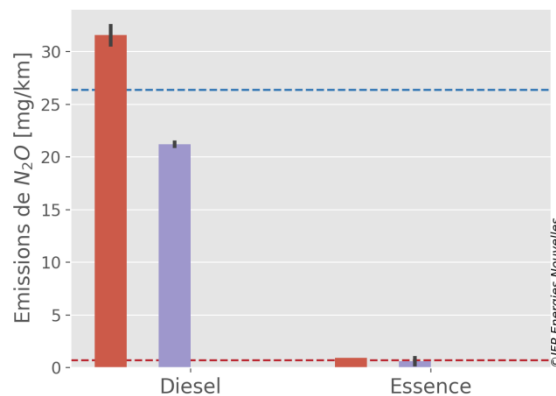
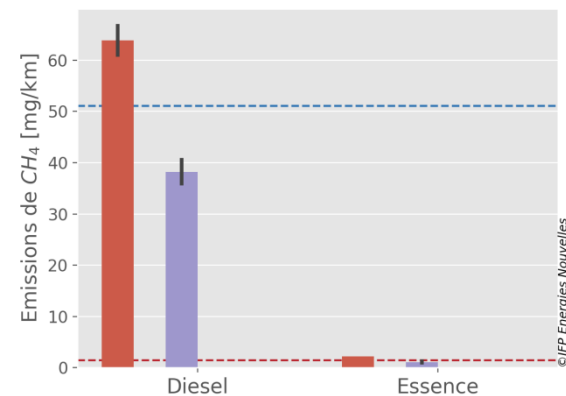
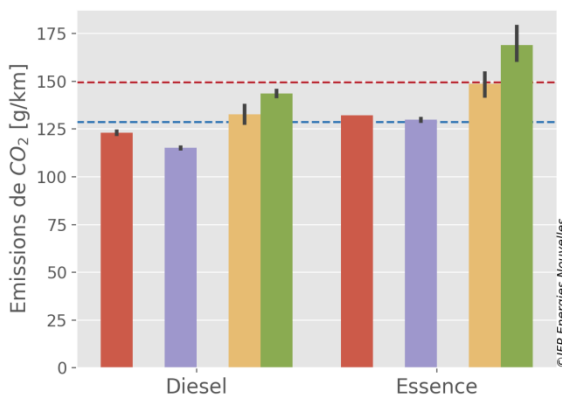
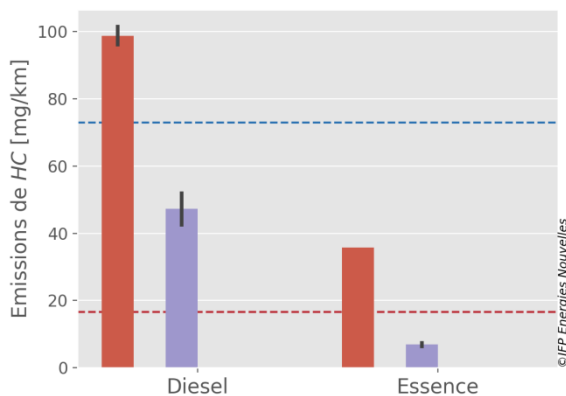
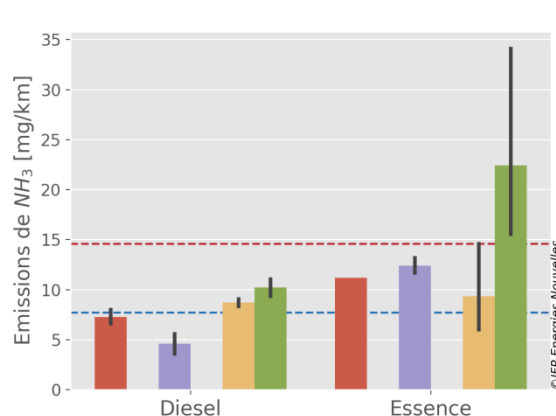
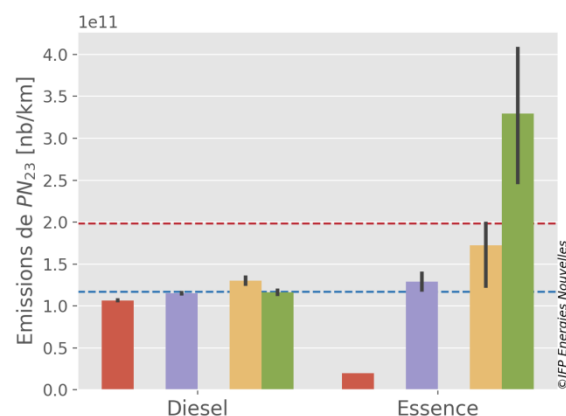
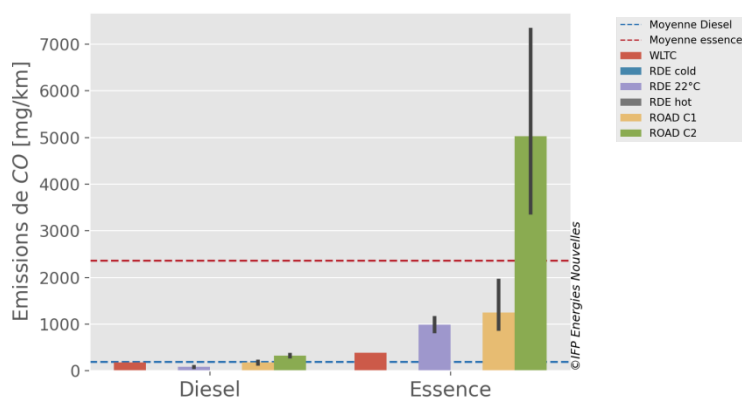
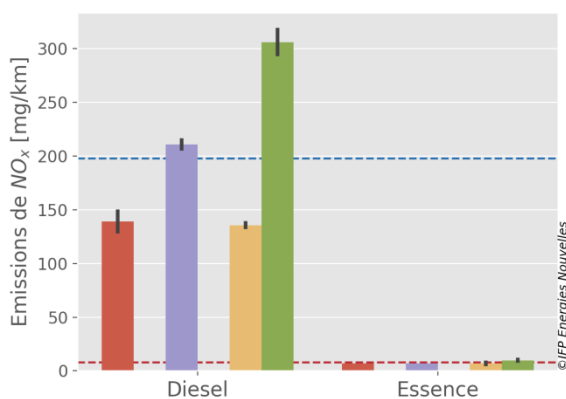
ANNEXE : DV6 & GV6 ; Berline compacte



ANNEXE : DV7 & GV7 ; Citadine



ANNEXE : DV8 & GV8 ; Berline compacte



X. Glossaire

PM – *Particle Mass*

PN – *Particle Number*

CO₂ – Dioxyde de carbone

PRG - Le *Potentiel de Réchauffement Global* d'un gaz est la masse de CO₂ qui produirait un impact équivalent sur l'effet de serre.

N₂O – Protoxyde d'azote – gaz à effet de serre, PRG de 298

CO – Monoxyde de carbone

(T)HC – Masse totale d'hydrocarbures

CH₄ – Méthane, gaz à effet de serre, PRG de 30

LNT – *Lean NOx Trap*

NMHC – Masse d'hydrocarbures non méthaniques

NO_x – Oxydes d'azote

NO – Monoxyde d'azote

NO₂ – Dioxyde d'azote

TWC - *Three Way Catalyst* (catalyseur trois voies)

DPF – *Diesel Particulate Filter*, filtre à particules pour véhicule diesel

GPF - *Gasoline Particulate Filter*, filtre à particules pour véhicule essence

ASC - Ammonia Slip Catalyst, Catalyseur à Ammoniac pour traiter les éventuels rejets de l'injection d'urée dans le SCR.

SCR – *Selective Catalytic Reduction*, ou réduction catalytique sélective : technique de réduction des oxydes d'azote équipant certains véhicules diesel

CC/UF : position catalyseur *Close-Coupled* (proche moteur) ou *Under-Floor* (sous plancher)

c/raw : *coated* (catalysé) ou *raw* (non-catalysé)

RDE – *Real Driving Emissions*, test des émissions en roulage réel

PEMS – *Portable Emission Measurement System*

OBD – *On Board Diagnostic*, ou diagnostic embarqué désigne l'ensemble des capacités de diagnostic matériel embarquées dans les véhicules pour contrôler les composants affectant les émissions polluantes du véhicule au cours de sa vie, et répond à des exigences réglementaire.

CVS - *Constant Volume Sampling*, système de prélèvement à débit variable au banc à rouleaux

IDE - Injection Directe Essence

PFI - *Port Fuel Injection* (injection indirecte essence)

Turbo/Atmo – Moteur suralimenté en air par turbocompresseur (*turbo*) ou non (*atmo*).

HEV – *Hybrid Electric Vehicle*

PHEV – *Plug-in Hybrid Electric Vehicle*

CS – *Charge Sustaining*, mode de fonctionnement en maintien de charge des véhicules PHEV

CD – *Charge Depleting*, mode de fonctionnement en épuisement de charge des véhicules PHEV